رقم الترتيب:

رقم التسلسل:

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية لشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة الشهيد حمه لخضر بالوادي

كلية التكنولوجيا

قسم هندسة الطرائق والبتروكيمياء

مـذكـــــرة تـخـــــرج

لـنـيل شـــهـادة مـــاستر أكـــاديمي

تخصص: هندسة كيميائية

الموضوع:

المعالجة الأولية لنبات الزيتة من أجل معالجة المياه المستعملة

إعداد الطالبات:

- **آمال خير**
- **علياء رحومه**
- **سليمة شيباني**

تحت إشراف:

- **د. محمد الطيب وصيف خالد**

لجنة المناقشة:

عبد السلام بوغزال	أستاذ محاضر أ بجامعة الوادي	رئيساً
د. محمد الطيب وصيف خالد	أستاذ محاضر أ بجامعة الوادي	مشرفاً
د. بوهريرة عبد العزيز	أستاذ محاضر أ بجامعة الوادي	مناقشا

نوقشت يوم 03/ 06/ 2024

السنة الجامعية: 2024/2023م

بسم الله الرحمن الرحيم

إهداء

﴿ وَآخِرُ دَعْوَاهُمْ أَنِ الْحَمْدُ لِلَّهِ رَبِّ الْعَالَمِينَ ﴾

وأخيرا فعلتها لأجل روح أمي المرتقبة وعين أبي المنتظرة

الحمد لله الذي بنعمته تتم الصالحات بعد مسيرة دراسية حملت الكثير من الصعوبات والمشقة والتعب.

اهدي تخرجي هذا إلى من أوصانا بهم الرحمن

"أمي" رحمة الله عليها

"أبي" أطال الله في عمره

إلى رفاق الخطوة الأولى و الخطوة ما قبل الأخيرة

صديقتي : إيمان، زهرة

إلى كل من ساعدني، و كان له دور من قريب أو بعيد في إتمام هذه الدراسة .

سائلة المولى أن يجزي الجميع خير الجزاء في الدنيا و الآخرة .

آمال خير

إهداء

اهدي ثمرة جهدي هذا:

إلى مطعمي إذا جعت، ومستشفاي إذا مرضت، وحفلتي إذا فرحت، ومنبهي إذا نمت، ودعوات سماوية إذا غبت، إلى من خففت ظهري من ثقل المحن، وأثقلته بقناطير الحب والمنن، إلى صاحبة الفضل بعد الله عز وجل بكل توفيق أنا به، أدام الله ظلها، وأطال الله عمرها

إليكِ امي

علياء رحومه

إهداء

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَٰنِ الرَّحِيمِ

اله لا يطيب الليل إلا بشكره و لا يطيب النهار إلا بطاعته و لا تطيب اللحظات إلا بذكره الله جل جلاله

إلى من بلغ الرسالة و أدى الأمانة و نصح الأمة إلى نبي الرحمة و نور العالمين

"سيدنا محمد صلى الله عليه و سلم "

انتهت الرحلة ...و مهما طلت فستمضي بحلوها و مرها و ها أنا الآن بعون الله تعالى أتتم هذا العمل .

اهدي عملي هذا إلى المصباح الذي أنار دربي إلى من رباني و كافح مناجلي أرجو من الله أن يمد في عمرك

والدي العزيز

إلى قدوتي الأولى و معنى الحب و التفاني إلى بسمة الأمل وسر الوجود اللهم أحفظها و ارزقها العفو والعافية

"أمي الغالية"

إلى إخوتي و أخواتي الغاليين و السند في حياتي

حفظهم الله

سليمة شيباني

الشكر والعرفان

بسم الله وحده و الصلاة و السلام على من لا نبي بعده، الحمد لله كثيرا طيبا مباركا فيه لتوفيقه لنا في انجاز هذا العمل المبارك سائلين المولى عز وجل أن يجعله علما نافعا و يجعله في ميزان حسناتنا ونور لنا في الحياة.

نتقدم بموفر الشكر و العرفان إلى كل من ساهم و تعاون معنا في إكمال هذا البحث و انجازه في هذه الصورة، نخص بالذكر أستاذنا القدير والمشرف الدكتور محمد الطيب وصيف خالد على هذه الدراسة، الذي لم يتهاون عن تقديم العون لنا.

كما نتقدم بخالص الشكر إلى أعضاء لجنة المناقشة لمن كان فيها رئيسا ومناقشا و الذين قبلوا منا هذا العمل المتواضع وتزكيته وعرضه للمناقشة، وأيضا على الملاحظات و التوجيهات المهمة .

و نتقدم بجزيل الشكر إلى طاقم محطة التصفية ONA ببلدية كوينين – الوادي – على التسهيلات و المساعدات التي قدموها لنا .

كما نخص بالشكر العاملين في مخبر كلية العلوم و التكنولوجيا الوادي، شكرا لكل من ساهم و قدم لنا يد العون قريبا كان أو بعيدا.

الفهرس

إهداء

الشكر والعرفان

الفهرس.....I

قائمة الجداول.....VI

قائمة الأشكال.....VII

قائمة الاختصارات.....IX

المقدمة العامة..... 2

الجزء النظري

الفصل الأول: المياه المستعملة وطرق معالجته

مقدمة: 5

I-1- تعريف المياه المستعملة: 5

I- 2- ملوثات المياه المستعملة:..... 5

I- 2-1- مواد عضوية:..... 5

I- 2-2- مواد غير عضوية: 5

I- 3- مصادر المياه المستعملة :..... 6

I- 3-1- المياه العادمة المنزلية : 6

I- 3-2- المياه العادمة الصناعية:..... 7

I- 3-3- المياه العادمة الزراعية :..... 8

I- 3-4- مياه الأمطار و الجريان السطحي :..... 8

I-4- خصائص المياه المستعملة:..... 8

I-4-1- الخصائص الفيزيائية: 8

I- 4-1-1- العكارة (TM): 8

I- 4-1-2- اللون :..... 9

I- 4-1-3- الرائحة: 9

I- 4-1-4- درجة الحرارة (T):..... 9

I- 4-1-5- الناقلية الكهربائية (CE):..... 9

I- 4-1-6-المواد العالقة (MES):..... 9

I- 4-2-الخصائص الكيميائية :..... 10

I- 4-2-1- الأس الهيدروجيني (pH) : 10
I- 4-2-2- الأكسجين المنحل (O_2):..... 10
I- 4-2-3- الطلب الكيميائي للأكسجين (DCO):..... 10
I- 4-2-4- الطلب البيوكيميائي للأكسيجين (DBO_5):..... 10
I-4-3- الخصائص البيولوجية:..... 11
I-4-3-1- الفيروسات :..... 11
I- 4-3-2- البكتيريا :..... 11
I- 4-3-3- الأوليات :..... 11
I-4-3-4- الديدان المعوية:..... 11
I-4-3-5- العناصر المؤكسدة :..... 11
I- 4-3-5-1- شوارد الأمونيوم (NH_4^+):..... 11
I- 4-3-5-2- شوارد النترات (NO_3^-):..... 12
I- 4-3-5-3- شوارد النتريت (NO_2^-):..... 12
I- 4-3-5-4- شوارد الارتو فوسفات (PO_4^{3-}) : 12
I-5- طرق معالجة المياه المستعملة:..... 13
I- 5-1- المعالجة الأولية التمهيدية (المعالجة الفيزيائية):..... 13
I- 5-1-1- الغربلة:..... 13
I-5-1-2- أحواض الترسيب:..... 13
I- 5-1-3- أحواض التعديل :..... 14
I-5-1-4- إزالة الزيوت و الأوحال بالتركيد :..... 14
I-5-2- المعالجة الثانوية (المعالجة البيولوجية):..... 14
I- 5-2-1- طرق المعالجة المركزة:..... 14
I- 5-2-1-1- الأسرة البكتيرية (أسرة الترشيح) :..... 15
I- 5-2-1-2- الأقراص البيولوجية :..... 15
I- 5-2-1-3- الحمأة المنشطة :..... 16
I- 5-2-2- طرق المعالجة الموسعة:..... 17
I- 5-2-2-1- أحواض المعالجة بالنباتات :..... 17
I- 6-2-2-2- البحيرات الطبيعية :..... 17
I- 5-2-2-3- البحيرات المهواة:..... 18
I- 5-3- المعالجة الثالثية (المعالجة المتقدمة):..... 18

I-6- أهداف ومزايا استخدام المياه المعالجة وفوائدها:..... 19
I-7- تاريخ استخدام تقنية معالجة المياه المستعملة:..... 21
I-8- إعادة استعمال المياه المستعملة في الجزائر:..... 21
المراجع..... 22

الفصل الثاني: معالجة المياه المستعملة بالنباتات

مقدمة 26
II-1- نبذة تاريخية عن المعالجة بالنباتات: 26
II-2- تعريف المعالجة بالنباتات:..... 26
II-3- محطات المعالجة بالنباتات WWG : 27
II-4- مبدأ نظام المعالجة بالنباتاتWWG:..... 27
II-5- مراحل المعالجة بالنباتات:..... 28
II-5-1-المعالجة الأولية :..... 28
II-5-2- المعالجة الثانوية : 28
II-5-3- المعالجة النهائية:..... 28
II-6- عوامل اختيار النباتات: 29
II-7- العوامل المؤثرة على التصفية النباتية:..... 29
II-7-1- نوع النبات..... 29
II-7-2- التهوية الكبيرة:..... 29
II-7-3- الحرارة:..... 29
II- 7-4- مكونات الأرضية:..... 29
II-7- 5- مدة المكوث:..... 29
II-8- النباتات المائية المستخدمة ضمن محطات المعالجة بالنباتات: 29
II-8-1-مجموعة النباتات البارزة:..... 30
II- 8-2- مجموعة النباتات المغمورة:..... 30
II-8-3- مجموعة النباتات الطافية :..... 31
II- 8-3-1- النباتات الطافية الحرة :..... 31
II- 8-3-2- النباتات الطافية ذات الجذور الممتدة داخل التربة :..... 31
II- 9- أحواض النباتات المستعملة في تنقية مياه الصرف الصحي :..... 31
II- 9-1- أحواض النباتات المستعملة في الجريان السطحي الحر $HSF\text{-}CW_S$: 32
II- 9-2- أحواض النباتات ذات الجريان السطحي الأفقي $HSSF\text{-}CW_S$: 32

II- 9-3- أحواض النباتات ذات الجريان الشاقولي VF :..... 33
II- 9-4- أحواض النباتات ذات الجريان المهجن (شاقولي + أفقي):..... 34
II- 10- دور العناصر المكونة لنظام المعالجة بالنباتات :..... 35
II- 10-1- دور مواد التعبئة: 35
II- 10-2- دور النباتات: 36
II- 10-3- دور الكائنات الدقيقة:..... 37
II- 11- آليات إزالة الملوثات و فعالية أحواض المعالجة بالنباتات :..... 37
II- 12-محاسن ومساوئ طريقة المعالجة بالنباتات :..... 38
II- 13- استخدامات المياه المعالجة بالنباتات:..... 38
المراجع..... 39
الجزء التطبيقي..... 41
الفصل الثالث:..... 42
الطرق والأدوات المستعملة، النتائج والمناقشة 42
مقدمة: 43
III-1- تقديم محطة التصفية بالوادي ONA :..... 43
III- 2- مكان اخذ العينات:..... 44
III-3- النبات المستعمل في التجربة : نبات الزيتة..... 44
III- 3-1- التصنيف العلمي : 44
III- 3-2- الوصف النباتي :..... 44
III- 3-3- النمو و الازدهار:..... 45
III- 3-4- أماكن التواجد و الانتشار الجغرافي :..... 45
III- 3-5- الاستعمالات:..... 45
III- 3-5-1- من الناحية البيئية :..... 46
III- 3-5-2- من الناحية الرعوية: 46
III- 3-5-3- من الناحية الاقتصادية :..... 46
III- 3-5-4- من الناحية الطبية:..... 46
III- 4- العتاد التجريبي المستعمل:..... 47
III- 4-1- التجربة الأولى:..... 47
III- 4-1-1- المواد، الأدوات و الأجهزة المستعملة:..... 47
III- 4-1-2- طريقة العمل:..... 47

III- 4-2- التجربة الثانية و التجربة الثالثة:..... 48
III- 4-3- التجربة الرابعة: 49
III- 4-3-1- المواد و الأدوات المستعملة:..... 49
III- 4-3-2- طريقة العمل:..... 49
III- 5- التحاليل الفيزيائية والكيميائية :..... 50
III- 5-1- تحديد الطلب البيولوجي للأكسجين DBO_5:..... 50
III- 5-1-1- المواد، الأدوات والأجهزة المستعملة:..... 50
III- 5-1-2- طريقة العمل :..... 51
III- 5-2- تحديد الطلب الكيميائي للأكسجين DCO :..... 52
III- 5-2-1- المواد والأجهزة والأدوات المستعملة :..... 52
III- 5-2-2- طريقة العمل :..... 53
III- 5 -3- قياس الدليل الهيدروجيني :..... 54
III- 5-3-1- طريقة العمل :..... 54
III- 6- النتائج و المناقشة:..... 55
III- 6-1- الأس الهيدروجيني pH:..... 55
III- 6-1-1- التفسير:..... 55
III- 6-2- الطلب البيوكيميائي للأكسجين DBO_5:..... 56
III- 6-3- الطلب الكيميائي للأكسجينDCO:..... 56
المراجع..... 57
الخاتمة العامة..... **59**
الملخص:..... **60**

قائمة الجداول

الجدولI-1: نموذج لتركيب المياه العادمة المنزلية الخام (غيرالمعالجة) ودرجة تركيزها 6

الجدولII- 1: يلخص دور النباتات ضمن محطات المعالجة بالنباتات 36

الجدولII- 2: آليات إزالة الملوثات ضمن أحواض النباتات. 37

الجدولII- 3 : محاسن ومساوئ معالجة بالنباتات: 38

الجدولIII- 1: يوضح نتائج تحاليل المياه المستعملة قبل و بعد المعالجة بنبات الزيتة. 55

قائمة الأشكال

الشكل I-1: مخطط مكونات مياه الصرف الصحي 6
الشكل I- 2: أنواع المركبات الفوسفورية و قابلية ذوبانها في الماء حسب تغير PH 12
الشكل I- 3: مخطط حوض الترسيب. 14
الشكل I- 4: المرشحات البيولوجية..... 15
الشكل I- 5: الأقراص البيولوجية الدوارة..... 16
الشكل I- 6: رسم تخطيطي يوضح عمل المعالجة بالحمأة المنشطة 17
الشكلI- 7: أحواض تهوية 18
الشكل I- 8 :مراحل معالجة المياه المستعملة..... 19
الشكلII-1 : مخطط العام لمحطة المعالجة بالنباتات..... 27
الشكلII- 2 : صورة النباتات المائية البارزة 30
الشكلII- 3 : صورة النباتات المائية المغمورة 30
الشكلII- 4: مقطع توضيحي يمثل المعالجة باستخدام النباتات الطافية..... 31
الشكل II-5: حوض المعالجة بالنباتات ذات الجريان تحت السطحي الحر. 32
الشكلII- 6 : حوض المعالجة بالنباتات ذات الجريان تحت السطحي الأفقي..... 33
الشكلII- 7: حوض معالجة النباتات ذات الجريان الشاقولي..... 34
الشكلII- 8 : حوض معالجة بالنباتات بالجريان المهجن..... 35
الشكل III-1: الموقع الجغرافي لمحطة معالجة مياه الصرف بكوينين (GOOGLE EARTH)..... 43
الشكل III-2 : صورة نبات الزيتة..... 45
الشكلIII- 3: أزهار نبات الزيتة..... 45
الشكلIII-4: بذور نبات الزيتة. 45
الشكلIII- 5: صورة توضح التجربة الأولى..... 48
الشكل III- 6: صورة توضح التجربة الثانية و التجربة الثالثة..... 48
الشكلIII-7: صورة وزن العينة..... 50
الشكلIII-8: صورة فرن كهربائي المستعمل. 50
الشكلIII- 9:صورة لجهاز SPECTROPHOTOMÈTRE..... 51
الشكلIII- 10: صورة لنتيجة المتحصل عليها من جهاز SPECTROPHOTOMÈTRE. 52
الشكلIII-11:صورة للكواشف المستعملة في DBO_5 مع قارورة الخرز الزجاجية..... 52
الشكلIII- 12:أنبوب يحتوي على كودQR خاص بالجهازSPECTROPHOTOMÈTRE 53

الشكلIII- 13:صورة لعملية تسخين عيناتDCO. 54
الشكلIII- 14:صورة لجهازPHمتر..... 55

قائمة الاختصارات

الرمز	التسمية
TM	العكارة
T	Température درجة الحرارة
CE	Conductivité électrique الناقلية الكهربائية
MES	Matières en suspension المواد العالقة
MO	Matières Organiques المواد العضوية
PH	Potentiel d'hydrogène الأس الهيدروجيني
$O_{2\ dissou}$	l'oxygène dissous الأكسجين المنحل
DCO	Demande chimique en oxygène الطلب الكيميائي للأكسجين
DBO_5	Demande biochimique en oxygène en 5 jours الطلب البيوكيميائي للأكسجين في 5 أيام
K	Constante biodégradabilité de la matière organique ثابت قابلية تحلل المواد العضوية
NH_4^+	Azote ammoniacal النتروجين الآموني
NO_3^-	Nitrate النترات
NO_2^-	Nitrite النتريت
PO_4^{3-}	Ortho phosphore الارتو فوسفات
WWG	Waste Water Gardens حدائق معالجة المياه المستعملة
VF	نظام التدفق تحت السطحي للاراضي الرطبة
STEP	Station d'Epuration محطة المعالجة
ONA	Office National de L'assainissement الديوان الوطني للتطهير

المقدمة العامة

المقدمة العامة

قال الله تعالى (وَجَعَلْنَا مِنَ الْمَاءِ كُلَّ شَيْءٍ حَيٍّ) "سورة الأنبياء-30- "، يعد الماء عنصرا أساسيا لا غنى عنه لجميع أشكال الحياة على كوكب الأرض، و بسبب التوسع الحضري الذي نشهده والتطور الصناعي والنمو السكاني ينتج عنه ازدياد كميات مياه الصرف الصحي في المسطحات المائية [1]، [2]، تعد مياه الصرف الصحي أي المياه المستعملة مصدرا رئيسيا لتلوث المياه العذبة مما يهدد صحة الإنسان والبيئة، لهذا نسعى دائما للبحث عن الحلول لهذه المشاكل، وهذا ما يدفعنا إلى البحث عن طرق اقتصادية غير مكلفة وصديقة للبيئة، ولعل من أهمها معالجة المياه المستعملة باستعمال النباتات، حيث أثبتت هذه الطريقة فعاليتها من حيث الأمن والتكلفة [3]، وكفاءتها العالية على إزالة الملوثات العضوية والكائنات الدقيقة التي تسبب الأمراض، مما يجعلها حلا من الحلول المعالجة المثالية [4].

السؤال المطروح هو:

ما هو الجزء من نبات الزيتة المسؤول عن تصفية المياه المستعملة ؟

تتميز بعض النباتات بالقدرة على معالجة المياه المستعملة، ومن بين هذه النباتات (نبات الزيتة) الذي هو محل دراستنا و التي من خلالها أثبتنا قدرته على معالجة المياه وإزالة بعض الملوثات، هذا العمل يتضمن جزء نظري وآخر تطبيقي تسبقهما مقدمة و تليهما خاتمة على النحو التالي :

- **الجزء النظري :** وقسمناه إلى فصلين

- **الفصل الأول :** المياه المستعملة وطرق معالجتها.

خصص هذا الفصل لتناول نظرة عامة حول المياه المستعملة من خلال معرفة أنواعها وأصولها.

- **الفصل الثاني** : معالجة المياه المستعملة بالنباتات.

يتضمن هذا الفصل دراسة نظرية حول كيفية معالجة المياه بواسطة النباتات.

- **الجزء التطبيقي:** طرق و الأدوات المستعملة، النتائج والمناقشة.

يعرض هذا الفصل محطة التصفية بالوادي ONA والنبات المستعمل في الدراسة، ويصف الأساليب المستخدمة ويعرض نتائج التحاليل التي أجريت ومن بعد ذلك مناقشة وتحليل النتائج.

الجزء النظري

الفصل الأول:
المياه المستعملة وطرق معالجتها

مقدمة:

تعاني العديد من الدول في العالم من مشكلة شح المياه العذبة و الصالحة للاستعمال ، كل يوم يزداد خطر الجفاف و نقص المياه في العالم لذلك تلجأ هذه الدول إلى معالجة المياه المستعملة.

حيث تمثل معالجة المياه المستعملة جوانب أساسية في الحفاظ على صحة البيئة و تأمين مصادر المياه، يهدف هذا العمل إلى إزالة الملوثات و الشوائب من المياه المستعملة، وبالتالي تحسين جودتها حيث تشمل عمليات المعالجة استخدام تقيات متقدمة مثل الترشيح البيولوجي و الترسيب، بالإضافة إلى التطورات في مجال تقنيات الأغشية والتكنولوجيا الحيوية، هذه الجهود تعزز الاستدامة و تساهم في توفير موارد المياه النظيفة للبشرية.

I-1- تعريف المياه المستعملة:

هي المياه التي سبق استخدامها في أنشطة مختلفة مثل الصناعة، الزراعة والأنشطة المنزلية وغيرها. وتشير عبارة الصرف الصحي عادة إلى مياه المجاري الناتجة عن التجمعات السكانية والصناعية، لكن هذه العبارة يتم التعبير عنها الآن بالمياه العادمة، تحتوي هذه المياه على 99% من الماء و الباقي من الشوائب لذلك يجب معالجتها بشكل صحيح قبل إعادة استخدامها، لتجنب تأثيرها الضار على البيئة والصحة العامة[5].

I- 2- ملوثات المياه المستعملة[6]:

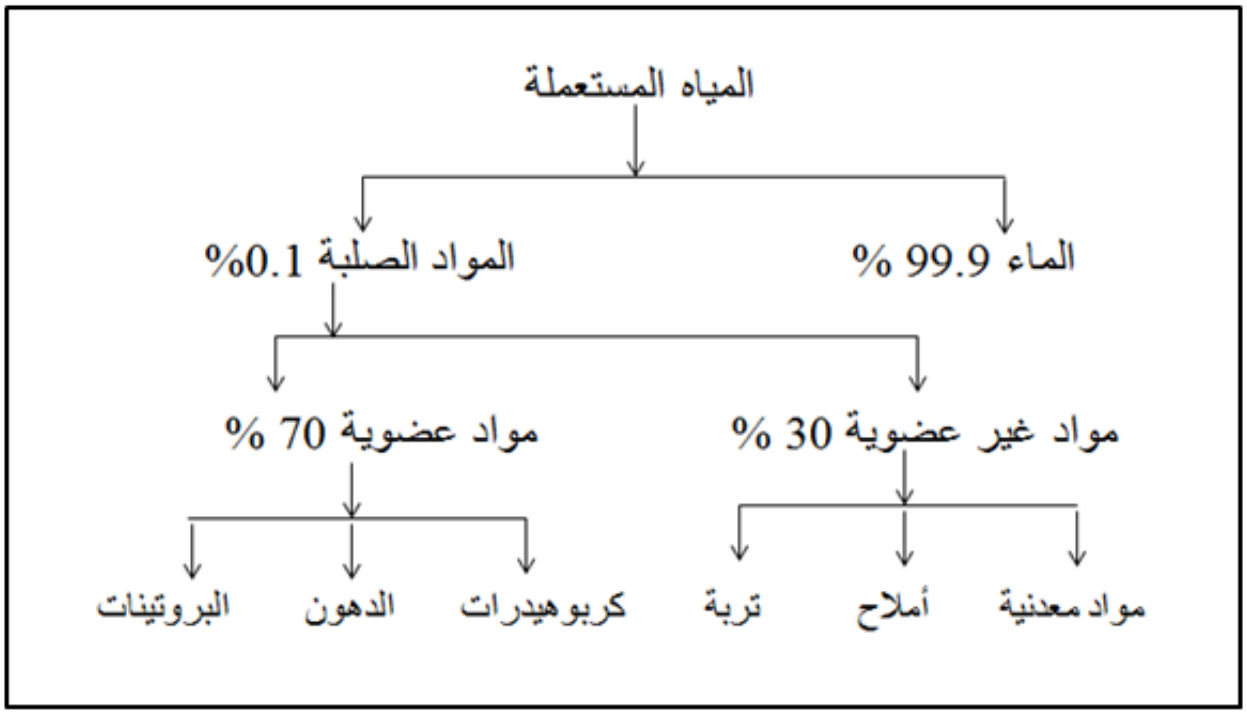
I- 2-1- مواد عضوية:

والتي تتضمن الكثير من الدهون، البروتينات، الكربوهيدرات وبقايا الكائنات الحية وتشكل هذه المواد حوالي (70%) من الملوثات.

I- 2-2- مواد غير عضوية:

وهي عبارة عن جسيمات وأملاح مثل الكلوريدات والكبريتات والفوسفات والنترات وغيرها من الأملاح، والمعادن الصلبة والثقيلة مثل الرصاص، الزئبق، الكالسيوم، المغنزيوم والغازات مثل CO_2، N_2، O_2، بالإضافة إلى التربة والرمال، حيث يشكل كل هذا حوالي (30%) من ملوثات المياه العادمة، كما تتواجد في المياه العادمة ملوثات مكروبيولوجية مثل الفيروسات والبكتيريا الممرضة مثل بكتريا، القلون، البرازية، السالمونيلا، الكواليرا، وبيوض الديدان المعوية مثل الإسكارس والبروتوزوا. وللحد من خطورة هذه الكائنات

الممرضة فلابد من إتباع الأساليب التي تؤدي إلى خفض تركيزها، وذلك بمرور هذه المياه في مراحل المعالجة المختلفة والشكل 1 يمثل مخطط توضيحي لمكونات مياه الصرف الصحي:



الشكل I-1: مخطط مكونات مياه الصرف الصحي [7].

I- 3- مصادر المياه المستعملة :

I- 3-1- المياه العادمة المنزلية :

هي المياه الناتجة عن الاستعمالات المنزلية وتكون هذه المياه العكرة ذات لون مائل إلى الاصفرار أو الداكن، و تحتوي على بقايا الطعام و الورق و البول و كميات هائلة من البكتيريا، الفطريات، الفيروسات و حيوانات أولية وحيدة الخلية مثل البروتوزوا وحيوانات اكبر حجما مثل النيماتودا (الديدان الاسطوانية) والحشرات وتسبب بعض هذه الكائنات الأمراض الخطيرة للإنسان.

الجدولI-1: نموذج لتركيب المياه العادمة المنزلية الخام (غيرالمعالجة) ودرجة تركيزها [8].

المقياس	التركيز ملغم / لتر		
	قوي	متوسط	ضعيف

قيمة الحموضة PH	8.7	8.7	8.7
إجمالي المواد الصلبة المذابة TDS	850	500	250
إجمالي المواد الصلبة TS	1200	700	350
إجمالي المواد الصلبة العالقة TSS	350	200	100
نيتروجين N	85	40	20
فسفورP	20	10	6
كلوريدات Cl	100	50	30
الأكسجين الحيوي DBO_5	300	200	100
الأكسجين الكيميائيDCO	1000	500	250
مواد قلوية	200	100	50

I- 3-2- المياه العادمة الصناعية:

هي المياه الناتجة عن استعمالات صناعية مختلفة، التي تحتوي على مواد كيماوية ضارة، سامة، مواد عالقة، مواد مترسبة، مواد ذائبة وحوامض سامة. بالإضافة إلى المواد العضوية النيتروجية أو الفوسفورية [7]، وهذا ما لا يسمح لها بأن تنقل أو تعالج مع المياه العادمة المنزلية.وبصفة عامة يمكن القول إن المياه العادمة الصناعية تختلف في خواصها ومكوناتها من صناعة إلى أخرى. فلا تتشابه مواصفاتها في جميع دول العالم، ولا في بلدان الدولة الواحدة. ومثال على ذلك نرى أن مكونات المياه المستعملة للأغراض الصناعية في بعض مصانع الأمريكية التي تحتوي على مخلفات نووية أو مركبات تدخل في صناعة الأسلحة و المعدات الثقيلة والذي لا نجده في مخلفات المياه العادمة القادمة من الجزائر، وبهذا تكون هذه المياه العادمة الأمريكية خطرة على الإنسان والكائنات الحية بشكل تفوق فيه المياه العادمة الجزائرية.وهذا ولابد من القول إن المياه العادمة الصناعية في الجزائر غالبا ما تفرغ بدون معالجة مسببة التلوث للتربة والمياه الجوفية وكذلك البحر وبالتالي فهي تؤثر على الصحة العامة. لذلك يجب أن لا

يسمح بصرف مياه ومخلفات المصانع إلا إذا تم عمل معالجة لها داخل المصنع وقبل صرفها إلى الشبكة العمومية للمجاري.

I- 3-3- المياه العادمة الزراعية :

هي المياه العادمة التي تنتج عن الأنشطة الزراعية المختلفة للإنسان الصادرة عن السقي و الري والتي تكون ملوثة بالأسمدة، المبيدات الحشرية، مبيدات الأعشاب[7]، حمض الايثانويك و مركبات النيتروجين المختلفة خصوصا عند استعمال الزراعة الكثيفة و تربية الحيوانات. وتحتوي المياه العادمة الزراعية على مواد عضوية سهلة التحلل كبقايا النباتات و فضلات الحيوانات و التي تشكل خطر كبيرا على البيئة خاصة عند اختيار الطريقة الملائمة لمعالجتها مثل إعادة المواد إلى دورتها الطبيعية عن طريق استعمالها في الزراعة و الحراج الزراعي. و توجد العديد من العوامل التي تؤثر في كمية تدفق هذه المياه العادمة منها زيادة كثافة السكان، معدل تغير السكان، استهلاك الماء، احتياجات الماء، النشاط التجاري، الصناعي، الزراعي وزيادة الخدمات.

I- 3-4- مياه الأمطار و الجريان السطحي :

هذه المياه تجد طريقها إلى شبكة الصرف الصحي عن طريق البالوعات في الشوارع، حاملة معها بعض المواد العالقة مما قد تجده أمامها على الأسطح و الشوارع، يضاف إليها ما يعرف بمياه الرشح وهي المياه الجوفية التي قد تدخل إلى مواسير الصرف من خلال غطاء الوصلات غير المتقنة أو خلال جسم الماسورة نفسها[7]، إذا كان مساميا حيث تحمل معها الرمال و غيرها من البقايا العالقة. و قد يعتقد الكثيرون إن مياه الأمطار المناطق الصناعية تكون في الدقائق الأولى من سقوطها ملوثة بدرجة تلوث المياه العادمة المنزلية خصوصا عند انحباس الأمطار لفترة طويلة من الزمن.

I-4- خصائص المياه المستعملة:

I-4-1- الخصائص الفيزيائية:

I- 4-1-1- العكارة (TM):

تستخدم وحدة العكارة (NTU) لقياس تعكر الماء عن طريق توجيه الأشعة الضوئية عبر عينة الماء الموجودة في أنبوب الجهاز. يتم وضع العينة في الأنبوب المخصص للجهاز ومن ثم قراءة النتائج مباشرة [9].

I- 4-1-2- اللون :

تتحول لون الماء المستعملة من رمادي خام إلى لون أصفر عندما يحدث تحلل المواد العضوية بفعل البكتيريا، مع الحفاظ على تركيز الأكسجين المذاب[10]. يتم تحديد هذا التغيير في اللون باستخدام أداة تسمى مقياس اللون.

I- 4-1-3- الرائحة:

عادةً تنبعث الروائح من الغازات التي تتولد نتيجة تحلل المواد العضوية أو المواد المضافة إلى المياه المستعملة سواء كانت منزلية أو صناعية[10]. يتم تخفيف الماء المطلوب تقييمه تدريجياً باستخدام ماء خالٍ من الروائح، ويتم تحديد الخليط الذي يتم فيه فقدان الروائح من خلال الملاحظة البشرية.

I- 4-1-4- درجة الحرارة (T):

تؤثر درجة الحرارة كعامل فيزيولوجي على استقلاب الكائنات الحية الدقيقة في الماء، وتؤثر ايضا على قابلية ذوبان الأملاح، وخاصة الغازات مثل الأكسجين (O_2)، وتحدد الأس الهيدروجيني، وسرعة التفاعلات الكيميائية[11]. بالنسبة للمياه الصالحة للشرب، يجب أن تكون درجة الحرارة حوالي 10 درجات مئوية، ولا يجب أن تتجاوز 25 درجة مئوية.

I- 4-1-5- الناقلية الكهربائية (CE):

ترتبط شوارد الأملاح الموجودة في الماء ببعضها البعض عن طريق العلاقة الطردية، وبالتالي يمكن للناقلية الكهربائية أن تعطي فكرة عن ملوحة الماء. واختلاف هذه الخصائص في الماء قد تؤثر على عمليات المعالجة البيولوجية[7].

I- 4-1-6-المواد العالقة (MES):

المواد غير الذائبة الموجودة في مياه الصرف تشمل مجموعة متنوعة من المواد، بما في ذلك المواد العضوية (MVS) والمواد المعدنية (MMS)، وتُرمز لها بـ MES: [7]

MES=30% MMS+70%MVS

حيث تتضمن أيضا المواد التي يمكن رؤيتها بالعين المجردة مجموعة متنوعة من المركبات، مثل المواد الطافية والرمال والحصى، بالإضافة إلى مخلفات الطعام وأوراق الشجر وقطع الأخشاب ومفرغات الجسم البشري، والنفايات الصلبة الأخرى. تُعد هذه المواد سهلة الإزالة من مياه الصرف عن طريق العمليات

الفيزيائية أو الكيميائية، مثل الترسيب والترشيح. [12]، ويتم قياس إجمالي المواد الصلبة بوحدة الجزء في المليون (PPm) أو الجزء في المليار (PPb) اعتمادا على التركيز.

I- 4-2-الخصائص الكيميائية :

I- 4-2-1- الأس الهيدروجيني (pH) :

هو قياس تركيز شوارد الهيدروجين (H^+) الواردة في الماء و يعطي بالعلاقة التالية : [13]

$$PH=-\log [H^+]$$

عندما يتجاوز الرقم الهيدروجيني (PH) للماء قيمة 7، يصبح الوسط قلويا، بينما إذا كان أقل من 7، فإنه يكون حامضياً. يُحصر نطاق قيم الـPH المقبولة للماء بين 6 و 8.5، حيث أن القيم خارج هذا النطاق تُعتبر خطرة على الحياة المائية وتتسبب في تأثيرات ضارة على البيئة المائية.

I- 4-2-2- الأكسجين المنحل (O_2):

يستخدم الأكسجين المنحل في التفكك الحيوي للمادة العضوية في البيئة المائية. نظرًا لخطورة نقص الأكسجين وتأثيره على الأسماك والكائنات المائية والمجهرية، يُعتبر ضبط تركيزه أمرًا أساسيًا[10]، يساهم ذلك في تحفيز التفاعلات البيولوجية اللازمة للحفاظ على توازن النظام البيئي المائي ويتم التعبير عن تركيز الأكسجين المنحل في مياه الصرف بوحدة (mg/l).

I- 4-2-3- الطلب الكيميائي للأكسجين (DCO):

هو الاحتياج الكلي للأكسجين لتفكيك المواد العضوية عن طريق الأكسدة الكيميائية يُعرف بالأكسجين الكيميائي المطلوب، يتم استخدام مؤكسدات قوية مثل ثنائي كرومات البوتاسيوم لأكسدة هذه المواد العضوية.

I- 4-2-4- الطلب البيوكيميائي للأكسيجين (DBO_5):

هو الكمية اللازمة من الأكسجين لتحليل المواد العضوية من قبل الميكروبات في ظروف الهواء الطبيعي تُعرف بالطلب البيولوجي للأكسجين (DBO_5). يمكن تقديرها عن طريق وضع عينة ماء محكمة الإغلاق تحت ظروف حرارة محددة لمدة خمسة أيام، يُشير ارتفاع مستوى DBO إلى وجود كمية كبيرة من المواد العضوية، مما ينتج عنه نقص في الأكسجين في الماء ويؤثر سلباً على الحياة النباتية والحيوانية والمائية.

I-4-3- الخصائص البيولوجية:

الفيروسات، البكتيريا، الأوليات والديدان المعوية كلها تعد من الخصائص البكتيرية و المجهرية للمياه و يتم الكشف عنها عن طريق المعالجة البيولوجية.

I-4-3-1- الفيروسات :

هي الكائنات المعدية التي تتراوح أحجامها بين 10 إلى 350 ميكرومترًا كائنات صغيرة للغاية. تتكاثر هذه الكائنات عن طريق الإصابة بكائن حي آخر أو عن طريق العدوى، كما يحدث في حالات الإصابة بفيروسات مثل فيروسات التهاب الكبد بأنواعها A، B، وC، ويُعتبر فيروس شلل الأطفال من بين أخطر هذه الفيروسات [17]،[18].

I- 4-3-2- البكتيريا :

هي كائنات أحادية وحيدة الخلية بسيطة لا تحتوي على نواة تتراوح أحجامها بين 0.1 و 10 ميكرومتر. تشمل هذه الكائنات البكتيريا مثل السالمونيلا المسؤولة عن التسمم الغذائي، والشيغيل، والإيكولاي، والكوليفورم، والزائفة الزنجارية، وجميعها تشكل خطرًا كبيرًا على صحة الإنسان.

I- 4-3-3- الأوليات :

هي كائنات وحيدة متعددة الأنوية تعتبر أكبر من البكتيريا حجماً، بعضها يُسبب الإسهال المزمن، الآلام في المعدة، فقدان الوزن، الإرهاق، ومجموعة من الأمراض الأخرى.

I-4-3-4- الديدان المعوية:

هي كائنات طفيلية متعددة الخلايا مثل الأوليات، تشمل دودة الإسكارس والدودة الشريطية، بيض هذه الكائنات مقاوم للغاية ويمكن أن يعيش في مياه الصرف الصحي لعدة أسابيع أو حتى شهور، تسبب هذه الكائنات العديد من الأمراض مثل الأنيميا، الإسهال، وآلام العضلات.

I-4-3-5- العناصر المؤكسدة :

I- 4-3-5-1- شوارد الأمونيوم (NH_4^+):

شوارد الأمونيوم تُعتبر جزءًا أساسيًا من دورة النيتروجين، حيث يشير وجود كميات كبيرة من الأمونيوم في المياه السطحية إلى تلوث ناتج عن تصريف مياه الصرف في الجداول المائية[14].

I- 4-3-5-2- شوارد النترات (NO_3^-):

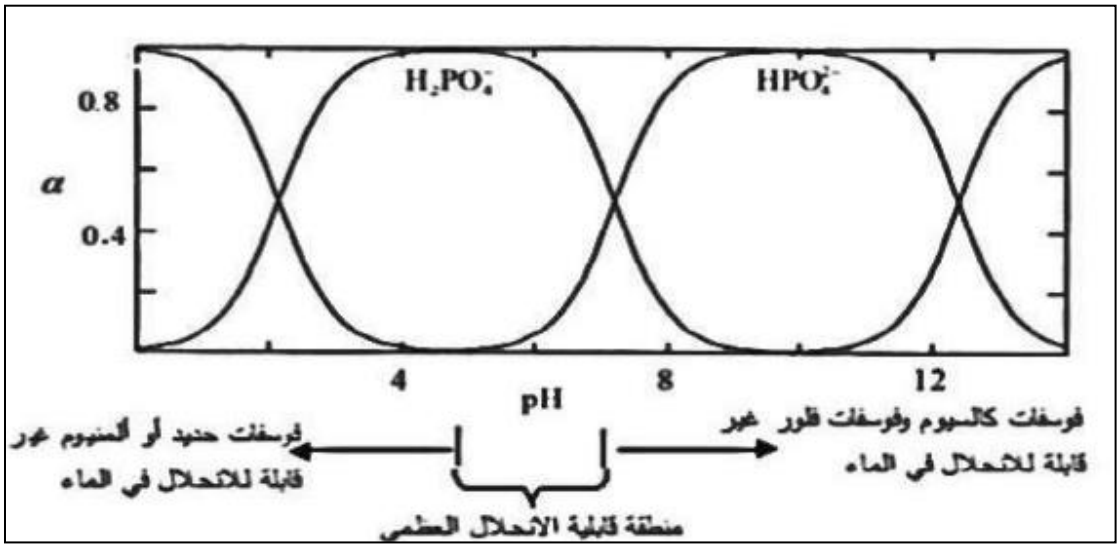
تُعتبر النترات واحدة من المركبات الشائعة في المياه، خاصة في المياه الجوفية حيث توجد بمستويات عالية، تنتج النترات نتيجة لعملية أكسدة النيتروجين العضوي عن طريق الجراثيم الموجودة في التربة والمياه، يُساهم وجود النترات في المياه بشكل رئيسي من خلال جريان المياه على سطح التربة، وأيضًا نتيجة للزيادة الكبيرة في استخدام الأسمدة النيتروجينية والكيماوية [14].

I- 4-3-5-3- شوارد النتريت (NO_2^-):

أيون النتريت يُعتبر متزايد النشاط الكيميائي وغير ثابت، حيث يتم تكوينه من تحول النيترات إلى نيتريت. يتفاعل النتريت مع الأمينات الموجودة في أجسام الكائنات الحية لتكوين مركبات النتروزامين، وهي مركبات تمثل خطورة كبيرة على صحة الإنسان حيث يمكن أن تسبب العديد من الأورام [15].

I- 4-3-5-4- شوارد الارتو فوسفات (PO_4^{3-}) :

الفسفور، سواء العضوي أو المعدني، يتواجد في المياه على شكل عوالق أو محلول، يُعتبر الفسفور المعدني المنحل في الماء شكلًا من المركبات التي تستجيب لاختبار الفوسفات، يُمثل شكل الفسفور الشاردي في الماء شكل الـ (PO^{3-}_4)، وتتغير أشكال الفسفور حسب قيمة pH في المحيط، حيث تحتوي المياه ذات الpH الطبيعي بين (5-8) على فسفور ذو أشكال متنوعة مثل ($H_2PO_4^-HPO_4$) [16]. والشكل التالي يوضح أنواع المركبات الفوسفورية و قابلية ذوبانها:



الشكل I- 2: أنواع المركبات الفوسفورية و قابلية ذوبانها في الماء حسب تغير PH [7].

I-5- طرق معالجة المياه المستعملة:

هي تقنية من تقنيات معالجة مياه الصرف الصحي، ويتم فيها استخدام مجموعة متنوعة من العمليات الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية، وتتكون عملية معالجة المياه من ثلاث مراحل رئيسية تبدأ المرحلة الأولى بالمعالجة الأولية باستخدام الطرق الفيزيائية، ثم تليها المرحلة الثانية التي تعتمد على الطرق البيولوجية، أما المرحلة الثالثة فتعتمد على الطرق الكيميائية :

I- 5-1- المعالجة الأولية التمهيدية (المعالجة الفيزيائية):

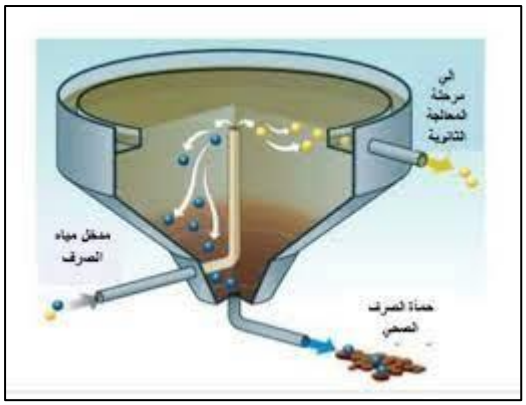
عملية المعالجة التمهيدية تكون من خلال الخطوة الأولى، التي تهدف إلى إزالة الكتل الصلبة الكبيرة مثل الحصى والأجزاء الخشبية والمعدنية، ويتم ذلك باستخدام مجموعة من الطرق المختلفة، ومن بين هذه الطرق:

I- 5-1-1- الغربلة:

تتضمن الخطوة الأولى من عملية المعالجة إزالة الأجسام ذات الحجم الكبير والألياف غير القابلة للتحلل بنسبة تتراوح بين 20% و30%، يتم ذلك عن طريق إدخال المياه في قناة تحتوي على حاجز مشبك مصنوع من قضبان معدنية، حيث يتم حجز الأجسام الصلبة ذات الحجم الكبير مثل علب البلاستيك والمعادن والزجاج والأوراق، يعمل هذا الحاجز على حماية أجهزة المحطة المستخدمة في المراحل اللاحقة من العملية، كما يساهم في تحسين تجانس المياه [19].

I-5-1-2- أحواض الترسيب:

خلال هذه المرحلة، يتم توجيه مياه الصرف إلى أحواض الترسيب حيث يحدث ترسيب أولي للجسيمات الثقيلة بفعل الجاذبية، يسمح هذا الترسيب بإزالة نسبة تتراوح بين 25% و50% من الطلب البيوكيميائي للأكسجين[5]، و65% من الزيوت والشحوم، وبين 50% و70% من المواد العالقة[20]، والرمال والمواد الحصوية الناعمة التي قد مرت عبر المصافي. وبالتالي، يتم تقليل حجم الرواسب في أحواض الترسيب كما موضحة في الشكل التالي :



الشكل I- 3: مخطط حوض الترسيب.

I- 5-1-3- أحواض التعديل :

الهدف من هذه العملية هو تقليل سرعة تدفق المياه الواردة إلى المحطة، بهدف الحصول على معدل تدفق للمياه يكون شبه ثابت، ومعدل مستقر للملوثات، تُستخدم هذه العملية عند الحاجة إليها[7].

I-5-1-4- إزالة الزيوت و الأوحال بالتركيد :

يتحرك الماء في قنوات مخصصة بحركة بطيئة، مما يسمح بترسيب الأوحال والأتربة العالقة فيه، أما الزيوت والمواد الدهنية، فتطفو على سطح الماء ويتم إزالتها باستخدام طرق متعددة، ولكن الأكثر شيوعًا هو استخدام جهاز يعتمد على الإزالة الميكانيكية للزيوت، حيث يستخدم شفرات بلاستيكية تتحرك على سطح الحوض باتجاه معاكس لتدفق الماء [21]، [22].

I-5-2- المعالجة الثانوية (المعالجة البيولوجية):

تهدف هذه المعالجة إلى تحقيق درجة أعلى من التطور عبر العمليات الأولية، حيث تسمح المعالجة البيولوجية بتفكيك وتحلل المواد العضوية القابلة للتحلل من قبل الكائنات الحية الدقيقة، يحدث ذلك في وجود الهواء، حيث تقوم هذه الكائنات بامتصاص المواد العضوية الملوثة، ويعتمد التحلل البيولوجي الهوائي على نشاط البكتيريا في وجود الهواء[23].

I- 5-2-1- طرق المعالجة المركزة :

تُعَدُّ طرق المعالجة المركزة من بين أكثر التقنيات البيولوجية تطورًا في محطات المياه الحضرية، تقوم هذه الطرق على مبدأ توفير مساحات أصغر وتكثيف عمليات تحويل المواد العضوية الموجودة في الوسط الطبيعي [24]، تتضمن هذه الطرق ثلاثة أساليب رئيسية :

I- 5-2-1-1- الأسرة البكتيرية (أسرة الترشيح) :

بعد مرور المياه بعمليات التصفية الميكانيكية وأحواض الترسيب الأولية، يتوجه الماء النقي إلى السرير البكتيري، حيث تترسب الجزيئات الكبيرة في الطبقات العليا، تليها الجزيئات ذات الحجم الأصغر، ويصل أخيراً إلى الطبقة الداخلية التي تستوطنها الكائنات الحية الصغيرة، يتم توجيه مياه الصرف عبر هذه الطبقات عن طريق حامل أنبوب كبير يحتوي على ثقوب صغيرة، والذي يوزع الماء على سطح الحوض، بعد فترة من الزمن، يتكون غشاء رقيق ولزج على سطح السرير البكتيري، ويحتوي على كائنات حية متنوعة تساهم في تحلل المواد العضوية الملوثة، الماء المنقى يُوجَّه بعد ذلك إلى حوض الترسيب الثانوي حيث يتم تقليل نسبة المواد العضوية بشكل كبير [7]، [25]، يوضح الشكل 4 المرشحات البيولوجية كالتالي:

الشكل I- 4: المرشحات البيولوجية[26].

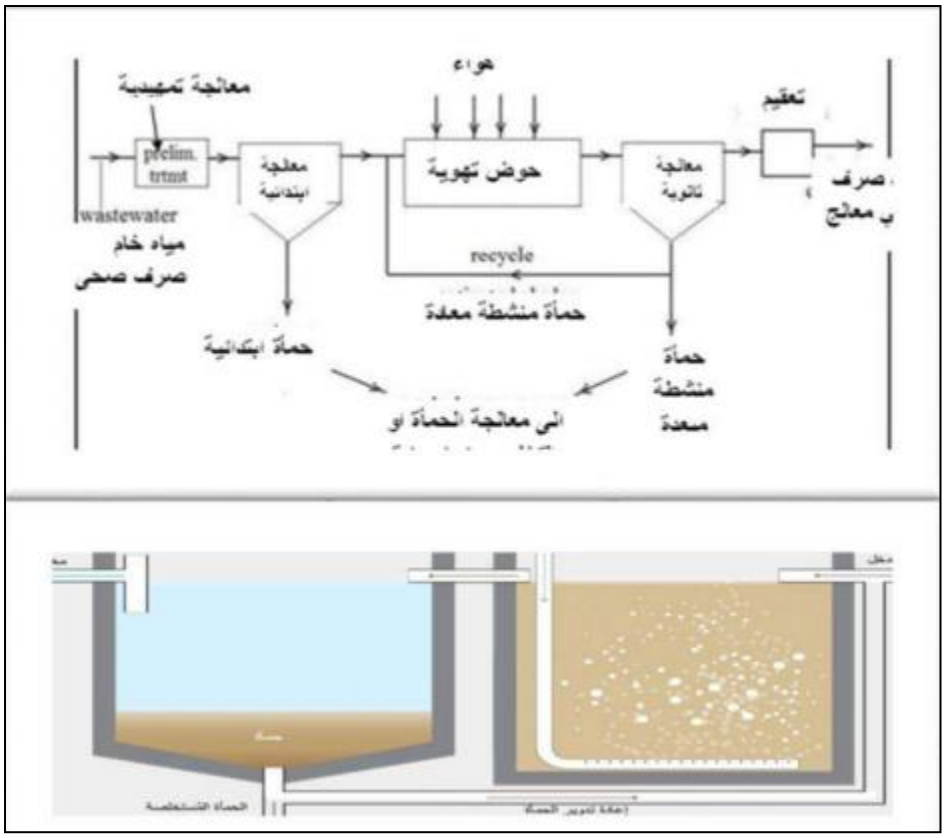
I- 5-2-1-2- الأقراص البيولوجية :

تقنية الأقراص البيولوجية تعمل على نفس مبدأ الأسر البكتيرية، حيث تتكون من حوض أو أكثر يحتوي على أقراص دائرية متقاربة مركبة على أعمدة أفقية، تُصنع الأقراص من مواد مثل البولستيرين أو الكلوريد المتعدد الفينيل، وتمر في المياه الملوثة لتشكل طبقة من الوحل البكتيري، يسمح دوران الأقراص بتعرض البكتيريا للمواد العضوية في المياه، ثم للهواء لامتصاص الأكسجين، رغم تكلفتها المنخفضة، إلا أن أدائها يُعتبر ضعيفًا وتتأثر بالظروف المناخية [7]، الشكل أدناه يبرز الأقراص البيولوجية:

الشكل I- 5: الأقراص البيولوجية الدوارة[26].

I- 5-2-1-3- الحمأة المنشطة :

تُعَدُّ طريقة حماة المياه المنشطة الطريقة الأكثر انتشارًا حاليًا لتنقية مياه الصرف الصحي في جميع أنحاء العالم، وتُعدُّ من بين أنجح المعالجات البيولوجية الهوائية، يتمثل مبدأ عملها في ترك النفايات السائلة المعالجة مسبقًا في حوض مهوى صناعي، الذي يحتوي على مزيج من الماء والمواد العضوية وغير العضوية والأكسجين المنحل في الماء، بالإضافة إلى نسبة كبيرة من الكائنات العضوية الدقيقة، معظمها من البكتيريا، تسير هذه المياه بعد ذلك من أحواض التهوية إلى أحواض الترسيب الثانوية، حيث يتم فيها ترسيب المزيج المنحل والحصول على حمأة راسبة (متكتلة) تتجمع فوق قاع حوض الترسيب الثانوي، يتم توجيه جزء من هذه الحمأة إلى المعالجة التالية، بينما يُعاد الجزء الأكبر مرة أخرى إلى أحواض التهوية لإعادة تنشيط عمل البكتيريا الهوائية فيها والحصول على حمأة منشطة ذات فعالية كبيرة في المعالجة البيولوجية،أما المياه الناتجة عن أحواض الترسيب الثانوية، فتصرف في المصب العام، وأحيانًا بعد ترشيحها وإضافة مقادير محددة من الكلور لتطهيرها من الملوثات العضوية والجرثومية، تُجمع الحمأة الزائدة ثم يتم معالجتها (حرقها) أو إعادة تدويرها في الزراعة، تُعتبر هذه الطريقة الأكثر استخدامًا في الجزائر، وخاصة في الجزء الشمالي منها، نظرًا لعدم حاجتها إلى مساحات واسعة [10]، [27]، [28]، والشكل التالي يوضح عمل المعالجة بالحمأة المنشطة:



الشكل I- 6: رسم تخطيطي يوضح عمل المعالجة بالحمأة المنشطة [7].

I- 5-2-2- طرق المعالجة الموسعة:

لتطبيق طرق المعالجة الموسعة يتطلب وجود مساحات واسعة واستخدام الطاقة الشمسية لضمان إنتاج الأكسجين عن طريق التركيب الضوئي في حضور النباتات الثابتة أو الحرة لذلك، تُعتبر البيئة الصحراوية بيئة مناسبة لهذه العمليات [7].

I- 5-2-2-1- أحواض المعالجة بالنباتات :

إحدى طرق معالجة المياه الملوثة هي تصميم الأحواض لتشبه البيئة الطبيعية، حيث يُملأ الحوض ببقايا من الحصى تليها طبقة من الرمل الناعم، وتُعتبر هاتان الطبقتان دعامة للنباتات المزروعة، بعد أن يُخضع الماء الملوث للمعالجة الأولية، يتم توجيهه إلى أحواض النباتات بشكل شاقولي أو أفقي، أو من كلا الاتجاهين معًا [7].

I- 6-2-2-2- البحيرات الطبيعية :

يعتمد مبدأ هذه الطريقة على التنقية الذاتية التي تحدث بشكل تلقائي، والتدفق والسيلان البطيء للماء في الأحواض، حيث يتم تحويل المادة العضوية إلى عناصر معدنية عن طريق عمل الكائنات الحية الدقيقة،

تقدر نسبة مردود هذه التقنية في هذه العمليات بنسبة 90%، وهي طريقة صديقة للبيئة واقتصادية لعدم احتياجها لطاقة كهربائية وميكانيكية، تعتمد على عاملين طبيعيين هما ضوء الشمس والجاذبية، حيث تساعد الجاذبية في ترسيب المواد الملوثة، بينما تعمل الطاقة الشمسية على تنشيط التركيب الضوئي وقتل الكائنات المسببة للأمراض [29].

I- 5-2-2-3- البحيرات المهواة:

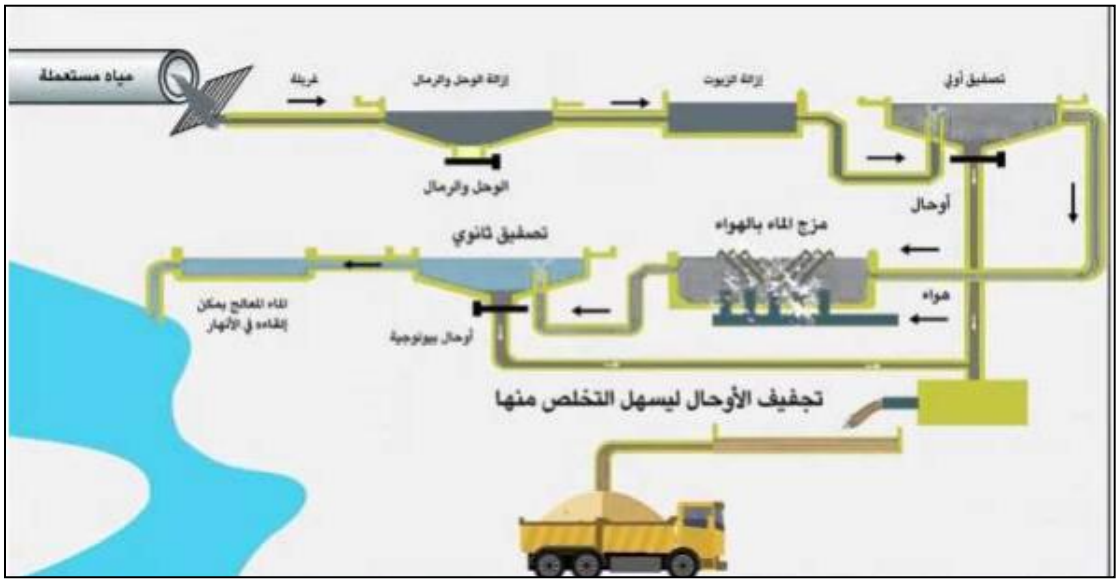
وهي عبارة عن أحواض ذات مساحات كبيرة (كما موضحة في الشكل 7) وغالبا ما يستخدم هذا النوع من المحطات كثيرا في الصحراء، يعتمد مبدأ البحيرات المهوات بشكل أساسي على تحفيز عملية تحطيم المواد العضوية في مياه الصرف الصحي عبر سلسلة غذائية من الكائنات الحية الدقيقة، وبشكل خاص البكتيريا الهوائية، من خلال توفير الأكسجين للمياه الملوثة عن طريق الضخ أو النفخ، تلعب عملية التركيب الضوئي دورًا مهمًا مع انتشار الطحالب نتيجة لتوافر مشتقات النتروجين والفسفور في الماء، تتراوح مدة بقاء الماء داخل الأحواض من 2 إلى 6 أيام أو أكثر حسب خواص المخلفات السائلة، يلعب الأكسجين دورًا مهمًا في عملية الأكسدة البيولوجية عندما يكون متوفرًا بشكل كافٍ، ويوفر الظروف المناسبة للكائنات الحية الدقيقة والطحالب، يتم تحرك الماء ببطء من بحيرة إلى أخرى، وتتكرر نفس العملية من الأحواض الأولى إلى الأحواض الأخيرة المعالجة [16]،[29].

الشكلI- 7: أحواض تهوية [26].

I- 5-3- المعالجة الثالثية (المعالجة المتقدمة) :

بعد المعالجة الأولية والثانوية لإزالة المواد العضوية المتبقية صعبة التحلل، يتم تطبيق هذه المعالجة للقضاء على هذه المواد، حيث نستخدم عدة طرق مثل ترسيب الملوثات بإضافة بعض المخثرات الكيميائية، واستخدام الكربون المنشط، والتبادل الأيوني، والتناصح العكسي، أو الأشعة فوق البنفسجية،

والطريقة الأساسية هي التطهير بالكلور، والتي يجب تطبيقها بجرعات مركزة جدا وأوقات اتصال طويلة، ومع ذلك ينبغي الإشارة إلى أنه بعد هذه العملية، قد تتشكل سموم تضر بالحياة المائية، لذا يتعين إجراء عملية نزع الكلور قبل التخلص منها، وبعد هذه العملية يتم الحصول على ناتج نظيف غير ملوث يحتوي على DBO_5 منخفض من الطلب البيولوجي قابل للضخ في المسطحات المائية أو استخدامه في الزراعة [7]،[29]، يوضح الشكل التالي أهم مراحل معالجة المياه المستعملة:



الشكل I- 8 :مراحل معالجة المياه المستعملة[16].

I-6- أهداف ومزايا استخدام المياه المعالجة وفوائدها:

إن من أبرز أهداف و مزايا إعادة تدوير المياه و معالجتها في ما يأتي:

- زيادة الوعي بأهمية ترشيد المياه.

- المحافظة على الصحة العامة والتقليل من المخاطر الصحية الناتجة عن عدم معالجة مياه الصرف الصحي.

- توفير جودة حياة عالية لسكان عن طريق التخلص من المياه بأقل التكاليف الممكنة.

- الاستدامة البيئية عن طريق تقليل التلوث البيئي و إستهلاكات الطاقة والمحافظة على المنظر الإجمالي بالمدينة.

– إعادة استخدام المياه مرة أخرى لإغراض الري والذي بدوره يحافظ ويوفر في مصادر المياه الرئيسية المخصصة للشرب.

– الحد من الحاجة إلى الأسمدة الصناعية بسبب وجود العناصر الضرورية في تلك المياه المعالجة

– تقليل تكاليف التصنيع لاستخدام المياه المستصلحة عالية الجودة و زيادة الإنتاج الزراعي.

– زيادة توافر المياه لأغراض الشرب و التنظيف والري والاستخدامات المنزلية والمناظر الطبيعية وغسل المراحيض و ما إلى ذلك و تقليل الإفراط في استخراج المياه الجوفية.

– تقليل حمولة المغذيات إلى مياه الأنهار والقنوات والموارد المياه السطحية الأخرى.

– تعزيز حماية البيئة عن طريق الحفاظ على الأراضي الرطبة و البرك.

– زيادة العمالة و تعزيز الاقتصاد المحلي مثل (السياحة و الزراعة).

– منع تلوث مياه البحار و تجنب الأضرار السياحية و الصحية و البيئية الناجمة عنها.

– تحاشي تصريف المياه العادمة إلى مجاري المياه السطحية و منعا لتلويث المياه الجوفية.

– تقليل الطلب على المياه العذبة مما يضمن توفرها لأغراض أخرى.

– تقليل العبء على محطات معالجة المياه ، حيث يمكن استخدام مياه الصرف الصحي المعاد تدويرها في أغراض غير صالحة للشرب.

– تقليل إنبعاثات الغازات الدفيئة عن طريق تقليل الحاجة إلى مصادر المياه من المواقع البعيدة.

– دعم نمو النظم البيئية المحلية و الحياة البرية، حيث تستخدم المياه المعاد تدويرها غالبا في تنسيق الحدائق و الري.

– إعادة شحن المياه الجوفية، وتجنب تدهور موارد المياه العذبة و تملحها.

– توفير مصادر مياه يمكن الوصول إليها سهولة القطاعات الاقتصادية، الصناعية و الزراعية، وتعزيز التنمية الاقتصادية والإنتاج الغذائي.

– تحسين نوعية الزراعة عن طريق استخدام المغذيات القيمة المستخرجة من مياه الصرف الصحي.

– استفادة البلديات من العائدات الناتجة عن بيع مياه الصرف إلى محطة المعالجة

– زيادة توفير المياه للمناطق القاحلة والبعيدة، وتقليل أثار التصحر و الجفاف و زيادة الرقعة الخضراء.

– بديل اقتصادي لتقليل التكاليف التشغيلية في الأنشطة المختلفة.

– باختصار يمكن القول إن استخدام المياه المستعملة يمثل استثمار ماليا ذكيا يساهم في توفير المال على المدى الطويل، و يمثل خطوة مهمة في تحسين إدارة الموارد المائية و حماية البيئة، مما يساعد في بناء مجتمعات أكثر استدامة و صديقة للبيئة.

I-7- تاريخ استخدام تقنية معالجة المياه المستعملة:

تاريخيًا يعود أول استخدام لمياه الصرف الصحي إلى ما قبل ألفي عام في اليونان، كما كانت ممارسة الري بالمياه العادمة شائعة في ألمانيا في القرن السادس عشر وفي إنجلترا في القرن التاسع عشر في الولايات المتحدة، سُجل أول استخدام لمياه الصرف الصحي في سبعينيات القرن التاسع عشر، بينما زاد اهتمام البلدان النامية بالمياه المعالجة في الزراعة خلال ثمانينيات القرن العشرين، بعد أن أدركت هذه البلدان إمكانيات و مزايا استخدام المياه العادمة [8].

I-8- إعادة استعمال المياه المستعملة في الجزائر:

في الجزائر تُعد مصادر المياه محدودة وضعيفة، وتوزع بشكل غير متساوي، وتشير الإحصائيات إلى أن متوسط الاستهلاك لكل فرد جزائري يقل عن 600م/^{3} للفرد سنويًا، وهو رقم منخفض بشكل ملحوظ مقارنةً بندرة المياه ب1000م^3/ للفرد (البنك الدولي)، أما دول شمال إفريقيا ودول الشرق الأوسط الذي يقدر ب1250م^3/ للفرد سنويا في حين قدر المتوسط العالمي ب7500م^3/للفرد سنويا، وهذا الوضع يجعل الجزائر تحتل مكانة بين الدول الفقيرة بالموارد المائية، حيث تشكو من ندرة المياه وقلتها، مما يعيق التنمية المستدامة ويضع ضغطًا على تلبية الاحتياجات المتزايدة للمياه، خاصة في قطاع الزراعة ،لذلك تُعتبر إعادة استخدام المياه المعالجة حلاً حتميًا[20].

المراجع

مراجع المقدمة العامة ومراجع الفصل الأول:

*** المراجع العربية:**

[6]:مها صبري علي السلقاوي، 2013، "استخدام المياه العادمة المعالجة في الزراعة في قطاع غزة (دراسة جغرافية البيئة)" مذكرة الماجستير في الجغرافيا من كلية الآداب بالجامعة الإسلامية– غزة.

[7]: العربي بن النذير، العلمي نواصر، 2022."تقييم محطة غرداية لمعالجة المياه المستعملة بطريقة البحيرات الطبيعية (lagunage naturelle) من اجل استغلالها في المجال الزراعي"، مذكرة ماستر، قسم الكيمياء، فرع كيمياء تحليلية ، جامعة ورقلة.

[8]: عبد القادر محمد الباز، 2011، "المياه العادمة في مدينة خانيونس (دراسة في جغرافية البيئة)"، مذكرة الماجستير، كلية الآداب في الجامعة الإسلامية، غزة – فلسطين.

[10]: بن عدي نادية، رمضاني عبد الفتاح، 2020. "معالجة المياه المستعملة باستعمال النباتات الصحراوية"، مذكرة ماستر، جامعة الوادي.

[12]:أحمد فيصل أصفري، إرشادات في تصميم و تشغيل وصيانة معالجة المياه العادمة، 2004 الأردن.

[14]:نصر الحايك، مدخل إلى كيمياء الماء (تلوث– معالجة– تحليل) ، منشورات المعهد العالي للعلوم التطبيقية 2017.

[15]: أمانة المجلس البلدي –مكة المكرمة، معالجة مياه الصرف الصحي بمحطة الصرف الصحي بالعاكشية مكة المكرمة، مركز فقيه للأبحاث والتطوير، صفحة [21–15]، 2007.

[16]: العابد إبراهيم، 2015، "معالجة مياه الصرف الصحي لمنطقة تقرت بواسطة نباتات منقية محلية"، أطروحة محضرة لنيل شهادة دكتوراه – كلية الرياضيات وعلوم المادة، جامعة قاصدي مرباح ورقلة.

[17]:محمد عبد الناصر الزرقة. تلوث المياه في محافظة الشمال والوسطى وتأثيرها على النسان، 2010.

[19]: زغدي سعد، 2017، " IDENTIFICATION DE PLATES EPURATRICES LOCALES ET LEUR UTILISATION DANS LEPURATION DES EAUX USEES DE LA REGION DELOUED "، أطروحة دكتوراه، قسم الكيمياء هندسة الطرائق، كيمياء صناعية، جامعة قاصدي مرباح ورقلة.

[20]: زينب قدور،2022، "دراسة إمكانية استعمال بعض النباتات الصحراوية في معالجة المياه بمنطقة الوادي"، أطروحة دكتوراه، تخصص هندسة البيئة و المحيط.

[21]: أ. فطيمة الشيباني مسعود، أ. حسن محمد خليفة سليمان، 2016، التلوث البيولوجي لمياه الشرب و علاقته بانتشار الأمراض في مدينة الزاوية، مجلة كلية التربية، العدد الخامس.

[22]: جمال عطية،2018، "إزالة التلوث العضوي من مياه الصرف الصحي بمنطقة الوادي باستخدام المعادن الطينية"، مذكرة دكتوراه، كلية الرياضيات وعلوم المادة، جامعة قاصدي مرباح ورقلة.

[24]: عيدة ميّر و غمام نواس حمزة. دراسة مساهمة محطة معالجة مياه الصرف بالبحيرات المهوات في حماية البيئة – واد سوف. جامعة العربي بالمهيدي : أم البواقي، 2011.

[26]: جورجي نسيم ماهر، 2007، تحليل وتقويم جودة المياه، دار نشأة المعارف جالل حزي وشركاءه.

[29]: فاطمة بن جلول،2022، إزالة الملوثات من مياه الصرف الصحي لمنطقة تقرت باستخدام نبات Typha latifoliaبطريقة التدفق المهجن (شاقولي + أفقي)، قسم الكيمياء، فرع كيمياء المحيط، جامعة ورقلة.

*** المراجع بالأجنبية:**

[1]: A. A. Ansari, M. Naeem, S. S. Gill, and F. M. AlZuaibr, “Phytoremediation of contaminated waters: An eco-friendly technology based on aquatic macrophytes application,” Egypt. J. Aquat. Res., no. April, 2020, doi: 10.1016/j.ejar.2020.03.002.

[2]: F. H, Mirza. S, Sergey. M, Halophytes and climate change: adaptive mechanisms and potential uses.CABI 2019.

[3]: P. K. Rai, Phytoremediation of Emerging Contaminants in Wetlands, no. July. 2018.

[4] : Suwasa Kantawanichkul and Wanida Duangjaisak, (2011). Domestic wastewater treatment by a constructud wetland system planted with rice Water science et technologies 2376-2380 Critical Reviews in Environmental Science and Technology, 39:p754-781.

[5]: SATIN,M.; SELMI,B. 1995 : Guide technique de l'assainissement : Evacuation des eaux usées et pluviales conception et composant des réseaux, épuration des eaux et protection de l'environnement, exploitation et gestion des systems d'assainissement. ISBN 2-281-1152-0, Edition le moniteur, Paris, pp75.

: Rodier J, L Analyse de l'eau, 9 éme edition, Entiérement mise a jour, Dunod, paris, 2009[9]

[11]: Thomas, O. (1995). Métrologie des eaux résiduaires, édition Cebedoc, 192p.

[13]: Gaujous, D., (1999). La pollution des milieux aquatique, aide mémoire, 2éme éditions,

[18]: B. Ko and W. Adamiak, Wrocław University of Technology Environmental Quality Management, no. January 2011. 2019.

[23] KONE, D 2002. Epuration des usées par lagunage a microphytes et a macrophytes en afrique de l'ouest et de centre : Etat des lieux performances épuration et criteres de dimensionnemen.

[25]: Salghi R. (2010). Différents filières de traitement des eaux université Ibn Zohr Ecole Nationale des Sciences Appliquées d'Agadir. 220pp

[27]: C. GomelIa, H. Guerre, Les eaux usées dans les agglomérations urbaines ou rurales. Tomes I : La collecte, Edition : Eyrolles. Paris, 1983, 512 pp

[28]: HAMMADI BELKACEM, 10/11/2017. Lagunag Aéré en zone Aride Performances Epuratoires, Paramétres Influents: Cas de la Région de Ourgla, These de doctorat. University Kasdi Merbah –Ouargla,pp12-16.

الفصل الثاني:
معالجة المياه المستعملة بالنباتات

مقدمة

التصفية الاصطناعية للمياه المستعملة تستوجب إمكانيات مادية وبشرية، ولهذا ظهرت تقنيات بديلة سهلة وفعالة ومنها التقنية الطبيعية باستخدام النباتات، حيث تلعب النباتات دورًا هامًا في إدارة الأراضي الرطبة وحماية المياه من التلوث، وقد تم إلقاء الضوء على هذا الدور من قبل الكثير من الباحثين مؤكدين على الدور الهام لهذه التقنية في حل مشاكل التلوث أو الحد منها في تحسين جودة المياه بطريقة صديقة للبيئة وغير مكلفة، وذلك من خلال دمجها في أنظمة المعالجة الطبيعية أو المصممة، وهذا لا يقتصر فقط على فوائد تحسين جودة المياه، بل تقلل الحاجة إلى استعمال المواد الكيميائية في عمليات المعالجة، وبهذا توفر نموذجا قيما للبحث والتطبيقات العلمية في مجال الهندسة البيئية والتكنولوجيا الخضراء[1]، [2].

II-1- نبذة تاريخية عن المعالجة بالنباتات:

إن معالجة المياه المستعملة باستخدام المرشحات المزروعة هي طريقة تم تطويرها مبدئيا في وحدة اختبار Boisfera في عام 1987م بواسطة الدكتور مارك نيلسون ليتم تشغيله في أول مختبر بيئي عالمي مقره أريزونا من 1991م إلى 1994م، وكانت بداية ظهور هذه التقنية في غرب أوربا مستندة على أبحاث سيدال الذي بدأها بسنة 1960م كما يعود الفضل لكايكيت في أواخر السبعينات و بداية الثمانينيات و تم اختبارها أول مرة في الجزائر في منطقتين تماسين و نقوسة بواسطة نظام حديقة معالجة مياه الصرف الصحي (WWG) وذلك وفق لمقال صحفي نشر في 2013/04/30 بعنوان "الجزائر – سيتم قريبا تخصيص ميزانية انشاء حدائق ترشيح لتنقية المياه العادمة "، اقنع نجاح هذه التجربة الرائدة وزير الموارد المائية بتعميم استعمال هذه التقنية البيئية المتطورة والغير مكلفة في مناطق الواحات الأخرى، حيث تم الإعلان عن بناء 100 حديقة تصفية و التي سيتم إدراجها في الميزانية في قانون التمويل التكميلي لعام 2013م وفي اجتماع تنفيذ برنامج تطوير ولايات الصحراء، ولكن في عام 2014 م تشكل سوى 3% من إجمالي محطات المعالجة بالنباتات التي تضم فقط محطتي تماسين ونقوسة والتي تسمى بالمحطات التجريبية [3]،[4].

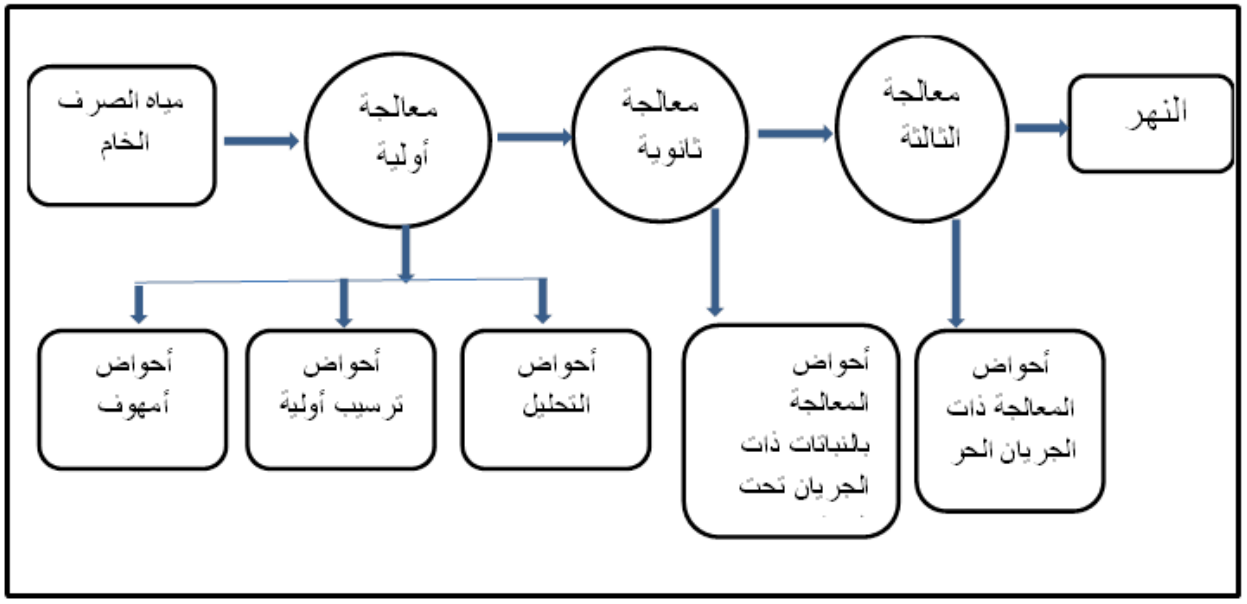
II-2- تعريف المعالجة بالنباتات:

المعالجة النباتية وتسمى بالتكنولوجيا الخضراء، و هي نظام يستخدم فيه قدرة النبات على تصفية المياه المستعملة، وهي شكل من أشكال المعالجة الحيوية وتعني استخدام نباتات لها القدرة على تقليل من

مستوى التلوث عن طريق آليات معينة يقوم بها النبات و تؤدي إلى إزالة أو حجز أو تحليل الملوثات باستخدام نباتات ذات أوراق كبيرة و صغيرة تعمل كأنها محلول بيولوجي بحيث تقضي على المكونات القابلة لتحلل وكذلك العناصر المغذية والمعادن والكائنات الحية الدقيقة المسببة للأمراض[5]،[6]،[7].

II-3- محطات المعالجة بالنباتات WWG :

الأراضي الرطبة المشيدة هي محطات معالجة النباتات حيث تتدفق مياه الصرف الصحي المعالجة الأولية عبر البرك المزروعة بالنباتات، وتمتلئ هذه البرك بالحصى أو الرمل أو خليط منهما، تُعرف محطة معالجة النباتات بأنها منطقة قابلة للتشبع بالمياه، لإزالة الملوثات من المياه الخام قبل تصريفها وإعادة استخدامها ولتحسين مواصفات المياه المعالجة [6]، تسمى هذه الأراضي بالأراضي الصناعية لأنها لا تعتبر أراضي طبيعية بل يتم اختيار الوسائط الزراعية الحصوية هندسياًن ويدخل في المعالجة نوع النباتات المستخدمة ونوع تدفق المياه داخل هذه الأراضي ومدة بقاء المياه فيها، كما يوضح المخطط التالي :



الشكلII-1 : مخطط العام لمحطة المعالجة بالنباتات.

II-4- مبدأ نظام المعالجة بالنباتاتWWG:

نظام WWG هو عملية بيولوجية تعتمد على التكافل بين النباتات، الحيوانات الدقيقة، والميكروبات في بيئة مائية معتمة بالحصى، يستخدم هذا النظام المواد العضوية وغير العضوية الموجودة في المياه العادمة كمصدر طاقة، مما يعمل على تنقية المياه من المواد الضارة، تعمل الجذور على توفير بيئة

مناسبة لنمو النباتات بينما تساعد الأنزيمات التي تنتجها على إزالة الملوثات في المياه المستعملة[4]، [6].

II-5- مراحل المعالجة بالنباتات:

II-5-1-المعالجة الأولية :

تبدأ عمليات المعالجة من خلال جمع المياه القذرة من خزان الصرف الصحي، تخضع المياه لعملية ترسيب لإزالة المواد العالقة والشوائب منها ، وتبقى المياه في هذا المكان لمدة تتراوح بين 3 إلى 4 أيام، بعد ذلك تنتقل المياه إلى المرحلة التالية حيث تمر عبر أنبوب مرشح أو مصفاة تقوم بإزالة الأجسام الصلبة الدقيقة المتبقية فيها وتُعتبر المعالجة الأولية بمثابة خطوة حاسمة حيث تمنع حدوث انسداد في نظام المعالجة وفشل العملية[6].

II-5-2- المعالجة الثانوية :

بعد مرحلة المعالجة الأولية، يتم توجيه الماء إلى حوض حديقة معالجة المياه المستعملة، يتألف هذا الحوض من طبقة سميكة من الحصى أو الرمل الخشن، ويهدف إلى أن يكون كدعامة لجذور النباتات، حيث يظل وسطه مملوءاً ومشبعاً بالماء باستمرار، يمكن أن يتكون النظام من جزء واحد أو أكثر، ويعتمد ذلك على حجم النظام المطلوب والمساحة المتاحة للبناء، يكمن جزء من فعالية هذا الحوض في استخدام وقت إقامة المياه داخله، حيث يحدد ذلك حجم الوحدة وكفاءتها، الوقت المفضل لبقاء الماء داخل الحوض هو من 4 إلى 5 أيام لضمان الحصول على معالجة عالية الجودة، تقوم النباتات من خلال جذورها بإفراز بعض المضادات الحيوية لمواد سامة، مما يساعد في التخلص من بعض الأجسام المجهرية الضارة في مياه الصرف الصحي، يتم تجميع هذه الكائنات المتنوعة، المعروفة بالبيريفايتون، والتي تلعب دوراً هاماً في العمليات الفيزيائية والبيولوجية والكيميائية الطبيعية، مما يؤدي إلى التخلص من ما يقرب من 90٪ من الملوثات في مياه الصرف الصحي، وينتج عن ذلك مياه نقية[6]،[8].

II-5-3- المعالجة النهائية:

بعد مرحلة المعالجة البيولوجية، تنتقل المياه الخارجة إلى وحدة المعالجة بالنباتات ذات الجريان السطحي الحر، والتي تُعتبر مرحلة تكميلية لتحسين المواصفات النهائية للمياه المعالجة، يتم في هذه الوحدة تحسين نوعية الماء المعالج وتنقيته بشكل أكبر، ويمكن استخدامها بعد ذلك في سقي المساحات الخضراء أو تفريغها في المسطحات المائية [9].

II-6- عوامل اختيار النباتات: [8].

- يجب اختيار النباتات التي تنمو في البيئة الطبيعية للمنطقة وتتكيف مع مناخها.

- يجب أن تكون النباتات من النوع الذي ينمو حالما يتم زرع مجموعة جذرية منه .

- يؤخذ بعين الاعتبار الكتلة الحيوية للنبات وكذا قوته المطهرة.

- يمكن المزج بين نوعين من النبات لتغطي أعماق مختلفة من المياه.

II-7- العوامل المؤثرة على التصفية النباتية:

II-7-1- نوع النبات.

II-7-2- التهوية الكبيرة:

ومن أهم العوامل التي تؤثر في عملية التصفية النباتية هو توافر كمية كافية من الأكسجين، حيث تتطلب عمليتي إزالة المواد العضوية والنترجة وجود كمية كافية من الأكسجين لتحقيق الفعالية الكاملة في عملية التصفية.

II-7-3- الحرارة:

تساهم هذه العوامل في زيادة النشاط البيولوجي للكائنات الحية الدقيقة، وبالتالي تؤثر على كمية الأكسجين المخزنة التي تستخدم في عملية التصفية الذاتية.

II- 7-4- مكونات الأرضية:

حيث تتألف من طبقات الحصى الرقيق والخشن، حيث يقومان بتثبيت النباتات وتوفير التهوية اللازمة لها.

II-7- 5- مدة المكوث:

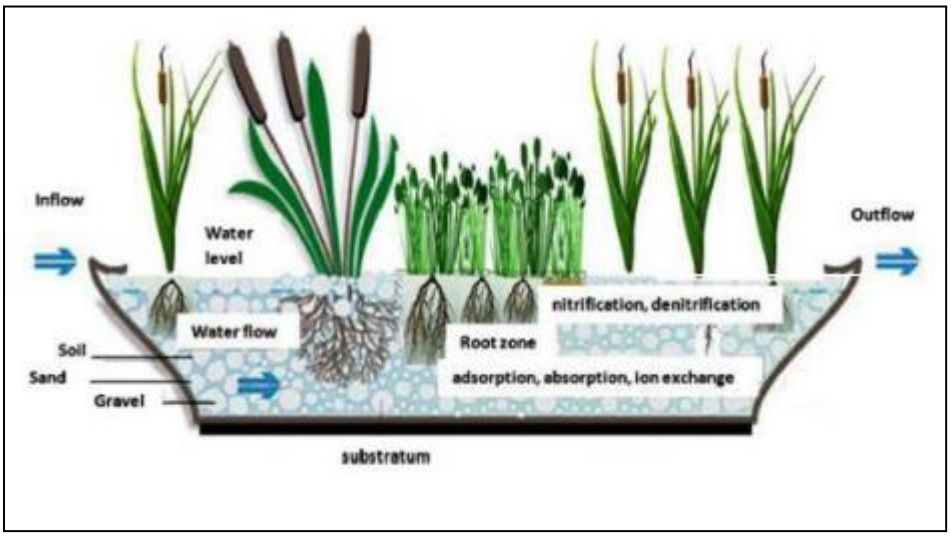
يجب أن تظل المياه المراد دراستها في الأحواض لمدة كافية تكفي لتصفيتها بشكل كامل، حيث تعتمد فعالية هذه الطريقة على مدة الإقامة، والتي تكون أطول في فصل الشتاء مقارنة بالصيف [3]،[9].

II-8- النباتات المائية المستخدمة ضمن محطات المعالجة بالنباتات:

يوجد تنوعاً في أنواع النباتات المستخدمة في عمليات المعالجة، حيث يتم عادة استخدام النباتات المتوفرة في المنطقة نظراً لتكيفها مع الظروف البيئية المحلية.

II-8-1-مجموعة النباتات البارزة:

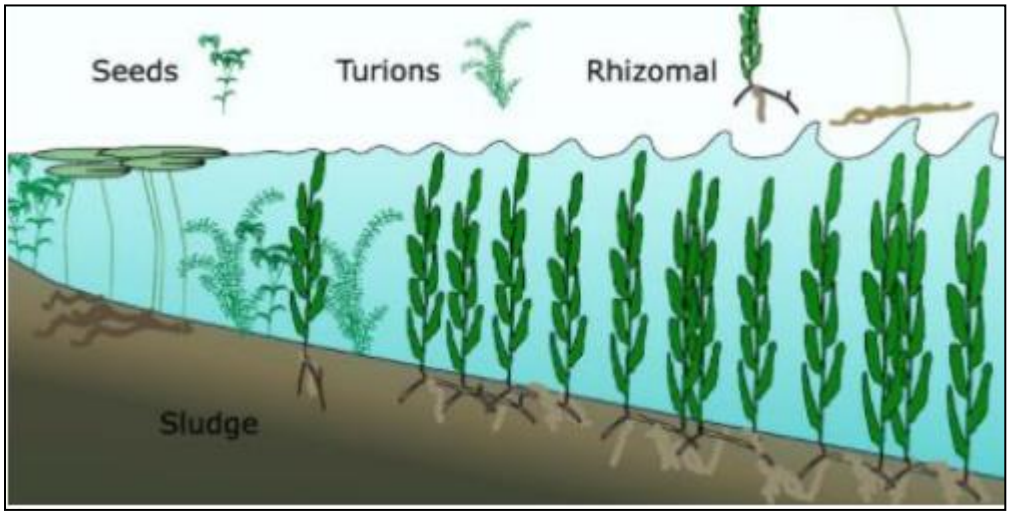
هي النباتات المائية الكبيرة تتميز بجذورها الغاطسة في مواد التعبئة مثل الحصى، الرمل، والطين، غالبًا ما تكون الأجزاء الهوائية بارزة من سطح المياه، كما يُظهر الشكل التالي



الشكلII- 2 : صورة النباتات المائية البارزة [10].

II-8-2- مجموعة النباتات المغمورة:

هي نباتات متجذرة في التربة السفلية، حيث تمتلك سيقانًا رخوة وتتواجد معظم كتلتها الخضرية تحت سطح الماء (كما هو موضح في الشكل 3). تم تحديد العديد من الأنواع المختلفة من هذه النباتات المائية الكبيرة المغمورة على مستوى العالم.



الشكلII- 3 : صورة النباتات المائية المغمورة [11].

II-8-3- مجموعة النباتات الطافية :

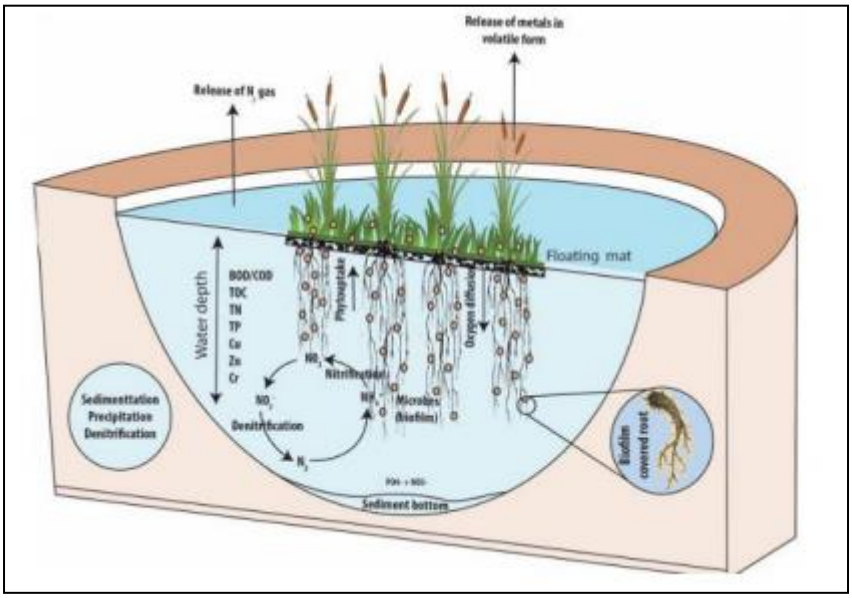
و هي التي تكون جميع أجزائها الخضرية طافية وهي نوعان : [12].

II- 8-3-1- النباتات الطافية الحرة :

ينمو هذا النبات على السطح، وله أنواع كثيرة حسب الظروف البيئية المناسب، حيث تمتد جذوره ضمن الماء، وتتفاوت أطوال هذه الجذور بين القصيرة والمتوسطة، وقد تكون طويلة نوعًا ما، تعتمد على البيئة وشروط النمو [12]،[13].

II- 8-3-2- النباتات الطافية ذات الجذور الممتدة داخل التربة :

تتمتع هذه النباتات الطافية بقدرة فريدة على الوصول إلى قاع الحوض عبر سيقانها الطويلة، حيث تنمو جذورها وتتمسك بالتربة في هذا المكان العميق [14]. الشكل التالي يوضح مقطع توضيحي للمعالجة باستخدام النباتات الطافية:



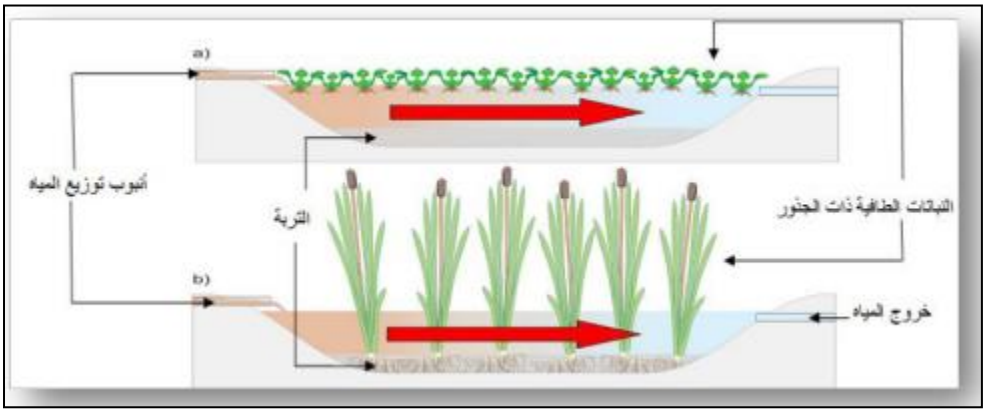
الشكلII- 4: مقطع توضيحي يمثل المعالجة باستخدام النباتات الطافية [15].

II- 9- أحواض النباتات المستعملة في تنقية مياه الصرف الصحي :

هناك أربعة أنظمة تستعمل في معالجة مياه الصرف الصحي :

II- 9-1- أحواض النباتات المستعملة في الجريان السطحي الحر $HSF\text{-}CW_S$:

تُعد الأحواض التي يتم فيها زراعة النباتات ذات السيقان في الطبقة العلوية لمواد التعبئة، وحيث يبلغ سمك المياه داخل الحوض حوالي 40 سم، تتضمن هذه الأحواض نباتات مائية، منها النباتات المغمورة كليا في الماء أو النباتات الصغيرة على سطح الماء بجذورها المائية، تستخدم هذه الأحواض كمرحلة معالجة ثالثية لإزالة الملوثات بسبب التعرض لأشعة الشمس، ويتم فيها عمليات الأكسدة وإزالة نسبة كبيرة من المعادن الثقيلة، مما يعزز جودة المياه الناتجة عنها، ومن بين مميزاتها أيضا أن المياه تظل في الأحواض لفترة تصل إلى 5 أيام لإزالة الطلب البيولوجي و10 أيام لإزالة النيتروجين [6].توضح الصورة التالية شكل حوض المعالجة بالنباتات ذات الجريان السطحي الحر:



الشكل II-5: حوض المعالجة بالنباتات ذات الجريان تحت السطحي الحر[16].

II- 9-2- أحواض النباتات ذات الجريان السطحي الأفقي $HSSF\text{-}CW_S$:

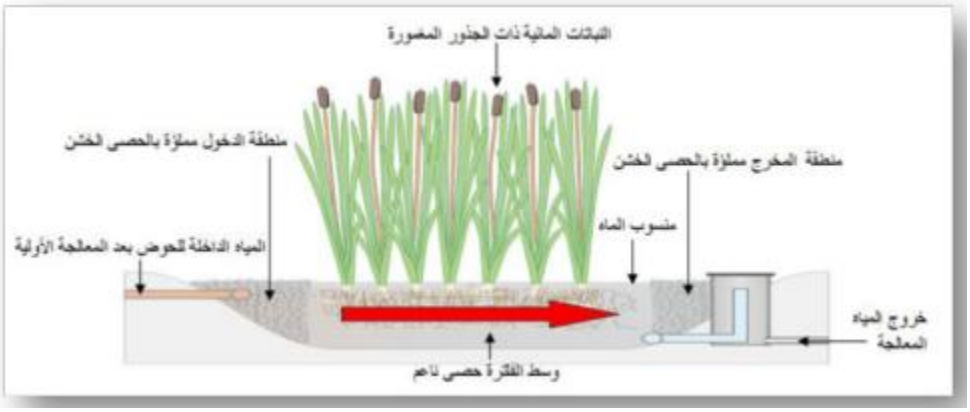
ظهرت تقنية الأحواض النباتية لأول مرة في ألمانيا، حيث قام العالم الألماني Kickuth بتطويرها واستخدمها لأول مرة في العام 1974[17]، تعتمد هذه التقنية على أحواض مملوءة بمواد مثل الرمل والحصى والتربة بشكل متجانس، يتم زراعة نباتات فيها تستطيع معالجة المياه الملوثة،ويتم إدخال مياه الصرف الصحي في الحوض، حيث تملأ المساحة بالكامل، وتتدفق المياه عبر نظام موجود أمام مدخل الحوض بشكل أفقي، يُغذى الأحواض بالماء باستمرار، مما يسمح بتشبع مواد التعبئة بالماء بشكل دائم [18]، يجب أن تحتوي مواد التعبئة بناقلية هيدروليكية كافية لتجنب انسدادها بالمواد الصلبة المعلقة في مياه الصرف الصحي، كما يجب تجنب دوران الماء فوق السطح لتفادي قصر في الدارة الكهربائية للكتلة الحيوية النشطة التي تقوم بالعلاج، تتميز هذه التقنية بعدة استخدامات، نذكرمنها:

- التصفية الثانوية بعد عملية الترسيب للمياه المستعملة لبعض القرى ذات الكثافة السكانية القليلة.

– تستعمل كمرحلة ثالثة بعد التصفية البيولوجية أو مرحلة ثانية بعد أحواض الجريان الشاقولي.

– معالجة مياه الأمطار [19]، [20].

يعمل هذا النظام على تنقية المواد المذابة والمواد العضوية الصغيرة، حيث يلعب الأكسجين دورًا مهمًا في عملية الترشيح الأفقي، يتسبب نقص الأكسجين في عدم الأكسدة لعدة مواد، كما يظهر فعالية في إزالة المواد الصلبة العالقة والمواد العضوية DBO_5 ومسببات الأمراض ويمنع هذا التدفق تحت السطحي الأفقي انتشار الروائح والحشرات، كما هو موضح في الشكل 6:

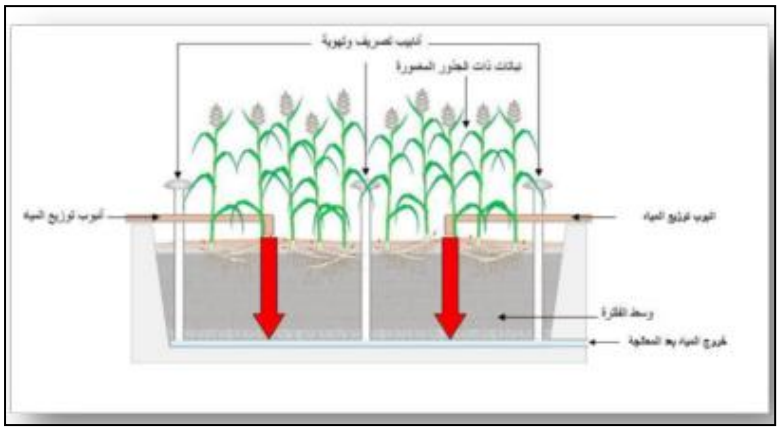


الشكلII- 6 : حوض المعالجة بالنباتات ذات الجريان تحت السطحي الأفقي [16].

II- 9–3– أحواض النباتات ذات الجريان الشاقولي VF :

في السبعينات قام الدكتور سيدال Seidel في ألمانيا بتطوير هذه التقنية، حيث تتضمن أحواض مملوءة بالحصى بشكل متجانس مع وجود طبقة علوية من الرمل يتم زراعة نباتات مائية فيها، أجرى الباحثون في منظمة (Cemagraef) بفرنسا دراسات حيث استخدموا هذه الأحواض بجانب طرق أخرى مثل الرمل والنباتات وكذلك التجمعات النباتية[21]،[22]،[23]، ويتم تزويد الحوض بالمياه ويكون عن طريق إستعمال مضخة أو أنابيب من حوض تجمع مياه الصرف الصحي الخام بعد نزع المواد الثقيلة، وهذه الطريقة تستغرق وقت أطول، حيث استعمل الدكتور الألماني سيدال Seidel خوض تصفية شاقولي وأربعة أحواض تصفية أفقية والأخير استعمل فيه نبات (Scirpes et iris) بينما الباحثين في منظمة (Cemagraef) استعملوا نفس الطريقة مع زيادة حوض تصفية شاقولي، ويتم جمع المياه المعالجة عبر شبكة أنابيب سفلية للتصريف أو عبر طرق أخرى منها تهوية القنوات من السطح المباشر أو استعمال مضخات أو عن طريق النباتات، حيث تمتص الأكسجين من الهواء إلى أسفل الحوض ويوزع عن طريق

الجذور وتتم تغذية الحوض بشكل متقطع بحيث أن الفراغات بين الوسط الرملي أو الحصوي في فترة الراحة تعود وتمتلئ بالهواء، ولذلك فإن الأكسجين اللازم لعملية النترجة يكون متوفر، أو تحصل عملية النترجة بشكل كامل ضمن هذه الأحواض ومع ذلك فإن جزء بسيط من النترات يتم تحويله إلى غاز النيتروجين [14]، حيث يتميز حوض التدفق الشاقولي بتهوية جيدة، مما يؤدي إلى تحسين عملية أكسدة النتريت وتقليل الرائحة بسبب نقص البكتيريا اللاهوائية. يتطلب هذا النظام فترات راحة لتحطيم المواد العضوية المثبطة الموجودة في الوسط ، يستخدم هذا النوع من الأحواض لمعالجة المياه المركزة، حيث تتراكم المواد على السطح ولا يحدث الانسداد داخل المرشح، كما في الشكل 7:

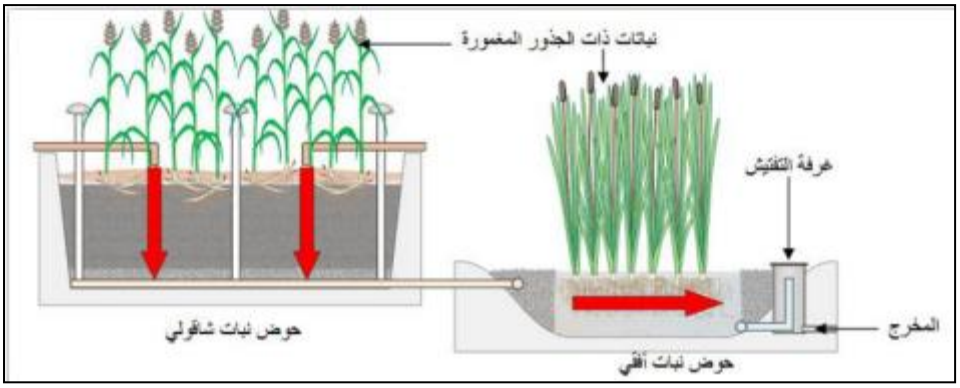


الشكلII- 7: حوض معالجة النباتات ذات الجريان الشاقولي[16].

II- 9-4- أحواض النباتات ذات الجريان المهجن (شاقولي + أفقي):

النظام المهجن يتضمن سلسلة من الأحواض الأفقية والشاقولية، وفي بعض الحالات قد يتم إضافة أحواض الجريان السطحي الحر، تم دراسة هذا النوع من الأنظمة في البداية بواسطة الدكتور سيدال، ونُفذت بطريقة محدودة نسبيًا في الولايات المتحدة وألمانيا والنمسا وفرنسا، يتألف النظام من طابقين متوازيين من الأحواض الشاقولية يليهما طابقين أو ثلاثة من الأحواض الأفقية بتسلسل متوالي، يتمثل الهدف من هذه السلسلة في تحسين عملية النترجة في الأحواض الشاقولية المهوئة بينما في الأحواض الشاقولية عند غياب الأكسجين اللازم للعملية، يكون مردود إزالة النترجة ضعيفًا، يعتمد ذلك على حاجة البكتيريا المزيلة للنتروجين إلى المواد العضوية لنموها وإزالة النتريت، لأن معظم المواد العضوية قد تحللت بحلول مخرج الحوض الشاقولي، بينما تقوم الطبقات الأفقية بإزالة المواد العضوية والأفقية العالقة. تقوم الأحواض الشاقولية بعملية النترجة (nitrification) ثم يتم إعادة تدوير المياه لإزالة النترجة

(denitrification)، ومن بين عيوب هذا النظام هو الحاجة إلى مضخات وبرمجة[24] ،[25]، الشكل 8 يبرز حوض معالجة بالنباتات بواسطة الجريان المهجن :



الشكلII- 8 : حوض معالجة بالنباتات بالجريان المهجن [16] .

II- 10- دور العناصر المكونة لنظام المعالجة بالنباتات :

مبدأ عمل الأراضي الرطبة يعتمد على مجموعة متنوعة من المركبات، بما في ذلك مواد التعبئة، الكائنات الحية الدقيقة، والنباتات، في بيئة مناخية محددة، يتم إزالة الملوثات بواسطة مزيج من الظواهر الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية، يتضمن ذلك الترسيب و الإمتزاز على جزيئات مواد التعبئة أو على الجذور، والتحول البكتيري، والاستيعاب من قبل النبات، والتبخر والتحلل الناتج عن تعرضها لأشعة الشمس فوق البنفسجية.

II- 10-1- دور مواد التعبئة[14] :

- إزالة المواد العالقة في مياه الصرف الصحي و لهذا سميت بالمصفاة، هذه الخاصية تعتمد في اغلب الأحيان على الخصائص الهيدروديناميكية.

- التوازن البيولوجي عن مواد التعبئة ومرتبط سرعة تدفق المياه ومدة مكوث المياه في الحوض.

- مكونات مواد التعبئة لها القدرة على امتصاص الفسفور والمعادن الثقيلة وهذا مرتبط بكمية الحديد و الألمنيوم والكالسيوم الموجود فيها وزمن مكوث المياه داخل الحوض، هذه القدرة تتغير حسب مسامات مواد التعبئة.

- تثبيت البكتيريا كي لا تجرها المياه حتى تتمكن من أداء دورها على أكمل وجه.

II- 10-2- دور النباتات :

تضفي النباتات المغروسة في المسطحات المائية نظرة جمالية على البيئة و المحيط ، كما أنها تلعب دورا أساسيًا في العملية الميكانيكية للتنقية، سواء بشكل مباشر أو غير مباشر.

الجدولII- 1: يلخص دور النباتات ضمن محطات المعالجة بالنباتات [14].

أجزاء النباتات	الأهمية في المعالجة
أنسجة النباتات المحاطة بالهواء الجوي	– تحد من نفاذ الضوء إلى الماء مما يقلل من نمو الطحالب و العوالق النباتية – العزل الحراري للحوض خاصة في فصل الشتاء – تخفيض سرعة التيار المائي و هذا ما يساعد على تأمين ظروف أفضل لعملية ترسيب المواد الصلبة العالقة – الجزء العلوي من النباتات يساعد على تخفيف سرعة الرياح قرب سطح التربة أو الماء حيث تحسن من إزالة المواد الصلبة العالقة خاصة في أحواض الجريان الحر كما تقلل من خطر قلع النباتات بقوة الريح – تخزين المغذيات ضمنها
أنسجة النباتات المغمورة بالماء	– تؤمن مساحة سطحية لنمو الطبقة البيولوجية – تطرح الأكسجين المنحل للوسط المائي مما يزيد التحلل الهوائي للملوثات – تمنع الانسدادات في الأحواض ذات الجريان الشاقولي حيث يتم تغذية الحوض من السطح العلوي – تستهلك المغذيات
الجذور و أشباه الجذور ضمن وسط الفلترة	– تؤمن نباتية سطح الفلترة (التربة) – تمنع الوسط من الانسداد في الأحواض ذات الجريان الشاقولي – تحرير الأكسجين مما يساعد على النترجة – تستهلك المغذيات. – تحرر مضادات حيوية

II- 10-3- دور الكائنات الدقيقة: [14]

- تحليل وتحطيم الملوثات العضوية.

- تعمل الأجسام المجهرية على تحطيم المواد العضوية وتنتج من كمية الكتلة الحيوية التي بدورها يجب ان تتحطم حتى تتفادى حدوث الانسداد.

- تلعب دورا حاسما في حدوث عملية النترجة (تحويل المركبات النيتروجين).

- تلعب البكتيريا على عمليات الأكسدة الارجاعية، حيث تحول المركبات الازوتية والفوسفورية إلى مواد معدنية ممتصة من طرف النباتات.

- تعمل البكتريا على عملية نزع إنتاج النتريت أو هدمه.

II- 11- آليات إزالة الملوثات و فعالية أحواض المعالجة بالنباتات :

الجدول التالي يوضح أهم آليات الإزالة المرتبطة بأنظمة فيزيائية وكيميائية و فيزو كيميائية و الأنظمة البيولوجية:

الجدولII- 2: آليات إزالة الملوثات ضمن أحواض النباتات [14].

الملوثات	آلية الإزالة الرئيسية
الفسفور	-عمليات الامتصاص الفيزيائية و الكيميائية ضمن وسط الترشيح و من طرف النبات
النتروجين	-النترجة و إزالة النترجة البيولوجية -عمليات الامتصاص الفيزيائية و الكيميائية ضمن وسط الترشيح و من طرف النبات
المعادن	- تشكيل المركبات - امتصاص و تبادل الكاتيونات - (ترسيب/امتصاص) من طرف النبات - أكسدة و إرجاع من طرف المكروبات
المواد العضوية	-التحلل البيولوجي (هدم ميكروبي هوائي و لا هوائي)
المواد الصلبة العالقة	-الترسيب الفيزيائي. -التحلل البيولوجي. -الفلترة الفيزيائية.

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

II- 12-محاسن ومساوئ طريقة المعالجة بالنباتات :

الجدول التالي يلخص بعضا منها :

الجدولII- 3 : محاسن و مساوئ معالجة بالنباتات. [26]،[27]،[28]:

محاسن المعالجة بالنباتات	مساوئ المعالجة بالنباتات
- كلفة بناءها منخفضة وسهلة الإنشاء و الصيانة - عدم الحاجة إلى نقلها بعيدا عن مساكن المواطنين - الإزالة الفعالة للملوثات و العوامل الممرضة و بيض الديدان - التكيف الجيد مع التغيرات الموسمية. - إمكانية معالجة المياه العادة المنزلية الخام. - كمية الحمأة منخفضة	- تتطلب مواد (حصى، رمل، حجارة) بكميات كبيرة. - المساحة اللازمة لها كبيرة مقارنة مع المحطات المعالجة التقليدية. - يؤدي عدم معالجة الحماة الأولية بشكل مناسب إلى انتشار الروائح الكريهة. - ينحصر استخدامها في مجمعات صغيرة.

II- 13- استخدامات المياه المعالجة بالنباتات:

يتم استخدام المياه المعالجة بالنباتات في ري المزروعات الاستهلاكية والنباتات غير المثمرة ويُعتبر القطاع الزراعي هو الأكثر استهلاكاً للمياه بنسبة كبيرة، حيث تكون هذه المياه غنية بالفسفور والنترات مما يغنينا عن شراء الأسمدة، وكذلك تكون خالية من الملوثات الكيميائية والبيولوجية، كما يتم استخدامها في قطاع الصناعة، و من الأمثلة عن الدول التي تستخدم المياه المعالجة بالنباتات الدول الأوروبية كسويسرا، هولندا، ألمانيا، وسنغافورة وهي أكثر الدول ريادة في هذا المجال، إذ يصل استخدام المياه المعالجة في بعض هذه الدول إلى شربها [16].

المراجع

*** المراجع العربية:**

[3]: بن عشورة صبرينة باتول، 2018، "معالجة المياه المستعملة الحضرية لمنطقة الأهقار بتمنراست بواسطة نباتات منقية محليا"، أطروحة دكتوراه، جامعة ورقلة.

[5]: بهلول جمال الدين، هرشة توفيق، معالجة المياه المستعملة في محطة التصفية – تقرت.

[6] عبد الرزاق التركماني، 2009، محطات المعالجة بالنباتات، دليل تخطيط و تصميم و تنفيد محطات المعالجة بالنباتات، شبكة خبراء المياه السوريين.

[8]:آمال لعجيلات، دلال تعبديت،2020،" تقييم كفاءة تقنية المعالجة بالنباتات المتبعة في محطة معالجة المياه العادمة – تماسين – تقرت"، مذكرة ماستر، قسم الكيمياء، جامعة قاصدي مرباح ورقلة.

[9]: جورجي نسيم ماهر، 2007، تحليل وتقويم جودة المياه، دار منشاة المعارف جلال حزي وشركاءه مصر.

[14]: إبراهيم العابد، 2015، معالجة مياه الصرف الصحي لمنطقة تقرت بواسطة نباتات منقية محلية، أطروحة دكتوراه، جامعة قاصدي مرباح ورقلة.

[16]: فاطمة بن جلول،2022، إزالة الملوثات من مياه الصرف الصحي لمنطقة تقرت باستخدام نبات Typha latifoliaبطريقة التدفق المهجن (شاقولي + أفقي)، مذكرة ماستر، قسم الكيمياء، فرع كيمياء المحيط، جامعة ورقلة.

[23]:حوراء محمد خيضر الزبيدي، 2017، "محطات معالجة مياه الصرف الصحي ودورها في التقليل من مخاطر البيئة في محافظة الديوان جامعة القادسية".

[26]: محمد صادق العدوي، هندسة الصرف الصحي والتحكم في تلوث البيئة، 1990.

*** المراجع الأجنبية:**

[1]: QUEZEL P et SANTA C, 1962: nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. C.NRS., Paris, 2 vol. p184

[2]:OZENDA1991:flore de sahara (3 édition mise à jour et augmenté);Paris edition du CNRS ;p.136,137.

[4]: GHERIB A., BOUFENDI M, TEMIME A, BEDOUH Y .Applications of phytoremediation in wastewater treatment in Algeria Journal P-ISSN 1112-3680,2016.

[7]:C. F. Carolin, P. S. Kumar, A. Saravanan, G. J. Joshiba, and M. Naushad, "Efficient techniques for the removal of toxic heavy metals from aquatic environment: A review," J. Environ. Chem. Eng., vol. 5, no. 3, pp. 2782–2799, 2017.

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

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

[17]: MAJD MOHAMMAD MASOUD (2011), treatment of wastewater using a constructed wetlend system, Faculty of Graduate Studies, An-Najah National University, Nablus, Palestine.

[18]: Vymazal, J. (2008a). Constructed wetlands, Subsurface flow. Ecological Engineering, 32, p. 748-764.

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

[20] :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.

[21]: Coulibaly Lacina Niamien Pascal Manizan Germain Gourene (2005). the role of constructed wetlands in secondary effluent treatment and water reuse in subtropical and arid Australia Ecological engineering 25 p.501–509.

[22]: BOUTIN C., LIENARD A., ESSER D. 1997. Development of a new Generation of ReedBed Filters in France : First results. Wat.Sci.Tech., 35 (5), pp 315-322 .

[23]: LIÉNARD A., BOUTIN C. and ESSER, D. 1990. Domestic wastewater treatment with emergent hydrophyte beds in France. In : onstructed Wetland in Water Pollution Control (Adv. Wat. Pollut. Control n°11). P.F. Cooper and B.C. Findlater (Eds), Pergamon Press, pp 183-192.

[24]: Vymazal, J. (2005). Horizontal sub-surface flow and hybrid constructed wetlands systems for wastewater treatment, Ecol. Eng. 25 p. 478–490.

الجزء التطبيقي

الفصل الثالث:

الطرق والأدوات المستعملة، النتائج والمناقشة

مقدمة:

في هذا الفصل، سنتطرق لتعريف محطة التصفية بالوادي ONA(الديوان الوطني للتطهير) وسنركز على إثبات قدرة و كفاءة نبات الزيتة على المعالجة التكميلية لمياه الصرف الصحي، من خلال تنفيذ برتوكول تجريبي محدد. وبعد ذلك سنقوم بتحليل النتائج المتحصل عليها من خلال التجارب التي أجريناها.

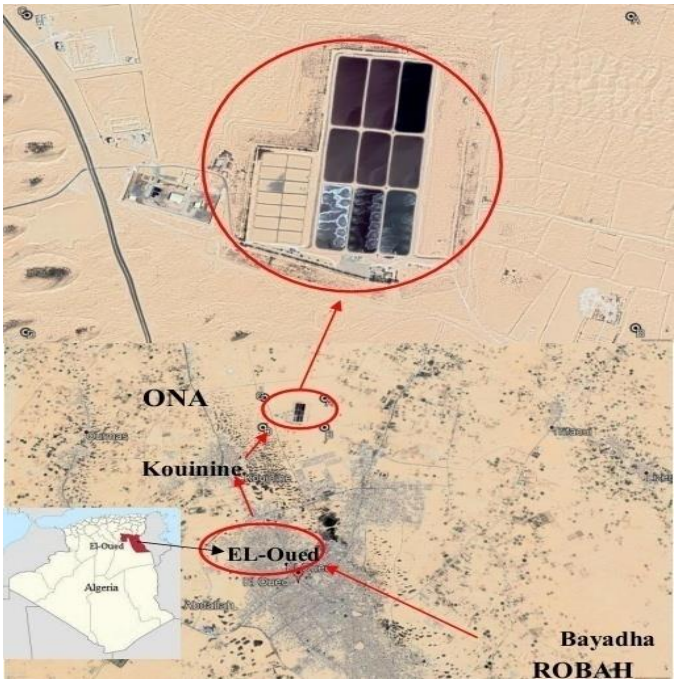
III-1- تقديم محطة التصفية بالوادي ONA :

تقع هذه المحطة في شمال مدينة الوادي ببلدية كوينين، تبلغ مساحة هذه المحطة 100 هكتار، حيث انطلقت المحطة فعليا في جوان 2009، التصميم الهندسي للموقع يأخذ شكل المستطيل و أبعاده هي :

الطول : من 500 إلى 1400م

العرض : من 500 إلى 800 م

تقع على خط الطول869395، 6 شرقا و خط عرض 35288، 33 شمالا.



الشكل III-1: الموقع الجغرافي لمحطة معالجة مياه الصرف بكوينين (Google Earth).

III- 2- مكان اخذ العينات:

أخذنا عينات المياه من المياه المعالجة الخارجة من محطة التصفية ONA، وقمنا بالتجارب في مخبر التابع للوحدة البحث تطوير الطاقات المتجددة التابعة لجامعة الوادي، وتم تحضير الفحم النشط من نبات الزيتة من خلال حرقها في الفرن التابع لمخابر قسم هندسة الطرائق كلية التكنولوجيا –الوادي_، وأما النبات فتم جمعه من ضواحي منطقة وادي العلندة غرب مدينة الوادي.

III-3- النبات المستعمل في التجربة : نبات الزيتة.

تتمتع الجزائر بتنوع نباتي غني و فريد من و نوعه، حيث تمتلك مجموعة واسعة من النباتات الصحراوية التي تكيفت مع الظروف القاسية للحياة في الصحراء و التي تميزها خصائص فريدة تسمح لها بالبقاء على قيد الحياة في بيئة جافة و قاسية مثل نبات الزيتة أو ما يعرف علميا ب Limoniastrum Guyonianum.

III- 3-1- التصنيف العلمي : [1]، [2]

المملكة : النباتات Plante

الفئة : ثنائية الفلقة Dicotylédon

الشعبة : الرصاصية Plumbaginaceae

الجنس: Limoniastrum

الاسم العلمي : *Limoniastrum Guyonianum*

الاسم المحلي : الزيتة.

III- 3-2- الوصف النباتي :

تعد شجيرات الزيتة من أشهر الشجيرات المعمرة المتميزة بكثرة تفرعها، حيث يتجاوز طولها مترا واحدا في اغلب الأحيان، تكون سيقانها باللون الأخضر وشكلها الاسطواني، تنمو الأوراق بشكل متبادل على السيقان بطول قد يصل إلى 12 سم بشكل شبه اسطواني بلون أخضر، حيث تكون لحمية ومليئة بالحبيبات صغيرة وخشنة الملمس، تتميز أزهار نبات الزيتة باللون الوردي أو الأحمر البنفسجي[3]، وتحتوي شجيرات الزيتة على غدد خاصة تفرز الملح على سطح أوراقها [4].

III- 3-3- النمو و الازدهار:

يزهر نبات الزيتة في فصل الربيع، وتتميز شجيراته وأوراقه بكونها معمرة وخضراء طوال السنة. [3]، [5]. كما موضحة في الأشكال التالية:

الشكل III-2 : صورة نبات الزيتة.

الشكلIII- 3: أزهار نبات الزيتة.

الشكلIII-4: بذور نبات الزيتة.

III- 3-4- أماكن التواجد و الانتشار الجغرافي :

ينمو نبات الزيتة في العروق الشمالية لولاية وادي سوف، قليل ما نجده في العروق الجنوبية كما نجده في المناطق ذات تربة مالحة من السخبات والشطوط[6]، تتمركز نباتات الزيتة بشكل أساسي في شمال إفريقيا في كل من صحراء الجزائر وتونس، وتعد قليلة التواجد في الصحراء الغربية والوسطى[5]، حيث يقل انتشارها بشكل كبير في جنوب المغرب [6].

III- 3-5- الاستعمالات:

تتميز البيئة الصحراوية بتنوعها الفريد من النباتات، التي طورت خصائص مميزة للتكيف مع الظروف القاسية، من بين هذه النباتات نجد نبات الزيتة الذي يعتبر مصدرا لغذاء الحيوانات و الدواء والمواد الخام.

III- 3-5-1- من الناحية البيئية :

يعد نبات الزيتة أو كما يعرف علميا Limoniastrum Guyonianum رمزا للمقاومة في وجه زحف الصحراء في المناطق القاحلة وشبه القاحلة وذلك لقوة جذورها وأوراقها الكثيفة لأنها تعمل على تثبيت وتصدي لزحف التربة نحو المناطق الشمالية [7].

III- 3-5-2- من الناحية الرعوية:

يعتبر نبات الزيتة مصدرا أساسيا لغذاء الحيوانات كالجمال في المناطق القاحلة [7].

III- 3-5-3- من الناحية الاقتصادية :

تعد الزيتة مصدرا للدخل المادي لبعض سكان الصحراء، حيث يقومون بجمع سيقانها وجذورها المتخشبة وبيعها في الأسواق لغرض استعمالها في التدفئة، على الرغم من تراجعها الحاد في الآونة الأخيرة بسبب توفر مصادر بديلة للطاقة[7]، [8].

III- 3-5-4- من الناحية الطبية:

منذ فجر التاريخ اعتمد الإنسان على النباتات لعلاج مختلف الأمراض، ففي غياب الطب الحديث كانت الأعشاب والنباتات المصدر الوحيد للعلاج، إلى اليوم لا تزال النباتات تلعب دورا هاما في الطب نذكر منها :

- يستخدم نبات الزيتة تقليديا في تونس في الطب الشعبي لعلاج التهابات المعدة كما أنه يستخدم أيضا كمضاد للبكتيريا في علاج الشعب الهوائية [9].

- أثبتت دراسات أخرى انه قد يساعد في علاج الداء السكري، الصداع، لدغات العقارب والثعابين، ارتفاع ضغط الدم و أمراض الكلى [10].

- يستعمل نبات الزيتة Limoniastrum G كعلاج للأمراض الجلدية وهذا عند خلطه بنبات Punica Granatum[2].

- أثبتت بعض دراسات أخرى احتواء نبات الزيتة على مادة Gallocatechin ومادة Epigallocatechin gallate التي تصنف كمضاد للأكسدة [4].

III- 4- العتاد التجريبي المستعمل:

الغرض من هذه التجارب تحديد أي جزء من نبات الزيتة (الأوراق، الساق، الجذور) مسؤول عن معالجة المياه المستعملة من خلال امتصاص الملوثات، لأجل ذلك قمنا بالتجارب التالية:

III- 4-1- التجربة الأولى:

III- 4-1-1- المواد، الأدوات و الأجهزة المستعملة:

- 16 غ من ورق نبات الزيتة.
- ماء مستعمل مسكوب في قارورة بلاستكية سعتها 0.33 ل.
- ماء مقطر.
- وعاء بلاستيكي.
- مصفاة.
- حامل.
- ميزان الكتروني.

III- 4-1-2- طريقة العمل:

- غسل الوعاء البلاستيكي و المصفاة بالماء المقطر.
- وزن 16 غ من ورق نبات الزيتة.
- قمنا بسكب المياه المستعملة في قارورة ماء سعتها 0.33 ل.
- وضع المصفاة فوق الوعاء البلاستيكي.
- وضع ورق نبات الزيتة فوق المصفاة.
- يتم تقطير الماء تدرجيا لمدة ساعة واحدة لذلك استعملنا ثقب صغير في غطاء القارورة ذات سعة 0.33 ل من أجل الحفاظ على نفس تدفق الماء.

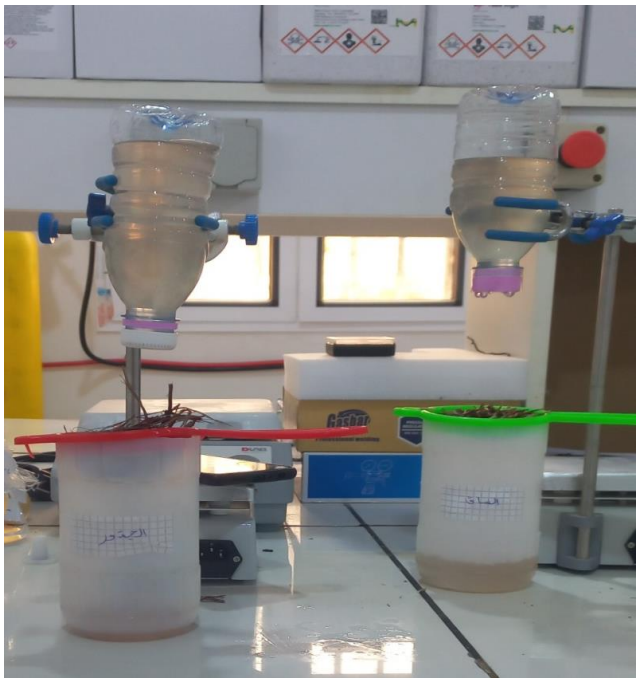
الشكلIII- 5: صورة توضح التجربة الأولى.

III- 4-2- التجربة الثانية و التجربة الثالثة:

- في التجربة الثانية والثالثة سنقوم بإعادة نفس خطوات التجربة الأولى مع استعمال باقي أجزاء النبتة.

- التجربة الثانية استعملنا الساق.

- التجربة الثالثة استعملنا الجذور.



الشكل III- 6: صورة توضح التجربة الثانية و التجربة الثالثة.

III- 4-3- التجربة الرابعة:

III- 4-3-1- المواد و الأدوات المستعملة:

- 16 غ من نبات الزيتة.
- ماء مقطر.
- وعاء بلاستيكي.
- ماء مستعمل مسكوب في قارورة بلاستكية سعتها 0.33 ل.
- مصفاة.
- حامل.
- ميزان الكتروني.
- فرن كهربائي.

III- 4-3-2- طريقة العمل:

- بعد جمع كمية من نبات الزيتة، تم غسلها بالماء لإزالة الشوائب و تجفيفها في الهواء لمدة 48 ساعة ، ثم قطعت إلى أجزاء صغيرة لتسهيل عملية طحن النبات.

- نقوم بوزن 16 غ من نبات الزيتة و وضعها في الفرن الكهربائي، و ذلك لتحضير فحم نشط من النبتة، على درجة حرارة ما بين 300- 400 درجة مئوية لمدة 4 ساعات.

- غسل الوعاء البلاستيكي والمصفاة بالماء المقطر.

- نضع نبتة الزيتة المفحم فوق المصفاة.

- يسكب الماء المستعمل تدريجيا لمدة ساعة واحدة.

الشكلIII-7: صورة وزن العينة.

الشكلIII-8: صورة فرن كهربائي المستعمل.

ملاحظة:

قمنا بتكرار التجربة الرابعة مرة أخرى باستخدام 3 أوراق من ورق الترشيح لمنع مرور الفحم النشط مع الماء، ولهذا قمنا بجلب ماء جديد بتاريخ مختلف عن السابق، مما أدى الحصول على قيمتين مختلفتين.

III- 5- التحاليل الفيزيائية والكيميائية :

نقوم بإجراء التحاليل الفيزيائية والكيميائية على المياه المعالجة بنبات الزيتة في تجارب 4 السابقة.

III- 5-1- تحديد الطلب البيولوجي للأكسجين DBO_5:

III- 5-1-1- المواد، الأدوات والأجهزة المستعملة:

- 3 مل من كل عينة من الماء المعالج بنبات الزيتة: (ماء الساق، ماء الأوراق، ماء الجذور، ماء الفحم النشط).

- خرز زجاجي

- قارورات كواشف المستعملة: BOD-1K ، BOD-2K، BOD-3K

- 4 حواجل.

- ماصة.

- 4 أنابيب اختبار DBO_5 (خاصة بجهاز Spectrophotomètre).

III- 5-1-2- طريقة العمل :

لتركيبة متوازنة نقوم بجلب 4 حواجل نضع في:

- الحوجلة الأولى الماء المعالج بالساق، الحوجلة الثانية ماء الأوراق، الحوجلة الثالثة ماء الجذور، وأما في الحوجلة الرابعة نسكب ماء الفحم النشط نقوم بإضافة خرزتين زجاجتين في كل حوجلة، ومن ثم نضيف 5 قطرات من الكاشف DOB-1K في كل حوجلة.

- ثم بعد ذلك نقوم بإضافة 10 قطرات من الكاشف DOB -2k في كل حوجلة و ننتظر دقيقة واحدة، وفي الأخير نضيف 10قطرات من الكاشف DOB-3K في كل حوجلة أيضا.

- نضع الحواجل الأربعة في مكان مظلم على درجة حرارة الغرفة و نتركها لمدة 5 أيام.

- بعد 5 أيام، بواسطة ماصة نظيفة نأخذ 3مل من كل الحوجلة (ماء الساق، ماء الأوراق، ماء الجذور،ماء الفحم النشط) ونسكبها في أنابيب اختبار الخاصة بجهاز Spectrophotomètre.

- نضع في كل مرة أنبوب الاختبار داخل جهاز Spectrophotomètre.

- نقرا قيمة DBO_5 من الجهاز مباشرة تبقى النتيجة ثابتة لمدة زمنية، يعبر عن النتيجة ب mg/l.

الشكل(9) يوضح صورة جهاز Spectrophotomètre وهو جهاز متطور يتعرف على الخاصية المراد قياسها من خلال رمز QR الموجود على الجدار الخارجي للأنبوب ويعرض النتيجة مباشرة.

الشكلIII- 9:صورة لجهاز Spectrophotomètre.

الشكلIII- 10: صورة لنتيجة المتحصل عليها من جهاز Spectrophotomètre.

الشكلIII-11:صورة للكواشف المستعملة في DBO_5 مع قارورة الخرز الزجاجية.

III- 5-2- تحديد الطلب الكيميائي للأكسجين DCO :

III- 5-2-1- المواد والأجهزة والأدوات المستعملة :

- 3مل من كل عينة الماء المعالج (ماء الساق، ماء الأوراق، ماء الجذور، ماء الفحم النشط).
- أنابيب اختبار تحتوي على كاشفLCK 514DCO.
- جهاز التسخين المغناطيسي.
- حامل.
- ماصة.
- جهاز Spectrophotomètre.

الشكلIII- 12:أنبوب يحتوي على كودQR خاص بالجهازSpectrophotomètre

III- 5-2-2- طريقة العمل :

- بواسطة ماصة نظيفة نأخذ 3 مل من كل عينة الماء المفلتر ونسكبها على الجدار الداخلي للأنبوب الاختبار بوضع مائل.

- نغلق الأنابيب بإحكام و نرجها جيدا.

- نسخن الأنابيب لمدة ساعتين أي 120 دقيقة على درجة حرارة 148C° على جهاز التسخين المغناطيسي.

- نأخذ الأنابيب بعد عملية التسخين و نتركها تبرد لمدة 10 دقائق.

- بعد 10 دقائق نرجها جيدا ثم نتركها أيضا تبرد لمدة 30 دقيقة أو أكثر على درجة حرارة الغرفة.

- بعد انتهاء وقت التبريد نضع كل مرة أنبوب يحتوي على عينة مختلفة من الماء المفلترداخل جهاز Spectrophotomètre.

- نقرأ قيمة DCO لكل أنبوب من الجهاز مباشرة حيث يعبر عن النتيجة ب mg/l.

الشكلIII- 13:صورة لعملية تسخين عيناتDCO.

III- 5 -3- قياس الدليل الهيدروجيني :

- تم قياس قيم ال pH بواسطة جهاز pH متر.

III- 5-3-1- طريقة العمل :

- فتح جهاز pH متر

- غسل قطب الجهاز بالماء المقطر

- نأخذ 100 مل من كل عينة الماء المفلتر (ماء الساق، ماء الأوراق، ماء الجذور، ماء فحم النشط) في البيشر

- وضع القطب في البيشر و تركه يستقر.

- نقرا قيمة pH من الجهاز مباشرة.

- نسحب قطب الجهاز ونغسله بالماء المقطر عند قياس كل قيمة من العينات الأخرى.

الشكلIII- 14:صورة لجهازpHمتر.

III- 6- النتائج و المناقشة:

الجدولIII- 1: يوضح نتائج تحاليل المياه المستعملة قبل و بعد المعالجة بنبات الزيتة.

الوسائط	القيمة النظرية	المياه قبل المعالجة بنبات الزيتة	التجربة 1 (ماء الأوراق)	التجربة 2 (ماء الساق)	التجربة 3 (ماء الجذور)	التجربة 4 (فحم النشط)
pH	(8.5_5.5)	8.01	7.93	7.95	7.72	10.37
DBO_5(mg/l)	اقل من 40	65	1.0	1.4	1.3	3 /7.2
DCO (mg/)	اقل من 125	181	1144	157	500	1514/813

III- 6-1- الأس الهيدروجيني pH:

من خلال النتائج التي تحصلنا عليها نلاحظ أن في التجارب الثلاثة الأولى 1، 2، 3، لها تأثير ايجابي في قيمة pH في مياه الصرف الصحي، بينما في التجربة 4 وجدنا نتائج سلبية مقارنة مع نتائج بالتجارب الثلاثة السابقة و ذلك نظرا لان الفحم رقيقا جدا قد يكون مر مع الماء خلال عملية الفلترة، حيث تجاوزت القيمة النظرية المتوقعة من محطة التصفية.

III- 6-1-1- التفسير:

نفسر هذا الانخفاض إلى تقليل درجة الحموضة يمكن أن يرتبط بعدة عمليات كيميائية، بما في ذلك عملية أكسدة النتريت وأكسدة DCO، ينتج عن تلك العمليات CO_2 الذي يساهم في زيادة الحموضة، في حين تحول النتريت إلى النترات مما يؤدي أيضا إلى زيادة مستويات الحموضة ويعود سبب ذلك إلى :

- تجمع الهيدروجين نتيجة نشاط البكتيريا المسؤولة على النترجة Nitrifiantes

– تجمع CO_2 نتيجة ميتابوليزم النبات أو تحطيم المواد العضوية من طرف البكتيريا[11].

III- 6-2- الطلب البيوكيميائي للأكسجين DBO_5:

من خلال الجدول (1) نلاحظ أن قيم الطلب البيولوجي للأكسجين انخفضت في التجارب 1، 2،3 و4 مقارنة بمياه قبل المعالجة بنات الزيتة، ويرجع سبب انخفاض قيم DBO_5 إلى طرح نبات الزيتة بعض المخلفات.

III- 6-3- الطلب الكيميائي للأكسجينDCO:

خلال التجارب 1، 3، و 4، لاحظنا ارتفاعاً في قيم (DCO) بالمقارنة مع التجربة 2 التي شهدت انخفاضاً في قيمتها، و يرجع هذا الارتفاع إلى وجود بعض المخلفات العضوية التي مرت خلال عملية الفلترة.

المراجع

*** المراجع العربية:**

[3]: ي، حليس، 2009،"الموسوعة النباتية لمنطقة سوف"، مطبعة الوليد التابعة لمجمع الورود بالوادي.

[7]: شاوش محمد، دمدوم علي، بن عزة التجاني، نفنوف الحاج علي، 2023، "دراسة الفاعلية البيولوجية لمستخلصات نبات الزيتة (Limoniastrum guyonianum Dur)"، مذكرة ماستر، كلية علوم طبيعة والحياة، جامعة الوادي.

[8]: زينب قدور، 2022،"دراسة إمكانية استعمال بعض النباتات الصحراوية في معالجة المياه بمنطقة الوادي"، أطروحة دكتوراه، تخصص هندسة البيئة والمحيط.

[11]: العابد إبراهيم، 2015، معالجة مياه الصرف الصحي لمنطقة تقرت بواسطة نباتات منقية محلية، أطروحة محضرة لنيل شهادة دكتوراه – كلية الرياضيات وعلوم المادة ، جامعة قاصدي مرباح ورقلة.

*** المراجع الأجنبية:**

[1]: L. Boulos and M. Al-Dosari, “Checklist of the flora of Kuwait,” J. Univ. Kuwait, vol. 21, no. July, pp. 203–218, 1994.

[2]: W. Lakhdari, A. Dehliz, F. Acheuk, R. Mlik, and H. Hammi, “Ethnobotanical study of some plants used in traditional medicine in the region of Oued Righ (Algerian Sahara),” vol. 4, no. 2, pp. 204– 211, 2016.

[4]:A. Kapler, “Habitats of halophytes.,” Halophytes Clim. Chang. Adapt. Mech. potential uses, pp. 19–37, 2019, doi: 10.1079/9781786394330.0019.

[5]: A. Chehma, “Catalogue des plantes spontanées du Sahara septentrional algérien,” Dar El Houda, p. 140, 2006.

[6]: A. BENKHALED, “Activités anti-inflammatoire, anti-oxydante et antimicrobienne de l’extrait aqueux de Limoniastrum guyonianum.” 2019.

[9]: LeFloch, E. 1983. “Contribution à une étude ethnobotanique de la flore tunisienne.” Ministere de l’Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique, p. 192.

[10]: Hadjadj S, Bayoussef Z, Ould El Hadj-Khelil A, Beggat H, Bouhafs Z, Khaldi IA et al. Ethnobotanical study and phytochemical screening of six medicinal plants used in traditional medicine in the Northeastern Sahara of Algeria (area of Ouargla). Journal of Medicinal Plants Research 2015; 8(41):1049-1059.

الـخـاتـمـة الـعـامـة

الخاتمة العامة

في هذا العمل تطرقنا إلى معالجة المياه العادمة من خلال معرفة مصادرها ومختلف أنواعها وملوثاتها وكذلك طرق معالجتها، والتي تكمن أهميتها في حسن تيسير المياه وإعادة استعمالها مرة أخرى، حيث تهدف هذه الأخيرة إلى حماية صحة الإنسان والمحافظة على البيئة.

تمحورت دراستنا حول تقنية المعالجة بالنباتات التي أكد الباحثين على فعاليتها العالية على إزالة الملوثات، اعتمدنا على نبات الزيتة كواحد من الوسائل المستخدمة في معالجة المياه المستعملة وذلك بمعرفة استخداماته، انتشاره، أماكن تواجده.

ومن خلال التجارب التي قمنا بإجرائها تحصلنا على هذه النتائج في نسبة إزالة الملوثات الآتية:

– المواد العضوية "التلوث العضوي": (DBO_5 (%98)، وأعطت نتائج جد مرضية وخاصة ما يتعلق بالساق، و بالرغم من ذلك لم نشهد نتائج مرضية في العناصر الأخرى.

أظهرت نتائج الدراسة إلى أن النبات له كفاءة ملحوظة في تحقيق المواصفات المطلوبة لتنقية مياه الصرف الصحي من الملوثات العضوية.

الآفاق المستقبلية :

– استخدام جزء الساق من نبات الزيتة واستخلاص الفحم النشط منه.

– دراسة أنواع أخرى من النباتات التي تتمتع بالقدرة على النمو والبقاء في البيئة ذات المناخ الجاف.

الملخص:

الهدف من هذه الدراسة هو إثبات قدرة وأداء نبات الزيتة على إزالة الملوثات العضوية من المياه المستعملة (المعالجة التكميلية)، وللوصول إلى هدفنا قمنا بأربعة تجارب مختلفة، كل تجربة تحتوي على جزء من نبات الزيتة (أوراق، ساق، جذور) إضافة إلى ذلك مستخلص الفحم من النبات و ذلك من أجل معرفة أي جزء مسؤول عن المعالجة. تم تحليل العينات بواسطة جهاز Spectrophotomètre الموجود في مخبر التابع لوحدة البحث وتطوير الطاقات المتجددة –الوادي–.

أين أظهرت النتائج المتحصل عليها كفاءة عالية على إزالة الملوثات من مياه الصرف الصحي، حيث قدرت نسبة الإزالة كالتالي: (98%)DBO_5 وتحسن في قيمة pH (من 7.95 إلى 7.72)، إلا أنه لاحظنا في قيمة الماء المعالج بالساق أبدى فعاليته في DCO مقارنة مع التجارب الأخرى التي لم تعطي نتائج مرضية وذلك راجع لمرور بعض المخلفات مع الماء أثناء عملية الفلترة، أخيرا يمكننا القول بأن نبات الزيتة له القدرة العالية في معالجة وتحسين جودة المياه المستعملة.

الكلمات المفتاحية: المعالجة الأولية، معالجة المياه المستعملة، نبات الزيتة، عملية الفلترة، المعالجة بالنباتات، مياه الصرف الصحي.

Résumé:

Le but de cette étude est de prouver la capacité et les performances de l'oléagineux à éliminer les polluants organiques des eaux usées (traitement complémentaire). Pour atteindre notre objectif, nous avons mené quatre expériences différentes, chaque expérience contenant une partie de l'oléagineux (feuilles). , tige, racines) en plus de l'extrait de charbon de la plante afin de savoir quelle partie est responsable du traitement. Les échantillons ont été analysés à l'aide d'un appareil Spectrophotomètre situé dans le laboratoire de l'Unité de Recherche et Développement des Energies Renouvelables - El-Oued.

Les résultats ont montré une efficacité élevée dans l'élimination des polluants des eaux usées, avec des taux d'élimination comme suit : DBO_5 (98%) et une amélioration du pH (de 7,95 à 7,72). Cependant, nous avons remarqué que l'eau filtrée par la tige a montré son efficacité dans le DCO par rapport aux autres expériences qui n'ont pas donné de résultats satisfaisants, en raison de la présence de certains déchets avec l'eau pendant le processus de filtration. En conclusion, nous pouvons dire que la plante d'olivier a une grande capacité à traiter et à améliorer la qualité des eaux usées

. Mots-clés : Traitement primaire, traitement des eaux usées, Limoniastrum Guyonianum, processus de filtration, traitement par les plantes, eaux usées.