الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة الشهيد حمه لخضر الوادي
كلية التكنولوجيا
قسم هندسة الطرائق و البتروكيمياء

مـــذكرة تخـــرج

لنيل شهادة ماستر أكاديمي

المجال: العلوم و التكنولوجيا
الشعبة: هندسة الطرائق و البيتروكيمياء
التخصص: هندسة كيميائية

من اعداد الطالبات:

الوصيف الزهرة، لعيس هاجر، قحف إيمان

تحت عنوان:

دراسة فعالية تنقية المياه المستعملة باستخدام مرشح مزروع بنبات

Ipomoea pes caprae subsp

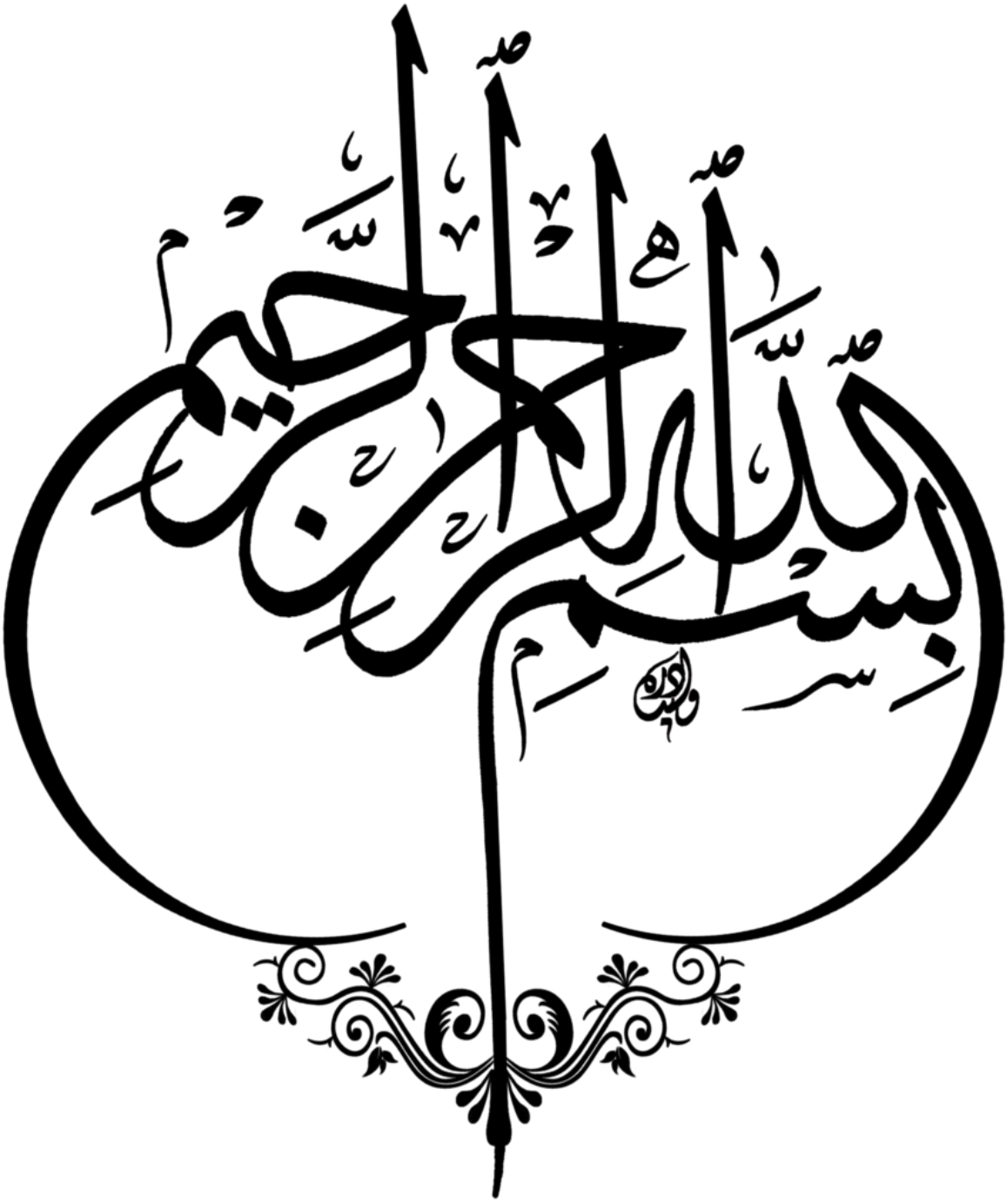
Etude des performances épuratoires du traitement des eaux usées par un filtre planté de *Ipomoea pes-caprae subsp*

نوقشت علناً يوم: 2025/05/27

لجنة المناقشة

د.شعبية ناصر	أستاذ محاضر أ	جامعة الشهيد حمه لخضر	رئيساً
د.رواحنة نور الدين	أستاذ محاضر أ	جامعة الشهيد حمه لخضر	مناقشاً
د.بوهريره عبد العزيز	أستاذ محاضر أ	جامعة الشهيد حمه لخضر	مشرفاً

السنة الجامعية: 2025/2024


بسم الله الرحمن الرحيم

الملخص:

تعد معالجة المياه المستعملة حلاً فعالًا لإعادة استخدامها في الفلاحة أو الصناعة، بدلًا من التخلص منها بطرق مكلفة. تناولت الدراسة طريقة بيولوجية باستخدام نبات *Ipomoea pes caprae subsp*، حيث أُنشئ نظام مكوّن من ثلاثة أحواض مختلفة الظروف. أظهر الحوض الذي زُرع فيه النبات فعالية كبيرة في تحسين نوعية المياه من خلال تقليل المواد العضوية والصلبة بنسبة ملحوظة، إذ تم تسجيل:

- انخفاض في DBO5 بنسبة 48.18%.
- انخفاض في MES بنسبة 97.56% .
- انخفاض في DCO بنسبة 84.56 %.
- زيادة في الأوكسجين الذائب بنسبة 3.21 ملغ/لتر.
- انخفاض في الدليل الهيدروجيني إلى 91.28 %.

الكلمات المفتاحية: المياه المستعملة،*Ipomoea pes caprae subsp*، المواد العضوية.

Abstract:

Wastewater treatment is an effective solution for its reuse in agriculture or industry, instead of disposing of it through costly methods. This study explored a biological method using the plant *Ipomoea pes- caprae subsp.*, where a system composed of three basins under different conditions was established. The basin planted with the plant showed significant effectiveness in improving water quality by noticeably reducing organic and solid matter. The recorded results were as follows:

- Reduction in DBO5 by 48.18 %
- Reduction in TSS by 97.56 %
- Reduction in DCO by 84.56 %
- Increase in dissolved oxygen by 3.21 mg/L
- Decrease in pH indicator to 91.28%

Keywords: Wastewater, *Ipomoea pes- caprae subsp.*, organic matter

إهداء

إلى أولئك الذين كانوا النور الذي أضاء دربي، والسند الذي أمدّني بالقوة كلما تعثرت خطواتي ... إلى من غرسوا في نفسي حبّ العلم، وزرعوا بداخلي الإيمان بأن لكل مجتهد نصيب، وعلّموني أن الطريق إلى النجاح قد يكون شاقاً، لكنه ممتع لمن يملك العزيمة .إلى من كانت دعواتهم الصادقة حاضرة في كل لحظة، ترافقني في ليالي السهر والتعب، وتخفف عني ثقل المسؤولية وهموم الطريق .إلى كل من شجّعني، وساندني، وكان له أثر جميل في رحلتي العلمية والإنسانية، سواء بكلمة طيبة، أو نصيحة صادقة، أو دعمٍ في وقت الحاجة .إلى من آمنوا بي حينما شككت بنفسي، واحتضنوني بفهمهم وصبرهم، فكانوا الزاد في مواصلة السير رغم الصعوبات .إلى كل لحظة تحدٍّ حولتها الإرادة إلى إنجاز، وإلى كل موقف تعلمت منه درسًا، وكل تجربة صنعت في داخلي إنسانًا أكثر نضجًا وإصرارًا . أهدي هذا العمل المتواضع، ثمرة سنوات من الكدّ والاجتهاد، إلى كل من كان له في قلبي أثر، وفي مسيرتي بصمة، راجيًا أن يكون بداية لمشوار علمي وعملي واعد.

شكر وعرفان

نتقدّم بخالص الشكر والتقدير لكل من ساهم، بشكل مباشر أو غير مباشر، في إنجاز هذه المذكرة، التي تمثل ثمرة جهود سنوات من التعلم نخصّ أيضا بالشكر الأساتذة الكرام الذين لم يبخلوا علينا بعلمهم وتوجيهاتهم القيّمة، وكان لهم بالغ الأثر في تطوير فهمنا واهتمامنا بهذا التخصص الحيوي و الدقيق. كما نعبّر عن امتنانا لإدارة المؤسسة ولكل من ساهم في تهيئة الظروف المناسبة لإنجاز هذا العمل. ولا يفوتنا أن نشكر زملائنا الذين كانوا خير سند، ولكل من منحنا الدعم والتشجيع في لحظات التعب والتردد. كما نخص بجزيل الشكر إلى المهندسة في محطة الديوان الوطني للتطهير ONAبكونيين خولة مسعي.

لكل من كان له فضل علينا، نقول له: شكراً من القلب

الفهرس

فهرس المحتويات

	الصفحة
الملخص	–
إهداء	–
شكر وعرفان	–
الفهرس	–
قائمة الجداول	–
قائمة الاشكال	–
قائمة الاختصارات	–
المقدمة العامة	01
الفصل الأول: عموميات عن المياه المستعملة	
المقدمة	04
1- تاريخ استخدام تقنية معالجة المياه المستعملة	04
2- تعريف المياه المستعملة	04
3- تصنيف المياه المستعملة	05
3-1- المياه المستعملة المنزلية	05
3-2- خصائصها	05
3-3- المياه المستعملة الصناعية	06
3-4- المياه الزراعية	06
3-5- مياه الأمطار	06
4- قياس العوامل الفيزيوكيميائية	06
5- خصائص المياه المستعملة	07
5-1- الخصائص الفيزيائية	07
5-2- الخصائص الكيميائية	08
6- مكونات المياه المستعملة	10
7- الهدف من محطة معالجة المياه المستعملة	12
8- المعايير والتراكيز المسموح بها	12
9- الأخطار المرتبطة من جراء استعمال المياه المستعملة	12

الفصل الثاني: معالجة المياه المستعملة بواسطة النباتات	
مقدمة	15
1- نبذة تاريخية	15
2- تعريف التنقية النباتية	15
3- مبدأ تنقية النباتات الكبيرة	16
4- المزايا والعيوب	16
5- تعريف محطات المعالجة GWW	16
6- المخطط العام لمحطة المعالجة بالنباتات	17
7- النباتات المائية المستخدمة ضمن محطات المعالجة بالنباتات	17
7-1- نبات البردي CYPERUS PAPYRUS:	17
7-2- نبات القصب الشائع (Phragmites australis) وعشب القصب الكناري (Phalaris arundinacea):	18
7-3- نبات البوط عريض الأوراق Typha latifolia	19
7-4- نبات JUNCUS EFFUSUS	19
8- دور النباتات في التنقية	19
8-1- النباتات الكبيرة	20
8-2- النباتات الصغيرة	20
9- النبات المستعمل في التجربة *Ipomoea pes- caprae*	22
9-1- التصنيف العلمي لنبات *Ipomoea pes- caprae*	22
9-2- وصف نبات *Ipomoea pes- caprae*	22
الفصل الثالث: طرائق وأدوات	
1- تقديم منطقة الدراسة	25
2- محطة التصفية بالوادي ONA (الديوان الوطني للتطهير) STEP1	25
2-1- الموقع الجغرافي	25
2-2- وصف محطة التصفية STEP1	26
3- البروتوكول التجريبي *Protocole expérimentale*	27
4- تحديد الوسائط الفيزيو كيميائية المقاسة:	27
4-1- تحديد الأس الهيدروجيني pH ودرجة الحرارة T	27
4-2- تحديد كمية الأكسجين المنحل O2	28

4-3- تحديد الطلب الكيميائي للأكسجينDCO	**29**
4-4- تحديد المواد الصلبة العالقة MES	**30**
4-5- تحديد طلب البيو كيميائي للأكسجين DBO5	**31**
4-6- تحديد قيمة اورثو فوسفات PO_4^{3-}	**32**
4-7- تحديد قياس الناقلية الكهربائية EC	**33**
4-8- تحديد تركيز النترات: NO_3^+	**34**
4-9- تحديد تركيز النتريت NO_2^-	**34**
5- أخذ العينات	**35**
الفصل الرابع: نتائج ومناقشة	
تمهيد	**37**
1- مناقشة النتائج	**38**
الخـاتمة	**48**
قائمة المراجع	**50**
قائمة الملاحق	**58**

قائمة الجداول

	الصفحة
الجدول (01): مستويات وأنواع أداء أنظمة المعالجة – تصنيف حسب معايير مختلفة: الطلب البيولوجي على الأكسجين، (DBO)الطلب الكيميائي على الأكسجين (DCO) المواد العالقة، (MES) والنيتروجين الكلي (NKJ)	**05**
الجدول (02): ملخص لدور النباتات ضمن محطات المعالجة بالنباتات	**21**
الجدول (03): يمثل نتائج التحاليل الفيزيوكيميائية	**37**

قائمة الاشكال

	الصفحة
الشكل1: صورة توضح نبات *Ipomoea pes- caprae*	**23**
الشكل2: خريطة توضح الموقع الجغرافي لولاية الوادي المصدر (google Earth)	**26**
الشكل3: الموقع الجغرافي لمحطة مياه الصرف الصحي بكوينين	**27**
الشكل 4: العتاد التجريبي المستعمل	**27**
الشكل 5: أعمدة بيانية تبين تطور pH	**38**
الشكل6: يمثل تطور درجة الحرارةT	**39**
الشكل 7: يمثل تطور الأكسجين المنحلO_2	**40**
الشكل 8: يمثل تطور الناقلية الكهربائية CE	**41**
الشكل 9: تطور المواد العالقةMES	**41**
الشكل10: يمثل تطور الطلب الكيميائي للأكسجينDCO	**42**
الشكل 11 : يمثل تطور الطلب البيولوجيDBO5	**43**
الشكل 12: يمثل تطور النتريت NO^-_2	**44**
الشكل 13: يمثل تطور النترات NO^-_3	**45**
الشكل 14: يمثل تطور الارتو فوسفات PO4	**46**

قائمة الاختصارات

MO	المواد العضوية
DCO	الطلب الكيميائي للأكسجين
DBO5	الطلب البيولوجي للأكسجين
MES	المواد الصلبة العالقة
NKJ	النتروجين الكلي
GWW	نظام حديقة معالجة المياه المستعملة
pH	درجة الحموضة

المقدمة العامة

المقدمة العامة:

الماء هو عبارة عن مادة كيميائية تتكون من عنصر الأكسجين والهيدروجين ونجده في الطبيعة بشكل غازي أو سائل أو صلب إذ يعتبر الماء من أكثر المركبات الكيميائية تواجدا في الطبيعة لأنه أحد الموارد الطبيعية المتجددة باستمرار في هذا الكون. [1]

ففي أيامنا هذه جل الدول النامية تتصدى لمشاكل كثيرة في البيئة بالأخص الدول التي لها علاقة بمعالجة المياه المستعملة حضريا ، التخلص من المياه الغير معالجة يؤثر على المياه الموجودة على سطح الأرض حيث تصبح هذه المياه مقر للبكتيريا والكائنات الضارة وتعطي رائحة كريهة وتكون غير صالحة للاستخدام البشري [2]، [3]، [4]، الأساس الذي تبنى عليه المعالجة بالنباتات المائية المزروعة ترتكز على الجذور والجدمور إذ تعتبر حامل لتكاثر البكتيريا وتنقية المواد العالقة [5].

يشكل الجذمور مع الجذور أكبر مساحة احتكاك بين المياه والتربة بحيث تسهم في تدفقها بانسيابية داخل التربة [6].

تسمح النباتات للأكسجين أن يتحرك عبر الجذور عن طريق السيقان والأوراق [7]. [8] يساهم الأكسجين على تكاثر ونمو البكتيريا التي تعمل على تحليل المواد العضوية المتواجدة داخل الماء، تنتج الجذور والجذمور مادة (مضادات حيوية) تقضي على البكتيريا الضارة، بالمقارنة بين الأساليب التقليدية وطريقة المعالجة بالنباتات نلاحظ أنها اقل تكلفة وبسيطة الاستعمال تستلزم إمكانيات محدودة واقل تأثير على البيئة [9]، المعالجة النباتية تتم باستعمال نباتات مخصصة التي لها القدرة على التخفيض من حجم التلوث في المياه المستعملة من خلال آليات ايضية يعمل بها النبات حيث تسهم هذه الآليات إلى التخلص من الملوثات المختلفة، وتجرى هذه المعالجة عبر أحواض مزروعة بالنباتات يتم إنشاؤها هندسيا و تشتمل على حصى أو رمل أو خليط منهما وتقوم بتقليل تركيز الملوثات المتواجدة في المياه المستعملة [9].

يهدف عملنا هذا هو قياس مدى فعالية نبتة *Ipomoea pes caprae subsp* على المساهمة في معالجة المياه المستعملة الحضرية في حوضين مختلفين والمقارنة فيما بينها من حيث التنقية ومقارنتها بحوض غير مزروع أي شاهد [10].

قسمت المذكرة إلى جزئين:

الجزء النظري يتضمن فصلين:

- الفصل الأول: عموميات عن المياه المستعملة.
- الفصل الثاني: معالجة المياه المستعملة بواسطة النباتات.

الجزء العملي يتضمن فصلين:

- الفصل الثالث: طرائق وأدوات.
- الفصل الرابع: نتائج ومناقشة.

الفصل الأول:

عموميات عن المياه المستعملة

المقدمة:

حوالي % 70من موارد المياه العذبة المتاحة في جميع أنحاء العالم ملوثة بمركبات عضوية وغير عضوية من القطاعات الزراعية والصناعية والمنزلية، فالوضع يشكل خطرا كبيرا بشكل خاص في العديد من البلدان النامية حيث يتم تفريغ كميات كبيرة من المياه المستعملة الغير معالجة في المسطحات المائية الطبيعية، بما في ذلك بعضها الذي يستعمل كمصادر لمياه الشرب أو إنتاج الغذاء، مما يجعل من الضروري تحسين الظروف الغير صحية للتلوث الواسع الانتشار والبحث عن خيارات معالجة مياه فعالة ومقبولة التكلفة. [11]

1- تاريخ استخدام تقنية معالجة المياه المستعملة:

تاريخيا يعود أول استخدام للمياه المستعملة إلى ما قبل ألف عام في اليونان ،كما كانت ممارسة الري بالمياه المستعملة منتشرة في ألمانيا في القرن السادس عشر وفي انجلترا في القرن التاسع عشر في الولايات المتحدة، سجل أول استعمال للمياه المستعملة في سبعينات القرن التاسع عشر، بينما زاد تركيز البلدان النامية على استعمال المياه المعالجة في الزارعة خلال ثمانينات القرن العشرين ،بعد أن استوعبت هذه البلدان قدرات وايجابيات استخدام المياه المستعملة [12].

2- تعريف المياه المستعملة:

المياه المستعملة هي المياه التي يتم طرحها بعد استخدامها في الممارسات المنزلية أو الصناعية أو الحرفية أو الزراعية، والمياه التي يتم تصريفها بعد نزول الأمطار.[13] كما يمكن تعريف الماء المستعمل على انه الماء الملوث الذي يتكون من البقايا المنزلية والتي تضم بقايا الدهون والأطعمة والمنظفات الصناعية المستخدمة في الغسيل والتنظيف والمواد العضوية والمخلفات البشرية بالإضافة إلى مياه تنظيف ساحات المنازل حاملة معها الأتربة وبعض المواد العالقة كذلك المخلفات الصناعية وهي المياه الناتجة من المصانع وتتضمن على نسب مختلفة من المواد الكيماوية والغريبة و التي تغير من خواصه الكيميائية مما يجعله غير مناسب للإنسان [14].

3- تصنيف المياه المستعملة:

تصنف المياه المستعملة إلى أربع فئات:

3-1- المياه المستعملة المنزلية:

يتم تعريف المياه المنزلية المستعملة على أنها المياه الملوثة بالحياة البشرية، بما في ذلك المياه الصادرة من المطابخ والمغاسل وأحواض الغسيل والحمامات والمراحيض والمنشآت المماثلة تقليدًيا، هناك تمييز بين المياه السوداء من مياه المراحيض والمياه الرمادية، وجميع المياه المستعملة المنزلية ما عدى مياه المراحيض. يتضمن توصيف المياه المستعملة المنزلية حسب مصدر الانبعاث على التمييز بين جميع مواقع المصادر التي يتم فيها إنتاج الماء المستعمل في المنازل [15].

3-2- خصائصها:

تختلف المياه المستعملة المنزلية بمحتواها العالي من المواد العضوية (MO) والطلب البيولوجي للأكسجين (DBO_5) والطلب الكيميائي للأكسجين (DCO) والمواد الصلبة العالقة (MES) وتركيز النيتروجين والفسفور ووجود الكائنات الحية الدقيقة الشائعة أو المتسببة في الأمراض. ويتمثل دور المياه المستعملة المعالجة في الحد من هذا التلوث بدرجات متفاوتة وذلك حسب متطلبات البيئات التي ستصرف فيها هذه المياه. [16]

الجدول (01): مستويات وأنواع أداء أنظمة المعالجة – تصنيف حسب معايير مختلفة:

الطلب البيولوجي على الأكسجين، (DBO) الطلب الكيميائي على الأكسجين (DCO) المواد العالقة، (MES) والنيتروجين الكلي (NKJ).

D1	D2	D3	D4
DBO	rdt >=30%	<= 35 mg/L	<= 25 mg/L
DCO	rdt >=60%	<= 125 mg/L	
MES	rdt >=50%		
NKJ	rdt >=60%		

3- 3- المياه المستعملة الصناعية:

تتضمن المياه المستعملة الصناعية جميع المياه التي يتم تصريفها مبدئًيا من قبل المصنع إلى البيئة عموما الخارجية، بعد المساهمة في التصنيع والتنظيف والنقل والتبريد. وهي تحتوي على:

- مياه الإنتاج.
- الماء الصادر عن دائرة التبريد.
- الماء الناتج عن تنظيف الأرضيات والطعام.
- المخلفات الناتجة عن الخدمات العامة **[13]**.

3-4- المياه الزراعية:

تعتبر الزراعة من أكبر ملوثات المياه لان الأسمدة المستخدمة في الزراعة لا تستهلكها النباتات كليا فينتقل بعضها للأراضي الزراعية ومن ثم يذهب إلى الطبقات السطحية. [17] تنتج المياه المستعملة عند استعمال طرق الزارعة الكثيفة، وهي تشمل مواد عضوية مثل حامض الخليك ومركبات النيتروجين. [18]

3-5- مياه الأمطار:

تأتي مياه الأمطار من الجريان السطحي من الأسطح والمدرجات ومواقف السيارات والطرق. لطالما اعتبرت هذه المياه نقية، من المعترف به الآن أن هذه المياه تحمل العديد من المخلفات والتي تشمل مخلفات السيارات، والقمامة الملقاة على الأرصفة ومياه غسيل السيارات [19].

4- قياس العوامل الفيزيوكيميائية:

قياس تركيبة المياه المستعملة هناك ثلاثة معايير رئيسية لقياس درجة التلوث في المياه المستعملة المنزلية:

- المواد الصلبة العالقة(**MES**) يعبر عنها بوحدة ميلغرام / ل
- يقيس الطلب البيولوجي على الأكسجين(DBO5) معبراً عنه بوحدة ميلغرام/ل ،كمية الأكسجين (O_2) المطلوبة لتدمير المواد العضوية من خلال الأكسدة الميكروبية الهوائية. لقياس هذا المتغير تستخلص كمية الأكسجين المستهلكة بعد 5أيام كمرجع(**DBO5**).

- الطلب على الأكسجين الكيميائي (DCO) معبراً عنه بوحدة (ميلغرام /ل) يتوافق هذا المعامل مع كمية الأكسجين المراد الوصول إليها لأكسدة هذه المواد كيميائياً. وهو يمثل المحتوى العام للمواد القابلة للأكسدة في الماء .
- يتم كشف تركيز ازوت النيتروجين والفسفور أيضاً إذا كانت المناطق المتضررة بالتصريفات حساسة للتخثث. ويتم استعمال وحدة المكافئ السكاني(E Q H) لتقدير الكمية الكلية للملوثات الموجودة في المياه المستعملة المنزلية 1EqH=60g)من(DBO5) في اليوم استنادا إلى التوجيه الأوروبي الصادر في 21مايو 1991. و يستخدم لتقييم كمية التلوث المحتمل انبعاثه من التكتل [19].

5- خصائص المياه المستعملة:

5 -1- الخصائص الفيزيائية:

- **الرائحة:** تأتي الروائح عادة من الغازات الناتجة من تحلل المواد العضوية أو المضافة إلى المياه المستعملة وقد تحتوي على مركبات ذات رائحة أو على مركبات تخرج منها رائحة خلال عملية المعالجة**[21]**

- **درجة الحرارة** :تعتبر درجة حرارة البيئة المائية عاملاً مهمًا في التوازن البيئي. ترجع التغيرات المفاجئة في درجات الحرارة إلى إطلاق النفايات الصناعية، مثل: المواد الكيميائية أو النفط وبعض المعادن الثقيلة**[21]**

- **الناقلية الكهربائية: CE**الناقلية تعبر عن كمية الكهرباء التي يمكن للماء نقلها، تعطي إشارة دقيقة على قيمة الملح المذاب في الماء (ملحية الماء.) تعطى قيمة الناقلية الكهربائية بالميكرو سيماس على السنتيمتر **[22]**

- **العكارة:** هي عكس الوضوح في الماء وهو عامل تلوث يدل على وجود مركبات عضوية أو معدنية بصفة غروية في العوالق الموجودة في المياه المستعملة حيث تتحول العكارة وفقا للمواد العالقة **[22]** .

- **المواد الصلبة العالقة:** المياه الطبيعية تحتوي على مواد معلقة ناجمة عن التآكل الطبيعي للمجاري المائية وعن تفكك المواد العضوية ذات المصدر نباتي أو حيواني. من جهة أخرى، المياه السطحية التي تمر عبر المناطق السكنية تلتقط مواد عالقة إضافية نتيجة النفايات الحضارية والصناعية. تعتبر كمية 30ملغ في اللتر من المواد العالقة طبيعية ومقبولة في المياه السطحية، ولكن إذا تجاوزت 70ملغ في اللتر يصبح الماء ملوثا.

إن وجود المواد المعلقة في المياه السطحية يقلل من دخول الضوء للبيئة المائية وبالتالي تتناقص عملية التكاثر فيها، وكذلك فان وجود المواد المعلقة يؤدي إلى نزول كمية الأكسجين المنحلة في الماء مما يضر بالحياة البحرية ويقلل من كفاءة عملية التنقية الذاتية. كما أن تراكمها على أوراق النباتات المائية يؤدي إلى عرقلة عملية التركيب الضوئي وبالتالي عدم اتزان في عملية أكسدة الماء، تترسب المواد المعلقة عندما تتناقص سرعة جريان الماء وتتكون طبقة من الطين في قاع المجرى المائي، وتوفر تلك الطبقة وسطا مناسبا للتفاعلات اللاهوائية نتيجة احتواءها على المركبات العضوية وانعدام الأكسجين المنحل تسبب هذه التفاعلات في تشكل مركبات سامة (مركبات كبريتية وفسفورية وأمينية.....) **[21]**.

- **اللون:** في البداية يكون لون المياه المستعملة رمادي وذلك بسب وجود البراز فيها، ثم يتحول إلى اللون الداكن تدريجيا ويعود هذا للتعفن والتحول اللاهوائي، وعندما تختلط هذه المياه مع المياه المستعملة الناتجة عن الصناعة تصبح مختلفة تمامًا.**[23]**

5- 2- الخصائص الكيميائية

- **الدليل الهيدروجيني (pH):** هو قياس تركيز شوارد الهيدروجين (+H) الواردة في الماء ويعطى بالعلاقة التالية: pH= - log [pH]

وبالتالي فانه مهم جدا " لكونه ناتجا عن عدد كبير من التوازنات الكيميائية الفيزيائية في الوسط المائي. وتعتمد قيمة pH للمياه الطبيعية، أي المياه التي لا تتلقى أي إضافات صرفية، على مصدرها وعلى الطبيعة الجيولوجية لمجرى الماء تكون عادة قيمة pHالماء الطبيعي قريبة من قيمة 8 غير أن المياه العابرة بالصخور غرانيتية أو ضمن الغابات تكون حمضية (pH=6). [21]

- **الطلب البيوكيميائي للاكسجين (DBO5):**

وهو عبارة عن كمية الأكسجين المستهلكة من طرف الكائنات الحية الدقيقة الهوائية لتحليل آو تفكيك المادة العضوية مع استهلاك الأكسجين المنحل. يتم حساب كمية الأكسجين المفقودة من خلال قياس DBO5 .فكلما زاد الطلب البيوكيميائي لأكسجين DBO5. يعني ذلك وجود مواد عضوية أكثر، وبالتالي ارتفاع مستوى تلوث المياه القذرة حيث معدل DBO5 في مياه الصرف المنزلية يتراوح بين 150 و500 ملغ لكل لتر.

كما تتلخص أهدافه على النحو التالي :

- تحديد كمية المواد العضوية الممثلة والقابلة للتفكك .

- معرفة قدرة الوسط على القيام بعملية التصفية الذاتية .
- ضبط درجة التلوث العضوي .

معدل DBO5 في المياه المستعملة المنزلية يقدر ب(150- 500) ملغ /اللتر. [9]

- ***الطلب الكيميائي للأكسجين DCO:***

هو قياس كمية الأكسجين اللازمة لتفكيك جميع المركبات العضوية القابلة للتحلل البيولوجي بمساعدة بيوكرومات انه يمثل كمية الأكسجين التي تتطلبها الكائنات الحية الدقيقة الهوائية لتفكيك المادة العضوية مع استهلاك الأكسجين المذاب. يتم حساب الأكسجين المفقود من خلال تقدير DBO5. عند ارتفاع الطلب البيوكيميائي على الأكسجين DBO5، فهذا يبين زيادة في المواد العضوية، مما يدل على تفاقم تلوث المياه المستعملة. [24]

المقدار DBO5 /DCO بين التحلل الكيميائي للماء مع تحديد أصل هذا الأخير .

عموما:

- DCO=(1.5 -2) DBO بالنسبة للمياه الحضرية
- DCO=(1 -10) DBO بالنسبة لكل المياه المستعملة
- DCO>(1.5 -2) DBO بالنسبة للمياه الصناعية
- العلاقة النيبيرية للمركب العضوي MO بدلالة DBO5 و DCO
- MO=(2DBO5+DCO)/3 .....(2) [22]

- **المعادن الثقيلة:**

تعتبر التركيزات الصغيرة لكثير من المعادن مثل النيكل والمنغنيز والرصاص والكروم الكاديوم والزنك والنحاس والحديد بالإضافة للزئبق له مكونات مهمة في المياه المستعملة .كما انه يوجد في بعض المعادن بكميات كبيرة بل ستؤثر بشكل كبير على استخدام المياه نظرا لطبيعتها و لهذا يفضل دائما أن يتم القياس والمراقبة في تركيز هذه المواد في المياه. [20]

6- مكونات المياه المستعملة:

- المواد الصلبة:

تعرف علميا المواد الصلبة الشاملة في المياه المستعملة على أنها كل المواد التي لا تتحلل، تثبت عند درجة حرارة 103 الى105 م. أما المواد التي لها ضغط بخاري عالي فإنها سوف تزول في عملية التسخين عند هذه الدرجة بحيث لا تعتبر مواد صلبة. [25]

- المواد العضوية(MO):

تظهر بأشكال فيزيائية متنوعة، فقد تشمل:

- جزيئات كبيرة أو صغيرة مثل: السكريات (النشاء و السيليلوز)، أحماض عضوية طيارة ، البولة .
- غرويات منحلة: تتشكل أساسا من مركبات الازوت Azote و كربون carbone وأكسجين Oxygène ، الكبريت Soufre و وفسفور Phosphore ،ويتم تقييم المواد العضوية عن طريق تحديد نسبة DCO،DBO5. [26]

- المواد غير العضوية (MM) :

تتكون المواد غير العضوية من مواد معدنية والحصى و الرمل وغيرها .أما هذه المواد خاملة فهي غير قابلة للتحلل البيولوجي ، يمكن وصف هذه المواد بشكل عام على أنها مواد غير قابلة للاحتراق. [27]

- المواد الصلبة الذائبة:

هي جميع المواد التي تمر من خلال أوراق الترشيح المخبرية مشتملة على مواد الغروانية وتشكل المواد المنحلة في المياه حوالي 90% ، بينما تشكل المواد الغروانية النسبة المتبقية. تمثل المواد العضوية حوالي 40% من إجمالي المواد الصلبة الذائبة والباقي غير عضوي والجزء الغروي يكون غالبا عضوي التركيب. [21]

- الأملاح الذائبة:

تتنوع المواد الصلبة المنحلة في المياه السطحية باختلاف الطبيعة الجيولوجية للمجرى المائي ومع ذلك هناك العديد من الأملاح المشتركة والمتواجدة في المياه السطحية بشكل عام. حيث أن هذه الأملاح ناتجة عن انحلال بعض أنواع الصخور خلال احتكاكها مع الماء عند جريانه عبر الطبقات الصخرية أو على سطحها ومن أهم الأملاح المنحلة في المياه السطحية نذكر: كربونات الكالسيوم الحمضية، كربونات المغنيزيوم الحمضية ، كربونات الصوديوم الحمضية، كربونات الحديد الحمضية، كربونات المنغنيز

الحمضية، كلور المغنيزيوم، كلور الصوديوم، كبريتات البوتاسيوم، سيليكات الصوديوم، كبريتات المنغيزيوم، كبريتات الصوديوم، حمض السيليسيك، أملاح النترات، النتريت، الفلور. كما تحتوي المياه السطحية الطبيعية كثيرا " من المركبات العضوية الذائبة الناتجة عن انحلال البقايا النباتية والحيوانية أهمها مركبات الدبال (Matières Humiques) .

تتسبب بعض العناصر المنحلة في الماء أدوارا متشابهة في عمليات المعالجة للمياه ,ولهذا يمكن التعبير عنها بمعايير عامة وشاملة ونشير إليها في جدول المعايير المستعملة. [21]

- **الغازات الذائبة:**

تنحل الغازات الموجودة في الهواء الجوي في مياه الأمطار والمياه السطحية. وبالتالي فإن الغازات المنحلة في المياه السطحية هي: الأكسجين والازوت وغاز ثاني أكسيد الكربون وغاز كبريت الهيدروجين. ويخضع الانحلال إلى التوازن القائم بين سطح الماء والهواء ، وهي خاضعة لقانون هنري (Henry) وتتناسب مع الضغط الجزئي للغاز في الهواء الجوي. [21]

- **السوائل المتطايرة**

هي عبارة عن مواد عضوية تكون على شكل سوائل موجودة في المياه المستعملة ، حيث تكون قابلة للتطاير بسهولة تحت الظروف التي تجري فيها المياه ويعتبر البنزين احد هذه السوائل. [28]

- **الكائنات الحية:**

*** الكائنات الحية الدقيقة:**

وهي الكائنات المتواجدة في المياه المستعملة المنزلية بصورة طبيعية، حيث تتغذى على المواد العضوية الموجودة فيها. وهذه الكائنات مهمة في عمليات المعالجة البيولوجية، وينتهي نجاح عملية المعالجة في الأساس على مقدرتها على التكاثر وتحليل المادة العضوية .

وتنقسم هذه الكائنات إلى صنفين:

- ✓ كائنات بسيطة التركيب: مثل الجراثيم التي تعتبر من أهمها، الفطريات والطحالب والفيروسات .
- ✓ كائنات أكثر تعقيدا: منها ما هو حيواني كالديدان مثلا. وتتغذى مجمل هذه الكائنات بصورة أساسية على المواد العضوية الموجودة في المياه المستعملة المنزلية، وقد تحتاج إلى الأكسجين حسب نوعها "هوائية" أو "اللاهوائية. [28]

- الكائنات الحية الغير دقيقة:

هذه الكائنات أكبر حجما من الأنواع السابقة لدرجة أن بعضها يمكن رؤيتها بالعين المجردة منها الحشرات والقشريات وغيرها. تشارك هذه الكائنات في عملية التحلل البيولوجي للمواد العضوية بشكل فعال. [20]

7- الهدف من محطة معالجة المياه المستعملة:

هو إنتاج مياه معالجة بمستوى مقبول يساهم في تقليل المخاطر على صحة الإنسان والبيئة. وبغض النظر عن نوع المعالجة المستخدمة، فإن الوظيفة الأساسية لهذه المحطات تعمل على تقليل الحمل العضوي والمواد الصلبة العالقة، بالإضافة إلى نزع المركبات الكيميائية الضارة والعوامل البيولوجية التي قد تؤثر على الصحة العامة .

الهدف الأساسي من معالجة المياه هو:

- توفير مصدر إضافي للمياه.
- حماية البيئة والنظام البيئي .
- الحفاظ على الوسط المستقبِل وتقليل من انتشار الأمراض.. [29]

8- المعايير والتراكيز المسموح بها:

في إطار حماية البيئة والصحة العامة قامت منظمة الصحة العالمية بفرض معايير من خلالها تعيين قيم الحد الأقصى لمعايير لتصريف نفايات الوحدات الصناعية السائلة الموضحة في الجدول أدناه: [9]

9- الأخطار المرتبطة من جراء استعمال المياه المستعملة :

- أخطار الأرض والفلاحة :

- إطلاق روائح كريهة و مواد تضر الطبيعة.
- يؤدي تلوث المجاري المائية إلى موت طيور البحر والأسماك والدلافين والأحياء المائية الأخرى.
- تلوث المياه الجوفية . [17]

- الأخطار الصحية على الإنسان :

- الأمراض التي تسببها البكتيريا تعرف بالإصابات البكتيرية .
- الأمراض التي تنتقل عن طريق المياه .

- الكوليرا Le choléra: (Vibrio cholera).
- التيفويد Les fievresthypho- paratyphiques والبكتيريا المسؤولة عنه السالمونيلا .
- الإسهال العصوي والتسمم البوتيلي Boutulique والبكتيريا المسؤولة عنه هي: Clostridium

بالإضافة إلى الإصابات الفيروسية، الإصابات الناتجة عن الطفيليات. [17]

الفصل الثاني:

معالجة المياه المستعملة بواسطة النباتات

مقدمة:

لقد برزت عدة تقنيات بديلة سهلة، ونافعة من أجل تنقية المياه المستعملة من بينها التنقية الطبيعية التي تعتمد على النباتات و تعرف بالتصفية النباتية حيث ظهرت هذه التقنية في غرب أوروبا مرتكزة على أبحاث سيدال الذي بدأها في مدة التسعينات. كما يبدو أن تدخل الإنسان في هذه التقنية محدود للغاية وتثبيتها لا يكلف كثيرا وعرفت تطورا ملحوظا سنة 1997. [30]

1- نبذة تاريخية:

إن معالجة المياه المستعملة باستعمال المرشحات المزروعة هي وسيلة تم تطويرها مبدئيا في وحدة اختبار Biosfera في عام 1987 م، بواسطة الدكتور مارك نيلسون، ليتم توظيفه في أول مختبر بيئي عالمي مركزه في أريزونا من 1991 م إلى 1994 م، وتم تجريبها لأول مرة في الجزائر في المنطقتين تماسين و نقوسة من خلال نظام حديقة معالجة المياه المستعملة (GWW) وفقا لمقال صحفي نشر في 30 ابريل 2013 بعنوان "الجزائر –سيتم تقريبا تحديد ميزانية في تأسيس حدائق ترشيح لتصفية المياه المستعملة "، شهد تفوق هذه التجربة البارزة وزير الموارد المائية بتعميم استعمال هذه التقنية البيئية قليلة التكاليف في مناطق الواحات الأخرى، حيث تم الإعلان عن بناء 100 حديقة للتصفية، والتي تم إدراجها في الميزانية في قانون التمويل التكميلي لعام 2013، في اجتماع تطبيق برنامج تطوير الولايات الصحراوية. ولكن في عام 2014 لم تكن سوى نسبة 3 بالمئة من مجموع محطات الترشيح في النباتات التي تشمل فقط محطتي تماسين Témacinو نقوسة N'goussa ، والتي تطلق عليها بالمحطات التجريبية. [31]

2- تعريف التنقية النباتية:

التطهير النباتي هو نظام لمعالجة المياه المستعملة باستخدام تصفية النباتات. حيث أن هذه النباتات هي نباتات مجهرية أو نباتات كبيرة. يمكن تطبيقه باستعمال أنظمة متنوعة، تمتاز هذه المياه بتدفق بطيئ في ظل ظروف خاضعة للرقابة من طرف النباتات، مما يعزز في ذلك التنقية الطبيعية. تتم هذه العملية من خلال التهوية ،الترسيب ،الامتصاص ،التمثيل الغذائي بواسطة الكائنات الحية الدقيقة والنباتات. [32]

3- مبدأ تنقية النباتات الكبيرة:

تشمل المعالجة النباتية التنقية باستعمال مرشحات مزروعة تحتوي على نباتات كبيرة التي تشجع التنوع البيولوجي للنباتات المزروعة في الأحواض. تستخدم محطة المعالجة مرشحات مزروعة بالنباتات الكبيرة مثل المستنقعات الطبيعية. في هذه الحالة تمر المياه الغير معالجة (المياه الرمادية والمياه السوداء) من خلال أحواض مليئة بركيزة معدنية (رمل، حصى، ....) حيث تُزرع فيها نباتات شبه مائية مختلفة: مثل القصب وما إلى ذلك (يفضل الأنواع المحلية لأنها تتكيف مع المناخ). وتتميز هذه النباتات وبالأخص القصب (*Phragmites Communis* أو *Phragmites Australis*)، بقدرتها على تكوين نسيج جذري وشبكة من الأروقة التي تصرف وتوفر الأكسجين وتعمل كدعم للبكتيريا الهوائية. تقوم هذه البكتيريا، جنباً إلى جنب مع حيوانات التربة الكبيرة (ديدان الأرض وغيرها) بتكسير المواد العضوية وتمعدنها، مما يجعلها متاحة للنباتات.[33]

4- المزايا والعيوب:

- المزايا:

- ✓ المعالجة الطبيعية للنترات والفوسفات التي يتم طرحها من المياه المستعملة بواسطة أنواع نباتية مختارة.
- ✓ أقل تكلفة من النظام التقليدي، وبالأخص أن بعض الأنشطة يمكن للإنسان القيام بها لوحده.
- ✓ لا إنتاج للحماة ويسهل التحكم في المخلفات، إلا عندما تتم المعالجة المسبقة بواسطة خزان مائي بالكامل يجب إفراغه. [34]

- العيوب:

- ✓ يحتاج الصيانة.
- ✓ يتم قتل البكتيريا القولونية والمكونات الأخرى في البراز بواسطة الحرارة. وبالتالي فإن محاولة إذابتها في دورة الزراعة المائية تعتبر معقدة وتحمل مخاطر قد تؤدي إلى تلوث المياه المستعملة. [35]

5- تعريف محطات المعالجة GWW:

من ابرز استخدامات المعالجة النباتية هو تطبيق أنظمة حدائق معالجة المياه المستعملة (Gardens Wastewater Trématent)(GWW) وهي عبارة عن حوض مقاوم للماء، مليء

بالحصى والنباتات التي تتحمل جذورها ظروف التشبع بالماء. يتيح هذا النظام معالجة المياه القذرة دون استعمال أي مواد كيميائية وكذلك سقي النباتات، يمكن اعتبار هذا النظام كمنطقة رطبة صناعية، حيث يعتمد فيها على توفير نفس شروط المناطق الرطبة الطبيعية، وتدعى كلية الأرض وذلك نظرا للقدرة الكبيرة لهذه المناطق الرطبة الاصطناعية على تنظيف ومعالجة المياه القذرة، وحماية البيئة وهذا بفضل الدور الكبير الذي تقوم به النباتات ،وعمل الكائنات الحية الدقيقة والمقارنة بالكثير من الأراضي الرطبة الطبيعية هذا النظام مدة صلاحيته عشرين سنة في حالة صيانته. [9]

6- المخطط العام لمحطة المعالجة بالنباتات:

يتضمن المخطط الأكثر شيوعا في البداية معالجة تمهيدية باستخدام أحواض التحليل أو أحواض امهوف (أحواض ترسيب أولية) بالإضافة إلى حوض إزالة الرمال والدهون ومن بعد ذلك تمر المياه الخارجية من المعالجة الأولية إلى وحدة المعالجة بالنباتات ذات الجريان السطحي(أفقي، شاقولي أو مهجن) للمعالجة الثانوية وبعد ذلك تمر المياه الخارجة إلى وحدة بالنباتات ذات الجريان السطحي الحر (معالجة ثالثة) والتي تعتبر كمرحلة مكملة حيث يتم فيها تحسين المواصفات الأخيرة للمياه المعالجة.

وهناك العديد من خيارات تتابع أحواض المعالجة ، وابسط هذه الخيارات هو توفر سلسلة واحدة للمعالجة ، وتستلزم محطة المعالجة بالنباتات وجود حفر تفتيش لمتابعة نوعية المياه قبل حوض المعالجة بالنباتات وبعده وهذا هو الخيار المناسب عندما يكون الهدف تخفيض المواد العضوية والمواد الصلبة المعلقة ،أما عندما يكون المطلوب تخفيض الأمونيا أو النتريت ، والنترات وغيرها فتختلف السلسلة ونوعية الأحواض باختلاف العناصر المراد التقليل منها. [36]

7- النباتات المائية المستخدمة ضمن محطات المعالجة بالنباتات:

7-1- نبات البردي *CYPERUS PAPYRUS*:

ينتمي نبات Cyperus papyrus، الذي يطلق عليه عادة باسم البردي والذي ينتمي إلى عائلة *Cyperaceae* حيث يعد من أكثر النباتات الكبيرة الناشئة غزارة في الأراضي الرطبة الاستوائية و الشبه الاستوائية في أفريقيا. و أظهرت هذه الدراسات النباتية أن حوامل نبات البردي تستطيع تجميع كميات كبيرة من المغذيات ولديها كتلة حيوية مرتفعة .يجعل مسار التمثيل الضوئي C4 من نبات البردي عالي الإنتاجية بمعدلات توليد كتلة حيوية بالوزن الجاف تصل إلى 6.00 كيلو غرام لكل متر مربع سنويا ومعدلات امتصاص المغذيات تصل إلى 7.10 كيلو غرام لكل هكتاريوميا و0.24 كيلو غرام لكل هكتار

يوميا من النيتروجين والفسفور على التوالي. تستغرق نبات البردي حوالي 9 –6 أشهر حيث ينضج مع القدرة على تجديد نموه تجديدا طبيعيا موثوق للغاية في الموقع بعد الحصاد. تُشير الدراسات التي تتضمن فحوصات جنبًا إلى جنب مع الضوابط غير المزروعة أن نبات البردي القطني له تأثير إيجابي في الغالب على معالجة المياه المستعملة، وله القدرة على استخدام العناصر الغذائية من المياه المستعملة ودمج المعادن الثقيلة والمواد العضوية في كتلته النباتية.

بالإضافة إلى سهولة إدارته عن طريق الحصاد المنتظم، يجعله من أنسب النباتات الملائمة لاستخدامها في المعالجة النباتية للمياه المستعملة في المناطق الاستوائية. ولذلك، يظل هذا النبات مرشحاً ممتازاً للاستخدام كنبات كبير في تكنولوجيا معالجة المياه المستعملة في الأراضي الرطبة التي تم إنشاؤها على هذا النحو، فإن تحديد النطاق المحتمل لأداء نبات البردي هو أمرا حيويا للتطبيق والتصميم الأمثل لأنظمة الأراضي الرطبة المبنية المعتمدة على نبات البردي حيث يجمع هذا العمل النمو والإنتاج. [37]

7-2- نبات القصب الشائع (Phragmites australis) وعشب القصب الكناري (Phalaris arundinacea):

القصب الشائع (Phragmites australis) وعشب القصب الكناري (Phalaris arundinacea) هما النوعان النباتيان الأكثر شيوعا في الأراضي الرطبة المبنية لمعالجة المياه المستعملة في جمهورية التشيك. وقد تم قياس خصائص نمو كلا النباتين (الكتلة الحيوية، وعدد السيقان والطول) ضمن 13 من الأراضي الرطبة المنشأة ذات التدفق الأفقي تحت السطح منذ عام 1992.أظهرت النتائج أن نبات الفالاريس يصل غالبا إلى أقصى كتله حيوية له في وقت مبكر خلال الموسم الثاني للنمو، فإن نبات الفراغميت عادةً ما يصل إلى الحد الأقصى فقط بعد 3 إلى 4 مواسم نمو. وتختلف الكتلة الحيوية القصوى لكلا النوعين اختلافًا كبيرًا بين الأنظمة وتتشابه أقصى القيم المقاسة (5070 جم/م2 لنبات الفراغميت و1900 جم/م2 لنبات الفالاريس) تلك الموجودة في الطبيعية المغذية. يتناقص عدد براعم الفراجمايت بعد موسم النمو الثاني بينما يزداد وزن و طول البراعم الفردية بمرور الوقت نتيجة عملية التخفيف الذاتي. ويبلغ عدد براعم الفالاريس أعلى مستوياته خلال الموسم الثاني ثم يظل عدد البراعم كما هو تقريباً. كما أن طول البراعم يظل ثابتاً على مدار سنوات من تشغيل الأراضي الرطبة المنشأة. [9]

7-3- نبات البوط عريض الأوراق Typha latifolia

نبات البوط ذو الأوراق العريضة من الفصيلة البوطية، يبلغ طولها من 1.5 إلى 3 أمتار، وهي نبتة خشنة ذات أوراق تشبه الحزمة والتي يتراوح عرضها ما بين 2 -4) cm) حيث يصل جذعها من 1 إلى 3 أمتار، تختلف البراعم بين الأنثى و الذكر، حيث تتواجد الأزهار الذكرية أعلى الجذور أما الأزهار الأنثوية تكون تحت الأزهار الذكرية، وهي تدوم لعدة شهور تتفتح هذه الأزهار في فصل الصيف، هذه النبتة تصمد أمام الحرائق حتى و إن تم حرقها تبقى البذور كي تنمو من جديد وهي تنمو بشكل كبير وبطريقة سريعة وهي دائمة الحياة على مدار العام وتتواجد في عدة أماكن من العالم، حيث تنتشر في المناطق التي ترتفع عن سطح البحر بـ 3.2 متر وبين سواحل المحيط الهادي تعيش نبتة البوط في البيئات المائية كالمجاري والمستنقعات، كما تتوفر في كل أنواع المناخ الحار أو الجاف، حيث استخدمت نبتة البوط قديما كغذاء ولتضميد الجروح وصناعة الكراسي، كما لقيت حديثا عناية كبيرة لتخفيض نسبة التلوث، معالجة المياه الساكنة، معالجة النفايات الإنسانية، الزراعية والصناعية، وهي مهمة في تقليل النسب الزائدة من الزنك والنحاس والنيكل، فهي مهمة لأنها سهلة النمو والانتشار. [9]

7-4- نبات JUNCUS EFFUSUS:

يعتبر نبات JUNCUS EFFUSUS من النباتات طويلة العمر وله سيقان متعددة من القاعدة اسطوانية الشكل وقائمة، غالبا مايطلق عليه باسم نبات (الأسل المفترس) ويتوسع عبر جداميره في البيئات المائية ويعرف أيضا بأنه ذو لون وردي وذلك يعود إلى طبيعته المعشوشبة وقدرته على إنتاج براعم أرضية فنبات الأسل المفترس يتواجد في البداية في شكل عدد من البراعم التي تنمو بصورة دائرية تحت التربة فالجداميرالأرضية تعطي فسائل مزهرة عقيمة يصل طول كل نبتة منها إلى حوالي 1.5 متر. [36]

8- دور النباتات في التنقية:

8-1- النباتات الكبيرة:

- ✓ النباتات تعمل على تقليل تكاليف معالجة المياه بسبب سهولة استخدامها. [38]
- ✓ تساعد النباتات على نمو الكائنات الدقيقة مما يسرع في تشبع الطبقة السطحية بالمواد المعدنية [39].

- ✓ تتواجد هذه النباتات في المناطق الرطبة لأنها لا تدخل في عملية التنقية بذاتها، لان هذه العملية فيزيوكيميائية أو بكتيرية بل لها دور في امتصاص الروائح العفنة أو الهدم الهوائي. [39]
- ✓ تعمل النباتات على امتصاص عنصري الفسفور والازوت للاستعمال الذاتي أو الاحتفاظ بكميات قليلة من الأراضي الرطبة وتعتبر الخيار الأنسب لاختلاف الحياة البيولوجية. [9]
- ✓ تمتص النباتات الفسفور والنيتروجين للاستعمال الخاص أو للتخزين بكميات صغيرة. [9]
- ✓ تقلل النباتات من كمية الضوء التي تصل إلى الماء، مما يمنع نمو الطحالب الغير نافعة. [9]
- ✓ تساعد على permeate المياه إلى الأرض، وتساعد في تغذية التربة بالمواد العضوية. [9]
- ✓ تعتبر ملجئ للحياة البرية و تعطي تكاملا جيدا للمناظر الطبيعية. [38]
- ✓ بعض الأنواع النباتية بإمكانها إنتاج مركبات المضادات الحيوية للقضاء على الكائنات الحية الدقيقة التي تسبب الأمراض والتقليل من تطور البكتيريا الزرقاء. [40]
- ✓ للنباتات ميزة الترشيح وتوفير مساحة سطحية للكائنات الحية المرافقة، كما أنها تساهم في امتصاص المغذيات وإطلاق الأكسجين. [41] وذلك عن طريق استعمال الغطاء الورقي الذي يحمي سطح المرشحات من الجفاف فالصيف بإعطاء الظل إي وسط ملائم للرطوبة. [39]
- ✓ تساعد النباتات على تحسين وظيفة المرشح والتقليل من الانسداد بفضل شبكة الجذر كما تزيد من وقت الاحتفاظ بالنفايات السائلة وبالتالي تحللها بواسطة الكائنات الحية من الأرض. [40]

8-2- النباتات الصغيرة:

تقوم البكتيريا بعمليات الأكسدة الارجاعية، لإنتاج الطاقة الضرورية للتخليق العضوي وذلك لتحويل المواد الازوتية والفسفورية إلى العناصر المعدنية التي تمتصها النباتات. [9]

تتغذى على النفايات السائلة مما يؤدي إلى تحلل المادة العضوية وهذا يجعلها قابلة للاستيعاب النباتات الكبيرة بسهولة. [42]

الجدول (02): ملخص لدور النباتات ضمن محطات المعالجة بالنباتات [9].

أجزاء النباتات	الأهمية في المعالجة
أنسجة النبات المحاطة بالهواء الجوي.	– تحد من نفاذ الضوء إلى الماء ومما يؤدي هذا إلى تقليل نمو الطحالب والعوالق النباتية . – تخفض سرعة التيار المائي وهذا ما يساهم على تامين ظروف جيدة لعملية ترسيب المواد الصلبة العالقة – الجزء العلوي من النبات يعزز على تخفيف سرعة الرياح قرب سطح التربة أو الماء حيث تحسن من نزع المواد الصلبة العالقة خاصة في أحواض الجريان الحر كما تخفض من خطر قلع النباتات بقوة الريح .
أنسجة النباتات التي توجد في الماء	– تحد الانسداد في الأحواض ذات الجريان الشاقولي حيث تتم تغذية الحوض من السطح العلوي . – سرعة الرياح تؤدي بالنباتات إلى الجذور وأشباه الجذور (الجذمور) داخل وسط التنقية أو التربة مساعدة المياه بالدخول إلى الحوض بر الفراغات التي يخرجها ساق النبات نتيجة الاهتزازات المتكررة. – توفر مساحة سطحية لتطور الطبقة البيولوجية . – تحرر الأكسجين المنحل للوسط المائي مما يزيد التحلل الهوائي للملوثات. – تستخدم المغذيات .
الجذور وأشباه الجذور (الجذمور) داخل وسط الترشيح أو التربة	– تضمن نباتية سطح الفلترة (التربة). – تعيق الوسط من الانسداد في الأحواض ذات الجريان التي تتدفق بشكل عمودي. – تحرير الأكسجين مما يعزز على النترجة. – تستخدم المغذيات. – تنتج مضادات حيوية. – تثبيت البكتيريا كي لا تجرها المياه حتى تستطيع من أداء وظيفتها بشكل مثالي.

9- النبات المستعمل في التجربة *Ipomoea pes- caprae*:

Ipomoea pes- caprae هو نوع من أنواع أشجار المنغروف التي غالباً ما تنمو على طول الشواطئ. تزهر خلال المدة بين أغسطس وفبراير وهي خنثى مُلزمة بالتزاوج نتيجة عدم التوافق الذاتي.

وهي محبة للميليتوفيل والمالاكوفيلوس على حد سواء. ينخفض معدل التلقيح الطبيعي للفاكهة بنسبة لا تتجاوز 10%، وقد يكون ذالك بسبب هدر حبوب اللقاح في التلقيح الذاتي، وطبيعة الأزهار سريعة التلاشي، والافتراس، ومتطلبات المغذيات. البذور غير ممتصة للماء وتنمو بسهولة إلا إذا كانت مغطاة بالرمال، أما البذور المعرضة لمياه البحر فتتحلل وتزول بعد ذلك. يبدو أن المعدل المنخفض لإنتاج الثمار الطبيعية، ونفوق البذور والشتلات بسبب التعفن، ودخولها تحت الرمال، ونقص المساحة، والتظليل من قبل النباتات الراسخة هي التي تنظم حجم تعداد نبات I. pes- caprae. يتزايد النبات أيضاً بشكل نباتي من خلال تكاثر الأغصان التي تتكسر إلى أجزاء بسبب العواصف، وتأخذها المياه ثم تجرفها الأمواج إلى مواقع جديدة. [43]

9-1- التصنيف العلمي لنبات *Ipomoea pes- caprae*:

- **الاسم العلمي**: *Ipomoea pes- caprae* (L.) R. Br
- **الاسم الشائع**: مجد الصباح الشاطئي Beach morning- glory
- **العائلة**: المحمودية (مجد الصباح) Convolvulaceae (Morning- glory)
- **النطاق**: نبات محلي، معروف أيضًا في مناطق استوائية أخرى حول العالم
- **الجزر التي ينتشر فيها**: جينوفيسا، إيزابيلا، مارشينا، سانتا كروز، الجزر الصغيرة.
- **الموئل**: المنطقة الساحلية Coastal zone [44]

9-2- وصف نبات *Ipomoea pes- caprae*:

Ipomoea pes- caprae (L.) Sweet هو عشب زاحف على شاطئ البحر تتميز بسيقان طويلة والجذور موجودة في العقد. حيث أن الأوراق بسيطة بيضاوية الشكل، رباعية الزوايا أو مستديرة، 2.5 سم في 10 سم، ذات أعناق رفيعة. تتكوّن الأزهار من زهرة واحدة إلى ثلاثة زهور؛ حيث تكون الكؤوس الخمسة بيضاوية الشكل وغير حادة. يصل طول قمع الزهرة حوالي 3 – 5 سم. تحمل النبتة كبسولات نافرة (1.2 سم) واحتوائها على بذور مشعرة تتفتت بسهولة. [45]

وهو نبات ملحي ينمو في الظروف البيئية القاسية، يتميز بقدرة عالية على التكيف مع مياه البحر والجفاف. ويستخدم على نطاق واسع في إعادة التأهيل البيئي للمناطق الساحلية أو الجزر المتدهورة في المناطق الاستوائية وشبه الاستوائية [46]،

يتمتع النبات بقدرة ملحوظة على التكيف مع مختلف الظروف اللاحيوية.

تتميز النباتات الملحية عادة بتحمل عال للمعادن الثقيلة، الملحية للملح والمعادن الثقيلة جزئيا على الأقل، في آليات فسيولوجية مشتركة، فان قدرة النباتات الملحية على تخليق مواد ذائبة متوافقة مع المواد العضوية قد تمكنها من تحمل المعادن الثقيلة .

تتراكم الأملاح بتراكيز عالية في الخلايا والأنسجة لدى النباتات المحلية [47].

نبات متسلق، بسيقان طويلة وجذور عميقة، يتميز بقدرته على تحمل الملوحة والهواء المالح. كما أن له تأثيرا بيئيا كعامل رابط للرمال علاوة على ذلك أجريت دراسات تحمل الأملاح في نظام الزراعة المائية كما وجد أن نظام الزراعة المائية هو الأمثل لتكوين الجذور والبراعم.

يعرف بأسماء شائعة عديدة، مثل قدم الماعز، ومجد صباح البحر، ومجد صباح الشاطئ، واسمه العلمي *Ipomoea pes- caprae* (L.) R. Br وهو نبات قوي لتثبيت الرمال، ينتمي إلى فصيلة Convolvulaceae، التي تضم أكثر من 200 نوع معروف. هذا النبات زاحف ومتدل. يعرف هذا النبات العشبي بقدرته على تحمل الملوحة، وقد قدمت دراسات تحمل النبات للملوحة مؤشرا مهما لاستخدامه في الظروف شديدة الملوحة [48].

الشكل رقم 1: صورة توضح نبات *Ipomoea pes- caprae* [45].

الفصل الثالث:

طرائق وأدوات

1- تقديم منطقة الدراسة:

تقع ولاية الوادي في شمال شرق الصحراء الجزائرية، تقع بعيدا عن عاصمة البلاد ب 630كيلو متر وتقدر مساحتها حوالي 44.585كيلو متر مربع حيث يحدها من الشمال ولاية تبسه و خنشلة وبسكرة ومن الجنوب ولاية ورقلة و من الغرب ولايات ورقلة و بسكرة فمن الشرق تجاورها الجمهورية التونسية ، يعرف سكان المنطقة بتقبلهم لقسوة المناخ والتأقلم مع مقومات العيش و الاستغلال الأمثل للأماكن والثروات المناسبة ومواجهة الصعاب وخلق من لا شيء أشياء جعلت المنطقة في الصدارة في العديد من القطاعات من أبرزها الزراعة فنرى تلك الاستراتيجيات الفريدة في إنشاء الواحات أو ما يسمى داخليا الغوط المصنف عالميا في قائمة التراث الزراعي، وذلك لإنتاج النمور بالأخص دقلة نور والرطب، كما تصنف البطاطا والزيتون بالاضافة إلى الفول السوداني و الثوم والكثير من المنتجات الزراعية الأخرى هي تجربة ناجحة في تنويع المحاصيل الزراعية العالية الجودة بالمنطقة. [11]

2- محطة التصفية بالوادي ONA (الديوان الوطني للتطهير) STEP1

2-1- الموقع الجغرافي:

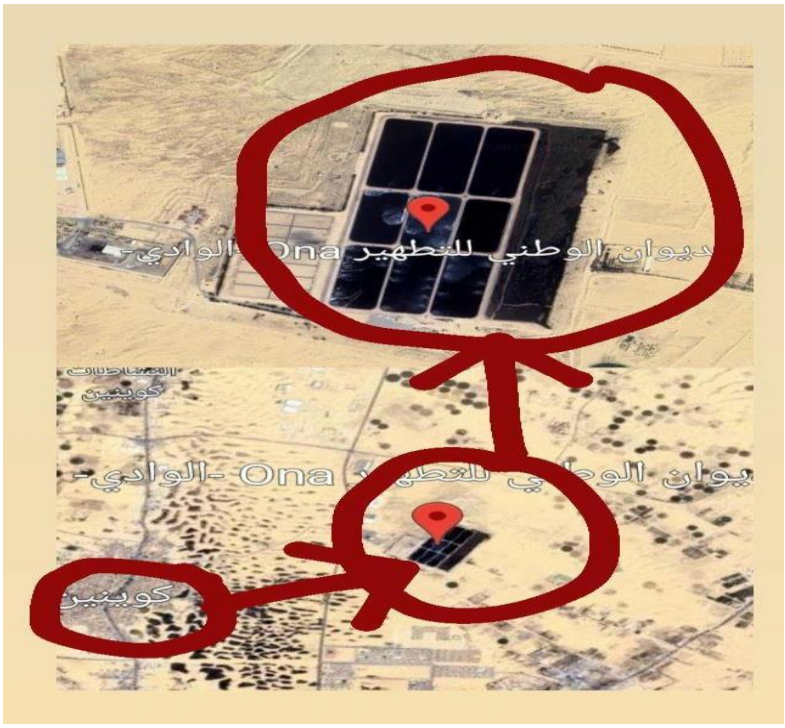
تقوم محطة التصفية للمياه المستعملة بالوادي بجمع المياه المستعملة من البلديات الأخرى منها البياضة، كوينين، تقع في الشمال الشرقي لبلدية كوينين .تتمركز بلدية كوينين في شمال ولاية الوادي ،حيث يحدها شمالا بلدية تغزوت و جنوبا بلدية الوادي ومن الجنوب الشرقي واد العلندة ومن الشرق بلدية حساني عبد الكريم أما من الغرب بلدية ورماس .تحتل محطة التصفية مساحة قدرها 100هكتار ،حيث أن الشكل الهندسي للموقع يكون على شكل مستطيل موجه إلى الجنوب الشمالي و يكون بالإبعاد التالية:

- ✓ العرض من 500م الى 800م الطول من500م الى 1400م [17].

الشكل02: خريطة توضح الموقع الجغرافي لولاية الوادي المصدر (google Earth)

2-2- وصف محطة التصفية STEP1 :

تستقبل محطة التصفية للمياه المستعملة مياه كل من البلديات: بلدية الوادي ،الرباح ،كوينين والبياضة حيث بلغ التجمع السكاني لهذه البلديات في سنة 2018 486170 نسمة. قابلية استمرار محطة التصفية في العمل بشكلها الحالي حتى 2023 [17].



الشكل03: الموقع الجغرافي لمحطة مياه الصرف الصحي بكوينين

3- البروتوكول التجريبيProtocole expérimentale

- العتاد التجريبي المستعمل:

يتكون العتاد التجريبي من 3أحواض دائرية حيث قمنا بتحضير 2أحواض مملوءة بسمك 12 سنتمتر بالحصى و 12سنتمتر من الرمل أما الحوض الثالث مملوء من الأعلى إلى الأسفل بالماء الخام.

- ✓ الحوض الأول**cm** 12 : من الحصى و **cm** 12 من الرمل غير مزروع (شاهد) بالإضافة إلى الماء الخام.
- ✓ الحوض الثاني:**cm** 12 حصى و **cm** 12من الرمل مزروع بالنبتة بالإضافة إلى الماء الخام.
- ✓ الحوض الثالث: مملوء بالماء الخام فقط بالإضافة إلى النبتة والبوليستيرين .

الشكل 4: العتاد التجريبي المستعمل

4- تحديد الوسائط الفيزيو كيميائية المقاسة:

4-1- تحديد الأس الهيدروجيني pH ودرجة الحرارة T:

تم قياس الأس الهيدروجيني ودرجة الحرارة باستخدام جهاز **pH** متر **(HACH)** (الكترود **pH** مشترك مزدوج الوظيفة)

- **المبدأ** :تؤثر درجة الحرارة على كمية الأكسجين ،وعلى تحلل المواد العضوية ونمو الطفيليات المسببة لبعض الأمراض ،بالإضافة إلى تكاثر الطحالب الزرقاء التي تطلق سموما. أما الأس الهيدروجيني فهو مرتبط بتركيز ايونات الهيدروجين الموجودة في الماء أو في المحاليل.
- **الهدف** : تحديد حموضة ،حيادية أو قاعدية الماء. يتم إجراء القياس باستخدام جهاز قياس **pH** **pH- mètre de poche** المحمول.

✓ **طريقة العمل:**

نقوم بأخذ عينة ما يقارب 100ml من الماء المراد تحليله

- نقوم بتشغيل مقياس الأس الهيدروجيني.
- غسل القطب بالماء المقطر
- نغمس قطب البطارية في محلول الأس الهيدروجيني7 =pH.
- نتركه ليستقر لفترة من الوقت حتى يتم عرض المعيار.
- نقوم بإزالة القطب الكهربائي ونشطفه جيًدا بالماء المقطر.
- نقوم بالمعايرة بالطريقة نفسها باستخدام محلول موقى pH=10أو. pH=4
- نقوم بقراءة النتائج على شاشة الجهاز بعد غمس قطب الرقم الهيدروجيني المحدد في العينة.

4-2- تحديد كمية الأكسجين المنحل O_2:

- **المبدأ** : تعتمد التركيزات الفعلية للأكسجين على درجة الحرارة ،والضغط الجوي ،واستهلاك الأكسجين الناتج عن العمليات الميكروبيولوجية لتحلل المواد ،أو إنتاج الأكسجين مثل ما يحدث من قبل الطحالب. وتعد القياسات الكهروكيميائية في الوقت الحالي الطريقة المعترف بها وفقا للمعايير المختلفة لتحديد تركيز الأكسجين في المياه تم قياس الأكسجين المنحل بجهاز .**Oxy- mètre(HACH)**

✓ **طريقة العمل:**

oxy- mètre (HACH). نفتح جهاز

- نقوم بغسل القطب بالماء المقطر.
- نأخذ حوالي 100 ml من الماء المراد تحليله.
- نغمس القطب في البيشر.
- نتركه ليستقر لبعض الوقت.

- نقوم بقراءة تركيز الأكسجين المذاب.
- نشطف القطب الكهربائي جيًدا بعد كل استخدام بالماء المقطر.
- وتعطى النتيجة مباشرة بوحدة **mg/l**.

4-3- تحديد الطلب الكيميائي للاكسجين DCO:

هدف التحليل هو قياس الطلب الكيميائي على الأكسجين يزودنا بمعلومات حول كثافة تشغيل أحواض التهوية ،ويسمح لنا بتقدير حجم العينة اللازمة لاختبار الطلب البيوكيميائي على الأكسجين خلال 5 أيام (**DBO5**) .

✓ **المبدأ:**

- يتمثل في الأكسدة الكيميائية للمواد المختزلة الموجودة في الماء باستخدام فائض من ثنائي كرومات البوتاسيوم **K2Cr2O7** (في وسط حمضي بواسطة حمض الكبريتيك **H_2SO_2**) وذلك بوجود كبريتات الفضة **Ag2 SO4**) (وكبريتات الزئبق**HgSO4**)

✓ **الأجهزة و الأدوات المستعملة:**

- جهاز Spectrophotomètre
- Réacteur (CR 2200).
- تكييف أنبوب **DCO**مع مقياس الطيف الضوئي بحجم **ml**2بواسطة ماصة.

✓ **المتفاعلات:**

- كاشف DCO (LCK 314)بقياس 15إلى 150ملغ /لتر ،لقياس التراكيز المنخفضة للطلب الكيميائي للأكسجين

• **طريقة العمل:**

- نرج أنبوب الاختبار جيدا لإعادة بقايا العينة إلى حالة معلقة.
- نضيف 2 ml من العينة إلى أنبوب كاشف DCO.
- نغلق الأنبوب بإحكام باستخدام السدادة اللولبية
- نخلط محتوى الأنبوب بعناية وبقوة بحيث نمسك الأنبوب دائما من جهة السدادة
- نسخن الأنبوب لمدة 120دقيقة عند درجة حرارة 148درجة داخل جهاز التفاعل الحراري thermo- réacteur المزود بحامل أنابيب.

- نخرج الأنبوب الساخن من جهاز التفاعل وندعه يبرد في الحامل المخصص.
- بعد مرور 10دقائق ،نحرك الأنبوب مجددا ونعيده إلى الحامل حتى يبرد إلى درجة حرارة الغرفة (مدة التبريد لا تقل عن 30دقيقة). لا يستخدم التبريد بالماء البارد.
- نقوم بقياس العينة باستخدام جهاز الفوتومتر(تبقى القيمة المقاسة مستمرة لفترة طويلة).
- تقاس النتيجة مباشرة بوحدةmg/l.

4-4- تحديد المواد الصلبة العالقة MES

• **هدف التحليل** : هو تحديد محتوى المواد العالقة في المياه المستعملة.

• **المبدأ** : يتم ترشيح الماء ،ثم يحدد وزن المواد المحتجزة من خلال الفرق في الكتلة قبل وبعد الترشيح.

• **الأدوات والأجهزة المستعملة:**

- ورق ترشيح زجاجي بقطر. µm47
- وحدة الترشيح بالشفط (تحت التفريغ)
- مضخة تفريغ أو مضخة شفط.
- فرن تجفيف بدرجة حرارة 105درجة.
- ميزان بدقة 0.001غرام.
- Le dessiccateur. المجفف)

الصيغة M .E. S = (P1 –P0) /Vx1000000

حيث

P0 : وزن ورقة الترشيح وهي فارغة

P1 : وزن ورقة الترشيح بعد جمع المواد العالقة

V : حجم العينة المستخدمة

• **طريقة العمل:**

- نقوم بترطيب ورقة الترشيح بالماء المقطر
- نضع ورقة الترشيح داخل فرن التجفيف على درجة حرارة لبضع دقائق بشكل مسبق.

- نترك ورقة الترشيح لتبرد داخل المجفف لبضع دقائق بعد التجفيف.
- نزن ورقة الترشيح باستخدام الميزان
- نقوم بتثبيت ورقة الترشيح بحيث يكون الجانب الأملس إلى الأسفل داخل وحدة الترشيح وتوصيلها بمضخة التفريغ.
- نقوم بترشيح حجم V (ml)من العينة ثم نغسل المخبار المدرج بحوالي 20مل من الماء المقطر ونغسل الجدران الداخلية للقمع بحجم إضافي قدره 20مل من الماء المقطر.
- ننزع ورقة الترشيح من القمع بحذر باستخدام ملقط ذو أطراف مسطحة. إذا لزم الأمر يمكن طي الورقة.
- نضع ورقة الترشيح في فرن التجفيف عند درجة حرارة(105+2) درجة لمدة ساعتين.
- نترك الورقة لتتوازن في درجة حرارة الغرفة داخل المجفف دون تعريضها للتلوث ،ثم نزنها كما في سابق (ويمثل هذا الوزن Pi بالميليغرام).

4-5- تحديد طلب البيو كيميائي للاكسجين DBO5

• **المبدأ** : نضع عينة من الماء في وعاء موضوع داخل حاضنة حرارية (ترموستات) وتترك تحت التحضين يتم قياس كمية الأكسجين الذائب التي تستهلكها الكائنات الدقيقة لتحليل المواد العضوية القابلة للتحلل الحيوي بوجود الهواء ،وذلك على مدى خمسة أيام. الكائنات الدقيقة الموجودة تستهلك الأكسجين الذائب والذي يتم تعويضه بشكل مستمر بواسطة الأكسجين الموجود في الهواء داخل القارورة ،مما يؤدي إلى انخفاض في الضغط فوق العينة. ويتم تسجيل هذا الانخفاض في الضغط بواسطة جهاز. OXI TOP

• **الأجهزة والأدوات المستعملة**

- ثلاجة تحافظ على درجة حرارة ثابتة تبلغ 20درجة مئوية.
- قوارير تحضين بسعة 510 ml مزودة بسدادات مخروطية محكمة الإغلاق.
- محرك مغناطيسي
- محرك قضيب التحريك المغناطيسي .
- أقراص هيدروكسيد البوتاسيوم KOH

• **طريقة العمل:**

- نضع قضيب التحريك المغناطيسي داخل زجاجة DBO.
- نضيف الحجم المطلوبV من العينة إلى زجاجة DBO.
- نضع حامل القاعدة القلوية (المصنوع من المطاط) على فوهة الزجاجة.
- نضيف 3 أو4 أقراص من هيدروكسيد البوتاسيوم KOHعلى حامل القاعدة القلوية مع الحرص على عدم سقوط أي كمية من KOHفي العينة المائية المراد تحليلها.
- نغلط الزجاجة بإحكام استخدام حساسDBO sensor .
- نضبط الحساس DBOوفقا للنطاق المطلوب.
- نضغط على الزرين Aو B في نفس الوقت لتغيير البرمجة.
- نضغط على الزرA لضبط النطاق.
- نضغط على الزرB لتسجيل القيمة يوميا خلال فترة التحضين.

نقرئ القيمة بعد 5أيام للطلب البيوكيميائي للأكسجين بالعلاقة التالية:

DBO5 (mg/l) = Lecteur × Facteur.

4-6- تحديد قيمة اورثو فوسفات PO^{-3}_4

- **الأجهزة والأدوات المستعملة**

- جهاز قياس الطيف الضوئي. **HACH**
- ماصتان

- **المتفاعلات:**

- كواشف الفوسفات **LCK348** للتراكيز المنخفضة بمدى قياس من (1.5إلى. 15) **mg/l**

- **طريقة العمل للتراكيز المنخفضة:**

- نفتح غطاء أنبوب الكاشف.
- نضيف 0.5مل من العينة إلى الأنبوب.
- نعيد إغلاق الأنبوب بإحكام عبر تدوير الغطاء.
- نمزج محتويات الأنبوب جيدا.
- نترك الأنبوب في وضع الراحة لمدة 15دقيقة.
- نضع الأنبوب في الترمورياكتور عند 100درجة لمدة ساعة واحدة.

- نخرج الأنبوب من الجهاز وندعه يبرد تماما
- نمزج الأنبوب مجددا بشكل جيد
- نضيف 0.2 مل من المحلول **B**إلى الأنبوب.
- نمزج الأنبوب جيدا.
- نتركه في وضع الراحة لمدة 10 دقائق.
- نضع الأنبوب في جهاز **HACH** لقياس الطيف الضوئي ونقرا النتيجة.

- **طريقة العمل للتراكيز العالية:**

- نفتح غطاء أنبوب الكاشف.
- نضيف 0.4 مل من العينة إلى الأنبوب.
- نعيد إغلاق الأنبوب بإحكام عبر تدوير الغطاء.
- نمزج محتويات الأنبوب جيدا.
- نترك الأنبوب في وضع الراحة لمدة 15دقيقة.
- نضع الأنبوب في الترمورياكتور عند 100 درجة لمدة ساعة واحدة.
- نخرج الأنبوب من الجهاز وندعه يبرد تماما
- نمزج الأنبوب جيدا مرة أخرى
- نضيف 0.5مل من المحلول **B**إلى الأنبوب.
- نضيف كبسولة واحدة من الكاشف **C**إلى الأنبوب.
- نمزج الأنبوب جيدا.
- نتركه في وضع الراحة لمدة 10 دقائق.
- نضع أنبوب الاختبار في جهاز **HACH**لقياس الطيف الضوئي ثم نقرا النتيجة.
- تقرا النتيجة بوحدة. mg/l

4-7- تحديد قياس الناقلية الكهربائيةEC

تم قياس الناقلية الكهربائية بواسطة جهاز قياس الناقلية من نوع (TACUSSEL9).

• **طريقة العمل:**

- نوصل القطب الخاص بقياس الناقلية بمكانه المخصص في الجهاز
- نغسل القطب بالماء المقطر
- ندخل القطب داخل كاس بيشر المحتوي على العينة
- نقرا قيمة الناقلية الكهربائية مباشرة من الجهاز عند استقرارها.

4-8- تحديد تركيز النترات NO^{+}_{3} :

• **الأجهزة والأدوات المستعملة:**

- **Spectrophotomètre HACK** . جهاز قياس الطيف الضوئي
- ماصة.

• **المتفاعلات:**

- كواشف النيترات **LCK 339** بمدى قياس يتراوح بين 1إلى60(**mg/l**).

• **طريقة العمل:**

- نفتح غطاء أنبوب الكاشف.
- نضيف 1مل من العينة إلى الأنبوب.
- نضيف 0.2مل من المحلول **A**
- نعيد إغلاق أنبوب الكاشف بإحكام.
- نقوم بمزج محتويات الأنبوب جيدا.
- نترك الأنبوب في وضع الراحة لمدة 15دقيقة.
- نضع أنبوب الكاشف في جهاز **HACH**القياس الطيف الضوئي ونقرا النتيجة.
- تعطى النتيجة مباشرة بوحدة. **mg/l**

4-9- تحديد تركيز النتريت NO^{-}_{2}

•**الجهاز المستعمل:**

مطياف امتصاص الأشعة المرئية فوق البنفسجية **Spectrophocomètre** (من نوع **HACH**)

• **الأدوات المستعملة:**

- ماصات بسعة **ml** 2

- **الكواشف:**
  - كواشف النتريت LCK341 بنطاق قياس يتراوح من 2الى 20ملغ /ل مخصصة للتركيزات المنخفضة.
- **طريقة العمل:**
  - نفتح غطاء أنبوب الكاشف.
  - نفتح غطاء الكاشف الداخلي.
  - نضيف 2مل من العينة.
  - نعيد تدوير الغطاء ونغلق أنبوب الكاشف بإحكام.
  - نمزج محتوى الأنبوب جيدا.
  - نترك الأنبوب لمدة 10دقائق دون تحريكه.
  - نضع أنبوب الكاشف في جهاز **Spectrophocomètre HACH**ونقرا النتيجة.
  - تعطى النتائج مباشرة بوحدة. **mg/l**

5- أخذ العينات:

تعد عملية اخذ عينة من المياه عملية دقيقة تتطلب عناية كبيرة، إذ أنها تؤثر بشكل مباشر على نتائج التحاليل وعلى تفسيرها. ويجب أن تكون العينة متجانسة ممثلة بشكل دقيق للوسط المدروس وان تجمع دون أن تحدث أي تغيير في الخصائص الفيزيائية- الكيميائية للمياه (مثل الغازات الذائبة ،المواد العالقة وغيرها) يجب أن تجمع العينات في قوارير بلاستيكية تم تنظيفها وغسلها جيدا مسبقا ثم شطفها بالماء.

الفصل الرابع:

نتائج ومناقشة

تمهيد:

بعد التعرف على طريقة التحاليل الفيزيوكيميائية سنتطرق إلى عرض النتائج المتعلقة بتجربتنا التي تتمثل في استعمال نبتة *Ipomoea pes caprae subsp* في معالجة المياه المستعملة وتحليلها ومناقشتها ضمن المعايير المعمول بها تحصلنا على النتائج التالية .

الجدول (03): يمثل نتائج التحاليل الفيزيوكيميائية .

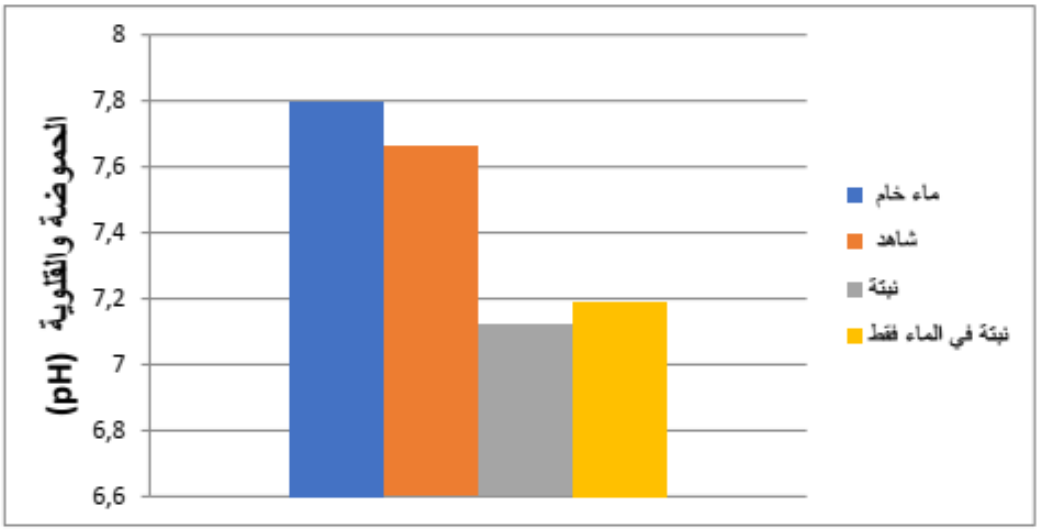
التحاليل	الماء الخام	الشاهد	النبتة	النبتة في الماء فقط
الدليل الهيدروجيني pH	7.8	7.66	7.12	7.19
درجة الحرارة T °C	23.16	21.03	22.1	22.1
الأكسجين المنحل(O_2 mg/l)	0.96	2.98	3.21	2.46
المواد الصلبة العالقةMES (mg/l)	219.33	5.33	22	77.1
الطلب الكيميائي للأكسجينDCO (mg/l)	1975.66	305	505.66	1752.66
الناقلية الكهربائيةCE ms/cm	5.82	5.96	7.12	6.51
الطلب البيوكيميائي للأكسجين 5DBO mg/l	122.6	67.1	63.53	77.36
الازوت الكليNT mg/l	14.43	13.43	6.3	9.33
النيتريت NO_2^- (mg/l)	0.47	0.33	0.24	0.31
النترات NO_3^+ mg/l	38.53	33.47	14.53	23.2
اورثوفوسفات PO_4 mg/l	23.93	18.66	7.33	14.56

1- مناقشة النتائج:

✓ الدليل الهيدروجيني pH:

من خلال الشكل (5) لتطور الدليل الهيدروجيني نلاحظ أن قيمة الدليل الهيدروجيني في الحوض الشاهد ذو القيمة 8.32 أعلى قيمة.

ومن النتائج المتحصل عليها في أحواض المعالجة كانت القيم تتراوح بين (8.01 و6.8) وهي قيم منخفضة مقارنة بالماء الخام.



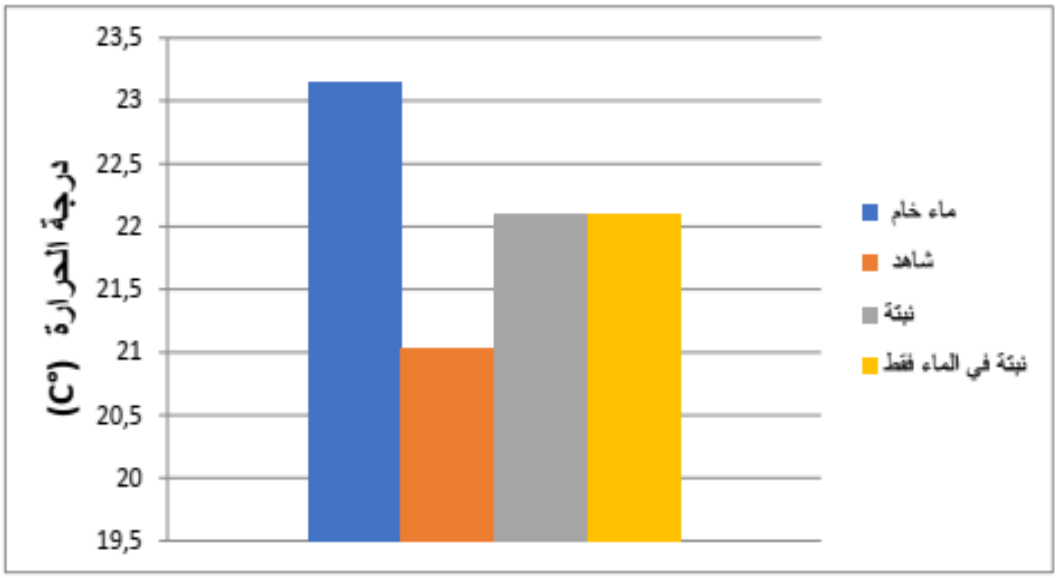
الشكل 5: أعمدة بيانية تبين تطور pH

التفسير: هناك عدة عوامل تفسر انخفاض في الدليل الهيدروجيني في الأحواض مقارنة بالماء الخام منها أكسدة النتريت إلى نترات والأكسدة بفعل الطلب الكيميائي للأكسجين (DCO) حيث ينتج عنها CO_2 مسببا حموضة في الوسط، ويرجع سبب ذلك إلى: [50] [51]

- تجمع الهيدروجين الناتج عن نشاط البكتيريا المسؤولة على النترجة. [9]
- تجمع CO_2 نتيجة أيض النبات أو هدم المواد العضوية بفعل البكتيريا. [52] [53]
- إنتاج ايونات +H ويتم ذلك من طرف النبات لتعويض بعض الكاتيونات الداخلة في التغذية المعدنية للنبات. [54]
- إنتاج بعض الإفرازات (أحماض عضوية) من طرف جذور النبات.،. [55]

✓ **درجة الحرارة T:**

من الشكل رقم (6): نلاحظ أن النتائج المتحصل عليها من الدراسة بينت أن درجة حرارة الحوض الشاهد هو أقل درجة بالنسبة للأحواض الأخرى أما الماء الخام لديه أكبر قيمة (24) درجة.



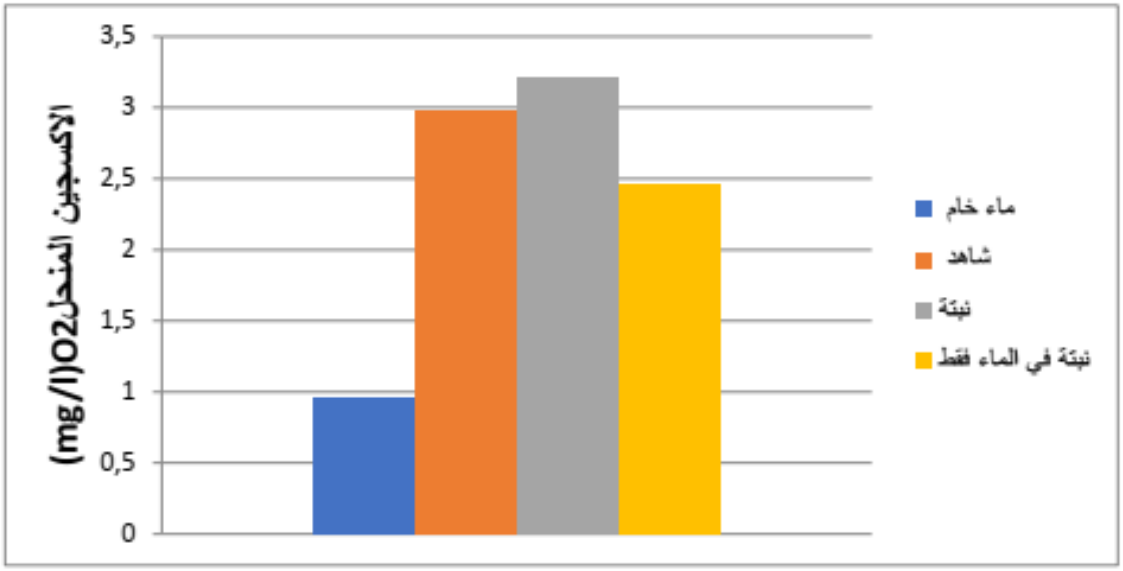
الشكل6: يمثل تطور درجة الحرارةT

التفسير: يفسر الارتفاع في درجة الحرارة في الأحواض المعالجة بتزايد عدد البكتيريا وتزايد التفاعلات الكيميائية وانخفاضها بتناقص عدد البكتيريا ونقص التفاعلات. [9]

- أما بالنسبة للمياه المعالجة في الحوض الغير مزروع (الشاهد) والأحواض المزروعة (النبتة والنبتة في الماء فقط) متقاربة عكس الماء الخام. [56]

✓ **تغيرات الأكسجين المنحل O_2**

من الشكل رقم (7): نلاحظ أن قيمة O2 في الماء الخام كانت منخفضة جدا على عكسها في احواض المعالجة (الشاهد والنبتة) التي كانت تتراوح بين l/mg (2.2− 3.35) .

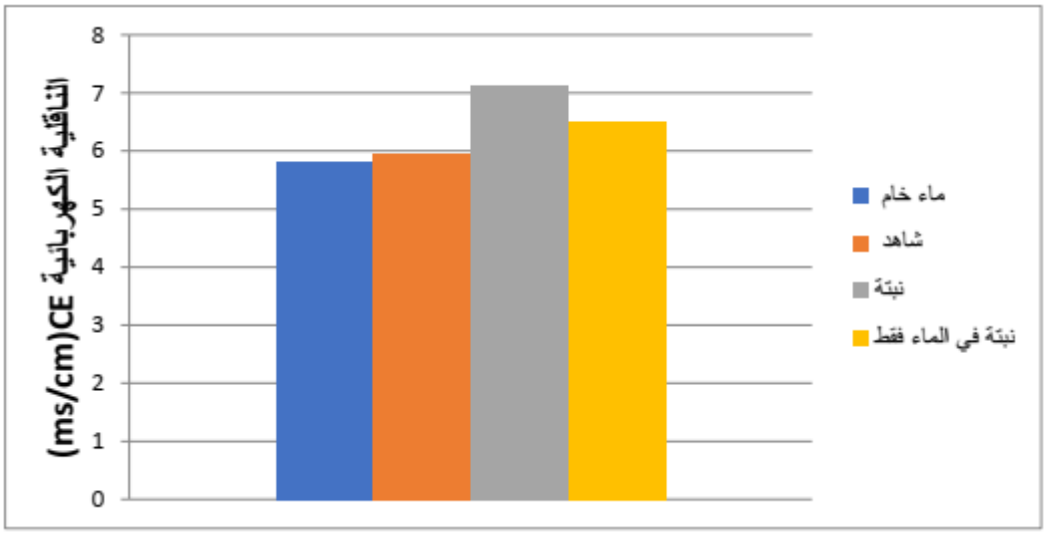


الشكل 7: يمثل تطور الأكسجين المنحلO_2

التفسير: كمية الأكسجين المقاسة داخل الأحواض هو ناتج عن ايض النبات والبكتيريا وانتقال الأكسجين الناتج عن توزع الهواء. بشكل عام نلاحظ أن الأكسجين المنحل يتحول عكس الكثافة العضوية للمياه المستعملة في أعماق الأحواض المعالجة، نلاحظ وجود اختلاف في كمية الأكسجين المنحل بالنسبة للحوض المزروع بالنبات والحوض غير المزروع (الشاهد)، ويفسر ذلك لوجود النباتات التي تقوم على نقل الأكسجين من الهواء ضمن الأحواض من الأوراق إلى السيقان ثم الجذور. [57]

- **تطور الناقلية الكهربائية CE**

نلاحظ أن قيمة الناقلية الكهربائية للمياه المعالجة بالأحواض المزروعة متقاربة بقيم mc/ms6.32 و mc/ms 7.5 وهي اكبر من الناقلية الكهربائية للمياه المعالجة للحوض الغير مزروع (الشاهد) mc/ms 6.1 والماء الخام mc/ms 5.92.

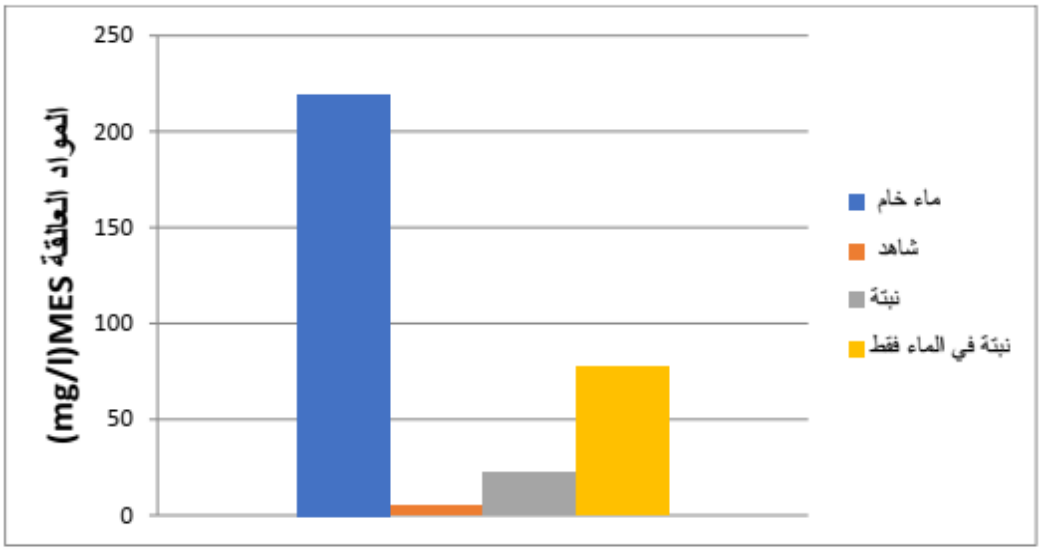


الشكل 8: يمثل تطور الناقلية الكهربائية CE

التفسير: هذه النتائج مشابهة للنتائج التي تحصل عليها (1983, FINLAWSON et al) يعود سبب ارتفاع الناقلية الكهربائية نتيجة تحول المواد العضوية إلى مواد معدنية، في هذه الحالة نتوقع كل هذه التغيرات. [9]

- **تطور المواد الصلبة العالقة MES**

نلاحظ من الشكل (9) تطور المواد العالقة بين أعلى قيمة واقل قيمة كانت بين 230 l/mg للماء الخام و 4.5 l/mg للشاهد أما بالنسبة للحوض المزروع بالنبتة تحصلنا على قيمة 20l/mg و 63l/mg في الحوض المزروع بالنبتة في الماء فقط.



الشكل 9: تطور المواد العالقةMES

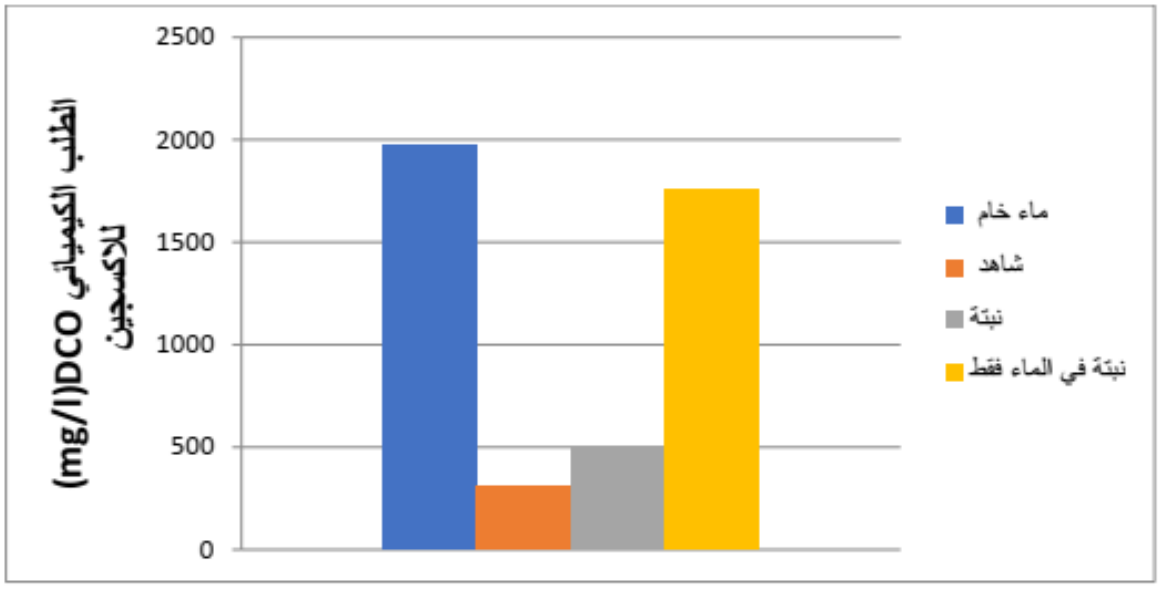
التفسير: انخفاض تركيز MES في شتى المياه المعالجة ناتج أساسا على المعالجة الفيزيائية مثل الترشيح. [58] حيث المواد الخشنة تبقى عالقة والمواد الدقيقة تحجز في مسامات المصفاة أو بالتفاعل الكيميائي

waals Vander. [59]

كمية الإزالة للمواد العالقة في الحوض المزروع تصل إلى مستوى أعلى بالمقارنة مع المياه المعالجة في الحوض الغير مزروع (الشاهد) ويرجع ذلك إلى كفاءة وقدرة النبات على ترسيب وترشيح المواد العالقة وهذا وفق (P LEMOL.2003). [60]

- **تطور الطلب الكيميائي لأكسجين DCO**

نلاحظ أن حوض الماء الخام والحوض المزروع بالنبتة في الماء فقط لديهم قيم متقاربة تتراوح بين mg/l (1975.66و 1752.66). بينما في الحوض الشاهد تحصلنا على أدنى قيمة 305 l/mg

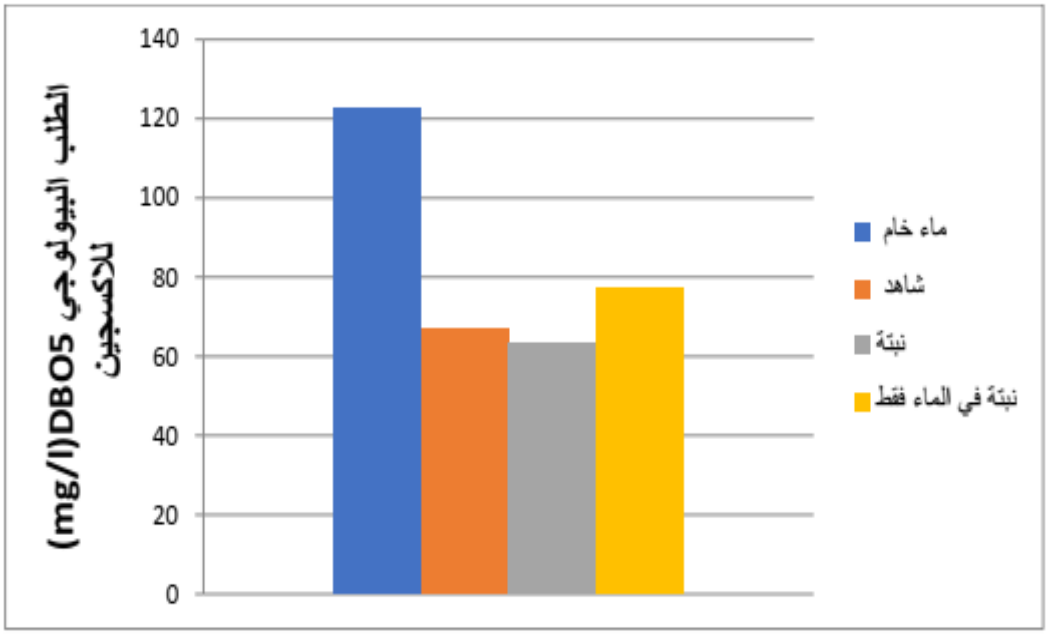


الشكل10: يمثل تطور الطلب الكيميائي للأكسجينDCO

التفسير: نفسر الانخفاض في كمية DCO في الأحواض الثلاثة، الشاهد والثاني والثالث هو وجود النبات ووسط الزراعة الذي يعمل على توفير شروط فيزيوكيميائية بحيث يؤمن الأكسجين للوسط المصفى عن طريق الأوراق إلى السيقان ثم الجذور والجذمور بواسطة الكائنات البكتيرية التي تسبب في الأكسدة. [9] [59]

- **تطور الطلب البيوكيميائي للأكسجين DBO_5**

نلاحظ من شكل تطور الطلب البيولوجي 5DBO أن أعلى قيمة كانت بقيمة 200 mg/l للماء الخام أما أدنى قيمة 31.6mg/l للحوض المزروع بالنبتة حيث أن هناك فرق متباين بين الأحواض المزروعة .

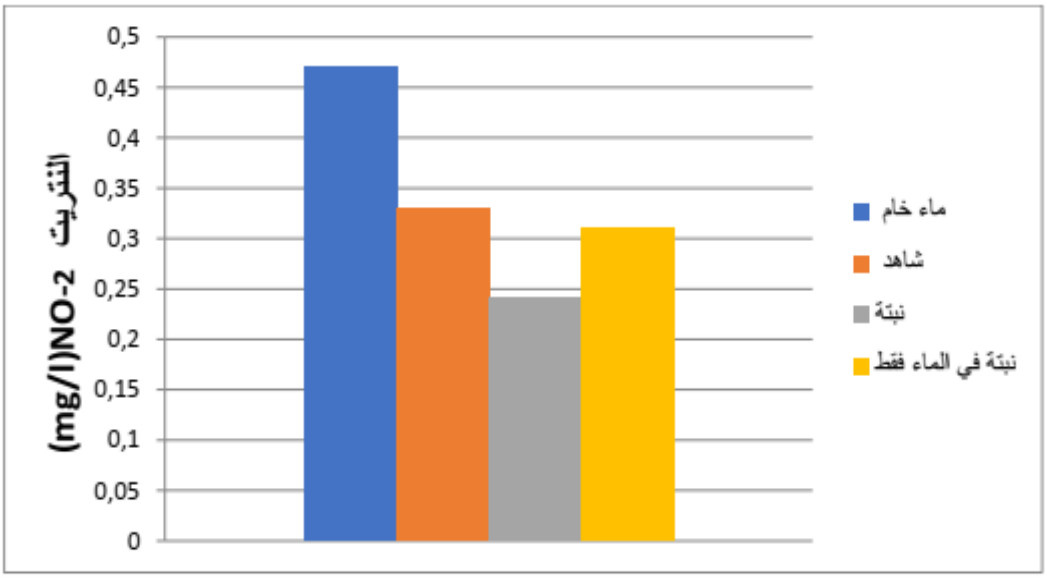


الشكل 11 : يمثل تطور الطلب البيولوجيDBO5

التفسير: الفرق في قيم DBO5 بين الأحواض المزروعة والحوض الشاهد سببه وجود النبتة التي تملك خاصية امتصاص الأكسجين من الجو لتحريره عبر جذورها في المنطقة المحيطة بالجذور حيث هذا الأكسجين ينشط البكتيريا حيث تعمل على أكسدة وتحطيم المواد العضوية. [9]

- **تطور النتريت NO^-_2**

من النتائج المتحصل عليها وجدنا تركيز النتريت مرتفع في الماء الخام والذي اعطى قيمة 0.58 mg/l اما في الحوض المزروع بالنبتة والحوض الغير مزروع (الشاهد) لديهم قيم منخفضة متقاربة والتي تنحصر بين 0.21 mg/l و 0.47 mg/l بينما في حوض النبتة في الماء فقط تحصلنا على قيمة 0.25 mg/l .



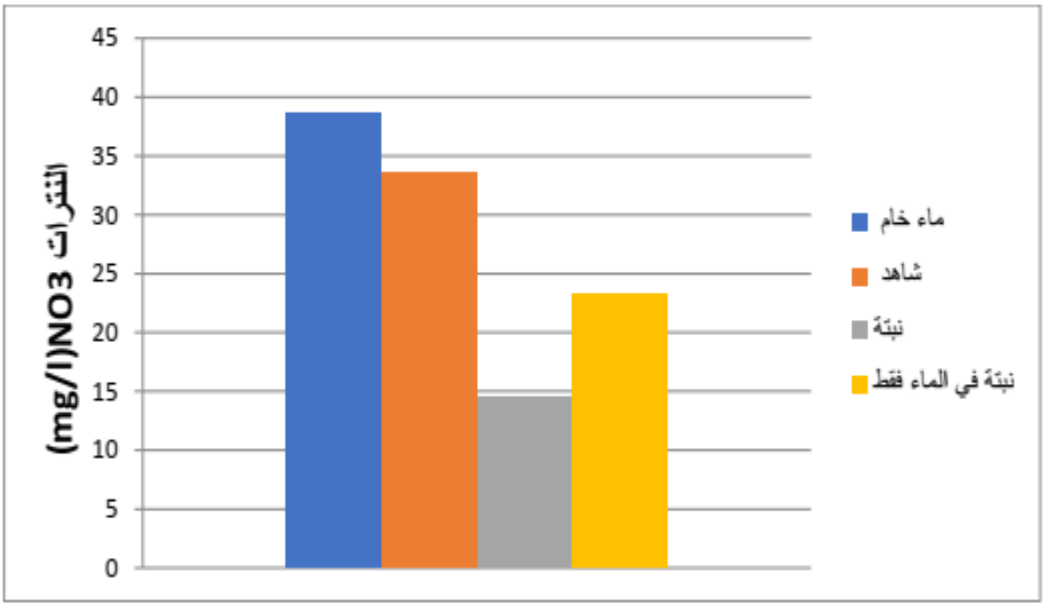
الشكل 12: يمثل تطور النتريت NO^-_2

التفسير: يرجع الاختلاف في إزالة ثاني أكسيد النيتروجين بين الأحواض إلى وجود النبتة التي تمتص الأكسجين من الغلاف الجوي ويتم نقلها بواسطة الأوراق والسيقان إلى الجذور. [62] [63]

ينشط الأكسجين البكتيريا التي تحول النتريت NO^-_2 إلى النترات NO^-_3 وتسمى هذه العملية بالنترجة. [61] [64].

- **تطور النترات NO^-_3**

نلاحظ أن تركيز النترات في الحوض الغير مزروع مرتفع بنسبة 50 l/mg أما في الماء الخام مرتفع جدا بقيمة 55.9 l/mg. في الحوض المزروع بالنبتة بلغ تركيزه 10.2 l/mg .



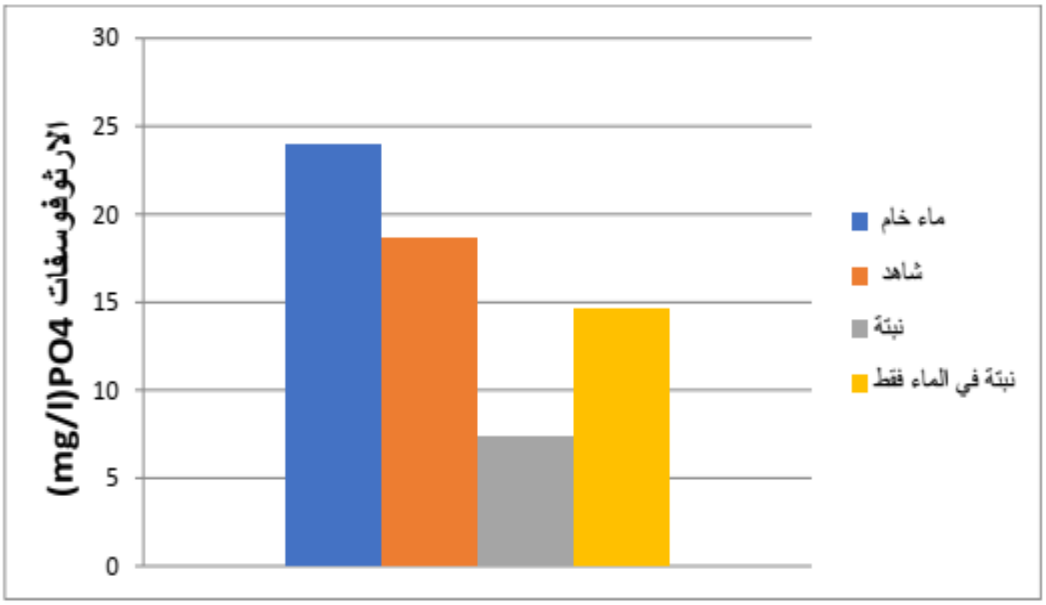
الشكل 13: يمثل تطور النترات NO^-_3

التفسير: يتم استخدام النترات بواسطة النبات أثناء النهار أو في وجود عملية البناء الضوئي. يؤدي تطور النترات إلى انخفاض الكمية بعد ترشيحها بواسطة النبات [65] [66]. نترجة لـ NO^-_3 ترجع إلى وجود بكتيريا Anammox المسؤولة عن الأكسدة الهوائية و تحويل NO_3^- إلى N_2 [67].

- **تطور الارتو فوسفات PO_4**

نلاحظ من الشكل أن قيمة الارثو فوسفات مرتفعة في الماء الخام بقيمة 27.4 mg/l مقارنة بالأحواض المزروعة والشاهد بحيث قيم الحوض الغير مزروع (الشاهد) وحوض النبتة منخفضة وبلغت القيمة في الحوض المزروع بالنبتة في الماء فقط 5.2 mg/l .

التفسير: يعود ذلك إلى نشاط الكائنات الحية مثل النبتة والبكتيريا التي تشارك في تحول الفوسفور العضوي في البولي فوسفات واورثوفوسفات .[67]



الشكل 14: يمثل تطور الارتو فوسفات PO_4

الخـــاتمة

الخاتمة

ينتج عن النشاطات البشرية اليومية كمية مهمة من المياه المستعملة يتم التخلص منها في الطبيعة مباشرة وهذا ما يساعد على توفير ظروف مناسبة لتكاثر الحشرات وانتشار الإمراض خاصة المتنقلة منها عن طريق المياه الملوثة لذلك وجب الاهتمام بالأساليب المساعدة على معالجة هذه المياه قبل التخلص منها ومن بين هذه الأساليب التقنية بمساعدة النباتات .

هذا العمل يظهر إمكانية استعمال نبات *Ipomoea pes caprae subsp* لمعالجة مياه الصرف الصحي وذلك لكونه نبات يتحمل الملوحة ويستطيع امتصاص المعادن الثقيلة بشكل مهم بالإضافة إلى قدرته على إظهار جذور جديدة في المياه أو التربة بشكل سريع .

الهدف من هذه الدراسة هو إثبات قدرة وتقييم كفاءة معالجة المياه المستعملة بواسطة النبات *Ipomoea pes caprae subsp* .

أظهرت النتائج المتحصل عليها أن فعالية الأحواض المزروعة بالنبات تزداد مع مرور الوقت وذلك لان الجذور تستمر في النمو والتطور بحيث يزداد سطح وحجم الجزء اللاهوائي في حين ان فعالية الحوض الغير مزروع تبدأ كبيرة ثم تتناقص لان المواد غير متجددة بحيث اظهرت النتائج التأثير الايجابي لوجود النبات في أحواض المعالجة .

قائمة المراجع

أولا: المراجع باللغة العربية

[9] العابد، & ابراهيم (2015). معالجة مياه الصرف الصحي لمنطقة تقرت بواسطة نباتات منقية محلية (Doctoral dissertation)، جـامـعـة قاصدي مرباح ورقلـــة.

[11] قدور زينب. (2021). دراسة مكانية استعمال بعض النباتات الصحراوية بمنطقة الوادي

[17] عباس كمرشو (2017). إستعمال كربون نشط محضر من مشتقات نخيل التمر (نواة تمرة دقلة نور) في معالجة المياه المستعملة الحضرية. دراسة مقارنة (Doctoral dissertation، جامعة قاصدي مرباح ورقلة).

[18] أبو سمور ، ا.ح.الخطيب ،ا.ح .(1999) .جغرافية الموارد المائية .الطبعة الأولى دار الصفاء لنشر والتوزيع ، عمان .

[21] نصر الحايك.(2017، نوفمبر). مدخل الى كيمياء المياه. المعهد العالي للتكوين الصناعي والتكنولوجيا

[23] غنيم.غ.م. (2015).خصائص مياه الصرف الصحي- ستة اشهر. الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحي، الإدارة العامة لتخطيط المسار الوظيفي قطاع تنمية الموارد البشرية).

[25] اصبري ، ا .ف .(2004). إرشادات في تصميم وتشغيل وصيانة محطات معالجة المياه العادمة. عمان ، الأردن: منظمة الصحة العالمية ، المكتب الإقليمي الشرق المتوسط ، المركز الإقليمي لصحة البيئة.

[27] زان ، م. ف .وبوغزالة ، م .ط.(2012). فعاليات تطهير المياه المستعملة بطريقة الأحواض المهوات من خلال تغيير الفصول دراسة حالة محطة رقم 1 بكونين .

[30] بن عشورة، & صبرينة باتول(2015). *معالجة المياه المستعملة الحضرية لمنطقة الاهقار بتمنراست بواسطة نباتات منقية محليا* (Doctoral dissertation, Université de Ouargla-Kasdi Merbah).

[36] زغدي، س. (2017). تحديد محطات التنقية المحلية واستخدامها في تطهير المياه العادمة في منطقة الوادي (سنة 2017/2016)

[41] الجنيدي، ح. وآخرون. (2016). المعالجة الثلاثية مياه الصرف الصحي باستخدام نبات عدس الماء في محطة الجندرية نموذجا. سلسلة العلوم البيولوجية، جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية، 38 (3) ، 235.

[63] مذكرة لنيل شهادة ماستر أكاديمي التخصص: كيمياء المياه من إعداد: غشوه لطيفة، وانيس حياة جامعة قاصدي مرباح ورقلة 2018

ثانيا: المراجع باللغة الأجنبية

[1]. Lindberg, C. F. (1997). Control and estimation strategies applied to the activated sludge process. Stockholm, Sweden: Uppsala University.

[2] Häfliger, D., Hübner, P., & Lüthy, J. (2000). Outbreak of viral gastroenteritis due to sewage- contaminated drinking water. International journal of food microbiology, 54(1- 2), 123- 126

[3] Carr, R. (2001). Excreta- related infections and the role of sanitation in the control of transmission. World Health Organization Water Series, 89- 114

[4] World Health Organization. (2003). Guidelines for safe recreational water environments: Coastal and fresh waters (Vol. 1). World Health Organization

[5] Gersberg, R. M., Elkins, B. V., Lyon, S. R., & Goldman, C. R. (1986). Role of aquatic plants in wastewater treatment by artificial wetlands. Water research, 20(3), 363- 368.

[6] Radoux, M., & Kemp, D. (1988). Épuration comparée des eaux usées domestiques par trois plantations hélophytiques et par un lagunage à microphytes sous un même climat tempéré. Acta oecologica. Oecologia applicata, 9(1), 25- 38.

[7] Brix, H. (2020). Macrophyte- mediated oxygen transfer in wetlands: transport mechanisms and rates. In Constructed wetlands for water quality improvement (pp. 391- 398). CRC Press.

[8]Biddlestone, A. J., Gray, K. R., & Job, G. D. (1991). Treatment of dairy farm wastewaters in engineered reed bed systems. Process Biochemistry, 26(5), 265]

[10] Belkaçem, H., Abdelhafidh, D. B. A., Zineb, H., & Saad, Z. (2013). Gardens planted with macrophytes filters, purification performance in an arid climate. Pilot station of Témacine, Ouargla (Algeria). International Letters of Chemistry, Physics and Astronomy, 8, 259- 268.

[12] Brix, H & ،.Schierup, H. H. (1990). Soil oxygenation in constructed reed beds: the role of macrophyte and soil- atmosphere interface oxygen transport. In Constructed wetlands in water pollution control (pp. 53- 66). Pergamon

[13] Yan, Z. Q., Zeng, L. M., Li, Q., Liu, T. Y., Matsuyama, H., & Wang, X. L. (2016). Selective separation of chloride and sulfate by nanofiltration for high saline wastewater recycling. Separation and Purification Technology, .

[14] Satin, M., & Selmi, B. (1995). Guide technique de l'assainissement: Evacuation des eaux usées et pluviales conception et composant des réseaux, épuration des eaux et protection de l'environnement, exploitation et gestion des systèmes d'assainissement. ISBN 2- 281- 1152- 0, Edition le moniteur, Paris, pp75- 86.

[15] Eme, C., & Boutin, C. (2015). Composition des eaux usées domestiques par source d'émission à l'échelle de l'habitation. Etude bibliographique (Doctoral dissertation, irstea).

[16] MOULIN, S., RECHELS, D. R., & STANKOVIC, M. (2013). Traitement des eaux usées.

[19] Herteman, M. (2010). Evaluation des capacités bioremédiatrices d'une mangrove impactée par des eaux usées domestiques. Application au site pilote de Malamani, Mayotte (Doctoral dissertation, Université Paul Sabatier-Toulouse III).

[20] Degrémont, G. (1972). Mémento technique de l'eau. Ed. Techniques Ingénieur.

[22] Brihmet, M. (2024). Traitement des eaux usées utilisant un charbon actif préparé a base des noyaux des dattes (Doctoral dissertation, university ghardaia).

[24] Rouquerol, J., Rouquerol, F., Llewellyn, P., Maurin, G., & Sing, K. (2013). Adsorption by powders and porous solids: principles, methodology and applications. Academic press.

[26] Rejsek, F. (2002). Analyse des eaux: Aspects réglementaires et techniques. Centre régional de documentation pédagogique d'Aquitaine.

[28] BEAUDRY, J. P (1984) Traitement des eaux, Editions. Le Griffon d'argile

[29] Tehari, F., & Lamine, D. (2021). Enquête sur l'appréciation del'irrigation avec les eaux usées épurées auprès des agricultures et des consommateurs (Doctoral dissertation, Université Mouloud Mammeri).

[31] Gherib, A., Boufendi, M., Temime, A., & Bedouh, Y. (2016). Applications of phytoremediation in wastewater treatment in Algeria. LARHYSS Journal P-ISSN 1112- 3680/E- ISSN 2521- 9782, (27), 23- 37.

[32] Touria, Medjdjoub. (2014). Etude, Conception et dimensionnement d'une STEP par filtres plantés de roseaux des eaux usées des zones éparses de la commune de Terny. Mémoire de fin d'étude. Université Abou Bekr Belkaid-Tlemen, Algérie.

[33]Eco- gestion d'habitats .(n.d).bureau d'études industrielles,énergies renouvelables et environnement .

[34] Djeddi ép Bouatia, H., & Rahmoune, C. Utilisation des eaux d'une station d'épuration pour l'irrigation des essences forestières urbaines (Doctoral dissertation, Université Frères Mentouri- Constantine 1).

[35] Khecheba,R, &,Hartani ,T.(2017). Etude de l'application d'un traitement tertiaire complémentaire sur les eaux ussées épurées de lagunage aéré d'ouargle en vue de réutilisation agricole en milieu aride.SAGREN,1(1) ,88- 94.

[37] Mburu, N., Rousseau, D. P., Van Bruggen, J. J., & Lens, P. N. (2015). Use of the macrophyte Cyperus papyrus in wastewater treatment. The role of natural and constructed wetlands in nutrient cycling and retention on the landscape, 293- 314.

[38] Dahlgren, R. M., Clifford, H. T., & Yeo, P. F. (2012). The families of the monocotyledons: structure, evolution, and taxonomy. Springer Science & Business Media.

[39] Lux,S.et al.(2012). La phyto- épuration: des plantes pour traiter les eaux usées. fisher , (10) ,135- 141. Dans Bàtir en favorisant la biodiversité .Paris: Victoire éditions

[40] Laabassi, A. (2018). L'épuration des eaux usées par le système de lagunage à macrophytes (Doctoral dissertation).

[42] Rajaonarivelo, F. J. (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.

[43] Raju, A. S., Raju, P. S., & Ramana, K. V. (2014). Melittophily and malacophily in Ipomoea pes- caprae (Convolvulaceae). TAPROBANICA: The Journal of Asian Biodiversity, 6(2).

[44] McMullen, C. K. (1999). Flowering plants of the Galápagos. Cornell University Press.

[45] Koh, H. L., Chua, T. K., & Tan, C. H. (2009). Guide to medicinal plants, a: An illustrated scientific and medicinal approach. World scientific

. [46] Zheng, J. X., Zhang, H., Su, H. X., Xia, K. F., Jian, S. G., & Zhang, M. (2018). Ipomoea pes- caprae IpASR improves salinity and drought tolerance in transgenic Escherichia coli and Arabidopsis. International Journal of Molecular Sciences, 19(8), 2252.

[47] Venkatesan, A., & Mathan, G. (2020). Influence of tannery wastewater irrigation on growth and enzymatic activities of Ipomoea pes- caprae Sweet and Clerodendron inerme (L.) Gaertn. International Journal of Scientific & Technology Research, 9(1), 1132–1136.

[48] Khan, S. A., Al Faraji, S. R. S., Almukhaini, M. S. H., Mohd, A., Jamal, F., & Verma, S. S. P. P. (2023). In Vitro Establishment, Hydroponic, Salt

Tolerance, Antifungal and Phytochemical Investigations in Important Sand Binder Medicinal Plant Ipomoea pes- caprae. Traditional Medicine, 4(1), 1- 0.

[49] Rodier, J., Legube, B. and Merlet, N. (2005) L'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, chimie, physico- chimie, microbiologie, biologie, interprétation des résultats. Ed. Dunod, Paris, 1384 p.

[50] Dommergues, Y., & Mangenot, F. (1970). Ecologie microbienne du sol (p.

[51] Munch, C., Kuschk, P., & Roske, I. (2004). La stimulation racinaire de l'élimination de l'azote concerne- t- elle des zones limitées ou l'ensemble d'un marais artificiel?. Sciences Eaux & Territoires, (Spécial Ingénieries- EAT- 20), 05- 11.

[52] Attionu, R. H. (1976). Some effects of water lettuce (Pistia stratiotes, L.) on its habitat. Hydrobiologia, 50, 245- 254.

[53] Sridhar, M. K. C., & Sharma, B. M. (1985). Some observations on the oxygen changes in a lake covered with Pistia stratiotes L. Water Research, 19(7), 935- 939.

[54] Bowes, G., & Beer, S. (1987). Physiological plant processes: Photosynthesis. Aquatic plant for wastewater treatment and resource recovery, 311- 335.

[55] Ndzomo, G. T., Ndoumou, D. O., & Awah, M. T. (1994). Effect of Fe 2+, Mn 2+, Zn 2+ and Pb 2+ on H+/K+ fluxes in excised Pistia stratiotes roots. Biologia plantarum, 36, 591- 597.

[56] Édeline, F. (1993). Epuration biologique des eaux. Theorie et technologie des reacteurs.

[57] Jedicke, A., Furch, B., Saint, U. P., & Schlüter, U. B. (1989). Increase in the oxygen concentration in Amazon waters resulting from the root exudation of two notorious water plants, Eichhornia crassipes (Pontederiaceae) and Pistia stratiotes (Araceae). Volume 11, fascículo 1, 1989, página 53- 69.

[58] Sridhar, M. K. C., & Sharma, B. M. (1985). Some observations on the oxygen changes in a lake covered with Pistia stratiotes L. Water Research , 19 (7), 935- 939

[59]Chachuat, B. (1998). Traitement D'effluents Concentrés par Cultures Fixées sur Gravier. Rapport de DEA. ENGEES- Cemagref, 118.

[60] Molle, P. (2003). Filtres plantés de roseaux: limites hydrauliques et rétention du phosphore (Doctoral dissertation, Doctorat discipline Energétique génie des procédés, Université Montpellier II).

[61] Zobeidi, A. (2017). épuration des eaux usées urbaines par lagunage aéré en zone aride–cas de la région d'el- oued. paramètrs influents et choix des conditions optimales (Doctoral dissertation)

[62] BRIX, H. (1994(."Function of Macrophytes in Constructed Wetlands." .Sci.Tech. 29(4): pp 71- 78.

[64] Hammadi, B. (2021). Lagunage Aéré en Zone Aride Performances Epuratoires, Paramètres Influents: Cas de la Région de Ouargla (Doctoral dissertation, Université Kasdi Merbah Ouargla).

[65] JETENS. M. S et al (2001("Microbiology and application of the anaerobic ammonium oxidation ('anammox')

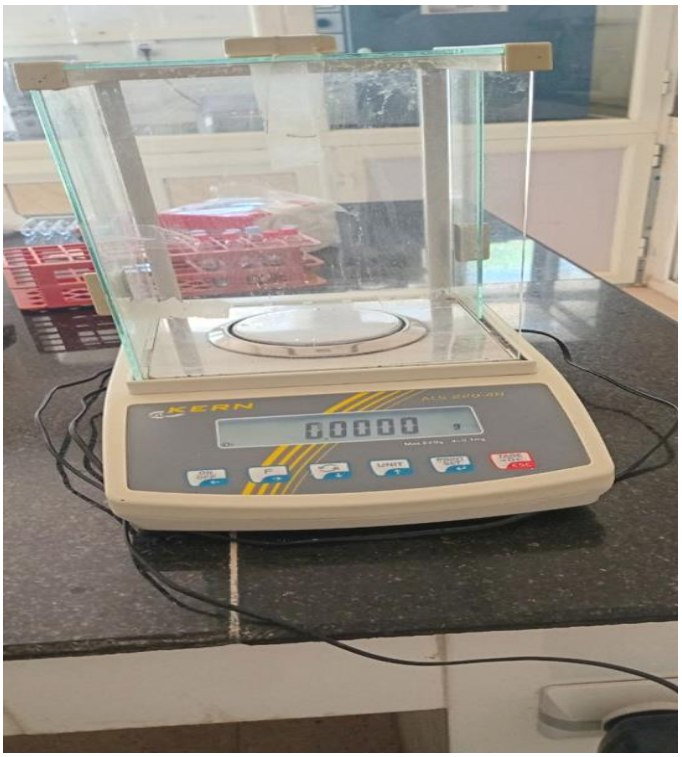
process." Current Opinion in Biotechnology 12(3): pp 283- 288

[66] JETENS. M. S.M.)2002). 'Aerobic and anaerobic ammonia oxidizing bacteria- competitors or natural partners?' FEMS Microbiol. Ecol 39(3): pp 175- 181

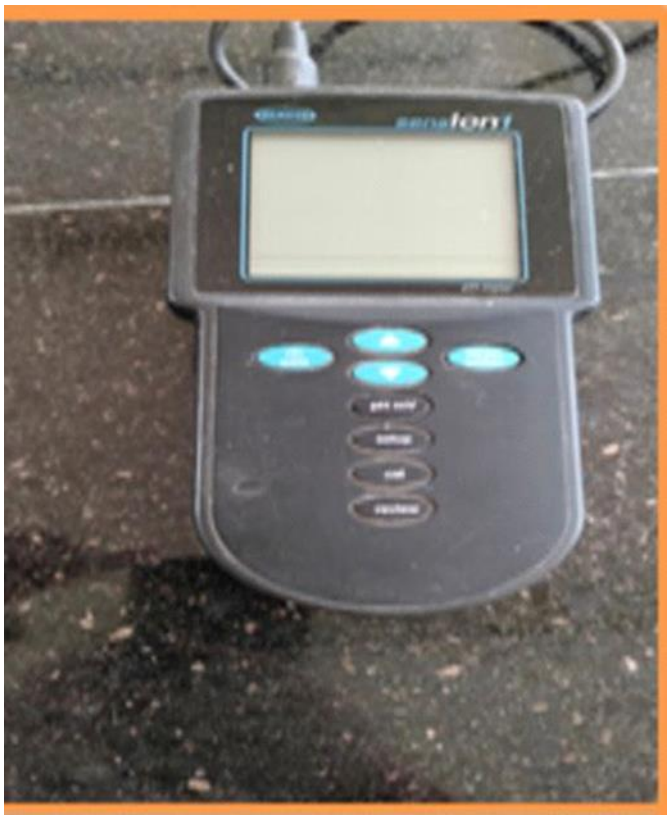
[67]THAMDRUP. B. and DALSGAARD. T. (2002). "production of N(2) through Anaerobic Ammonium Oxidation Coupled to Nitrate Reduction in Marine Sediments." Applied and Env microbiol 68(3): pp 1312- 1318.

قائمة الملاحق

Dessiccateur balance électrique



pH mètre



Oxy- mètre

Ensemple filtration étuve universel

DBO mètre (Oxitop)

Etuve