وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة قاصدي مرباح ورقلة
كلية الرياضيات وعلوم المادة
قسم الكيمياء

مذكرة مقدمة لنيل شهادة ماستر أكاديمي
في الكيمياء
التخصص:كيمياء المياه

من إعداد :غشوه لطيفة، وانيس حياة

قدرة أداء نبات القنا أنديكا (*Canna Indica*) لمعالجة مياه الصرف الصحي بطريقة التدفق تحت السطحى الأفقى لمنطقة تقرت

نوقشت علنا يوم:...ماي 2018 أمام لجنة المناقشة:

عطية سالم	أستاذ محاضر"ب"	جامعة قاصدي مرباح ورقلة	رئيساً
زغدي سعد	أستاذ محاضر"ب"	جامعة قاصدي مرباح ورقلة	مناقشاً
العابد إبراهيم	أستاذ محاضر "أ"	المدرسة العليا للأساتذة ورقلة	مؤطراً
سراوي مبروك	أستاذ مساعد "أ"	جامعة قاصدي مرباح ورقلة	مساعد مؤطر

السنة الجامعية 2017- 2018

الإهداء

إلى رمز الحب وبلسم الشفاء

إلى القلب الناصع بالبياض والدتي الحبيبة

إلى من جرع الكأس فارغا ليسقيني قطرة حب

إلى من كلت انامه ليقدم لنا لحظة سعادة

إلى من حصد الأشواك عن دربي ليمهد لي طريق العلم

إلى القلب الكبير والدي العزيز

إلى القلوب الطاهرة الرقيقة والنفوس البريئة إلى من تحمل أعينهم ذكريات طفولتي إلى رياحين حياتي إخوتي

إلى كل اللذين أحبهم قلبي وعشقتهم روحي فتمنيت أبدا أن لا يفارقوني...

إلى اللذين رسموا البسمة والفرحة في نفسي وبحبهم وحنانهم غمروني

إلى حبيبتي التي حبي لها ما حييت لن يفارق قلبي وروحي

إلى التي تعني لي كل شيء ومن دونها أنا لا شيء

إلى عائلتي التي نشأت فيها إلى أحبائي اللذين هم جزء مني

إلى رفيقاتي في الدرب كل باسمها

إلى التي تحملت معي متاعب هذا الجهد وتقاسمت معها شقاءه

إلى كل دفعة الكيمياء التحليلية 2018 التي كانت لي بمثابة العائلة الثانية وتقاسمنا معا الأفراح و الأقراح

إلى روح الغوالي اللذين رحلو عنا

إلى من أحببتهم وأحبوني بصدق إليهم جميعا أقدم هذا العمل المتواضع

غشوه لطيفة

إهداء

احمد الله عز وجل على منه وعونه لإتمام هذا البحث.

الى الذي وهبني كل ما يملك حتى أحقق له آماله, الى من كان يدفعني قدما نحو الأمام لنيل المبتغى الى مدرستي الأولى في الحياة, أبي الغالي على قلبي أطال الله في عمره,

الى التي وهبت فلذة كبدها كل العطاء والحنان ,الى التي صبرت على كل شئ , التي رعتني حق الرعاية وكانت سندي في الشدائد وكانت دعواها لي بالتوفيق , الى من ارتحت كلما تذكرت ابتسامتها في وجهي نبع الحنان أمي اعز ما املك على القلب والعين جزاها الله عني خير الجزاء في الدارين ,

إليهما اهدي هذا العمل المتواضع لكي ادخل على قلبهما شيئا من السعادة

الى إخوتي و أخواتي كل واحد باسمه الذين تقاسموا معي عبئ الحياة وأبنائهم ,

الى سندي الذي دعمني ووقف بجانبي الى قرة عيني ونصفي الأخر في هذه الحياة.....

الى التي تحملت معي متاعب هذا العمل وتقاسمت معها جهده

الى من جعلهم الله إخوتي لي بالله طلاب قسم الكيمياء

الى رفقاء الدرب والأصدقاء في كل مكان

كما اهدي ثمرة جهدي لأستاذي الكريم الدكتور : **العابد إبراهيم** الذي كلما تظلم الطريق أمامي لجأت إليه فأنارها لي ,والى كل أساتذة قسم الكيمياء

والى كل من يؤمن بان بذور نجاح التغيير هي في ذواتنا وفي أنفسنا قبل أن تكون في أشياء أخرى...

الى كل هؤلاء اهدي هذا العمل

وانيس حياة

شكر وعرفان

قال رسول الله صلى الله عليه وسلم:

"من لم يشكر الناس لم يشكر الله "

صدق رسول الله صلى الله عليه وسلم

نتقدم بالشكر الجزيل وفائق التقدير و الاحترام إلى الأستاذان الفاضلان الدكتور العابد إبراهيم أستاذ محاضر"أ" المدرسة العليا للأساتذة بورقلة لقبوله الإشراف على هذه المذكرة والذي تابعنا طول فترة إعداد هذه الدراسة ،وأفادنا بالأفكار و النصائح والذي ساندنا من الناحية المعنوية أيضا،الأستاذ سراوي مبروك مساعد مشرف أستاذ مساعد"أ"جامعة قاصدي مرباح ورقلة.

كما يسرنا أن نتقدم بجزيل الشكر والتقدير إلى الأستاذ عطية سالم جامعة قاصدي مرباح ورقلة على قبوله ترأس لجنة المناقشة و الأستاذ زغدي سعد جامعة قاصدي مرباح ورقلة على قبوله المشاركة في لجنة المناقشة.

ولا يفوتنا أن نشكر كل من ساعدونا في تسهيل مهمة إنجاز الدراسة نخص بالذكر مدير الديوان الوطني للتنقية والتطهير بتقرت (ONA) "عبد المجيد بن هنية " وكذا العاملين بها "بن نجمة فتحي"و"جاري العابد" شكرا لكل من ساعدنا وقدم لنا يد العون قريبا كان أو بعيد ا

شكرا جزيلا

حياة و لطيفة

الفهرس

المقـــــــــــــــــــــدمـــــــــــــة				
الجـــــــــــــزء النظـــــــــــــــــــــري				
الفصل الأول : تلوث المياه وطرق معالجتها				14-02
I -1	تعريف تلوث المياه			02
I -2	مصادر تلوث المياه			02
I -3	انواع الملوثات المائية			02
	I -3-1	التلوث الطبيعي		02
	I -3-2	التلوث الحراري		03
	I -3-3	التلوث البكتيري		03
	I -3-4	النفط		03
	I -3-5	المخلفات الصناعية		03
	I -3-6	التلوث الإشعاعي		03
	I -3-7	التلوث البيولوجي		03
I -4	مياه الصرف الصحي			04
	I -4-1	تعريف مياه الصرف الصحي		04
	I -4-2	خصائص مياه الصرف الصحي		04
		I -4-2-1	ملوثات فيزيائية	04
		I -4-2-2	المواد الصلبة المنحلة	04
		I -4-2-3	الغازات المنحلة	05
		I -4-2-4	ملوثات حيوية	05
	I -4-3	انواع مياه الصرف الصحي		05
		I -4-3-1	مياه الصرف الصحي المنزلي	05
		I -4-3-2	مياه الصرف الصناعي	05
I -5	مقاييس تصنيف الملوثات في مياه الصرف الصناعي			05
	I -5-1	درجة الحرارة		05
	I -5-2	الدليل الهيدروجيني		06
	I -5-3	الناقلية الكهربائية		06
	I -5-4	المواد العالقة		06
	I -5-5	المواد العضوية		06
	I -5-6	الطلب البيوكيميائي للأكسجين		06
	I -5-7	الطلب الكيميائي للأكسجين		07
	I -5-8	النترات		07
	I -5-9	النتريت		08
	I -5-10	ارتو فسفور		08
	I -5-11	الكائنات الدقيقة والمهجرية		08
I -6	المعايير المسموح بها			08
I -7	مراحل المعالجة في الميدان			09
	I -7-1	محطات تصفية المياه المستعملة بطريقة الحماة المنشطة		09
		I -7-1-1	المعالجة الاولية	09
		I -7-1-2	المعالجة البيولوجية	11
	I -7-2	الأسرة البكتيرية او أسرة الترشيح		11
	I -7-3	الأوحال المنشطة		11
	I -7-4	المعالجات بالبحيرات		13
	I -7-5	معالجة المياه القذرة بواسطة النباتات		14

الجـــــــــــــزء النـــــــــــــــــــــــظري				
الفصل الثاني: معالجة مياه الصرف الصحي باستعمال النباتات المائية				22-15
	1- II	مـــــــــــدخل		15
	2- II	معالجة مياه الصرف الصحي بالنباتات		15
	3- II	النباتات المائية المستخدمة ضمن محطات المعالجة بالنباتات		15
		1-3- II	النباتات المائية البارزة	16
		2-3- II	النباتات المائية الغاطسة	16
		3-3- II	النباتات المائية الطافية	16
	4- II	أحواض النباتات المستعملة في تنقية مياه الصرف الصحي (المياه المستعملة)		16
		1-4- II	الأحواض المغروسة بالنباتات ذات الجريان السطحي الحر	17
		2-4- II	الأحواض المغروسة بالنباتات ذات الجريان السطحي الافقي	17
		3-4- II	الأحواض المغروسة بالنباتات ذات الجريان الشاقولي	17
		4-4- II	الأحواض المغروسة بالنباتات ذات الجريان المتنوع (المهجن)	18
	5- II	دور مختلف مكونات النظام		19
		1-5- II	دور مواد التعبئة	19
		2-5- II	دور النبات	19
			1-2-5- II الدور المباشر	19
			2-2-5- II الدور الغير مباشر	20
		3-5- II	دور الكائنات الحية الدقيقة و المجهرية	21
	6- II	آليات إزالة الملوثات وفعالية الأحواض المعالجة بالنباتات		22
الجـــــــــــــزء العمـــــــــــــــــــــــلي				
الفصل الثالث: طرق وأدوات				37-23
	1- III	تقديم منطقة الدراسة		23
		1-1 - III	الموقع الفلكي	23
		2-1- III	الموقع الجغرافي	23
	2- III	تقديم محطة التصفية (تقرت)		25
	3- III	البروتوكول التجريبي		25
		1-3- III	العتاد التجريبي المستعمل	25
		2-3- III	الخصائص الفيزيوكيميائية لمواد التعبئة المستعملة	27
	4- III	النبات المستعمل في التنقية		28
		1-4- III	التصنيف العلمي لنبات القنا أنديكا	28
		2-4 -III	وصف نبات القنا أنديكا	28
		3-4- III	استعمالات نبات القنا أنديكا	28
	5 -III	تحليل النتائج		28
	6 -III	الوسائط الفيزيوكيميائية البكترولوجية المقاسة		29
		1-6 - III	الوسائط الفيزيوكيميائية	29
			1-1-6- III تحديد المادة العالقة	29
			2-1-6- III تحديد الطلب الكيميائي للأكسجين	31
			3-1-6 - III تحديد الطلب البيوكيميائي للأكسجين	32
			4-1-6- III تحديد كمية النتريت	33
			5-1-6 - III تحديد كمية النترات	34
			6-1-6- III تحديد كمية ارتو فسفور	34
			7-1-6- III قياس كمية الأكسجين المنحل	35
			8-1-6- III قياس الأس الهيدروجيني	36
			9-1-6 - III قياس درجة الحرارة	36
			10-1-6- III قياس الناقلية الكهربائية	37
		2-6 -III	الوسائط البكترولوجية	37

الجزء العملي				
الفصل الرابع: نتائج ومناقشة				49-39
	1- IV خصائص مياه الصرف المستعملة في تغذية الأحواض			39
	2- IV مناقشة النتائج			40
		1-2- IV تطور درجة الحرارة		41
		2-2- IV تطور الأكسجين المنحل		41
		3-2- IV تطور الأس الهيدروجيني		42
		4-2- IV تطور الناقلية الكهربائية		43
		5-2- IV تطور المواد العالقة		44
		6-2- IV تطور الطلب الكيميائي للأكسجين		44
		7-2- IV تطور الطلب البيوكيميائي للأكسجين		45
		8-2- IV تطور إزالة النتريت		46
		9-2- IV تطور إزالة النترات		46
		10-2- IV تطور إزالة الاورتوفسفور		47
		11-2- IV تطور إزالة البكتيريا		48
			1-11-2- IV بالنسبة لبكتيريا القولون الكلية	48
			2-11-2- IV بالنسبة لبكتيريا القولون البرازية	48
			3-11-2- IV بالنسبة لبكتيريا ايشريشيا كولي	49
الخاتمة				50
المراجع				54-51
الملحق				59-55

قائمة المخططات

الرقم	العنوان	الصفحة
01	مراحل معالجة مياه الصرف.	15
02	مخطط يوضح مكونات حوض المعالجة بالتدفق الأفقي تحت السطح	26

قائمة الأشكال

الرقم	العنوان	الصفحة
01	يبين حوض معالجة بالنبتات ذات الجريان السطحي الحر	17
02	حوض معالجة بالنبتات بجريان تحت السطحي الأفقي	17
03	حوض معالجة بالنبتات بجريان تحت السطحي الشاقولي	17
04	حوض معالجة بالنبتات بالجريان المتنوع (المهجن)	18
05	خريطة توضح الموقع الجغرافي لمدينة تقرت	23
06	خريطة تبين موقع منطقة الدراسة لمدينة تقرت ولاية ورقلة الجزائر	24
07	صورة بالقمر الصناعي تحدد موضع منطقة الدراسة	25
08	العتاد التجريبي المستعمل	27
09	التطور الزمني لدرجة الحرارة T(C°) للمدخل والمخرج لكل من الحوض المزروع وحوض الشاهد	41
10	التطور الزمني للأكسجين المنحل O_{2diss} للمدخل والمخرج لكل من حوض النبات وحوض الشاهد	41
11	التطور الزمني للأس الهيدروجيني إلPH للمدخل والمخرج لكل من الحوض المزروع والشاهد	42
12	التطور الزمني للناقلية الكهربائية CE للمدخل والمخرج لكل من حوض النبات والشاهد	43
13	التطور الزمني للمواد العالقةMESللمدخل والمخرج لكل من الحوض المزروع والشاهد	44
14	التطور الزمني للطلب الكيميائي للأكسجين DCO للمدخل والمخرج لكل من حوض النبات والشاهد	44
15	التطور الزمني للطلب البيوكيميائي للأكسجين DBO_5 للمدخل والمخرج لكل من الحوض المزروع وحوض الشاهد.	45
16	التطور الزمني للنتريت NO_2^- للمدخل والمخرج لكل من حوض النبات والشاهد.	46
17	التطور الزمني للنتراتNO_3^- للمدخل والمخرج لكل من الحوض المزروع والشاهد.	46
18	تطور اورتوفسفورPO_4^{-3} للمدخل والمخرج لكل من حوض النبات والشاهد.	47
19	التطور الزمني ل*Coliformes Totaux* للمدخل والمخرج لكل من حوض النبات والشاهد	48
20	التطور الزمني ل*Coliformes Fecaux* للمدخل والمخرج لكل من حوض النبات والشاهد	42
21	التطور الزمني ل*E.Coli* للمدخل والمخرج لكل من الحوض المزروع والشاهد	49

قائمة الجداول

الرقم	العنوان	الصفحة
01	قيم الحد الأقصى لمعالم صرف نفايات الوحدات الصناعية	9
02	دور النباتات ضمن محطات الأراضي الرطبة (محطات المعالجة بالنباتات)	21
03	أهم آليات الإزالة الرئيسة للملوثات ضمن أحوض النباتات	22
04	معامل تغير قيمة DBO_5 بدلالة حجم العينة المستعملة	33
05	القيم المتوسطة للوسائط المقاسة للمياه المستعملة في تغذية الأحواض أثناء عملية التنقية خلال مدة الدراسة.	39
06	القيم المتوسطة للوسائط المقاسة للمياه المعالجة للأحواض المزروعة :حوض النبات وحوض الشاهد أثناء عملية التنقية خلال مدة الدراسة.	40
07	النسبة بين DCOوDBO_5 للمياه الخارجة من الأحواض.	55
08	النتائج المحصل عليها من شهر ديسمبر 2017 إلى غاية شهر ماي 2018	55
09	جدول "Mac crady"	57

قائمة الرموز

الرمز	التسمية
MTH	Maladies à Transmissions Hydrique
MES	Matières en suspension
CE	Conductivité électrique
pH	potentiel d'hydrogène
O_{diss}	l'oxygène dissous
PO_4^{3-}	ortho phosphore
NO_2^-	Nitrite
NO_3^-	Nitrate
DCO	Demande chimique en oxygène
DBO_5	Demande Biochimique en Oxygène (05 jours)
WWG	(حدائق معالجة المياه المستعملة) Waste water Gardens
ZHA	Les zones Humides Artificielles
NPP	Nombre Plus Probable
BCPL	Bouillon Lactose au Bromocrésol Propre
AFNOR	Association Française de Normalization
ONA	Office Nationale D'assainissement
Roth	Bouillon à L'azote de Sodium
LI'TSKY (EVA)	Bouillon à L'azote de Sodium et à L'éthyle Violet
OMS	Organisation Monde Santé

المـــقدمـــــة

مقـــــــــــــــــــــدمة

تواجه المياه خطر على سطح الكرة الأرضية، حيث يتمثل ذلك في تناقص نسب المياه الصالحة للاستخدام الحيوي على سطح الأرض ويرجع ذلك إلى ممارسات الإنسان بحق بيئته وكوكبه حيث الحق الضرر بكل ما هو مرتبط في هذا الكوكب فأصبح هناك عندنا مشكلة تلوث المياه متمثلة في مياه الصرف الصحي والتي تعد من المشاكل الخطيرة ذات الأثر السلبي علينا والتي تنعكس أثارها مع مرور الزمن فمشكلة تلوث المياه من الموضوعات التي لا تقل أهمية عن أي موضوع أخر، لدى كان ولابد من العمل على إيجاد الحلول لهذه المشكلة من خلال البحث والاستقصاء واكتشاف الحقائق [1].

أدى التطور الذي شهدته معظم دول العالم وزيادة عدد السكان إلى ارتفاع ملحوظ في الطلب على المياه ورغم أن بعض الدول لا تعاني من هذه المشكلة بسبب تنوع مصادر المياه التقليدية فيها ووجود هذه المياه بكميات تفي بالطلب إلا أن توزيع المياه الصالحة للاستعمال على سطح الكرة الأرضية ليس متساويا ،وقد أدى ذلك الى اختلال التوازن بين الكميات المتوفرة من المياه والطلب الفعلي عليها ،الأمر الذي أدى إلى التفكير في تنويع مصادر المياه واستغلال أكبر كمية ممكنة منها بشتى الطرق، وتعد عملية إعادة استعمال مياه الصرف الصحي المعالجة من طرق استغلال المياه التي تلاقي قبولاً ملحوظاً في الآونة الأخيرة [2].

إن الغرض من معالجة مياه الصرف الصحي هو إسراع العمليات الطبيعية التي تحدث لتلك المياه تحت ظروف محكمة وبحجم صغير ، ومن الأسباب الهامة لتطوير طرق معالجة تلك المياه تأثيرها على الصحة العامة والبيئة حيث كانت المعالجة تنحصر في إزالة المواد العالقة والطافية والتخلص من المواد العضوية المتحللة وبعض الأحياء الدقيقة المسببة للأمراض . ونتيجة لتقدم العلم في مجال الكيمياء والكيمياء الحيوية وعلم الأحياء الدقيقة إضافة إلى التقدم الصناعي وإنتاج مواد جديدة جعل من الضروري تطوير طرق معالجه لتلك المياه تكون قادرة على إزالة معظم الملوثات التي لم يكن من السهل إزالتها بالطرق المستعملة قديماً ، نخص بالذكر محطات المعالجة بالنباتات. محطات المعالجة بالنباتات أثبت كفاءاتها و قدرتها على تحقيق المواصفات المرغوبة لمياه الصرف عن طريق إنقاص نسبة الملوثات و العوامل الممرضة و الوصول إلى الحدود المسموحة لاستخدام المياه الناتجة عنها في الزراعة دون استخدام المحاليل الكيميائية [3]،[4].

ويهدف عملنا هذا لقياس مدى فعالية قدرة نبات *Canna indica* على تنقية المياه المستعملة الحضارية بطريقة التدفق تحت السطحي الأفقي لمنطقة تقرت.

يتضمن العمل :

الفـــــــــــــصل الأول : تلوث المياه وطرق معالـــــــــــجتها.

الفـــــــــــــصل الثاني: معالجة المياه الصرف بواسطة النباتات.

الفـــــــــــــصل الثالث: طـــــــــــــــــــــــــرق وأدوات.

الفـــــــــــــصل الرابع: نتـــــــــــــــــــــــــائج ومناقشة.

الخـــاتمة .

الفصل الأول

تلوث المياه وطرق معالجتها

I-1- تعريـــــــــــــــــف تلوث المياه:

هو أي تغير غير مرغوب به يؤثر فيزيائيا أو بيولوجيا أو كيميائيا في نوعية المياه، يؤثر سلباً على الكائنات الحية، أو يجعل المياه غير صالحة للاستخدامات المطلوبة.

وتعرف الملوثات بحسب برنامج الأمم المتحدة للبيئة بأنها أي مادة فيزيائية أو كيميائية أو عضوية أو إشعاعية موجودة في مياه الصرف وتعمل على تدني نوعية هذه المياه،وتشكل خطورة تمنع الاستفادة منها.

أ.التغير الفيزيائي: التحولات التي تطرأ على المياه في اللون والطعم والرائحة و الناقلية الكهربائية و القساوة و درجة الحرارة و بقية الخواص الفيزيائية.

ب. التغير البيولوجي: يتناول طبيعة وتعداد البكتريا والطفيليات والفطريات والفيروسات التي يمكن أن تتواجد فيها.

ج. التغير الكيميائي: التغير من حيث التكوين وطبيعة و تراكيز المعادن و الشوارد و الأملاح والرقم الهيدروجيني (pH) والقلوية وغيرها من الخواص الكيميائية والإشعاعية [5].

I -2- مصادر تلوث الميـــــــــــــــــاه:

تتعدد مصادر تلوث المياه ويمكن تقسيمها إلى:

- **مصادر طبيعية:** وتشمل الجو،المعادن الذائبة، تحلل المواد النباتية، والجريان السطحي للأملاح والكيماويات.

- **مصادر زراعية:** وتشمل الانجراف المائي للتربة، مخلفات حيوانية (مزارع الإنتاج الحيواني والدواجن)، أسمدة كيميائية ومبيدات،مياه الري.

- **مياه الصرف:** وتشمل الصرف الصحي، الصرف الصناعي، المركبات البحرية والحوادث البحرية.

- **مصادر أخرى:** متنوعة مثل أنشطة البناء، المناجم، الماء الجوفي، أماكن تجمع القمامة،و أماكن إنتاج الإسمنت...الخ [6].

I-3- أنواع الملوثـــــــــــــــات المائية:

I-3-1- التلوث الطبيعي:

وهو موجود وجوداً دائماً، فالمخلفات العضوية وجدت في الماء منذ ظهور الكائنات الحية النباتية والحيوانية على سطح الأرض، إذ تأخذ المخلفات الطبيعية الناتجة عن أجسام الكائنات الحية والمواد العضوية الميتة طريقها إلى الماء في كل مرة تتدفق فيها المياه الجارية، وخصوصاً لدى هطول الأمطار فوق التربة والصخور والرواسب المعدنية والفضلات العضوية. ومع ذلك فربما يكون الإنسان مسؤولا في كثير من الحالات عن زيادة التلوث الطبيعي، نتيجة لتعدياته على الغابات وأشكال الغطاء النباتي المختلفة.

I-3-2- التلوث الحراري:

ويحدث عادة حيثما توجد محطات توليد الطاقة الكهربائية والمصانع التي تستخدم الماء للتبريد، إذ تضيف هذه المنشآت إلى المسطحات المائية ماء ذا درجة حرارة مرتفعة، وهو ما يسبب في كثير من الأحيان أضراراً للحياة النباتية والحيوانية أكثر مما تسببه المواد الملوثة التي تقذفها المصانع ذاتها، فكل زيادة عن درجة الحرارة الطبيعية في الكتل المائية تخل بالتوازن الطبيعي [7]، [8].

I-3-3- التلوث البكتيري :

ويقصد به وجود ميكروبات في الماء وهي تسبب عدداً من الأمراض المعدية مثل الدوسنتريا والكوليرا والبلهارسيا وغيرها من الأمراض.

I-3-4- النفط :

ويعد هو و مشتقاته واحداً من أهم الملوثات المائية المتميزة بانتشارها السريع، فقد يصل إلى مسافة تبعد 700 Km عن منطقة تسربه، ويصدر هذا التلوث عن حوادث ناقلات النفط الخام أو المكرر، كما تُعد المصافي النفطية واحدة من المصادر الهامة لتلوث الماء بالنفط،لأن المصافي تستهلك كمية من الماء، ثم تلقيه في البحار أو الأنهار مع مقدار من النفط، كما أن الاستثمار في عرض البحر سواء في مرحلة التنقيب أو الإنتاج يشكل مصدراً إضافياً للتلوث بالنفط عن طريق التسرب، كما يتسرب النفط أثناء تحميل وتفريغ الناقلات.

I-3-5- المخلفات الصناعية :

ويعد تلوث الماء بالمواد الكيميائية الناتجة عن الصناعات المختلفة واحدة من أعقد المشكلات التي تواجه الإنسان، ومن أهم هذه الملوثات الكيميائية المعادن الثقيلة : الرصاص، الزئبق، الكادميوم والنحاس والزنك وغيرهم من معادن ومواد.

I-3-6- التلوث الإشعاعي :

والتلوث بها واحد من صور التلوث الشديدة الخطورة، فالمواد المشعة تصل إلى المياه نتيجة للتجارب النووية وعمل المفاعلات ومحطات الطاقة الكهروذرية، وبسبب حفظ النفايات المشعة في أعماق البحار و المحيطات، وهوما يؤدي إلى رفع تركيز هذه المواد في المياه.

I-3-7- التلوث البيولوجي:

هي مياه المجاري المستعملة حيث تحتوي على فضلات دورات المياه وشوائب ومنظفات صناعية وبكتيريا، يتم التخلص من هذه المياه في معظم الدول عن طريق تصريفها في المسطحات المائية دون معالجتها حيث تكون المياه ملوثة بالمنظفات الصناعية والصابون وبعض أنواع البكتيريا الضارة.....الخ، ينتج عن ذلك حدوث أضرار جسمية وتقليل نسبة الأكسجين في الماء والتي تؤدي إلى موت الكائنات المائية وتعفن المياه [5].

I-4- ميـــــــــــــــاه الصرف الصحي:

I-4-1- تعريـــــــــــــــــــــفها:

هي المياه التي استخدمت من طرف الإنسان في مختلف المجالات تكون هذه المياه ملوثة بواسطة مواد تغير من خصائصها الكيميائية أو تغير من طبيعتها مما يجعلها غير صالحة للإنسان أو الحيوانات أو النباتات أو الكائنات التي تعيش في البحار والمحيطات [9].

الماء المستعمل هو الماء الملوث الذي يتركب من المواد الغريبة التي تفسد خواصه الكيميائية مما يجعله غير صالح للإنسان أو كما يمكن أن تكون ذات مصدر صناعي ذو مكونات مختلفة سواء كانت كيميائية، عضوية أو معدنية حسب طبيعة النشاط الصناعي.

تحتوى مياه الصرف عن ما يزيد عن 99 % ماء والباقي عبارة عن خليط مواد ذائبة وغروية وجسيمات عضوية وغير عضوية، بالإضافة إلى كائنات حية صغيرة (ميكروبات، فيروسات، بكتيريا، فطريات)، هذا الخليط هو الذي يحدد نوعية الماء الطبيعية والكيميائية والبيولوجية. تتحدد نوعية مياه الصرف الطبيعية باللون، الرائحة، العكارة، درجة الحرارة، التي تكون عادة أعلى من حرارة الجو. تتحدد نوعية مياه الصرف الكيميائية بمحتواها من المواد العضوية و غير العضوية.

يعتبر المحتوى العضوي العامل الأساسي في تلوث مياه الصرف، حيث تمثل المواد البروتينية المجموعة الرئيسية للمحتوى العضوي وتقدر بحوالي 50 % ويليها في ذلك المواد الكربوهيدراتية التي تكون حوالي 45 % ثم الدهون والزيوت التي تكون حوالي 5 %، تتحلل المواد البروتينية و الكربوهيدراتية تحلل سريع في حين أن الدّهون والزيوت تكون أكثر ثبات ويكون تحللها بطيء[10].

I-4-2- خصائص مياه الصرف الصحي:

تتصف مياه الصرف الصحي عموما بأنها مصدر هام من مصادر التلوث الذي يعتبر خطرا على الصحة العامة نظرا لاحتوائها على العديد من الملوثات التي يمكن أن تكون:

I-4-2-1- ملوثات فيزيائية:

يمكن إزالتها بعمليات فيزيائية مباشرة كالترسيب أو الترشيح أو الإمتزاز أو الفصل الغشائي أو التبخير...الخ, ومن أهم هذه الملوثات الرمال والشوائب الخاملة.

I-4-2-2- المواد الصلبة المنحلة:

تكون هذه الملوثات عضوية ومنها الهيدروكربونات والدسم والزيوت والشحوم والمبيدات الحشرية والعشبية والبروتينات و الفينولات ...الخ, أو اللاعضوية ومنها القلويات و الأحماض و الكلوريدات والمعادن الثقيلة والنتروجين والفسفور والكبريت.

I -4-2-4- الغازات المنحلة:

ومنها غاز كبريت الهيدروجين و الأمونيا و الميثان و الأكسجين.

I-4-2-4- ملوثات حيوية:

وتتطلب لإزالتها تطبيق بعض العمليات الحيوية أو الفيزيوكيميائية كالمعالجة الحيوية أو التعقيم .ومن أهم هذه الملوثات الحيوانات الميتة و بعض أنواع الكائنات العضوية المجهرية (الأحياء الدقيقة) ومنها البكتيريا والفيروسات وكذلك الديدان و أنواع النباتات [5].

I-4-3- أنواع مياه الصرف الصحي:

I-4-3-1- مياه الصرف الصحي المنزلي:

تأتي من مختلف الاستخدامات المحلية للمياه والمرافق والخدمات السكنية، والتي تنبع في الغالب من عملية التمثيل الغذائي للإنسان ومن الأنشطة المنزلية، وهذا الصرف الصحي يشمل المياه والمراحيض الرمادية (صمامات المياه).

المياه الرمادية تحتوي على المواد الصلبة العالقة (التربة والرمال والنفايات والنباتات والدهون الحيوانية) و المواد الذائبة (المعادن و المواد العضوية). صمامات المياه تحتوي على المعادن، السليلوز والدهون والبروتين و اليوريا وحمض اليوريك، والأحماض الأمينية والأحماض الدهنية والكحول و الكربوهيدرات .

I-4-3-2- مياه الصرف الصناعي:

هي مختلفة جدا عن مياه الصرف الصحي المنزلية وملامحها تختلف من صناعة إلى أخرى حيث تشمل جميع المخلفات والنفايات الصناعية التي تنتج أثناء استخراج وتصنيع المواد الخام إلى منتجات صناعية.

تحتوي على مواد عضوية و غير عضوية و مواد ربما سامة قد تسبب عدم التوازن البيئي و تتطلب معاملة خاصة تبعا لنوع المركبات قبل تصريفها [11].

I-5- مقاييس تصنيف الملوثات في مياه الصرف الصحي:

I-5-1- درجة الحرارة T :

تعتبر درجة حرارة البيئة المائية عاملا مهما في التوازن البيئي، والتغير المفاجئ في درجة الحرارة يعود إلى طرح مخلفات صناعية منها الكيميائية والبترولية وبعض المعادن الثقيلة، تكون القيمة القصوى لدرجة الحرارة المياه المستعملة في حدود 30°C .

I-5-2- الدليل الهيدروجيني (pH):

هو تركيز شوارد الهيدروجين H^+ في الماء، حيث يكون في الحالة الطبيعية بين (6_8.5) و يشكل وسط واقي أي غير قابل للتحولات السريعة في pH،لكن مياه الصرف الصناعية تغير في قيمة المجرى المائي فمثلا مياه الصرف الناتجة عن مصانع الغازات يكون pH ما بين (3.5 -3) [12].

I-5-3- الناقلية الكهربائية (CE):

تحتوي المياه الطبيعية على تراكيز خفيفة من الأملاح المعدنية المتشردة وبالتالي فجميعها تشارك في الناقلية الكهربائية وتنتج الناقلية العالية عن ارتفاع نسبة الملوحة بسبب الملوثات المعدنية القيمة القصوى الناقلية الكهربائية لا تتجاوز 3dS/m.

I-5-4- المواد العالقة (MES):

تمثل المواد غير الذائبة و الموجودة في مياه الصرف وتضم المواد العضوية والمعدنية و يرمز لها ب: MES أي Matière en suspension يعبر عنها ب: mg/l. القيمة القصوى للمواد العالقة لا تتجاوز 35 mg/l لكي نستطيع رميها في المحيط بدون خطورة أما إذا تجاوزتها تصبح خطر على المحيط فيجب معالجة هذه المياه حسب المرسوم التنفيذي رقم 06-141 المؤرخ في 23 أفريل 2006 .

I-5-5- المواد العضوية:

تتواجد على أشكال مختلفة فيزيائية فقد تكون :

- جزيئات كبيرة أو صغيرة مثل: سكريات، أحماض عضوية طيارة، نشاء،سليلوز،البولة.

- غرويات منحلة: تتكون أساسا من مركبات الأزوت Azote ،كربون Carbone, أوكسجين Oxygène, الكبريت Soufre, الفسفور Phosphore, ويتم تقييم المواد العضوية من خلال تحديد نسبة DCO, DBO_5 [13].

I-5-6- الطلب البيوكيميائي للأوكسجين DBO_5 :

وهو يساوي كمية الأكسجين اللازمة لتفكيك(أكسدة) المواد العضوية الموجودة في مياه الصرف الصحي وتحويلها إلى مركبات بسيطة ثابتة تحت درجة حرارة 20 C° وخلال خمسة أيام وذلك بواسطة أنواع من الكائنات المجهرية الدقيقة الهوائية وأهمها البكتيريا .

هذه الكمية تساوي حوالي 0.66 من كمية الأكسجين اللازمة لتفكيك كافة المواد العضوية القابلة للهضم الحيوي الكامل والتي تتطلب فترة طويلة من الزمن ،وكلما كان مرتفع DBO_5 كلما كان التلوث العضوي في مياه الصرف الصحي عاليا. ويكون معدل الطلب البيو كيميائي للأوكسجين في المياه المستعملة المنزلية (500- 150 mg/l) .

ويمكن تلخيص أهدافه كما يلي :

- تحديد درجة التلوث العضوي.

- تحديد كمية المواد العضوية القابلة للتحلل.

I-5-7- الطلب الكيميائي للأوكسجين DCO :

وهو يساوي كمية الأوكسجين اللازمة للأكسدة الكيميائية (وليست الحيوية) للمواد العضوية الموجودة في مياه الصرف الصحي وتحويلها إلى مركبات بسيطة ثابتة وذلك بواسطة مادة كيميائية مؤكسدة. وهذا المعيار ذو قيمة أكبر عادة من قيمة DBO_5 نظرا لأن جزءا من المواد العضوية القابلة للتأكسد الموجودة في مياه الصرف الصحي لا يمكن تفكيكها (أكسدتها) بالفعل الحيوي (أي بتأثير الكائنات العضوية المجهرية) وإنما يلزم إضافة مركب مؤكسد قوي مثل ثاني كرومات البوتاسيوم إليه لإنجاز عملية الأكسدة، وهذا يحدث عادة عند التعامل مع مياه الصرف الصحي الصناعي الواردة من العديد من مراكز الصناعة [5].

- التحلل البيولوجي يعكس قدرة النفايات السائلة المائية على التحلل أو التأكسد بواسطة الكائنات الحية الدقيقة التي تنطوي عليها عملية المعالجة البيولوجية للمياه. يتم التعبير عن التحلل البيولوجي بالمعامل K.

K =DCO/DBO5

قيمة المعامل K تحدد اختيار عملية المعالجة الواجب إعتمادها.

النفايات السائلة قابلة للتحلل البيولوجي (جيدة) K <1.5

النفايات السائلة متوسطة التحليل البيولوجي (متوسطة التحليل) 2.5>K> 1.5

النفايات السائلة غير القابلة للتحلل البيولوجي (ضعيفة التحليل) 2.5≤K

و ارتفاع معامل K قد يعكس وجوده في الماء من الإدلاء بالبيانات إلى وجود مثبطات.

إذا كانت النفايات السائلة قابلة للتحلل نطبق المعالجة البيولوجية وإلا فإنها بحاجة إلى معالجة فيزيائية وكيميائية [14].

I-5-8- النترات (NO^-_3):

أثبتت الأبحاث الطبية مضار النترات على الصحة وخاصة على الأطفال بالإضافة إلى تزايد النترات بشكل كبير في المياه الجوفية والسطحية نتيجة التوسع الكبير في استعمال الأسمدة الآزوتية والكيميائية .

إن تحديد تلوث المياه بالنترات عملية صعبة نتيجة التحولات المستمرة للأزوت ضمن حلقة متكاملة تعرف بحلقة الأزوت،توضح هذه الحلقة أن النترات تمثل المرحلة النهائية لأكسدة المركبات العضوية الآزوتية.ولذلك فإن وجودها في المياه الملوثة يشير إلى سير عملية التنقية الذاتية، تأتي النترات المتواجدة

في المياه الطبيعية بفعل جريان المياه على سطح التربة في مرحلة تشكل الأنهار، يضاف إليها النترات القادمة مع مياه الصرف، و النترات الناتجة عن أكسدة البكتريا للفضلات العضوية الآزوتية .

I-5-9- النتريت (NO_2^-):

تمثل شوارد النتريت مرحلة انتقالية من شوارد النترات و شوارد الأمونيوم ضمن عملية الأكسدة والإرجاع لهما، أي أن شوارد النتريت المتواجدة في الوسط المائي ناتجة عن إرجاع النترات أو عن أكسدة شوارد الأمونيوم ولا يوجد مصدر طبيعي للنتريت .

I-5-10- أرتو فوسفور (PO_4^{-3}):

ينشأ الفوسفات في المياه السطحية من مصدر طبيعي ومصدر صناعي كالأسمدة والمنظفات الصناعية، بتواجد أرتو فوسفور في الماء بأشكال مختلفة تبعا لقيمة PH الوسط، حيث تكون المياه الطبيعية ذات pH بين(5-8) تحتوي أرتو فوسفور أحادية وثنائية الهيدروجين (HPO_4^{-2},H_2PO_4-) , يعتبر الفوسفات المنحل في مياه الري مادة مغذية للنباتات غير أن ارتفاع نسبته أكثر من المسموح به يؤدي إلى تغير في بنية بعض النباتات كما أن الأسماك تتغذى بالفوسفات المنحل في المياه [15].

I-5-11- الكائنات الدقيقة المجهرية:

تحتوي مياه الصرف على *la flore* : مجموع الكائنات الحية الدقيقة خاصة البكتيريا القولون البرازية *Bactérie Coliformes Fécaux*, تضم *Les Entérobactéries* مثل: *Escherichia choli*، *Entérobactérie*، *Nitrobacter klebsiellam* و التي تتمثل: *Les coliformes Totaux* أما *Les coliformes Fécaux* فتتمثل في: *Escherichia coli* بالإضافة إلى البكتريا السباحية البرازية (*Streptocoques Fécaux*) مثل: *S. faecalis*، *S.faecium*، *S.bovis* تتواجد البكتيريا اللاهوائية إجباريا بإعداد أكبر من الهوائية في مياه الصرف غير المعالجة بمعدل 10^4 إلى 10^5 في 1 ml من المستحيل ذكر جميع الأجناس أو الأنواع أو المجموعات المتواجدة والمعروفة لأن براز الإنسان يحتوي على 300 إلى 400 جنس مختلف، كما نجد بكتيريا *Aeromonas* بتركيز مساوي أو أكبر من تركيز *Entérobactérie*، رغم مصدرها الغير برازي (من 10^5 إلى 10^6 في 1 ml) [16].

I-6 - المعايير و التراكيز المسموح بها:

في إطار المحافظة على البيئة والصحة العامة قامت الجزائر بفرض معايير من خلالها تحديد قيم الحد الأقصى لمعايير الصرف نفايات الوحدات الصناعية السائلة مؤرخ في 25 شعبان 1433 الموافق لـ 15جويلية2012 ينظم النفايات الصناعية السائلة) الموضحة في الجدول أدناه:

جدول رقم (01) :قيم الحد الأقصى لمعالم صرف نفايات الوحدات الصناعية

المقاييس	القيمة
درجة الحرارة	30 C°
pH	6.5-8.5
المواد العالقة MES	30mg/l
الطلب الحيوي للأوكسجين DBO_5	30mg/l
الطلب الكميائي للأوكسجين DCO	90mg/l
الأزوتN	30mg/l
الفوسفات PO_4^{-3}	02mg/l
الزنك	10mg/l
الكروم	01mg/l
المنظفات	01mg/l
الزيوت والدهون	20mg/l
الأكسجين المنحل O_{2diss}	05-02mg/l
النتريت NO_2^-	01 mg/l

I-7- مراحل المعالجة في الميدان:

هناك طرق عديدة معتمدة لمعالجة المياه المستعملة سنحاول أن نتطرق إلى أنجع الطرق في تصفية مياه الصرف:

I-7-1- محطات تصفية المياه المستعملة بطريقة الحمأة المنشطة: إن عمليات المعالجة معرفة مبدئيا تبعا لصفات مياه الصرف وطبيعة الوسط المستخدم تتضمن عمليات تصفية المياه المستعملة بطريقة الحمأة المنشطة ثلاثة مراحل متتابعة وهي على التوالي:

أ المعالجة الأولية(المعالجة الفيزيائية) Traitment Primaire:

فصل الصلب عن السائل وكذلك فصل الأطوار غير المائية مثل الزيت عن الماء:

ظهرت المعالجة الفيزيائية الكيميائية المستقلة كمنافس للمعالجة البيولوجية منذ حوالي 1970 .

إن المعالجة الكيميائية الأكثر انتشارا هي ضبط pH المياه الملوثة وذلك لأن المياه الملوثة الصناعية لا يسمح بصرفها مباشرة إلى شبكات الصرف الصحي أو المياه الطبيعية ما لم يتم تعديلها لقيم وسطية

حوالي7 لتجنب الضرر البيئي. المياه الملوثة القلوية تعد لب استخدام حمض الكبريت مثلا ،و المياه الحامضية تعد لب استخدام ماءات أو كربونات الصوديوم [17] .

❖ **المرحلة الأولى(الغربلة):** يتم فيها إزالة الجزيئات اللاعضوية كبيرة الحجم وكذلك الألياف الغير قابلة للانحلال بنسبة 20 إلى 30% بالغربلة Tamissage أو بالترسيب البسيط أو الغير بسيط بإضافة عوامل كيميائية مخثرة Les Agents chimiques Coagulants وهي معالجة ضرورية لحماية المنشآت الميكانيكية والمضخات المختلفة الموجودة في المراحل اللاحقة من المعالجة، كما تهدف هذه المرحلة أيضاً إلى تجانس هذه المياه و خاصة عندما تصب في المحطة من حين إلى آخر كميات كبيرة من مياه الفضلات الصناعية.

1- نزع المواد الكبيرة الحجم Le dégrillage:

يتم في هذه المرحلة فصل المواد الصلبة بوسائل ميكانيكية مناسبة حيث تمر المياه القذرة في مصافي معدنية ذات فتحات مناسبة من أجل فصل المواد الصلبة الكبيرة، تترسب المياه المعدنية في أحواض مناسبة و في هذه المرحلة يتم فصل المواد الطافية والرغوية من فوق سطح المياه بوسائل معدنية.

2- نزع الرمل Le déssablage:

ينزع الحصى والرمل وباقي الجزيئات الداخلة في محتوي مياه الصرف وتستعمل بكثرة أحواض الترسيب المهواة من الأسفل بحركة هرمية مع تحريك دائري وبهذا ينزع الرمل ويفرغ.

3- الترسيب La decantation(precipitation):

خلال هذه المرحلة تمر مياه الصرف إلى أحواض الترسيب التي تتلقى ترسيب أولي للجزيئات الثقيلة بالجاذبية وهذا الترسيب يسمح بنزع 50 %من مجموع المحتوى الصلب لمياه الصرف ومن(60%-40%) من الجزيئات الثقيلة الصلبة [17].

4- أحواض التعديل:

والغاية منها تخفيف حدة التغيرات في كمية الجريان أو شدة مياه المجاري الواصلة لمحطة المعالجة وذلك للحصول على معدل شبه ثابت للجريان وتركيز شبه ثابت للملوثات الموجودة في مياه المجاري الداخلة للمعالجة.

❖ **المرحلة الثانية :** يتم فيها فصل المواد الصلبة الدقيقة عن طريق الترسيب ومن أهم مكونات هذه المرحلة :

1 ـحوض إزالة الرمال:

وهو حوض ذو زمن مكوث قصير لإزالة الرمال الدقيقة والثقيلة الوزن سريعة الترسيب ذات القطر ما بين(0.2- 0.1mm) وتصمم الأحواض هذه بحيث تكون سرعة الجريان 0.3m/s.

2 -الحوض الثاني:

حوض الترسيب الأولي لإزالة المواد الصلبة بطيئة التركيد إذ يبلغ زمن المكوث هنا أكثر من ساعتين.

القطرات الزيتية الأخف من الماء تطفو على السطح في نفس الوقت الذي تترسب فيه المواد الصلبة الأثقل من الماء إلى قاع الحوض، وكلا الطبقتين السفلى التي تشكل المواد الصلبة والعلوية التي تشكل الفيلم الزيتي يجب إزالتها بآلية مناسبة تعمل بشكل مستمر أو متقطع .

3 -نزع الزيوت Le Deshuillage:

ويتم نزع الدهون والزيوت الطافية بواسطة كاشطات، وهي الطريقة المستعملة بكل محطات التنقية على مستوى الوطن [18].

ب.المعالجة البيولوجية Traitement biologique:

يتم فيها القضاء على المادة العضوية القابلة للتحلل من طرف الكائنات الحية الدقيقة *Les micro organismes* وهذا في وجود الهواء حيث تقوم هذه الأخيرة بامتصاص المواد العضوية الملوثة (تحلل بيولوجي هوائي يعتمد فيه على النشاط الهوائي للبكتيريا) [19].

و المعادلة الإجمالية من أجل تفكيك وتحلل هذه المادة العضوية تكون كالتالي:

ماء+ ملوثات عضوية + كائنات حية دقيقة (بكتريا) + أوكسجين ←زيادة عدد الكائنات الحية(البكتريا الهوائية)+ H_2O+CO_2

I-2-7- الأسرة البكتيرية أو أسرة الترشيح Les lits Bactériens/lits filtrants:

يتكون السرير البكتيري من تجمع جزيئات كبيرة مثل: الأحجار ثم تليها جزيئات أقل حجما منها إلى غاية الوصول إلى جزيئات دقيقة في الطبقة الداخلية – تمر مياه الصرف عبر هذه الطبقات، من خلال حامل أنبوب كبير به ثقوب.

وبعد عدة أسابيع، يغطى سطح السرير البكتيري بطبقة غشائية رقيقة لزجة تدعى Zooglée ذات طبيعة بيولوجية تحتوي على كائنات حية دقيقة مختلفة التي تؤكسد المادة العضوية الملوثة، نجد فيها:

- بكتيريا هوائية إجباريا أو لا هوائية اختياريا.
- كما نجد أحيانا في الطبقات السفلى للسرير(العمق)البكتريا اللا هوائية إجباريا .

بصفة عامة مياه الصرف تمر أولا إلى أحواض الترسيب الأولي ويمرر الماء الصافي إلى السرير البكتيري أين يتم هدم المادة العضوية بتدخل البكتريا لتعطي طبقة Zooglée والماء الناتج أي المصفى يمرر في حوض الترسيب الثانوي أين تختزل المادة العضوية بدرجة كبيرة [19].

I-3-7- الأوحال المنشطة " الحمأة المنشطة"Les Boues Activeés:

طريقة الأوحال المنشطة هي الطريقة المثلى والفعالة والأكثر استعمال في محطات المعالجة لكي تتم هذه العملية يجب توفر الشروط التالية :

- التهوية الجيدة والمستمرة.
- الكائنات الحية الدقيقة.
- المادة العضوية.

بعد مرور مياه الصرف بالمرحلة الأولية الفيزيوكميائية. Dessablage Dégrillage و Deshuilage تخضع للمرحلة الثانية " المعالجة البيولوجية "وهي تمثل المرحلة الفعالة في المعالجة ككل،أثناء هذه المرحلة تمر المياه بعدة مراحل هي :

- **حوض ترسيب ابتدائي:** يتم فيه التخلص من المادة العالقة MES بنسبة 70%خلال عدة ساعات بترسبها مشكلة أوحال ابتدائية Boues primaires [19].
- **أحواض التهوية Les Bassins d'aération :** نتيجة تعرض مياه الصرف الناتجة من الحوض الأول لتهوية شديدة 2-1mg/l ،يتم أكسدة المادة العضوية بواسطة الكائنات الدقيقة "بكتيريا هوائية" (البكتيريا ذات مصدر معوي" *Bactéries intestinales*" قليلة مقارنة بالبكتيريا" *Aeromonas*" وخاصة *Achomobacter Cytophaga. Flavobacterium.* (و هي ذات الدور الأكثر نشاط). مشكلة *Les flocs* وهذه الأخيرة تترسب وتتجمع وتعطي Les Boues Activées [19].

ملاحظة:

- تتواجد الحيوانات الأولية (Les protozoaires) في الحمأة النشطة (Les Boues Activs) نتيجة لتغذيتها على البكتيريا ظاهرة ال Bulking تعد مشكلة لأنها تعيق تشكل الحمأة (Les Boues) وترسبها وبالتالي تعطي ماء غير جيد التصفية ذو نوعية سيئةً .
- تسبب هذه الظاهرة (Bulking) نمو وتكاثر الفطريات التي تؤدي إلى تكوين شروط غير عادية وغير ملائمة لنمو البكتريا (وسط حامضي pH ضعيف O_2, قليل)،وكذلك تسببها البكتيريا الخيطية « *Bacteris filamenteuses* » مثل "*Sphaerotilus*" و "*Thiothrix*".
- كما يحدث في هذه المرحلة عمليتي النترجة «Nitrification » وإزالة النترجة «Dénitrification » الأولى تحدث أثناء التهوية ويتدخلن وعين من البكتريا : Nitrosomonas التي تؤكسد (NO_4^+) Ammoniumإلى Nitrite (NO_2^-), وNitrobacter التي تؤكسد Nitrite إلى Nitrate(NO_3^-) .

$$NH_4^+ + O_2 {}^5/_2 + 2e^- \longrightarrow NO_3^- + 2H_2O$$

أما الثانية فتحدث في الشروط اللاهوائية ،حيث تستعمل بكتريا النيترات NO_3^- بدلا عن الأكسيجين الهوائي، محررة الأزوت الغازي N_2.

$$NO_3^- + H\ 6^+ + 5e^- \longrightarrow {}^1/_2 N_2 + 3H_2O$$

- **حوض الترسيب الثانوي BASSINS DE DECANTATION SECONDAIRELES:**

تخضع المياه الناتجة عن حوض التهوية إلى الترسيب الثانوي، عند تراكم Les Boues Activeé،يعاد جزء إلى حوض التهوية للتنشيط من جديد مع المياه الآتية من حوض الترسيب الأول فبدل أن تستغرق عدة أسابيع تستغرق عدة ساعات، أما الأوحال المتبقية تعرض للتخمر اللاهوائي "الهواضم اللاهوائية"من أجل قتل البكتريا. المعالجة بالأوحال النشطة تضمن نقص في DBO_5 بنسبة 90 % ومعالجة 1000 L من مياه الصرف تعطي 500g من الوحل [17].

- **التخمر اللاهوائي Digestion anaérobie:**

يستعمل التخمر اللاهوائي لمعالجة الأوحال النشطة المتبقية من المرحلة السابقة حيث يتم التخمر في مخمرات كبيرة Digesteur بحيث تحول البكتريا المادة العضوية منتجة غازات : $N_2;H_2$ وخاصة $CO_2;CH_4$ وهذه الأخيرة تستعمل كمصدر للطاقة .

تغذى المخمرات بأوحال فتية "حديثة" وجزء من الأوحال الناضجة أي ناتجة من تخمر سابق في شروط مثالية من درجة الحرارة وpH. تتدخل في هذا التخمر بكتيريا لاهوائية خاصة لاهوائية إجباريا،مكونة الميثان وتتمثل في:Méthanobacterium, Methanosarcina, Methanococcus [17].

- تواجد ونمو Desuifovibrio راجع إلى وجود Sulfate, وهي معيقة لعملية التخمر،لأنها تنتج غازات كريهة H_2S وفقيرة من حيث الطاقة.
- لإتمام عملية التخمر يجب توفر شروط مثلى كدرجة الحرارة التي تتراوح بين (60 – 50)C° وهي مفضلة عند البكتيريا المحبة للحرارة " Thermopiles " لتسرع عملية الهدم.
- تستغرق أسبوعين إلى ثلاثة وأحيانا أكثر.
- الأوحال الناتجة من عملية "التخمر اللاهوائي" تكون خالية من الأحياء الدقيقة الممرضة، وناقصة من حيث الحجم والمادة العضوية "مختزلة" [10].
- نظرا لانعدام الهواضم اللاهوائية ببلادنا وذلك لتكاليفها الباهظة فإن معظم محطات تنقية المياه القذرة بالجزائر تعتمد مباشرة على تجفيف الأوحال الناتجة عوضا عن تخميرها وذلك بأسرة التجفيف Lits de Sechage .
- الماء المعالج والخارج من محطات المعالجة يوجه إلى ميدان الري بعد تطهيره من أجل القضاء على كامل الأحياء الدقيقة والممرضة.

I -4-7- المعالجة بالبحيرات Lagunage:

هي إحدى الطرق المستعملة في معالجة المياه المستعملة والتي تعتمد كمبدأ أساسي في العمل على التدفق والسيلان البطيء للماء.

لإقامة هذا النوع من المحطات نحتاج لتضاريس ومساحات شاسعة تسمح بإقامتها (لهذا يستخدم هذا النوع من محطات التصفية كثيرا في الصحراء)،لأن المحطة تتكون من أحواض كبيرة جدا وقد يصل عددها من 7 إلى 8 أحواض أو أكثر حسب طاقة إستيعاب كل محطة للمياه المستعملة.

تبدأ العملية بمرحلة أولى من المعالجة (معالجة فيزيائية) نفسها المتبعة في محطات التصفية بطريقة الحمأة المنشطة حيث تنزع الفضلات كبيرة الحجم ،الرمال والزيت من الماء،ثم يمر الماء إلى الأحواض (برك)،التي تكون مجهزة بآلات للتهوية، وهذا بغرض توفير الظروف المناسبة للكائنات الحية الدقيقة والطحالب اللذان يعملان على تفكيك وتحطيم الملوثات والمواد العضوية التي تحملها المياه المستعملة .

وتسمى هذه المرحلة بالمعالجة البيولوجية، كما يسمح كبر حجم البرك بترسيب المواد التي تبقى عالقة في المياه(الوحل)،كذلك لتكون مدة بقاء الماء في البرك لتكون نتيجة المعالجة أكثر فعالية، يمر الماء من بركة إلى أخرى ببطء ونفس العملية التي تحدث في الأحواض الأولى تتم في الأحواض الموالية،ليصل الماء إلى أخر حوض صافي،معالج.

تنتج هذه المحطات كميات قليلة من الحمأة مقارنة بمحطات التصفية الحمأة المنشطة، وعموما كمية حمولة الماء ومساحة كل حوض هي التي تتحكم في كمية الوحل، ويتم جمعه من الأحواض بالشفط من أماكن مخصصة لذلك ويتم ذلك من3إلى4 سنوات أو حتى خمس سنوات.

والهدف من آلات التهوية الموضوعة في البركة وتنشيط الأكسدة الهوائية،والملفت للانتباه هو صغر حجم هذه الآلات وعدده مقارنة مع الموجودة في أحواض التهوية لمحطات التصفية الحمأة المنشطة.

I-7-5- معالجة المياه القذرة بواسطة النباتات: Traitement des eaux usées par les plantes

نظرا لارتباط هذا النوع من التنقية بموضوع المذكرة سوف نتعرض له بالتفصيل في الفصل الثاني.

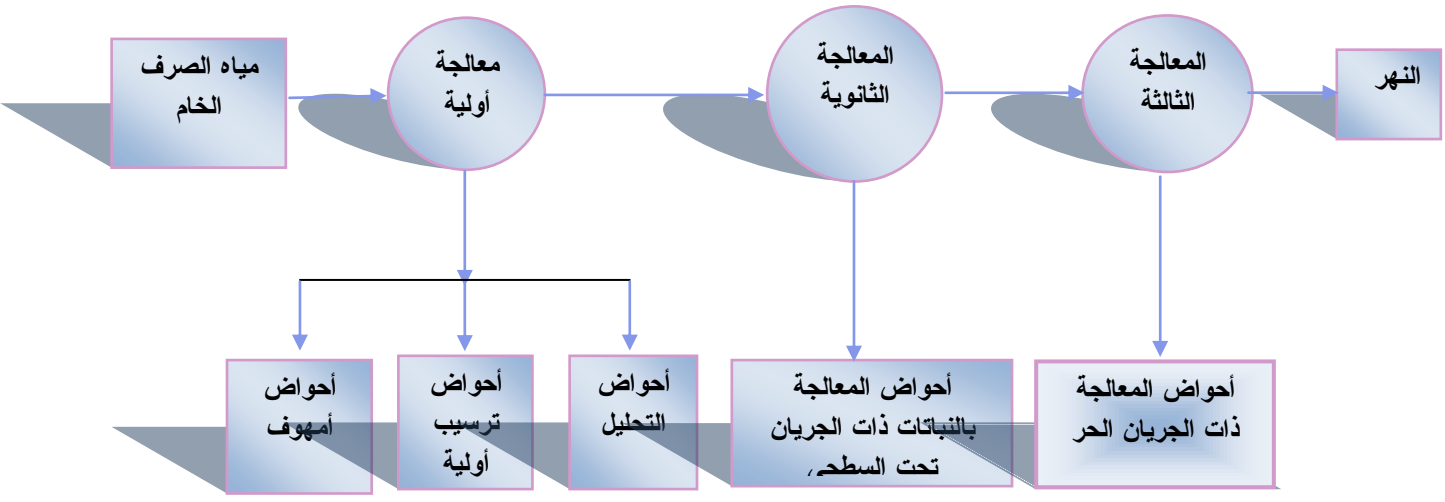
الفصل الثاني

معالجة مياه الصرف الصحي

II-1- مدخل:

إن نظام حدائق معالجة المياه المستعملة (Gardens Wastewater Treatmen) (WWG) يعتبر كمنطقة رطبة اصطناعية ويعتمد فيها على توفير نفس شروط المناطق الرطبة الطبيعية، وتدعى رئة الأرض (poumon de la terre)، وذلك نظرا للقدرة الكبيرة لهذه المناطق الرطبة الاصطناعية (Les zones humides artificielles)(ZHA) على تنظيم ومعالجة المياه القذرة، حماية البيئة وهذا بفضل النشاط والدور الكبير الذي تقوم به النباتات، والكائنات الحية الدقيقة وهذا مقارنة بالعديد من الأراضي الرطبة الطبيعية.يتكون نظام حدائق معالجة المياه المستعملة من طبقة سميكة من الحصى (Gravier) الهدف منه أن يكون كدعامة لجذور النباتات، حيث يكون وسط دائما مملوء ومشبع بالماء، وهذه النباتات لا تعتبر نباتات مائية لعدم وجود مياه على السطح. تبدأ مراحل المعالجة في نظام WWG من حوض التجميع (fosse septique) لجمع المياه القذرة حيث تحدث فيه معالجة أولية، ثم يمر الماء إلى حوض النباتات يتكون النظام من جزء واحد أو أكثر حيث يعتمد العدد على حجم النظام المطلوب والمساحة المتاحة للبناء، كما يتم وضع وتثبيت مربع (عنصر التحكم) وتسمى هذه النقطة بعلبة المراقبة (Boite de control)، ومن هذه العلبة يتم صرف المياه المعالجة وكذلك منها نأخذ العينات من أجل إجراء عليها مختلف التحاليل المخبرية للتحقق من نوعية المياه المعالجة وكفاءة النظام في معالجة المياه القذرة [2].

II-2- معالجة مياه الصرف الصحي بالنباتات:



المخطط رقم (1): مراحل معالجة مياه الصرف

II-3 - النباتات المائية المستخدمة ضمن محطات المعالجة بالنباتات:

توجد أنواع مختلفة من النباتات المستخدمة في المعالجة تم تصنيفها ضمن مجموعات:

وهذه الأنواع تتلخص في ما يلي:

II -3 -1- النباتات المائية بارزة Emergent Macrophijtes :

وهي التي تكون جميع أو بعض أعضائها الخضرية بارزة أو منبثقة خارج سطح الماء[20]،[21] ومن الأمثلة على هذه النباتات القصب (*Phragmites*) ونبات (*Typha*).

II-3- 2- النباتات المائية الغاطسة Submerged Macrophytes:

وهي التي تنمو كليًا تحت سطح الماء أو تظهر أزهارها أحيانا خارج سطح الماء وتنتمي إلى مجموعة النباتات متغايرة الأطوار (Heterogeneous Group) وجودها ضمن المياه بشكل دائم وضعف الضوء ضمن المياه أدى إلى حدوث تغيرات في بنيتها بحيث أصبحت تتكيف مع النمو والتكاثر ضمن المياه وهي مغمورة [20]،[21].

وعموما هذا الصنف من النباتات المائية يضم الأنواع التالية :

Cacombacaroliniana(Fanwort),Coratophylunspp(coontails) Eggeriadensa (Brazilian) .

II-3-3 - النباتات المائية الطافية Floating Leaved Macrophytes:

و هي التي تكون جميع أو بعض أعضائها الخضرية طافية [22].

- **النباتات الطافية الحرة:** هذا النوع من النباتات يعيش على السطح وله أنواع كثيرة حسب الظروف البيئية المناسبة وغالبا ما تكون النبتة على سطح الماء وجذورها تمتد ضمن الماء وهذه الجذور إما أن تكون قصيرة أو طويلة نوعا ما [20]،[21].

وأمثلة على هذا النوع *Eichhorniacrassipes (Water hyacinth) ,Lemnaceac (Duck weeds)*

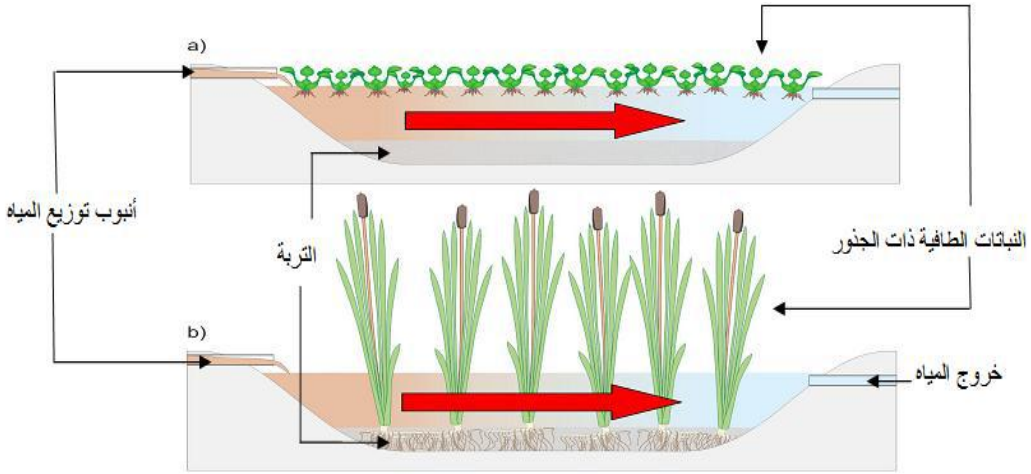
- **النباتات الطافية ذات الجذور الممتدة داخل التربة:** هذه النباتات الطافية قادرة على بلوغ القاع عبر سيقانها الطويلة حيث تنمو جذورها ضمن قاع الحوض[20]،[21] .

ومن الأمثلة عليها: *Nuphar or Nymphaea,Brassenis, Potamogéton natans*

II-4- أحواض النباتات المستعملة في تنقية مياه الصرف الصحي (المياه المستعملة)

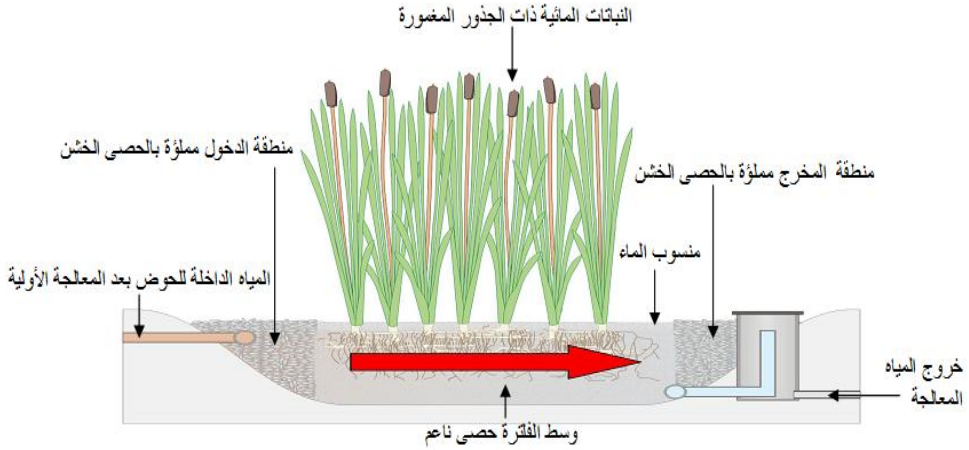
هناك أربعة أنظمة تستعمل في معالجة المياه المستعملة [23]:

II-4-1- الأحواض المغروسة بالنباتات ذات الجريان السطحي الحر



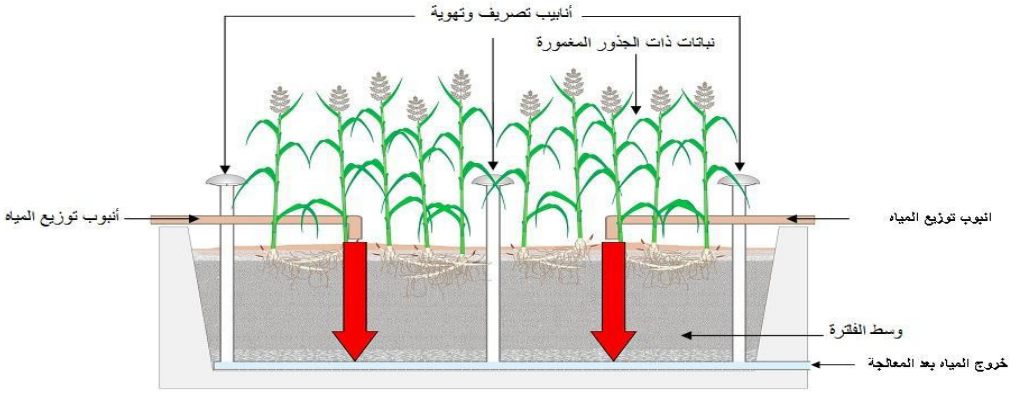
الشكل: (01) يبين حوض معالجة بالنباتات ذات الجريان السطحي الحر

II-4-2- الأحواض المغروسة بالنباتات ذات الجريان السطحي الأفقي



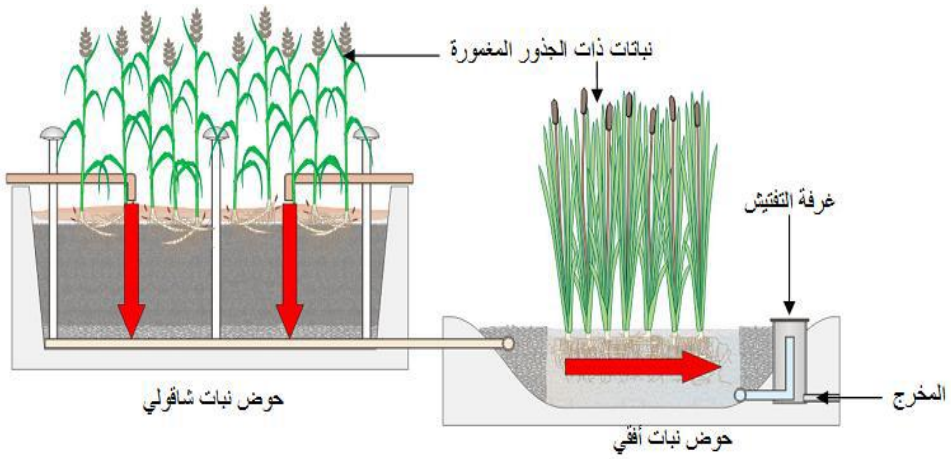
الشكل: (02):حوض معالجة بالنباتات بجريان تحت السطحي الأفقي

II-4-3- الأحواض المغروسة بالنباتات ذات الجريان الشاقولي



الشكل : (3) حوض معالجة بالنباتات بجريان تحت السطحي الشاقولي

II-4-4- الأحواض المغروسة بالنباتات ذات الجريان المتنوع (المهجن) "أفقي+ شاقولي".



الشكل : (04) حوض معالجة بالنباتات بالجريان المتنوع (المهجن)

في هذه الدراسة ارتأينا تطبيق الأحواض المغروسة بالنباتات ذات الجريان السطحي الأفقي

أحواض النباتات ذات الجريان تحت السطحي الأفقي:كما يوضحه الشكل(02).

هي أحواض مملوءة بطريقة متجانسة بالرمل الخشن أو بالحصى والتربة التي تغرس فيها النباتات،والمياه المستعملة تدخل إلى الحوض و تشغل مساحة الحوض كاملة بواسطة نظام موزع موجود أمام مدخل حوض المياه تجري بطريقة أفقية تعبر مواد التعبئة وتغذية الأحواض تكون بطريقة مستمرة مع بقاء مواد التعبئة دائما مشبعة بالمياه. عند اختيار مواد التعبئة يجب مراعاة خاصية الناقلية الهيدروليكية [24].

إن أول استخدام لهذه التكنولوجيا ظهر في ألمانيا سنة 1964 و أول من استعمل هذه الطريقة العالم الألماني *Kickuth* ،حيث سمى هذا النظام على اسمه و طبقت هذه الطريقة في أمريكا سنة 1974 ، ولها عدة استعمالات كما يوضحه الشكل.

تستعمل للتصفية الثانوية للمياه المستعملة لبعض القرى ذات كثافة سكانية قليلة بعد عملية الترسيب كذلك تستعمل في المرحلة الثالثة بعد التصفية البيولوجية أو بعد أحواض الجريان الشاقولي كذلك لمعالجة مياه الأمطار ثم انتقلت إلى أوربا حيث تلقيت هذه الطريقة انتقادات من طرف الباحثين لأن تطبيقها يتطلب أماكن شاسعة و المواد المستعملة في وسط الفلترة غير حاجزة للمياه [25]،[26].

ظهرت هذه الطريقة باستعمال الرمل و لكنها غير واسعة الانتشار ، استخدام الحصى الخشن و الناعم أو الرمل الخشن مما يعطى مساحات واسعة تنمو عليها الطبقة البيولوجية للملوثات Biofilm، و يستحسن أن لا يتعدى عمق الحوض 1 m حتى يضمن وصول الأكسجين إلى المناطق السفلية للحوض عن طريق وصول جذور النباتات إليها، لأن المياه داخل الحوض قليلة الأكسجين حيث يعمل على أكسدة الأملاح المعدنية و تحطيم المواد العضوية بداخله [26]،[27]،[28].

جريان المياه تحت السطحي الأفقي يمنع انتشار الروائح والحشرات، و هذا النوع من الأنظمة له فعالية كبيرة في إزالة المواد الصلبة العالقة و المواد العضوية DBO_5 و العوامل الممرضة.

II-5- دور مختلف مكونات النظام:

II-5-1- دور مواد التعبئة:

المهمة الأساسية لمواد التعبئة هي إزالة المواد العالقة في المياه المستعملة ولهذا سميت بالمصفاة، هذه الخاصية تعتمد في أغلب الأحيان على الخصائص الهيدروديناميكية منها الناقلية الهيدروليكية في الوسط المشبع أو الغير مشبع.

اختيار مواد التعبئة يعتمد أساسا على الهدف المراد تحقيقه وكذا نوعية الوسط مشبع أو غير مشبع المرتبط بنوعية ومبدأ نظام التصفية شاقولي أم أفقي، وكذا نوع وحجم مكونات مواد التعبئة يعتبر أمراً بالغ الأهمية لنجاح عمل حوض المعالجة بالنباتات. التوازن البيولوجي ناتج عن مواد التعبئة ومرتبط بسرعة تدفق المياه ومدة مكوث المياه في الحوض. في الأحواض السطحية عملية وضع مواد التعبئة ومرتبط بسرعة تدفق المياه ومدة مكوث المياه في الحوض. في الأحواض السطحية عملية وضع مواد التعبئة فيزيائية بحتة وسهلة ولكن من الناحية البيولوجية معقدة حيث استنتج (Ronner 1994 et Mitchell,1964) أنه يمكن أن يحدث تدخلات الإفرازات البكتيرية حسب الميتابوليزم البكتيري ونوعية البكتريا الهوائية ولا هوائية حسب شروط الوسط مكونات مواد التعبئة لها القدرة على امتصاص الفسفور والمعادن الثقيلة وهذا مرتبط بكمية الحديد والألمونيوم والكالسيوم الموجود فيها وزمن مكوث المياه داخل الحوض، هذه القدرة تتغير حسب مسامات مواد التعبئة [29]،[30]،[31].

II-5-2- دور النبات:

وللنباتات عدة أدوار مباشرة و غير مباشرة:

II-5-2-1- الدور المباشر:

النباتات تمتص الفسفور و الأزوت للاستعمال الذاتي أو التخزين بكمية قليلة بالنسبة للتصفية الكاملة ولكن يمكن أن يكون أكثر أهمية في حالة التدفق البطيء للمياه، وحالة موت النبات، يتم تحرير كل هذه المواد للوسط، لهذا يجب مراقبة مستمرة لوسط الفلترة.

نفترض أن النباتات تنتج عن طريق الجذور وشبه الجذور بعض المضادات الحيوية لمواد مشبطة (مواد سامة) " Exudats " التي تقضي على بعض الأجسام المجهرية الضارة [32].

حيث قام (Vincent G 1994) بدراسة حول الموضوع، والسؤال المطروح هو كيف تقضي المضادات الحيوية على الأجسام المجهرية الضارة،وتترك الأجسام المجهرية التي تساعد على هدم المواد العضوية؟

نزع الأزوت مرتبط بكمية الكتلة الحيوية المتشكلة، بنفس الكمية من الكتلة الحيوية المتشكلة لا نجد فرق في كمية الأزوت الممتص من طرف النبات، الفرق الوحيد يكمن في إنتاج الكتلة الحيوية حيث أنه كلما كانت نسبة تشكل الكتلة الحيوية أكثر كلما كانت عملية امتصاص الأزوت أكثر.

نوعية النباتات المستخدمة لا تدخل في عملية التنقية لان العملية بذاتها هي فيزيوكيميائية وبكترية. أهمية النباتات تكمن في أن لها قدرة العيش في أحواض التنقية في الهواء الطلق التي تستعمل في المناطق ذات الكثافة السكانية الصغيرة(القرى المعزولة)،ذات التربة الرطبة أو شبه رطبة، التي تساعد على نموها ولها دور في امتصاص الروائح الكريهة في الأحواض الشاقولية، الهدم الهوائي يبدأ مباشرة عند تزويدها بمياه الصرف الخام. كلما كانت مدة مكوث مياه الصرف في الأحواض صغيرة تكون الروائح شبه منعدمة، تقبل هذه الطريقة للتقنية من طرف السكان مهم جدا و تعتبر ورقة رابحة للمستقبل[32].

II-5-2-2- الدور الغير مباشر:

زيادة على الملاحظات المستخلصة من التجربة السابقة النباتات تساعد على نمو الكائنات المجهرية وبالتالي الطبقة السطحية تتشبع بسرعة بالمواد المعدنية العالم كيكوت (Kickuth) أعطى هذه الفرضية ولكنه وجد معارضة من طرف (Haberl 1990 et.Cooper ,1996) حيث قالوا من المفروض أن المياه تدخل عن طريق الفتحات الناتجة عن خروج السيقان الجديدة ثم تتسرب إلى الحوض عن طريق الجذور و أشباه الجذور . تقوم أوراق وسيقان النباتات المغمورة بالماء بتأمين سطوح لنمو الكتلة البيولوجية عليها كما أن أنسجة النباتات المغمورة بالماء تستعمر من قبل الطحلبيات والبكتيريا حيث تقوم الطحالب باستهلاك المغذيات وبتزويد المياه بالأكسجين المنحل نتيجة التركيب الضوئي وتقوم البكتيريا بهضم المواد العضوية. الأجسام المجهرية العالقة بالجذور وشبه الجذور تصبح أكثر نشاط لتحطيم المواد العضوية. ولاحظ أن كمية البكتيريا الموجودة في الأماكن المغروسة تكون أكثر من الأماكن الغير مغروسة العالم Hofmann(1990) في بعض بحوثه عند تجفيف (الحمأة la boues)هو الوحيد الذي اهتم بهذه العملية [27]،[33] ،[34].

وأكد فعاليتها بعده العالمان (Warren و Decamp, 1998) أثبتا أن هذه العملية تستطيع أن تقضي على الأجسام المجهرية (*E. Coli*) أوراق وسيقان النبات تساعد على تزويد البكتيريا بالأكسجين إلى الداخل عن طريق الجذور وشبه الجذور [25]،[28] ،[35] ،[36] .

في فصل الشتاء تكون كمية الأكسجين قليلة عندما تكون النباتات في حالة خمول فإن الأكسجين يتحرر عبر الجذور الرقيقة، و لكن هذه العملية تكون أحسن في أحواض التنقية الأفقية [37].

إن وجود النباتات ضمن حوض المعالجة يؤدي إلى توزيع وتخفيض سرعة التيار المائي. وهذا ما يساعد على تأمين ظروف أفضل لعملية ترسيب المواد الصلبة العالقة كما أن الجزء العلوي من النبات فوق السطح يؤدي إلى تخفيف سرعة الرياح قرب سطح التربة أو الماء وهذا بدوره يؤمن شروط مناسبة لترسيب المواد الصلبة المعلقة و يحسن إزالة المواد الصلبة في أحواض النباتات ذات الجريان الحر. كما أن النباتات تحد من نفاذ الضوء إلى الماء مما يقلل من نمو الطحالب، كما أن النباتات تلعب دورا هاما في العزل الحراري للحوض وخصوصا في فصل الشتاء عندما يكون الطقس باردا عندها تتغطى النباتات بالثلج فإنها تشكل عزلا حراريا تاما وهذا ما يحمي التربة من الصقيع وهذه ميزة مهمة جدا في الأحواض ذات الجريان تحت السطحي.

والجدول التالي يلخص دور النباتات ضمن محطات المعالجة بالنباتات

الجدول (02): دور النباتات ضمن محطات الأراضي الرطبة (محطات المعالجة بالنباتات)

أجزاء النبات	الأهمية في المعالجة
أنسجة النبات المحاطة بالهواء الجوي	❖ تحد من نفاذ الضوء إلى الماء مما يقلل من نمو الطحالب. ❖ العزل الحراري للحوض و خصوصا في فصل الشتاء عندما يكون الطقس باردا. ❖ تخفيض سرعة التيار المائي وهذا ما يساعد على تأمين ظروف أفضل لعملية ترسيب المواد الصلبة العالقة. ❖ الجزء العلوي من النبات يساعد على تخفيف سرعة الرياح قرب سطح التربة أو الماء حيث تحسن من إزالة المواد الصلبة العالقة خاصة في الأحواض الجريان الحر.
أنسجة النبات المغمور بالماء	❖ تمنع الإنسدادات في الأحواض ذات الجريان الشاقولي حيث تتم تغذية الحوض من السطح العلوي. ❖ سرعة الرياح تؤدي بالنباتات إلى مساعدة المياه بالدخول إلى ضمن الحوض عبر الفراغات التي يصنعها ساق النبات نتيجة الاهتزازات المتكررة. ❖ تؤمن مساحة سطحية لنمو الطبقة البيولوجية Biofilm . ❖ تطرح الأكسجين المنحل للوسط المائي مما يزيد التحلل الهوائي للملوثات. ❖ تستهلك المغذيات.
الجذور و أشباه الجذور(الجذمور) ضمن وسط الفلترة أو التربة	❖ 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-5-3- دور الكائنات الدقيقة (الأجسام المجهرية):

الكائنات الدقيقة تلعب دور حاسما في تحليل وهدم الملوثات العضوية، وحدوث عملية تحول للمركبات النيتروجينية. تعمل البكتيريا على عمليات الأكسدة الإرجاعية،هذه العملية تنتج الطاقة اللازمة للتخليق العضوي،حيث تحول المركبات الآزوتية والفسفورية إلى المواد المعدنية الممتصة من طرف النبات.

والدور الثاني للبكتيريات عمل على عملية نزع وإنتاج النتريت،أو هدمه، حتى تستطيع البكتيريا من أداء دورها على أكمل وجه يلزمها حوامل تثبت عليها(جذور النباتات ومواد التعبئة)،حتى لا تجرها المياه.

تحطيم المواد العضوية من طرف الأجسام المجهرية تنتج من كمية الكتلة الحيوية التي بدورها يجب أن تتحطم حتى تتفادى حدوث الإنسدادات.

II-6-آليات إزالة الملوثات وفعالية أحواض المعالجة بالنباتات:

آليات الإزالة مرتبطة بأنظمة فيزيائية وكيميائية فيزيوكيميائية وأيضا بيولوجية الملخصة في الجدول أدناه.

الجدول(03)أهم آليات الإزالة الرئيسة للملوثات ضمن أحواض النباتات

الملوثات	آلية الإزالة الرئيسة
المواد العضوية	❖ التحليل البيولوجي(هدم ميكروبي هوائي و لا هوائي)(Catabolisme).
المواد الصلبة العالقة	❖ الترسيب الفيزيائي،الفلترة الفيزيائية والتحلل البيولوجي.
النتروجين	❖ النترجة وإزالة النترجة البيولوجية. ❖ عمليات الامتصاص الفيزيائية والكيمائية ضمن وسط الفلترة ومن طرف النبات.
الفسفور	❖ عمليات الامتصاص الفيزيائية والكيمائية ضمن وسط الفلترة ومن طرف النبات .
المعادن	❖ امتصاص وتبادل الكاتيونات. ❖ تشكيل مركبات. ❖ ترسيب – امتصاص من طرف النبات. ❖ أكسدة وإرجاع من طرف المكروبات.
العوامل الممرضة	❖ الافتراس البيولوجي والموت الطبيعي وعمليات الترسيب الفلترة الفيزيائية. ❖ إفراز مضادات حيوية من طرف جذمور النبات.

الفصل الثالث

طرق و أدوات

III-1- تقديم منطقة الدراسة (تقرت):

– الموقع الفلكي: تقع مدينة تقرت بمنخفض وادي ريغ في نقطة تقاطع بين:

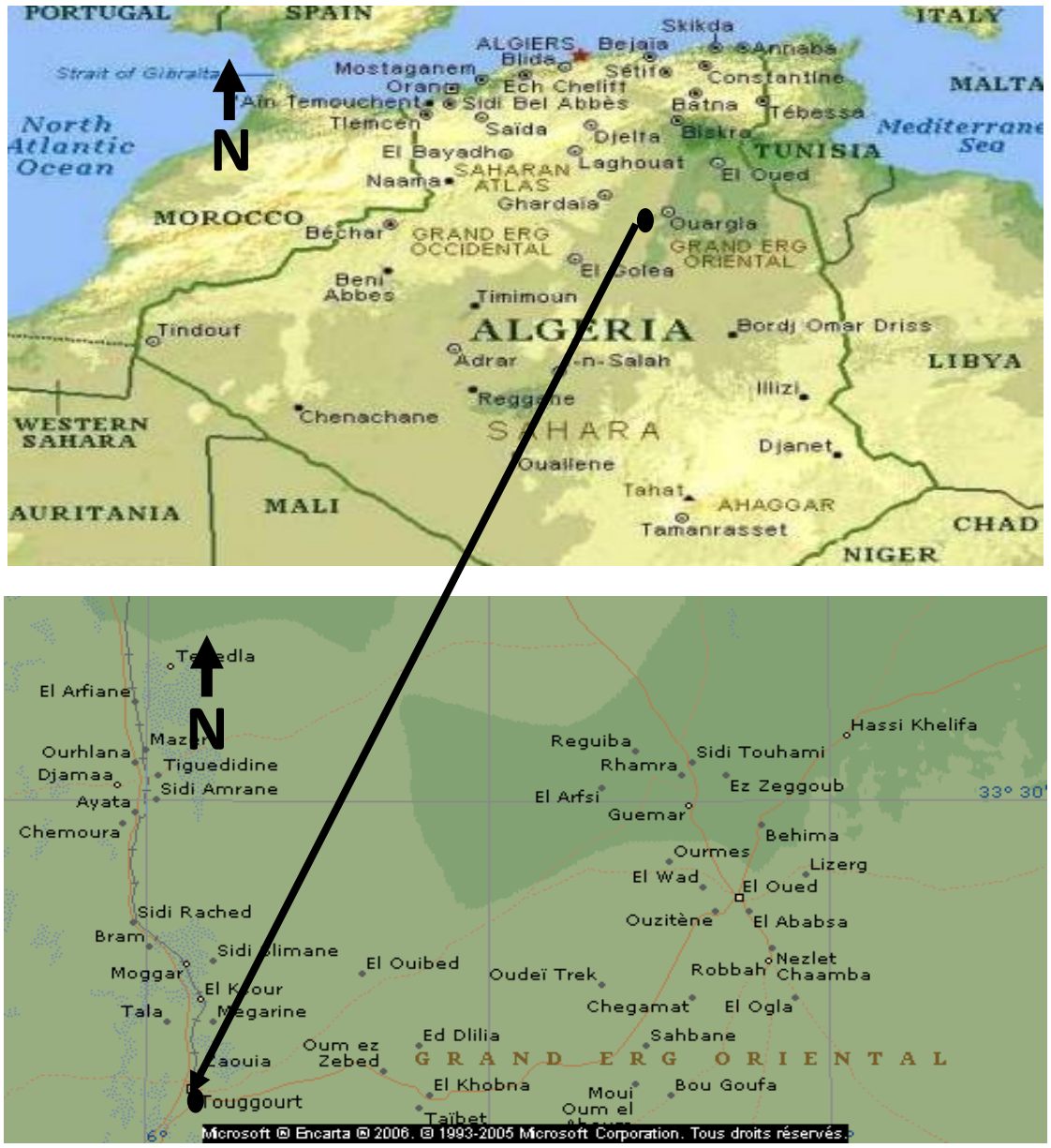
- دائرة عرض 33.116 درجة شمالا.
- خط طول 6.0783 درجة شرقا [38].

– الموقع الجغرافي:

تقع مدينة تقرت في المنطقة الشرقية للجزائر يحدها :

- من الجنوب مدينة ورقلة (مقر الولاية) على الطريق الوطني رقم 32 ب 160km.
- من الشرق مدينة الوادي على الطريق الوطني رقم 16 بـ 95km.
- من الشمال مدينة بسكرة على الطريق الوطني رقم 03 بـ 220km.
- من الجنوب الغربي مدينة غرداية على طريق القرارة و بريان ب 350 km و مدينة الجلفة على طريق مسعد ب 380km ، و تبعد عن الجزائر العاصمة ب 650km [38]،[39].

الشكل(05) خريطة توضح الموقع الجغرافي لمدينة تقرت [40]



السلم : 15000/1

الشكل: (06) خريطة تبين موقع منطقة الدراسة لمدينة تقرت ولاية ورقلة – الجزائر- [40]

مدينة تقرت عاصمة إقليم وادي ريغ الذي يمتد على مسافة أكثر من 160km من الجنوب إلى الشمال،من قرية ڤوڤ إلى شط ملغيغ (اللورير) و شط مروان . حيث يقع وادي ريغ على الجهة الغربية للعرق الشرقي الكبير بالصحراء الشمالية الشرقية للجزائر، ترتفع على مستوى سطح البحر بـ 70m ، تتربع مدينة تقرت على مساحة إجمالية تقدر بـ $481km^2$ ،تتميز هذه المنطقة بمناخ جد حار. ويتميز بـ:

- شتاء بارد قارص، ويتكون الصقيع في بعض أيام الشتاء، حيث وصلت كمية تساقط الأمطار.

- صيف جاف و حار، يتميز بالرطوبة ،لأن المنطقة سبخية وتهب على المنطقة رياح تدعى السروكو Sirocco (ومحليا تسمى بالشهيلي).

(محطة الأرصاد الجوية سيدي مهدي تقرت) [41]،[42].

III-2- تقديم محطة التصفية بتقرت

تقع على: - خط عرض '16 °33 شمالا

- خط طول '04 °6 شرقا

في الشمال الشرقي لولاية ورقلة، تقع محطة تصفية المياه المستعملة بتقرت بني أسود التابعة لبلدية تبسبست دائرة تقرت على الطريق الوطني رقم 16 بين مدينة تقرت و مدينة الوادي، تتربع هذه المحطة على مساحة 5 هكتارات، بدأت تعمل في 1993/11/20 م، توقفت عن العمل سنة 1995 و أعيد تأهيلها في سنة 2003، وبدأت العمل من جديد في 2004/02/24 تحت إشراف الديوان الوطني للتطهير ONA، وحاليا مخصصة لتنقية جزء من المياه المستعملة لمدينة تقرت الكبرى. الدراسة أجريت من طرف المكتب الوطني للدراسات الهيدروليكية (PNEH) مع الشركة البلجيكية لتنقية المياه في سنة 1982 رقم العملية 5.392.1666.00.02 تحت اسم وحدة التطهير بتقرت هذه الوحدة أنجزت في إطار برنامج تطوير بلدي

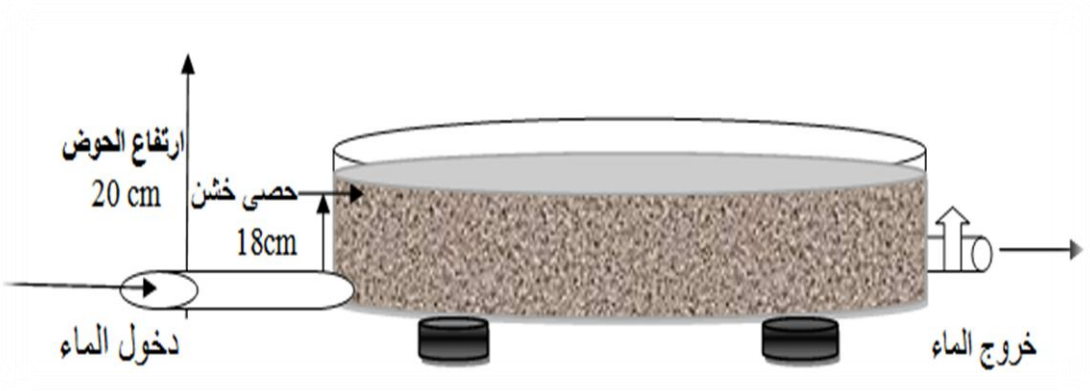
الشكل : (07) صورة بالقمر الصناعي تحدد موضع منطقة الدراسة [43]

III- 3- البرتوكول التجريبي Protocole expérimentale:

III-3-1- العتاد التجريبي المستعمل

يتكون العتاد التجريبي من أحواض دائرية ذات سعة 52 L ، مملوءة من الأسفل إلى الأعلى على سمك 18cm بالحصى (25/15mm) مزروعة بسيقان حديثة العمر بنبات *Canna Indica* بكثافة (36 tiges/m^2)

أخذ هذا المعيار من دراسات سابقة [44]، حوض: مزروع بنبات *Canna Indica* وحوض غير مزروع (كشاهد) .



مخطط : (02) مخطط يوضح مكونات حوض المعالجة بالتدفق الأفقي تحت السطح

عملية تزويد الأحواض بالمياه المستعملة الحضرية بعد المعالجة الأولية (المعالجة الفيزيائية) بـ 15Lفي اليوم، بطريقة التدفق التحت السطحي الأفقي، بوتيرة منتظمة مرة واحدة كل أسبوع، والماء المتحصل عليه بعد مكوثه 5 أيام في الأحواض يتم تجميعه (التقاطه) عبر إناء موضوع أسفل الحوض.

الشكل: (08) العتاد التجريبي المستعمل

III-2-3- الخصائص الفيزيوكيميائية لمواد التعبئة المستعملة:

يتميز بالأس الهيدروجيني pH=7.014 وسط متعادل و الناقلة الكهربائية CE=3.88ms/cm

III-4- النبات المستعمل:

استخدم نبات *Canna Idica* و هو نوع نباتي ينتمي إلى جنس القنا *Canna* من الفصيلة القنيات *Cannaceae*[45] .

أخذ هذا النباتات من الحوض النموذجي لمعالجة المياه المستعملة بالنباتات (WWG) بتماسين التي تقع قرب القصر العتيق بتماسين – تقرت .

أنجزت هذه المحطة سنة 2007، مع العلم أنها كانت أنداك المحطة الوحيدة على المستوى الوطني والهدف منها معالجة المياه المستعملة الحضرية، استغلال مياه الصرف و إعادة استعمالها في السقي [15] .

III-4-1- التصنيف العلمي لنبات *Canna Indica*:

المملكة:النباتات	***Plantea***
الشعبة : كاسيات البذور	***Magnoliophyta***
الصف: أحاديات الفلقة	***Liliopsida***
الرتبة: الزنجبيليات	***Zingiberales***
الفصيلة: القنيات	***Cannaceae***
الجنس: القنا	***Canna***
النوع: أنديكا	***indica***
الاسم العلمي:قنا أنديكا	***Canna indica***

III-4-2- وصف النبات:

نبتة معمرة دائمة الخضرة سريعة النمو ويتميزهذا النوع بالأوراق الكبيرة الجذابة، يمكن زراعتها في مجموعات أو عند الأطراف مع نباتات أخرى، تعطي تأثيراً شبيهاً بالنباتات الاستوائية حيث تم تطوير معظم الأصناف في مناخات معتدلة وتسهل زراعتها في معظم دول العالم طالما أنهيوجد بها وقت متوسط لساعات ضوء الشمس ما بين 6 إلى 8 ساعات أثناء الصيف، تتميز بأزهارها الحمراء أو الصفراء أو البرتقالية وقد حولها المختصون في البساتين إلى نبات حدائق له زهور كبيرة ويتسم بالبريق. و بالإضافة إلى ذلك، فإنها واحدة من أغنى مصادر النشا في العالم.

III-4-3- استعمالات نبات القنا:

يمكن استخدام القنا لمعالجة المياه المستعملة الصناعية من خلال الأراضي الرطبة المصطنعة وهو فعال لإزالة الحمولة (Charge) العضوية، واللون والمركبات العضوية المكلورة من مياه الصرف الصحي الآتية من مصانع الورق مثلا [46] .

III -5- تحليل النتائج

النتائج المقدمة لكل وسيط تمثل القيم المتوسطة المقاسة و التي تم الحصول عليها من الحوضين المستقلين (المزروع والشاهد). الدراسة تمت لمدة ستة أشهر من شهر ديسمبر 2017 إلى غاية شهر ماي 2018 ، خلال مدة الدراسة أجريت التحاليل :

- الفيزيوكيميائية بمخبر الديوان الوطني للتطهير بتقرت ONA

- البكترولوجية بمخبر تحليل الأغذية و المياه بمستشفى سليمان عميرات بتقرت.

تضمنت الأعمال المخبرية خلال هذا العمل فحوصات متنوعة للمدخل و المخرج:

- الطلب الكيميائي للأكسجين DCO - الطلب البيوكيميائي للأكسجين DBO_5 - المواد العالقة MES

- النتريت NO_2^- - النترات NO_3^- - أورتوفوسفور PO_4^{3-} - الناقلية الكهربائية CE

- الأس الهيدروجيني pH - الأكسجين المنحل O_{2diss} - درجة الحرارة T(°C)

- البكتيريا Coliformes fécaux , Coliformes totaux, E.Coli

مردود التنقية

قمنا بتحديد كفاءة التنقية للوسائط المقاسة بالمعادلة التالية:

$$R\% = \frac{C_E - Cs}{C_E} \times 100$$

R:مردود التنقية

C_E : تركيز الوسائط المتواجدة في المياه المستعملة الداخلة للحوض (mg/l)

C_S : تركيز الوسائط المتواجدة في المياه المستعملة الخارج من الحوض (mg/l)

III-6- الوسائط الفيزيوكيميائية و البكترولوجية المقاسة :

III-6-1- الوسائط الفيزيوكيميائية :

III-6-1-1- تحديد المواد العالقة MES:

الطريقة المتبعة لقياس كمية المواد العالقة MES (NF;T90-105) تمت وفق طريقتين:

- **الطريقة الأولى**: طريقة الترشيح استعملناها عندما تكون المياه قليلة المواد العالقة.

- **الطريقة الثانية** : طريقة الطرد المركزي (Centrifugation) استعملناها عندما تكون المياه ذات كثافة عالية بالمواد العالقة

الأدوات و الأجهزة المستعملة :

- الحاضنة Etuve (105 C°)
- جهاز نزع الرطوبة dessiccateur
- ميزان إليكتروني
- جهاز الطرد المركزي ذو معدل سرعته (3200-2800) دورة في الدقيقة
- جهاز الترشيح تحت الضغط (rampe de fibration)
- حوجلة عياريه

- بوتقات Capsule
- أوراق ترشيح (GF/C)

طريقة الترشيح:

- نبلل ورقة الترشيح بالماء المقطر ثم نضعها داخل الحاضنة على درجة حرارة 105C° بضعة دقائق
- نخرج ورقة الترشيح و نتركها تبرد بعيدا عن الرطوبة داخل جهاز نزع الرطوبة dessiccateur
- نزن ورقة الترشيح وهي فارغة و نسجل وزنها m_0
- نأخذ حوجلة ذات سعة 100 ml نغسلها جيدا بالماء العادي ثم بالماء المقطر.
- نأخذ 100ml من العينة ثم نسكبها على ورقة الترشيح في جهاز الترشيح.
- بعد نهاية الترشيح نأخذ ورقة الترشيح و نضعها داخل الحاضنة على درجة حرارة 105C° لمدة ساعتين.
- نخرج ورقة الترشيح من الحاضنة و نتركها تبرد بعيدا عن الرطوبة داخل dessiccateur لمدة 15 دقيقة.
- نزن ورقة الترشيح و نسجل وزنها m_1

حساب النتيجة : كمية المواد العالقة MES نحسب النسبة بين الفرق في الوزن و حجم العينة المستعمل انطلاقا من العلاقة التالية و تعطى ب (mg/l)

$$C(MES) = \frac{m1 - m0}{V}$$

C(MES): تركيز المواد العالقة (mg/l)

m_0: وزن ورق الترشيح وهو فارغ (mg)

m_1: وزن ورق الترشيح بعد الاستعمال (mg)

V: حجم الماء المستعمل من العينة (l)

طريقة الطرد المركزي (Centrifugation) :

- نأخذ 100ml من العينة و نضعها داخل إناء pots ذو سعة 100ml.
- نخضعهما لطرد مركزي لمدة 20 دقيقة حتى نحصل على الراسب.
- ننزع الماء العالق ثم نغسل الراسب بالماء المقطر ثم نخضعه مرة أخرى للطرد المركزي لمدة 20 دقيقة.
- نزن بوتقة نظيفة (Capsule) ونسجل وزنها m_0
- نسكب الراسب داخل Capsule ثم نضعها داخل الحاضنة (Etuve) على درجة حرارة 105C°حتى نحصل على وزن مستقر

- نخرج البوتقة (Capsule) من الحاضنة ونتركها تبرد بعيدا عن الرطوبة داخل dessiccateur
- نزن البوتقة (Capsule) مع الراسب الجاف ونسجل وزنها m_1

حساب النتيجة : تركيز MES يحسب من العلاقة التالية:

$$MES = (m_1 - m_0) \times 10000/V$$

ويعطى بوحدة (*mg/l*)

m_0 : وزن البوتقة *Capsule* قبل الاستعمال (*mg*)

m_1 : وزن البوتقة مع الراسب بعد الاستعمال(*mg*)

V: حجم الماء المستعمل مع العينة (*ml*)

III -6 -1-2- تحديد الطلب الكيميائي للأكسجين DCO:

تم تحديد DCO بطريقة الأكسدة بواسطة بيكرومات البوتاسيوم في وسط حمضي بوجود سلفات الفضة و سلفات الزئبق بواسطة جهاز (*Spectrophotométre DR/3900*).

بطريقة *Digestion par réacteur* في قياسنا ل DCO استعملنا كبسولات تحتوي على الكاشف التجاري محضر سابقا .

الأدوات والأجهزة المستعملة:

- جهاز (*Spectrophotométre DR/3900*)
- مولد للحرارة Thermoréacteur
- حامل - كأس بيشر- ماصة - ماء مقطر

طريقة العمل:

- نرج كبسولة تحتوي على المتفاعلات جيدا من أجل مزج المواد المترسبة
- بواسطة ماصة نظيفة نأخذ *2ml* من العينة ونسكبها على الجدار الداخلي للأنبوبة (كبسولة) التي تحتوي على المتفاعل بحيث تكون الكبسولة بشكل مائل
- نغلق الكبسولة بإحكام ونرجها جيدا
- نسخن الكبسولة لمدة 120 دقيقة على درجة حرارة 148C° داخل مولد للحرارة *Thermo-réacteur*
- نخرج الكبسولة من *Thermo-réacteur* ونتركها تبرد على حامل لمدة 10 دقائق
- بعد 10 دقائق نرج الأنبوبة (الكبسولة) جيدا ثم نتركها تبرد على درجة حرارة عادية (زمن التبريد حوالي 30 دقيقة أو أكثر)
- بعد انتهاء وقت التبريد نضع الكبسولة داخل جهاز (*Spectrophotométre DR/3900*)

- نقرأ قيمة *DCO* من الجهاز مباشرة تبقى النتيجة مستقرة لمدة زمنية والنتيجة يعبر عنها بـ (mgO_2/l).

III-1-6-3- تحديد الطلب البيوكيميائي للأكسجين DBO_5

تم تحديد كمية DBO_5 باستعمال جهاز *DBO-métre* بطريقة *manométrique*

الأدوات و المواد المستعملة :

- جهاز الرج المغناطيسي
- جهاز قياس الضغط *DBO-métre*
- حاضنة $(20C°)$
- قارورات الحضن عازلة لضوء ذات سعة 500ml مزودة بغطاء داخلي و غطاء خارجي
- ملقط
- حوجلة عيارية
- هيدروكسيد البوتاسيوم

طريقة العمل:

- نقيس بواسطة دوارق مدرجة كمية العينة اللازمة للتحليل ثم نسكبها داخل قارورات الحضن نظيفة .
- نضع القضيب المغناطيسي داخل كل قارورة.
- نظيف قطرات من المثبط -*1-alkyle-2- Thio –urée($C_4H_8N_2S$)* داخل القارورة
- بواسطة ملقط نظيف قرصين من هيدروكسيد البوتاسيوم KOH في كل غطاء داخلي للقارورة
- نغلق القارورة
- نضع القارورات على جهاز الرج على درجة حرارة 20 درجة مئوية و نتركها لمدة 30 دقيقة من أجل استقرار توازني ثم تغلق القارورات بإحكام
- نأخذ القراءة كل يوم لمدة 5 أيام وفي الأخير نطرح بين كل نتيجة محصل عليها في يومين متتالين ونجمع النتيجة و الحاصل يضرب في المعامل

حساب النتيجة:

قيمة DBO_5 الحقيقية تحسب من العلاقة التالية

$$DBO_5(mgO_2/l) = \text{قيمة القراءة} \times \text{المعامل}$$

- قيمة القراءة : هي القيمة المتحصل عليها من الجهاز

- المعامل : يتم تحديده من خلال الجدول أدناه الذي يربط العلاقة بين قيمة DBO_5 بدلالة حجم العينة لأن كمية الطلب البيوكيميائي للأكسجين للعينة يتعلق بكمية المواد العضوية العالقة ،قمة DBO_5 تمثل نسبة 80% من قيمة DCO.

الجدول (04): معامل تغير قيمة DBO_5 بدلالة حجم العينة المستعملة

المعامل Facteur	حجم العينة (ml)	مجال القياس Portée de mesure
1	432	0-40
2	365	0-80
5	250	0-200
10	164	0-400
20	97	0-800
50	43,5	0-2000
100	22,7	0-4000

III-6-1-4- تحديد كمية النتريت NO_2^-:

تم تحديد كمية النتريت بواسطة جهاز (Spectrophotométre DR/3900) بطريقة Diazotation

الأدوات و الأجهزة المستعملة :

- جهاز (Spectrophotométre DR/3900)
- أنبوب كلورو متريك Cuvette colorimétrique بسعة 25ml , 20ml , 10ml
- كأس بيشر بسعة 50ml

❖ المتفاعلات

- كاشف (Nitri Ver 3) بشكل كيس تجاري محضر مسبقا
- ماء مقطر

طريقة العمل

- نأخذ 10ml من العينة نضعها داخل أنبوب كالورمتري
- نسكب محتوى الكاشف داخل الأنبوب
- نغلق الأنبوب بإحكام و نرج جيدا و نتركه لمدة 15 دقيقة لتتفاعل

- نأخذ 10ml من الماء المقطر (الشاهد) و نضعها داخل أنبوب كالورمتري ثاني ثم نسكب محتوى الكاشف و نرج جيدا ثم نضعه داخل جهاز (Spectrophotométre DR/3900) نضبط الجهاز على الصفر
- بعد 15 دقيقة من التفاعل نضع الأنبوب الذي يحتوي على العينة داخل جهاز القياس ثم نقرأ النتيجة مباشرة على الجهاز.

III-6-1-5- تحديد كمية النترات NO_3^-:

تم تحديد كمية النترات NO_3^- بواسطة جهاز (Spectrophotométre DR/3900) و الطريقة المتبعة Réduction au Cadmium

الأدوات و الأجهزة المستعملة :

- جهاز (Spectrophotométre DR/3900)
- كأس بيشر بسعة 50ml
- أنبوب كلورومتري Cuvette Colorimétrique بسعة 25ml, 20ml, 10ml

❖ المتفاعلات

كاشف (Nitri Ver 5) بشكل كيس تجاري محضر مسبقا

طريقة العمل:

- نسكب 10ml من العينة داخل أنبوب كالورمتري .
- نسكب محتوى الكيس Nitri Ver 5 داخل الأنبوب.
- نغلق الأنبوب بإحكام و نرج جيدا مدة دقيقة واحدة.
- نترك الأنبوب مدة 5 دقائق ليتفاعل .
- نأخذ 10ml من الماء المقطر (الشاهد) ونضعها داخل أنبوب كالورمتري آخر ثم نضيف له محتوى كيس Nitri Ver 5
- ثم نضعه داخل جهاز (Spectrophotométre DR/3900) من أجل ضبط الجهاز على الصفر
- نأخذ الأنبوب الذي يحتوى على العينة و نضعه داخل الجهاز ثم نقرأ النتيجة مباشرة على الجهاز وتعطى بـ (mg/l)

III-6-1-6- تحديد كمية أرتو فوسفات PO_4^{3-}:

تم تحديد كمية ارتو فسفات بواسطة جهاز (Spectrophotométre DR/3900) حسب طريقة Phos Ver3 (حمض الاسكوربيك)

الأدوات و الأجهزة المستعملة :

- جهاز (Spectrophotométre DR/3900)
- كأس بيشر
- أنبوب كالورمتري Cuvette Colorimétrique بسعة 25ml,20ml,10ml

❖ المتفاعلات:

كاشف Phos Ver3 : بشكل كيس تجاري محضر مسبقا

طريقة العمل:

- نأخذ 10 ml من العينة و نضعها داخل أنبوب كالورمتري
- نضيف للأنبوبة محتوى الكيس Phos Ver3
- نغلق الأنبوب جيدا ثم نرجه نتركه لمدة دقيقتين ليتفاعل
- أثناء مدة التفاعل نحضر أنبوب ثاني و نضيف لها 10ml من الماء المقطر (الشاهد) و نضيف لها المتفاعل Phos Ver3
- نضع أنبوب الشاهد على الجهاز ونضبط الجهاز على الصفر
- نأخذ الأنبوب الذي يحتوى على العينة و نضعه داخل الجهاز (Spectrophotométre DR/3900) ثم نقرأ النتيجة على الجهاز مباشرة بـ (mg/l)

III-6-1-7- قياس كمية الأكسجين المنحل O_{2diss}:

تم قياس الأكسجين المنحل داخل العينة بالطريقة الأمبيرومترية Ampérométrique

حسب (AFNOR ;T90-106) [123]

- جهاز القياس Oxymétrie BPL Inolab

طريقة العمل:

- نفتح الجهاز
- نغسل قطب الجهاز بالماء المقطر
- نأخذ 100ml من العينة و نضعها داخل كأس بيشر
- نغمس قطب الجهاز في بيشر و نتركه حتى يستقر
- نسجل من الجهاز النتائج (التركيز - التشبع – الضغط الجزئي للأكسجين) عند ثبوتها على الجهاز

حساب النتيجة، القراءة تأخذ مباشرة من الجهاز

تركيز الأكسجين	نسبة تشبع الأكسجين	الضغط الجزئي للأكسجين
Mg/l	%	m bar

III -6-1-8- قياس الأس الهيدروجيني pH:

تم قياس pH بواسطة جهاز pH متر من نوع (pH métre sension1)

طريقـــــة العمـــــل:

- ضبط الجهاز
- نشغل جهاز pH متر
- غسل القطب بالماء المقطر
- نضع داخل كأس بيشر صغير محلول موقى pH=7
- ضبط جهاز الرج على أقل سرعة (سرعة ضعيفة)
- ندخل قطب داخل المحلول الموقى
- نتركه مدة صغيرة حتى يستقر و يظهر على الجهاز طلب إدخال المحلول الموقى الثاني
- نسحب القطب ثم نغسله جيدا بالماء المقطر ثم ندخله في كأس بيشر رقم 2 يحتوي على محلول موقى (pH=4 أو pH=10) حسب طبيعة الوسط المراد قياسه
- نسحب قطب الجهاز و نغسله بالماء المقطر

طريقة قياس pH:

- نأخذ 100ml من العينة ونضعها داخل كأس بيشر
- نضع داخل كأس بيشر قطب مغناطيسي على حركة ضعيفة
- ندخل قطب الجهاز داخل كأس بيشر
- نتركه حتى يستقر ثم نقرأ النتيجة مباشرة على الجهاز

III-6-1-9- قياس درجة الحرارة:

في قياس درجة الحرارة استعملنا جهاز متعدد القياسات multiparamètres.

كما يمكن استعمال جهاز قياس الناقلية و الملوحة في قياس درجة الحرارة في الوسط المائي

طريقة العمـــــل:

- نشغل الجهاز
- نقوم بغمس قطب الجهاز داخل العينة

- نقرأ مباشرة درجة الحرارة عند استقرارها على الجهاز

III-1-6- 10- قياس الناقلية الكهربائية :

تم قياس الناقلية الكهربائية بواسطة جهاز قياس الناقلية من نوع (Conductivete sension5)

طريقة العمـــــل:

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

III- 6-2- الوسائط البكترولوجية :

تعداد البكتريا *(E.Coli ,Coliformes totaux et Fécaux)* على التوالي في وسط سائل (AFNOR,T90-433) [131]

- بكتريا القولون الكلية *Les coliformes totaux*
- بكتريا القولون البرازية *Les coliformes Fécaux*
- بكتريا ايشريشيا كولي *E.Coli*

الأدوات و الأجهزة المستعملة:

- قارورات معقمة – مبردة - ماصة باستور- أنابيب اختبار و حاملها - إبرة زرع - حمام مائي - موقد منزل حاضنة (48C°,37C°)

البيئات و الكواشف المستعملة:

- ماء جافيل
- ماء فيزيولوجي لتحضير التخفيف
- ماء مقطر
- بيئة BCPL (D/C – S/C) وتستعمل في الكشف الاحتمالي عن بكتريا القولون الكلية *Les coliformes totaux*
- بيئة Schubert للكشف عن بكتريا القولون البرازية
- بيئة الماء الببتوني L'eau péptonée للكشف عن بكتريا القولون البرازية
- كاشف KoVaCS يستعمل في الكشف التأكيدي لبكتريا القولون البرازية *E.Coli*

طريقة التخفيف العشرية – الإماهة :

- بواسطة ماصة معقمة و مدرجة نضع 9 ml من الماء الفزيولوجي في عدة أنابيب معقمة و هذا حسب العينة و مدى حمولتها للبكتريا، و ذلك انطلاقا من العينة الأم (10°) نجري عملية التمييه.

- نأخذ 1 ml من العينة الأم بواسطة ماصة و نضعها في الأنبوب الأول لنحصل على التخفيف 10^{-1} ثم نأخذ 1 ml من الأنبوب الأول ونضعها في الأنبوب الثاني فنحصل على التخفيف 10^{-2}، وهكذا نواصل العملية حتى التخفيف الأخير مع تغير الماصة في كل مرة.

في بحثنا هذا وصلت عملية التخفيف حتى 10^{-6} نظرا للعدد الكبير من الأحياء الدقيقة الموجودة في مياه الصرف.

تعداد البكتريا:

يتم تعداد الخلايا حسب الهدف الذي نرمي إليه و نختار الأوساط الغذائية حسب الخلايا المراد تعدادها، و في عملنا هذا استعملنا الأوساط السائلة حيث هناك عدة تقنيات لتعداد الخلايا في الأوساط السائلة والتي تسمح بالحصول على ما يسمى بالعدد الأكثر احتمالا Nombre plus probable (NPP) من ضمن هذه التقنيات طريقة Mac- Grady.

والهدف من استخدام المزارع السائلة تستعمل للإكثار و الحصول على النواتج القانونية للبكتريا ودراسة صفاتها البيو كيميائية .

الفصل الرابع

نتائج و مناقشة

IV-1- خصائص مياه الصرف المستعملة في تغذية الأحواض

بدأنا عملنا بالنتائج التي تحصلنا عليها و بعد المعالجة الإحصائية المدونة في الجدول

الجدول (05): القيم المتوسطة للوسائط المقاسة للمياه المستعملة الحضرية المستعملة في تغذية الأحواض أثناء عملية التنقية خلال مدة الدراسة

الوسائط	عدد العينات	القيمة الدنيا	القيمة القصوى	القيم المتوسطة
O_{2diss}	12	0.04	0.58	0.26mg/l
MES	12	121.6	548	298.43 mg/l
CE	12	5.88	6.57	6.25 ms/cm
PH	12	7.43	7.88	7.73
T(C°)	12	20.7	27.7	23.68
Po_4^{-3}	12	7.10	39.6	30.48 mg/l
NO_3^-	12	15.8	35	26.9 mg/l
NO_2^-	12	0.092	1.122	0.28mg/l
DBO_5	12	50	140	87 mg/l
DCO	12	109.8	322	202.5 mg/l
Coliformes Totaux	06	$1.2E^{+6}$	$4.0E^{+6}$	$2.3E^{+6}$UFC/100ml
Coliformes fécaux	06	$1.0E^{+6}$	$2.5E^{+6}$	$1.6E^{+6}$ UFC/100ml
E.Coli	06	$3.2E^{+4}$	$2.4E^{+5}$	$1.4E^{+5}$ UFC/100ml

نتائج التحليل الجدول رقم (05) تبين أن هذه المياه هي مياه صرف حضرية حيث تبين النتائج أن كل القيم تدخل في مجال مياه الصرف الحضري باستثناء النتراتNO_3^-هذه الزيادة قد تعود إلى أكسدة الأمونيومNH_4^+ إلى نتريت NO_2^- ثم إلى نترات NO_3^-. وهذا ما يثبته التحليل البيولوجي حيث معامله k=2.32 أقل من 2.5 [15][22].

نتائج المعالجة بعد مكوث المياه في الأحواض خلال 5 أيام تحصلنا بالنسبة لنبات *canna indica* و الشاهد على النتائج المدونة في الجدول أدناه:

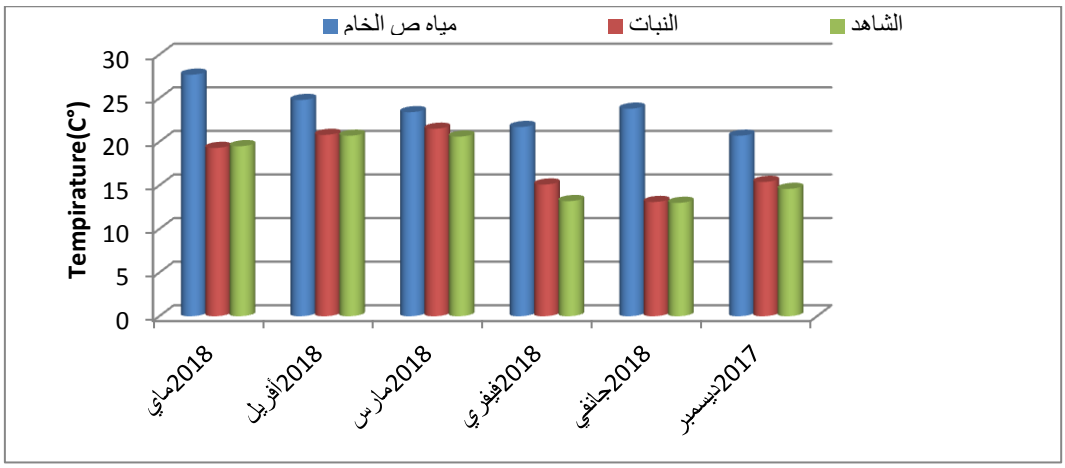
الجدول (06) القيم المتوسطة للوسائط المقاسة للمياه المعالجة بالأحواض المزروعة حوض بالنبات وحوض الشاهد أثناء عملية التنقية خلال الموسم مدة الدراسة

الوسائط المقاسة	عدد العينات	حوض النبات *Canna Indica*	حوض الشاهد Témoin
O_{diss}(mg/l)	12	4.54	3.14
MES (mg/l)	12	26.54	68.03
CE (ms/cm)	12	10.20	8.62
pH	12	7.11	7.77
T(C°)	12	17.53	16.93
PO_4^{-3} (mg/l)	12	2.11	3.02
NO_3^-(mg/l)	12	2.87	3.98
NO_2^- (mg/l)	12	0.0085	0.022
DBO_5 (mg/l)	12	19.17	26
DCO (mg/l)	12	33.22	55.87
Coliformes totaux (UFC/100 ml)	6	$2.93E^{+2}$	$3.40E^{+4}$
Coliformes fécaux (UFC/100 ml)	6	$2.88E^{+2}$	$2.73E^{+4}$
E.Coli (UFC/100 ml)	6	$2.67E^{+2}$	$2.25E^{+4}$

IV-2- مناقشة النتائج:

IV-2- 1- تطور درجة الحرارة T(c°):

من خلال الشكل (09)، نلاحظ أن القيم المتوسطة لدرجة الحرارة تنخفض في المياه المعالجة في مختلف الأحواض مقارنة بالمياه المستعملة، من خلال النتائج المحصل عليها في الشكل (09) أعلى قيمة 29.7C° مسجلة في شهر ماي و أدنى قيمة 20.7 C° في شهر ديسمبر، أي درجة الحرارة محصورة بين القيمتين $20.7 \leq T\ (C°) \leq 29.7$.



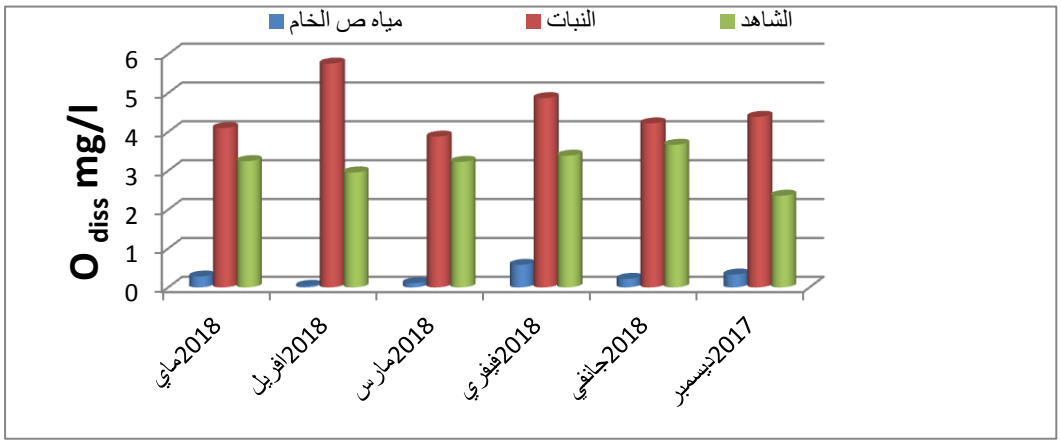
الشكل (09): التطور الزمني لدرجة الحرارة T(c°) للمدخل والمخرج لكل من الحوض المزروع والشاهد

التفسير : يفسر الانخفاض في درجة الحرارة في الأحواض المعالجة بتناقص عدد البكتيريا ونقص التفاعلات البيو كيميائية.

- أما بالنسبة للمياه المعالجة في الحوض المزروع و الحوض الغير مزروع متقاربة على طول السنة في قاع الأحواض على عمق 20 cm، هذا الفرق في درجة الحرارة لا يؤثر على اختيار الكائنات الدقيقة المسؤولة على التنقية [47].

IV -2-2- تطور الأكسجين المنحل (O_{2diss}) :

من خلال الشكل (10)، نلاحظ أن القيم المتوسطة للأكسجين المنحل تزداد في الأحواض المعالجة مقارنة بالمياه المستعملة، حيث نلاحظ أن قيم الأكسجين المنحل متغيرة بين أدنى قيمة 0.04mg/l في شهر أفريل في المياه المستعملة، و اكبر قيمة 5.76mg/l في الماء المعالج بحوض نبات *canna indica* في شهر أفريل .



الشكل (10): التطور الزمني للأكسجين المنحل O_{diss} للمدخل والمخرج لكل من الحوض المزروع وحوض الشاهد.

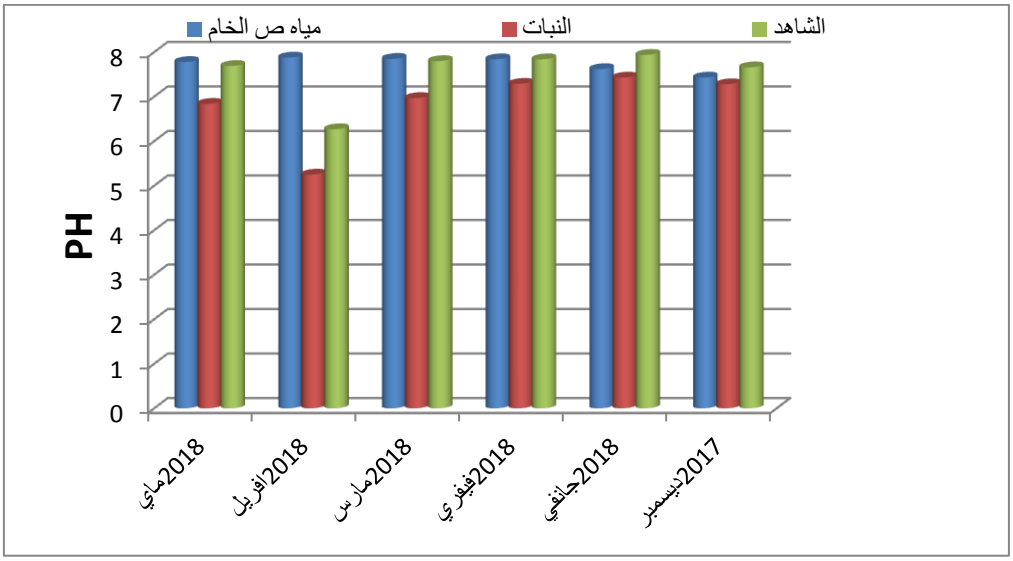
ـ نلاحظ أن قيمة O_{2diss} تزداد زيادة تدريجية في المياه المستعملة أين تأخذ أدنى قيمة في شهر أفريل و يعبر هذا للعدد الهائل للكائنات الحية الدقيقة (البكتريا ، الفطريات ...) التي تقوم باستهلاك كمية كبيرة من الأكسجين لاستغلاله في عملها ونشاطها المتمثل في عمليات الأكسدة، بالإضافة إلى ارتفاع درجة العكارة التي أدت إلى إعاقة نفاذية الأكسجين الهوائي داخل مياه الصرف.

ـ من خلال هذه الدراسة نلاحظ أن كمية الأكسجين المنحل في الأحواض المعالجة مرتفع مقارنة بمياه الصرف. عموما نلاحظ أن الأكسجين المنحل يتغير عكس الكثافة العضوية للمياه المستعملة و في عمق الأحواض المعالجة، كما نلاحظ أن هناك فرق في كمية الأكسجين المنحل ،بالنسبة للحوض المزروع بنبات *Canna indica* و الحوض الغير مزروع (الشاهد)، و يعود ذلك لوجود النبات الذي يعمل على نقل الأكسجين من الهواء إلى داخل الحوض من الأوراق إلى السيقان ثم الجذور [48].

لقد لاحظ الباحثون أن النباتات حديثة العمر تكون أكثر فاعلية في توصيل الأكسجين عن طريق جذورها إلى قاع الحوض مقارنة بالنباتات كبيرة السن، التي تتكون على جذورها طبقة ذهنية تمنع تسرب الأكسجين [48]،[49].

IV-2-3- تطور الأس الهيدروجيني الـpH :

نلاحظ من خلال الشكل (11) بأن الـ pH المتوسط ينخفض في المياه المعالجة في الحوضين مقارنة بالمياه المستعملة ينخفض بمعدل 7.73 إلى7.11، 7.77 بالنسبة للحوض المزروع بالنبات *canna indica* والحوض الغير مزروع (الشاهد) على التوالي.



الشكل (11): التطور الزمني للأس الهيدروجيني ال pH للمدخل والمخرج لكل من الحوض المزروع والشاهد.

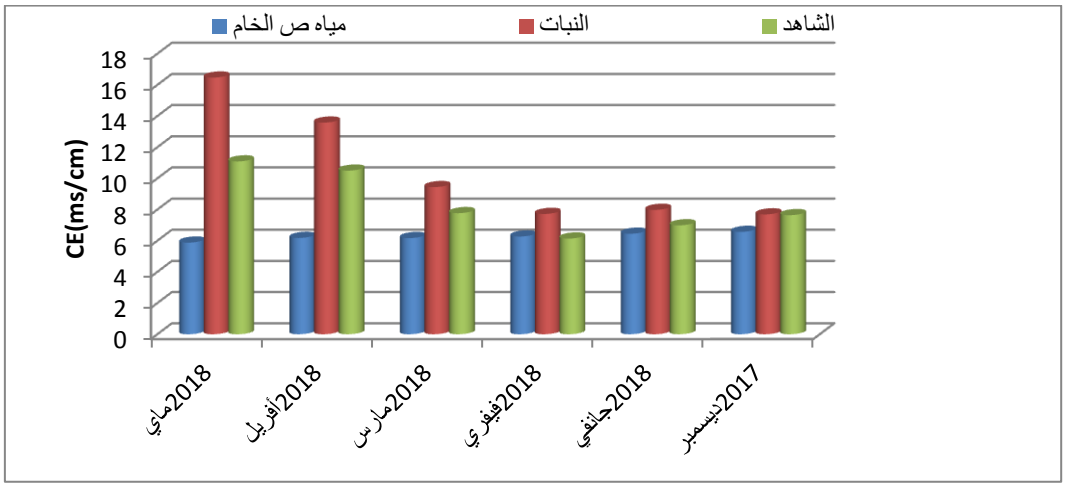
ولكن متوسط الأس الهيدروجيني في الحوض المزروع أقل من الحوض الشاهد. هذه النتيجة مشابهة للنتيجة التي توصل إليها (Vincent et al 1994) [32].

عدة عوامل تفسر هذا الانخفاض في الأس الهيدروجيني (حموضة الوسط) منها أكسدة النتريت ، و أكسدة DCO ينتج عنها CO_2،بدوره يؤدي إلى حموضة الوسط وأكسدة النتريت يؤدي إلى نترات، ويؤدي بدوره إلى حموضة الوسط ويعود سبب ذلك إلى [50]،[51]:

- تجمع الهيدروجين نتيجة نشاط البكتيريا المسؤولة على النترجة Nitrifiantes
- تجمع CO_2 نتيجة ميتابوليزم النبات أو تحطيم المواد العضوية من طرف البكتيريا [52]،[53].
- إنتاج ايونات H^+ من طرف النبات لتعويض بعض الكاتيونات الداخلة في التغذية المعدنية للنبات [54].
- إنتاج بعض الإفرازات (أحماض عضوية) من طرف جذور النبات [55].

IV-2-4- تطور الناقلية الكهربائية CE:

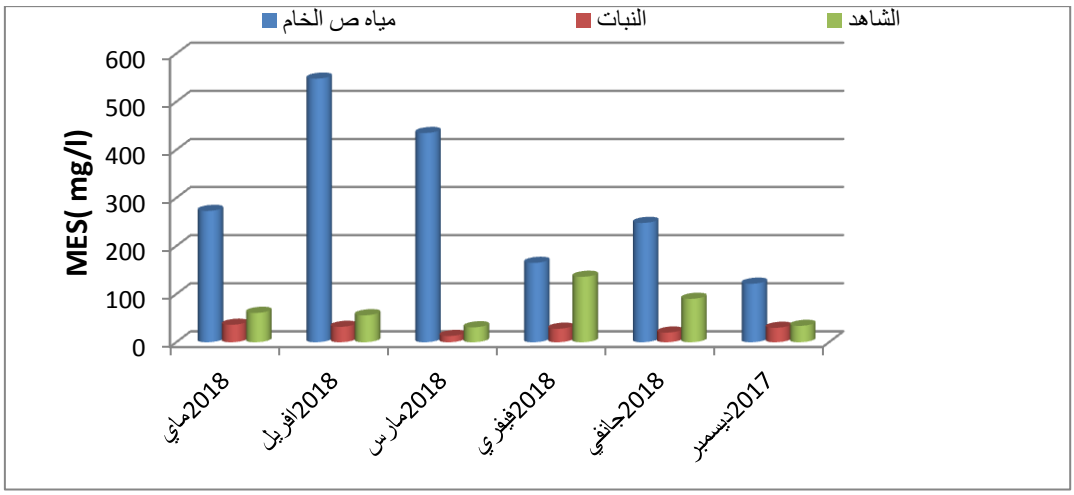
الناقلية الكهربائية للمياه المعالجة بالحوض المزروع هي دائما أكبر من الناقلية الكهربائية للمياه المعالجة بالحوض الغير مزروع (الشاهد) و المياه المستعملة، الشكل (12).حيث نلاحظ أن الناقلية الكهربائية مرتفعة في الحوض المزروع بالنبات مقارنة بحوض الشاهد،ارتفاع الناقلية سببه تعرق النبات وتحول المواد العضوية إلى مواد معدنية.



الشكل (12): التطور الزمني للناقلية الكهربائية CE للمدخل والمخرج لكل من الحوض المزروع والشاهد

IV-2-5- تطور المواد العالقة MES:

يبين تطور المواد العالقة MES الشكل (13)، بين القيمة الصغرى 121.6 mg/l و القيمة القصوى 548mg/l بمعدل 298.43 mg/l في المياه المستعملة الحضرية ، أما بالنسبة للمياه المعالجة قيمة MES : 26.54 mg/l في الحوض المزروع بنبات *Canna indica* و68.03 mg/l في الحوض غير المزروع (الشاهد).

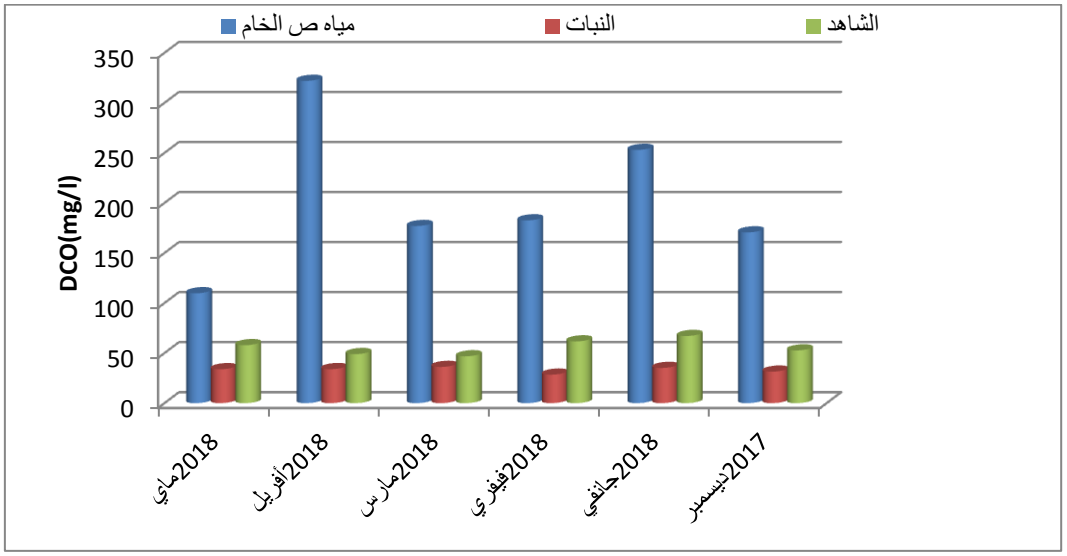


الشكل (13): التطور الزمني للمواد العالقة MES: للمدخل والمخرج لكل من الحوض المزروع والشاهد.

تناقص تركيز MES في مختلف المياه المعالجة ناتج أساسا على المعالجة الفيزيائية مثل الترشيح ، حيث المواد الخشنة تبقى عالقة و المواد الدقيقة تحجز في مسامات المصفاة أو بالتفاعل الكيميائي Vander waals [53]، [56].

IV-2-6- تطور الطلب الكيميائي للأكسجين(DCO):

نلاحظ في الشكل (14) أن الطلب الكيميائي للأكسجين DCO في المياه المستعملة يتغير بين 109.8mgo_2/l و322 mgo_2/l. يبين تطور الطلب الكيميائي للأكسجين DCO تركيزه ينخفض في المياه المعالجة مقارنة بالمياه المستعملة، حيث يتغير في المياه المستعملة بمعدل 202.5mg/l، أما بالنسبة للمياه المعالجة قيم DCO: 33.22 mgo_2/l في الحوض المزروع بنبات *Canna indica* (83.6%) و 55.87 mgo_2/l في الحوض الغير مزروع (الشاهد) (72.41%).

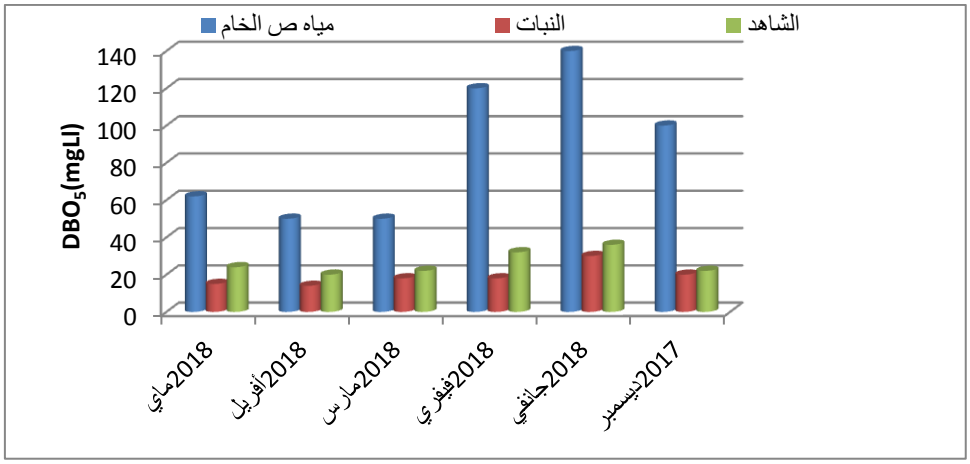


الشكل (14): التطور الزمني الطلب الكيميائي للأكسجين(DCO) للمدخل والمخرج لكل من الحوض المزروع والشاهد.

الحوض المزروع و الحوض الشاهد أعطت مياه بتركيز DCO اقل من المياه المستعملة، هذا ناتج عن الامتصـــاص الفيزيائي للمواد العضوية في المياه المستعملة في المصفاة و تهوية الوسط عن طريق الكائنات البكتيرية. الحوض المزروع أعطى مردود أحسن مقارنة بالحوض الغير مزروع. هذا الانخفاض سببه وجود النبات الذي يوفر شروط فيزيوكيميائية يؤمن الأكسجين للوسط المصفى عن طريق الأوراق إلى السيقان ثم الجذور و الجذمور بواسطة الكائنات البكتيرية التي تسبب أكسدة DCO [15]،[57].

IV-2-7- تطور الطلب البيو كيميائي للأكسجين DBO_5:

الطلب البيو كيميائي للأكسجين DBO_5 يتغير بين 50mg/l و140mg/l في المياه المستعملة. ومن خلال التطور الزمني لـ DBO_5 في الشكل (15), نلاحظ أن أعلى كمية إزالة كانت في شهري أفريل و بمردود93.09% بالنسبة لحوض النبات وأدنى نسبة لإزالة DBO_5 كانت في شهر جانفي بمردود% 85.19 وعموما تركيز DBO_5 في المياه المستعملة الحضرية أكبر من تركيز DBO_5 في المياه المعالجة حيث ينخفض تركيز DBO_5 بمعدل 87 mg/l في المياه المستعملة إلى 19.17 mg/l و 26 mg/l بالنسبة للحوض المزروع والشاهد على التوالي،إزالة DBO_5 بنسب % 77.79 و% 70.11 بالنسبة للحوض المزروع وحوض الشاهد على التوالي.

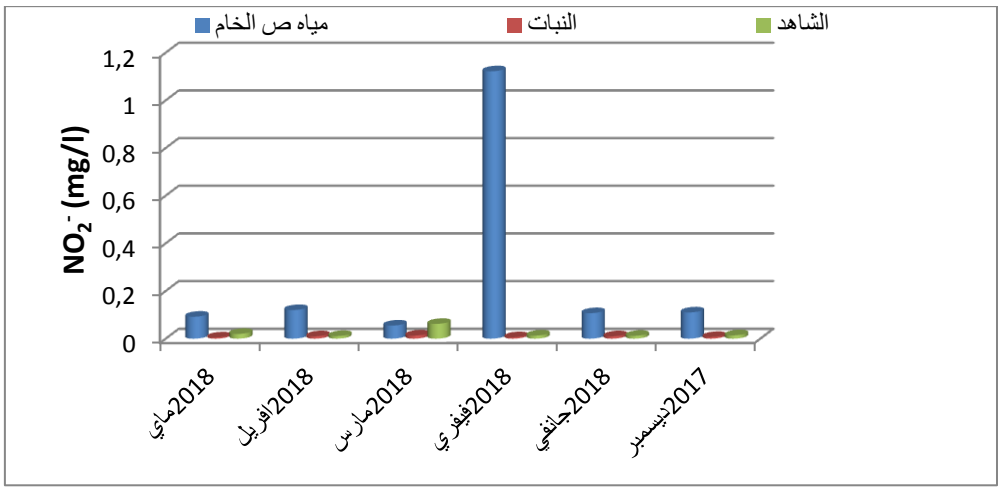


الشكل (15): التطور الزمني للطلب البيو كيميائي للأكسجين DBO_5 في للمدخل والمخرج لكل من الحوض المزروع والشاهد.

الفرق في إزالة DBO_5 بين الحوض المزروع بالنبات و الحوض الشاهد سببه وجود النباتات المائية التي تملك خاصية امتصاص الأكسجين من الجو لتحريره عبر جذورها في المنطقة المحيطة بالجذور، هذا الأكسجين ينشط البكتيريا، حيث تعمل على أكسدة وتحطيم المواد العضوية.

IV-2-8- تطور إزالة النتريت NO_2^-:

من خلال التطور الزمني للنتريت NO_2^- في الشكل (16)،تركيز النتريت NO_2^- في المياه المستعملة يتغير مع الزمن، و يكون أكبر من تركيز NO_2^- في المياه المعالجة حيث ينخفض تركيز NO_2^- 0.28mg/l في المياه المستعملة، و(0.0085mg/l) في الحوض المزروع بنبات *Canna indica* و(0.022mg/l) بالنسبة للحوض الشاهد.

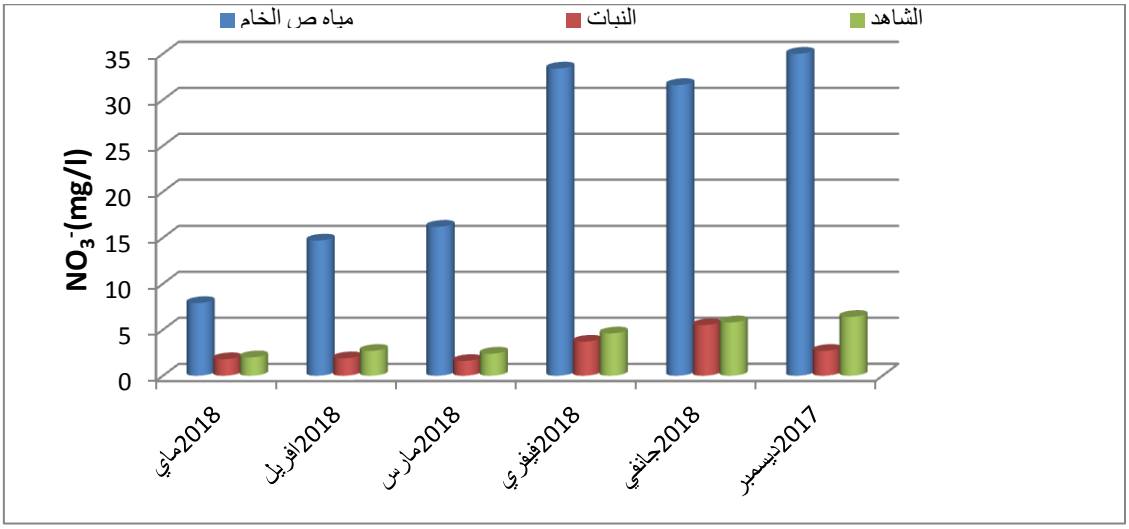


الشكل (16): التطور الزمني للنتريت NO_2^- للمدخل والمخرج لكل من الحوض المزروع والشاهد

مردود إزالة النتريت NO_2^- هو 96.96 % بالنسبة للحوض المزروع بنبات *Canna indica* و 92.14 % لحوض الشاهد. الفرق في إزالة NO_2^- بين الحوض المزروع و الشاهد سببه وجود النبات المائي الذي يملك خاصية امتصاص الأكسجين من الجو ويتم نقله عن طريق الأوراق ثم السيقان إلى الجذور و الجذامير [57]. هذا الأكسجين ينشط البكتيريا التي تعمل على تحويل النتريت NO_2^- إلى نترات NO_3^- في منطقة الجذور، تسمى هذه العملية بالنترجة (nitrification).

IV-2-9- تطور النترات NO_3^-:

من خلال التطور الزمني للنترات NO_3^- في الشكل (17)، تركيز النترات يتناقص في جميع الأحواض المعالجة مقارنة بالمياه المستعملة، حيث ينخفض تركيز النترات ، من (26.9) mg/l في المياه المستعملة إلى (2.87) mg/l في الحوض المزروع بنبات *Canna indica* و (3.98) mg/l بالنسبة للحوض الغير مزروع (للشاهد) .



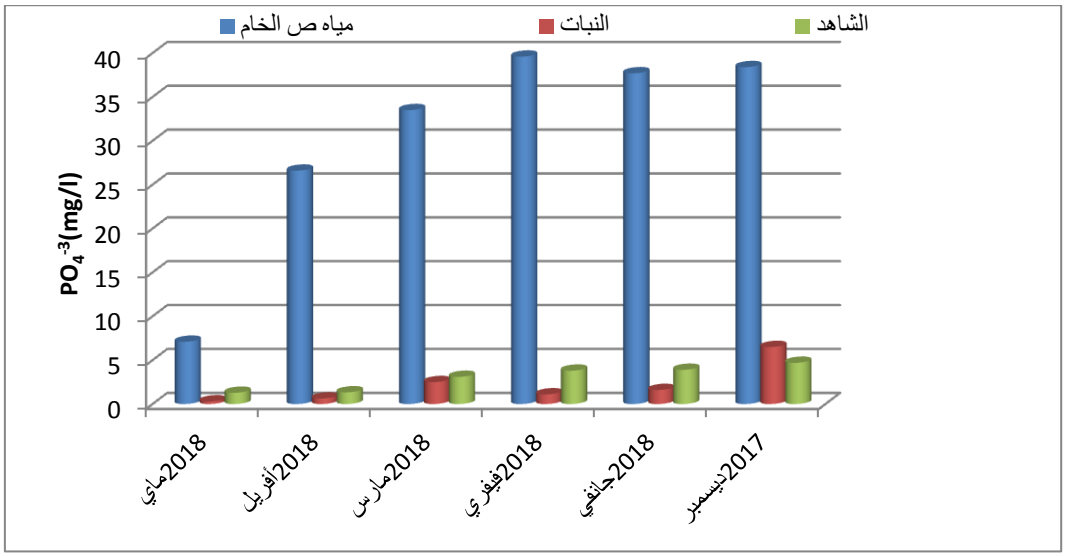
الشكل (17): التطور الزمني للنترات NO_3^- للمدخل والمخرج لكل من الحوض المزروع والشاهد.

هذا التغير في الكمية المزالة للنترات NO_3^- يعود سببه:

- استعمال النترات من طرف النبات يكون في النهار أو في وجود التركيب الضوئي .تطور النترات يعطي انخفاض في الكمية بعد التصفية بالنبات. النبات يمتص بين (10% -39%) و الجذور تثبط بين (45% - 98%) من الأزوت العضوي المزال ، أما الأزوت المتبقي تكون إزالته عن طريق عملية النترجة،و إزالة النترجة و الأكسدة الهوائية للامونيوم [58]،[59].
- إزالة النترات NO_3^- يعود سببه إلى وجود بكتيريا Anammox المسؤولة عن الأكسدة الهوائية للأمونيوم إلى عنصر الأزوت N_2 [60].

IV-2-10 - تطور أرتو فسفور PO_4^{3-}:

نلاحظ من خلال الشكل (18)، بصفة عامة تركيز PO_4^{-3} للمياه المستعملة تتغير مع الزمن و تكون أكبر من تركيز PO_4^{-3} في المياه المعالجة، حيث نجد تركيز PO_4^{3-} في المياه المستعملة ينخفض بمعدل mg/l (30.48) في المياه المستعملة إلى mg/l (2.11) بالنسبة للحوض المزروع بنبات *Canna indica* و mg/l (3.02) للحوض الغير مزروع (الشاهد). مردود التنقية في الحوض المزروع بنبات *Canna indica* هو (93.1%) و (90.09%) بالنسبة للحوض الغير مزروع (الشاهد).



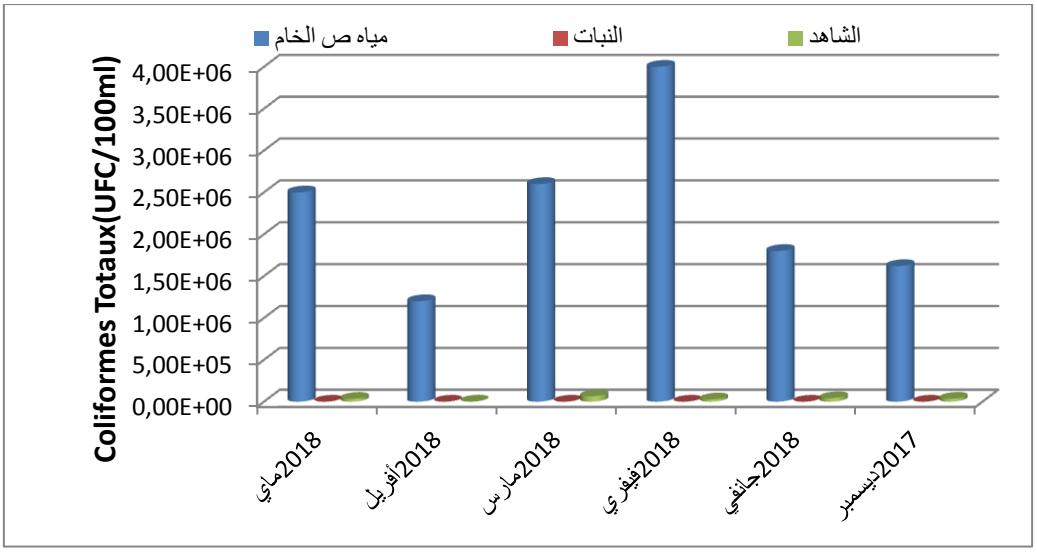
الشكل (18): التطور أرتو فسفور PO_4^{3-} للمدخل والمخرج لكل من الحوض المزروع والشاهد

انخفاض تركيز PO_4^{3-} أرتو فسفور في المياه المعالجة في الحوضين سببه امتصاص PO_4^{3-} في المصفاة (الجسم المرشح) ، كذلك نوعية الحصى تساعد على امتصاص PO_4^{3-} [58]، [61]،[62]، [63].

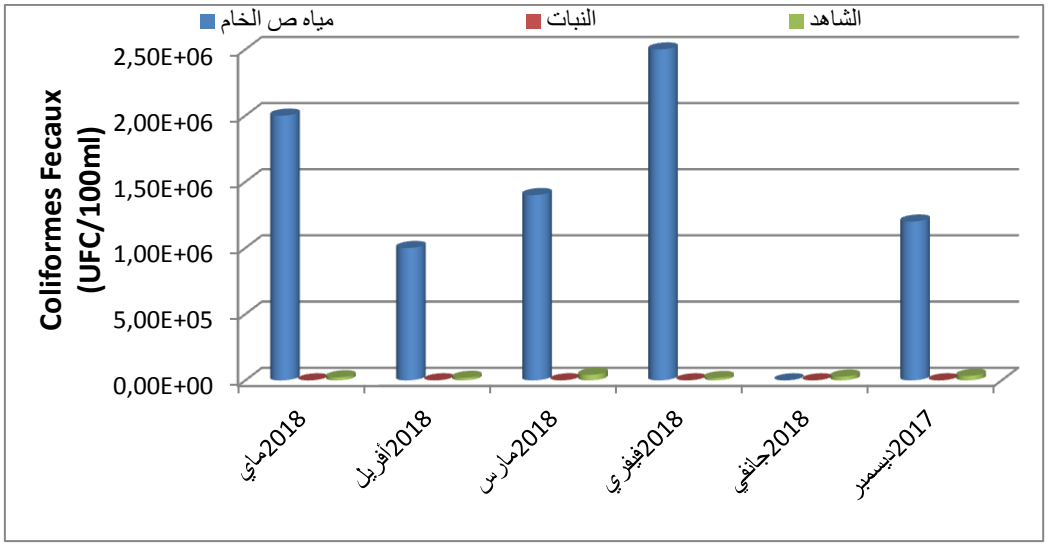
ارتفاع إزالة ارتو فسفور في الحوض المزروع سببه تفاعل البكتيريا والنبات و امتصاص PO_4^{3-} من طرف النبات لاحتياجاته الفيز يولوجية [61]،[64].

IV-11-2- تطور إزالة البكتريا (*Coliformes Fécaux , E.Coli, Coliformes totaux*) :

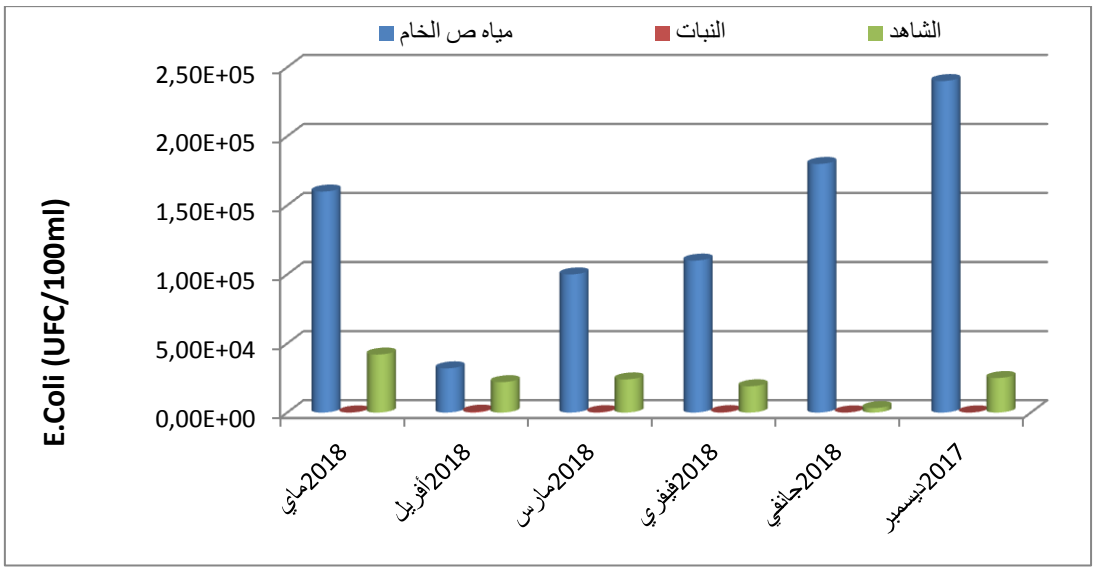
يبين التطور الزمني للبكتيريا في الأشكال (19،20،21) عدد المستعمرات (*Coliformes totaux , Coliformes Fécaux E.Coli*) في المياه المستعملة يكون أكبر من المياه المعالجة في الحوض المزروع والحوض الغير مزروع.



الشكل(19): التطور الزمني لـ *Coliformes Totaux* للمد خل و المخرج لكل من الحوض المزروع والشاهد.



الشكل(20): التطور الزمني لـ *Coliformes Fécaux* للمدخل والمخرج لكل من الحوض المزروع والشاهد.



الشكل (21): التطور الزمني ل *E.Coli* للمدخل والمخرج لكل من الحوض المزروع والشاهد

نلاحظ أن إزالة البكتيريا *E.Coli ,Coliformes fécaux,Coliformes totaux* شبه الكلية بعد المعالجة في الأحواض المزروعة،قد تصل إلى 100%.هذه النتائج مشابهة للدراسة التي تحصل عليها (Duggan,J.2001) [65].

إذن انخفاض البكتيريا مطابق لمعايير المنظمة الدولية للصحة لسنة 2012 الخاصة بالسقي غير المقيد (1000 C.F/100ml≥).

كما لاحظ (Vymazal , J. 2005) أن أحواض التنقية في مساحة $1m^2$ تكون في الأحواض المزروعة أحسن من الأحواض غير المزروعة.نفس النتائج أكدت من طرف (Oueslati.M.,2000) التي تحصل عليها في تونس [66]، [67].

التفسير: خلال هذه الدراسة،بينت أن الحوض المعالج بالنبات أن هناك تناقص معتبر في إزالة البكتيريا و العوامل الممرضة و يفسر هذا إلى الموت الطبيعي للبكتيريا نتيجة تغير الوسط المعيشي أو تهدم مع المواد العضوية، و الفرق في إزالة البكتريا بين الأحواض المزروعة بالنباتات و الحوض الشاهد أن جذور النباتات تفرز أحماض بيولوجية (مواد سامة) تعمل على قتل البكتيريا. لقد فسر (Vincent G.1994) تناقص *E.Coli* في الحوض المزروع مقارنة بالشاهد باحتمال إفراز الجذور لمواد مثبطة (مواد سامة) "exudats" تساهم في القضاء على *E.Coli* [68].

الخاتمــة

الخـــــــــــــــــــــــاتمــة

يظهر عملنا هذا بوضوح قدرة النبات *Canna indica* على تنقية مياه الصرف الصحي سوى بالنسبة :

- التلوث العضوي حيث وصلت نسبة إزالة (83.60% DCO، DBO_5 (77.97%)
- التلوث الجسيمي MES(91.11%)
- التلوث العضوي الأزوتي حيث وصلت نسبة إزالة (96.96% NO_2^- ، (NO_3^-(89.33)
- التلوث العضوي الفسفوري حيث وصلت نسبة إزالة (93.1% PO_4^{-3})
- كما وصلت نسبة إزالة التلوث البيولوجي إلى نسبة تفوق (99%)

❖ فيما يخص الوسائط الفيزيائية و البكترولوجية، قدرة التنقية بالحوض المغروس بالنبات أحسن من الحوض الغير مغروس (الشاهد).

الهدف المرجو من هذه الدراسة هو إظهار مدى قدرة أداء النبات المزروع في معالجة المياه المستعملة الحضرية، في مناخ شبه جاف, وذلك بتزويد الحوض بتدفق أفقي تحت السطحي, حيث كان مكوث الماء خمسة أيام داخل الحوض كاف لإزالة الملوثات بشكل مقبول.

هذه الدراسة أظهرت أن وجود النبات له تأثير إيجابي على النشاط البيولوجي باستعمال السقي تحت السطحي الأفقي، أظهرت النتائج المحصل عليها بوضوح تخفيض جيد في أنواع التلوث الأساسية :

التلوث العضوي الأزوتي الفسفوري و البيولوجي بنسب جيدة، كما أن النبات أبدى تأقلم وتعايش باستعمال هذه المياه في مناخ المنطقة شبه الجاف.

أظهرت هذه النتائج أن العامل الأساسي المؤثر على النشاط البيولوجي هو وجود النبات و الكائنات المجهرية وتطور النبتة بحد ذاتها.

النبات أثبت كفاءته وقدرته على تحقيق المواصفات المرغوبة لتنقية مياه الصرف، عن طريق إنقاص نسبة الملوثات والعوامل الممرضة، و الوصول إلى الحدود المسموحة لاستخدام المياه الناتجة من أحواض المعالجة بالنباتات في الزراعة (سقي الأشجار والفواكه والحبوب)، التي لها القدرة على تحمل ملوحة هذه المياه بدون استخدام المحاليل الكيميائية وبتكلفة أقل بالمقارنة مع غيرها من تقنيات المعالجة.

المراجع

قائمة المراجع باللغة العربية

[5] سعيدة كاكي، ازدهار بلحسن، مذكرة ماستر، جامعة ورقلة، 2016 ، ص 2 -7 .

[6] الشرابي نجم الدين، هابيل منير، أبو لبدة زياد، أساسيات الأحياء الدقيقة : الجزء العملي، المطبعة الجديدة :دمشق، 1987 ، ص71، 72 .

[7] أبو سعد نجيب ابراهيم، التلوث البيئي ودور الكائنات الدقيقة ايجابيا وسلبيا، دار الفكر العربي : القاهرة، . 2000، ص 6،132 .

[8] السعدي حسين علي، أساسيات علم البيئة و التلوث، دار اليازوري العلمية : عمان،2006 .

[12] نصر الحايك، تلوث المياه و تنقيتها، الطبعة الثالثة، ديوان المطبوعات الجامعية : الجزائر، 1989

،ص 6- 31،126.

[15] إبراهيم العابد، أطروحة دكتوراه، جامعة ورقلة، 2015 ، ص1،7،8،18-21 .

[23]عبد الرزاق التركماني ، 2118 محطات المعالجة بالنباتات، دليل تخطيط و تصميم و تنفيد محطات المعالجة بالنباتات ، شبكة خبراء المياه السوريين ، ص 22-28.

[38] عبد الرحمان ابن خلدون 1983 كتاب العبر و ديوان المبتدأ أو الخبر المجلد السابع ببيروت و لبنان ج 13ص98 .

[39]عبد الرحمان الجيلاني ، 1980 تاريخ الجزائر العام دار الثقافة بيروت ج 1 ص138 .

[41]عبد الحميد إبراهيم قادري ، 1999 التعريف بوادي ريغ منشورات جمعية الوفاء للشهيد تقرت الآمال للطباعة- الوادي ص 5،6،9 .

[42] إبراهيم بن محمد الساسي العوامر ، 1977 الصروف في تاريخ الصحراء و سوف – الدار التونسية للنشرص78 .

المراجع باللغة الأجنبية

[1]HAFLIGER D.HUBNER P.,LUTHY J. 2000,Outbreak of viral gastroenteritisdue to sewage- contaminated drinking water. Int J Food Microbiol ;p54,123–126 .

[2]CARR R.; 2001. Excreta-related infections and the role of sanitation in the control of transmission. Water Quality: Guidelines, Standards and Health. WHO.; Ed. Frewtrell L. and Bartram J., London, UK, pp. 89-113.

[3]HO ; 2003. Guidelines for Safed recreational water environments; Vol. 1, Coastal and fresh waters. World Health Organisation, Geneva, Switzerland, pp 3 -5.

[4]CIEH (Comité inter-africain d'études hydrauliques) ;1993. «Étude comparative des systèmes d'épuration collectifs dans le contexte africain». *CIEH*, Ouagadougou, Burkina Faso, p 66.

[9]Peng X., Luo W., Zhang J., Wang S., Lin S.. Rapid detection of *Shigella* species in environmental sewage by an immunocapture PCR with universal primers, *Applied and Environmental Microbiology*, 2002, 68(5), 2580–2583.

[10]Satin M., Selmi B., 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, Ed. le moniteur : Paris, 1995, p.75-86 .

[11]Rahmani A., Mémoire de Master, Université d'Ouargla, 2015, p.4-39.

[13]Rejsek F., Analyse des eaux aspects réglementaires et techniques, Ed. CRDP : Bordeaux, 2002, p.125.

[14]Ben Djedou F., Mémoire de Master, Université d'Ouargla, 2014, p.8.

[16]HASLAY. C, LECLERC. H, 1993. Microbiologie des eaux d'alimentation (Londres NEW York) 11,rue Lavoisier . pp 201-234.

[17]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.

[18]AYAZ,S : AKCA , L. 2001. Treatement of wasterwater y natural sustems. Environnement international . 26 : pp 189-195.

[19]KONE.D ; 2002. Epuration des usées par lagunage a microphytes et à macrophytes en afrique de l'Ouest et de centre : Etat des lieux performances épuration et critères de dimensionnement. Thèse N°2653. Lausanne . EPFL . pp 17-30-31.

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

[21]AL-MAYAH, A. A. 1994. The Aquatic plants of the Marshes of southern Iraq. Marin Sci. Cent. **18**: pp127-143.

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

[24]VYMAZAL JAN and LENKA KROPFELOVA., 2008. Wastewater Treatment in Constructed wetlands with Horizontal Sub-Surface Flow, pp 203-322.

[25]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.

[26]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.

[27]HABERL R., PERFLER R. 1990. Seven years of research work and experience with wastewater treatment by a reed bed system. In : Constructed Wetlands in Water Pollution Control, P.F. Cooper and B.C. Findlater (Eds), Pergamon Press, pp 215-214.

[28]ARMSTRONG J. and ARMSTRONG W. 1988. Phragmites australis – preliminary study of soiloxidising sites and internal gas transport pathways. New Phytol., **108**, pp373-382.

[29]LEMORE C. 1984. Colmatage et décolmatage des tranchées d'épandage en assainissement autonome, Thèse de doctorat, Université de Paris Val de Marne – École Nationale des Ponts et Chaussées, p 93.

[30]MITCHELL R. and NEVO Z. 1964. Effect of bacterial poysaccharide accumulation on infiltration of water through sand, Appl. Microbiol. **12**, pp 219-223.

[31]RONNER A. B. and WONG A. C. 1994. Microbial clogging of wastewater infiltration systems. In : Proceedings of the Seventh International Symposium on Individual and Small Community Sewage Systems, Atlanta, Georgia, pp 559-562.

[32]VINCENT G., DALLAIRE S., LAUZER D. 1994. Antimicrobal properties of roots exudates of three macrophytes : *Mentha aquatica L., Phragmites australis (Cav.)* Trine and *Scirpus lacustris L* . Proceeding of the 4th International Conference on Wetland Systems for Water Pollution Control , Guangzhou, China, pp 290-296.

[33] COOPER P.F., JOB G.D., GREEN M.B. & SHUTES R.B.E. 1996. Reed beds and constructed wetlands for wastewater treatment. WRc Publications, Medmenham, Marlow, UK. p184

[34]HOFMANN, K. 1990. Use of Phragmites in sewage sludge treatment. In : Constructed Wetlands in Water Pollution Control, P.F. Cooper and B.C. Findlater (Eds), Pergamon Press, pp 269-277.
[35]DECAMP O., WARREN A. and SANCHEZ R. 1998. The role of ciliated protozoa in subsurface flow wetlands and their potential as bioindicators. Proceedings of the 6th International Conference on Constructed Wetlands, Sao Pedro, Brazil. pp 481-491
[36]ARMSTRONG J., ARMSTRONG W.& BECKETT P.M. 1992. Phragmites australis: venturi – and humidity – induced pressure flows enhance rhizome aeration and rhizosphere oxidation. New Phytol.,**120**,pp197-207.

[37]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.

[40]Micrsoft – Encarta – 2006. Microsoft – Corporation Tous Droits Réservés .

[43]IMAGE, CNES ASTRIUM. 2014 . google earth.

[44]ABISSY M. et MANDI L. ; Utillisation des plantes aquatiques enracinees pour le traitement deseaux usées urbaines : cas du roseau ; Rev. Sci. Eau **12/2**, p. 289, (1999).

[45]TIGLYENE S., MANDI L., JAOUAD A. ; Enlevement du chrome par infiltration verticale sur lits de Phragmites australis (cav.) Steudel ; Rev. Sci. Eau **18/2**, p.181, (2005).

[46]Babay O., Soufi A., Mémoire de Master, Université d'Ouargla, 2016.

[47]EDELINE, F. 1993. *L'épuration biologique des eaux théorie & technologie des réacteurs*. Liège, Cebedoc Editeur [etc.]. p 303.

[48]JEDICKE, A., FURCH, B., SAINT, P. U. and SCHLUETER, 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). *Amazoniana* **11(1)**: pp53-70.

[59]REDDY, K. R., D'ANGELO, E. M. and DEBUSK, T. A. 1989. "Oxygen transport through aquatic macrophytes: The role in Wastewater treatment." *J. Envion, Qual.* **19**: pp261-267.

[50]DOMMERGUES Y.et Mangenot F. 1970. Ecologie microbinne du sol.Paris:Masson et **Cie,**p 796.

[51]MUCH C, KUSCHK P. 2004. La stimulation racinaire de l'élimination de l' azote concerne-t-elle des zones limités ou l'ensemble d'un marais artificiel ? *Ingénieries* N° *spécial* 2004, pp5-11.

[52]ATTIONU. R. H. 1976. "Some effects of water lettuce (Pistia stratiotes, L.) on its habitat." Hydrobiologia **50(3)**: pp 245-254.

[53]SRIDHAR. M. K. C. and SHARMA. B. M. 1985. Some observationson the oxygen changes in a lake covered with Pistia stratiotes L. "Water Res **19(7)**: pp 935-939.

[54]BOWES. G. and BEER. S. 1987. Physiolgical Plant Processes: Photosynthesis. Aquatic plant for water treatment and ressource recovery. Reddy. K. R. and Smith. W. H. Orlando. Mangnolia Publishing Inc: pp 311-335.

[55]NDZOMO. G. T. NDOUMOU. D. O. and AWAH. A. T. 1994. "Effect of Fe-2+, Mn-2+, Zn-2+ and Pb-2+ on H+/K+ fluxes and excised Pistia stratiotes roots. "Biologia Plantarum Prague **36(4)**: pp 591-597.

[56]CHACHUAT B., 1998. Traitment d'effluents concentrés par culture fixes sur gravier. Rapport de DEA, ENGEES-Cemagref , p 118.

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

[58]JETENS. M. S. WAGNER. M. FUERST. J. VAN LOOSDRESHT. M. KUENEN. G. and STROUS. M. 2001. "Microbiology and application of the anaerobic ammonium oxidation ('anammox') process." Current Opinion in Biotechnology **12(3)**: pp 283-288.

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

[60]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.

[61] MOLLE P. 2003. Filtres plantés de roseaux : limites hydraulique et rétention du phosphore. Thèse de doctorat, Université Montpellier II, p 217.

[62] KADLEC R.H. ,Knight R.L.,1996. Treatment wetlands. Lewis publishers, Boca Raton, Florida p893.

[63] REDDY. K. R. and DEBUSK. T. A. 1987. Nutrient storage capabilities of aquatic and wetland plants. Aquatic plants for water treatment and ressource recovery. Reddy. K. R. and Smith. W. D. Orlando. Mangnolia Publishing Inc.: pp 337-357.

[64] DRIZO A ., COMEAU Y ., FORGET C., Chapuis R.P., 2002. Phosphorus saturation potential : A parameter for estimating the longevity of constructed wetland systems . *Env* . *Sci* . *Tech*. **36**, pp 4642-4648.

[65] DUGGAN, J. BATESM. P. and PHILLIPS C.A., 2001- The efficacy of subsurface flow reed bed treatment in the removal of Campylobacter spp ., faecal coliforms and Escherichia coli from poultry litter , Environmental Health Research **11**, pp 168-180.

[66] VYMAZAL , J. 2005 – Horizontal sub-surface flow and hybrid constructed wastewater treatment , Ecol. Eng . **25**: pp 478-490.

[67] OUESLATI.M., HADAD. M., CHARBOONNEL. Y., 2000- Etude physico-chimique des eaux usées domestiques traitées par des végétaux aquatiques. Premiere experence tunisienne. Sud Sci. Tech . **6**, pp 35- 43

[68] VINCENT G., DALLAIRE S., LAUZER D. 1994. Antimicrobial properties of roots exudate of threee macrophytes: Mentha aquatica L., Phragmites australis (Cav.) Trin. and Scirpus lacustris L.. Proceedings of the 4th International Conference on Wetlands Systems for Water Pollution Control, Guangzhou, China . pp. 290–296.

[69] GUIRAUD .J.P 1998.Microbiologie alimentaire.Ed.DUNOD.p136.

الملحق

الجدول (07): يبين النسبة بين DBO5 وDCO للمياه الخارجة من الأحواض

الأحواض / الأشهر	حوض نبات *Canna Indica*			حوض الشاهد		
	DCO	DBO5	DCO/DBO5	DCO	DBO5	DCO/DBO5
ديسمبر2017	31.5	20	1.58	52.7	22	2.40
جانفي2018	35.2	30	1.17	67.1	36	1.86
فيفري2018	28.5	18	1.58	61.7	32	1.93
مارس2018	36.2	18	2.01	46.8	22	2.13
افريل2018	34	14	2.43	49	20	2.45
ماي2018	33.9	15	2.26	57.9	24	2.41

جدول رقم(08): نتائج المحصل عليها من شهر ديسمبر2017 إلى غاية شهر ماي 2018

الوسائط المقاسة / الأشهر		2017	2018				
		ديسمبر	جانفي	فيفري	مارس	أفريل	ماي
T(C°)	مياه الصرف	20.7	23.8	21.7	23.4	24.8	27.7
	النبات	15.4	13.1	15.1	21.5	20.8	19.3
	الشاهد	14.6	13.0	13.2	20.6	20.7	19.5
PH	مياه الصرف	7.43	7.62	7.84	7.85	7.88	7.78
	النبات	7.28	7.43	7.29	6.97	6.87	6.84
	الشاهد	7.66	7.94	7.84	7.80	7.68	7.69
Conductivité (ms/cm)	مياه الصرف	6.57	6.45	6.27	6.17	6.18	5.88
	النبات	7.69	7.98	7.72	9.44	13.58	16.47
	الشاهد	7.64	6.99	6.14	7.77	10.50	11.09
OX_{diss} (mg/l)	مياه الصرف	0.33	0.22	0.58	0.11	0.04	0.28
	النبات	4.39	4.22	4.87	3.88	5.76	4.10
	الشاهد	2.36	3.67	3.39	3.23	2.96	3.25
MES (mg/l)	مياه الصرف	121.6	248	165	435	548	273
	النبات	30	20	28	13	32	36.25
	الشاهد	34	90,2	136	31	56	61
DCO (mg/l)	مياه الصرف	170.6	253	182.6	177	322	109.8
	النبات	31.5	35.2	28.5	36.2	34	33.9
	الشاهد	52.7	67.1	61,7	46.8	49	57.9
NO_2^- (mg/l)	مياه الصرف	0.110	0.107	1.122	0.11	0.12	0.092
	النبات	0.007	0.010	0.006	0.013	0.010	0.005

	الشاهد	0.014	0.012	0.013	0.062	0.011	0.020
NO_3^- (mg/l)	مياه الصرف	35	31.6	33.4	16,2	29.4	15.8
	النبات	2.7	5.5	3.7	1.6	1.9	1.8
	الشاهد	6.4	5.8	4.6	2.4	2.7	02
DBO_5 (mg/l)	مياه الصرف	100	140	120	50	50	62
	النبات	20	30	18	18	14	15
	الشاهد	22	36	32	22	20	24
PO_4^{-3} (mg/l)	مياه الصرف	38.4	37.7	39.6	33.5	26.6	7.10
	النبات	6,5	1.6	1.1	2.5	0.632	0.302
	الشاهد	4.7	3.9	3.8	3.1	1.33	1.28
SEL	مياه الصرف	3.4	3.9	3.4	3.4	3.4	3.2
	النبات	4.2	4.4	3.3	5.3	7.8	9.6
	الشاهد	4.3	3.8	4.3	4.3	5.9	6.3
TDS	مياه الصرف	3.14	3.25	3.14	3.08	3.09	2.94
	النبات	3.82	3.98	3.07	4.72	6.79	8.23
	الشاهد	3.84	3.50	3.86	3.88	5.25	5.55

جدول رقم (09): جدول« Mac-Crady » [69]

Nombre de tubes positives	NPP pour100mL
001	3
010	3
100	4
101	7
110	7
111	11
120	11
200	9
201	14
210	15
211	20
220	21
221	28
300	23
301	39
302	64
310	48
311	75
312	120
320	93
321	150
322	210
330	240
331	460
332	1100
333	1400

صور بعض الأجهزة المستعملة في التحاليل

DBO_mètre

Réacteur

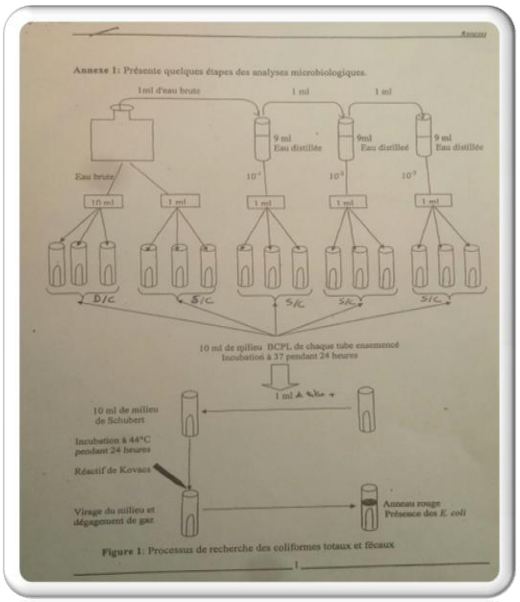
Etuve

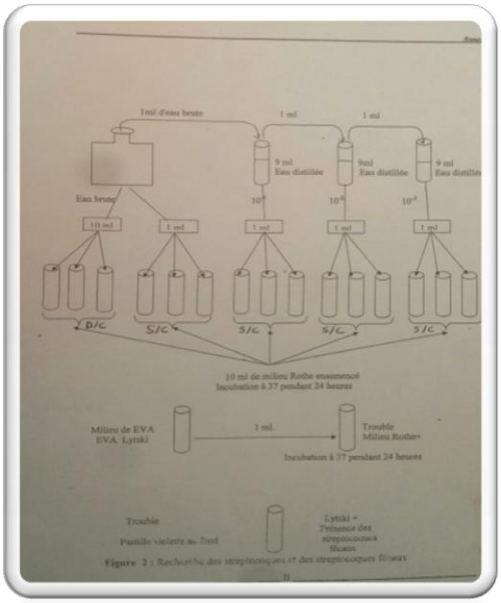
Centrifugeuses

Spectrophotomètre DR3900

Appareil pH mètre,CE,O_{2diss} mètre

طريقة تحضير التخفيفات العشرية – الإماهة -





الملـــــــــــــــــــــــــــــــخص:

الهدف من هذه الدراسة هو إثبات قدرة نبات *Canna Indica* في تنقية المياه المستعملة بنظام تدفق أفقي تحت السطح , جو جاف و حار. شملت هذه الدراسة مقارنة بين حوض مزروع بنبات *Canna Indica* وحوض غير مزروع (شاهد مع دراسة قدرة نبات *Canna Indica* على تصفية المياه المستعملة. الدراسة منجزة عبر نموذج تجريبي في منطقة تطهير المياه المستعملة الحضرية بمؤسسة الديوان الوطني للتطهير ONA بمدينة تقرت. يتكون هذا النموذج التجريبي من أحواض دائرية ذات سعة مملوءة من الأسفل إلى الأعلى ذات سعة 52 L على سمك 18cm بحصى (25/15mm) حوض مزروع بسيقان حديثة العمر بنبات *Canna Indica* بكثافة 36ساق/م^2, وحوض غير مزروع كشاهد. عملية تزويد الأحواض بالمياه المستعملة الحضرية بعد المعالجة الأولية (معالجة الفيزيائية) ب 15L في اليوم بوتيرة منتظمة مرة واحدة كل أسبوع و الماء المتحصل عليه بعد مكوثه5 أيام في الحوض يتم تجميعه عبر إناء موضوع أسفل الحوض. بعد الدراسة التي دامت لمدة ستة أشهر من ديسمبر2017 إلى شهرماي 2018 تحصلنا على إزالة الملوثات بالنسب التالية:

Nitrate(89.33 %), Ortho phosphate (93.1%)، Nitrite(96.96%),MES(91.11%),DBO_5(77.97%),DCO(83.6%) *Coliformes Fécaux* (99.98%), *Coliformes Totaux* (99.98%), *E.Coli* (99.81%), وجود النبات في الأحواض المزروعة يتسبب في إحداث قنوات عبور للمياه وبذلك لا تسبب الانسداد .

كلمات دالة : المناخ الجاف، مياه الصرف الصحي، المعالجة بالنباتات المائية، *Canna Indica* ،منطقة تقرت.

RÉSUMÉ :

L'objectif de la présente étude est de mettre en évidence les performances épuratoires de la plante *Canna indica* pour les eaux usées sous un régime d'écoulement horizontal et un climat chaud et sec (aride). Dans cette étude nous avons réalisé une comparaison entre un lit planté de *Canna indica* et un lit non planté (témoin) ainsi que l'étude de la performance de la *Canna indica* à épurer les eaux usées. L'étude est réalisée selon un pilote expérimental dans la zone d'épuration des eaux usées urbaines au sein de l'office national d'assainissement (ONA) à Touggourt. Le pilote expérimental est constitué de pots de capacité 52 litres remplis de bas en haut sur une épaisseur de 20 cm de graviers (15/25mm) de. Le pot est planté de jeunes tiges de *Canna indica* (36 tiges/m2) et l'autre pot non planté est pris comme témoin. L'alimentation des pots se fait par les eaux usées urbaines par bâchées 15 litres/jour, une fois par semaine. L'eau obtenue après 5 jours est collectée dans un récipient situé sous le pot. Après une durée d'étude qui s'est étalée sur 6muis, nous avons obtenu les résultats d'élimination des polluants avec les pourcentages suivants :MES (91.11%),DCO (83.6%),DBO_5 (77.97%), Nitrite (96.96%), Nitrate (89.33%), Ortho phosphate (93.1 %),*Coliformes Totaux* (99.98%) ,*Coliformes Fécaux* (99.98%),*E.Coli* (99.81%). L'existence de la the plante *canna Indica* dans les lits plantés permet de maintenir une porosité suffisante qui évite tout colmatage. La diminution importante des polluants et des microorganismes pathogènes nous permet d'envisager une réutilisation des eaux traitées dans l'agriculture et l'industrie.

MOTS-CLÉS : Climat aride, eau usée, macrophyte aquatique traitement, Canna indica, région de Touggourt.

SUMMARY:

The objective of the present study is to highlight the purification performance of the Canna indica plant for wastewater under a horizontal flow regime and a hot and dry (arid) climate. In this study we made a comparison between a planted bed of Canna indica and a non-planted bed (control) as well as the study of the performance of Canna indica to purify wastewater. The study is carried out according to an experimental pilot in the urban wastewater treatment area within the National Sanitation Office (ONA) in Touggourt. The experimental pilot consists of pots of capacity 52 liters filled from bottom to top on a thickness of 20 cm of gravel (15 / 25mm). The pot is planted with young Canna indica stems (36 stems / m2) and the other non-planted pot is taken as a control. The pots are fed by urban waste water per sheet of 15 liters per day, once a week. The water obtained after 5 days is collected in a container located under the pot. After a study period spread over 6 months, we obtained the pollutant elimination results with the following percentages: MES (91.11%), COD (83.6%), BOD_5 (77.97%), Nitrite (96.96%), Nitrate (89.33%), Orthophosphate (93.1%), *Coliforms Totaux* (99.98%), *Coliforms Fécaux* (99.98%), *E. Coli* (99.81%). The existence of the *Canna Indica* plant in the planted beds makes it possible to maintain a sufficient porosity which prevents any clogging. The significant reduction of pollutants and pathogenic microorganisms allows us to consider the reuse of treated water in agriculture and industry.

KEYWORDS: Arid climate, waste water, aquatic macrophyte treatment, Canna indica, Touggourt region.