وزارة التعلـيم العالـــي والبحث الـعلـمي

جامــعة قاصــدي مربـــــاح ورقــلة

كليــة الرياضيات وعلوم المادة

قسم الكيمياء

رقم الترتيب:

الرقم التسلسلي:

مذكرة مقدمة من أجل نيل شهادة الماستر أكاديمي

في الكيمياء

التخصص: كيمياء تحليلية

من إعداد الطلبة : **العربي بن النذير والعلمي نواصر**

المـوضـــوع

تقييم محطة غرداية لمعالجة المياه المستعملة بطريقة البحيرات الطبيعية (lagunage naturelle) من أجل استغلالها في المجال الزراعي

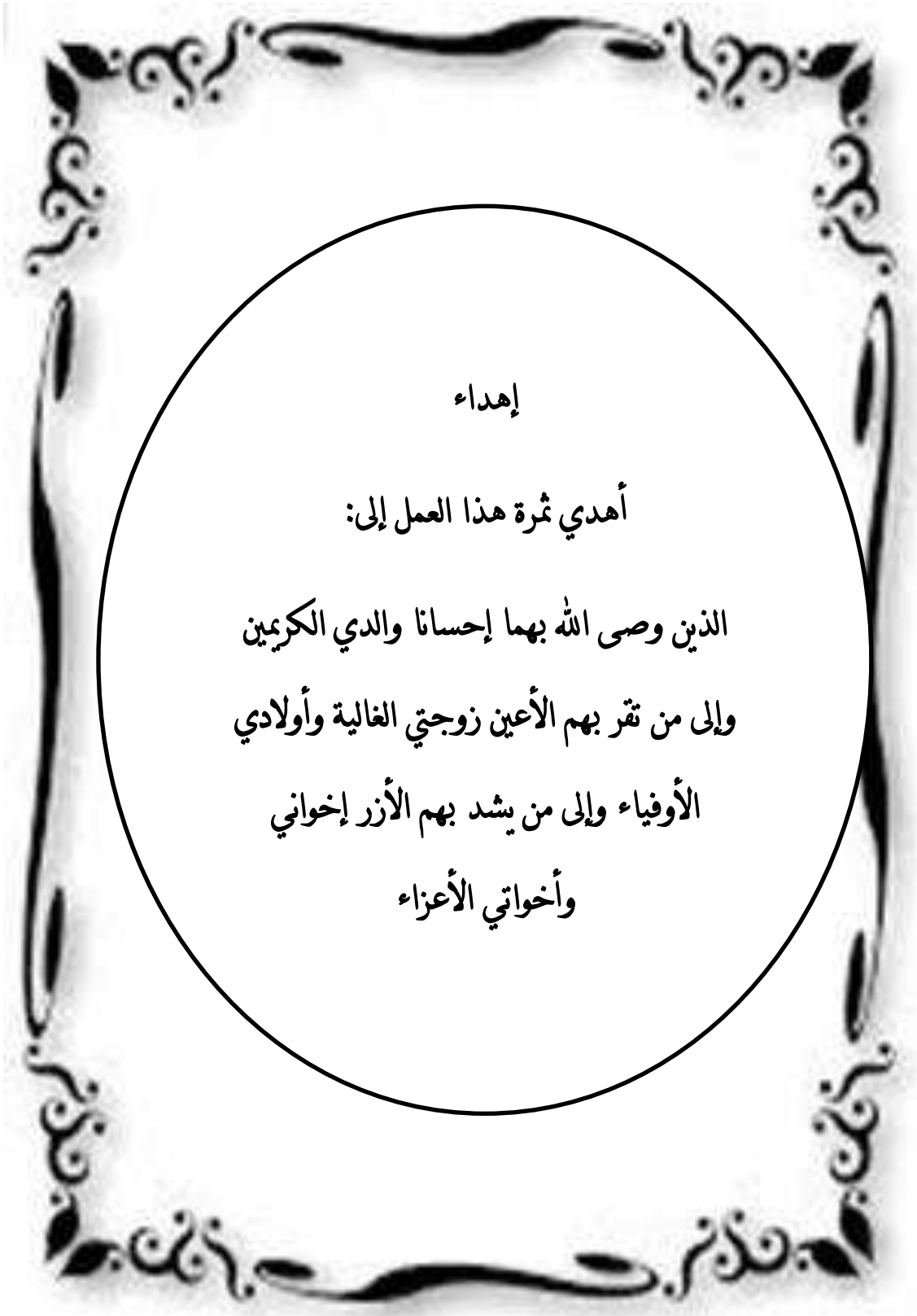
نوقشت علنا يوم: / 09/ 2020 أمام لجنة المناقشة

شاوش خولة	جامعة قاصدي مرباح ورقلة	أستاذ مساعد أ	رئيسا
بشكي محمد خالد	المدرسة العليا للأساتذة بورقلة	أستاذ محاضر قسم أ	مناقشا
العابد براهيم	المدرسة العليا للأساتذة بورقلة	أستاذ محاضر قسم أ	مشرفا
سراوي مبروك	جامعة قاصدي مرباح ورقلة	أستاذ مساعد أ	مساعدا

السنة الدراسة: 2020/2019

قال تعالى:

{ وَجَعَلْنَا مِنَ الْمَاءِ كُلَّ شَيْءٍ حَيٍّ ۖ أَفَلَا يُؤْمِنُونَ }



إهداء

أهدي ثمرة هذا العمل إلى:

الذين وصى الله بهما إحسانا والدي الكريمين

وإلى من تقر بهم الأعين زوجتي الغالية وأولادي

الأوفياء وإلى من يشد بهم الأزر إخواني

وأخواتي الأعزاء

إهداء

إلى روح والدي الذي يزداد الشوق له مع الحياة توقدا طيبة الله ثراه واسكنه فسيح جناته

إلى مهجة القلب أمي الغالية أطال الله عمرها

إلى سندي من بعد والدي "أعمامي" و"اخوتي" الذين يشد بهم الأزر

إلى العائلة الكبيرة والصغيرة

إلى جمع الأصدقاء والزملاء الذين ساعدني في مشواري الدراسي

إلى كل من علمنا حرفا اهدي لهم جميعا هذا البحث

* نواصر العلمي *

الشكر والعرفان

بسم الله وحده والصلاة وسلم على من لا نبي بعده، الحمد لله حمدا كثير مباركا فيه لتوفيقه لنا في إنجاز هذا العمل المبارك سائلين المولى عز وجل أن يجعله علما نافعا ويجعله في ميزان حسناتنا ونور لنا في الحياة. كما نتقدم بموفور الشكر والعرفان إلى كل من ساهم وتعاون معنا في إكمال هذا البحث وإنجازه في هذه الصورة، نخص بالذكر أستاذنا القدير والمشرف على هذه الدراسة الدكتور العابد إبراهيم الذي وثق بنا، فهو لم يتوان عن تقديم العون لنا، له منا جزيل الشكر، والأستاذ سراوي مبروك مساعدا نقول لهم شكرا لكم.

كما نتقدم بخالص الشكر إلى أعضاء لجنة المناقشة لمن كان فيها رئيسا ومناقشا ومراقبا والذين قبلوا منا هذا العمل المتواضع وتزكيته وعرضه للمناقشة العلنية وأيضا على الملاحظات والتوجيهات المهمة والقيمة المقدمة.

ولا يفوتنا أن نتقدم بجزيل الشكر والاحترام لكل من علمنا وتابعنا في تكويننا الدراسي وكان لنا أبا ومعلما من طور الابتدائي إلى إتمام هذه الرسالة بدرجة الماستر من معلمين وأساتذة وزملاء، ويشرفنا أيضا أن نتقدم بأسمى عبارات الشكر والامتنان إلى مدير الديوان الوطني لتطهير سماوي يوسف، وعمال محطة تصفية المياه المستعملة بكاف الدخان بدءا من رئيس المحطة السيد كاسي محفوظ، وأيضا المكلف بأعمال المخبرية السيد علال بشير، وكل العمال على حسن الاستضافة وتوفير المعلومة.

قائمة الإختصارات

الرمز	التسمية
ONA	Office National de l'Assainissement الديوان الوطني للتطهير
STEP	Station d'Epuration محطة المعالجة
OMS	Organisation Mondiale de la santé المنظمة العالمية للصحة
O.N.M	Office National de Météorologie الديوان الوطني للأرصاد الجوية
K	Constante biodégradabilité de la matière organique ثابت قابلية تحلل المواد العضوية
DBO_5	Demande biochimique en oxygène en 5 jours الطلب البيو كيميائي للأكسجين في 5أيام
DCO	Demande chimique en oxygène الطلب الكيميائي للأكسجين
CE	Conductivité Electrique الناقلية الكهربائية
Sal	Salinité الملوحة
pH	Potentiel d'hydrogène الأس الهيدروجيني
MES	Matières en suspension المواد العالقة
T	Température درجة الحرارة
O_{diss}	Oxygène dissous الأكسجين المنحل

قائمة الجداول

جدول 1 تصنيف العناصر الملوثة 13
جدول2 :ايجابيات وسلبيات مختلف طرق المعالجة المركزة 21
جدول 3 : اجابيات و سلبيات المعالجة بالبحيرت الطبيعية 26
جدول4 : دوائر والبلديات المتصلة بالمحطة 29
جدول 5: البيانات المناخية المتوسطة لسنة 2019 29
جدول6 : معلومات أساسية عن المحطة 32
جدول 7: أهم مقاييس التلوث و نقاط ومدة اخد العينات 36
جدول8 : حجم العينة اللازم لقياس DBO_5 42
جدول 9: الخصائص الفيزوكيميائية للمياه المستعملة الخم الداخلة لمحطة غرداية لسنة 2019 48
جدول 10: معامل التحلل البيولوجي لمحطة غرداية (العطف) 49
جدول 11: خصائص وسائط المياه المعالجة لمحطة غرداية لسنة 2019 50

قائمة الأشكال

الشكل 1 مسار الملوثات في النظم الزراعية..... 6
الشكل 2: مكونات مياه الصرف الصحي 11
الشكل 3: أنواع المركبات الفوسفورية وقابلية ذوبانها في الماء حسب تغير pH..... 16
الشكل 4 : رسم تخطيطي لمحطة معالجة مياه الصرف تعمل بالأسرة البكتيرية..... 19
الشكل 5: رسم تخطيطي يوضح عمل المعالجة بالحماة المنشطة..... 20
الشكل 6: مخطط لاحواض المعالجة بالنباتات ذات الجريان العمودي و الأفقي..... 22
الشكل 7: مخطط لأحواض المعالجة بالنباتات بنوعيها الأفقي و العمودي معا..... 22
الشكل 8: الية عمل الأحواض في المحطة المعالجة بالبحيرات الطبيعية..... 24
الشكل 9: مبدأ معالجة مياه الصرف الصحي عن طريق البحيرات الطبيعية 25
الشكل 10: الموقع الجغرافي لولاية غرداية..... 28
الشكل 11: الموقع الجغرافي للمحطة (Google earth, 2019)..... 30
الشكل 12: منظر جوي لمحطة..... 31
الشكل 13: جهاز الغربلة الميكانيكي..... 33
الشكل 14: شبكة ثابتة في القناة الالتفافية..... 33
الشكل 15: أحواض التركيد و ترسيب الرمال..... 33
الشكل 16: خروج المياه من احواض الترسيب..... 33
الشكل 17:أحواض المعالجة الأولية والثانوية..... 34
الشكل 18: صورة لأسرة تجفيف الحمأة..... 34
الشكل 19: صورة التفريغ النهائي في واد ميزاب..... 35
الشكل 20: عملية أخذ عينات المياه عند المخرج..... 35
الشكل 21: صورة جهاز قياس pH-metre..... 37
الشكل 22: صورة لجهاز متعدد القياسات 38
الشكل 23: صورة لجهاز Spectrophotomètre DR3900..... 41
الشكل 24: صورة لجهاز DBO mètre..... 42

الشكل 25: صورة للكواشف المستعملة في قياس الأزوت الكلي 46
الشكل 26: يوضح تغيرات درجة حرارة الهواء الشهرية لسنة 2019 51
الشكل 27: التغيرات الشهرية لدرجة حرارة المياه في المحطة لسنة 2019 52
الشكل 28: تغيرات pH عند مدخل و مخرج المحطة لسنة 2019 53
الشكل 29: تغيرات الناقلية الكهربائية عند مدخل و مخرج المحطة لسنة 2019 54
الشكل 30: التغيرات الشهرية للأكسجين المنحل (mg/l) عند مدخل و مخرج المحطة لسنة 2019 55
الشكل 31: التعيرات الشهرية للمواد العالقة (mg/l) عند مدخل و مخرج المحطة لسنة 2019 56
الشكل 32: التغيرات الشهرية ل DBO5 (mg/l) عند مدخل و مخرج المحطة لعام 2019 57
الشكل 33: التغيرات الشهرية DCO (mg/l) عند مدخل و مخرج المحطة لسنة 2019 58
الشكل 34: التغيرات الشهرية NH_4^+ (mg/l) عند مدخل و مخرج المحطة لسنة 2019 59
الشكل 35: التغيرات الشهرية للنتريت NO2 (mg/l) عند مدخل و مخرج المحطة لعام 2019 60
الشكل 36: التغيرات الشهرية للنترات NO_3^-(mg/l) عند مدخل و مخرج المحطة لسنة 2019 61
الشكل 37: التغيرات الشهرية ل NTK عند مدخل ومخرج المحطة لسنة 2019..... 62
الشكل 38: التغيرات الشهرية ل NT عند مدخل ومخرج المحطة لسنة 2019 63
الشكل 39: التغيرات الشهرية ل PO_4 عند مدخل ومخرج المحطة لسنة 2019 64
الشكل 40: التغيرات الشهرية ل PT عند مدخل ومخرج المحطة لسنة 2019..... 65

الفهرس

الإهداء 1			II
الإهداء 2			III
الشكر والعرفان			IV
قائمةالاختصارات			V
قائمة الجداول			VI
قائمة الأشكال			VII
المقدمة			1
الجزء النظري			
الفصل الأول			
I- تلوث المياه وأنواع الملوثات			9-3
	1-I مفاهيم حول تلوث المياه		3
		1-1-I تعريف التلوث البيئي	3
		2-1-I تعريف المياه الملوثة	3
	2-I أنواع التلوث وملوثات المياه		4
		1-2-I التلوث الفيزيائي	4
		2-2-I التلوث الكيميائي	5
		3-2-I التلوث البيولوجي	9
الفصل الثاني			
II المياه العادمة وطرق معالجتها			26-10

	II-1	عموميات حول المياه العادمة		10
		II-1-1	تعريف المياه العادمة	10
		II-1-2	أنواع المياه العادمة	10
		II-1-3	أنواع ملوثات المياه	12
		II-1-4	مقاييس تصنيف الملوثات في المياه المستعملة	13
		II-1-5	المعايير والتراكيز المسموح بها	17
	II-2	طرق معالجة مياه الصرف الصحي		18
		II-2-1	المعالجة الأولية	18
		II-2-2	المعالجة الثانوية	19
		II-2-3	المعالجة الثالثية	23
	II-3	المعالجة بالبحيرات الطبيعية		23
	II-4	استغلال المياه المعالجة وإعادة استخدامه		26
الجزء العملي				
الفصل الثالث				
III	وسائل وطرق الدراسة المستعملة			47-28
	III-1	تقديم منطقة الدراسة		28
		III-1-1	معلومات مناخية	29
	III-2	تقديم محطة المعالجة بالعطف		30
		III-2-1	خصائص وأبعاد المحطة	31
		III-2-2	مراحل معالجة المياه العادمة في المحطة	32
		III-2-3	أخذ العينة	35
	III-3	الوسائط الفيزيوكيميائية المقاسة		37

		1-3-III	قياس كمية الأكسجين المنحل O_2	37
		2-3-III	قياس الأس الهيدروجيني ph	37
		3-3-III	قياس درجة الحرارة T	38
		4-3-III	قياس الناقلية CE	38
		5-3-III	تحديد كمية المواد العالقة MES	39
		6-3-III	تحديد الطلب الكيميائي للأكسجين DCO	41
		7-3-III	تحديد الطلب البيو كيميائي للأكسجين DBO_5	41
		8-3-III	قياس الأمونيوم NH_4^+	43
		9-3-III	قياس النتريت NO_2^-	43
		10-3-III	قياس النترات NO_3^-	44
		11-3-III	قياس الفسفور الكلي PT	44
		12-3-III	قياس الاوثو فسفور PO_4^{3-}	45
		13-3-III	كمية النتروجين الكلي NT	46
		14-3-III	قياس النتروجين NTK	47
الفصل الرابع				
IV	النتائج والمناقشة			64-48
	1-IV		معامل التحلل البيولوجي	48
	2-IV		خصائص المياه المستعملة الخام	48
	3-IV		أداء وكفاءة إزالة الملوثات	50
	4-IV		تطور الوسائط الفيزيوكيميائية	51
		1-4-IV	تطور درجة حرارة الهواء والماء T	51
		2-4-IV	تطور الرقم الهيدروجيني ph	52

		3-4-IV	تطور الناقلية الكهربائية CE	53
		4-4-IV	تطور الأكسجين المنحل O_2	54
		5-4-IV	تطور تراكيز المواد العالقة MES	55
		6-4-IV	طلب الأكسجين البيو كيميائي DBO_5	56
		7-4-IV	طلب الأكسجين الكيميائي DCO	57
		8-4-IV	إزالة الأمونيوم NH_4^+	58
		9-4-IV	إزالة النتريت NO_2^-	59
		10-4-IV	إزالة النترات NO_3^-	60
		11-4-IV	إزالة النتروجين NTK	61
		12-4-IV	إزالة النتروجين الكلي NT	62
		13-4-IV	إزالة الاورثو فسفور PO_4^{3-}	63
		14-4-IV	إزالة الفسفور الكلي PT	64
الخـــــــــاتمة				67
المـــــــــراجع				
المـــــــــلحق				
المـــــــــلخص				

المقـــدمة

يعد الماء عصب الوجود إذ بدأت الحياة به ولا تستمر من دونه، وقد أدرك الإنسان منذ فجر التاريخ أهمية موارد الماء من أنهار وبحيرات ومياه جوفية فهو يتزود منها بالماء ويستعين به لأداء أغراضه المختلفة فالماء آية عظما من آيات الله [1] إذ تشغل المياه 70٪ من مساحة الأرض، فقط جزء صغير منها مناسبة للاستعمال البشري والزراعي (حوالي 0.5٪ من جميع المياه في العالم) [2]كما أن تلوث موارد المياه يشكل خطراً على الصحة العامة والبيئة والتوازن البيئي، وبالتالي فإن معالجة مياه الصرف الصحي ضرورة حتمية إذا أردنا حماية مواردنا المائية وأيضًا زيادتها من خلال إعادة تدوير مياه الصرف الصحي المعالجة لاستخدامها في الأغراض الصناعية أو الزراعية.

لاختيار طريقة المعالجة المناسبة يجب النظر إلى عدة عوامل منها المناخ، طبيعة مياه الصرف، وكذا التكلفة، هذه العوامل وغيرها جعلت الكثير من الدول تتخلى عن اعتماد المحطات التقليدية كالمعالجة بالحمأة المنشطة مثلا ولجأت إلى الطرق الحديثة المعتمدة على التنقية الذاتية التي تحدث تلقائيا في المسطحات المائية. من أهم هذه الطرق المعالجة بالبحيرات الطبيعية، هذه الأخيرة أقل انتشارا لكنها في الآونة الأخيرة لاقت رواجا كبيرا لكلفتها المنخفضة وكونها صديقة للبيئة وموثوقة، بالإضافة إلى أنها فعالة في المناطق الريفية ذات المناخ الجاف وشبه الجاف[3] الأمر الذي جعل الدولة الجزائرية تقوم بإنجاز محطة غرداية. وهي واحدة من بين 75 محطة تعمل بالبحيرات (الطبيعية و المهوات) من اصل 154 محطة على مستوى تراب الوطن. [4] إذ تبلغ قدرة المحطة اليوم 25000 متر مكعب في اليوم، أي ما يعادل 168323 مكافئ / نسمة ويمكن أن تصل إلى 46400 متر مكعب في اليوم، أي ما يعادل 331700 مكافئ / نسمة بحلول عام 2030. المحطة تعالج المياه المستعملة الحضرية، التي تصرف في وادي ميزاب.

تتكون محطة المعالجة بالبحيرات الطبيعية من أحواض اصطناعية متسلسلة مع وجود عازل مقاوم للماء، تملأ بالمياه الخام عن طريق التدفق بفعل الجاذبية، وهي ثلاثة أنواع: اللاهوائية والهوائية وأحواض النضج (maturation). تعمل هذه الأحواض بنظام ذاتي متكامل بين مختلف الكائنات المتواجدة التي تتكون من البكتيريا (الهوائية و اللاهوائية) والفطريات والطفيليات والطحالب والعوالق والأسماك والنباتات وما إلى ذلك، تعمل هذه الكائنات المختلفة على القضاء على الملوثات الموجودة في مياه الصرف. [5]

إن الهدف الأساسي من عملنا هو معرفة تأثير المياه المعالجة الصادرة عن المحطة المدروسة على الوسط البيئي ومدى إمكانية استغلالها في السقي الزراعي. للإجابة عن هذا السؤال الجوهري لا بد من:

1) التعرف على الخواص الفيزيائية والكيميائية للمياه المستعملة قبل وبعد المعالجة.
2) بيان تأثير التغيرات الفصلية على الخواص الفيزيائية والكيميائية لمياه محطة المعالجة المدروسة.
3) بيان جودة المياه بعد المعالجة ومقارنتها بالمعايير الدولية والمحلية الخاصة بالري.
4) بيان كفاءة المحطة في إزالة محددات التلوث من المياه الصادرة اليها.

لتحقيق الأهداف المذكورة آنفا، قسمنا بحثنا إلى جانب نظري وآخر عملي تسبقهما مقدمة وتليهما خاتمة وبعض التوصيات.

- ✓ الجزء النظري
  - الفصل الأول: عرضنا فيه عموميات حول تلوث المياه وأنواع الملوثات.
  - الفصل الثاني: مياه الصرف الصحي وطرق معالجتها.
- ✓ الجزء العملي
  - الفصل الثالث: تقديم منطقة الدراسة والمحطة مع سرد المعلومات المناخية. ثم شرحنا الطرق والوسائل المستعملة.
  - الفصل الرابع: جمع النتائج ومناقشتها.

الجـــــزء

النظـــــري

الفصل الأول

تلوث المياه وأنواع الملوثات

I-1 مفاهيم حول تلوث المياه

I-1-1 تعريف التلوث البيئي

البيئة هي الوسط المحيط بالإنسان والذي يشمل كافة الجوانب المادية وغير المادية الملائمة للحياة الطبيعية، ولكن للأسف تم العبث بنظامها الحيوي والإخلال به بسبب تلوثها جراء الاستخدامات غير المشروعة والنشاطات اليومية التي يقوم بها الإنسان، فان أردنا تعريف التلوث لا نجد تعريف ثابت ومتفق عليه ولكن هنالك عدة اقتراحات تدور في نفس المعنى، تسمح لنا بتعريف التلوث على انه :

- كل تغيير كمي أو كيفي في مكونات البيئة الحية أو غير الحية لا تقدر الأنظمة البيئية على استيعابه دون أن يختل اتزانها أي إدخال مادة غريبة غير مألوفة بطريق مباشر أو غير مباشر إلى الأوساط البيئية (هواء، مياه، وتربة)، وتؤدي هذه المادة الدخيلة عند وصولها لتركيز ما بحداث تغيير في الخواص الفيزيوكيميائية أو البيولوجية المميزة لتلك الأوساط. مما يضر بالكائنات الحية بشتى أجناسها [6][7]
- أو نقول هو إحداث تغير في البيئة التي تحيط بالكائنات الحية بفعل الإنسان وأنشطته اليومية مما يؤدي إلى ظهور بعض الموارد التي لا تلائم المكان الذي يعيش فيه الكائن الحي ويؤدي إلى اختلاله. والإنسان هو الذي يتحكم بشكل أساسي في جعل هذه الملوثات إما مورداً نافعاً أو تحويلها إلى موارد ضارة فمثلاً نجد أن الفضلات البيولوجية للحيوانات تشكل مورداً نافعاً إذا تم استخدامها مخصبات للتربة الزراعية، أما إذا تم التخلص منها في المياه ستؤدي إلى انتشار الأمراض والأوبئة.

I-1-2 تعريف المياه الملوثة

يعتبر مصطلح تلوث المياه مصطلحا مرنا مما يجعل حصره في تعريف واحد من الصعوبة بمكان، لهذا السبب وجدت عدة تعريفات تختلف في لفظها لكن تتفق في مضمونها، تحت هذا العنوان سوف نسرد أشملها وأكثرها وضوحا كما يلي:

- نقصد بتلوث المياه حدوث أي تغير في الخواص الأساسية المكونة للماء، من تغير في حالته الفيزيائية (رائحة واللون ودرجة الحموضة ودرجة الحرارة...) والكيميائية (نترات والفسفات والكلور والحديد....) والبيولوجية (البكتيريا النافعة والدقائق الحية التي تساد في جودة المياه) المرئية والغير مرئية بفعل إقحام مواد ضارة أو زيادة في تراكيز أحد أو مجموعة العناصر

المكونة له إلى حد ما، بحيث تصبح هذه المياه غير صالحة للاستعمال من طرف الكائنات الحية. أو تقلل من جودتها ومنه تضيق دائرة استعمالها. [6]

تتأثر البيئة المائية بالأوساط المحيطة مثل الهواء والتربة لما لها من علاقة مباشرة ببعضها فتلوث أي واحد منها يسبب تلوث الآخر.

- أو نقول تلوث المياه نتيجة دخول مواد كيميائية أو أيّ مادة خطيرة إلى المياه، مثل: مياه الصرف الصحي، والمعادن مثل الزئبق، أو الأسمدة والمبيدات الحشرية الناتجة من الصرف الزراعي، وغيرها. [7]
- كما يعرف الماء الملوث بأنه الماء الذي لا يملك المواصفات العالية التي تسمح باستعماله في متطلبات حياة الإنسان خاصة الشرب ثم الاستخدامات الأخرى. [8]
- عرف المشرع الجزائري في الفقرة التاسعة من المادة رقم 04 من القانون رقم 10/03المتعلق بحماية البيئة في إطار التنمية المستدامة أنه: "إدخال أية مادة في الوسط المائي، من شأنه أن تغير الخصائص الفيزيائية والكيميائية و/أو البيولوجية للماء، وتتسبب في مخاطر على صحة الإنسان، وتضر بالحيوانات والنباتات البرية والمائية وتمس بجمال المواقع، أو تعرقل أي استعمال آخر للمياه. [9]

بعدما عرفنا تلوث المياه نتطرق الآن إلى أنواع التلوث مع ذكر الملوثات المسببة لكل نوع.

I-2 أنواع التلوث و ملوثات المياه

توجد العديد من التقسيمات لتلوث المياه وتختلف هذه التقسيمات حسب العامل المعتبر في التقسيم، سنحاول أن نقسم التلوث إلى ثلاث أنواع حسب تأثير الملوثات على حالة المياه إلى تلوث فيزيائي كيميائي وبيولوجي.

I-2-1 التلوث الفيزيائي

هو تغير الحالة الفيزيائية والمواصفات القياسية للماء كدرجة الحرارة والملوحة والناقلية الكهربائية و/أو زيادة المواد الصلبة سواء كانت مترسبة أو عالقة وينقسم إلى:

أ- التلوث الطبيعي

ويحدث بسبب مواد صلبة معلقة مثل الطين (سلكيات الألمنيوم) والمواد غير الذائبة أو عن طريق مواد مترسبة مثل الرمال (SiO_4). هذه المواد تنجرف إلى المسطحات المائية عن طريق السيول والأمطار والرياح، حيث تعمل المواد المعلقة على منع وصول الضوء مما يعيق عملية التركيب الضوئي فضلا عن كونها تجعل المياه غير صالحة للاستعمال المنزلي والصناعي، أما المواد المترسبة فهي تضر بالكائنات

الحية الموجودة في القاع مثل المرجان والقواقع والديدان وغيرها كما أنها تعمل على ملء الخزانات وطمر الشواطئ و الموانئ مما ينجم عنه خسائر مالية. [8]

ب- التلوث الحراري

يعرف بأنه ارتفاع درجة حرارة المسطحات المائية بفعل مصادر مختلفة، منها ما هو طبيعي كتدفق حمم البراكين ومنها ما هو ناتج عن صرف المياه المستعملة في تبريد المولدات الكهربائية والمنشئات النووية وصناعة الحديد والصلب ومعامل تكرير النفط وغيرها من الصناعات التي تطرح كميات هائلة من المياه الساخنة في المسطحات القريبة منها. مما يسبب نقص في كميات الأكسجين المذاب، وكذا حدوث تفاعلات كيميائية نظرا لتوفر الشروط التيرموديناميكية، كل هذا يؤثر على الكائنات الحية الدقيقة والبكتيريا والنباتات المائية والأسماك. [8]

ت- التلوث الإشعاعي

هو من أخطر أنواع التلوث، وينتج عن وصول المواد المشعة للمياه بطريقة مباشرة، حيث توجد هذه المواد بصورة طبيعية في البيئة، أو بطريقة غير مباشرة وهي الأكثر، يكون مصدرها من المفاعلات النووية المستعملة من أجل صناعة الأسلحة أو لتوليد الطاقة الكهربائية. و كذا حفظ النفايات المشعة في أعماق البحار كل هذا يؤدي إلى رفع تركيز هذه المواد في المياه [8] [10]

ومن أهم هذه المواد المشعة وأخطرها على البيئة الثوريوم-320 والراديوم-226 واليورانيوم 237 حيث تتسرب إلى البيئة الطبيعية بفعل الأمطار [8]

I-2-2 التلوث الكيميائي

ينتج عن تغير الحالة الكيميائية للمياه من درجة الحموضة pH أو زيادة تراكيز الأنواع الكيميائية كالأملاح والأحماض والمعادن وذلك بسبب النشاطات الصناعية والزراعية وغيرها ويضم أكثر أنواع الملوثات، نذكر منها:

أ- التلوث بالمخلفات الصناعية

وهي مركبات خطرة على النظم البيئية. حيث تقوم المنشآت الصناعية بصرف مخلفاتها الصلبة أو السائلة أو الغازية بطريقة عشوائية، وتكمن خطورتها في احتوائها على مركبات كيميائية سامة، ومما يزيدها خطورة أن أغلبها شديد الثبات أي أنها لا تتحلل في ظروف الطبيعية، وأن لها أثر تلوثي طويل المدى، ومن أهم هذه المواد نجد: الأحماض، القواعد، المنظفات الصناعية، الأصباغ، مخلفات المدابغ، بعض

مركبات الفسفور والكثير من المعادن الثقيلة السامة مثل الرصاص والزئبق والزرنيخ مما تتسبب في تلوث شديد للمياه التي تلقى فيها. [11]

ب- التلوث بالمبيدات

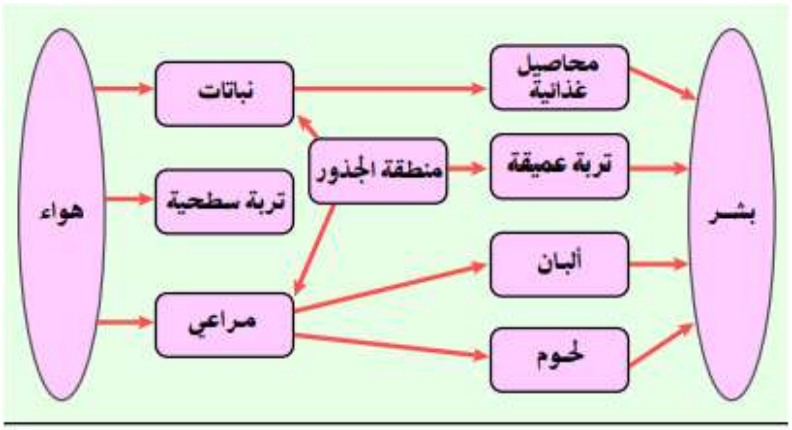
المبيدات هي مجموعة واسعة من المركبات العضوية وتنقسم إلى:

1. مبيدات الحشرات Insecticides: مثل الهيدروكربونات الكلورية وDDT والكلورين ومركبات أخرى.
2. مبيدات الأعشاب :Herbicidesمثل الأميترول والبراكوت وغيرها. [8]

تحتوي هذه المبيدات على مركبات كيمياوية معقدة غير قابلة للتفكك في الطبيعة إلا بشروط خاصة وبفترات زمنية متباينة، ينجر عنها تسمم الكائنات الحية المائية بالدرجة الأولى ثم تنتقل هذه المواد عبر السلسلة الغذائية فيصل ضررها إلى الحيوان والإنسان، أوقد تصل للإنسان عن طريق الغذاء (المنتجات الزراعية خاصة الألبان)

بينت الدراسات أنه خلال 35 سنة الأخيرة رشت أكثر من 1.5 مليون من مادة DDT في دول حوض البحر المتوسط نتج عنه انخفاض في احتياطي الأسماك به. [10]

الشكل التالي يبين كيفية وصول المواد السامة الموجودة في المبيدات للإنسان



الشكل 1 مسار الملوثات في النظم الزراعية [12]

ت- التلوث بالأسمدة

هناك ثلاث أنواع رئيسية من الأسمدة الكيميائية وهي الأسمدة النيتروجينية والفوسفاتية والبوتاسية، إلى جانب مجموعة رابعة شاع استخدامها مؤخرا وهي أسمدة العناصر الصغرى، الإسراف في استخدام هذه الأسمدة والمخصبات الزراعية بهدف زيادة الإنتاج الزراعي دون الالتزام بالمعدلات القانونية والتي لا يستفيد النبات إلا بالمعدل الطبيعي منها. أما الكميات الزائدة منها تذوب في مياه الري ومياه

الصرف الزراعي ويذهب جزء كبير منها إلى المياه السطحية والمياه الجوفية مما ينجم عنه أضرار كبيرة إذ تتحول الأسمدة النيتروجينية إلى أيون النترات الذي يسبب مشاكل صحية خطيرة، وفي دراسة أجريت في كوريا لتقفي بعض أضرار التسميد في حقل أرز، تبين أن التسميد الآزوت يزيد من معدل تسرب مشتقات النتروجين كالأموني(NH_3) والأمونيوم(NH_4) والنترات(NO_3^-) والنتريت(NO_2^-) وفي دراسات أخرى كثيرة، تبين وجود علاقة وثيقة بين مياه الشرب الملوثة بمشتقات نتروجينيه، ومخاطر الإصابة بسرطان البنكرياس والدماغ والمعي الغليظ والمثانة والغدة الدرقية . [13]

أما المركبات الفوسفورية فإنها تؤدى إلى ترسيب بعض العناصر النادرة الموجودة في التربة الزراعية والتي يحتاجها النبات في نموه وتحويلها إلى مواد عديمة الذوبان في الماء. [14]

ث- التلوث بالمخلفات النفطية

يعد النفط من أكثر مصادر التلوث المائي انتشارا وتأثيرا. ويرجع هذا التلوث إلى عدة أسباب نذكر منها:

1) الحوادث التي تحدث أثناء عمليات الحفر والتنقيب في البحار والمحيطات.
2) تسرب النفط إلى البحر أثناء عمليات التحميل والتفريغ بالموانئ النفطية.
3) تسرب النفط الخام بسبب حوادث التآكل في الجسم المعدني للناقلة .
4) إلقاء ما يعرف بمياه الموازنة الملوثة بالنفط في مياه البحر.
5) الحوادث البحرية بمختلف مسبباتها وخير مثال ما حصل على الشواطئ السعودية نتيجة حرب الخليج سنة 1991، وكذا تسرب 350 ألف برميل من النفط من الناقلة الفرنسية كول، قرب السواحل اليمنية سنة 2002.
6) تسرب أنابيب النفط القريبة من الشواطئ والبحيرات. [15]

بالنسبة للجزائر يقدر حوالي 100 مليون طن من المحروقات تمر سنويا بالقرب من الشواطئ الجزائرية وأن 50مليون طن يتم شحنها سنويا إبتداءا من الموانئ الوطنية وأن 10آلاف طن منها تفقد وتتسرب إلى البحر أثناء هذه العملية [16] وحجم ما تصبه كبريات الناقلات في عرض البحر من مياه التوازن ومخلفات عمليات التنظيف بنحو 12 ألف طن في السنة والموانئ الجزائرية سيئة التجهيزات حاليا من حيث محطات إزالة هذه الملوثات، هذا ما يثير قلقا متزايدا من تلوث محتمل جراء تسرب المواد النفطية بما يهدد أمن الشريط الساحلي الجزائري وأشارت لجنة " تل بحر" إلى تسجيل 11 حادثا على مستوى السواحل ما بين سنتي 2003 ،2007 ما بين العاصمة، سكيكدة، جيجل وأرزيو [17]

ويظهر تأثير النفط على تلوث الماء من خلال تشكيل طبقة عازلة تعيق التبادل الغازي بين الهواء والماء، مما يجعل عملية التشبع بالأوكسجين عملية صعبة جدا ومن ثم التأثير على حياة الكائنات الحية الحيوانية والنباتية حيث تهدد التسربات النفطية الكائنات الحية البحرية بصفة عامة في المناطق المتضررة كالأسماك والسلاحف والطيور والشعاب المرجانية وغيرها من أحياء البحار والمحيطات، وقد يصل الضرر إلى الشواطئ بفعل الرياح والأمواج.

وذكر التقرير العالمي الثالث لبرنامج البيئة التابع للأمم المتحدة أن كوكب الأرض يقف على مفترق طرق، فربع الثدييات في العالم و12 %من الطيور تواجه بالفعل خطر الفناء، وبحار العالم معرضة بالفعل لتهديد حقيقي بسبب التلوث، وثلث المخزون العالمي من الأسماك يصنف الآن باعتباره ناضبا أو معرضا للخطر [18]

ج- التلوث بالأمطار الحمضية

تعد ظاهرة الأمطار الحمضية وليدة الثورة الصناعية، وتعرف على أنها تلك الأمطار الملوثة بأكاسيد النتروجين وأكاسيد الكبريت، بحيث لاحظ العالم السويدي "سفانت أودين " أن الأمطار التي تتساقط تزداد حموضتها عبر الزمن مما يؤثر على صحة الإنسان والحيوان، خاصة أن هذه الأمطار تذيب مواد سامة موجودة في التربة مثل الزئبق والرصاص. [19]

أكاسيد الكبريت تنتج من تحول غاز ثاني أكسيد الكبريت في الهواء إلى ثالث أكسيد الكبريت بتفاعل كيميائي ضوئي هذا الأخير يتحد مع قطرات الماء بفعل الرطوبة الجوية ليكون حمض الكبريتيك وفق المعادلة التالية:

$$S + O_2 \xrightarrow{\text{احتراق}} SO_2$$

$$SO_2 + O_2 \xrightarrow{\text{ضوء}} SO_3$$

$$SO_3 + H_2O \longrightarrow H_2SO_4$$

ثاني مسبب للأمطار الحمضية هي أكاسيد النتروجين واهمها أول أكسيد النتروجين.NO ويتكون من اتحاد النتروجين بالأكسجين في الهواء الجوي بفعل حرارة احتراق الوقود $N_2 + O_2 \rightarrow 2NO$

يتحد أول أكسيد النتروجين بالأكسجين في درجات الحرارة العالية مكونا ثاني أكسيد النتروجين:

$$2NO + O_2 \rightarrow 2NO_2$$

كما يمكن أن يتكون ثاني أكسيد النتروجين بالتفاعل مع الأكسجين مباشرة: $N_2 + 2O_2 \rightarrow 2NO_2$

ثاني أكسيد النتروجين غاز بني مصفر يتفاعل مع الماء مكونا حمض النتريك HNO_3 وحمض النتروز HNO_2 اللذان يشكلان مصدر للتلوث بالأمطار الحامضية . [20]

I-2-3 التلوث البيولوجي

و يعرف على أنه وجود أحياء دقيقة (بكتيريا، فيروسات أو طفيليات) أو وجود أحياء نباتية كالطحالب بكميات كبيرة في الماء تتسبب في تغير طبيعة المياه ونوعيتها وتؤثر على سلامة مستخدمها [21].

من أهم الملوثات التي تتسبب في وجود هذه المكروبات هي فضلات الإنسان والحيوان (البراز والبول والعرق) والتي تصل إلى المياه عن طريق تسربات الصرف الصحي والزراعي.

الفصل الثاني

المياه العادمة وطرق معالجتها

II-1 عموميات حول المياه العادمة

II-1-1 تعريف المياه العادمة

المياه العادمة، والتي تسمى أيضًا مياه الصرف أو النفايات السائلة، هي المياه التي من المحتمل أن تلوث البيئة التي يتم تصريفها فيها. [22] هذه المياه مملوءة بالمخلفات العضوية والمعدنية، قد تكون قابلة للذوبان أولا، عادة ما تنتج عن النشاط البشري سواء في الاستعمال المنزلي أو الصناعي أو الزراعي.

II-1-2 أنواع المياه العادمة

تقسم المياه حسب درجة تلوثها إلى مياه رمادية وسوداء، المياه الرمادية تحتوي على ملوثات قليلة وتأتي على سبيل المثال من أصل محلي، ناتج عن غسل الأطباق والملابس واليدين والحمامات أما المياه السوداء، فهي تحتوي على مواد مختلفة أكثر تلويثًا وأكثر صعوبة في إزالتها، مثل البراز ومستحضرات التجميل وجميع أنواع المنتجات الثانوية الصناعية المخلوطة بالماء بالإضافة إلى مياه الأسطح و الطرقات، إلا أنه في الغالب تقسم المياه العادمة حسب مصادرها إلى: المياه المنزلية- المياه الصناعية- المياه الزراعية – مياه المجاري و الأسطح. [22]

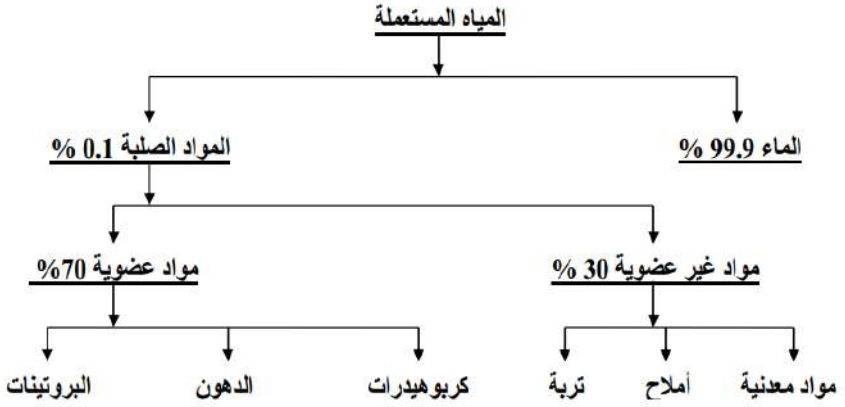
أ- المياه المنزلية:

تأتي مياه الصرف الصحي المنزلية من استخدام مياه الشرب في معظم الحالات من قبل الأفراد لتلبية جميع الاستخدامات المنزلية. غالبا تكون المنازل في منطقة الصرف الصحي الجماعي، لذلك ينتهي الأمر بالمياه المنزلية في المجاري. هناك عموما نوعان من المياه العادمة المنزلية التي تدخل على حد سواء في نظام الصرف الصحي:

مياه التنظيف: تحتوي على مواد معلقة (الرمال والأتربة وبقايا الخضروات والحيوانات، والدهون ، والألياف) والمواد الذائبة (الأملاح المعدنية والمواد العضوية المختلفة). [23]

مياه الصرف الصحي :وهي المياه الصادرة عن المراحيض، تحتوي على المواد المعدنية والسليلوز والدهون وبروتينات اليوريا وحمض اليوريك والأحماض الأمينية والأحماض الدهنية والكحول والكربوهيدرات. [23]

تتكون مياه الصرف المنزلي من مكونات أساسية وهي كالتالي:



الشكل 2: مكونات مياه الصرف الصحي [24]

ب- المياه الصناعية

وهي تختلف اختلافا كبيرا عن مياه الصرف الصحي المنزلية. وتختلف خصائصها من صناعة إلى أخرى. وبالإضافة إلى المواد العضوية النيتروجينية أو الفوسفورية، فإنها قد تحتوي أيضاً على منتجات سامة أو مذيبات أو معادن ثقيلة أو ملوثات عضوية ميكرو مترية أو هيدروكربونات.

ت- المياه الزراعية

وهي المياه الصادرة عن السقي الزراعي والري والتي تكون ملوثة بالأسمدة ومبيدات الحشرات ومبيدات الأعشاب، وكذا المواد العضوية الناتجة عن بقايا النباتات وفضلات الحيوانات.

ث- مياه الأسطح والمجاري

وتشمل كل من مياه الأمطار الساقطة على الأسطح وغسيل الشوارع والتي تتجمع في البالوعات. يضاف اليها ما يعرف بمياه الرشح وهي مياه السيلان التي تدخل إلى مواسير الصرف خلال الوصلات غير المتقنة أو من خلال الماسورة نفسها. حيث تحمل معها الرمال والبقايا العالقة، هذه المياه قد تصرف في قنوات خاصة ثم تلقى في الوسط البيئي مباشرة لأنها غير ملوثة، لكن في الغالب تكون البالوعات متصلة بقنوات الصرف الصحي.

II-1-3- طبيعة الملوثات في المياه

تضم المياه المستعملة عدد كبيرا من المركبات صلبة كانت أو منحل في الماء، وتختلف باختلاف مصدرها:

أ- **المواد الصلبة العالقة (MES)** :هي مواد صلبة يزيد حجمها على 10µm و لها كثافة أكبر من كثافة الماء، تكون طافية أو مترسبة حسب حركة المياه؛ أما طبيعة الأجسام المعلقة فهي إما معدنية مثل الرمال والتراب، أو عضوية كبقايا النباتات والحيوانات أو حيوية مثل البكتيريا. [25] [26].

ب- **المواد الغروية (Matières colloïdales):** حجمها أقل من 1ml، وهي مواد منحلة في الماء، تكون بين الحالتين الصلبة والذائبة، مشحونة كهربائيًا بنفس الشحنة، تخلق مجالات مغناطيسية طاردة، يتم تحطيمها بواسطة التحلل البيولوجي.

ت- **المواد الصلبة المنحلة:** ومنها أملاح معدنية منحلة (كلوريدات، كبريتات، كربونات.)، ومركبات عضوية طبيعية ناتجة عن انحلال البقايا النباتية والحيوانية [25].

ث- **المعادن الثقيلة:** نذكر منها (الحديد، النحاس، المغنيزيوم والكروم ...الخ) ومن أخطرها (الرصاص، الزرنيخ، الزئبق، الكاديوم والنيكل) تتواجد بنسبة µg/l ولها مصادر عديدة، عادة ما تترسب في الحمأة فيجعلها أكثر سمية مما يزيد في خطورة استعمالها في المجال الزراعي.

ج- **الغازات المنحلة**: تحتوي المياه على غازات ذائبة مثل الأكسجين وثاني أكسيد الكربون وغاز كبريتيد الهيدروجين الناتج عن تحلل المواد العضوية وغير العضوية.

ح- **الأحياء الدقيقة:** وهي الأجسام الحية الدقيقة كالفيروسات والبكتيريا والطحالب..... وهي المسؤولة عن تفكيك المادة العضوية الموجودة في الماء.

التصنيف حسب	الملوثات
الحجم	• مواد قابلة للإزالة أو عائمة • مواد معلقة • المواد الغروية • مواد قابلة للذوبان
قابلية الذوبان	• مواد قابلة للتحلل الحيوي • قابل للتحلل بسهولة • قابل للتحلل ببطء • مواد غير قابلة للتحلل الحيوي
التركيب الكيميائي	• المواد العضوية • المواد غير العضوية

جدول (1) تصنيف العناصر الملوثة [27]

II-1-4 مقاييس تصنيف الملوثات في المياه المستعملة

II -1-4-1- المقاييس الفيزيائية

أ- درجة الحرارة $T(C^0)$

هي مؤشر مهم لمعرفة مدى تلوث المياه، حيث يؤثر على:

- ذوبانية الأملاح والغازات، خاصة الأكسجين المنحل.
- تكاثر الكائنات الحية الدقيقة ، وبالتالي تؤثر على التنقية البيولوجية [28]

ب- الدليل الهيدروجيني(pH)

هو تركيز أيونات H^+ في الماء، يتحكم pH في عددًا كبيرًا من التوازنات الفيزيائية والكيميائية، كما أن معظم البكتيريا تنموا في نطاق pH بين 5 . 9 والأفضل بين 6.5 و 8.5 تؤثر قيم الأس الهيدروجيني الأقل من 5 أو الأعلى من 8.5 على نمو وبقاء الكائنات الحية الدقيقة المائية وفقًا لمنظمة الصحة العالمية. [22]

ت- الناقلية الكهربائية

متعلقة بشوارد الأملاح الموجودة في الماء حيث تربطهما علاقة طردية لذا فان الناقلية الكهربائية تعطي فكرة عن ملوحة الماء. والاختلافات في هذا الأخير قد يؤثر على المعالجة البيولوجية.

ث- اللون والرائحة

مياه الصرف الصحي الخام العادية لونها رمادي، أما اللون الأسود يرجع إلى تحلل جزئي للمواد العضوية الذائبة أو الغروية، في حين فإن المركبات الكيميائية القابلة للذوبان تغير كذلك لون المياه.

أما الرائحة فان مياه الصرف الصحي الحديثة لديها رائحة لطيفة وليست قوية. الرائحة الكريهة ترجع إلى المياه التي بدأت في التخمر عن طريق الركود إما في نظام الصرف الصحي أو قبل التفريغ في القنوات. [29]

ج- العكارة

العكارة هي مقياس لمرور الضوء خلال الماء و يرجع تعكر الماء إلى وجود جزيئات معلقة، خاصة الغروية مثل: الطين، الطمي، حبوب السليكا، المواد العضوية، وكلما كانت نسبة العكارة أقل كانت المعالجة أكثر كفاءة. [22]

ح- المواد العالقة MES

تمثل المواد غير الذائبة و الموجودة في مياه الصرف و تضم المواد العضوية (MVS) و المعدنية(MMS) ويرمز لها MES وتعرف بالعلاقة التالية:

$$\mathbf{MES = 30\% MMS + 70\% MVS}$$

المواد المتطايرة المعلقة Matières volatiles en suspension (MVS): وتمثل المواد العضوية يتم الحصول عليها عن طريق كلسنة MES في درجة حرارة $525\ C^0$ لمدة ساعتين.

الفرق في وزن MES عند $105C^0$ ووزنها عند $525\ C^0$ يعطينا وزن MVS ب mg/l.

المواد المعدنية المعلقة Matières minérales (MMS): يتم الحصول عليها من وزن العينة بعد الكلسنة، إن وفرة المواد المعدنية المعلقة في المياه تزيد من التعكر، وتقلل من السطوع، وبالتالي تقلل من عملية التركيب الضوئي التي تساهم في تجديد وتنقية المياه. [30]

II-1-4-2 المقاييس الكيميائية

أ- الطلب البيو كيميائي للأكسجين

يشير الطلب البيو كيميائي للأكسجين (DBO5) إلى كمية الأكسجين (O2) المستهلكة في ظل ظروف اختبار الحضانة لمدة خمسة (05) أيام عند درجة حرارة 20 درجة مئوية في الظلام، من أجل التحليل البيولوجي لبعض المواد العضوية في الماء، معدلDBO5 في المياه المستعملة المنزلية (150- 500) mg/l.

يوفر لنا هذا المؤشر معلومات هامة على:

1) الوقت الضروري للتنقية البيولوجية وكمية الأكسجين اللازم.
2) نسبة التلوث بالمواد العضوية.
3) معرفة قدرة الوسط على القيام بعملية التنقية الذاتية. [26] [25]

ب- الطلب الكيميائي للأكسجين DCO

يعرف بأنه مقدار الأكسجين المستهلك من أجل أكسدة كيميائية للمواد العضوية والمعدنية المذابة في واحد لتر من الماء [31]

$$\text{Composé organiques} + Cr_2O_7^{-2} \xrightarrow{\text{Catalyseur}} CO_2 + H_2O + 2\,Cr^{+3} + H^+$$

ومن أجل أكسدة هذه المواد تستعمل مؤكسدات قوية مثل ثاني كرومات البوتاسيوم في وسط حامضي في وجود كبريتات الفضة وثاني كبريتات الزئبق (كلوريدات معقدة)، تسخن لمدة ساعتين، وبقياسDCO يمكن الحصول على نتائج سريعة، كما أن هذه العملية لا تحتاج إلى حضن العينات [25]

ت- العناصر المغذية

من بين العناصر الموجودة في المياه، هناك عنصران مهمان للغاية لأنهما ضروريان لوجود الكائنات الدقيقة والنباتات في البيئة المائية. هما النيتروجين N والفوسفور P [22].

الأزوت N: يوجد النيتروجين في عدة أشكال. أنواع النيتروجين الأكثر أهمية في معالجة مياه الصرف الصحي هي: النيتروجين الكلي (TN)، إجمالي النيتروجين (NTK Kejeldahl)، النيتروجين العضوي (ORG-N). أما بالنسبة للنيتروجين المعدني (الأمونيا NH_4^+ والنترات NO_2^- والنتريت NO_2^-)

إجمالي النيتروجين (NTK Kejeldahl): وهو مجموع نيتروجين النشادر والنيتروجين المرتبط عضويًا، ولكنه لا يشمل النيتروجين من النترات أو النتريتات.

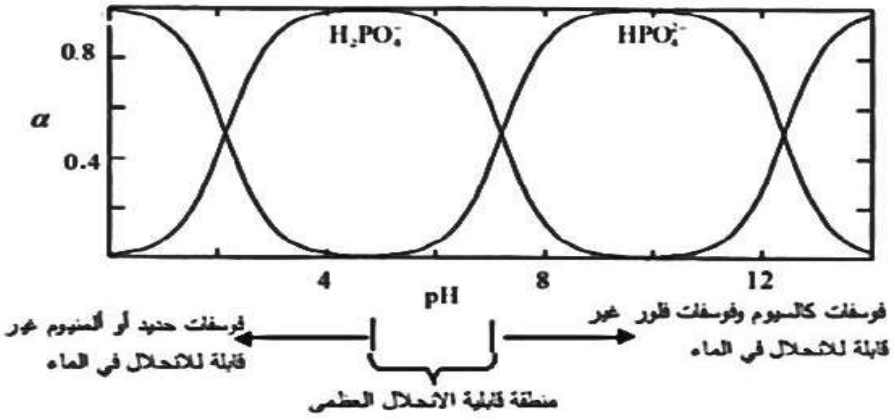
$$NTK = NH_3 + org\text{-}N$$

النيتروجين الكلي (NT): هو مجموع النيتروجين من النترات (NO^{3-}) والنتريت (NO^{2-}) والأمونياك (NH_3-N) والنيتروجين العضويً.

$$NT = NTK + NO_3^- + NO_2^-$$

الفوسفورP: في مياه الصرف الصحي، اذا كان pH بين (5-8)، يكون الشكل السائد للفوسفات هو أورثوفوسفات (H_2PO^{4-}, HPO_4^{2-}, PO_4^{3-}). يعتبر الفوسفور ضروريا لنمو الطحالب و غيرها من الكائنات البيولوجية و يعد الفوسفور العضوي أحد أهم المكونات لمياه الصرف الصحي و الحمأة [28]

تكمن أهمية الفوسفور في البيئة في كونه مغذيا مهما لكثير من النباتات والمتعضيات الميكروية، إلا أن الفوسفور والنتروجين والبوتاسيوم تصنف كملوثات وذلك عند تواجدها بتراكيز مفرطة في البيئة المائية مما يضاعف نمو ممتعضات مائية غير مرغوب فيها من النباتات والطحالب. رغم أن النباتات والطحالب تعتبر منتجة للأكسجين في وجود الضوء إلا أنها عندما تموت وتتفكك، يؤدي تفككها إلى استهلاك الأكسجين و طرح ثاني أكسيد الكربون فتخلق بيئة فقيرة للأكسجين والحموضة. [32]



الشكل 3: أنواع المركبات الفوسفورية وقابلية ذوبانها في الماء حسب تغير pH [32]

II-1-4-5 المقاييس البيولوجية

ليس الهدف من التحليل البكتريولوجي للمياه إجراء جرد لجميع الأنواع الموجودة، ولكن البحث عن الأنواع التي يُحتمل أن تكون مُمْرضة، لكن الكشف عنها من الصعوبة بمكان، ويحتاج إلى وقت طويل، لذلك تختبر المياه لوجود مجموعة القولونيا من عدمها، ووجودها يدل على تلوث المياه بمياه الصرف الصحي، وأهم مجموعة القولونيات، Coli forme group التي تشتمل على القولونيات البرازية Bactérie Coliformes Fécaux وتتكون بشكل رئيسي من بكتيريا Escherichia coli وبعض

سلالات بكتيريا Pneumoniae Klebsiella وبكتيريا القولون البرازية Bactérie Coliformes Fécaux هي التي تحدد حجم التلوث ومدى خطورته، وهي توجد بصور طبيعية في أمعاء الإنسان والحيوانات من ذوات الدم الحار، بمعدل مليون/ جرام من البراز، ونادراً ما توجد في التربة أو في النباتات.

- البكتيريا الكلية coliforme totaux تحمل نفس خصائص البكتيريا السابقة إلاَّ أنها تستطيع أن تعيش خارج جسم الإنسان، خاصة في الأراضي الزراعية، والبكتيريا الكروية السبحية البرازية les Streptocoques Fécaux وهي بكتيريا كروية الشكل تتواجد متراصة بشكل سبحي غالباً، حيث توجد بشكل طبيعي في أمعاء الإنسان والحيوان، إلا أن نسبة وجودها إلى وجود بكتيريا القولون البرازية يختلف في الإنسان منه في الحيوان، وبذلك زادت أهميتها كمؤشر يمكن من خلاله معرفة مصدر التلوث، وتتميز عن بكتيريا القولون البرازية بتحملها الملوحة، والحرارة، والقلوية، كما أنها تبقى حية فترة أطول خارج الأمعاء ولكنها موجود بأعداد قليلة. [33]
- أما الفيروسات فهي كائنات معدية ذات حجم صغيرة جدا (10 إلى 350 nm). تتواجد بشكل غير طبيعي إما عن قصد وذلك بالتلقيح، أو بالصدفة عن طريق العدوى، تنتقل بلمس سوائل وإفرازات الشخص المصاب (الدم، اللعاب، العرق، البراز....) مثل فيروس التهاب الكبدي بأنواعه A, B, C وهو أخطرها وفيروس شلل الأطفال. [22]
- كما تحتوي المياه العادمة على الطفيليات والتي تسمى الأوليات أو Protozoaires وهي كائنات وحيدة الخلية ذات نواة، أكثر تعقيدًا وأكبر من البكتيريا. تعتمد بعض الأوليات خلال دورة حياتها ما يسمى الكيس. هذا الشكل يسمح لها عموما بمقاومة طرق معالجة المياه المستعملة.
- الديدان الطفيلية هي ديدان متعددة الخلايا. مثل الأوليات، فهي في الغالب كائنات طفيلية مثل دودة الإسكارس والدودة الشريطية. بيضها مقاوم للغاية ويمكن أن يعيش لعدة أسابيع أو حتى شهور في التربة أو النباتات المزروعة [22]

II-1-5 المعايير والتراكيز المسموح بها

- تختلف المعايير المسموح بها من دولة إلى أخرى، ففي الجزائر أصدر المشرع الجزائري جملة من المعايير في الجريدة الرسمية كان آخرها في 2006 (الملحق جدول11) وهي خاصة بالمياه المعالجة الموجهة للتفريغ في البيئة المستقبلة، أما بالنسبة للمياه الموجهة للري فكان آخرها سنة 2012 (الملحق جدول13).
- في بحثنا هذا سنعتمد على المعايير الموجهة للري بالإضافة إلى المعايير الصادرة عن المنظمة العالمية للصحة OMS سنة 1971.

II-2 طرق معالجة مياه الصرف الصحي

يتم استخدام العديد من العمليات الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية لتنقية مياه الصرف الصحي، لاختيار تقنية المعالجة المناسبة نعتمد على العديد من الاعتبارات (الاجتماعية الاقتصادية) والتقنية والمناخية.

تمر المياه المستعملة أثناء معالجتها بثلاث مراحل، المرحلة الأولى وتسمى ما قبل المعالجة تستعمل فيها طرق فيزيائية (كل أنواع المعالجة المعروفة تشترك في هذه المرحلة) تليها المرحلة الثانية والتي تعتمد على استخدام طرق بيولوجية، وفي الأخير المرحلة الثالثة تستخدم فيها طرق كيميائية، والان سنتطرق لها بالتفصيل.

II-2-1 المعالجة الأولية (المعالجة الفيزيائية)

يتم فيها نزع المواد الصلبة مثل الحصى والقطع الخشبية والمعدنية والبلاستيكية الكبيرة ونزع الزيوت والرمال، من بين هذه الطرق نجد:

أ- **الغربلة Filtration :** يتم فيها إزالة الأجسام كبيرة الحجم وكذلك الألياف الغير قابلة للانحلال بنسبة 20 إلى 30 % حيث تدخل المياه في قناة تحتوي على حاجز مشبك بقضبان معدنية والذي يعمل على حجز الأجسام الصلبة كبيرة الحجم مثل (الأخشاب، العلب البلاستيكية و الأوراق..) تستعمل هذه العملية في بداية المعالجة من أجل الحفاظ على أجهزه المحطة المستعملة في المراحل المقبلة و تعمل على تجانس المياه. [34]

ب- **أحواض الترسيب sédimentation :** الغاية منها إزالة الرمال والمواد الحصوية الناعمة التي مرت عبر المصافي وبالتالي التقليل من حجم الرواسب في أحواض الترسيب. خلال هذه المرحلة تمر مياه الصرف إلى أحواض الترسيب التي تتلقى ترسيب أولي للجزيئات الثقيلة بـالجاذبية وهذا الترسيب يسمـح بنزع 50%من مجمـوع المحتوى الصلب لميـاه الصـرف [25]

ت- **أحواض التعديل:** الغاية منها تخفيف حدة جريان المياه الداخلة للمحطة وذلك للحصول على معدل شبه ثابت لتدفق المياه ومعدل ثابت للملوثات، وهي تستعمل عندما تدعو الحاجة لذلك.

ث- **إزالة الزيوت والأوحال بالتركيد :** حيث يتحرك الماء في مجاري خاصة بحركة بطيئة مما يسمح بتركيد الأوحال والأتربة العالقة أما الزيوت والمواد الدسمة تصفوا فوق الماء ثم تنزع بواسطة كاشطات متحركة على سطح الماء. [34]

II-2-2 المعالجة الثانوية (المعالجة البيولوجية)

المعالجة البيولوجية تسمح بتحطيم وهضم المادة العضوية القابلة للتحلل من طرف الكائنات الحية الدقيقة Les micro-organismes وهذا في وجود الهواء حيث تقوم هذه الأخيرة بامتصاص المواد العضوية الملوثة وتوجد عدة طرق:

II-2-2-1 *طرق المعالجة المركزة (Techniques intensives)*

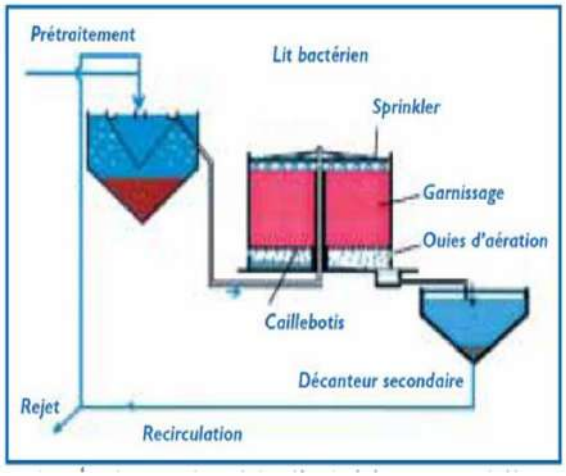
تعتبر طرق المعالجة المركزة أكثر التقنيات البيولوجية تطورا على مستوى محطات المياه الحضرية. يعتمد مبدأ هاته الطرق على توفير مساحات صغيرة، و تكثيف عمليات تحويل المواد العضوية التي يمكن ملاحظتها في الوسط الطبيعي، [35] توجد ثلاث طرق أساسية وهي:

1) 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 هذه الطبقات تمثل دعامة للكائنات الحية، وقد تكون الدعامة من البلاستيك، تمر مياه الصرف عبر هذه الطبقات، من خلال حامل أنبوب كبير به ثقوب على شكل مرشات صغيرة موزعة على سطح الحوض (أنظرالشكل4).

وبعد عدة أسابيع، يغطى سطح السرير البكتيري بطبقة غشائية رقيقة لزجة تدعىZoogléeذات طبيعة بيولوجية تحتوي على كائنات حية دقيقة مختلفة التي تؤكسد المادة العضوية الملوثة، تتواجد في الطبقات العليا بكتيريا هوائية بنسبة كبيرة، أما في الطبقات السفلى فتحتوي في أغلبها على بكتيريا لاهوائية. [21]

أولا تمر المياه بالتصفية الميكانيكية وأحواض الترسيب الأولي ويعبر الماء الصافي إلى السرير البكتيري أين يتم هدم المادة العضوية بتدخل البكتريا لتعطي طبقة Zoogléeوالماء الناتج أي المصفى يمرر في حوض الترسيب الثانوية أين تختزل المادة العضوية بدرجة كبيرة. [21]

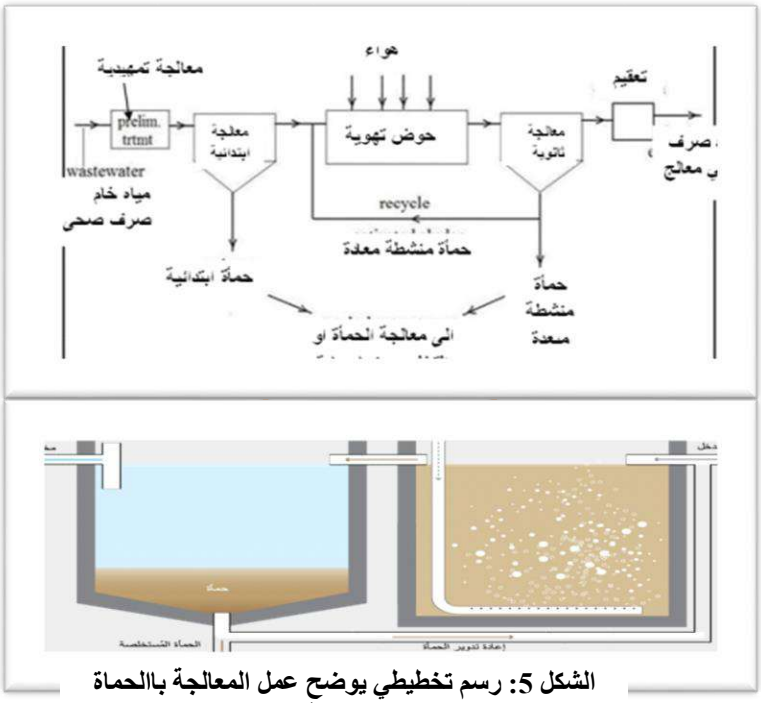


الشكل 4 : رسم تخطيطي لمحطة معالجة مياه الصرف تعمل بالأسرة البكتيرية [35]

2) *الأقراص البيولوجية*

الأقراص البيولوجية لها نفس مبدأ عمل الأسرة البكتيرية تتألف من حوض أو أكثر تدور فيه ببطء أقراص دائرية متقاربة ومركبة على أعمدة أفقية، حيث تمر الأقراص المصنوعة من البولسترين أو الكلوريد المتعدد الفينيل جزئيا في المياه الملوثة بحيث تتشكل طبقة من الوحل البكتيري على سطحها الرطب. ويسمح دوران هذه الأقراص بتعرض البكتريا للمياه الملوثة حيث تمتز المواد العضوية، ثم للهواء حيث تمتص الأكسجين، [34] تميز هذه التقنية بتكلفتها المنخفضة، وأدائها الضعيف وتأثرها بالظروف المناخية (الأمطار وغيرها) [26]

3) الحمأة *المنشطة*



الشكل 5: رسم تخطيطي يوضح عمل المعالجة باالحماة المنشطة

يعتمد مبدأ الحمأة المنشطة بتكثيف عمليات التنقية الذاتية الموجودة في البيئة الطبيعية [35] فبعد المعالجة الفيزيائية الأولية تعبر المياه إلى حوض الترسيب الابتدائي يتم فيه التخلص من المادة العالقة MES بنسبة 70%خلال عدة ساعات بترسبها مشكلة أوحال ابتدائية Boues primaires . ثم تمر المياه إلى أحواض التهوية (أحواض مهوات ميكانيكيا)، يتم أكسدة المادة العضوية بواسطة الكائنات الدقيقة مشكلة les flocs وهذه الأخيرة تترسب وتتجمع وتعطي les boues activées. [25]

تخضع المياه الناتجة عن حوض التهوية إلى الترسيب الثانوي، عند تراكم Les Boues Activées، 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 "الهواظم اللاهوائية" من أجل قتل البكتريا. المعالجة بالأوحال النشطة تضمن نقص في DBO_5 بنسبة 9% ومعالجة 1000ل من مياه الصرف تعطي 500غ من الوحل. [25]

- **إيجابيات وسلبيات مختلف طرق المعالجة المركزة**

طرق المعالجة	الايجابيات	السلبيات
الأسرّة البكتيرية و الأقراص البيولوجية	• استهلاك ضئيل للطاقة. • تقنية بسيطة تتطلب صيانة ومراقبة اقل مقارنة بنظام الحمأة النشطة. • ترسيب أفضل للحمأة. • حساسية جد ضئيلة لتغيرات الحمولة والسّمية مقارنة بالحمأة النشطة. • تقام عموما للمجتمعات الصغيرة. • مقاومة للبرودة.	• أداء جد ضعيف مقارنة بالحمأة النشطة. • تكاليف استثمار جد عالية. • ضرورة إجراء معالجة ابتدائية فعالة. • حساسة اتجاه الانسداد.
الحمأة النشطة	• مناسبة لأي حجم من التجمعات (عدا التجمعات الجد صغيرة). • إزالة جيدة لعوامل التلوث. • مناسبة لحماية الأوساط المستقبلة الحساسة. • حمأة اقل استقرار. • سهولة ازالة الفوسفات في نفس الوقت	• تكاليف استثمار جد عالية. • استهلاك عالي للطاقة. • تحتاج موظفين مؤهلين وكذا إشراف منتظم. • حساسة اتجاه الزيادة في الحمولة المائية. • تفتقد لسهولة إتقان ترسيب الحمأة بشكل دائم. • إنتاج عالي للحمأة التي يجب أن تكون مركزة.

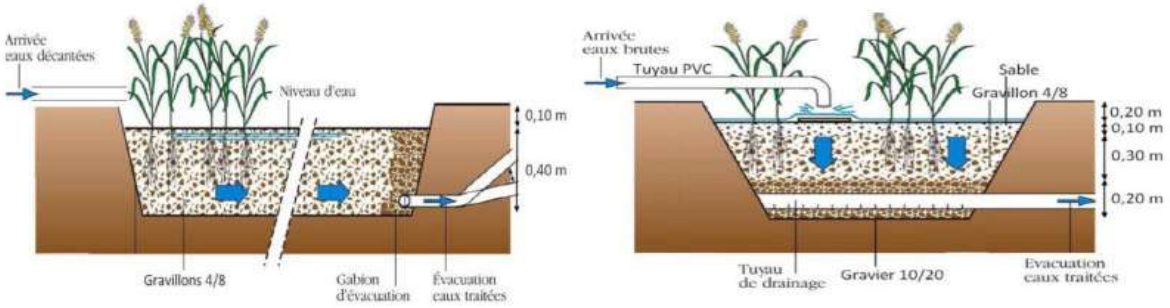
جدول2 :ايجابيات وسلبيات مختلف طرق المعالجة المركزة [35]

II-2-2-2 طرق المعالجة الموسعة (Techniques extensives)

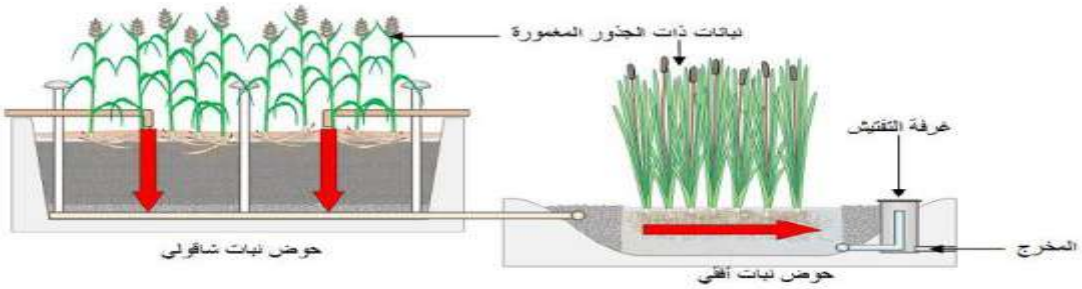
تحتاج الطرق الموسعة إلى وجود مساحات واسعة وإلى طاقة شمسية لضمان انتتاج الأكسجين عن طريق التركيب الضوئي في وجود نباتات ثابتة أو حرة، لذا تعتبر البيئة الصحراوية وسط جد مناسب، من بين هذه الطرق نذكر:

1) أحواض المعالجة بالنباتات

أحواض المعالجة بالنباتات والتي تسمى (culture fixé) أو ما يعرف بالمناطق الرطبة المصطنعة. حيث تصمم الأحواض بشكل مماثل لما هي عليه في الطبيعة، تملأ الأحواض بطبقة من الحصى ثم تليها طبقة من الرمل الناعم. تعتبر هذه الطبقتين دعامة للنباتات المزروعة، بعد أن يخضع الماء الملوث للمعالج الأولية يمر إلى أحواض النباتات بشكل عمودي أو أفقي أو منهما معا.



الشكل 6: مخطط لاحواض المعالجة بالنباتات ذات الجريان العمودي و الأفقي



الشكل 7: مخطط لأحواض المعالجة بالنباتات بنوعيها الأفقي و العمودي معا

2) المعالجة بالبحيرات المهوات

يعتمد مبدأ البحيرات المهوات بشكل أساسي على تحفيز عملية تحطيم المواد العضوية الموجودة في مياه الصرف الصحي عن طريق سلسلة غذائية من الكائنات الحية الدقيقة وخاصة البكتيريا الهوائية، وذلك بتزويد المياه الملوثة بالأكسجين عن طريق الضخ أو النفخ، حيث يكون دور التركيب الضوئي مهم مع انتشار الطحالب تحت التأثير المشترك لوجود مشتقات النيتروجين والفوسفور في الماء. [26]

3) بحيرات الماكرو فيت (Lagunage à macrophytes)

تتميز بحيرات الماكرو فيت بوجود نباتات مرئية سطحية كانت أو مغمورة. طافية أو ذات جذور على غرار القصب البردي(les scirpes)، الأحواض تتميز بصغر مساحتها وعمق يتراوح بين (0.8-0.6م) [36].

يتم استخدامها بقلة في أوروبا، لكن غالبًا ما يتم استخدامها للعلاجات الثالثية بعد البحيرات الطبيعية أو البحيرات المهواة في الولايات المتحدة. تُستخدم هذه العملية بشكل عام لتحسين (معاملات DBO_5 أو MES) أو تعديل (العناصر المغذية والمعادن.....). ومع ذلك فإن استخدام بحيرة الماكرو فيت سيسمح بمعالجة أفضل[35]

4) البحيرات الطبيعية lagunage naturel

بما أن المعالجة بالبحيرات الطبيعية هي موضوع بحثنا سوف نتطرق لها بالتفصيل.

II-2-3 المعالجة الثالثية

هذه المعالجة يتم إجراؤها بعد المعالجة الأولية والثانوية لإزالة العناصر الممرضة والعناصر المغذية المتبقية والملوثات العضوية المقاومة والمعادن والأصباغ. . .الخ، حيث تستعمل طرق مختلفة كترسيب الملوثات بإضافة بعض المخثرات الكيميائية، استعمال الكربون المنشط، التبادل الأيوني، التناضح العكسي، أو التطهير بإضافة الكلور أو الأشعة فوق البنفسجية. بالإضافة إلى بعض الطرق البيولوجية المتقدمة. هذه المرحلة يتحكم فيها عاملين: الأول هو مصدر المياه و طبيعة الملوثات الموجودة فيها، و الثاني هو جودة المياه بعد المعالجة والغرض من إعادة استعمالها. [32]

II-3 المعالجة بالبحيرات الطبيعية

المعالجة بالبحيرات الطبيعية هي طريقة من طرق معالجة المياه المستعملة تعتمد على عمليات التنقية الذاتية التي تحدث تلقائيا في المسطحات المائية (الأحواض) حيث تعمل الكائنات الحية الدقيقة على تحليل المادة العضوية وتحويلها إلى عناصر معدنية، تمكن هذه العمليات من الحصول على مردود تنقية بنسبة 90٪.إلا أنها حساسة جدًا لدرجة الحرارة ولا تنطبق كثيرًا على المناطق الباردة [37]

تتميز المعالجة بالبحيرات الطبيعية بأنها بيئية وغير مكلفة لعدم احتياجها للطاقة الكهربائية والميكانيكية. فهي تعتمد على عاملين طبيعيين هامين وهما الجاذبية و ضوء الشمس، تستغل الجاذبية في تدفق المياه وترسيب المواد الملوثة، أما الطاقة الشمسية فتعمل على تنشيط عملية التركيب الضوئي في وجود نباتات حرة مثل الطحالب، كما تقوم بقتل الكائنات الممرضة بواسطة الأشعة فوق البنفسجية . [5]

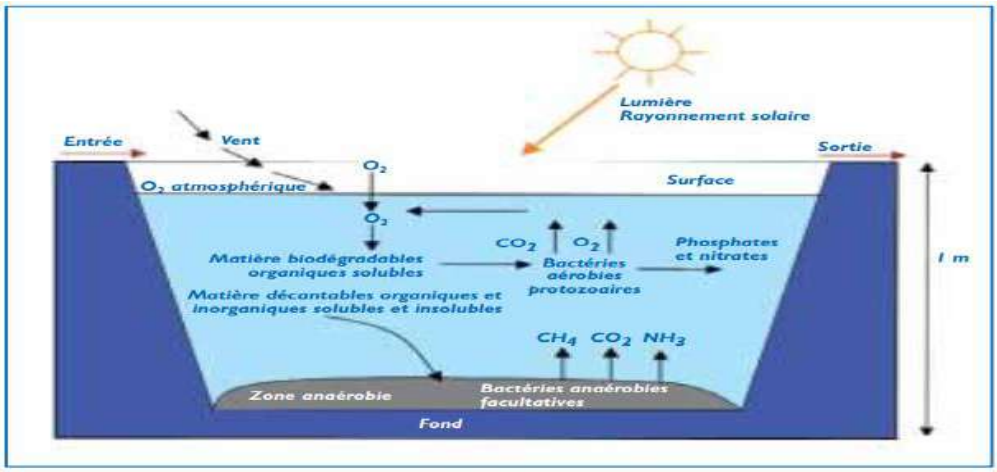
1)مبدأ العمل

يتم تأمين عملية التنقية بفضل مكوث المياه لفترة طويلة في أحواض متسلسلة، عدد الأحواض المستعملة هو ثلاثة في غالب الأحيان. ومع ذلك فإن استخدام 6 أو 8 أحواض يسمح بتطهير أكثر شمولا.

الآلية الأساسية التي تقوم عليها البحيرات الطبيعية هي عملية التركيب الضوئي. إذ يتعرض الجزء العلوي من الأحواض للضوء. وهذا يسمح في وجود الطحالب إلى إنتاج الأكسجين اللازم لتكاثر البكتيريا الهوائية، هذه البكتيريا مسؤولة عن تحلل المواد العضوية منتجة ثاني أكسيد الكربون، وهذا الأخير بالإضافة إلى الأملاح المعدنية الموجودة في مياه الصرف الصحي. يسمح بتكاثر الطحالب وبالتالي هناك علاقة مباشرة بين عنصرين هما: البكتيريا والطحالب، وتسمى أيضًا "الميكرو فيت".

هذه الدورة قائمة بذاتها طالما يتلقى النظام الطاقة الشمسية والمواد العضوية [35] تضمن البكتيريا الجزء الغالب من التنقية وتساهم الحيوانات الدقيقة في تصفية البيئة عن طريق الابتلاع المباشر لمجموعات الطحالب والبكتيريا [37]

في الجزء السفلي من الحوض، حيث لا يصل الضوء، تتواجد البكتيريا اللاهوائية التي تحلل الرواسب الناتجة عن تحطيم المواد العضوية القابلة والغير قابلة لتحلل، يصاحب ذلك انطلاق ثاني أكسيد الكربون والميثان عند هذا المستوى. [35]



الشكل 8: الية عمل الأحواض في المحطة المعالجة بالبحيرات الطبيعية

2)النظام الأيكولوجي للبحيرات الطبيعية

البحيرات الطبيعية هي نظام إيكولوجي يتكون من:

- النباتات المجهرية (العوالق النباتية) والنباتات المرئية (الطحالب والقصب) تستغل أشعة الشمس وثاني أكسيد الكربون وبعض الملوثات من مياه الصرف الصحي لتصنيع الكتلة الحيوية الخاصة بها لتنتج الأكسجين والذي يسمح بتفعيل نشاط الكائنات الحية الهوائية.
- البكتيريا الهوائية التي تستهلك الأوكسجين لتحطيم جميع الملوثات العضوية تقريبًا. هذه العملية يصاحبها إنتاج المركبات المعدنية وثاني أكسيد الكربون، التي تستهلكها النباتات. كما أن لها دور مهم في ضمان حلقة الأزوت عن طريق عملية (تشكيل النتريت)la nitritation و(تشكيل النترات)la nitratation .
- البكتيريا اللاهوائية والتي هي أساساً ميثانية المنشأ (تكوين الميثان) يحول المادة العضوية على مستوى الرواسب.

- Les carnivoresوتتمثل في (العوالق الحيوانية والحيوانات) التي بدورها تستهلك Herbivores العواشب والبكتيريا وحتى العوالق الحيوانية الأخرى.
- Herbivores العواشب (العوالق الحيوانية والحيوانات السطحية) التي تمنع انتشار النباتات عن طريق هضمها.
- Détritivores: (الفطر والبكتيريا) التي تتغذى على المواد العضوية وبالتالي تسهم في تمعدن الرواسب. [38]

هذه الكائنات مجتمعة تؤمن التفاعلات البيولوجية الرئيسية لمعالجة المياه حيث تعمل على:

- تحطيم المواد العضوية (تلوث الكربون).

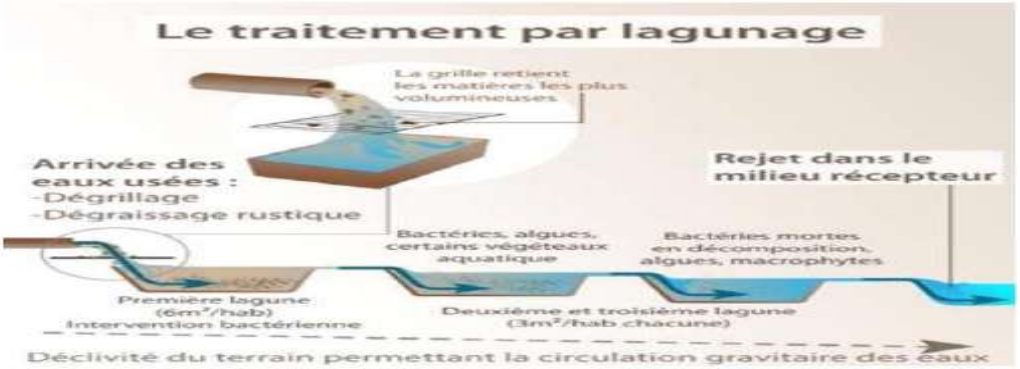
- تخفيف تلوث النيتروجين بواسطة عمليات النترجة وإزالة النتروجين.

- استيعاب الفوسفور.[38]

3) عدد الأحواض

نستخدم في المعالجة بالبحيرات الطبيعية ثلاثة أنواع من الأحواض:

- البحيرات العميقة أو الأحواض اللاهوائية ذات عمق (2 إلى 5 m) تستغل فيها البكتيريا اللاهوائية، مع زمن مكوث من 1 إلى 7 أيام وهي تستخدم لتحطيم المواد العضوية. تسمح بإزالة 60% من DBO.
- البحيرات الأقل عمق أو الأحواض الهوائية (1 إلى 1.5 m) تستغل فيها البكتيريا الهوائية مع زمن مكوث من 5 إلى 30 يوما هذا النوع من الأحواض فعال في إزالة معظم النيتروجين والفوسفور من النفايات السائلة.
- البحيرات النهائية التي تعمل على تحسين عملية التصفية. بفضل التهوية الجيدة إذ لا يتجاوز عمقها في كثير من الأحيان 1m. مع زمن مكوث من 5 إلى 7 أيام. [39]



الشكل 9: مبدأ معالجة مياه الصرف الصحي عن طريق البحيرات الطبيعية

4) إيجابيات و سلبيات المعالجة بالبحيرات الطبيعية

جدول 3 : اجابيات و سلبيات المعالجة بالبحيرت الطبيعية [35]

الإيجابيات	السلبيات
• التزويد بالطاقة ليست ضروري إذا كان الارتفاع مواتياً. • تبقى التقنية بسيطة، ولكن إذا لم يتم التنظيف الشامل في الوقت المناسب، فإن أداء البحيرة ينخفض بشكل ملحوظ. • تزيل جزء كبير من العناصر المغذية: الفوسفور والنيتروجين (في الصيف). • التخلص الجيد جدًا من الجراثيم المسببة للأمراض في الصيف، وفي الشتاء نقول عنه انه جيد. • تتكيف بشكل جيد مع تغيرات الحمولة الهيدروليكية. • لا تتطلب بناء "صعب" تتطلب هندسة مدنية بسيطة • تخلق مناظر طبيعية جميلة. • غياب التلوث الضوضائي. • الحمأة المتشكلة تكون أكثر استقرارا عدا تلك التي تتشكل في الحوض الأول.	• التكلفة الاستثمارية تتعلق بطبيعة الأرضية. • أداءها أقل كفاءة من الطرق المركزة من حيث إزالة المواد العضوية إلا أنها تصرف على شكل طحالب وهي غير مضرة بالطبيعة. • جودة المياه تتأثر بالتغيرات الفصلية. • محدودية التحكم في التوازن البيولوجي و عمليات التنقية.

II-4 استغلال المياه المعالجة و إعادة استخدامها

إزاء الطلب المتزايد للمياه، والاستهلاك غير المستدام لموارد الماء الطبيعية أصبح من الضروري التحرك نحو استخدام أكثر تنظيما لمياه الصرف الصحي، وإعادة النظر لها من كونها مشكلة يجب التخلص منها لتصبح موردًا يتم تقييمه واستغلاله، يمكن أن تكون المياه العادمة بمثابة مصدر مائي لمقاومة الجفاف (خاصة للزراعة أو الصناعة)، مصدر العناصر الغذائية للزراعة، محسن للتربة، ومصدر الطاقة / الحرارة. ومع ذلك، من أجل الحصول على قبول الجمهور وزيادة فوائد إعادة الاستخدام مع تقليل الآثار السلبية، يجب تقييم المخاطر الصحية لإعادة الاستخدام وإدارتها ومراقبتها على أساس منتظم. [40]

- **الري الزراعي**

تعتبر المياه المعالجة موردا غنيا بالمواد المغذية مثل الفوسفور والنتروجين والبوتاسيوم، مما يفتح آفاقا مستقبلية في الاستغناء على التسميد، إلا أن استغلال المياه المعالجة في الري يبقى مقيدا بجودة المياه وكذا نوع المحاصيل المسقية، أكبر نسبة موجهة لسقي أشجار الزينة والطرقات وملاعب الغولف ثم تليها سقي حقول الأعلاف وفي الأخير الأشجار والمحاصيل المثمرة وهي قليلة عموما، بسبب احتواء المياه على المعادن الثقيلة الملوثة للتربة والكائنات الممرضة.

- **الاستخدام الصناعي**

المياه الملوثة المسترجعة هي مصدر مثالي للاستخدامات الصناعية، لأن العمليات الصناعية، ومنها التبريد التبخير وتغذية المراجل، لا تتطلب مياه فائقة الجودة. ولكل استخدام قيود تحدد مدى قابلُية تطبيقه، فاستخدام المياه المسترجعة في أبراج التبريد، مثلاً يسبب مشاكل عدة منها التقشر والتآكل والنمو البيولوجي، الشيء نفسه تسببه المياه العذبة ولكن بمعدل اقل.[41]

- **أعمال البناء**

إن أوسع تطبيقات استعمال المياه المعالجة في البناء تتركز في مكافحة الغبار ورص التربة وخلط الإسمنت، تتباين متطلبات المعالجة بتباين طريقة الاستعمال واحتمال التماس مع العامة. [42]

- **تغذية طبقات المياه الجوفية**

تساعد تغذية طبقات المياه الجوفية في المحافظة على مستوياتها وحمأُيتها من تسرب المياه المالحة، كما تعتبر طريقة لحفظ المياه المسترجعة للاستعمال المستقبلي. وتجري تغذية المياه الجوفية بالنشر السطحي في أحواض أو الحقن المباشر في مجاري المياه الجوفية. طريقة النشر السطحي تستخدم الغمر والأراضي الرطبة الاصطناعية وأحواض التسريب حيث تحسن نوعية المياه المسترجعة كثيرا بسبب ترشحها عبر التربة والمنطقة غير المشبعة ومجمع المياه الجوفُية، وطريقة الحقن المباشر مكلفة بسبب ارتفاع كلفة معالجة مياه الصرف وكلفة معدات الحقن. كما تعد مصدر لتلوث المياه الجوفية. [43]

الجزء العملي

الفصل الثالث

وسائل وطرق الدراسة المستعملة

III-1 تقديم منطقة الدراسة

➢ **الموقع الجغرافي والفلكي**

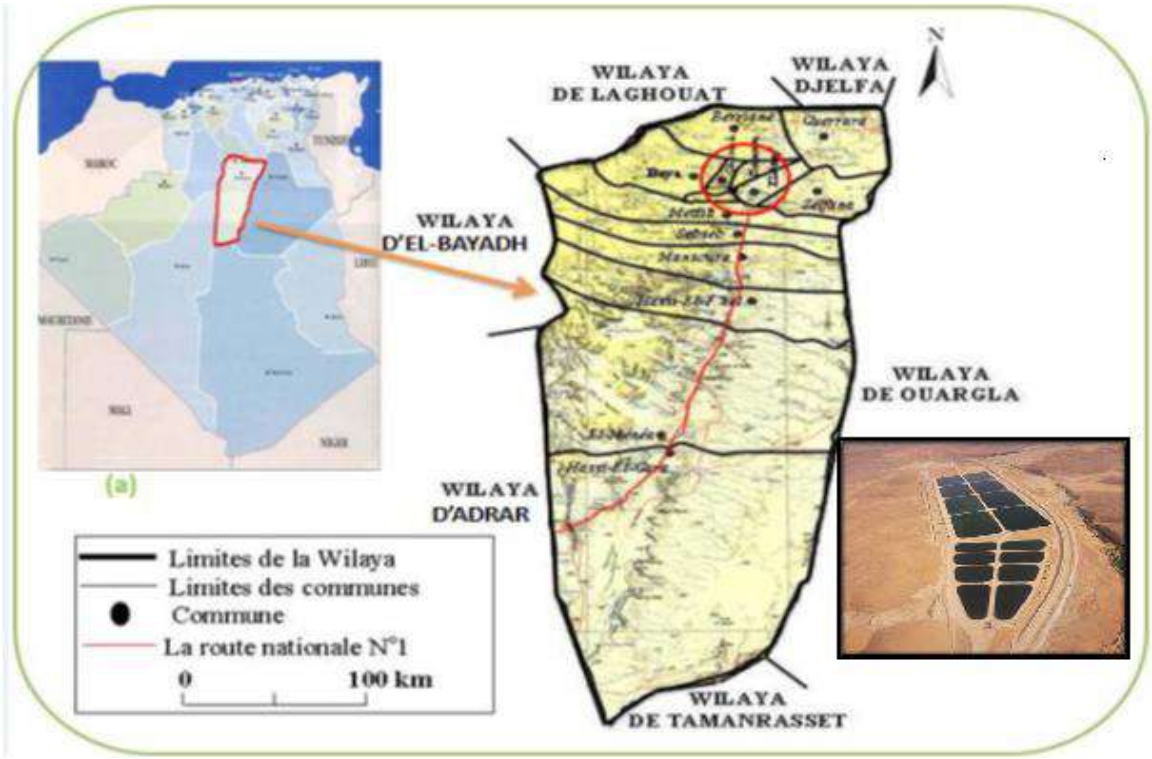
ولاية غرداية هي ولاية ذات طابع صحراوي وسياحي تقع وسط شمال صحراء الجزائر، تبعد عن العاصمة الجزائر ب $600\ km^2$، مساحتها الإجمالية تقدر ب $86105\ km^2$، تحمل رقم 47 في التقسيم الإداري الجزائري وتتشكل من 09 دوائر و13 بلدية، يقدر عدد سكان ولاية غرداية ب 422.080 نسمة أي بكثافة 4.90 نسمة / كلم2، حيث أن نصف السكان متمركز في سهل وادي ميزاب.

تحدها شمال ولاية الأغواط (200 km) الشمال الشرقي ولاية الجلفة (300 km)

الشرق ولاية ورقلة (200 km) الجنوب ولاية تمنراست (1470 km)

الغرب ولاية البيض (350 km) الجنوب الغربي ولاية أدرار (400 km) [44]

تقع منطقة الدراسة على خط الطول 3 درجات و45 درجة شرقا وخط العرض 32 درجة و50 درجة شمالا. ويتميز المنظر الطبيعي بمساحة صخرية شاسعة متكونة من صخور عارية ذات لون بني وأسود. يبلغ ارتفاع وادي ميزاب من مستوى سطح البحر بمنطقة غرداية حوالي 500 متر. [44]



الشكل 10: الموقع الجغرافي لولاية غرداية

➢ **وادي مزاب:**

يعد وادي المزاب، الذي يتعلق به مشروعنا من أهم المناطق المأهولة بالسكان في الولاية غرداية، ويقع داخل متجمعات المياه. تضم ثلاث دوائر وأربع بلدية وهي مبينة في الدول الاتي:

جدول4 : دوائر والبلديات المتصلة بالمحطة

الدائرة	البلدية
غرداية عاصمة ولاية	غرداية، بن يزقن، مليكة
بونورة	بونورة
العطف	العطف

III-1-1 معلومات مناخية

درجة الحرارة: تتميز هده المنطقة بشتاء بارد حيث سجلت أدنى درجة حرارة في 22 جانفي مقدرة ب 0.5 م° أما صيفا فقد بلغت اعلى درجة في 14 جويلية قدرة ب 46.3م° بمعدل سنوي 22.8م°

تساقط الأمطار: تعريف المنطقة بمناخها الصحراوي الجاف حيث لا يتعدى أجمالي تساقط الأمطار السنوي 70.6مم موزعة على 26 يوم خلال السنة.

الرطوبة: يقدر معدل متوسط الرطوبة السنوي للمنطقة 30.9%.

الرياح: تتميز المنطقة برياحها الموسمية حيث كانت اقصى سرعة مسجلة 85.2 كلم/ساعة في شهر مارس وبمتوسط سنوي 11.4 كلم/ساعة.

جدول 5: البيانات المناخية المتوسطة لسنة 2019. [45]

الأشهر	درجة الحرارة C°	الأمطار mm	الرطوبة %	الرياح Km/h
جانفي	11	**0**	**39.6**	**13.5**
فيفري	**11.5**	**2.03**	**35.1**	**16.2**
مارس	**16.2**	**27.93**	**36.6**	**14.1**
افريل	**21.3**	**16**	**30**	**13.8**

ماي	25.2	3.3	17.1	14.2
جوان	33.1	0	15.3	12.9
جويلية	36	0.76	36	10.1
اوت	35.2	2.54	20.4	8.6
سبتمبر	30.3	4.07	30.1	7.7
أكتوبر	23.1	13.97	37.3	5.8
نوفمبر	16.3	0	37	10.6
دسمبر	13.7	0	43.7	10.4

III-2 تقديم محطة المعالجة بالعطف

- **الموقع الجغرافي**:

تقع محطة معالجة كاف الدخان ببلدية العطف على ضفاف مجرى وادي ميزاب. تغطي مساحة تبلغ حوالي 79 هكتارًا، وهي ثاني أكبر محطة تعمل بحيرة طبيعية في العالم بعد محطة تكساس في الولايات المتحدة (وفقًا لما ذكره السيد مارك أندريه دي جارديان. خبير عالمي في تصميم المحطات). تبعد حوالي 21 كم جنوب شرق مدينة غرداية، في اتجاه مجرى الودي ميزاب. [44]

الشكل 11: الموقع الجغرافي للمحطة (Google earth, 2019)

III-2-1 خصائص وابعاد المحطة

تم بناء محطة معالجة مياه الصرف الصحي بولاية غرداية خلال الفترة 2008-2012 من قبل شركة بناء AMENHYD SPA بالتعاون مع شركة B Get AQUATECH-AXOR (كندا): مكتب تصميم المراقبة والرصد، تم تشغيلها في نوفمبر 2012 وتعالج مياه الصرف الصحي بطريقة البحيرات الطبيعية باستخدام المعالجة المسبقة والمعالجة الأولية و الثانوية أما الحماة المنزوعة من الأحواض تجفف في أسرة التجفيف.

الشكل 12: منظر جوي لمحطة

تبلغ قدرة المحطة المعالجة حاليا 25000 m^2 في اليوم، أي ما يعادل 168323 مكافئ / نسمة و46400 m^2 في اليوم، أي ما يعادل 331700 مكافئ / نسمة بحلول عام 2030 وهي تعالج المياه المستعملة الحضرية التي تصرف في وادي ميزاب، حيث تتصل بها حاليا ثلاث بلديات وهي: غرداية، بنورة والعطف من خلال شبكة الصرف الصحي الموحد.

جدول6 : معلومات أساسية عن المحطة [44]

	المستوى الأول	المستوى الثاني
عدد البحيرات	08 lagunes	08 lagunes
الحجم الكلي للبحيرات	174 028,50m^3	464 000m^3
حجم البحيرة الواحدة	21 753,56m^3	58 000 m^3
المساحة الكلية	4,97ha	30,4ha
مساحة البحيرة الواحدة	0,62ha	3,8ha
عمق البحيرات	3,6m	1,6 m
زمن المكوث	3 jours	10 jours
تردد التنظيف مرة واحدة كل	3 ans	3 ans
الشحنة العضوية المتبقية	5800 kg DBO5/j	2 320 kg DBO5/j
الحد الأدنى من BOD_5	50%	60%

III-2-2 مراحل معالجة المياه العادمة في المحطة

تقوم أنابيب جمع مياه الصرف الصحي من المناطق الحضرية بنقل مواد غير متجانسة وغالبًا ما تكون ضخمة عند الوصول إلى محطة المعالجة، يجب أن يخضع الماء "الخام"، قبل معالجته الفعلية، والتي تسمى "المعالجات المسبقة" وتسمى أيضا بمرحلة ما قبل المعالجة وتهدف إلى استخراج أكبر كمية ممكنة من النفايات الصلبة والأجسام التي سوف تتداخل مع المعالجة اللاحقة؛ تشمل المعالجة ما يلي:

- **الغربلة ونزع الرمال:**

يتكون النظام من جهازي غربلة ألياني (تقدر المسافة بين القضبان 25 mm) موضوعين على التوازي بالإضافة إلى قناة احتياطية مزودة بشبكة (تقدر المسافة بين القضبان 40 mm) مرتبة على التوازي تسمح بحجز المخلفات الصلبة في حالة إيقاف تشغيل أجهزة الغربلة الألية.

يتم إزالة الرمال بواسطة أحواض مستطيلة الشكل بها حواجز متعاكسة تعمل على تقليل معدل سرعة المياه مما يسمح بترسيب الرمال، حيث يتم تنظيف الأحواض بطريقة ميكانيكية.

الشكل 13: جهاز الغربلة الميكانيكي

الشكل 14: شبكة ثابتة في القناة الالتفافية

الشكل 15: أحواض التركيد و ترسيب الرمال.

الشكل 16: خروج المياه من احواض الترسيب

- **المعالجة الأولية:**

تتم المعالجة الأولية المناسبة أثناء عبور المياه العادمة داخل البحيرات الأولية المسماة "اللاهوائية"، وتتكون من 8 أحواض تبلغ مساحتها حوالي 0.62 هكتار وعمق الماء 3.6 m ارتفاع قمة السدود التي تحيط بهذه الأحواض هو m 1. ويتم ضمان عدم تسرب المياه بواسطة غشاء أرضي من البيتومين. تتيح المسارات بين الأحواض التي بعرض 5 أمتار التجول حول البحيرات لصيانتها.

- **المعالجة الثانوية:**

تتشابه الدورة الهيدروليكية للمعالجة الثانوية تلك الخاصة بالمعالجة الأولية بالعناصر التالية:

• يصل أنبوبان قطرهما 1000mm، يجمعان المياه التي خضعت للمعالجة الأولية، إلى الموزع الرئيسي للمعالجة الثانوية.

• ثم يتم توزيع المياه على البحيرات الثمانية الثانوية بالتوازي.

تتم المعالجة الثانوية المناسبة أثناء عبور المياه داخل البحيرات الثانوية المكونة من ثمانية أحواض تبلغ مساحتها حوالي 3.8 هكتار وعمق المياه 1.6 m ، ارتفاع قمة السدود التي تحيط بهذه الأحواض هو 1 m ويتم ضمان عدم تسرب المياه بواسطة غشاء أرضي من البيتومين. تتيح المسارات بين الأحواض التي بعرض 5 أمتار التجول حول البحيرات لصيانتها.

الشكل 17: أحواض المعالجة الأولية والثانوية

- **معالجة الحمأة:**

يحتوي نظام تجفيف الحمأة المترسبة في قاع البحيرات الأولية والثانوية على 10 أسرة في الهواء الطلق، تقع أسرة التجفيف على مستوى أعلى من مستوى البحيرات حتى تتمكن من تصريف المادة المرشحة التي تصب في البحيرات بفعل الجاذبية. في الواقع تتكون أسرة التجفيف من طبقة من الرمل والحصى. ونتيجة لذلك فإن الخطوة الأولى هي تصريف المياه المرشحة إلى البحيرات، وفي الخطوة الثانية يسمح التبخر بالحصول على جفاف عالي للحماة.

الشكل 18: صورة لأسرة تجفيف الحمأة

بعد المعالجة في الأحواض الثانوية، تمر المياه المعالجة بواسطة أنبوبين يبلغ قطرهما 1000mm اللذان يصبان في المجمع. ثم يتم التفريغ النهائي مباشرة إلى وادي مزاب.

الشكل 19: صورة التفريغ النهائي في واد ميزاب

3-2-III أخذ العينات

أخذ العينة من المياه عملية دقيقة يجب توخي أقصى درجات العناية لأنها تحدد النتائج التحليلية والتفسير الذي سيتم تقديمه، يجب أن تكون العينة متجانسة و يتم الحصول عليها دون تعديل الخصائص الفيزيائية الكيميائية للمياه (الغاز المذاب ، المادة المعلقة ، إلخ). [28]

في بحثنا، نأخذ العينات عند دخول وخروج مياه الصرف الصحي لمحطة المعالجة. تتم العملية يدويًا باستخدام حاوية صغيرة، تغسل مرتين أو أكثر بماء العينة، نضعها في زجاجات بسعة 1 لتر، ثم ننقلها مباشرة اللي المخبر لإجراء التحاليل التالية:

- التحاليل اليومية: درجة الحرارة، الناقلية، pH، الملوحة، الأكسجين المذاب.
- التحاليل النصف شهرية: MES، DCO، DBO5.
- التحاليل الشهرية: **PT, PO_4^{3+} ,NT ,NTK , NH_4 ,NO_3 ,NO_2**

الشكل 20: عملية أخذ عينات المياه عند المخرج

❖ **يتم مراقب أداء المحطة من خلال إجراء فحوصات دورية مبينة في الجدول أدناه:**

جدول 7: أهم مقاييس التلوث و نقاط ومدة اخذ العينات

الوسائط	عدد القياسات	نقاط أخذ العينة
T(C°)	كل يوم	**كل العينات تؤخذ من مدخل و مخرج المحطة**
(O_{2diss})		
Ph		
CE (ms/cm)		
MES (mg/l)	كل أسبوعين	
DCO (mg/l)		
DBO_5 (mg/l)		
NO^-_2 (mg/l)	مرة في الشهر	
NO^-_3 (mg/l)		
N-NH_4 (mg/l)		
PO^{3-}_4 (mg/l)		
P_T (mg/l)		
N_T (mg/l)		
NTK (mg/l)		

➢ **حساب المردودية:**

لتحديد كفاءة تنقية المحطة قمنا بحساب مردودية للوسائط المقاسة بالمعادلة التالية:

$$R = \frac{Ce - Cs}{Ce} \times 100$$

R: مردود التنقية (%)

Ce: تركيز الوسائط المتواجدة في المياه المستعملة الداخلة إلى المحطة (mg/l)

Cs: تركيز الوسائط المتواجدة في المياه المستعملة الخارجة من المحطة (mg/l)

III-3 الوسائط الفيزيوكيميائية المقاسة

III-3-1 قياس كمية الأكسجين المنحل O_{diss}

تم قياس الأكسجين المنحل داخل العينة بالطريقة الامبيرومترية، باستعمال جهاز analyseur multi paramètres (LOVIBOND OXI 200)

➢ **طريقة العمل**

- نفتح الجهاز - نغسل قطب الجهاز بالماء المقطر.
- نأخذ 100ml من العينة ونضعها داخل كأس بيشر.
- نغمس قطب الجهاز في بيشر ونتركه حتى يستقر.
- نسجل من الجهاز نتائج (التركيز - التشبع – الضغط الجزئي للأكسجين) عند ثبوت النتيجة، نقرأها مباشرة من الجهاز.

III-3-2 قياس الأس الهيدروجينيpH

تم قياس PH بواسطة جهاز pH متر من نوع (WTW 82362 PH mètre 3110).

➢ **طريقـــــة العمـــــــل:**

-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 الموقي - نتركه مدة قصيرة حتى يستقر ويظهر 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 ونغسله بالماء المقطر.

الشكل 21: صورة جهاز قياس pH-metre

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.

الشكل 22: صورة لجهاز متعدد القياسات Multi- métier

III-3-3 قياس درجة الحرارة:

في قياس درجة الحرارة استعملنا جهاز متعدد القياسات analyseur multi paramètres السابق الذكر، كما يمكن استعمال جهاز قياس الناقلية والملوحة 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-3-4 قياس الناقلية الكهربائية:

تم قياس الناقلية الكهربائية بواسطة جهاز قياس الناقلية من نوع lovbond con200

➢ **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-3-5 تحديد المواد العالقةMES:

يتم تحديد محتوى المواد العالقة في المياه المعالجة والخام باستخدام طريقة الترشيح في حالة تراكيز المواد العالقة منخفضة أما أذا كان التراكيز عالية فيتم قياسها بطريقة الطرد المركزي.

الطريقة المتبعة لقياس المواد العالقة تمت وفق طريقة الترشيح. (NF-T90-105 5)

أ- الطريقة الأولى: طريقة الترشيح.

ب- الطريقة الثانية: طريقة الطرد المركزي (Centrifugation).

➢ **الأدوات المستعملة:**

- حوجلة عيارية.
- أوراق الترشيح GF
- بوتقات.
- ميزان إلكتروني.
- جهاز ترشيح تحت الضغط (ramps de vibration).
- الحاضنة (105C°).
- جهاز نزع الرطوبة (Dssiccateur) .
- جهاز الطرد المركزي ذو معدل سرعته (2800-3200) دورة في الدقيقة.

أ- طريقة الترشيح:

- نبلل ورقة الترشيح بالماء المقطر ثم نضعها داخل الحاضنة على درجة حرارة 105C° مدة من الزمن.
- نخرج ورقة الترشيح ونتركها تبرد بعيدا عن الرطوبة داخل جهاز نزع الرطوبة.
- نزن ورقة الترشيح وهي فارغها ونسجل وزنها M0.
- نأخذ حوجلة ذات سعة 100mlنغسلها جيدا بالماء العادي ثم بالماء المقطر.
- نضع ورقة الترشيح على جهاز الترشيح بالضغط ثم نأخذ 100ml من العينة ونسكبها على الورق ونشغل الجهاز.
- بعد نهاية الترشيح نأخذ الورقة ونضعها داخل الحاضنة على درجة حرارة 105C° لمدة ساعتين
- نخرج ورقة الترشيح من الحاضنة ونتركها تبرد بعيدة عن الرطوبة داخل جهاز نزع الرطوبة لمدة 15 دقيقة.
- نزن ورقة الترشيح ونسجل وزنها M1

- لحساب كمية المواد العالقة MES نقوم بإجراء العملية التالية:

$$C(MES)= \frac{M1-M0}{V}$$

C(MES) : تركيز المواد العالقة (mg/l).

M1: وزن ورق الترشيح وهو فارغ (mg/l).

M0: وزن ورق الترشيح مع العينة (mg).

V: حجم الماء المستعمل من العينة (1).

ب- طريقة الطرد المركزي:

- نأخذ 100 مل من العينة ونضعها داخل إناء ذو سعة 100ml.
- نخضهما 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 البوتقة النظيفة ونسجل وزنها M0.
- نسكب الراسب في البوتقة ثم نضعها داخل الحاضنة على درجة حرارة C°105 حتى نحصل على وزن مستقر.
- نخرج البوتقة من الحاضنة ونتركها تبرد بعيدا عن الرطوبة داخل جهاز نزع الرطوبة.
- نزن البوتقة مع الراسب الجاف ونسجل وزنها M1.

لحساب كمية المواد العالقة MES نقوم بإجراء العملية التالية:

$$\mathbf{C(MES)= \frac{M1-M0}{V}}$$

C(MES) : تركيز المواد العالقة (mg/l).

M1: وزن ورق الترشيح وهو فارغ (mg).

M0: وزن ورق الترشيح مع العينة (mg).

V: حجم الماء المستعمل من العينة (1).

III-3-6 تحديد الطلب الكيميائي للأكسجين DCO:

تم تحديد DCO بواسطة جهاز(spectrophotomètre DR/ 3900) استعملنا كبسولات تحتوي على كاشف تجاري محضر سابقا (LCK 314).

الشكل 23: صورة لجهاز Spectrophotomètre DR3900

➢ **الأدوات والأجهزة المستعملة:**

- جهاز(Spectrophotomètre DR/ 3900) .
- مولد للحرارة.thermo réacteur
- كأس بشر – ماصة – ماء مقطر.

➢ **طريقة العمل:**

الطريقة وفق الخطوات التالية:

- نقوم بالرج الجيد للأنبوب المحتوى على الكاشف الخاص بقياس DCO.
- بواسطة ماصة أضف 2ml من العينة إلى أنبوب.
- يرج الأنبوب المغلق بإحكام ثم يسخن إلى 148 درجة مئوية لمدة ساعتين أو في جهاز HT 200 S لمدة 15 د.
- اترك العينة لتبرد في الهواء الطلق لمدة 15 دقيقة بحيث تصل درجة الحرارة إلى درجة حرارة (20°-18°).
- ثم نقوم برج بقوة حتى تجانس المحتوى.
- نقوم بتنظيف الجزء الخارجي من الأنبوب جيدا.
- نضع الأنبوب داخل الجهاز طيف الضوئي DR3900 ثم نقوم بقراءة القيمة المسجلة على الجهاز مباشرة لمحتوى DCO ملغم / لتر.

III-3-7 تحديد الطلب البيو كيميائي للأكسجين DBO_5:

تم تحديد كمية DBO_5 باستعمال جهاز DBO mètre من نوع BODtrak^{TM}II

➢ **الأدوات والأجهزة:**

- الحاضنة (20c°).
- جهاز قياس الطلب البيو كيميائي للأكسجين DBOméter.
- مخلاط مغناطيسي.

➢ **طريقة العمل:**

- أولا يجب أن تكون درجة حرارة العينة بين (19-21م°)
- نضع العينة في مخلاط مغناطيسي حتى تتجانس.
- نقوم بأخذ الحجم الازم باستعمال أنبوب اختبار مدرج حسب الجدول.
- نضيف كيس من المادة المغذية لمحتوى القارورة.
- نضع القارورة في المكان المخصص لها في الجهار عند درجة حرارة °20C لمدة حضن 5ايام.
- الجهاز يحفظ تلقائيا القيم.

جدول8 : حجم العينة اللازم لقياس DBO5.

مجال القياس	عينة الاختبار (مل) حجم
35-0	420
70-0	355
350-0	160
700-0	95

الشكل 24: صورة لجهاز DBO mètre

III-3-8 قياس الأمونيوم (NH_4^+):

تم تحديد تركيز الأمونيوم (NH_4^+) بواسطة جهاز مطياف الضوئي DR3900

➢ **الأدوات والأجهزة:**

- جهاز مطياف الضوئي DR3900.
- كبسولة تحتوي على كاشف تجاري محضر مسبقا (lck303).
- ماصة عيارية ذات سعة 2ml.

➢ **طريقة العمل:**

- قم بفك غطاء الكبسولة بعناية حتى لا تفقد من محتواها شيء.
- بواسطة الماصة وبعناية نأخذ من العينة 0.2ml ثم نضيفها للكبسولة مع غلقها بإحكام.
- نرج الكبسولة جيدا بتجاه الأعلى والأسفل حتى يمتزج محتواها.
- بعد 15 دقائق قم بتنظف الجزء الخارجي من الكبسولة جيدًا.
- أدخل الكبسولة في المكان المخصص لها في الجهاز. DR 1900
- اذهب إلى طرق LCK / TNT plus. حدد الاختبار، اضغط على READ.
- ثم قم بقراءة القيمة لمحتوى NH_4^+ (مل/لتر).

III-3-9 قياس النتريت ($N\text{-}NO_2^-$):

تم تحديد تركيز النتريت ($N\text{-}NO_2^-$) بواسطة جهاز مطياف الضوئي DR3900

➢ **الأدوات والأجهزة:**

- جهاز مطياف الضوئي DR3900.
- كبسولة تحتوي على كاشف تجاري محضر مسبقا (LCK341).
- ماصة عيارية ذات سعة 2ml.

➢ **طريقة العمل:**

- قم بفك غطاء الكبسولة بعناية حتى لا تفقد من محتواها شيء.
- بواسطة الماصة وبعناية نأخذ من عينة 0.2ml ثم نضيفها للكبسولة مع غلقها بإحكام.
- نرج الكبسولة جيدا بتجاه الأعلى والأسفل حتى يمتزج محتواها.
- بعد 10 دقائق قم بتنظف الجزء الخارجي من الكبسولة جيدًا.

- أدخل الكبسولة في المكان المخصص لها في الجهاز. DR 1900
- اذهب إلى طرق LCK / TNT plus. حدد الاختبار، اضغط على READ.
- ثم قم بقراءة القيمة لمحتوى $N\text{-}NO_2^-$(مل/لتر).

III-3-10 قياس النترات ($N\text{-}NO_3^-$):

تم تحديد تركيز النترات ($N\text{-}NO_3^-$) بواسطة جهاز مطياف الضوئي DR3900

➢ **الأدوات والأجهزة:**

- جهاز مطياف الضوئي DR3900.
- كبسولة تحتوي على كاشف تجاري محضر مسبقا (lck340).
- ماصة عيارية ذات سعة 1ml.
- ماصة عيارية ذات سعة 2ml.

➢ **طريقة العمل:**

❖ بواسطة ماصة وببطء نأخذ 1ml من العينة.

❖ بواسطة ماصة وببطء نأخذ 2ml من المحلول.

❖ أغلق الكبسولة وامزج المحتويات بعكسها عدة مرات متتالية حتى يكتمل الخليط.

❖ إنتظر15 دقيقة، ثم نظف الجزء الخارجي من الكبسولة وضعه في مقياس الطيف الضوئي DR 3900 واقرأ محتوى $N\text{-}NO_3^-$ (مل/لتر).

III-3-11 قياس الفوسفور الكلي (PT):

تم تحديد تركيز الفوسفور الكلي(PT) بواسطة جهاز مطياف الضوئي DR3900

➢ **الأدوات والأجهزة:**

- جهاز مطياف الضوئي DR3900.
- كبسولة تحتوي على كاشف تجاري محضر مسبقا (LCK 350).
- ماصة عيارية ذات سعة 0.4ml.

➢ **طريقة العمل:**

- إزالة بعناية الورقة الواقية DosiCap Zip ثم نقوم بفتح الغطاء.
- باستخدام ماصة عيارية وبعناية نأخذ 0.4ml من العينة.
- نحكم غلق DosiCp Zip على الكبسولة. ونرج بقوة نحو الأعلى والأسفل.
- نقوم بالتسخين في جهاز HT 200 S لمدة 15 دقيقة ببرنامج HT القياسي. أو نسخن لمدة 60 دقيقة عند 100 درجة مئوية (212 درجة فهرنهايت) أو لمدة 30 دقيقة عند 120 درجة مئوية (248 درجة فهرنهايت).
- نتركه يبرد إلى درجة حرارة الغرفة.
- ملاحظة: تأكد من أن الغطاء محكم الإغلاق بعد تبريد.
- رج بقوة.
- قم بفك الغطاء DosiCap Zip
- نأخذ بواسطة ماصة عيارية 0.5ml من كاشف B. إغلاق كاشف B فورًا بعد الاستخدام.
- غلق الكبسولة جيدا وبإحكام.
- اقلب الكبسولة عدة مرات حتى يذوب ويمتزج الخليط تماما.
- بعد 10 دقائق نقوم بتنظيف الجزء الخارجي من الكبسولة قبل القياس.
- أدخل الخلية في مقصورة الخلية.

III-3-12 قياس الأور ثو فوسفات($P\text{-}PO_4^{3-}$) :

تم تحديد تركيز الأورثوفوسفات ($P\text{-}PO_4^{3-}$) بواسطة جهاز مطياف الضوئي DR3900

➢ **الأدوات والأجهزة:**

- جهاز مطياف الضوئي DR3900.
- كبسولة تحتوي على كاشف تجاري محضر مسبقا (LCK 350).
- ماصة عيارية ذات سعة 0.4ml.
- ماصة عيارية ذات سعة 0.5ml.

➢ **طريقة العمل:**

- نأخذ بواسطة ماصة عيارية 0.4ml من العينة.

- نأخذ بواسطة ماصة 0.5ml من كاشف B. نقوم بإغلاق الكاشف B على الفور بعد الاستخدام.
- أغلاق الكبسولة بإحكام.
- اقلب الكبسولة عدة مرات حتى يمتزج الخليط تماما.
- بعد 10 دقائق نقوم بتنظيف الجزء الخارجي من الكبسولة قبل القياس.
- أدخل الكبسولة في المكان المخصص لها في الجهاز.

III-3-13 كمية الآزوت الكلي NT:

تم تحديد كمية الآزوت الكلي باستعمال جهاز DR-3900

➢ **الأدوات والأجهزة المستعملة:**

- ماصة 2ml
- جهاز قياس الطيف الضوئي (DR-3900).
- كاشف تجاري المحضر مسبقا LCK 238.

الشكل 25: صورة للكواشف المستعملة في قياس الازوت الكلي

➢ **طريقة العمل:**

- نأخذ أنبوب اختبار (جاف) نضع فيه حجم قدره 0.5ml من العينة بواسطة ماصة ثم نضيف 2 مل من المحفز A ثم نضيف قرص من المحفز B.
- نغلق الأنبوب ونضعه في جهاز التسخين لمدة 30 دقيقة عند درجة حرارة 120°م.
- نخرج الأنبوب من الجهاز ونتركه يبرد في درجة حرارة الغرفة، ثم نرج الأنبوب جيدا.
- بواسطة ماصة نأخذ حجم قدره 0.5ml من الخليط المحضر ونضعه داخل كبسولة الكاشف LCK 338.
- نأخذ حجم قدره 0.2ml من المحفز D ونضيفه إلى محتوى الكبسولة، نغلقها بإحكام.
- نرج محتوى الأنبوبة جيدا حتى تجانس محتواها ثم بعد 15 دقيقة من الرج نمسح الجزء الخارجي للأنبوبة.
- نضع الأنبوبة في جهاز DR-3900 ثم نذهب إلى طرق LCK/TN Plus، نحدد الاختبار المطلوب ثم نضغط على زر التشغيل. عند ثبات القيمة على الجهاز تقرا مباشرة بوحدة ملجم/لتر.

III-3-13 قياس NTK:

من اجل تحديد تركيز NTK نستعمل العلاقة التالية:

$$NTK=NT-(NO_2+NO_3)$$

الفصل الرابع

النتائج والمناقشة

بعد إجراء التحاليل الفيزيوكيميائية لمياه الصرف الصحي الواردة والصادرة من محطة المعالجة بكاف الدخان المينة في الفصل السابق، قمنا بجمع النتائج ومعالجتها إحصائيا من خلال تحديد القيم الصغرى والمتوسطة والعظمى، ومناقشتها بهدف تقييم كفاءة المحطة في إزالة عوامل التلوث.

1-IV معامل التحلل البيولوجي (DCO/DBO_5)

تحدد النسبة DCO/DBO_5 قابلية التحلل ا البيولوجي للمواد العضوية من تصريف المياه المستعملة. لذلك فإن النسبة التي تساوي أو تزيد عن 3 توضح ضعف التحلل البيولوجي، والذي يمكن أن يعزى إلى مقاومة المادة العضوية في المحلول، ونقص الأكسجين في الوسط المائي. ومن هنا يستلزم استخدام طرق أكثر فعالية لتحلل المواد العضوية، يتيح هذا التقرير أيضًا استنتاج ما إذا كانت المياه المستعملة التي يتم تصريفها مباشرة في البيئة المستقبلة لها خصائص مياه الصرف المنزلية.

طبقاً للمعامل التحلل البيولوجي الموضح في الجدول (10)، فإن مياه الناتجة عن التصريفات المدروسة قابلة للتحلل بشكل عام ($COD / BOD_5 <3$). تظهر هذه القيم غياب التصريف الصناعي في شبكة الصرف الصحي الحضرية (47).

2-IV خصائص المياه المستعملة (الخام) لمحطة غرداية لسنة 2019

جدول 9: الخصائص الفيزوكيميائية للمياه المستعملة الخم الداخلة لمحطة غرداية لسنة 2019

الوسائط	القيمة الكبرى	القيمة الصغرى	القيمة المتوسطة	المعايير الوطنية 2009
T(C°)	29.83	14.87	22.79	30C°
(O_{2diss})	1.69	0.09	0.75	/
pH	8.61	7.77	7.95	8.5-5.5
CE (ms/cm)	3.92	3.61	3.58	/
Salinité(mg/l)	2.16	1.93	2.04	/
MES (mg/l)	241.75	45	106	600
DCO (mg/l)	329	79.20	195	1000
DBO_5 (mg/l)	269.50	68	123	500
NO^-_2 (mg/l)	0.41	0.01	0.11	0.1
NO^-_3 (mg/l)	0.82	0.19	0.49	/
$N\text{-}NH_4$ (mg/l)	125	13.20	37.67	/

PO^{3-}_4 (mg/l)	3.04	0.91	1.84	/
P_T (mg/l)	4.56	3.20	1.95	50
N_T (mg/l)	152	21.80	63.88	/
NTK (mg/l)	151.51	21.50	39.87	/

جدول 10: معامل التحلل البيولوجي لمحطة غرداية (العطف)

الوسائط / الأشهر	DCO (mg/l)	DBO_5 (mg/l)	$K=DCO/DBO_5$
جانفي	79,2	68	1,165
فيفري	184,5	107,5	1,716
مارس	155	121	1,281
أفريل	307	151,75	2,023
ماي	192,5	129,5	1,486
جوان	329	262,5	1,253
جويلية	257,5	90,5	**2,845**
أوت	229,5	83	2,765
سبتمبر	149	142,3	1,047
أكتوبر	147,5	100,5	1,468
نوفمبر	139,5	107	1,304
ديسمبر	175	114,67	1,526

التحليل المقارن للجدول (9) والجدول (10) مع الجريدة الوطنية 2009 للمياه المستعملة (المياه الخام):

- من خلال الجدول (9) الذي يظهر قيم بعض الوسائط التي تم الكشف عنها من خلال هذا العمل تبين أنها لم تتجاوز المعايير الدولة الجزائرية المسموح بها للمياه المستعملة الخام وفق الجريدة الوطنية 2009.

- من خلال الجدول (10) الذي يبين قيمة معامل تحلل البيولوجي k لكل شهر، أظهرت الدارسة أن النسبة DOC/DBO_5) <3)تدل هذه القيمة على أن طبيعة المياه الواردة إلى المحطة مياه حضرية سهلة التحلل البيولوجي.

IV-3 أداء وكفاءة إزالة الملوثات

- في هذه الدراسة ركزنا على أداء تنقية الملوثات من مياه الصرف الصحي (المياه المستعملة) في محطة المعالجة بطريقة البحيرات الطبيعية.

جدول 11: خصائص وسائط المياه المعالجة لمحطة غرداية لسنة 2019

الوسائط	القيمة العظمى	القيمة الدنيا	القيمة المتوسطة	المعايير الوطنية 2012
T(C°)	29.11	14.32	22.93	30
(O_{2diss})	1.71	0.10	0.79	/
Ph	8.97	8.09	8.32	8.5-6.5
CE (ms/cm)	3.99	2.75	3.39	3-0
Salinité(mg/l)	2.01	1.91	1.97	/
MES (mg/l)	99	40.75	72	30
DCO (mg/l)	128	53.40	89	90
DBO_5 (mg/l)	78.50	23	46	30
NO^-_2 (mg/l)	0.70	0.02	0.19	/
NO^-_3 (mg/l	0.74	0.25	0.44	30
N-NH_4 (mg/l)	151.51	21.50	39.87	/
PO^{3-}_4 (mg/l)	1.66	0.24	0.95	/
P_T (mg/l)	2.97	1.42	2.09	/
N_T (mg/l)	152	21.80	63.88	/
NTK (mg/l)	108.49	26.48	39.44	/

التحليل المقارن للجدول (11) وفق المعايير الوطنية 2012 والمنظمة الصحة العالمة لسنة 1971:

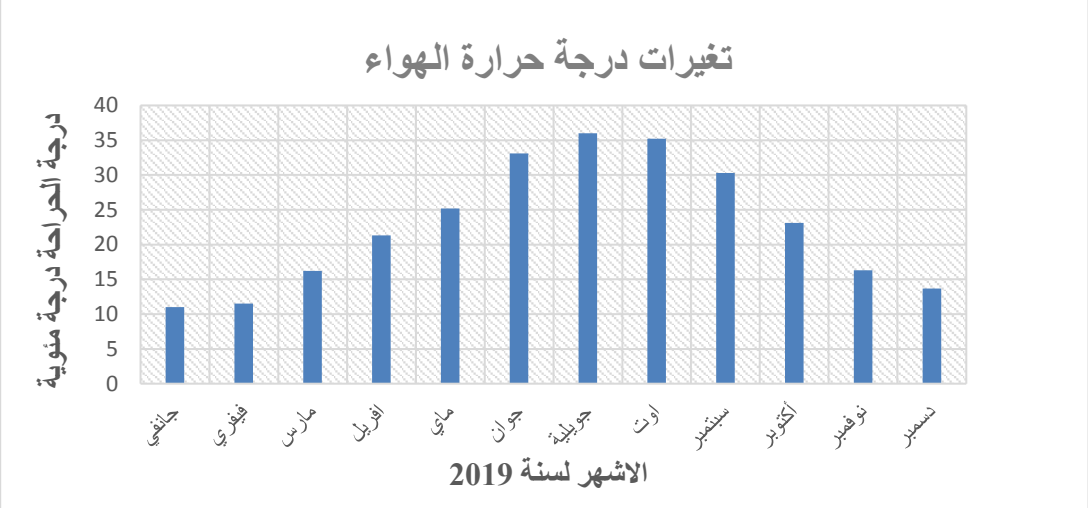
من خلال النتائج المتحصل عليها من إجراء التحاليل الفيز وكيميائية التي تظهر قيم بعض الوسائط التي تم الكشف عنها أن درجة الحرارة T ودرجة الحموضة PH وأيضا تركيز طلب الكيميائي للأكسجين DCO والنترات NO_3^- ضمن حدود المسموح بها للمياه المعالجة الموجهة للري وفق المعايير الوطنية لدولة الجزائرية حسب الجريدة الرسمية 2012.والمعايير الدولية حسب المنظمة العالمية لصحة (OMS) لسنة 1971 باستثناء قيمة DCO التي تعتبرها سيئة جدا.

أما بالنسبة لنتائج MES وDBO5 وCE فهي خارج المعايير الوطنية والدولية المسموح بها للمياه الموجهة للري. باستثناء قيمة MES التي تعتبر مقبولة حسب المعايير الدولية وفق (OMS) لسنة 1971.

4-IV تطور الوسائط الفيزيوكيميائية

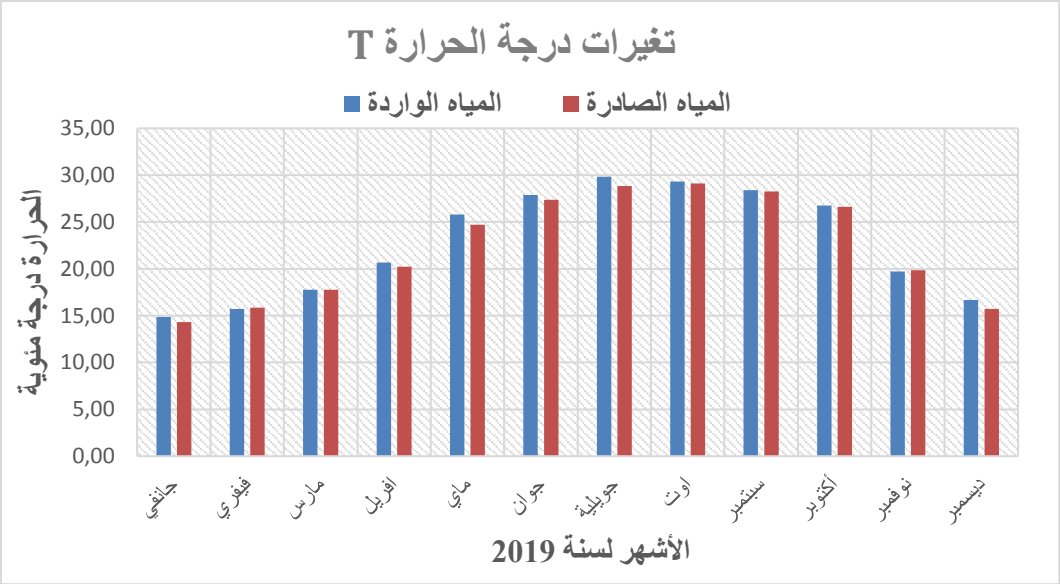
1-4-IV تطور درجة حرارة الهواء والماء:

يوضح الشكل (26)، التغيرات الشهرية لدرجة حرارة المنطقة المدروسة إذ سجلت النتائج تباين في درجة الحرارة حيث بلغت اقل قيمة في شهر جانفي 11C°واقصى قيمة في شهر جويلية 36C°.



الشكل 26: يوضح تغيرات درجة حرارة الهواء الشهرية لسنة 2019

من خلال الشكل (27)، نلاحظ أن القيم المتوسطة لدرجة الحرارة تنخفض في المياه المعالجة عند مخرج المحطة مقارنة بالمياه المستعملة عند مدخل المحطة، حيث سجلت أدني قيمة 14.87C°في شهر جانفي وأعلى قيمة لها29.83C° في شهر جويلية للمياه العادمة وبنسبة للمياه المعالجة سجلنا أدني قيمة ب 14.32C°في شهر جانفي وأعلى قيمة لها ب 29.11C° في شهر أوت بمتوسط **22.79C° و22.39C° على توالي.**



الشكل 27: التغيرات الشهرية لدرجة حرارة المياه في المحطة لسنة 2019

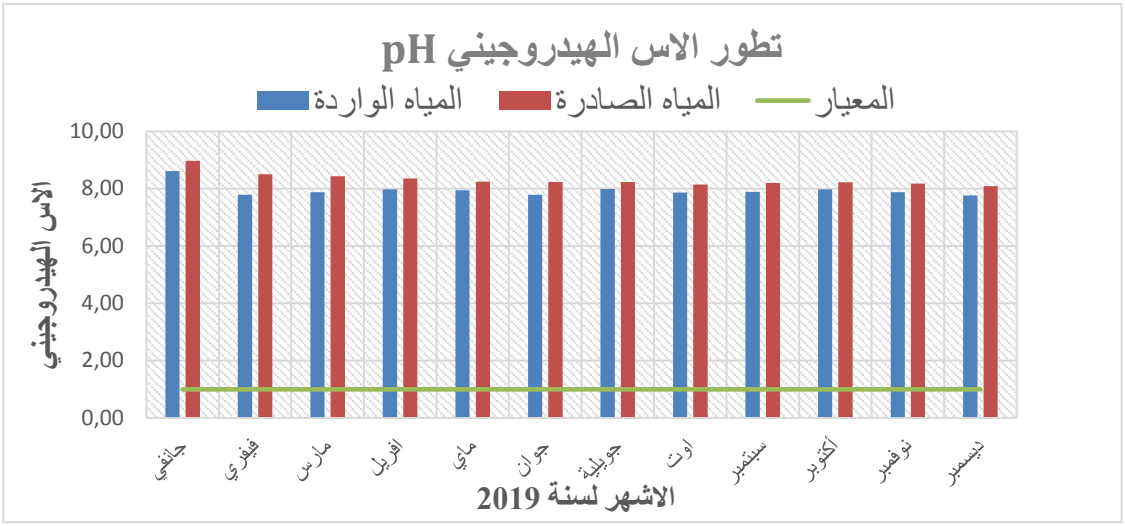
هذه النتائج جيدة إذ تتواجد ضمن حدود المسموح بها للمياه الموجهة للري وفق المعايير الوطنية الجزائرية والمنظمة العالمية لصحة (OMS) لسنة 1971.

نلاحظ تقارب كبير في درجات حرارة المياه كل من مدخل ومخرج محطة المعالجة لكل شهر، حيث يعود الاختلاف في درجة الحرارة المياه بين الأشهر إلى ما يتميز به مناخ المنطقة من تفاوت واضح في درجات الحرارة بين الفصول وخاصة فصل الصيف والشتاء، وأيضا الليل والنهار، كما لوحظ أيضا وجود اختلافات تعود إلى زمن أخذ العينات، ويمكن تفسير انخفاض درجة حرارة الهواء عن درجة حرارة المياه لوحدة المعالجة التي تمتاز باحتوائها على مواد عضوية بتراكيز عالية مما يؤدي إلى زيادة عمليات التحلل والتفسخ العضوي من قبل مستعمرات البكتيريا وباقي الأحياء المجهرية ومن تم زيادة الطاقة المنبعثة. [46]

IV-4-2 تطور الرقم الهيدروجيني pH

من خلال الشكل (28)، نلاحظ أن القيم المتوسطة للرقم الهيدروجيني ترتفع في المياه المعالجة عند مخرج المحطة مقارنة بالمياه المستعملة عند مدخل المحطة، تم تسجل أدني قيمة للمياه الملوثة عند مدخل المحطة ب 7.77 في شهر ديسمبر واعلى قيمة لها ب 8.61 في شهر جانفي وبمتوسط يقدر ب **7.95**، أما المياه المعالجة عند مخرج المحطة فتم تسجيل أدني قيمة لها ب 8.09 واعلى قيمة لها ب 8.97 في نفس الأشهر السابق ذكرها وبمتوسط يقدر ب **8.32** وبشكل عام فإن الفارق في قيم المياه الملوثة والمعالجة لم يتجاوز الوحدة.

هذه القيم تتواجد ضمن المجال المسموح به للحد الأقصى للمياه الموجهة للري [6.5-8.5] وفق المعايير الجزائرية والدولية.



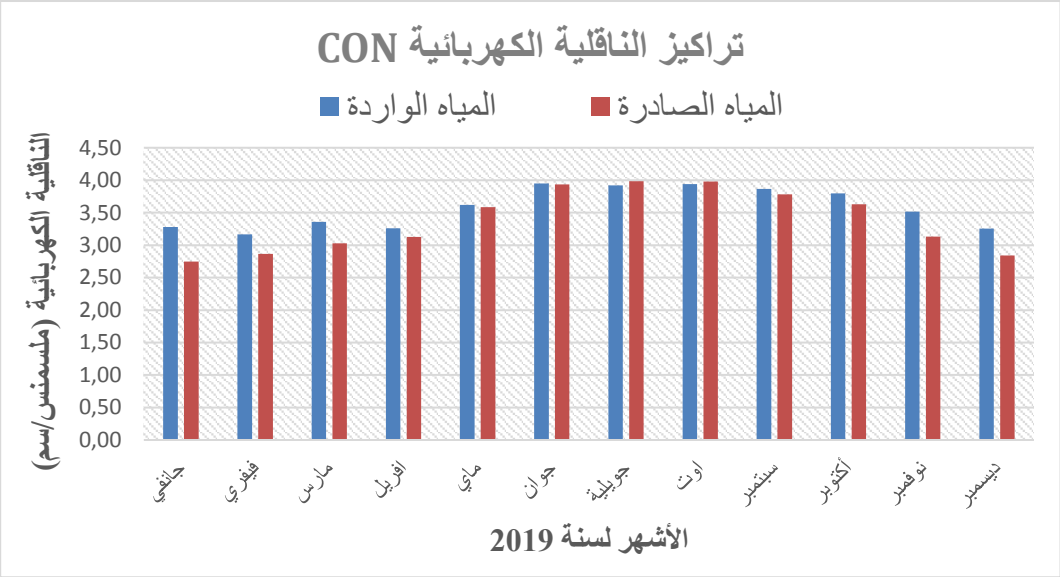
الشكل 28: تغيرات pH عند مدخل و مخرج المحطة لسنة 2019

بينت الدراسة أن قيم الرقم الهيدروجيني للمياه كانت قاعدية طوال مدة الدراسة بمتوسط سنوي 8.13، ويعود السبب في ذلك لوجود الكربونات والبيكربونات بكثرة في المياه الطبيعية. كذلك يزداد الرقم الهيدروجيني عندما تكون كمية الهائمات النباتية عالية مثل الطحالب، إذ تنشط عملية تركيب الضوئي فيزداد استهلاك CO_2 ثاني أكسيد الكربون ومن تم تزداد قيمة pH. [47]

IV-4-3 تطور الناقلية الكهربائية

من خلال الشكل (29)، نلاحظ أن القيم المتوسطة للناقلية الكهربائية تنخفض في المياه المعالجة عند مخرج المحطة مقارنة بالمياه المستعملة عند المدخل، حيث تم خلالها تسجل أدني قيمة للمياه المستعملة عند مدخل المحطة ب 3.16 ms/cm في شهر فيفري واعلى قيمة لها ب 3.92 ms/cm في شهر جوان وبمتوسط قدره **3.58 ms/cm**، أما بنسبة للمياه المعالجة فتم تسجيل أدني قيمة لها ب 2.75 ms/cm في شهر جانفي واعلى قيمة لها ب 3.99 ms/cm في شهر جويلية وبمتوسط يقدره **3.39 ms/cm**. وبكفاءة تنقية قدرها **32,75%**.

هذه النتائج خارج المعايير المسموح بها للمياه الموجهة للري وفق المعايير الوطنية الجزائرية والمنظمة العالمية لصحة (OMS) لسنة 1971.



الشكل 29: تغيرات الناقلية الكهربائية (ms/cm)عند مدخل و مخرج المحطة لسنة 2019

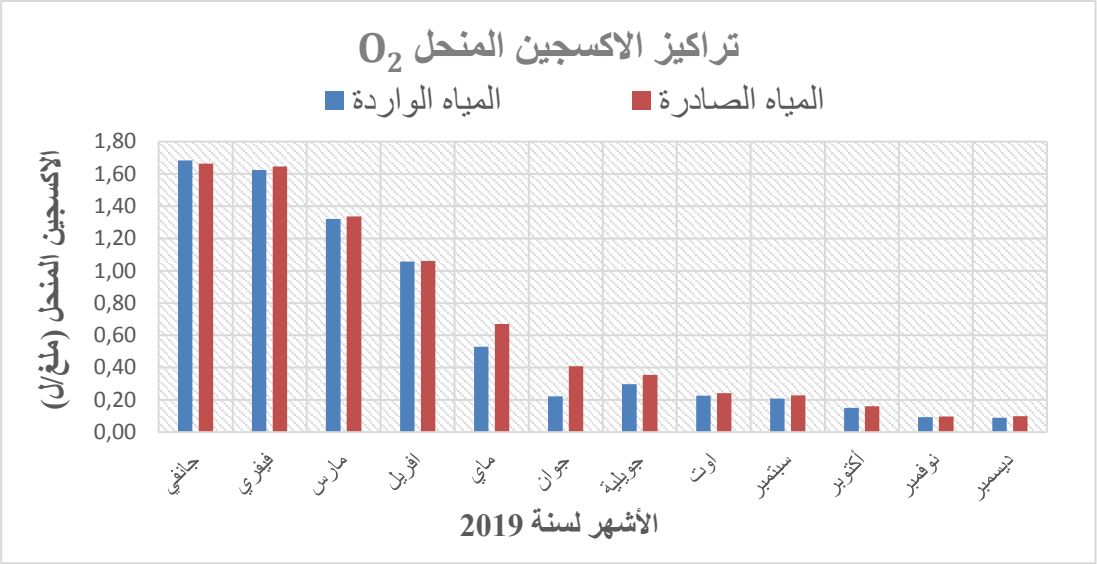
نلاحظ ارتفاع في قيم الناقلية الكهربائية في محطة المعالجة وهذا الارتفاع يعود إلى كون مياهها مياه حضرية وغالبا ما تكون محملة بكميات كبيرة من الأملاح التي تعد مصدر للأيونات السالبة والموجبة [48]، إذ أن الناقلية لها علاقة طردية مع تركيز الأملاح في الوسط، ولدرجة الحرارة دور في التحكم في الناقلية خاصة في البحيرات الطبيعية التي تمتاز بكبر أحواضها مما يسهل عملية التبخر، في الفترة الممتدة من شهر ماي إلى شهر أكتوبر كون مناخ المنطقة صحراوي [49]، وأيضا قد يفسر الارتفاع في الناقلية الكهربائية إلى تحول المواد العضوية إلى مواد معدنية نتيجة التحلل البيولوجي، في هذه الحالة نتوقع أن كل هذه التغيرات تدخل في ارتفاع الناقلية الكهربائية. [25]

نلاحظ أن الناقليّة هي ترجمة لدرجة التمعدن العامة فهَي توفر لنا معلومات عن نسبة الملوحة.

IV-4-4 تطور الأوكسجين المنحل O_2

من خلال الشكل (30)، نلاحظ أن القيم المتوسطة للأوكسجين المنحل متقاربة بين المياه المعالجة والمياه المستعملة في الغالب، إلا انه في بعض القيم توجد زيادة برتبة واحد على المئة في قيمة المياه المعالجة، حيث سجلت أدنى قيمة ب 0.09 mg/l في شهر ديسمبر واقصى قيمة ب 1.68 mg/l في شهر جانفي للمياه الملوثة بمتوسط قدره **0.662 mg/l** وأدني قيمة للمياه المعالجة 0.1 mg/l واقصى قيمة 1.66 mg/l وبمتوسط قدره **0.66 mg/l.**

أظهرت نتائج المياه المعالجة ومقارنتها حسب المعايير الدولية لسنة 1971 أن تراكيز الأكسجين المنحل لا تستوفي الشرط المصرح بها لصرف في البيئة الطبيعية.



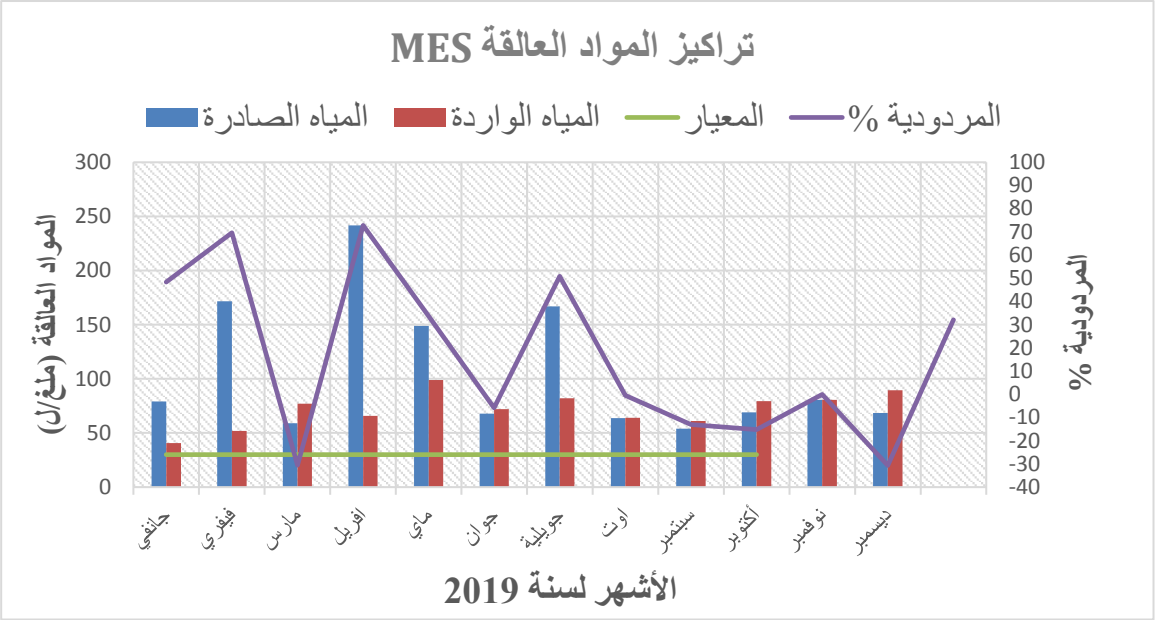
الشكل 30: التغيرات الشهرية للأكسجين المنحل (mg/l) عند مدخل و مخرج المحطة لسنة 2019

أظهرت تركيزات O_2 المذابة اختلافات موسمية، حيث أن ارتفاع درجة الحرارة يرافقه زيادة في الضغط وانخفاض في قابلية ذوبان الغازات (الأكسجين) من جهة. ومن جهة أخرى ارتفاع معدل استهلاك الأكسجين بفعل تسارع التفاعلات الكيميائية والبيو كيميائية التي قد يكون لها تأثير مفيد مثل تنشيط التطهير الذاتي وزيادة معدل الترسيب. [22]

في البحيرات الطبيعية تكون نسبة المواد العالقة مرتفعة بالإضافة إلى وجود الزيوت والشحوم، خاصة وأن المحطة غير مزودة بأدوات نزع الزيوت مما يؤدي إلى إعاقة نفاذية الأكسجين الهوائي إلى الأحواض وبتالي تقليل انحلاله في الماء. عموما نلاحظ أن الأكسجين المنحل يتغير عكس الكثافة العضوية للمياه المستعملة.

IV-4-5 تطور تراكيز المواد العالقة MES

من خلال الشكل (31) نلاحظ تغير نسبة MES في المياه الخام بين 63.67 mg/lفي شهر سبتمبر و 241.75 mg/lفي شهر أفريل وبمتوسط قدره **106 mg/l**، في حين تتغير المياه المعالجة بين 40.75 mg/l في شهر جانفي و 99 mg/lفي شهر ماي بمتوسط قدره **72 mg/l**. حيث كانت كفاءة الإزالة عالية في شهر أفريل بنسبة 72%، وبمردود سنوي قدر ب **32.09%**هذه القيم لا تتوافق مع المعايير الحدية للتفريغ المباشر في بيئة الاستقبال الجزائرية، لكنها أعلى من تلك الصادرة عن المنظمة الصحة العالمية

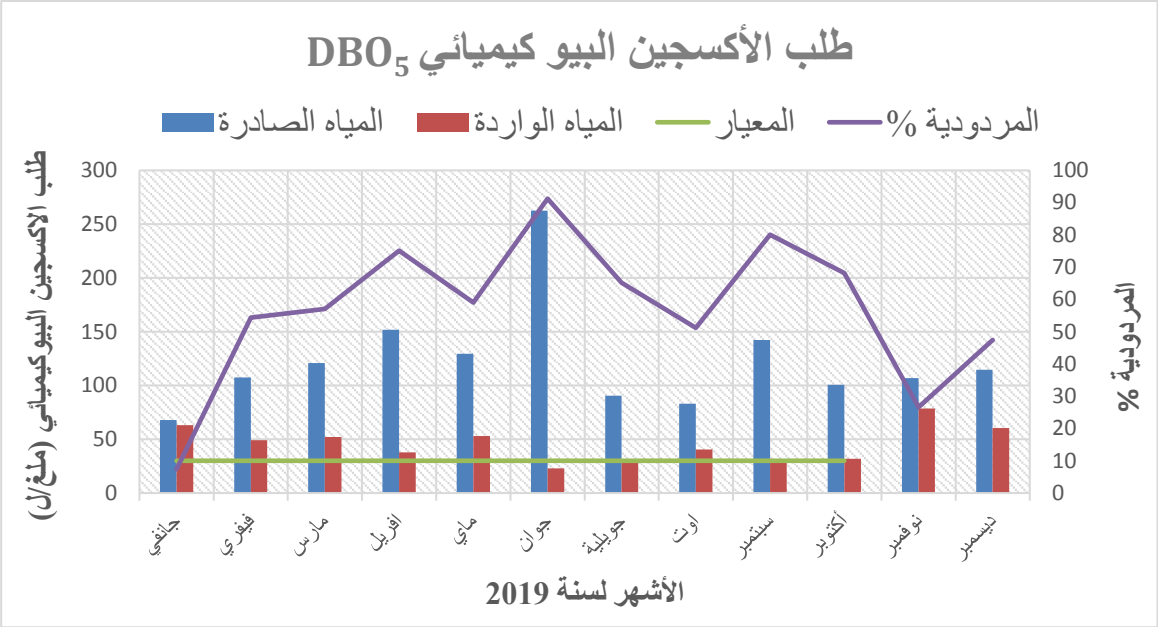


الشكل 31: التعيرات الشهرية للمواد العالقة (mg/l) عند مدخل و مخرج المحطة لسنة 2019

من خلال هذه القيم نلاحظ انخفاض كمية المواد العالقة بين المياه المعالجة والمياه الخام. السبب الأساسي في هذا الانخفاض حدوث العمليات الفزيائية والترسيب في الأحواض. كما نلاحظ أنا تركيز المواد العالقة في المياه المعالجة اعلى من المستوى المطلوب وهذا التركيز العالي يعود إلى وجود الطحالب في المياه المعالجة [50]. كما يعود التباين في كفاءة المعالجة إلى تغير تركيز المواد العالقة في المياه الخام.

6-4-IV طلب الأكسجين البيو كيميائي DBO_5

من خلال الشكل (32)، نلاحظ أن القيم المتوسطة لتراكيز DBO_5 تنخفض في المياه المعالجة عند مخرج المحطة مقارنة بالمياه المستعملة الخام عند مدخل المحطة، حيث سجلت أدني قيمة ب 68 mg/l في شهر جانفي واقصى قيمة ب 262.50 mg/l في شهر جوان بمتوسط قدره **123 mg/l**، أما المياه المعالجة فقد سجلت اقل قيمية ب 23 mg/l في شهر جوان واعلى قيمة ب 78.5 mg/lفي شهر نوفمبر بمتوسط قدر ب **46 mg/l**، كما سجلنا اعلى كمية إزالة ل DBO_5 في شهر جوان بمردود 91.23% وأدني نسبة للإزالة كانت في شهر جانفي 7.35%. وبمردود سنوي قدر ب **62.86%**. على الرغم من أداء التنقية الجيدة لـ BOD5 في معظم الأشهر، فإن القيم المقاسة لم تصل إلى الحد المطلوب وفق المعايير الوطنية والدولية.



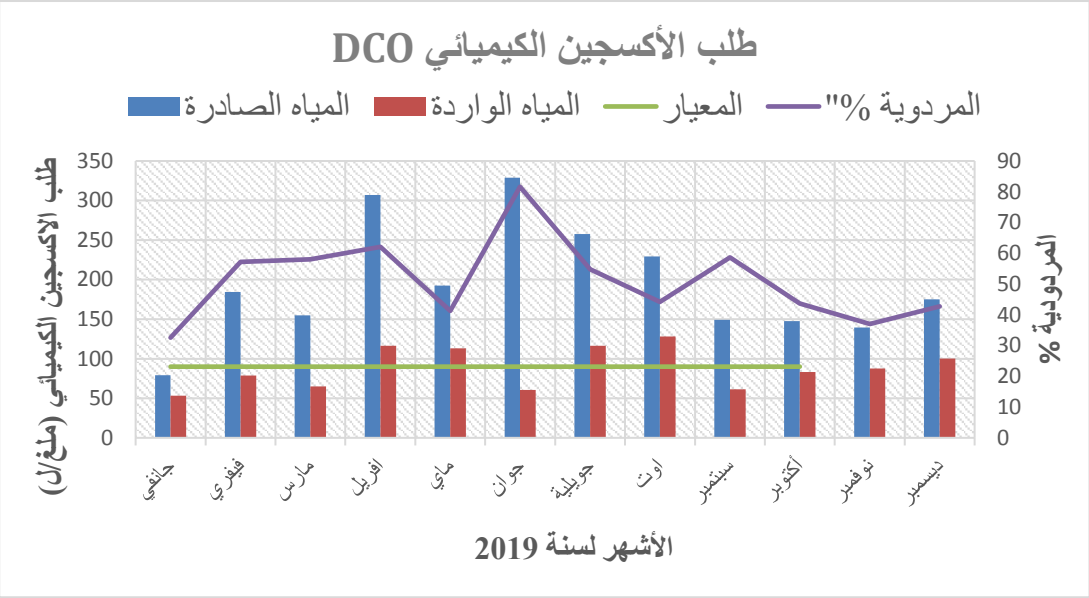
الشكل 32: التغيرات الشهرية ل DBO5 (mg/l) عند مدخل و مخرج المحطة لعام 2019

في ضوء النتائج التي تم الحصول عليها لـ DBO_5، نلاحظ زيادة في حمولة المواد العضوية التي تحتويها مياه الصرف الصحي الحضرية الواردة إلى المحطة [48] هذه القيم مماثلة لتلك الموجودة في دراسة أخرى لعملية البحيرات الطبيعية في الأمير عبد القادر (عين تموشنت – الجزائر) [50]. كما نلاحظ تحسن ل DBO_5 للمياه المعالجة في فترة الصيف عنها في فترة الشتاء. ويعود السبب في ذلك إلى زيادة نمو الطحالب وتكاثر المستعمرات البكتيرية وزيادة نشاطها مما ينتج عنه التحليل البيولوجي للمواد القابلية للتحلل التي توفر مصدر غذائي لتطور هذه الأحياء.

IV-4-7 طلب الأكسجين الكيميائي DCO

من خلال الشكل (33)، نلاحظ أن القيم المتوسطة DCO منخفضة في المياه المعالجة عند مخرج المحطة مقارنة بالمياه المستعملة عند مدخل المحطة، حيث أظهرت النتائج أن التراكيز الشهرية ل DCO في المياه الخام تتراوح بين 79.2 mg/l في شهر جانفي و329 mg/l في شهر جوان وبمتوسط سنوي **126 mg/l**. أما فيما يخص المياه المعالجة سجلنا اقل قيمة في شهر جانفي ب 53.4 mg/l واعلى قيمة 128 mg/l في شهر أوت وبمتوسط **89 mg/l**. وبإزالة حسنة للملوثات بمردود سنوي **54.60%**.

هذه النتائج ضمن الحدود المسموح بها للمياه الموجهة للري وفق المعايير الوطنية لسنة 2012 والمنظمة العالمية لصحة (OMS) لسنة 1971.

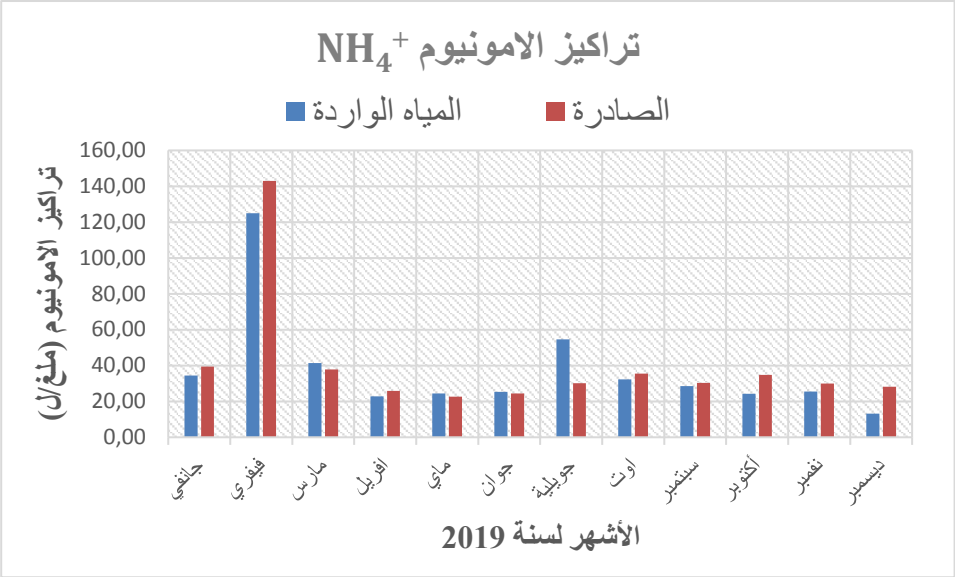


الشكل 33: التغيرات الشهرية DCO (mg/l) عند مدخل و مخرج المحطة لسنة 2019

نلاحظ أن قيم DCO لم تتجاوز الحد النظامي إلا في فصل الصيف (باستثناء جوان) ويرتبط هذا الارتفاع بنقص الأكسجين المنحل في المياه وزيادة الملوثات وخاصة الزيوت والشحوم التي تمنع تلامس الأكسجين مع سطح الماء مما يؤدي إلى تثبيط عملية الأكسدة.

IV-4-8 إزالة الأمونيوم NH_4^+

من خلال الشكل (34) نلاحظ أن القيم المتوسطة لتراكيز الأمونيوم مرتفعة في المياه المعالجة عند مخرج المحطة مقارنة بالمياه المستعملة عند مدخل المحطة، حيث سجلنا أدني قيمة ب 13.2 mg/l في شهر ديسمبر واعلى قيمة ب 125 mg/l في شهر فيفري بمتوسط قدر ب **37.67 mg/l** في المياه الملوثة، أما بنسبة للمياه المعالجة فكانت القيم تتراوح بين 22.6 mg/l في شهر ماي و143 mg/l في شهر فيفري بمتوسط قدره **40.18 mg/l**. كما تبين أن كفاءة المحطة كانت سيئة في إزالة الأمونيوم في غالبية الأشهر. وأن نتائج المياه المعالجة ومقارنتها بالمعايير الدولية لسنة 1971 لا تستوفي الشروط المصرح بها للصرف في البيئة المستقبلة.



الشكل 34: التغيرات الشهرية NH_4^+ (mg/l) عند مدخل و مخرج المحطة لسنة 2019

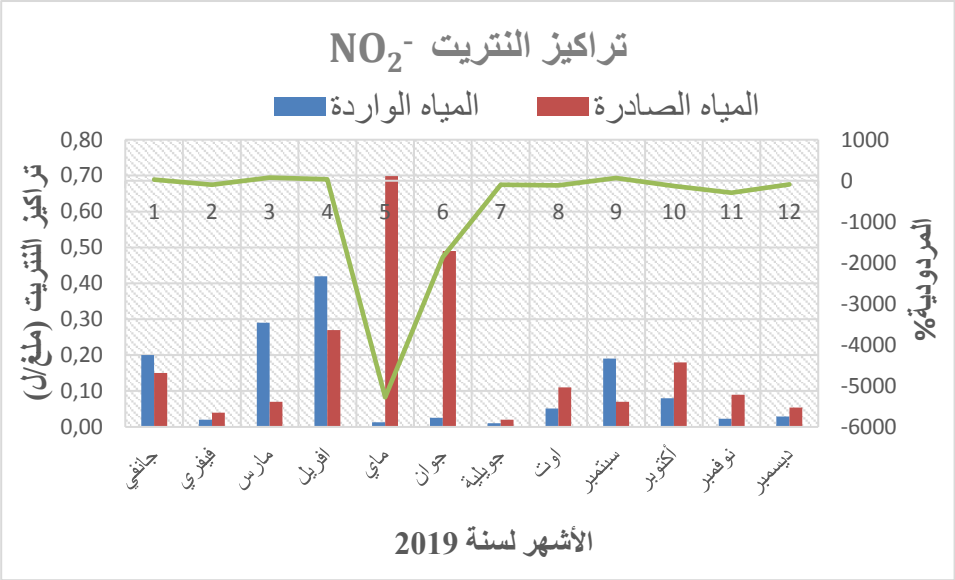
نلاحظ عدم انخفاض تركيز الأمونيوم في المياه المعالجة عند مخرج المحطة ويعود السبب إلى نقص الأكسجين، بالإضافة إلى طول زمن مكوث المياه في شبكة الصرف حيث تتراوح نسبة النيتروجين الأموني الذي يدخل إلى محطة المعالجة بين 50٪ (في الشبكات القصيرة) و75٪ (في الشبكات الطويلة جدًا) وكذا أحواض المعالجة وأيضا نتيجة أكسدة الأزوت العضوي بفعل البكتيريا الآزوتية اللاهوائية. [51]

انخفاض معدلات النترجة في شهر فيفري يعود إلى ارتفاع الرطوبة والأحمال العضوية العالية مما يجعل عملية النترجة عملية مقيدة في القضاء على النيتروجين.

IV-4-9 إزالة النتريت NO_2^-

من خلال الشكل (35) نلاحظ أن القيم المتوسطة لتراكيز النتريت جد متقاربة بين المياه المعالجة عند مخرج المحطة مقارنة بالمياه المستعملة عند مدخل المحطة، حيث كانت النتائج تتراوح بين 0.01 mg/l في شهر كل من ماي وجويلية واعلى تركيز ب 0.42 mg/l في شهر أفريل بمتوسط **0.11 mg/l** في المياه المستعملة، تراوحت القيم في المياه المعالجة بين 0.02 mg/l كقيمة دنيا في شهر جويلية و0.7mg/l كأعلى قيمة في شهر ماي بمتوسط **0.19 mg/l**.

أظهرت نتائج المياه المعالجة ومقارنتها حسب المعايير الدولية لسنة 1971 والتي قدرتها ب (0.3 **mg/l**≤)، أن تراكيز النتريت تستوفي الشرط المصرح بها لصرف في البيئة المستقبلة.



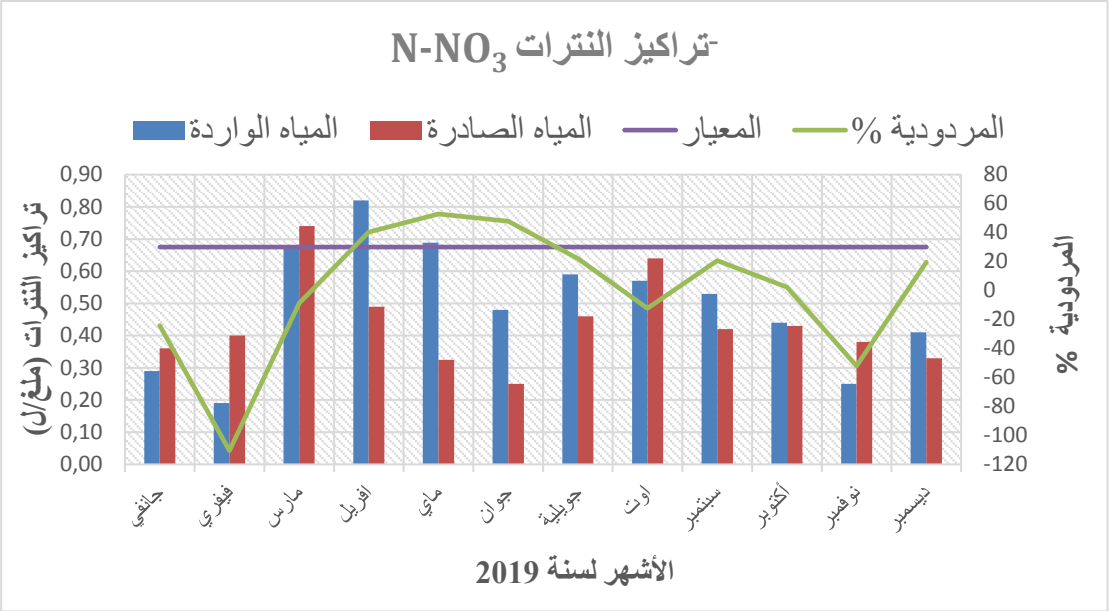
الشكل 35: التغيرات الشهرية للنتريت NO2 (mg/l) عند مدخل ومخرج المحطة لعام 2019

الجدير بالذكر هو أن النتريت ليس له مصدر طبيعي بل هو نتاج عملية أكسدة الأمونيوم أو إرجاع النترات بوجود بكتيريا تعمل على ذلك [52]حيث يمكننا تفسير النتائج المتحصل عليها في الأشهر التالية:(جانفي، مارس، أفريل، سبتمبر) حدوث عملية الأكسدة من النتريت إلى النترات أما في باقي الأشهر فان حدوث تراكم $N0_2$ يكون بسبب أن معدل أكسدة NH_4 أعلى من معدل أكسدة$N0_2$ إلى نترات. أيضا من المحتمل أن يحدث تراكم $N0_2$ عندما يكون اختزال $N0_3$ بمعدل أكبر من تخفيض$N0_2$. [53]

IV-4-10 إزالة النترات NO_3^-

من خلال الشكل (36) نلاحظ أن القيم المتوسطة لتراكيز النترات جد متقاربة بين المياه المعالجة عند مخرج محطة مقارنة بالمياه المستعملة عند مدخل المحطة، حيث كانت النتائج تتراوح بين 0.19 mg/l في شهر فيفري واعلى تركيز ب 0.82 mg/l في شهر أفريل بمتوسط **0.49 mg/l** في المياه المستعملة. بالمقابل تراوحت القيم في المياه المعالجة بين 0.25 mg/l كقيمة دنيا في شهر جويلية و0.74 mg/l كأعلى قيمة في شهر ماي بمتوسط **0.44 mg/l**. حيث كانت كفاءة المحطة في إزالة النترات ضعيفة قدرة ب **12.02%**.

أظهرت مقارنة نتائج المياه المعالجة بالمعايير الجزائرية المسموح بها للمياه الموجهة للري [30mg/l] أن هذه المياه صالحة للاستعمال الزراعي. وكذا المعايير الدولية (OMS) لسنة 1971 المقدرة ب (≤25mg/l).



الشكل 36: التغيرات الشهرية للنترات NO_3^-(mg/l) عند مدخل ومخرج المحطة لسنة 2019

تتميز مياه الصرف الصحي الواردة إلى المحطة بتركيزات منخفضة من النترات والنتريت، في دراستنا كان تراكيز NO_3^-منخفض مقارنة بأشكال أخرى من النيتروجين. بشكل عام تكون تراكيز النترات في مياه الصرف منخفضة للغاية (باستثناء مياه الصرف الزراعي وبعض مياه الصرف الصناعية). [54]

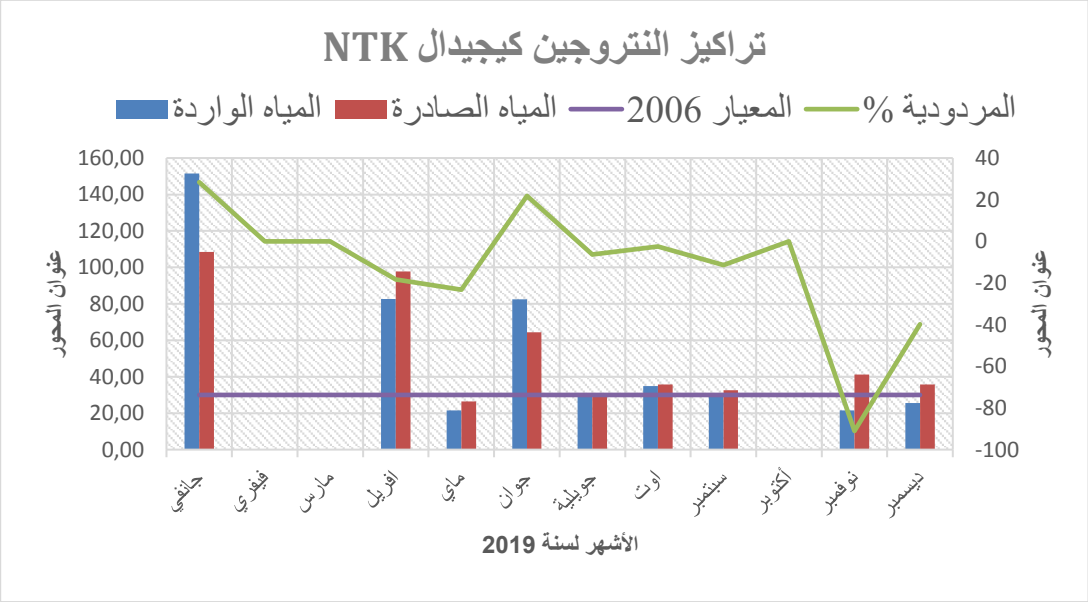
نلاحظ من خلال الشكل (36) أنه في فترة ارتفاع درجة الحرارة ابتداء من شهر أفريل حتى شهر أكتوبر كانت إزالة النترات جيدة ويرجع ذلك إلى حدوث عملية إزالة النترجة بسبب نقص الأكسجين (وسط شحيح الأكسجين) وهذا ما يحفز عمل بكتيريا Anammoxالمسؤولة عن أكسدة الأمونيوم إلى عنصر الأزوت N_2. بالإضافة إلى استهلاك النترات من طرف الطحالب باعتباره مصدر غذائي للنباتات.

في دراسة أخرى تبين أن التركيز العالي للأمونيوم يتسبب في توقيف تشكيل إنزيم nitrates réductases الذي يتسبب في عدم قدرة النبات على امتصاص النترات و هوما يظهر في شهر فيفري مثلا. [25]

IV-4-11 إزالة النيتروجين NTK

من خلال الشكل (37)، نلاحظ أن القيم المتوسطة لتراكيز NTK متساوية حيث لم تتجاوز الوحدة بين المياه المعالجة عند مخرج محطة مقارنة بالمياه المستعملة عند مدخل المحطة، حيث كانت النتائج تتراوح بين 21.50 mg/l في شهر ماي واعلى تركيز ب 151.51 mg/l في شهر جانفي بمتوسط 39.87 mg/l في المياه المستعملة. كما تراوحت القيم في المياه المعالجة بين 26.48 mg/l كقيمة دنيا في شهر ماي و108.49 mg/l كأعلى قيمة في شهر جانفي بمتوسط 39.44 mg/l .

هذه النتائج خارج المعايير المسموح بها للمياه الموجهة للري وفق القوانين الوطنية الجزائرية للجريدة الرسمية لسنة 2006 والمنظمة العالمية لصحة (OMS) لسنة 1971.

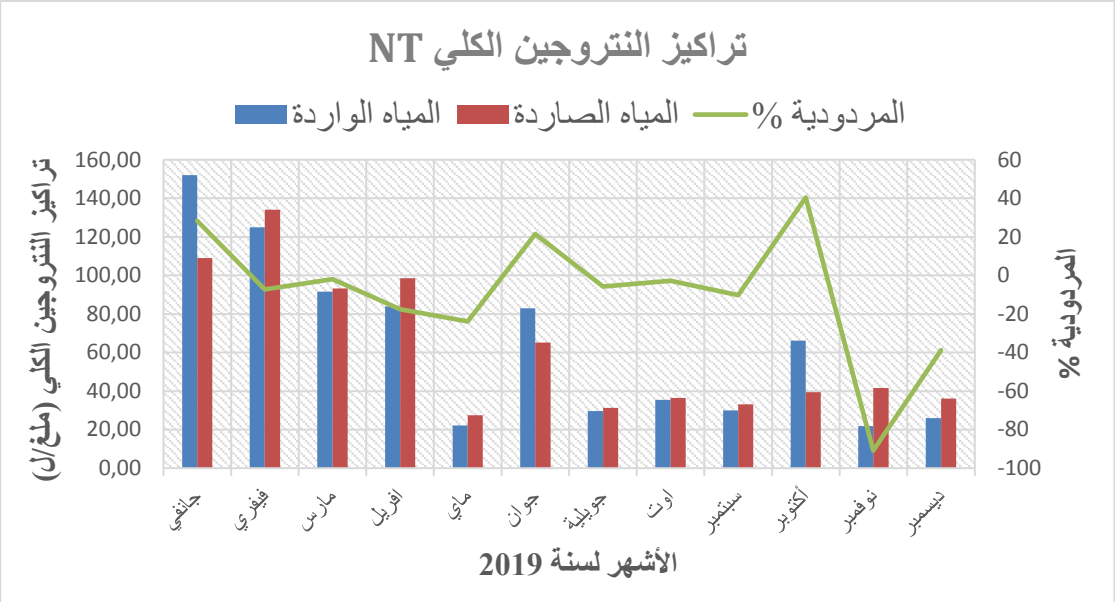


الشكل 37: التغيرات الشهرية ل NTK عند مدخل ومخرج المحطة لسنة 2019

إجمالي النيتروجين (TKN Kejeldahl) هو مؤشر مفيد لأداء تحلل النترات العضوي المعقد و هو مجموع نيتروجين النشادر والنيتروجين العضوي [22]، يمكن ملاحظة انخفاض كفاءة التحويل NH_4 إلى NO_3 بمرور الوقت وهذا مرتبط بزيادة الحالة اللاهوائية خلال فترة المعالجة التي تؤدي إلى انخفاض عملية أكسدة NH_4 إلى أشكال أخرى من النيتروجين كالنترات. إزالة NTK وNH_4 يحتاج إلى حالة اختزال في وسط قاعدي شحيح للأكسجين بينما يحتاج NO_3 إلى المزيد من O_2 والوسائط الحمضية. [55]

IV-4-12 إزالة النيتروجين الكلي NT

من خلال الشكل (38)، نلاحظ أن القيم المتوسطة لتراكيز NT جد متقاربة بين المياه المعالجة عند مخرج محطة مقارنة بالمياه المستعملة عند مدخل المحطة، حيث كانت النتائج تتراوح بين 21.80 mg/l في شهر نوفمبر واعلى تركيز ب 152 mg/l في شهر جانفي بمتوسط **63.88 mg/l** للمياه الخام. وتراوحت قيم المياه المعالجة بين 27.50 mg/l كقيمة دنيا في شهر ماي 138 mg/l كأعلى قيمة في شهر فيفري بمتوسط **62.13 mg/l**. أظهرت النتائج أن كفاءة إزالة NT كانت سيئة في المحطة حيث سجلت مردود قدره **2.74%**.



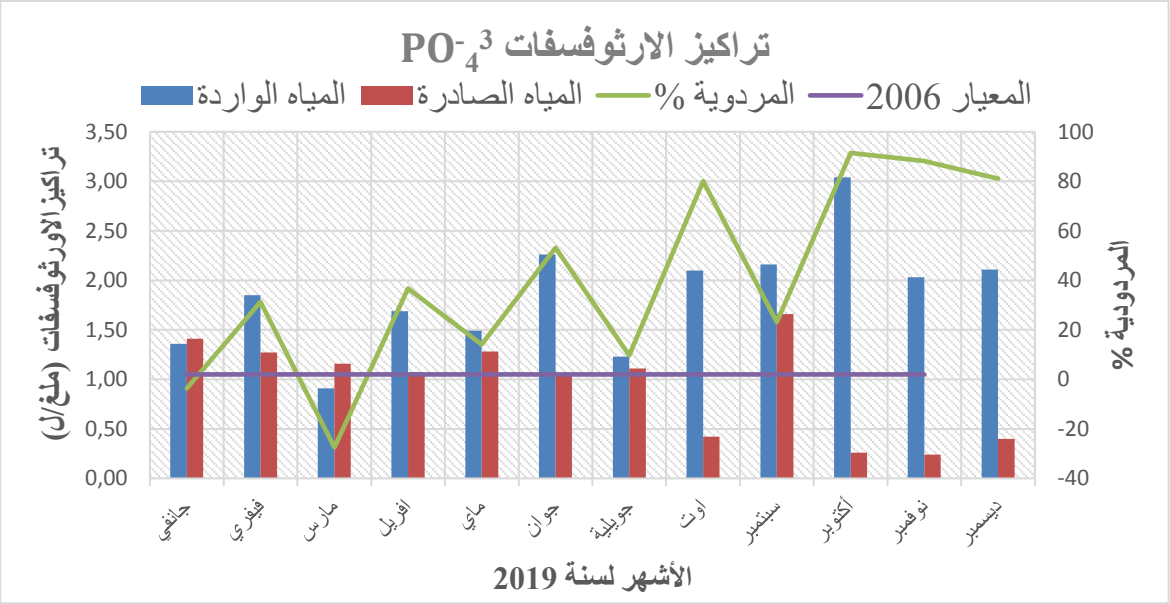
الشكل 38: التغيرات الشهرية ل NT عند مدخل ومخرج المحطة لسنة 2019

لا يمكن للمعالجة بالبحيرات القضاء على النيتروجين بشكل صحيح، على الأكثر يمكن أن يتمعدن النيتروجين العضوي إلى النيتروجين الأموني، وربما أكسدة جزء منه إلى النترات. ومع ذلك لا يعد هذا عيبًا إذا تم استخدام المياه المعالجة للري، حيث يعمل هذا النيتروجين كسماد. في هذه الحالة سيكون من المفيد تحسين توازن النيتروجين، عن طريق التحديد المنتظم لنيتروجين النشادر والنتريت والنترات في النفايات السائلة. [26]

IV-4-13 إزالة الأورثوفوسفات PO_4^{-3}

من خلال الشكل (39)، نلاحظ أن القيم المتوسطة لتراكيز PO_4^{-3} تنخفض في المياه المعالجة عند مخرج محطة مقارنة بالمياه المستعملة عند مدخل ومخرج محطة، حيث سجلنا أدني تركيز لمياه المستعملة في شهر مارس ب 0.91 mg/l واقصى تركيز لها في شهر أكتوبر ب 3.04 mg/l وبمتوسط قدره **1.85mg/l**، وكانت التراكيز في المياه المعالجة 0.24 mg/l كحد أدنا في شهر نوفمبر و1.66 mg/l كحد اقصى في شهر سبتمبر وبمتوسط **0.95 mg/l**. حيث بلغت كفاءة إزالة تراكيز PO_4^{-3} في المحطة **48%.**

هذه النتائج ضمن المعايير المسموح بها للمياه الموجهة لصرف في الطبيعة وفق المعايير الوطنية الجزائرية لسنة 2006.



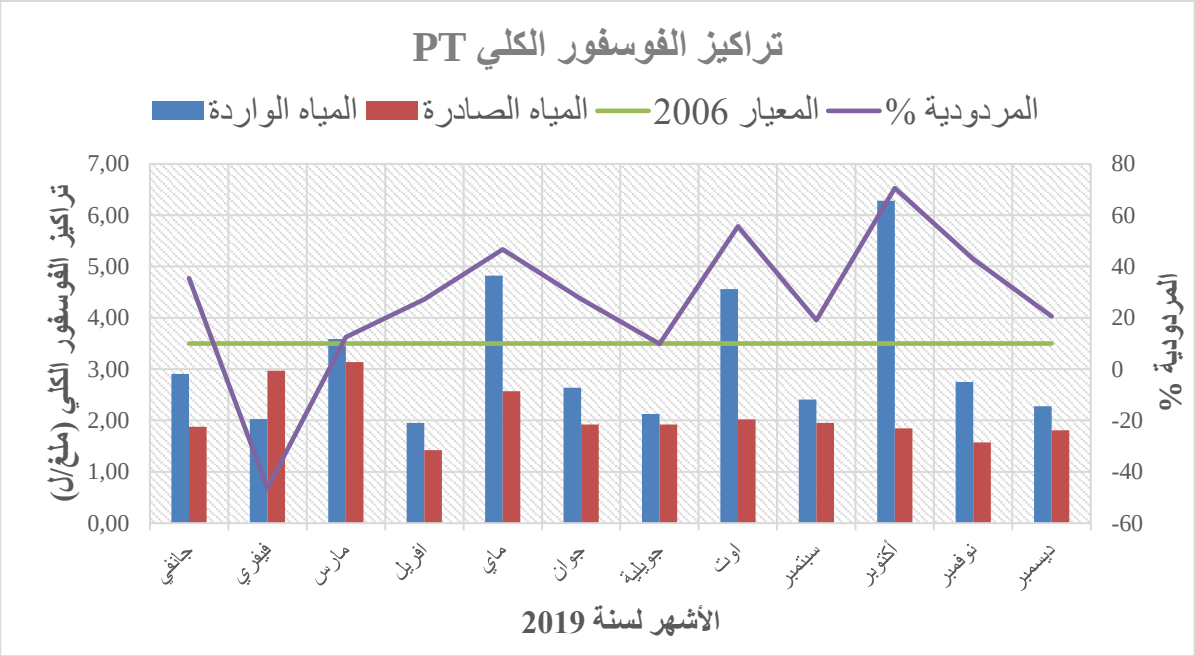
الشكل 39: التغيرات الشهرية ل PO_4 عند مدخل ومخرج المحطة لسنة 2019

يعود انخفاض معدل تراكيز الفسفات عند مخرج المحطة إلى سببن هما نشاط البكتيريا والامتصاص من طرف الطحالب. [32]

IV-4-14 إزالة الفسفور الكلي PT

من الشكل (40) نلاحظ أن قيم متوسط لتراكيز إجمالي الفوسفور PT تنخفض في المياه المعالجة مقارنة بالمياه الخام، حيث تتراوح القيم بين 1.95 mg/l كحد أدنى إلى 6.28 mg/l كحد أقصى للمياه الخام في شهر فريل وشهر أكتوبر على التوالي وبمتوسط **3.20 mg/l**، وبين 1.24 mg/l في شهر أبريل و3.14mg/l في مارس للمياه المعالجة وبمتوسط **2.09 mg/l**. وبكفاءة إزالة **34.75%**.

بمقارنة قيم (PT) بين المياه الخام التي يبلغ متوسطها 3.20 mg/l، وقيم المياه المعالجة التي تبلغ متوسطها 2.09 mg/l. هذه القيمة التي حصلنا عليها ضمن المعايير المسموح بها للمياه الموجهة لصرف في الطبيعة وفق المعايير الوطنية الجزائرية لسنة 2006 .ومنظمة الصحة العالمية (OMS)1971.



الشكل 40: التغيرات الشهرية ل PT عند مدخل ومخرج المحطة لسنة 2019

نلاحظ في معظم الأشهر انخفاض تركيز Pt قد يعود السبب في ذلك إلى انخفاض الاورثوفوسفور للأسباب المذكورة سابقا حيث أن نسبة الأورثوفوسفات يمثل 60 إلى 85 % من إجمالي الفوسفور. بينما يرتبط التخلص من الفوسفور الكلي بشكل أساسي بعملية الامتزاز و الترسيب. [22]

الخـــــاتـمة

الخلاصة العامة:

للمحطة دورًا هام في حماية البيئة من خلال القضاء على الروائح الكريهة والمياه الراكدة في المناطق الحضرية وحماية الثروة الطبيعية، من خلال الدراسة الميدانية التي قمنا بها على مدى سنة كاملة ابتداء من (جانفي 2019 إلى ديسمبر2019) ، نسعى إلى تقييم أداء تنقية المياه المستعملة لمحطة التطهير بالبحيرات الطبيعية في منطقة غرداية، بتتبع نسبة إزالة المواد العضوية العامة مثل(المواد العالقة الكلية، الطلب الكيميائي للأكسجين، الطلب البيو كيميائي للأكسجين في خمسة أيام، قيم النتروجين و الفوسفور) و بعض العوامل الفيزيائية(الأس الهيدروجيني، درجة الحرارة، الأكسجين المنحل، الناقلية الكهربائية)، و مقارنة النتائج المتحصل عليها مع المقاييس الدولية والوطنية المعمول بها في السقي الزراعي.

و من جهة أخرى قمنا بدراسة تأثير تغير الفصول على كفاءة التنقية، وذلك من خلال تحليل العينات المأخوذة من مدخل و مخرج المحطة؛ حيث أظهرت النتائج أن المعامل التحلل البيولوجي K (DOC/DBO_5) <3، تدل هذه القيمة على أن طبيعة المياه الواردة إلى المحطة مياه حضرية سهلة التحلل البيولوجي، و أن نسبة الإزالة بلغت 32% بالنسبة ل MES و 62.86% بالنسبة ل DBO_5 و 54.6% بالنسبة ل DCO، و 48% بالنسبة للفوسفات و38.75% بالنسبة للفوسفور الكلي، غير أن نسبة إزالة الملوثات الآزوتية كانت سيئة، أما العوامل الفيزيائية فقد كانت قيم pH ودرجة الحرارة مستقرة طوال مدة الدراسة، لكن سجلنا نتائج سيئة بالنسبة للناقلية و الأكسجين المنحل.

هذه القيم تعتبر منخفضة مقارنة بالدراسة التي أجريت سنة 2013، وهو شيء طبيعي بسبب تراكم الرواسب في قاع الأحواض وزيادة الملوثات خاصة الزيوت والشحوم في المياه الخام.

من ناحية أخرى أظهرت النتائج تأثر هذا النظام بالتغيرات المناخية، حيث سجلنا تحسن أداء المحطة في فصل الصيف مقارنة بغيره من الفصول.

من خلال مقارنة النتائج المتحصل عليها مع المعايير الوطنية حسب الجريدة الرسمية 2012.والمعايير الدولية لمنظمة الصحة العالمية (OMS) لسنة 1971 تبين أن درجة الحرارة T ودرجة الحموضة PH وأيضا DCO والنترات NO_3^- ضمن الحدود المسموح بها للري باستثناء قيمة DCO التي تعتبرها سيئة جدا.

أما بالنسبة لنتائج MES وDBO_5 وCE فهي خارج المعايير. باستثناء قيمة MES التي تعتبرها (OMS) مقبولة.

في الأخير يجدر الإشارة إلى أنه لا يمكن الحكم على صلاحية المياه المعالجة للري بشكل مطلق، ما لم يتم اتباع القياسات السابقة بقياسات أخرى تبين تأثير المعادن الثقيلة والطفيليات الممرضة على التربة والنبات. من خلال هذه الدراسة نقترح التوصيات التالية:

- تزويد المحطة بنظام نزع الزيوت في مرحلة المعالجة الأولية لتحسين الأداء.
- تقليص مدة إزالة الحمأة المترسبة في قاع الأحواض.
- تزويد المحطة بأحواض الترشيح المزروعة عند مصب البحيرات الطبيعية مما يسمح بتحسين معدل MES و DBO وكذا العناصر المغذية والمعادن الثقيلة.
- إجراء التحاليل المكروبيولوجية للمياه لضمان تحسين جودتها.

الأفاق المستقبلية:

- إجراء دراسة معمقة حول تأثير المياه المعالجة الناتجة عن المحطة في سقي الأشجار المثمرة (الزيتون) اعتمادا على المزرعة التجريبية الموجودة في المحطة.
- تطبيق هذا النوع من المعالجة في المناطق الريفية.
- إجراء دراسة حول التلوث بالمعادن الثقيلة.

المـــــراجع

قائمة المراجع العربية

[1] **أحمد يوسف الحاج.** *موسوعة الإعجازالعلمي في القرآن و السنة المطهرة*. دار بن حجز للطباعة بدمشق 2007.

[6] **شهيرة دعدوع.** مفهوم البيئة و التلوث. *موضوع*. 11 ديسمبر, 2018.

[7] **فرج صالح الهريش.** *جرائم تلويث البيئة*. القاهرة : المؤسسة الفرعية للطباعة والنشر، 1998.

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

[10] *قانون حماية البيئة في إطار التنمية المستدامة* . المادة رقم 04 من القانون رقم ،10- 03، 1992.

[11] **كافي فريدة و بوشنقير إيمان.** مقال بعنوان مشكلة تلوث المياه بالمخلفات الصناعية و تحقيق التنمية المستدامة بين النظري و التطبيق. *جامعة عنابة*.

[12] **عباس مصطفى عبد اللطيف.** *حماية البيئة من التلوث*. الطبعة الأولى : دار الوفاء لدنيا الطباعة و النشر، 2010.

[13] **د.محمدصابر.** *الانسان و تلوث البيئة*. م.ع.السعودية : الادارة العامة للتوعية العلمية والنشر، 2000.

[14] **خالد مصطفى.** الأسمدة الزراعية: استخداماتها وأضرارها. *الأرشيف العربي العلمي*. 2018.

[15] **الصفدي عصام.** *صحة البيئة وسلامتها*. ط ،1دار اليازوري العلمية للنشر والتوزيع، 200. ص 30

[16] **محمد جواد عباس شبع.** *التلوث النفطي للمياه والكشف عنها باستعمال أجهزة الاستشعار عن بعد*. الكوفة – العراق. 2012.

[17] **وزارة البيئة و تهيئة الاقليم.** *حالة ومستقبل البيئة في الجزائر*. 2001.

[18] **بالي حمزة.** إدارة الأخطار الصناعية كمدخل لتحقيق التنمية المستدامة.أطروحة دكتوراه. كلية العلوم الاقتصادية. جامعة محمد بوقرة .بومرداس 2015.ص 39

[19] **شريف حمودة.** ناقلات البترول... مسامير في نعش البيئة. *اسلام اون لاين*. 22/ 12, 2002.

[20] **بوفالة فطمة، بوفنيش صبرينة.** رسالة دكتوراه التلوث البيئي في الجزائر. 2013.

[21] **أحمد السروي.** الكيمياء البيئية. *المرجع الالكتروني للمعلومات*. [متصل] 13 01, 2016.

[22] **محمد عبد الناصر الزرقة.** تلوث المياه في محافظة الشمال والوسطى وتأثيرها على الانسان. 2010.

[25] **آغا محمد أحمد مراد.** *الهندسة البيئية*. منشورات جامعة حلب كلّة الهندسة المدنّية : سوريا، 1988.

[26] **العابد ابراهيم.** *معالجة مياه الصرف الصحي لمنطقة تقرت بواسطة نباتات منقية محلية رسالة دكتوره*. جامعة ورقلة ، 2015. صفحة 152.13،80.

[33] **غري و فان لون - ستيفن ج دفي.** *كيمياء البيئة نظرة شاملة*. مدينة الملك عبد العزيز للتقنيات والعلوم ، 1999. الصفحات 555-559.

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

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

[43] **مارك .جي و ماهر جونيور.** *الماء و تنقية مياه الصرف*. سلسلة كتب التقنيات الاستراتيجية و المتقدمة.

[45] دليل محطة المعالجة كاف الدخان غرداية.

[48] **الشاوي. عماد جاسم محمود.** *تأثير التدفقات الحارة للمحيطلت توليد الطاقة الحرارية على كثافة الأحياء المائية في محافظة البصرة*. رسالة ماجستير. جامعة البصرة/ كلية الزراعة، 1999.

[50] **براق محمود عطاء . بدران ع س .هتاف ع أ** *تقييم كفاءة وحدة معالجة مياه الصرف الصحي في المجمع السكاني / الدور- صلاح الدين*. مجلة تكريت للعلوم الصرفة، 2017، المجلد 1813، صفحة 67. 1662.

المراجع الأجنبية

[2] **Lindberg, C.** *Control and estimation strategies applied to the activated sludge process.* - Thèse: Department of Materials Science Systems and Control Group, Uppsala University, Sweden] : 1997.

[3] **A.CHAIB** *Bioépuration par lagunage naturel.***.** Bulletin Energies Renouvelables N°5 : s.n., janvier 2004.

[4] **ONA.** *(https://ona-dz.org/L-ONA-en-chiffres.html.* [En ligne] janvier 2020.

[5] *tatement des eaux usées par lagonage.* **maghrib, bureau UNUSCO rébate.** aoute 2008.

[8] **Bradford., Alina.** "Pollution Facts & Types of Pollution. *www.livescience.com.* [Online] 12 10, 2018.

[23] **amiri khalid.** *CONTRIBUTION A L'EVALUATION ET AU TRAITEMENT DES EAUX USEES DANS LE SUD EST DU SAHARA ALGERIEN. APPLICATION AU SUD DE LA REGION D'OUED RIGH (TOUGGOURT).* 2019/2020. p. 100.122.127.

[24] **O, THOMAS.** *Météorologie des eaux résiduaires, Tec et Doc,* . s.l. : Ed Lavoisier Cedeboc, 1955.

[27] **Ammar, ZOBEIDI.** *ÉPURATION DES EAUX USÉES URBAINES PAR LAGUNAGE.* 2018. p. 81.

[28] **BAKIRI, Zahir.** *TRAITEMENT DES EAUX USEES PAR DES PROCEDES.* sétif : s.n., 2017.

[29] **Rodier, J.** *L'analyse de l'eau: Eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer.* Dunod, 9ème Edition, Paris : s.n., 2009.

[30] **S, Aoulmi.** *Conception de la station d'épuration dans la ville de Zeddine* . Ain Defla, Algérie : s.n., 2007.

[30] **Duguet, J-P., Bernazeau, F., Cleret, D., Gaid, A ., Laplanche, A .,Moles, J .,Montiel, A ., Riou, G ., Simon, P., (2006) 'Réglomentation et traitement des eaux destinées à la consommation humaine'.** *'Réglomentation et traitement des eaux destinées à la consommation humaine'.* . 1 ère édition. ASTEE (Association scientifique et technique pour l'environnement). : s.n., 2006.

[31] **Loudadji, D.** *Etude de la capacité d'utilisation des eaux de la station d'épuration de Koléa à des fins d'irrigation'.* ENSH, Algérie : s.n., 2007.

[36] *Procédés extensife d'opuration des eaux usées* . **(OPOCE), - Office des publications officielles des Communautés européennes.** Vol. N° 91/271. 2001.

[37] **miloud, oubadi** .*etude performance d' époration oxylage* **..** diplome magister : université oran, 2011/2012.

[38] **Dhaouadi, Hatem.** *Traitement des Eaux Usées Urbaines Les procédés biologiques d'épuration.* s.l. : Université Virtuelle de Tunis, 2008.

[39] **Lagunage naturel.** - *Procédés d'épuration des petites collectivités du bassin Rhin-Meuse* : AERM, Juillet 2007. p. p01.

[40] **SELMI Bachir.SATIN Marc,.** *Guide technique de l'assainissemen.* [éd.] 2ème édition. 1999. p. 680.

[41] **Conference, Anon (2011) Bonn 2011.** *The water, energy and food security nexus – solutions for a green economy.* 16-18 /11/2011. p. 27.

[42] **Rowe D R, Abdel magid I H.** *Handbook of wastewater reclamation and reuse.* Boca Raton lewis 1995.

[44] **R, Qasim S.** *Wastewater treatment plants: planning, design and opération.* Lancaster, Pensylvania Technomic Publishing Company : s.n., 1999.

[46] *httpM//fr.tutiempo.net/climat/2019/ws-605660.* [En ligne] 2020.

[47] **Rodrigues, A.C., Boroski, M., Shimada, N.S., Garcia, J.C., Nozaki, J., Hioka, N**. *Treatment of paper pulp and paper mill wastewater by coagulation-flocculation followed by heterogeneous photocatalysis.***.** s.l. : Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry, 194: 1-10, 2008.

[49] **Lind, O.T.** *Hand Book of Common methods in Limnology.* s.l. : St. Louis, 1979. p. 199.

[51] **Boutayeb M, Bouzidi A et Fekhaoui M** *Bulletin de l'Institut Scientifique.***.** RABAT : s.n., 2012, pp. 145-150.

[52] **SEDDINI, Mounira CHACHOUA et Abdelali** *Étude de la qualité des eaux épurées par le lagunage naturel en Algérie.***.** s.l. : Afrique SCIENCE 09(3) (2013) 113 – 121 113, 2013, pp. 116-117.

[53]. **F, Rejesek** *Analyse des eaux, Aspects réglementaires et techniques.***.** s.l. : Bordeaux : CRDP Aquitaine , 2002, pp. 165-192.

[54] **JEAN, RODIER** *L'analyse De L'eau.***.** DUNOD paris , 8e édition : s.n., 1996, p. 36.

[55] **Paul, J.W., Beauchamp, E.G.** *Denitrification and fermentation ln plant-residueamended soil. Biol. Fert. Soils, 7, 303.* 1989.

[56] **Vymazal, J.** *Removal of nutrients in various types of constructed wetlands.* s.l. : Science of the Total Environment, 2007. Vol. 380 Nos 1-3: 48-65.

[57] **EL-Dahdouh, Omran.** *Performance Evaluation of Sand Filter in Improvement of Effluent Wastewater from Gaza Wastewater Treatment Plant.* Master of Environmental Science : B.Sc. Al-Aqsa University. p. 46.

الملحق

الجدول 11: معايير مياه الصرف الصحي التي يتم تصريفها وفقًا لمنظمة الصحة العالمية (1971)

Paramètres	Bonne ou trés bonne qualité	Qualité acceptable	Qualité médiocre	Mauvaise ou trés mauvaise
O_2 dissous mg/l	>5	≥3	≥1	<1
O_2 dissous %	≥70	≥50	≥10	<10
DBO_5 mg / l	≤5	≤10	25	>25
DCO mg / l	≤25	≤40	80	>80
NO_3 mg / l	≤25	≤50	80	>80
NH_4^+ mg / l	≤0.5	≤2	8	>8
NO_2^- mg / l	≤0.3	≤1	>1	-
NTK mg / l	≤2	≤3	10	>10
PO3-4 mg / l	≤0.5	≤1	2	>2
MES mg / l	≤70	-	>70	-
Phosphore total mg / l	≤0.3	≤0.6	1	>1
Conductivité	≤2	-	2000	-
Ph	≥6.5 et ≤ 8.5	-	<6.5 ou >8.5	-

الجدول 12: القيمة الحدية لمحتوى المواد الضارة في مياه الصرف الصحي غير مياه الصرف المنزلي عند تصريفها في شبكة الصرف الصحي العامة أو محطة التنقية. جورا 2009.

Art. 10. — L'autorisation de déversement des eaux usées autres que domestiques est retirée dans les cas suivants :

— non-respect des obligations et prescriptions fixées par la décision autorisant le déversement ;

— lorsqu'il est fait obstacle à l'accomplissement des contrôles opérés dans les conditions fixées par le présent décret ;

— cessation d'activité de l'établissement au titre de laquelle l'autorisation de déversement a été octroyée.

CHAPITRE II

CONTROLES

Art. 11. — Des prélèvements d'échantillons aux fins d'analyse peuvent être effectués à tout moment dans le regard de branchement de l'établissement par les représentants de l'administration de wilaya chargée des ressources en eau afin de vérifier si les caractéristiques des eaux usées déversées dans le réseau public d'assainissement ou dans la station d'épuration sont conformes aux valeurs maximales fixées par le présent décret.

Art. 12. — Lorsque les résultats d'analyse montrent que les eaux usées ne sont pas en conformité avec les valeurs fixées dans la décision d'autorisation, l'administration de wilaya chargée des ressources en eau met en demeure le propriétaire de l'établissement de prendre, dans le délai qu'elle lui aura fixé, l'ensemble des mesures et actions à même de rendre le déversement conforme aux prescriptions de l'autorisation.

Art. 13. — A l'expiration du délai fixé par la mise en demeure indiquée à l'article 12 ci-dessus, et faute par le propriétaire de l'établissement de se conformer à la mise en demeure, les administrations de wilaya chargées des ressources en eau et de l'environnement doivent procéder à la fermeture de l'établissement jusqu'à exécution des mesures prescrites, et ce, sans préjudice des poursuites judiciaires prévues par la législation en vigueur.

Art. 14. — Les analyses d'échantillons d'eaux usées autres que domestiques prévues à l'article 11 ci-dessus sont effectuées par des laboratoires agréés par le ministre chargé des ressources en eau.

CHAPITRE III

DISPOSITIONS FINALES

Art. 15. — Les installations de prétraitement existantes doivent être mises en conformité avec les prescriptions du présent décret dans un délai n'excédant pas un (1) an après la date de publication du présent décret au *Journal officiel*.

Art. 16. — Le présent décret sera publié au *Journal officiel* de la République algérienne démocratique et populaire.

Fait à Alger, le 17 Joumada Ethania 1430 correspondant au 11 juin 2009.

Ahmed OUYAHIA.

ANNEXE

Valeurs limites maximales de la teneur en substances nocives des eaux usées autres que domestiques au moment de leur déversement dans un réseau public d'assainissement ou dans une station d'épuration

PARAMETRES	VALEURS LIMITES MAXIMALES (mg/l)
Azote global	150
Aluminium	5
Argent	0,1
Arsenic	0,1
Bérylium	0,05
Cadmium	0,1
Chlore	3
Chrome trivalent	2
Chrome hexavalent	0,1
Chromates	2
Cuivre	1
Cobalt	2
Cyanure	0,1
Demande biochimique en oxygène (DBO5)	500
Demande chimique en oxygène (DCO)	1000
Etain	0,1
Fer	1
Fluorures	10
Hydrocarbures totaux	10
Matières en suspension	600
Magnésium	300
Mercure	0,01
Nickel	2
Nitrites	0,1
Phosphore total	50
Phénol	1
Plomb	0,5
Sulfures	1
Sulfates	400
Zinc et composés	2

* Température : inférieure ou égale à 30° C
* PH : compris entre 5,5 et 8,5

الجدول 13: مواصفات المياه العادمة المعالجة المستخدمة لأغراض الري: القرار الوزاري 2 كانون الثاني 2012

2. PARAMETRES PHYSICO - CHIMIQUES

PARAMETRES		UNITÉ	CONCENTRATION MAXIMALE ADMISSIBLE
Physiques	pH	—	6.5 ≤ pH ≤ 8.5
	MES	mg/l	30
	CE	ds/m	3
	Infiltration le SAR = 0 - 3 CE	ds/m	0.2
	3 - 6		0.3
	6 - 12		0.5
	12 - 20		1.3
	20 - 40		3
Chimiques	DBO5	mg/l	30
	DCO	mg/l	90
	CHLORURE (Cl)	meq/l	10
	AZOTE (NO3 - N)	mg/l	30
	Bicarbonate (HCO3)	meq/l	8.5
Eléments toxiques (*)	Aluminium	mg/l	20.0
	Arsenic	mg/l	2.0
	Béryllium	mg/l	0.5
	Bore	mg/l	2.0
	Cadmium	mg/l	0.05
	Chrome	mg/l	1.0
	Cobalt	mg/l	5.0
	Cuivre	mg/l	5.0
	Cyanures	mg/l	0.5
	Fluor	mg/l	15.0
	Fer	mg/l	20.0
	Phénols	mg/l	0.002
	Plomb	mg/l	10.0
	Lithium	mg/l	2.5
	Manganèse	mg/l	10.0
	Mercure	mg/l	0.01
	Molybdène	mg/l	0.05
	Nickel	mg/l	2.0
	Sélénium	mg/l	0.02
	Vanadium	mg/l	1.0
	Zinc	mg/l	10.0

الجدول 04: متوسط القيم الفيزو كيمائية لسنة 2019م

Paramètre	Mois	janv-19	févr-19	mars-19	avr-19	mai-19	juin-19	juil-19	août-19	sept-19	oct-19	nov-19	déc-19	moy anneul
MES	Entrée STEP * (Eau brute)	79,00	171,50	59,00	241,75	149,00	68,00	167,00	63,67	54,00	69,00	80,50	68,50	106
	Sortie STEP * (Eau épurée)	40,75	52,00	77,00	65,75	99,00	72,00	82,00	64,00	61,00	79,50	80,50	89,50	72
DBO5	Entrée STEP * (Eau brute)	68,00	107,50	121,00	151,75	129,50	262,50	90,50	83,00	142,30	100,50	107,00	114,67	123
	Sortie STEP * (Eau épurée)	63,00	49,00	52,00	37,75	53,00	23,00	31,50	40,50	28,40	32,00	78,50	60,33	46
DCO	Entrée STEP * (Eau brute)	79,20	184,50	155,00	307,00	192,50	329,00	257,50	229,50	149,00	147,50	139,50	175,00	195
	Sortie STEP * (Eau épurée)	53,40	78,90	65,00	116,50	113,00	60,45	116,50	128,00	61,55	83,10	87,80	100,30	89
N-NH4	Entrée STEP * (Eau brute)	34,50	125,00	41,40	22,90	24,50	25,30	54,60	32,30	28,50	24,30	25,50	13,20	37,67
	Sortie STEP * (Eau épurée)	39,50	143,00	37,90	25,90	22,60	24,50	30,10	35,50	30,30	34,70	30,00	28,10	40,18
N-NO2	Entrée STEP * (Eau brute)	0,20	0,02	0,29	0,42	0,01	0,03	0,01	0,05	0,19	0,08	0,02	0,03	0,11
	Sortie STEP * (Eau épurée)	0,15	0,04	0,07	0,27	0,70	0,49	0,02	0,11	0,07	0,18	0,09	0,05	0,19
N-NO3	Entrée STEP * (Eau brute)	0,29	0,19	0,68	0,82	0,69	0,48	0,59	0,57	0,53	0,44	0,25	0,41	0,49
	Sortie STEP * (Eau épurée)	0,36	0,40	0,74	0,49	0,33	0,25	0,46	0,64	0,42	0,43	0,38	0,33	0,44
NTK	Entrée STEP * (Eau brute)	151,51	0,00	0,00	82,66	21,50	82,49	29,00	34,88	29,28	0,00	21,53	25,56	39,87
	Sortie STEP * (Eau épurée)	108,49	0,00	0,00	97,84	26,48	64,46	30,82	35,75	32,61	0,00	41,13	35,72	39,44
NT	Entrée STEP * (Eau brute)	152,00	125,00	91,50	83,90	22,20	83,00	29,60	35,50	30,00	66,10	21,80	26,00	63,88
	Sortie STEP * (Eau épurée)	109,00	134,00	93,30	98,60	27,50	65,20	31,30	36,50	33,10	39,40	41,60	36,10	62,13
PO4 -3	Entrée STEP * (Eau brute)	1,36	1,85	0,91	1,69	1,49	2,26	1,23	2,10	2,16	3,04	2,03	2,11	1,85
	Sortie STEP * (Eau épurée)	1,41	1,27	1,16	1,07	1,28	1,06	1,11	0,42	1,66	0,26	0,24	0,40	0,95
PT	Entrée STEP * (Eau brute)	2,91	2,03	3,59	1,95	4,82	2,64	2,13	4,56	2,41	6,28	2,75	2,28	3,20
	Sortie STEP * (Eau épurée)	1,88	2,97	3,14	1,42	2,57	1,92	1,92	2,02	1,95	1,85	1,57	1,81	2,09
O 2 dissous	Entrée STEP * (Eau brute)	1,68	1,62	1,32	1,06	0,53	0,22	0,30	0,23	1,69	0,15	0,09	0,09	0,75
	Sortie STEP * (Eau épurée)	1,66	1,65	1,34	1,06	0,67	0,41	0,36	0,24	1,71	0,16	0,10	0,10	0,79
Salinité	Entrée STEP * (Eau brute)	2,14	2,16	2,10	1,93	2,00	2,02	2,01	2,00	2,00	2,00	2,07	2,01	2,04
	Sortie STEP * (Eau épurée)	1,92	1,98	2,00	1,93	2,00	1,93	2,01	2,00	1,99	1,98	1,99	1,91	1,97
Conductivité	Entrée STEP * (Eau brute)	3,28	3,16	3,36	3,26	3,62	3,95	3,92	3,94	3,87	3,80	3,51	3,26	3,58
	Sortie STEP * (Eau épurée)	2,75	2,86	3,03	3,13	3,59	3,94	3,99	3,98	3,78	3,63	3,13	2,84	3,39
T	Entrée STEP * (Eau brute)	14,87	15,71	17,79	20,66	25,80	27,90	29,83	29,33	28,39	26,76	19,73	16,68	22,79
	Sortie STEP * (Eau épurée)	14,32	15,86	17,79	20,24	24,72	27,36	28,83	29,11	28,25	26,62	19,86	15,72	22,39
PH	Entrée STEP * (Eau brute)	8,61	7,79	7,88	7,98	7,95	7,79	7,99	7,87	7,88	7,98	7,88	7,77	7,95
	Sortie STEP * (Eau épurée)	8,97	8,50	8,44	8,36	8,25	8,23	8,23	8,14	8,21	8,23	8,18	8,09	8,32

الملخص

الملخص

تم تقييم كفاءة معالجة مياه الصرف الصحي لمحطة كاف الدخان ببلدية العطف التابعة للمجمع السكاني لأربع بلديات لولاية غرداية التي تتصف بالمناخ الصحراوي الجاف، من خلال قياس بعض المعايير الفيزوكيميائية لمياه المخلفات الحضرية لسنة 2019. وبينت النتائج أن خصاص المياه المقذوفة إلى الوادي اتصفت بمعدلات درجة حرارة T°(22.39 C°) ودرجة الحامضية PH(8.32) ومتطلب كيميائي للأوكسجين DCO (89 mg/l) وأورثو فسفور-PO43(0.95 mg/l) وأيضا الفسفور الكلي PT (2.09 mg/l)،هذه القيم تتفق مع محددات المواصفات الدولة الجزائرية ومنظمة الصحة العالمية (OMS) لسنة 1971م. في حين لم تكن المحطة كفؤة في إزالة أيون الأمونيوم +NH4(40.18 mg/l) وأيون النتريت -NO2(0.19 mg/l) وأيون النترات -NO3(0.44 mg/l) وأجمالي النتروجين NTK(39.44 mg/l) ونتروجين الكلي NT(62.13 mg/l) والموصلة الكهربائية CE(3.39 ms/cm) والطلب البيو كيميائي للأكسجين DBO5(78.86 mg/l) حيث بلغة نسبة إزالة هذا الأخير(62.86 %) رغم أنها لم تستوفي الشروط المسموح بها إلا أن الإزالة كانت جيدة، أما إزالة المواد العالقة MES فكانت (72 mg/l) بنسبة قدرت ب(32.03 %) وهي مقبولة وفق المعايير الدولية (OMS). من النتائج يمكن القول إن المعالجة بالبحيرات الطبيعية لا تكفي للحفاظ على البيئة، لذا يجب إضافة أعمال تنقية أخرى لتحقيق الجودة المطلوبة.

الكلمات الدالة: مياه الصرف الصحي، المجمع السكاني، محطة، البحيرات الطبيعية، المناخ الصحراوي الجاف، المواصفات الدولة الجزائرية ومنظمة الصحة العالمية (OMS).

الملخص

Résumé

L'efficacité du traitement des eaux usées a été évaluée pour l'usine de Kaf El-Dukhān dans la municipalité d'Al-Atf de la communauté de quatre municipalités de l'état de Ghardaïa avec un climat désertique aride dans le gouvernorat d'Al-Atf. Mesure de certains des paramètres physiques et chimiques des eaux usées urbaines pour l'année 2019. Les résultats ont montré que les caractéristiques de l'eau expulsée dans la vallée étaient caractérisées par les taux de température T ° (22,39 ° C), pH (8, 32), les besoins chimiques en oxygène DCO (89 mg / l) et l'ortho phosphore PO_4^{3-} (0,95 mg / L), ainsi que le phosphore total PT (2,09 mg / L). L) Ces valeurs sont conformes aux spécifications de l'état algérien et de l'Organisation mondiale de la santé (OMS) pour l'année 1971. Alors que l'usine n'a pas été efficace pour éliminer l'ion ammonium NH_4^+ (40,18 mg / l), l'ion nitrite NO_2^- (0,19 mg / l), l'ion nitrate NO_3^- (0,44 mg / L), azote NTK total (39,44 mg / L)) et azote total NT (mg). / Litre 62,13), conductivité électrique CE (ms / cm 3,39) et demande biochimique en oxygène (DBO5) (mg / L 78,86), car le taux d'élimination de ce dernier était de (62,86%), bien qu'il ne soit pas éligible, mais l'exclusion c'était bon. La relation du MES a été estimée à (72 mg / l) par (32,03%), ce qui est acceptable selon les normes internationales (OMS). D'après les résultats, on peut dire que le traitement avec des lacs naturels n'est pas suffisant pour préserver l'environnement, il faut donc ajouter davantage de travaux de nettoyage pour obtenir la qualité requise.

Mots clés: eaux usées, complexe de population, végétation, lacs naturels, climat désertique sec, spécifications de l'état algérien, Organisation mondiale de la santé.

Summary

The efficiency of wastewater treatment was evaluated for the Kaf El-Dukhān plant in the municipality of Al-Atf of the community of four municipalities of the state of Ghardaia with an arid desert climate in the governorate of Al-Atf. Measurement of some of the physical and chemical parameters of urban wastewater for the year 2019. The results showed that the characteristics of the water expelled in the valley were characterized by the temperature rates T°(22.39C°), pH (8, 32), chemical oxygen requirements COD (89 mg /l) and orthophosphorus PO43- (0.95 mg / L), as well as total phosphorus PT (2.09 mg/L). These values comply with the specifications of the Algerian state and of the World Health Organization (WHO) for the year 1971. While the plant was not effective in removing the ammonium ion NH4+ (40.18 mg /l), nitrite ion NO2- (0.19 mg/l), nitrate ion NO3- (0.44 mg/l), nitrogen NTK total (39.44 mg/l) and total nitrogen NT (62.13mg/l), electrical conductivity CE(3.39 ms/cm) and biochemical oxygen demand (BOD_5) (78.86 mg/l), because the elimination rate of the latter was (62.86 %), although he was not eligible, but the exclusion was good. The MES relationship was estimated to be (72 mg/l) by (32.03%), which is acceptable according to international standards (WHO). From the results, it can be said that treatment with natural lakes is not enough to preserve the environment, so more cleaning work needs to be added to achieve the required quality.

Keywords: wastewater, population complex, vegetation, natural lakes, dry desert climate, specifications of the Algerian state, World Health Organization.