



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة قاصدي مرباح ورقلة
كلية الرياضيات وعلوم المادة
قسم الكيمياء



مذكرة مقدمة من أجل نيل شهادة ماستر أكاديمي في الكيمياء
التخصص: كيمياء المحيط
من إعداد: بوعلاتي وردة
بعنوان:

**Evaluation saisonnière des paramètres
physico-chimiques d'une STEP à
lagunage aérée: Cas de la STEP
d'Ouargla.**

نوقشت علنا يوم: 2023/06/15

أمام اللجنة المكونة من:

الاسم واللقب	الدرجة العلمية	الانتماء	الصفة
محمد الأخضر بلفار	أستاذ تعليم عال	جامعة ورقلة	رئيسا
الدراجي الهادف	أستاذ محاضر قسم أ	جامعة ورقلة	مناقشا
ياسين موساوي	بروفيسور	جامعة ورقلة	مؤطرا
آمنة بن باي	باحثة	جامعة ورقلة	مساعد مؤطر

السنة الجامعية: 2022 \ 2023

شكر و عرفان

نحمد الله سبحانه وتعالى على منه وجزيل احسانه انعم علينا بنعمة العقل،
والذي به ميزنا به على سائر الخلق، ونحمده عز وجل على توفيقنا لإنجاز
هذه العمل المتواضع بفضله.

كما نتوجه بجزيل الشكر الى الأستاذ المشرف البروفيسور السيد:
موساوي ياسين الذي رافقنا طيلة انجاز هذا العمل، ولم يبخل علينا
بتوجيهاته التي زادت في بحثنا منهجا وإثراء.

شكر حار جدا الى الانسة: بن باي امنة على كل ما قدمته لي وساعدتني
عليه، شكر يفوق حدود الخيال على مساعدتك لي في تحقيق الآمال.
الى أعضاء لجنة المناقشة الذين تفضلوا وقبلوا مناقشة هذا العمل.
والى كافة الأساتذة بقسم الكيمياء بجامعة قاصدي مرباح ورقلة الذين
رافقونا طيلة مشوارنا الدراسي.

الى طاقم المخبر البيداغوجي بجامعة قاصدي مرباح ورقلة.

الى عمال الديوان الوطني للتطهير بورقلة ومسؤول محطة سعيد
عتبة، السيد: شطوح عبد السلام واخص بالذكر السيد: مخلوفي إسماعيل
على كل ما قدمه لنا من يد المساعدة والتوجيهات والنصائح.

كما لا ننسى ان نتوجه بالشكر الى مسؤولي محطة العطف بغرداية.

الى كل من وسعه قلبي ولم يذكره لساني.



الإهداء

الحمد لله الذي انعم علينا العلم وبصيرة الفهم وهداية الإسلام

أهدي ثمرة هذا العمل المتواضع الي:

أنت مثل النجوم في السماء التي تشع بريقاً في حياتنا فتنير دروبنا وتسلب عقولنا، شكراً لأنك وقفت إلى جوارنا في كل لحظة من لحظات الدراسة حتى يوم التخرج أُمي الغالية "فاطمة الزهراء أجمل حواء أطال الله في عمرها

معلمي الحبيب والقدير، الي أجمل واطيب انسان كل الشكر وارق عبارات الثناء، فقد بدأت معي وانا صغيرة وخلال كل تلك السنوات علمتني الكثير. "مصطفى" انت أعظم أب ومعك اشعر بالأمان الي الابد اطال الله في عمرك.

أنتم أجمل هدية من الله تعالى في حياتي، معروفكم دائم، وخيركم لازال قائم، شكرا على وقوفكم بجانبي وانا هائمة اخوتي واخواتي خاصة الي اصحاب اطيب وارق قلب "تومة وعمر"

معك يا صديقتي رأيت للحياة ألوان، فشكرا لك شكر لا ينتهي يا أغلى واعز انسان على قلبي "حياة".

الي كافة افراد اسرتي كل باسمه ورتبته حفظهم الله.

اهديك تحياتي وامنياتى ان تبقى رفيقي في كل افراحي واحزاني الي الابد، الي شريك حياتي الجميل.

أثمن جهودكم الكبيرة في جميع أوقات الدراسة التي مرت علينا بحلوها ومرها، زملائي في دفعة 2023 تخصص كيمياء المحيط.

الي كل من قدم لي يد المساعدة ولو بكلمة طيبة.

لي كل من وسعتهم ذاكرتي ولم تسعهم مذكرتي.

وفي ا
نحمد الله الذي منحنا الصبر لإنجاز هذا العمل المتواضع واخرجه بهذا الشكل فجعله الله بركة اعمالنا.



المخلص:

في هذا العمل، قمنا بتقييم بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية على مستوى احواض محطة معالجة مياه الصرف الصحي بواسطة بحيرة مهواة. الخصائص الفيزيائية والكيميائية التي تم تقييمها هي: الرقم الهيدروجيني، والناقلية الكهربائية، وحمل الملوثات، والطلب الكيميائي والبيولوجي للأكسجين. بالإضافة إلى هذه المعلمات، تم تحديد محتويات المعادن الثقيلة من الماء من محطة معالجة مياه الصرف الصحي عن طريق التحليل الطيفي للأشعة السينية XRF وطريقة الامتصاص الذري SAA. بالإضافة إلى ذلك تم استخدام كاشفين مع أربعة وخمسة غازات من تحديد محتويات كبريتيد الهيدروجين والمركبات العضوية المتطايرة في الهواء المحيط لكل قسم من محطة معالجة مياه الصرف الصحي. من خلال النتائج المتحصل عليها وجدنا ان CE، MES، DCO، DBO₅ كانت قيمها خارج المعايير الجزائرية على عكس باقي المعايير.

الكلمات المفتاحية: محطة معالجة مياه الصرف الصحي، بحيرة مهواة، الخصائص الفيزيوكيميائية، كبريتيد الهيدروجين، مركبات عضوية متطايرة، المعادن الثقيلة.

Abstract :

In this work, we evaluated some physical and chemical characteristics at the level of the basins of the wastewater treatment plant by an aerated Lagoon. The physical and chemical properties evaluated are: pH, electrical conductivity, pollutant load, chemical and biological oxygen demand. In addition to these parameters, the heavy metal contents of water from the wastewater treatment plant were determined by X-ray spectroscopy (XRF) and the (AAS) Atomic Absorption Spectrophotometry. In addition, two detectors with four and five gases were used to determine the contents of hydrogen sulfide and volatile organic compounds in the ambient air for each section of the wastewater treatment plant. Through the results obtained, we found that CE, MES, DCO, DBO5 values were outside the Algerian standards, unlike the rest of the standards.

Keywords: WWPT, aerated lagoon, physicochemical properties, hydrogen sulfide, volatile organic compounds, heavy metals.

Résumé :

Dans ce travail, nous avons évalué certaines caractéristiques physiques et chimiques au niveau des bassins de la station d'épuration par un lagunage aéré. Les propriétés physiques et chimiques évaluées sont: pH, conductivité électrique, charge polluante, oxygène chimique et biologique demande. In en plus de ces paramètres, les teneurs en métaux lourds de l'eau de la station d'épuration ont été déterminées par spectroscopie aux rayons (XRF) et Spectrophotomètre d'Absorption Atomique (SAA). De plus, deux détecteurs à quatre et cinq gaz ont été utilisés pour déterminer les teneurs en sulfure d'hydrogène et en composés organiques volatils dans l'air ambiant pour chaque section de l'usine de traitement des eaux usées. Grâce aux résultats obtenus, nous avons constaté que les valeurs CE, MES, DCO, DBO5 étaient en dehors des normes algériennes, contrairement au reste des normes.

Mots clés: STEP, lagunage aéré, propriétés physico-chimiques, sulfure d'hydrogène, composés organiques volatils, métaux lourds.

	قائمة الاختصارات.....
	قائمة الاشكال والجداول.....
	الفهرس.....
	الفصل الأول: عموميات على مياه الصرف الصحي
01	المقدمة.....
05	1.I. عموميات على المياه الملوثة.....
05	1.1.I. تعريف المياه الملوثة.....
05	2.1.I. مصادر تلوث المياه.....
06	3.I. تعريف مياه الصرف الصحي.....
06	1.4.I. مياه الصرف الصناعي.....
06	2.4.I. مياه الأمطار.....
06	3.4.I. مياه الصرف المنزلية.....
07	5.I. تلوث المياه المستعملة.....
08	1.5.I. التلوث المعدني.....
08	2.5.I. التلوث البيولوجي.....
08	3.5.I. التلوث الحراري.....
08	6.I. خصائص مياه الصرف الصحي.....
09	1.6.I. الخصائص الفيزيائية.....
09	1.1.6.I. المواد الصلبة العالقة (MES).....
09	2.1.6.I. الناقلية (CE).....
09	3.1.6.I. الأس الهيدروجيني (pH).....
10	4.1.6.I. درجة الحرارة (T).....
10	5.1.6. I. العكارة.....
10	6.1.6.I. الأكسجين المذاب (Odiss).....
10	2.6.I. الخصائص الكيميائية.....
10	1.2.6.I. الطلب الكيميائي للأكسجين (DCO).....
10	2.2.6.I. الطلب البيولوجي للأكسجين (DBO ₅).....
11	3.6.I. قابلية التحلل البيولوجي (K).....
11	4.6.I. النتريت (NO ₂ ⁻).....
11	5.6.I. النترات (NO ₃ ⁻).....
11	6.6.I. الفوسفات (PO ₄ ⁻).....
12	7.6.I. المعادن الثقيلة (ETM).....
12	7.I. الخصائص المؤشرة للتلوث الميكروبيولوجي.....
12	1.7.I. القولونيات الكلية والبرازية.....
12	2.7.I. الديدان الطفيلية.....
12	3.7.I. البكتيريا.....
12	8.I. العوامل التي تؤثر على خصائص محتويات المخلفات السائلة.....
13	9.I. المعايير و التوصيات لتصريف النفايات السائلة.....
13	1.9.I. المعايير الجزائية لتصريف النفايات السائلة.....
14	2.9.I. توصيات منظمة الصحة العالمية.....

15	10.I. الخاتمة.....
16	قائمة المراجع
الفصل الثاني: طرق معالجة مياه الصرف الصحي	
19	1.II. تمهيد.....
19	2.II. مراحل معالجة مياه الصرف الصحي.....
19	1.2.II. المعالجة المسبقة (التمهيدية).....
20	2.2.II. المعالجة الأولية (الفيزيائية والكيميائية).....
20	3.2.II. المعالجة الثانوية (البيولوجية).....
21	4.2.II. المعالجة الثلاثية (المتقدمة).....
21	3.II. طرق معالجة مياه الصرف الصحي.....
21	1.3.II. الطريقة الاصطناعية.....
21	1.1.3.II. طريقة الحمأة المنشطة.....
22	2.1.3.II. طريقة المرشحات البيولوجيا.....
22	1. 2.1.3.II. المرشحات البيولوجيا (الاسرة البكتيرية).....
22	2. 2.1.3.II. الأقراص البيولوجية الدوارة.....
24	2.3.II. الطريقة الطبيعية.....
24	1.2.3.II. محطة المعالجة بالنباتات.....
24	1.1.2.3.II. الاحواض المغروسة بالنباتات ذات الجريان السطحي الحر.....
25	2.1.2.3.II. الاحواض المغروسة بالنباتات ذات الجريان السطحي الافقي.....
25	3.1.2.3.II. الاحواض المغروسة بالنباتات ذات الجريان الشاقولي.....
25	4.1.2.3.II. الاحواض المغروسة بالنباتات ذات الجريان المتنوع (المهجن) "الافقي- الشاقولي".....
26	2.2.3.II. محطات المعالجة بالبحيرات.....
26	1.2 2.3.II. البحيرات الطبيعية.....
26	2.2 2.3.II. البحيرات المهواة.....
27	1.2.2.2.3.II. مبدأ التشغيل.....
27	2.2.2 2.3.II. أنواع البحيرات المهواة.....
27	1.2.2.2 2.3.II. البحيرة الهوائية.....
28	2.2.2.2 2.3.II. البحيرة اللاهوائية (الاختيارية).....
28	3.2.2 2.3.II. مراحل العلاج.....
30	4.2.2 2.3.II. الفرق بين المعالجة الطبيعية والاصطناعية.....
30	5.2.2 2.3.II. العوامل المؤثرة في اختيار طريقة المعالجة.....
30	6.2.2 2.3.II. معالجة الحمأة وطرق التخلص منها.....
31	7.2.2 2.3.II. استخدامات المياه المعالجة.....
32	المراجع.....
الفصل الثالث: الطرق والمواد المستعملة	
	1.III. تقديم منطقة محطة الدراسة.....
36	1.1.III. الموقع.....
36	2.1.III. الدراسة المناخية للمنطقة.....
37	3.1.III. تقديم محطة المعالجة بسعيد عتبة- ورقلة.....

37	.....III.2 خصائص وابعاد المحطة
38	.....III.3 مراحل المعالجة على مستوى المحطة
39	.....III.1.3 المعالجة التمهيدية
39	.....III.2.3 المعالجة البيولوجية
41	.....III.4.مرحلة أخذ العينات
43	.....III.1.4 الخصائص الفيزيوكيميائية المقاسة
44	.....III.1.1.4 قياس درجة الحرارة
45	.....III.2.1.4 قياس الناقلية الكهربائية، درجة الملوحة، الاس الهيدروجيني، المواد الصلبة العالقة
45	.....III.3.1.4 المواد العالقة MES
46	.....III.5. تحديد الطلب الكيميائي للأكسجين DCO
47	.....III.6. تحديد الطلب البيولوجي للأكسجين DBO ₅
48	.....III.7. تحديد كمية أورثوفوسفور PO ₄
50	.....III.8. تحديد كمية النترات NO ₃ ⁻
52	.....III.9. تحديد كمية النتريت NO ₂ ⁻
54	.....III.10. تحديد كمية المركبات العضوية المتطايرة (COV) وكمية غاز كبريتيد الهيدروجين (H ₂ S)
55	.....III.11. تحديد كمية المعادن الثقيلة
57	..... قائمة المراجع
الفصل الرابع: النتائج ومناقشة النتائج	
59	..... تمهيد
59	.....IV.1. تطور درجة الحرارة
60	.....IV.2. تطور الاس الهيدروجيني
60	.....IV.3. تطور الناقلية الكهربائية
61	.....IV.4. تطور درجة الملوحة
62	.....IV.5. تطور المواد الصلبة الذائبة TDS
63	.....IV.6. تطور العكارة
63	.....IV.7. تطور المواد الصلبة العالقة
64	.....IV.8. تطور الطلب الكيميائي للأكسجين
66	.....IV.9. تطور الطلب البيولوجي للأكسجين
68	.....IV.10. تطور النترات
69	.....IV.11. تطور النتريت
70	.....IV.12. تطور تركيز الاورثوفوسفور
72	.....IV.13. تطور تركيز الزئبق
72	.....IV.14. طور تركيز الزنك
73	.....IV.15. تطور تركيز الكاديوم
74	.....IV.15. تحديد كمية المركبات العضوية المتطايرة
75	.....IV.16. تحديد كمية غاز كبريتيد الهيدروجين
76	..... المراجع
78	..... الخلاصة العامة
	..... الملحق

الاختصار	الاسم بالفرنسية	الاسم بالعربية
CE	Conductivité électrique	النقلية الكهربائية
COV	Les Composés Organiques Volatils	المركبات العضوية المتطايرة
DCO	Demande chimique en oxygène	الطلب الكيميائي للأكسجين
DBO ₅	Demande biochimique en oxygène	الطلب البيولوجي للأكسجين
ETM	Eléments Trace Métallique	كمية العناصر الثقيلة
JORA	Journal officiel de la République Algérienne	الجريدة الرسمية للجمهورية الجزائرية
MES	Matières en suspension	المواد الصلبة العالقة
OMS	Organisation mondiale de la Santé	منظمة الصحة العالمية
SAA	Spectromètre d'absorption Atomique	مطيافية الامتصاص الذري
TDS	Total dissolved solids	المواد الصلبة الكلية الذائبة
UV-Vis	Spectrophotomètre UV-Visible	مطيافية الامتصاص
XRF	X-Ray Fluorescence	فلورية الأشعة السينية

الصفحة	الشكل
06	الشكل I.1: رسم تخطيطي لمصادر مياه الصرف الصحي.....
07	الشكل I.2: مخطط مكونات الأساسية للمياه الصرف المنزلية.....
08	الشكل I.3: رسم تخطيطي لخصائص مياه الصرف الصحي.....
19	الشكل II.1: بعض انواع المصافي.....
20	الشكل II.2: طريقة فصل زيوت عن مياه الصرف الصحي.....
22	الشكل II.3: رسم تخطيطي للمعالجة بالحماة المنشطة.....
22	الشكل II.4: المعالجة بالمرشحات البيولوجية.....
23	الشكل II.5: المعالجة بالأقراص البيولوجية الدوارة.....
24	الشكل II.6: الاحواض المغروسة ذات الجريان السطحي الح.....
25	الشكل II.7: حوض المعالجة بالنباتات ذات الجريان الافقي.....
25	الشكل II.8: حوض المعالجة بالنباتات ذات الجريان السطحي الشاقولي.....
26	الشكل II.9: حوض المعالجة بالنباتات ذات الجريان المتنوع (المهجن).....
26	الشكل II.10: البحيرة الطبيعية (العطف غرداية).....
27	الشكل II.11: جهاز تهوية السطح.....
27	الشكل II.12: جهاز التهوية عن طريق النفخ في الهواء.....
27	الشكل II.13: البحيرة الهوائية.....
28	الشكل II.14: البحيرة اللاهوائية.....
28	الشكل II.15: مراحل المعالجة بالاحواض المهواة.....
37	الشكل III.1: الموقع الجغرافي لولاية ورقلة.....
38	الشكل III.2: الموقع الجغرافي لمحطة التطهير بورقلة.....
40	الشكل III.3: مرحلة نزع الغازات.....
40	الشكل III.4: مرحلة نزع المواد الصلبة الكبيرة.....
41	الشكل III.5: جهاز إزالة الرمل.....
42	الشكل III.6: الاحواض المهواة.....
42	الشكل III.7: حوض النهائي.....
43	الشكل III.8: احواض التجفيف.....
43	الشكل III.9: مراحل المعالجة على مستوى المحطة.....

44	الشكل 10.III: بعض نقاط أخذ العينات.....
45	الشكل 11.III: جهاز قياس درجة الحرارة.....
45	الشكل 12.III: جهاز IAUL TIFUNCTION.....
47	الشكل 13.III: خطوات الترشيح العادي.....
48	الشكل 14.III: الكواشف المستعملة لقياس DCO.....
48	الشكل 15.III: جهاز DR3900.....
48	الشكل 16.III: جهاز التسخين.....
50	الشكل 17.III: جهاز قياس DBO ₅
52	الشكل 18.III: منحنى معايرة الاورثو فوسفور.....
54	الشكل 19.III: منحنى معايرة النترات.....
55	الشكل 20.III: Honeywell BW™ Max XT II.....
55	الشكل 21.III: Honeywell BW™ Ultra.....
56	الشكل 22.III: أجهزة قياس تراكيز المعادن الثقيلة.....
59	الشكل 1.IV: تغيرات درجة الحرارة للمياه في المحطة.....
60	الشكل 2.IV: تغيرات في الاس الهيدروجيني في مياه المحطة.....
61	الشكل 3.IV: تغيرات الناقلية الكهربائية للمياه في المحطة.....
61	الشكل 4.IV: تغيرات درجة الملوحة للمياه في المحطة.....
62	الشكل 5.IV: تغيرات المواد الصلبة الذائبة للمياه في المحطة.....
63	الشكل 6.IV: تغيرات العكارة للمياه في المحطة.....
63	الشكل 7.IV: تغيرات المواد الصلبة العالقة في مياه المحطة.....
64	الشكل 1.7.IV: مردود إزالة MES.....
65	الشكل 8.IV: تغيرات الطلب الكيميائي للأكسجين لمياه المحطة.....
65	الشكل 1.8.IV: مردود إزالة DCO.....
66	الشكل 9.IV: تغيرات الطلب البيولوجي للأكسجين لمياه المحطة.....
67	الشكل 1.9.IV: مردود إزالة DBO ₅
68	الشكل 10.IV: تغيرات النترات لمياه المحطة.....
68	الشكل 1.10.IV: مردود إزالة النترات.....
69	

69	الشكل 11.IV: تغيرات النتريت في مياه المحطة.....
70	الشكل 1.11.IV: مردود إزالة النتريت.....
71	الشكل 12.IV: تغيرات تركيز الاورثوفوسفور لمياه المحطة.....
71	الشكل 1.12.IV: مردود إزالة الاورثوفوسفور.....
72	الشكل 13.IV: تغيرات الزئبق لمياه المحطة.....
72	الشكل 15.IV: تغيرات تركيز الزنك لمياه المحطة.....
73	الشكل 16.IV: تغيرات تركيز الكاديوم لمياه المحطة.....

الصفحة	الجدول
10	الجدول I.1: تصنيف مياه الصرف الصحي وفقًا لقيم DCO.....
11	الجدول I.2: معنى التحلل البيولوجي.....
14	الجدول I.3: قيم الحد الأقصى لمعايير الصرف الصحي بالنسبة للمرسوم الجزائري.
14	الجدول I.4: قيم الحد الأقصى لمعايير الصرف الصحي (OMS).....
23	الجدول II.1: إيجابيات وسلبيات الطريقة الاصطناعية.....
29	الجدول II.2: إيجابيات وسلبيات الطريقة الطبيعية.....
37	الجدول III.1: التغيرات المناخية المتوسطة لسنة 2023.....
39	الجدول III.2: البيانات الأساسية لمحطة المعالجة.....
50	الجدول III.3: معامل تغير DBO_5 بدلالة حجم العينة المستعملة.....;
52	الجدول III.4: تراكيز محاليل الالابن.....
53	الجدول III.5: تراكيز محاليل الالابن.....
67	الجدول IV.1: قيم كمية المادة العضوية.....
68	الجدول IV.2: قيم معامل قابلية التفكك البيولوجي..... K
74	الجدول IV.3: تراكيز غاز ثنائي كبريت الهيدروجين والغازات العضوية المتطايرة (جانفي 2023).....
74	الجدول IV.4: تراكيز غاز ثنائي كبريت الهيدروجين والغازات العضوية المتطايرة (ماي 2023).....
75	الجدول IV.5: مختلف تأثيرات غاز كبريتيد الهيدروجين حسب تركيزه في الهواء

المقدمة العامة

الماء هو أهم مادة خام على كوكبنا للبشر والحيوانات والنباتات والكائنات الدقيقة. من الناحية العملية، ترتبط جميع الظواهر الحيوية في المحيط الحيوي بتوافر المياه. وبالتالي، فإن الماء ليس فقط مكانا للمعيشة أو ناقلا للطاقة أو وسيلة نقل، ولكنه أيضا عنصر أساسي لأي نوع من الإنتاج.

الطبيعة والكائنات الحية تعاني بشكل متزايد من عواقب التلوث بسبب تزايد النمو السكاني والتنمية الصناعية في العقدين الأخيرين، والتي تؤثر على الأنهار والبحار وجداول المياه الجوفية والبحيرات، وذلك نتيجة تصريف مياه الصرف الصحي دون معالجة أو مستوى غير كاف من المعالجة، مما يتسبب في تدهور النظام البيئي. وتفايدا لهذه الأضرار لابد من معالجة مياه الصرف الصحي قبل طرحها والاستفادة منها في أغراض أخرى [1].

انتشرت في الوقت الحاضر تقنيات سليمة والتي تحسن الأداء البيئي بشكل ملحوظ وتساعد على الاستمرارية والاستدامة الطبيعية عند تطبيقها وتعتبر اقل تلويثا [2]. تمتلك الجزائر 109 من محطات معالجة مياه الصرف الصحي موزعة على 27 ولاية في البلاد (مقارنة بـ 14 في عام 2003). يتم استخدام ثلاث عمليات معالجة في محطات المعالجة، بما في ذلك 46: محطة لمعالجة الحمأة المنشطة، 49 محطة بحيرة طبيعية و 14 محطة بحيرة مهواة [3].

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 (4). من أهم هذه الطرق المعالجة بالبحيرات المهواة، 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. محطة سعيد عتبة بورقلة وهي احدى محطات معالجة مياه الصرف الصحي الحضرية.

إن الهدف الأساسي من عملنا هو بيان تأثير التغيرات الفصلية على الخصائص الفيزيائية والكيميائية لمياه محطة المعالجة المدروسة. وكذا بيان كفاءة المحطة في إزالة محددات التلوث ينقسم عملنا إلى جانب نظري وآخر تطبيقي تسبقهما مقدمة وتليهما خاتمة.

الفصل الأول: عرضنا فيه عموميات حول مياه الصرف الصحي.

الفصل الثاني: طرق معالجة مياه الصرف الصحي.

الفصل الثالث: تقديم منطقة الدراسة والمحطة ثم شرحنا الطرق والوسائل المستعملة.

الفصل الرابع: جمع النتائج ومناقشتها.

المراجع

- [1] A. Chaib, Bioépuration par lagunage naturel. Bulletin Energies Renouvelables, 5, .2004
- [2] Ta Wee Seow et al., Review on Wastewater Treatment Technologies. International Journal of Applied Environmental Sciences, 11, 2016, 111-126.
- [3] Hammadi Belkacem. Lagunage aéré en zone aride performances épuratoires, paramètres influents: cas de la région de Ouargla. Ouargla : Université Kasdi Merbah, Ouargla, Thèse Doctorat, 2017.
- [4] Sarawi Mabrok. Utilisation d'une argile locale de la région de Touggourt dans l'épuration des eaux usées. Performances épuratoires et conditions optimales, Université Kasdi Merbah Ouargla, Thèse de Doctorat, 2020.

الجانب النظري

الفصل الأول:

عموميات على

مياه الصرف

الصحي

تمهيد:

الماء ثروة ضرورية لجميع الأنشطة الاجتماعية والاقتصادية، بعض الأنشطة ذات الأولوية قصوى تتطلب مياه أكثر من غيرها ولكن في كل الأحوال تتدهور المياه المستخدمة وتتلوث. يمكن أن تؤدي التصريفات السائلة المنزلية والصناعية إلى الإضرار بالبيئة والصحة العامة. ومع ذلك، إذا تمت معالجة المياه مسبقاً فإنها ستجد استخدامات أخرى، خاصة في المجال الزراعي.

في هذا الفصل، سوف نتطرق إلى مياه الصرف الصحي من خلال عرض خصائصها الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية.

1.I. عموميات على المياه الملوثة :

1.1.I. تعريف المياه الملوثة :

عرفت منظمة الصحة العالمية في عام 1986 تلوث المياه بأنه أي تغير في تركيب عناصره أو تغير حالته بطريقة مباشرة أو غير مباشرة بسبب نشاط الإنسان فتصبح هذه المياه غير صالحة للاستعمالات الطبيعية المخصصة لها أو لبعضها [1].

عرف المشرع الجزائري المقصود بتلوث المياه، بأنه "إدخال أية مادة في الوسط المائي من شأنها 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 طبيعي آخر للمياه [2].

فالظاهر أن هناك إجماع على أن المقصود بتلوث الموارد المائية الجوفية هو ما يصيبها من التغيرات التي تطرأ على الخصائص الفيزيائية أو الكيميائية أو البيولوجية للماء، وتظهر من خلال التغيرات في لونه ورائحته وطعمه.

2.1.I. مصادر تلوث المياه :

تتعدد مصادر تلوث المياه يمكن تقسيمها إلى:

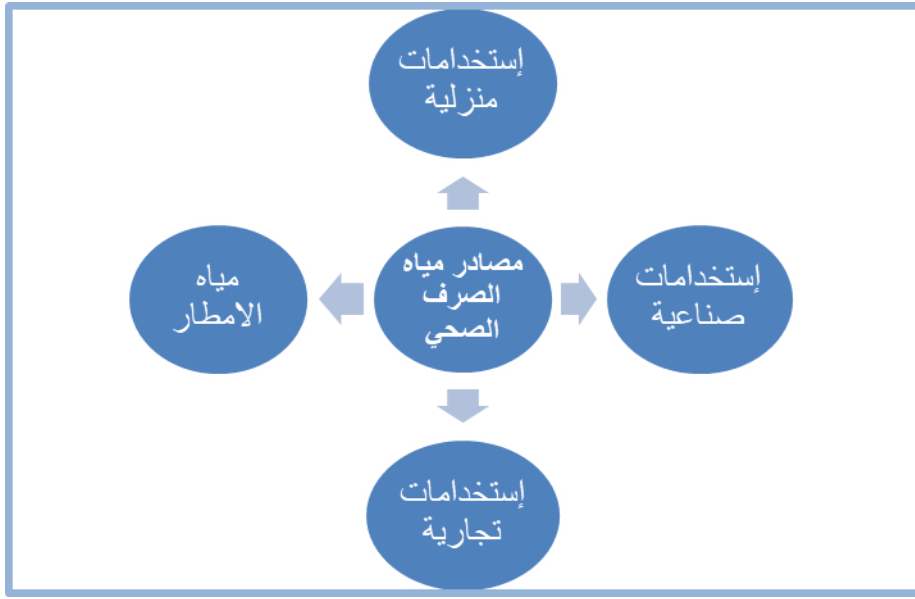
- مصادر طبيعية: تشمل الجو، تحلل النبات، الأمطار، البراكين... الخ
- مصادر زراعية: تشمل مخلفات الحيوانات، الأسمدة الكيماوية والمبيدات... الخ
- مصادر الصرف: تشمل الصرف الصحي، الصرف الصناعي، تسربات ناقلات النفط... الخ [3].

3.I. تعريف مياه الصرف الصحي:

هي جميع المياه التي فقدت نقاوتها بعدما طرأت تغييرات في خصائصها الطبيعية من خلال تأثير الملوثات بعد استخدامها في الأنشطة البشرية (المنزلية أو الصناعية أو الزراعية) [4].

4.I. الأنواع الرئيسية لمياه الصرف الصحي:

مصادر مياه الصرف الصحي مختلفة وهي تشمل:



الشكل 1.I: رسم تخطيطي لمصادر مياه الصرف الصحي

1.4.I. مياه الصرف الصناعي:

جميع الوحدات الصناعية تستخدم المياه فيها عملية الإنتاج، وبالتالي لديهم تصريفًا كبيرًا جدًا للمياه ويتمثل في التصريفات الناتجة من العمليات الصناعية وشبه الصناعية (محطة غسيل وتشحيم، محطة الوقود، وما إلى ذلك) والتي تتميز بتنوع كبير في التركيب الكيميائي، وبالتالي يمثل خطرًا محتملاً للتلوث [5].

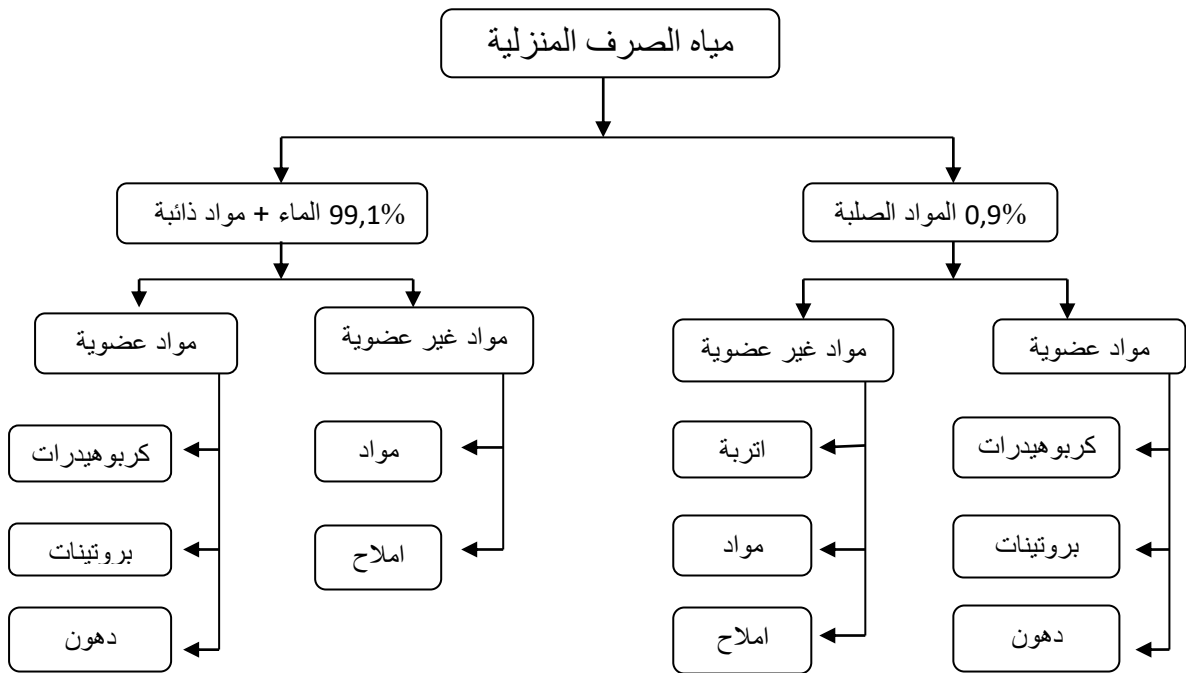
2.4.I. مياه الأمطار:

تتشكل من مياه الجريان السطحي والتي تتكون بعد هطول الأمطار، وتحتوي على معادن ثقيلة ومواد سامة (الرصاص، الزنك، الهيدروكربونات) [5].

3.4.I. مياه الصرف المنزلية :

هي المياه التي يستخدمها الإنسان لتلبية احتياجاته والتي تشكل الجزء الأكبر من التلوث وتتكون من:

- ماء الطهي الذي يحتوي على مواد معدنية ناتجة عن غسل الخضار والمواد الغذائية التي تحتوي على المركبات العضوية (الكربوهيدرات والدهون والبروتينات) ومنتجات التنظيف؛
- مياه الغسيل التي تحتوي بشكل رئيسي على المنظفات (الدهون الهيدروكربونية)؛
- مياه مرافق الصرف الصحي محملة بالهيدروكربونات العضوية ومركبات النيتروجين والفوسفور والكائنات الحية الدقيقة [5].



الشكل 2.I: مخطط مكونات الأساسية للمياه الصرف المنزلية

5.I. تلوث المياه المستعملة:

تتم معالجة مياه الصرف الصحي وكذا عملية اختيار طريقة المعالجة على حسب الملوثات الموجودة في المياه:

1.5.I. التلوث المعدني:

هي ملوثات غير عضوية وتعتبر الأكثر سمية وتشمل المعادن الثقيلة (الكاديوم Cd، الرصاص Pb، الزنك Zn، الكروم Cr، النحاس Cu)، المركبات الفسفورية والنترينية، تنتج من الأنشطة الصناعية وكذلك الممارسات الزراعية [6].

2.5.I. التلوث البيولوجي:

يتشكل أساسا من البكتيريا، الفيروسات والطفيليات التي يمكن أن تصيب البشر وتسبب لهم الأمراض، مثل التيفود (داء السالمونيلا)، داء الكوليرا وشلل الأطفال [6].

3.5.I. التلوث الحراري:

هو التلوث الناتج عن طرح مياه الصرف الصناعية الحارة المستعملة من التبريد في المصانع والمفاعلات الحرارية... الخ في البرك، الأنهار والبحيرات مما يؤدي إلى ارتفاع درجة حرارة مياهها مما يتسبب إلى إحداث أضرار بالحياة النباتية والحيوانية (اختلال التوازن البيئي) [6].

6.I. خصائص مياه الصرف الصحي:

تحدد نوعية مياه الصرف الصحي حسب خصائصها. يمكن تصنيفها على النحو التالي:



الشكل 3.I: رسم تخطيطي لخصائص مياه الصرف الصحي

1.6.I الخصائص الفيزيائية:

يتم قياس هذه الخصائص عند مداخل ومخارج محطات معالجة مياه الصرف الصحي وفي البيئات الطبيعية.

1.1.6.I المواد الصلبة العالقة (MES):

تمثل المواد الغير ذائبة (مواد معدنية MMS وعضوية MVS)، حيث إنها تشكل خاصية مهمة تحدد بوضوح درجة تلوث النفايات السائلة الحضرية أو حتى الصناعية. يتم التعبير عن MES بالعلاقة التالية [7]:

$$\text{MES} = 30\% \text{MMS} + 70\% \text{MVS} \quad \text{المعادلة 1.1}$$

• المواد المتطايرة المعلقة (MVS):

وهي تمثل الجزء العضوي من المواد الصلبة العالقة ويتم الحصول عليها عن طريق تكليس MES عند 525 درجة مئوية لمدة ساعتين. فرق الوزن بين MES عند 105 درجة مئوية وMES عند 525 درجة مئوية يعطي الخسارة في الإشعال ويتوافق مع محتوى الماء من MVS بالملغم/لتر [5].

• المواد المعدنية (MMS):

وهي نتيجة التبخر الكلي للماء أي (مستخلصه الجاف) يتكون من كل من المادة المعلقة والمواد القابلة للذوبان مثل الكلوريدات والفوسفات وما إلى ذلك [5].

2.1.6.I الناقلية (CE):

وهي الخاصية التي يمتلكها الماء لنقل التيار الكهربائي وتعتبر مؤشرا دقيقا على احتواء الماء للأملاح المذابة (ملوحة الماء). يعبر عنها بشكل عام بالميكروسيمنز لكل سنتيمتر ($\mu\text{S}/\text{cm}$) [8].

3.1.6.I الأس الهيدروجيني (pH):

هو تركيز شوارد الهيدروجين H^+ في الماء، هذا القياس يعطي مؤشرات على حموضة أو قاعدية المياه، ويعتبر أحد مؤشرات الهامة لمياه الصرف الصحي وهو يعبر عن مدى التركيز المناسب لتواجد معظم الكائنات البيولوجية، ان مياه الصرف الصحي ذات الاس الهيدروجيني الخارج عند المدى من الصعب معالجتها بالطريقة البيولوجية وبالتالي إذا لم يتم ضبطه قبل الصرف فإنه سيؤثر سلبا على pH في المياه الطبيعية [8].

4.1.6.I درجة الحرارة (T):

هي عامل بيئي مهم في الوسائط المائية. يمكن أن يؤدي ارتفاعها إلى اضطراب الحياة المائية (التلوث الحراري)، يعود التغيير المفاجئ في درجة الحرارة الى طرح مخلفات صناعية كيميائية كانت او بترولية [8].

5.1.6. I العكارة (Turbidité):

تتناسب العكارة عكسيا مع شفافية المياه، وهي إلى حد بعيد معامل التلوث الذي يشير إلى وجود مواد عضوية أو معدنية على شكل غروي معلق في مياه الصرف الصحي. تتغير العكارة حسب المادة المعلقة الموجودة في الماء (MES) [5].

6.1.6.I الأكسجين المذاب (O_{diss}):

هي كمية الأكسجين المذاب في مياه الصرف. هذه الخاصية من المهم جدًا تحديدها في الموقع باستخدام مقياس التأكسد. يعطي الأكسجين المذاب مقياسًا للتأثير الغير المباشر لدرجة تلوث المياه [5].

2.6.I الخصائص الكيميائية:

1.2.6.I الطلب الكيميائي للأكسجين (DCO):

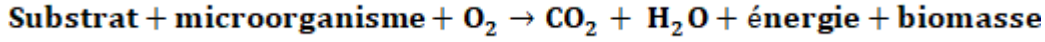
هو كمية الاكسجين اللازمة للأكسدة الكيميائية للمواد العضوية الموجودة في المياه المستعملة وتحويلها إلى مركبات بسيطة وذلك بواسطة مادة كيميائية مؤكسدة [9].

الجدول 1.I: تصنيف مياه الصرف الصحي وفقاً لقيم DCO

المعيار	القيمة	أصل المخلفات السائلة
الطلب الكيميائي للأكسجين	1.5 إلى 2 مرات DBO	مياه الصرف الصحي في المناطق الحضرية
الطلب الكيميائي للأكسجين	1 إلى 10 مرات DBO	لجميع مياه الصرف الصحي
الطلب الكيميائي للأكسجين	DCO < 2.5 مرة DBO	لجميع مياه الصرف الصناعي

2.2.6.I الطلب البيولوجي للأكسجين (DBO₅):

هو عبارة عن كمية الاكسجين المستهلكة من طرف الكائنات الحية الدقيقة الهوائية للتحليل المادة العضوية مع استهلاك الاكسجين المنحلة يتم تقدير كمية الاكسجين المفقود بحساب DBO₅ ويلخص ذلك في المعادلة التالية [10]:



يتم إعطاء المادة العضوية (MO) من خلال المعادلة التجريبية كدالة لـ DCO_5 و DBO_5 على النحو التالي:

$$\text{MO} = (2. \text{DBO}_5 + \text{DCO})/32. \text{I المعادلة}$$

3.6.I. قابلية التحلل البيولوجي (K):

تعكس قابلية التحلل البيولوجي قدرة النفايات السائلة على أن تتحلل أو تتأكسد بواسطة الكائنات الحية الدقيقة المشاركة في عملية التنقية البيولوجية للمياه. هذا التحلل البيولوجي يرمز له بالحرف K المسمى معامل التحلل البيولوجي. تساعد قيم K في تحديد أهمية التحلل البيولوجي. عموماً تم ادراج قيم K في الجدول (2.I)[5].

الجدول 2.I: معنى التحلل البيولوجي

معنى التحلل البيولوجي	K
تتكون المواد القابلة للأكسدة بشكل كبير من مواد عالية	$K < 1.5$
مواد قابلة للتحلل	$1.5 < K < 2.5$
المواد المؤكسدة قابلة للتحلل بشكل معتدل	$2.5 < K < 3$
المواد المؤكسدة قابلة للتحلل البيولوجي بشكل سيئ	$K > 3$

4.6.I. النتريت (NO_2^-):

يمكن العثور على النتريت في الماء ولكن بجرعات منخفضة. فان شوارد النتريت المتواجدة في الوسط المائي ناتجة عن ارجاع النتترات او اكسدة شوارد الامونيوم [11].

5.6.I. النتترات (NO_3^-):

جميع أشكال النيتروجين (النيتروجين العضوي والأمونيا والنتريت وما إلى ذلك) هي عرضة لأصل النتترات من خلال عملية الأكسدة البيولوجية. وهذه هي غالباً ما تكون مرتبطة بتربية الماشية، والإخصاب المفرط للمناطق الزراعية بالأسمدة والفضلات المختلفة [11].

6.6.I. الفوسفات (PO_4^-):

يلعب الفوسفور دوراً مهماً في نمو الطحالب وغيرها من الكائنات البيولوجية فزيادة نسبة الفوسفور يعني زيادة نسبة الطحالب مما يؤدي الى مستنقعات مائية خالية من الاكسجين [12].

7.6.I. المعادن الثقيلة (ETM):

الننكل Ni، الرصاص Pb، الكروم Cr، الكادميوم Cd، الزنك Zn، النحاس Cu والحديد Fe بالإضافة إلى الزئبق Hg تعتبر التركيزات الصغيرة لهذه المعادن ذات أهمية في مياه الصرف الصحي. إذا وجدت بكميات مرتفعة قد تؤثر سلبا على استخدام المياه نظرا لسميتها [13].

7.I. الخصائص المؤشرة للتلوث الميكروبيولوجي:

تحتوي مياه الصرف الصحي على أنواع واجناس مختلفة من الكائنات الحية الدقيقة.

1.7.I. القولونيات الكلية والبرازية:

مجموعة من البكتيريا التي تجمع سلسلة من الخصائص المشتركة. جميعهم ينتمون إلى عائلة Enterobacteriaceae وهم عمومًا جزء من النباتات البكتيرية الطبيعية في الجهاز الهضمي لبعض الحيوانات. هذه البكتيريا مهمة لأنها تشكل مؤشرًا على مستويات التلوث في المسطحات المائية. يشير وجود هذه البكتيريا إلى أن المياه ملوثة بالبراز. أيضا، بعضها من مسببات الأمراض الهامة للإنسان [14].

2.7.I. الديدان الطفيلية:

الديدان الطفيلية هي طفيليات معوية كثيرا ما تصادفها في مياه الصرف الصحي. خاصة في مياه الصرف الصحي الحضرية. يعد تعداد الديدان المعوية في مياه الصرف الصحي المعالجة ذا أهمية قصوى، لا سيما عندما تكون فيه حاجة لإعادة استخدام هذه المياه في الاستخدامات الزراعية [14].

3.7.I. البكتيريا:

تعد البكتيريا من أهم الكائنات الدقيقة على الإطلاق من حيث دورها في عملية المعالجة البيولوجية فعليها يقع العبء الأكبر في تكسير واكسدة المواد العضوية ولهذا فان دراستها بالتفصيل من أساسيات فهم عملية المعالجة البيولوجية [15].

8.I. العوامل التي تؤثر على خصائص محتويات المخلفات السائلة :

أ- عمر المخلفات السائلة:

وهو الوقت الذي مضى منذ صيها في شبكة الصرف إلى وقت اخذ العينة، فالمخلفات السائلة في بدء جريانها في شبكة الصرف تكون ذات لون مائل إلى الرمادي مع وجود مواد برازية وزيت وشحوم... الخ طافية على السطح. وبمضي الوقت ونتيجة لجريان هذه المخلفات السائلة في شبكة الصرف تتفتت المواد العالقة والطافية وتندمج مع سائل متجانس ذو عكارة عالية

ولون اشد تركيزا، بينما تتصاعد منها روائح كريهة نتيجة لتحلل بعض المواد العضوية تحللا لاهوائيا[15] .

ب-وقت جمع العينة:

لما كانت المياه المستعملة وكذلك الغرض من استعمالها يتغيران من وقت لآخر، فمن البديهي أن تختلف محتويات العينة ودرجة تركيز هذه المحتويات من وقت لآخر، فنجد أن أكثر العينات تركيزا هي التي تؤخذ في الساعات الأولى من الصباح، بينما يقل تركيز العينات التي تؤخذ في الساعات المتأخرة من الليل. كما تتغير لأخر على مدار السنة مكونات المخلفات السائلة ودرجة تركيز ما تحتويه من مواد عالقة أو ذائبة تبعاً لتغير للأنشطة الصناعية من موسم لآخر على مدار السنة[15] .

ج-تعرض المخلفات السائلة للهواء:

تحتوي المخلفات السائلة عند بدء جريانها في شبكة الصرف على بعض الأكسجين الذائب الذي سرعان ما يستهلك نتيجة لنشاط البكتريا الهوائية التي تموت إذا لم يتجدد الأكسجين. وعندئذ تنشط البكتيريا اللاهوائية ويحدث تحلل لاهوائي للمواد العضوية فتكتسب المخلفات لوناً داكناً ورائحة عفنة نتيجة لهذا التحلل اللاهوائي، وعلى النقيض من ذلك إذا تواجدت المخلفات السائلة على اتصال علي اتصال دائم بالهواء عندئذ تنشط البكتريا الهوائية مما ينتج عنه تحلل هوائي للمواد العضوية[15].

9.I. المعايير و التوصيات لتصريف النفايات السائلة:

1.9.I.المعايير الجزائرية لتصريف النفايات السائلة:

المياه العادمة التي يتم تجميعها في الشبكات الحضرية أو مياه الصرف الصحي التي يتم تصريفها مباشرة من الصناعة، يجب عدم تصريفها في بيئة استقبال طبيعية (نهر، بحيرة، شاطئ البحر أو أراضي زراعية) فقط عندما تتوافق مع المعايير التي تحددها اللوائح. ينظم المرسوم التنفيذي رقم 93-160 المؤرخ في 10 جويلية 1993 لصحيفة الجمهورية الجزائرية تصريف النفايات السائلة في الفصل الأول، المادة 2، يحدد في ملحقه الأول، القيم الحدية لطرح المياه المعالجة. تم تعزيز هاته القيم نفسها من خلال نص تنظيمي جديد، وهو المرسوم التنفيذي رقم 06-140 المؤرخ في 20 ربيع الأول 1427 الموافق 19 أبريل 2006 القسم الأول، المادة 3. القيم الحدية القصوى لتصريف النفايات السائلة التي حددها هذان المرسومان هي مدونة في الجدول(3.I). قبل أن يتم إطلاقها في البيئة الطبيعية وتتحلل فيها[16].

الجدول I.3: قيم الحد الأقصى لمعايير الصرف الصحي بالنسبة للمرسوم الجزائري

المقاييس	القيمة
درجة الحرارة	30م°
pH	6.5-8.5
المواد العالقةMES	30ملغ/ل
الطلب الحيوي للأوكسجين ₅ DBO	30ملغ/ل
الطلب الكيميائي للأوكسجينDCO	90ملغ/ل
الأزوت N	50ملغ/ل
الفوسفات ³⁻ PO ₄	02ملغ/ل
الزنك	02ملغ/ل
الكروم	0.1ملغ/ل
الزيوت والدهون	20ملغ/ل
الأكسجين المنحلOxy.diss	0-0ملغ/ل

2.9.I. توصيات منظمة الصحة العالمية:

في إطار المحافظة على البيئة والصحة العامة قامت منظمة الصحة العالمية (OMS) بفرض معايير من خلالها تحديد قيم الحد الأقصى لمعايير الصرف الصحي الموضحة في الجدول I.4 [17].

الجدول I.4: قيم الحد الأقصى لمعايير الصرف الصحي (OMS)

المقاييس	القيمة
درجة الحرارة	30م°
6.5-8.5	pH
المواد العالقةMES	70mg/l
الطلب الحيوي للأوكسجين ₅ DBO	10mg/l
الطلب الكيميائي للأوكسجينDCO	40mg/l
الأزوت N	50mg/l
الفوسفات ³⁻ PO ₄	0.6mg/l
الأكسجين المنحلOxy.diss	3mg/l

10.I. الخاتمة

تحمل مياه الصرف الصحي غير المعالجة العديد من البكتيريا، وبعضها يحتمل أن يسبب أمراضًا خطيرة، أيضا هي عامل رئيسي في تلوث المياه الجوفية والأنهار وأي سطح مائي آخر كالبحر مثلا. عند إطلاقها في البيئة الطبيعية بكميات كبيرة وبدون المعالجة المسبقة قد يؤدي الى خلل في توازن النظام البيئي، مما يعرض حياة النبات والحيوان للخطر وحتى الانسان.

قائمة المراجع

- [1] احمد فؤاد مندور، هالة ابراهيم عوض الله، نبيل احمد عبد الله، مدحت طه محمد. الاثار الاقتصادية لتدهور الصحة العامة الناجم عن تلوث المياه (دراسة حالة على المحافظة الشرقية)، 2018، مجلة العلوم البيئية، المجلد 42. الجزء 3
- [2] مصطفى عبد اللطيف عباسي. حماية البيئة من التلوث حماية الحياة. الطبعة الاولى. مكان غير معروف : دار الوفاء لدنيا الطباعة والنشر، 2004.
- [3] العابد ابراهيم. معالجة مياه الصرف الصحي لمنطقة تقرت بواسطة نباتات منقية محلية. : جامعة قاصدي مرباح ورقلة، 2015. اطروحة دكتوراه.
- [4] Blifert P. chimie de l'environnement air, eau, sol, déchets. 1ère édition. Paris : édition de Boeck330-2001,- 317 P .
- [5] HAMMADI Belkacem. Lagunage aéré en zone aride performances epuratoires, paramètres influents: cas de la région de Ouargla. : université kasdi Merbah Ouargla 2017thèse Doctorat.
- [6] Mitchell C, Odomj W, Hild T, Rochestere W Liu F Swine lagoon effluent disposal by overland flow: effects on forage production and uptake of nitrogen and phosphorus : Agronomy Journal, 900-904, 89 ; 1997.
- [7] METAHRI Mohammed Said. élimination simultanée de la pollution azotée et phosphatée des eaux usées traitées, par des procédés mixtes cas de la STEP de la ville de Tizi-Ouzou: Université Mouloud Mammeri, 2012, Thèse Doctorat.
- [8] نصر الحايك. تلوث المياه وتلقيتها. 3. : ديوان المطبوعات الجامعية، 1989.
- [9] Zhang. J, Zhang, H Sun. Q. Research on sewage sludge composting experimental.. 2014 ،Advanced Materials Research.
- [10] طرابلسي يوسف ابراهيم. الميكروبيولوجية الزراعية : النشر العلمي والمطابع، 2000. ص 388.
- [11] RODIER J. L'analyse de l'eau (chimie, physicochimie, microbiologie, biologie, interprétation des résultats). Paris: DUNOD Paris, 1996.

- [12] امانة المجلس البلدي. مكة المكرمة. معالجة مياه الصرف الصحي بمحطة الصرف الصحي بالعكاشية مكة المكرمة. 2007.
- [13] Aerobic treatment of wastewater using hybrid system. Fouad Moharram, El-say Ahmed Radwan Kamal. 2020.
- [14] Charles Brown 2021. <https://ar.warbletoncouncil.org/coliformes-14004>.
- [15] الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحي قطاع تنمية الموارد البشرية- الادارة العامة لتخطيط المسار الوظيفي. المسار الوظيفي لوظيفة مهندس تشغيل المياه- خصائص مياه الصرف الصحي - ستة اشهر، 2015.
- [16] Journal officiel de la république Algérienne (JORA). Les valeurs limite des paramètres de rejet dans un milieu récepteur, décrit exécutif10, Juillet 2006,93.
- [17] World Health Organization. WHO. Health guidelines for the use of wastewater in agriculture and aquaculture. Geneva : World Health Organization, 1989, 776.

الفصل الثاني:

طرق معالجة مياه

الصرف الصحي

تمهيد:

تشمل معالجة مياه الصرف الصحي مجموعة من العمليات الفيزيائية والكيميائية التي تتم فيها إزالة المواد الصلبة والعضوية والكائنات الحية الدقيقة من مياه الصرف الصحي أو تقليلها إلى درجة مقبولة، وقد يشمل ذلك التخلص من بعضها. يمكن تقسيم العناصر الغذائية ذات التركيز العالي مثل الفوسفور والنيروجين في هذه المياه إلى عمليات وفقا لدرجة المعالجة إلى عمليات مسبقة وأولية، ثانوية ومتقدمة، وتأتي عملية التنقية إلى القضاء على الكائنات الحية الدقيقة في نهاية مراحل العلاج.

في هذا الفصل، سنناقش طرق ومراحل معالجة مياه الصرف الصحي.

1.II. مراحل معالجة مياه الصرف الصحي:

تتطلب إزالة التلوث من مياه الصرف الصحي سلسلة من الخطوات التي تتضمن:

1.1.II. المعالجة المسبقة (التمهيدية):

يجب أن يتضمن أي علاج لإزالة التلوث هذا العلاج (المعالجة المسبقة) التي تتكون من عدد من العمليات الميكانيكية أو الفيزيائية التي تهدف إلى استخراج الحد الأقصى للعناصر التي تشكل طبيعتها وحجمها عائقا لاحقا.

❖ الفرز والغربلة:

تتم فيها إزالة المواد الصلبة الكبيرة (البلاستيك، الخشب، الاقمشة... الخ) عبر مرور المياه من خلال المصافي على شكل قضبان حديدية مستقيمة أو مقوسة، أو اسلاك متوازية رأسية أو مائلة عن الافقي بزواوية، أو على صورة شبكة سلكية أو سطح منقبة. (1)



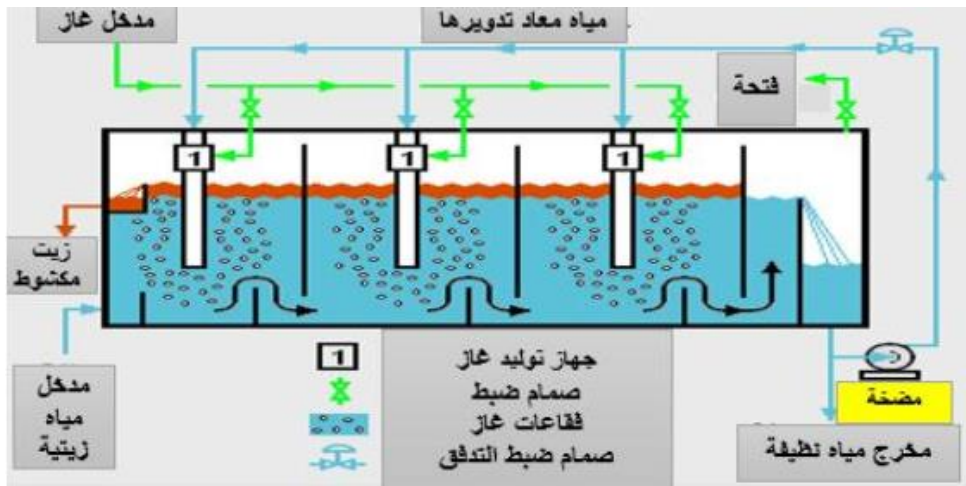
الشكل 1.II: بعض انواع المصافي

❖ نزع الرمال:

الغاية منها هو نزع الرمال عن طريق احواض الترسيب المهواة من الأسفل بحركة هرمية مع تحريك دائري وبهذا ينزع الرمل ويفرغ تعتبر هذه المرحلة ضرورية لحماية أنابيب ومضخات من الانسداد. (2)

❖ نزع الزيوت:

غالبا ما تحتوي مياه الصرف الصحي على مواد عائمة (الزيوت وحطام الشحوم...الخ)، الغرض من ازالة الزيوت هو الفصل عن الماء، عن طريق تعويم المواد او السوائل التي تكون كثافتها اقل من الوحدة. (2)



الشكل II.2: طريقة فصل زيوت عن مياه الصرف الصحي

II.2.1. المعالجة الأولية (الفيزيائية والكيميائية):

الهدف من هذه المعالجة هو إزالة المواد العضوية والواد الصلبة الغير العضوية القابلة للفصل من خلال عملية الترسيب ونسبة من المواد العالقة وتشمل عمليات التالية:

- ❖ الترسيب: تهدف هذه الطريقة لفصل المواد العالقة او الغروية عن السائلة من خلال ترسيبها في الأحواض وتعتمد على الجاذبية.
- ❖ الترشيح: تهدف هذه العملية لفصل الخليط (صلب-سائل) عبر وسط مسامي فيحتجز المواد الصلبة ويسمح للسائل بالمرور. (3)

II.3.1. المعالجة الثانوية (البيولوجية):

عملية المعالجة البيولوجية تقوم بها مجموعات من الاجسام والكائنات الحية الدقيقة التي تستهلك المواد العضوية كغذاء لها، وتحولها الى النواتج النهائية للعمليات الايضية (ثاني أكسيد الكربون، الماء، والطاقة الضرورية لنمو الجراثيم وتكاثرها) فينتج عن ذلك:

- تحويل الامونيا أو النيتروجين العضوي الى نترات.
- تحويل النترات الى نيتروجين يتطاير الى الجو (نزع النتروجين).
- تحويل المادة العضوية في الحمأة الناتج من عمليات المعالجة الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية الى غازات وانسجة حيوية.(2)

II.4.1. المعالجة الثلاثية (المتقدمة):

هذه المرحلة تطبق فقط عند الحاجة الى ماء عالية نقاوة فتنتم ازالة بعض الملوثات (النيتروجين، الفسفور، المواد العضوية، المواد العالقة الصلبة والمواد السامة إضافة الى المواد التي يصعب تحللها بسهولة) التي لا يمكن ازالتها بالطرق التقليدية سالفة الذكر. تسبق هذه المرحلة عملية التعقيم الذي يتم بحقن محلول الكلور بجرع تعادل % 5-10، تكون فترة التعقيم لمدة 15 دقيقة كحد أدنى لحالة عدم استخدام المياه لاحقاً، و23 دقيقة في حالة استخدامها للزراعة. أو المعالجة بالأوزون O_3 الذي يعمل على أكسدة شوارد الحديد Fe^{2+} والمنغنيز Mn^{2+} ليسهل ترسيبهم وأزالتها بسهولة، وكذا يعمل على تكسير الفينول ومركباته وتحويلها إلى مركبات مفتوحة وثنائي أكسيد الكربون CO_2 والماء أو المعالجة بالأشعة فوق البنفسجية UV.(1)(4)

II.2. طرق معالجة مياه الصرف الصحي:

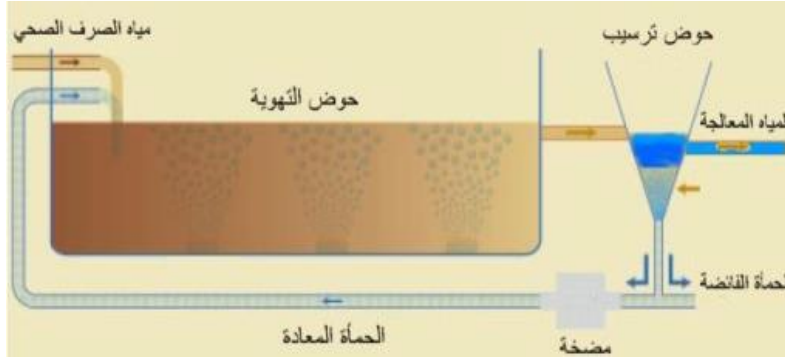
هناك العديد من الطرق المعتمدة في معالجة مياه الصرف الصحي يمكن تصنيفها بشكل عام:

II.1.2. الطريقة الاصطناعية:

نميز بين نوعين رئيسيين من هذه الطريقة وهي:

II.1.1.2. طريقة الحمأة المنشطة:

وهي الطريقة الأكثر انتشاراً في العالم حيث تعتمد على تهوية الجيد ومستمرة، الكائنات الحية الدقيقة والمادة العضوية وهذا لضمان معالجة كافية. سميت بهذا الاسم لأنه يتم وبشكل مستمر إعادة جزء من الحمأة المترسبة في أحواض الترسيب الثانوية إلى حوض التهوية، ما يساعد على تسريع المعالجة وزيادة كفاءتها بسبب زيادة كثافة الكتلة الحيوية في حوض التهوية وبالتالي زيادة معدلات الأكسدة وتفكيك المواد العضوية إلى مكوناتها الأساسية، تدخل المياه الصرف الصحي إلى أحواض التهوية بعد مرورها على أحواض الترسيب الأولية. (4)



الشكل II.3: رسم تخطيطي للمعالجة بالحماة المنشطة

II.2.1.2.2. طريقة المرشحات البيولوجية: وتنقسم إلى:

II.2.1.2.1. المرشحات البيولوجية (الاسرة البكتيرية):

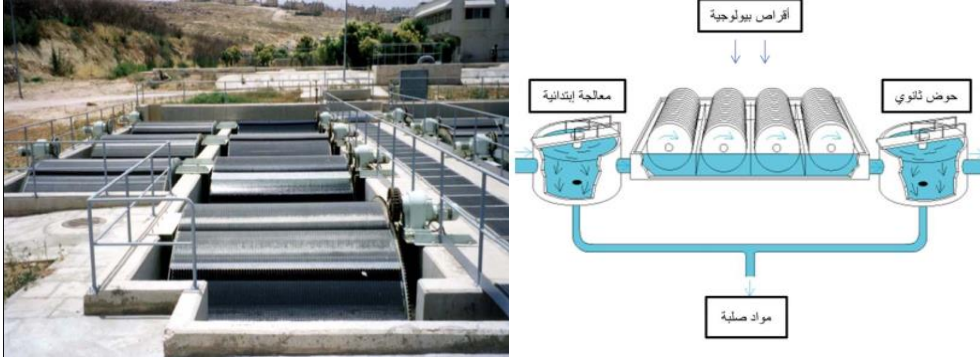
هي عملية تنقية للمياه الصرف الصحي ذات الطبقة الثابتة، حيث لا يتم الاحتفاظ بالكتلة الحيوية معلقة في الماء، ولكنها تشكل غشاء حيوي على أسطح النمو. يحول هذا الغشاء المكونات العضوية للمياه الصرف الصحي إلى وسط هوائي. (5)



الشكل II.4: المعالجة بالمرشحات البيولوجية

II.2.1.2.2. الأقراص البيولوجية الدوارة:

هي عبارة عن أقراص دائرية خفيفة الوزن مغمورة جزئياً في حوض به مياه الصرف الصحي قاعدته اسطوانية، وتصنع هذه الأقراص من بعض أنواع البلاستيك (البولسترين أو الكلوريد المتعدد الفينيل PVC). ترتبط الكائنات الحية الدقيقة المسؤولة عن تحلل الشكل الطبيعية للأقراص وتشكل غشاء حيوي بسمك يصل إلى 5 مم. ونتيجة الحركة الدورانية للأقراص تعرض الكتلة الحيوية بتناوب إلى الغلاف الجوي وإلى مياه الصرف الصحي مما يسمح بتهوية وخط. (5)



الشكل II.5: المعالجة بالأقراص البيولوجية الدوارة

❖ إيجابيات وسلبيات الطريقة الاصطناعية:

الجدول II.1: إيجابيات وسلبيات الطريقة الاصطناعية (6)

السلبيات	الإيجابيات	طريقة المعالجة
<ul style="list-style-type: none"> - تكاليف الانشاء وتشغيل جد عالية. - استهلاك عالي للطاقة. - حساسة اتجاه الزيادة في الحمولة المائية. - إنتاج كمية كبيرة من الحمأة اللازمة معالجتها. 	<ul style="list-style-type: none"> - تحتاج الى مساحات قليلة جدا (مناسبة لأي حجم من التجمعات). - إزالة جيد لعوامل التلوث (معالجة جيدة) - مناسبة لحماية الأوساط المستقبلية الحساسة. - ملائمة مع جميع الظروف المناخية. 	الحمأة المنشطة
<ul style="list-style-type: none"> - أداة جد ضعيفة مقارنة بالحمأة المنشطة. - تكاليف استثمار جد عالية. - ضرورة إجراء معالجة ابتدائية فعالة. 	<ul style="list-style-type: none"> - استهلاك ضئيل للطاقة. - تقنية بسيطة تتطلب صيانة ومراقبة اقل مقارنة بنظام الحمأة النشطة. - ترسيب أفضل للحمأة. - حساسية جد ضئيلة 	المرشحات البيولوجية والأقراص البيولوجية الدوارة

لتغيرات الحمولة والسمية مقارنة بالحمأة المنشطة.	- حساسة اتجاه الانسداد.
--	-------------------------

II.2.3.2. الطريقة الطبيعية:

إن هذه الطريقة تعتمد على قوى التنقية الذاتية في الطبيعة، ومن أهم هذه الطرائق هي:

II.1.2.3.1. محطة المعالجة بالنباتات:

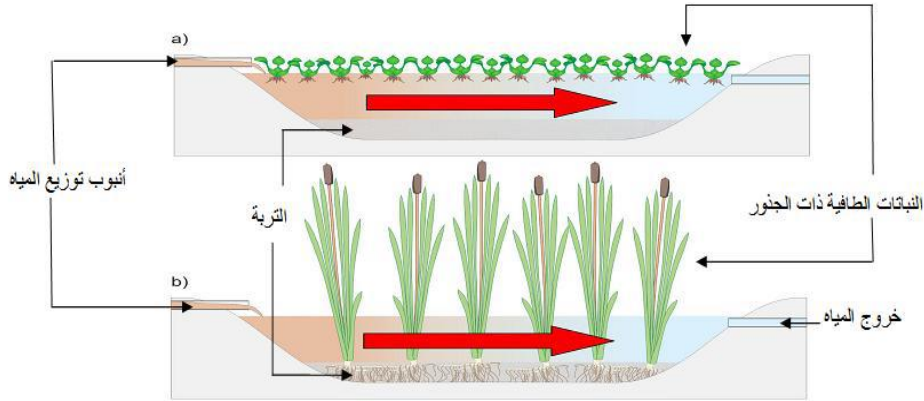
تعتمد طريقة المعالجة بالنباتات على العمليات الفيزيائية والبيوكيميائية التي تحدث في وسط بيئي مناسب (المياه والتربة والنباتات المائية والبكتيريا والهواء). فنبات يقوم بامتصاص المواد المغذية (الفسفور والأزوت) وتقوم البكتيريا التي تنمو على الأجزاء المغمورة من النبات بتخليص المياه المواد العضوية الكربونية. (7)

هناك أربعة أنظمة تستعمل في معالجة المياه المستعملة:

- الأحواض المغروسة بالنباتات ذات الجريان السطحي الحر،
- الأحواض المغروسة بالنباتات ذات الجريان السطحي الأفقي،
- الأحواض المغروسة بالنباتات ذات الجريان الشاقولي،
- الأحواض المغروسة بالنباتات ذات الجريان المتنوع (المهجن) "أفقي + شاقولي". (7)

II.1.1.2.3.1. الأحواض المغروسة بالنباتات ذات الجريان السطحي الحر:

هي الأحواض التي تكون فيها النباتات ذات السيقان المغروسة في الطبقة العلوية لمواد التعبئة ويكون سمك المياه داخل الحوض حوالي 40 سم، تحتوي هذه الأحواض على نباتات مائية منها النباتات المغمورة كلياً بالماء أو النباتات الصغيرة على سطح الماء وذات الجذور المائية. (7)

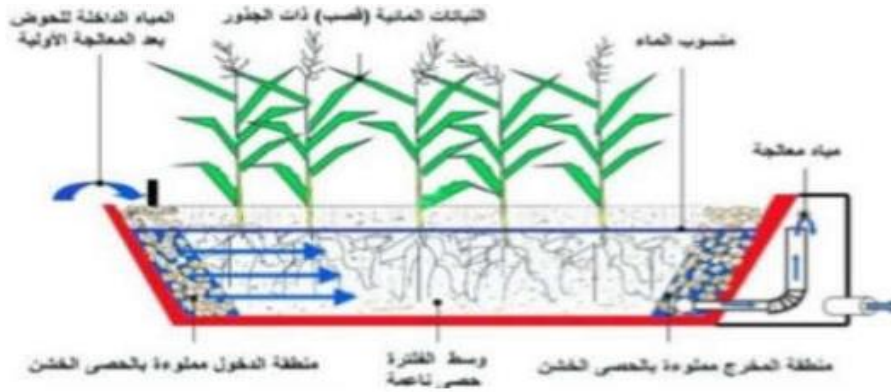


الشكل II.6: الأحواض المغروسة ذات الجريان السطحي الحر

II.2.1.2.3.2. الأحواض المغروسة بالنباتات ذات الجريان السطحي الأفقي:

هو عبارة عن حوض كبير مملوء بالحصى والرمال مزروعة بنباتات الأراضي الرطبة، هذه التقنية تستعمل على النطاق الواسع لمعالجة مياه الصرف الحامضية فهي فعالة في إزالة الملوثات العضوية (DCO، DBO₅، MES).

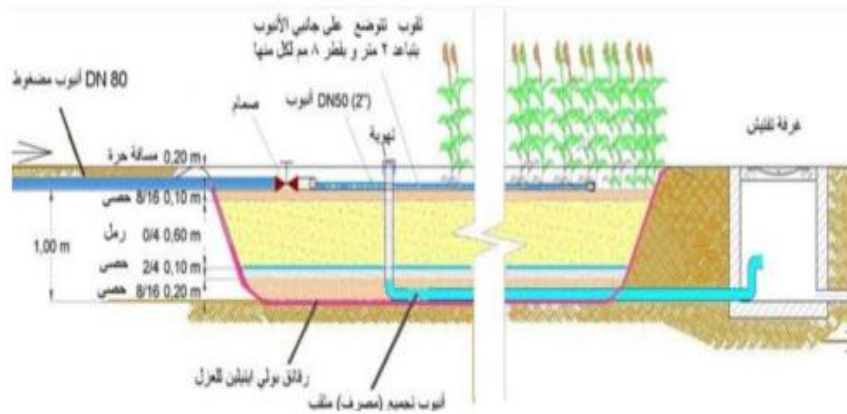
يمكن استعمال المياه المعالجة بطريقة الجريان السطحي الأفقي في الري لتربية الاحياء المائية او تصريفها بأماكن المسطحات المائية المستقبلية (الأنهار، الوديان...الخ). (8)



الشكل II.7: حوض المعالجة بالنباتات ذات الجريان الأفقي

II.3.1.2.3. الاحواض المغروسة بالنباتات ذات الجريان الشاقولي :

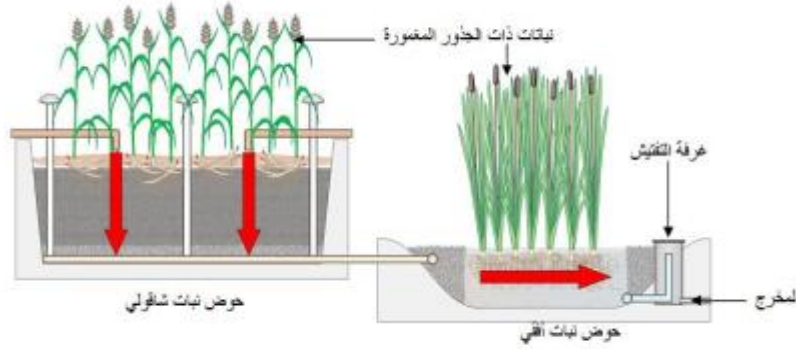
يتألف الحوض من ثلاث طبقات (حصى بتدرج مناسب ورمل) يتم توزيع المياه على الطبقة السطحية عبر شبكة أنابيب بواسطة الضخ، تتحرك المياه شاقولين عبر الفلتر الرملي وجذور النباتات لتعالج وتجمع بأسفل الحوض وتسحب عبر أنابيب في الطبقة السفلية الى خارج الحوض.



الشكل II.8: حوض المعالجة بالنباتات ذات الجريان السطحي الشاقولي

II.4.1.2.3. 4.1.2.3.II. الاحواض المغروسة بالنباتات ذات الجريان المتنوع (المهجن) "الافقي- الشاقولي":

هو نظام يجمع بين نوعين من الأراضي الرطبة (نظام الجريان الشاقولي ونظام الجريان الافقي)، الفائدة من هذه السلسلة هو تحسين عملية النترجة في الاحواض الشاقولية لانها مهواة وعملية إزالة النترجة في الاحواض الافقية.(7)(9)



الشكل II.9: حوض المعالجة بالنباتات ذات الجريان المتنوع (المهجن)

II.2.2.3.2. محطات المعالجة بالبحيرات:

II.1.2.2.3.1. البحيرات الطبيعية:

هي طريقة من طرق معالجة المياه المستعملة تعتمد على عمليات التنقية الذاتية التي تحدث تلقائيا في المسطحات المائية (الاحواض) حيث تعمل الكائنات الحية الدقيقة على تحليل المادة العضوية وتحويلها إلى عناصر معدنية.(10)



الشكل II.10: البحيرة الطبيعية (العطف غرداية)

II.2.2.3.2. البحيرات المهواة:

هي احدى الطرق المستعملة في معالجة مياه الصرف والتي تعتمد كمبدأ أساسي في العمل على التدفق والسيلان البطيء للماء. يتم فيها تدمير المواد العضوية القابلة للتحلل من النفايات السائلة عن طريق سلسلة غذائية من الكائنات الحية الدقيقة وخاصة البكتيريا الهوائية ويتم تنفيذ

جزء على الأقل من هذا العلاج هوائيا بفضل مساهمة الاكسجين المذاب في الماء عن طريق التهوية.(7)(4)

1.2.2.2.3.II. مبدأ التشغيل:

يتم توفير الاكسجين في حالة البحيرة الهوائية ميكانيكيا عن طريق جهاز تهوية السطح أو النفخ.



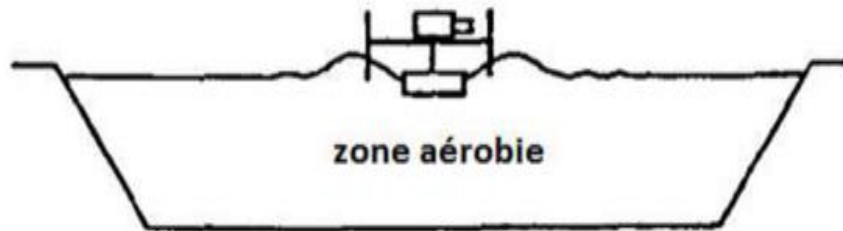
الشكل 11.II:جهاز تهوية السطح الشكل 12.II:جهاز التهوية عن طريق النفخ في الهواء

2.2.2 2.3.II. أنواع البحيرات المهواة:

1.2.2.2 2.3.II. البحيرة الهوائية:

في مرحلة التهوية تكون المياه المراد معالجتها في وجود الكائنات الدقيقة المستهلكة للعناصر الغذائية التي يشكلها التلوث المراد القضاء عليه، هذه الكائنات الحية الدقيقة هي في الأساس بكتيريا وفطريات (مماثلة لتلك الموجودة في محطات الحمأة المنشطة)، ويستلزم وجود تهوية كافية للحفاظ على الحوض هوائياً. يحدث التمثيل الغذائي الهوائي في حوض كبير مع نظام تهوية اصطناعي يضمن أكسجة مياه الصرف الصحي، وهذا لضمان الأكسدة البيوكيميائية للمادة العضوية. إن تحلل جميع المواد العضوية، البروتينية، الدهون أو الكربوهيدرات هو نتيجة لتطور الكائنات الحية الدقيقة.

إن عملية التنقية الهوائية هي عملية لثلاث مراحل أساسية (الامتزاز، الامتصاص، الأكسدة) ونواتج هذه الأكسدة هي H_2O و CO_2 . (11)



الشكل 13.II:البحيرة الهوائية

❖ ايجابيات وسلبيات الطريقة الطبيعية:

الجدول 2.II: ايجابيات وسلبيات الطريقة الطبيعية

طريقة المعالجة	الايجابيات	السلبيات
بالنباتات	<ul style="list-style-type: none"> - ازالة معتبرة للملوثات (MES, DBO₅)، - تكلفة بناء وتشغيل منخفضة، - لها شكل جمالي وكذا توفير مسكن للحيوانات. 	<ul style="list-style-type: none"> - تتطلب فترة طويلة لبدء التشغيل حتى تعمل بكامل قدرتها، - تتطلب خبرة في التصميم والانشاء، - تساهم في انتشار وتكاثر البعوض.
بالبحيرات الطبيعية	<ul style="list-style-type: none"> - كلفة التشغيل والصيانة منخفضة - بسيطة الانشاء ولا تستعمل اليات كثيرة، - لا تتطلب طاقة كهربائية، - ازالة كبيرة لـ DBO₅, MES, ومسببات الامراض، - عدم وجود مشكل في معالجة الحماة التي تترسب في القاع وتجمع كل 5 سنوات. 	<ul style="list-style-type: none"> - تتطلب مساحة كبيرة، - تكاليف رأس المال باهضة، - انتشار الروائح والبعوض، - فقدان كمية كبيرة من الماء بسبب التبخر، - جودة المياه المعالجة تتأثر بالتغيرات الفصلية.
بالبحيرات	<ul style="list-style-type: none"> - يمكنها معالجة مياه الصرف عالية التركيز، - عدم وجود مشاكل مع الحشرات او الروائح اذا تم تصميمها وتشغيلها 	<ul style="list-style-type: none"> - تتطلب مساحة شاسعة، - ارتفاع واستهلاك الطاقة، - تكاليف رأس المال

المهواة	بشكل صحيح،	والتشغيل مرتفعة،
	- الحمأة المتشكلة تكون مستقرة، - ازالة معتبرة للملوثات.	- تتطلب افراد ذوي خبرة للقيام باعمال التشغيل والصيانة.

II.3.2.2.4. الفرق بين المعالجة الطبيعية والاصطناعية :

- مساحة الارض اللازمة للطرق الطبيعية أكبر بكثير من الطرق الاصطناعية،
- تعتمد الطرق الاصطناعية بشكل كبير على التجهيزات الميكانيكية،
- كلفة الصيانة والتشغيل باهضة بالنسبة للطرق الاصطناعية مقارنة بالطبيعية،
- طريقة معالجة الحمأة بالطرائق الطبيعية ايسر وكمية الحمأة اقل،
- التأثير السلبي للمحطة على الجوار في حالة المحطات الطبيعية كبير اما الاصطناعية فمرتبط بصحة تشغيلها.

II.3.2.2.5. العوامل المؤثرة في اختيار طريقة المعالجة:

يعتمد اختيار طريقة المعالجة المناسبة لتحقيق المردود المطلوب على:

- نوعية النفايات السائلة المطلوب معالجتها،
- حمل الملوثات او الحمولة العضوية للمياه
- توفر المساحة الارضية وتكلفة الانشاء والتشغيل،
- طبيعة التربة للمنطقة،
- العوامل المناخية كدرجة الحرارة والرياح والرطوبة. (12)

II.3.2.2.6. معالجة الحمأة وطرق التخلص منها:

تنتج الحمأة في كل مرحلة من مراحل المعالجة وتختلف نوعا وكما بحسب نوعية المياه ومرحلة المعالجة الناتجة منها، تحتوي على مواد عضوية غير مستقرة مما يجعلها مصدر تلوث للبيئة إذا لم تتم معالجتها. تشمل معالجة الحمأة المراحل الآتية:

- ✓ **التكثيف:** تكون الحمأة الناتجة في محطة معالجة مياه الصرف ذات رطوبة عالية، فالغرض من التكثيف هو ازالة بعض المياه وذلك باستخدام الطرد المركزي.
- ✓ **التكثيف:** حيث يتم في هذه المرحلة معالجة الحمأة كيميائيا باستخدام عوامل معدنية كالجير، الاملاح، مركب عضوي أو حراريا وذلك بتسخين الحمأة إلى 150-200م°.

- ✓ الهضم (التخمير): اذ تقوم البكتيريا اللاهوائية بتثبيت المواد العضوية فينتج عن ذلك غاز الميثان الذي يستخدم كمصدر طاقة لتشغيل تجهيزات محطة المعالجة.
- ✓ التجفيف: يتم في شروط طبيعية ضمن ما يعرف بحقول تجفيف الحمأة او ميكانيكيا بواسطة السيور الضاغطة.
- ✓ نزع الماء: ويعني خفض حجم الحمأة بشكل كبير عن طريق فصل الماء ويكون ذلك في احواض التجفيف، الطرد المركزي، حزام الترشيح والمكبس المرشح.
- ✓ الترميد: هو عملية معالجة يتم فيها هدم المواد العضوية بالحرق في درجات حرارة عالية، يترتب على ذلك ازالة الماء واختزال بقايا الحمأة إلى رماد غير قابل للاحتراق. حيث يمكن التخلص منها في المياه العميقة بعيدا عن الشواطئ او في الاراضي ويكون ذلك بالردم او استخدامها كسماد في الزراعة او كغطاء لمقالب النفايات.(13)

II.2.3.2.7. استخدامات المياه المعالجة:

- في الزراعة: ري المزروعات الاستهلاكية او النباتات الغير المثمرة،
- في الصناعة من اجل التبريد،
- في التنظيف: غسل الشوارع
- تغذية طبقة المياه الجوفية،
- الشرب: يتم استهلاك المياه المعالجة في بعض الدول كسويسرا وهولندا. (1)

قائمة المراجع:

1. منظمة الاططار العربية المصدرة للبتروول (اوابك). تقنيات معالجة مياه الصرف الصناعي لمشروعات الببترووكيماويات. الكويت : اسم غير معروف، 2019.
2. **M Gamrasni**. *Utilisation agricole des boues d'origine urbaine*. Ministère de l'agriculture . Missionénergie.1981. مكان غير معروف :
3. **Cindy Bassompierre**. *Procède a boues activées pour le traitement d'effluents papetiers: de la conception d'un pilote a la validation de modèles'* : مكان غير معروف : Ecole Doctorale EEATS , France .2007 ،Thèse Doctorat.
4. الكيماوي بلال عبد الوهاب الرفاعي. معالجة التلوث. 2014.
5. **Hakima El Haité**. *Traitement des eaux usées par les réservoirs opérationnels et réutilisation pour l'irrigation* : مكان غير معروف : Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint-Etienne2010. ،
6. **Office des publications officielles des Communautés européennes (OPOCE)**. (*Procédés extensifs d'épuration des eaux usées, adaptés aux petites et moyennes collectivités* .2001 .N ° ..2001 .271/91
7. العابد ابراهيم معالجة مياه الصرف الصحي لمنطقة تقرت بواسطة نباتات منقية محلية. مكان غير معروف : جامعة قاصدي مرياح ورقلة، 2015. اطروحة دكتوراه.
8. *Denitrification in constructed wastewater wetlands receiving high concentrations of nitrate* . **A. J. Van Oostrom and J. M. Russell** : مكان غير معروف ،4، Water Sci. Technol ،1994 ، المجلد 29، الصفحات 7-14.
9. *Floating Wetlands: A Sustainable Tool for Wastewater Treatment* . **M. J., Arslan, M., Ali, S., Siddique, M& , Afzal, M Shahid** : مكان غير معروف : CLEAN - Soil, Air, Water2018. ، .
10. **miloud oubadi**. *etude performance d'épuration oxygénée* : مكان غير معروف : universitéoran ، mémoire de magister. 2012.
11. **HAMMADI Belkacem**. *Lagunage aérien zone aride performances épuratoires, paramètres influents: cas de la région de Ouargla* .Ouargla : universitékasdi Merbah .2017 ، thèse Doctorat.
12. لعجيلات امال، تعديت دلال تقويم كفاءة تقنية المعالجة بالنباتات المتبعة في محطة معالجة المياه العادمة - تماسين - تقرت. مكان غير معروف : جامعة قاصدي مرياح ورقلة، 2020. مذكرة ماستر اكايمي.

.13 SARAWI Mabrok. *UTILISATION D'UNE ARGILE LOCALE DE LA REGION DE TOUGGOURT DANS L'EPURATION DES EAUX USEES. PERFORMANCES EPURATOIRES ET CONDITIONS OPTIMALES* : مكان غير معروف .Université Kasdi Merbah Ouargla .2020 ،Thèse doctorat.

.14

الجانب التطبيقي

الفصل الثالث:

المواد والطرق

المستعملة

تمهيد:

في هذا الفصل سنقوم بدراسة تراكيز مختلفة الخصائص الفيزيوكيميائية للمياه المعالجة على مستوى محطة سعيد عتب ة بورقلة، حيث تم اجراء التحاليل بالمخبر البيداغوجي بجامعة ورقلة، الارضية التقنية للتحاليل الفيزيائية والكيميائية بورقلة CRAPC، مخبر محطة معالجة المياه بغرداية ONA، مخبر الوكالة الوطنية للموارد المائية ARNH.

تقديم منطقة محطة الدراسة:**III.1.1. الموقع:****❖ الموقع الفلكي:**

يمكن تحديد الموقع الفلكي لمدينة ورقلة بين دائرتي عرض 31 ° و 32 ° شمال خط الاستواء، وبين خطي طول 5.15 ° و 5.30 ° شرق خط غرينتش [1].

❖ الموقع الجغرافي:

تقع ولاية ورقلة في الجنوب الشرقي من الوطن وتعتبر بوابة الصحراء الجزائرية الكبرى من الجهة الشرقية حيث يعبرها الطريق الوطني 03 الذي يربط الشمال الشرقي للوطن بالجنوب الشرقي وكذا الطريق الوطني رقم 49 الذي يتصل مباشرة مع الطريق الوطني رقم 01 الذي يربط الشمال الجزائري بأقصى الصحراء الكبرى. تحتل مدينة ورقلة موقعا في الضفة الغربية للعرق الشرقي الكبير وفي منطقة تتميز بموارد طبيعية باطنية هامة كالبتترول والغاز مما أعطاه صبغة إدارية خدماتية هامة. تتوسط المدينة الولايات التالية [2]:

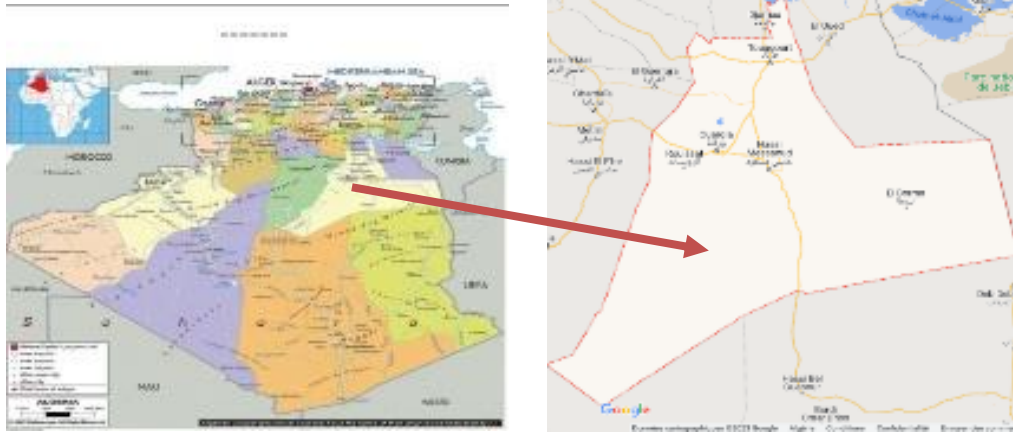
❖ من الجهة الشمالية: ولايتي الوادي وبسكرة والجلفة

❖ من الجهة الجنوبية: ولايتي إليزي وتمنراست

❖ من الجهة الشرقية: ولاية الوادي والجمهورية العربية الليبية

❖ من الجهة الغربية: ولاية غرداية

وتتكون ولاية ورقلة من (08) دوائر كما تحتوي على (21) بلدية.



الشكل 1.III: الموقع الجغرافي لولاية ورقلة [3]

2.1.III. الدراسة المناخية للمنطقة

يتميز مناخ المنطقة وكباقي المناطق الصحراوية بالقاري أي الحار والجاف صيفا وجاف بارد شتاء بحيث تتلقى المنطقة كميات كبيرة من أشعة الشمس وذلك على امتداد فترات طويلة من السنة حيث يقابل ارتفاع درجة الحرارة ارتفاع التبخر وقلة الأمطار وتتمثل عناصر المناخ فيما يلي [2].

الجدول 3.III: التغيرات المناخية المتوسطة لسنة 2023 [4]

البيانات الأشهر	درجة الحرارة (C°)	متوسط سرعة الرياح (Km/h)	هطول الامطار (mm)	الرطوبة (%)
جانفي	10.7	7.7	1.27	43.8
فيفري	13.1	13.2	2.79	43.6
مارس	19.5	11.3	0	26.5
أبريل	23.1	14.2	0	22.7
ماي	26.8	16.8	6.35	26.1

3.1.III. تقديم محطة المعالجة بسعيد عتبة- ورقلة

❖ الموقع الفلكي:

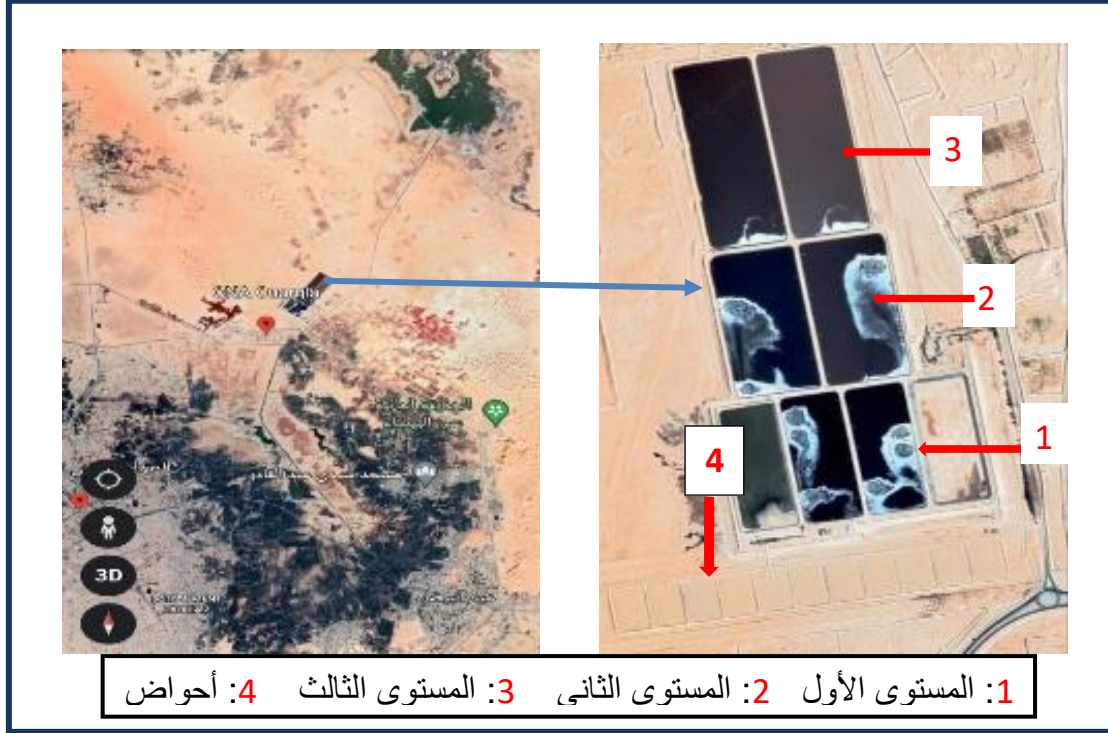
تقع محطة المعالجة مياه الصرف الصحي (الشكل رقم 2) في سعيد عتبة شمال شرق ورقلة على:

- دائرة العرض: 31° شمالاً.

- خط الطول: 5° شرقاً.

❖ الموقع الجغرافي:

تقع محطة معالجة مياه الصرف الصحي في سعيد عتبة شمال شرق بلدية ورقلة.



الشكل 2.III: الموقع الجغرافي لمحطة التطهير ب ورقلة [5]

2.III. خصائص وابعاد المحطة

تم إنشاء محطة معالجة مياه الصرف الصحي سنة 2005م بولاية ورقلة بمنطقة سعيد عتبة. حيث انها تتربع عل مساحة قدرها 80 ha، كما تقدر طاقة استيعابها بحوالي 400000éq/hab. أشرف على إنجازها الدوان الوطني لتطهير مع التعاون مع شركة DYWIDAG. لتدخل حيز العمل بعد مرور 3 سنوات.

تهدف المحطة الى معالجة مياه الصرف الصحي المنزلي وذلك عن طريق استعمال الاحواض المهوأة، حيث يمكنها استقبال 57000 m³/j كأقصى حد لتدفق المائي، خاصة وأنها تضم 08 أحواض بأحجام كبيرة مقسمة على 03 مستويات (الجدول 2.III) ومخصصة لمعالجة المياه فقط، أما الحمأة الناتجة فيتم تجفيفها على مستوى احواض التجفيف (11 حوض)، في حين توجه المياه المعالجة في الأخير إلى سبخة سفيون الواقعة شمال مدينة ورقلة والتي تبعد عن المحطة بحوالي 42 Km [6].

الجدول III.4: البيانات الأساسية لمحطة المعالجة [7]

المستوى الثالث	المستوى الثاني	المستوى الاول	الخواص
02 حوض	02 حوض	04 أحواض	عدد الأحواض
148054 m ³	227200 m ³	340800 m ³	الحجم الكلي للأحواض
74027 m ³	113600 m ³	85200 m ³	حجم كل حوض
9.8 ha	8.2 ha	9.6 ha	المساحة الكلية
4.9 ha	4.1 ha	2.4 ha	مساحة الحوض الواحد
1.5 m	2.8 m	3.5 m	عمق الأحواض
02 - 04 أيام	05 أيام	07 أيام	زمن المكوث
لا توجد	8-6 مضخات	12-10 مضخة	عدد المضخات في كل حوض
لا توجد	30-20%	80-70%	نسبة التصفية

3.III. مراحل المعالجة على مستوى المحطة:

1.3.III. المعالجة التمهيدية:

نظرا للمستويات المختلفة للتجمعات السكانية لمنطقة ورقلة وبعد محطة سعيد عتبة عن التجمعات السكانية، اضطر الديوان الوطني للتطهير لاستعمال مضخات ضخ ومضخات رفع بسعات مختلفة لإيصال الماء إلى المحطة. تصل المياه المستعملة إلى المحطة بالاستعانة بخمس قنوات للضخ وهي:

- ❖ محطات الضخ التابعة لمحطة الضخ ب الشط
- ❖ محطات الضخ التابعة لمحطة الضخ ب الجمارك
- ❖ محطات الضخ التابعة لمحطة الضخ ب 24 فبراير (لاسيليس)
- ❖ محطات التابعة لمحطة الضخ ب طريق نقوسة
- ❖ محطات التابعة لمحطة الضخ ب طريق سيدي خويلد
- ❖ محطات التابعة لمحطة الضخ ب سيد عبد القادر (بالة)

حيث أنها تصل إلى أولى نقطة في منشأة المعالجة التمهيدية والتي تتمثل في:

أ. مرحلة نزع الغازات:

يتم في هذه المرحلة استقبال المياه القادمة الى المحطة والتي تكون محملة بالغازات (غاز ثاني أكسيد الكربون CO₂ وغاز كبريتيد الهيدروجين H₂S) حيث يتم اسقاطها في مجمع يسمح بنزع هذه الغازات.



الشكل 3.III: مرحلة نزع الغازات

ب. مرحلة الغربلة:

يتم فيها إزالة المواد الصلبة كبيرة الحجم، حيث تمر المياه المستعملة في مصافي معدنية ذات فتحات مناسبة، حيث انها تعمل على منع مرور هذه المواد



الشكل 4.III: مرحلة نزع المواد الصلبة الكبيرة

ج. مرحلة إزالة الرمل:

يتم نزع الرمال والأجسام الثقيلة التي مرت عبر المصافي عن طريق الترسيب في ثلاث قنوات، كل قناة لها عرض 2m وطول 23m، ذات جريان أفقية حيث تكون موالية لمرحلة نزع

المواد الصلبة الكبيرة، وينقسم الماء على هذه القنوات بتدفقات متساوية ويسير فيها بسرعة بطيئة تسمح بعملية الترسيب.

كما تحتوي كل قناة على جسر متحرك يعمل على شطف الرواسب وتجميعها في أحواض متواجد في آخر القناة، ثم يتم نقل هذه الرواسب بواسطة مضخات الى مصب للرمال.



الشكل 5.III: جهاز إزالة الرمل

2.3.III. المعالجة البيولوجية:

وهي المعالجة التي تتم على مستوى الاحواض المهواة:

✓ **المعالجة في المستوى الأول (المستوى A):** هي عبارة عن 4 أحواض يصلها الماء بطريقة انسيابية من الموزع الذي يتم تجميع المياه فيه بعد الانتهاء من المرحلة التمهيدية، حيث تكون هذه الاحواض مزودة بعدد معينة من المضخات التي تعمل على ضخ الاكسجين في الماء وهذا الأخير يعمل على تنشيط البكتريا التي تعمل على تفكيك المادة العضوية (الفسفور والازوت) بالنسبة 80 %.

✓ **المعالجة في المستوى الثاني (المستوى B):** وتتمثل في حوضين متماثلين يحتوي كل منهما على 8 مضخات للأكسجين، حيث يتم إكمال نسبة المعالجة المتبقية من المرحلة السابقة والتي تكون بالنسبة 20 %.



الشكل 6.III: الأحواض المهواة

✓ المعالجة في المستوى الثالث (المستوى F): كذلك هذا المستوى يحتوي على حوضين متماثلين حيث ان الماء يصل إليهما بطريقة انسيابية وتدفق متساوي، يتم في هذه المرحلة ترسب المواد المحللة وتطهير مياه الداخل الى الاحواض عن طريق اشعة الشمس ولتي لا يكون ارتفاعها في هذا المستوى لا يفوق 1.5m من أجل ضمان وصول الاشعة الى قاع.



الشكل 7.III: حوض النهائي

حيث يتم طرح هذه الأخيرة في سبخة سفيون التي تبعد عن المحطة ب 42 Km.

❖ معالجة الحمأة:

تحتوي المحطة على 11 حوض يتم تجفيف الحمأة الناتجة من أحواض المعالجة مرتبة في سطر واحد ومخصصة لهذه المرحلة من المعالجة. تغطي أرضية هذه الاحواض بأغشية منوع (membranes) تعلوها طبقات من الحصى بأحجام مختلفة، ثم طبقة من الرمل كطبقة سطحية الاحواض. حيث يتم وضع الحمأة الناتجة في هذه الأحواض لي يتم تجفيفها عن طريق التبخر الطبيعي.



الشكل III.8: أحواض التجفيف

- كما يمكن الإشارة انه خلال هذه الدراسة كانت جميع الأحواض قيد عمل ماعد الحوض رقم 4 في المستوى A لم يكن يعمل لأسباب معينة.



الشكل III.9: مراحل المعالجة على مستوى المحطة

III.4. مرحلة أخذ العينات

تعتبر عملية أخذ العينات من المياه عملية حساسة جدا يجب توخي الحذر الشديد لها، فهي تحدد التحليل والتفسير الذي سيتم تقديمه، لذلك يجب أن تكون العينة المأخوذة متجانسة ومتمثلة

فيما بينها وذلك دون الحق الضرر بخصائصها الفيزيائية والكيميائية (غاز المذاب، مادة معلقة...الخ).

الهدف من جمع العينات هو أخذ حجم صغير من المادة المراد تحليلها بحيث يكون كافي من أجل إجراء التحليل اللازمة كما أنه يكون سهل في عملية النقل وحفظ ويضمن التراكيز النسبية للمادة، ويعتمد المكان الذي يتم تجميع العينة منه على المعلومات المطلوب معرفتها أو اكتشافها عن المياه. فالعامل يقوم بجمع عينات من مياه المدخل الخام لتحديد خواص المياه والتي سوف تؤثر على خطوات المعالجة، كما يتم تجميع عينات من المخرج النهائي لتحديد مدى كفاءة المعالجة التي تمت عند أي مرحلة من مراحل المعالجة لأبد دائماً من اختيار نقطة أو مكان تجميع العينات بدقة.

تم في هذه الدراسة جمع العينات يدويا في عدت نقاط على مستوى المحطة وكان ذلك بصفة شهري (مرة في شهر) على 10:00 صباحا عن طريق استخدام حامل بلاستيكي، حيث يتم غمره في المياه على عمق يتراوح بين 20 cm الى 30 cm من سطح الماء، حيث يغسل الحامل بالماء المستعمل الخاص بكل مكان أخذ قبل الشروع في العملية، لتؤخذ بها العينات التي تحفظ بعد ذلك في قارورات تم غسلها بالماء المقطر مع الغلق المحكم ثم نقلها مباشرة إلى المخبر لإجراء التحاليل.



الحامل اليدوي

الشكل 10.III: بعض نقاط أخذ العينات

1.4.III. الخصائص الفيزيوكيميائية المقاسة:

بعد نقل العينات الى المخبر تم قياس هذه الوسائط التالية للماء.

1.1.4.III. قياس درجة الحرارة:

استعملنا جهاز قياس درجة الحرارة من النوع (INFRARED THERMOMETER).

طريقة الاستعمال:

- تشغيل الجهاز
- توجه الجهاز الى النقطة المراد قياس درجة حرارتها
- ثم نقوم بضغط على زر لتسجيل درجة الحرارة

2.1.4.III. قياس الناقلية الكهربائية، درجة الملوحة، الاس الهيدروجيني، المواد الصلبة

العالقة:

استعملنا جهاز قياس من النوع (IAUL TIFUNCTION) يعمل على قياس العديد من الوسائط.

طريقة العمل:

- تشغيل الجهاز
- نقوم بغسل قطب الجهاز بالماء المقطر
- نقوم بتحديد الوضع المناسب للوسيط مراد قياسه (الناقلية، درجة الملوحة، pH، TDS)
- نغمر قطب الجهاز في العينة
- نقرأ القيمة مباشرة بعد ثابتة القيمة على جهاز العبر عن الناقلية ب $\mu\text{S}/\text{cm}$ ، الملوحة ب ppm والمواد الصلبة العالقة ب ppm.



الشكل 11.III: جهاز قياس درجة الحرارة الشكل 12.III: جهاز IAUL TIFUNCTION

III.3.1.4. المواد العالقة MES:

الغرض منا لتحليل هو تحديد محتوى المادة العالقة في المياه المعالجة. يتم قياس نسبة المواد العالقة MES (NET 90 105) باستعمال طريقة الترشيح:

المبدأ:

يتم ترشيح الماء ويتم تحديد وزنا لمواد المحتجزة عن طريق فرق الوزن.

الأدوات الأجهزة المستعملة:

-جهاز نزع الرطوبة.

-ميزان إلكتروني.

-أوراق ترشيح ذات قطر مسامي 0.11µm .

-حوجلة ذات سعة 100 ml

-مضخة تفريغ.

-زجاجة ساعة.

-ملقط.

طريقة العمل:

- نقوم بوزن ورق الترشيح فارغة M_0
 - نقوم بتحضير 100ml من العينة ثم نقوم بربها وبسكبها في المرشح.
 - ننتظر حتى تترشح كل العينة ثم نقوم بنزع ورقة ثم نضعها تجف المجفف لمدة ساعتان.
 - نقوم بوزن ورق ترشيح بعد عملية الترشيح M_1
- حيث يتم حساب MES بالعلاقة التالية:

$$[MES] * 1000 = (M_1 - M_0) / V$$

MES : المواد العالقة (mg/l)

M_1 : وزن ورق الترشيح بعد ترشيح العينة (mg)

M_0 : وزن ورق الترشيح فارغة (mg)

V : حجم العينة (l)



الشكل III.13: خطوات الترشيح العادي

III.5. تحديد الطلب الكيميائي للأكسجين DCO:

يعبر قياس الطلب الكيميائي للأكسجين عن مدى جودة عمل أحواض التهوية ويسمح لنا بتقدير حجم العينة لاختبار DBO_5 .

المبدأ:

هو تحديد قيمة DCO من خلال عملية الأكسدة الكيميائية للمواد المختزلة الموجودة في الماء بواسطة ثنائي كرومات البوتاسيوم في وسط حمضي (حمض الكبريتي)، في وجود سulfates الفضة وسulfates الزئبق، بواسطة جهاز المطيافية. في عملية قياس DCO استعملنا كبسولات تحتوي على الكاشف التجاري المحضر سابقاً برمز LCK314 للمياه المعالجة و LCK514 للمياه الملوثة.

الأجهزة المستعملة:

- ماصة ذات السعة 2 ml

- جهاز قياس الطيف الضوئي (DR 2800)

- جهاز تسخين عند $150\text{ }^{\circ}\text{C}$ (HACH. LANGE)

الكواشف:

- تتراوح كواشف DCO (LCK 314) من 15 إلى 150 mg/l لتراكيز منخفضة.

- تتراوح كواشف DCO (LCK 514) من 150 إلى 1000 mg/l لتراكيز عالية

طريقة العمل:

- نرج الكبسولة التي تحوي الكاشف (بوضعية مائلة) من أجل مزج المواد المترسبة في القاع.

- نأخذ حجم 2 ml من العينة بواسطة ماصة ونسكبها داخل الكبسولة مع الحفاظ على وضعتها المائلة.

- نغلق الكبسولة بإحكام ونرج محتواها جيدا بنفس الطريقة السابقة.
- يتم تسخين الكبسولة لمدة ساعتين على درجة حرارة 148°C داخل جهاز التسخين.
- نخرج الكبسولة من جهاز التسخين و نتركها تبرد لمدة نصف ساعة بدرجة حرارة المخبر.
- بعد التبريد نضع الكبسولة في جهاز قياس المطيافية spectrophotomètre DR 2800.
- نقرأ قيمة DCO منا لجهاز مباشرة بعد استقرارها، يعبر عنها بوحدة (mgO_2/l) .



الشكل III.14: الكواشف المستعملة لقياس DCO



الشكل III.16: جهاز التسخين

الشكل III.15: جهاز DR3900

III.6. تحديد الطلب البيولوجي للأكسجين DBO_5 :

المبدأ:

يتم قياس قيمة DBO_5 باستخدام جهاز OxiTop والذي يعتمد على قياس الضغط في نظام مغلق، بحيث تستهلك الكائنات الحية الدقيقة المتواجدة في العينة الأكسجين لتحلل المواد العضوية

فينتج عن هذه العملية ثاني أكسيد الكربون، يتم امتصاص هذا الأخير بواسطة NaOH. والانخفاض في كمية الأكسجين ينتج عنه ضغط يمكن قراءته مباشرة على شاشة الجهاز.

الأجهزة والمواد المستعملة:

-جهاز الرج المغناطيسي.

-قارورات للحضن عازلة للضوء، ذات سعة 510ml

-حاضنة (20 C°)

-ملقط.

-هيدروكسيد الصوديوم (NaOH).

-حوجلة عيارية.

-جهاز قياس الضغط OXI TOP.

-مثبط 1-alkyle 2-Thio-urée- (C₄H₈N₂S)

طريقة العمل:

-يتم أخذ حجم منا لعينة بواسطة حوجلة عيارية حسب مجال القياس (بحيث تعطى قيمة حجم عينة الاختبار بالعلاقة التالية) $DBO_5(l) = DCO (mg/l) \times 0.80(1)$ ، وتوضع في القارورة العاتمة.

-نضع القضيب المغناطيسي في القارورة.

-نضع 3 قطرات من المثبط 1-alkyle2-Thio-urée (C₄H₈N₂S) داخل القارورة لتنشيط تفاعل المركبات الأزوتية كونها تتأكسد في وجود الأكسجين.

-نأخذ بواسطة ملقط نظيف قرصين أو ثلاثة من هيدروكسيد الصوديوم NaOH ونضعها داخل الغطاء الداخلي للقارورة، ثم نقوم بتثبيت رأس القياس على القارورة وتغلق بإحكام.

-نضغط على المفاتيح (S + M) في نفس الوقت لمدة 3S حتى تظهر الرسالة (00).

-نضع القارورة على جهاز الرج وتحضن على درجة حرارة 20C° ثم نقوم بقراءة النتيجة بعد خمس أيام من الحضن. تحسب القيمة الحقيقية ل DBO₅ التالية:

$$DBO_5 (mgO_2/l) = \text{القيمة المقروءة} * \text{المعامل}$$

-قيمة القراءة : هي القيمة المتحصل عليها من الجهاز.

-المعامل : يتم تحديده من خلال الجدول أدناه الذي يربط العلاقة بين قيمة DBO₅ بدلالة حجم

العينة، لأن كمية الطلب البيولوجي للأكسجين للعينة تتعلق بكمية المواد العضوية العالقة. قيمة

DBO₅ تمثل نسبة 80 % من قيمة DCO.

الجدول 3.III: معامل تغير DBO_5 بدلالة حجم العينة المستعملة

الحمولة	المعامل	حجم العينة (mg)	مجال القياس
ضعيفة جداً	1	432	40-0
ضعيفة	2	365	80-0
متوسطة	5	250	200-0
أكثر من المتوسطة	10	164	400-0
قليلة	20	97	800-0
محملة	50	43.5	2000-0
محملة جداً	100	22.7	4000-0



الشكل 17.III: جهاز قياس DBO_5

7.III. تحديد كمية أورثوفسفور PO_4 :

تحديد تركيز أورثوفسفور العضوية في المياه المستعملة.

المبدأ:

نستعمل كاشف موليبيديك (Reactif molybdiuque) ليعطي مشتق ملون بالفوسفور (مركب فوسفوموليبيديك من اللون الأزرق) حيث تتناسب شدة اللون المقاسة باستعمال المقياس الطيفي (sepctrophotométrie) مع تركيز الفوسفات. يتم تحديد تركيزها بيانياً من خط معايرة.

طريقة العمل:

تحضير المحاليل:

❖ Solution Stock de phosphates

- نزن 143.2mg من KH_2PO_4 (نقوم بتجفيف في فرن عند درجة حرارة 100°C)
- ثم نذيبها في 990ml من ماء مقطر
- نضيف 1ml من حمض كبريتيك H_2SO_4 (20%).
- ثم نكمل حتى يصبح الحجم 1L بماء المقطر.

❖ Reactif molybdique

✓ محلول طرطرات

- نزن 0.274g طرطرات الأونتيومون والبتواسيوم المزدوج ($\text{K}_2\text{Sb}_2(\text{C}_8\text{H}_4\text{O}_{12})$) ثم نذيبها في 100 ml.

✓ محلول حمض كبريتيك H_2SO_4 (20%)- نأخذ 100ml من H_2SO_4

- ثم نقوم بإضافة الماء المقطر حتى يصل الحجم الى 400 ml.

✓ محلول موليبيدات الامونيوم (40 g/l)

- نزن 5g من موليبيدات الامونيوم

- نذيبها في 120ml ماء مقطر.

✓ محلول حمض الاسكوريك (50g/l)

- نزن 5g من حمض الاسكوريك

- نذيبها في 100ml ماء مقطر

■ تحضير كاشف الموليبيديك:

- 400 ml من حمض الكبريتيك

- 40 ml من محلول الطرطرات

- 120 ml من محلول موليبيديك الامونيوم

- ثم نكمل بالماء المقطر الى 800 ml.

❖ محلول الفوسفات لرسم خط المعايرة:

- 20 ml من محلول Stock ثم نكمل الى 1l ماء مقطر.

- نحضر محاليل الابن بتراكيز مختلفة انطلاقا من المحلول الام كما في الجدول ادناه.

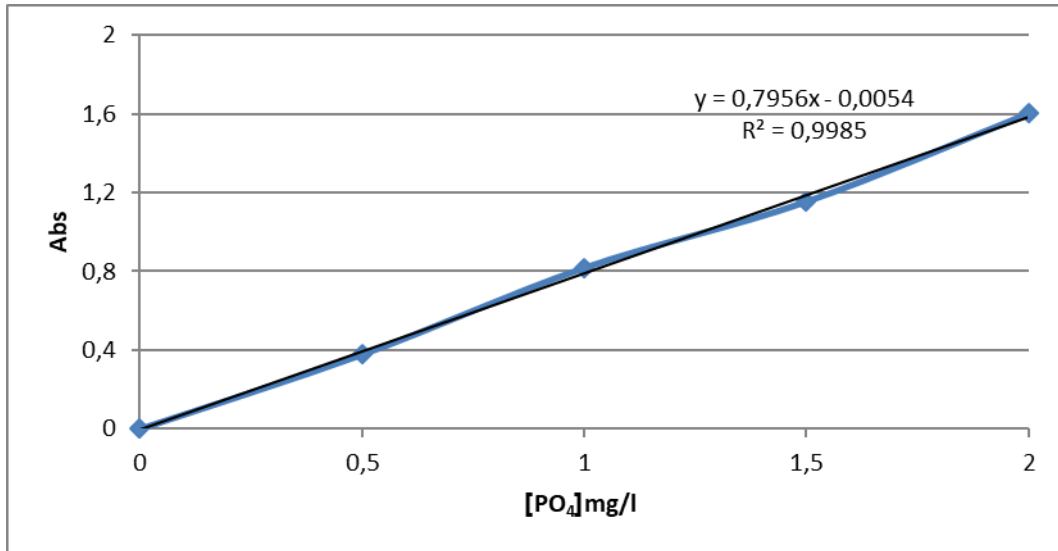
الجدول 4.III: تراكيز محاليل الابن

2 mg.l ⁻¹	1.5 mg.l ⁻¹	1 mg.l ⁻¹	0.5 mg.l ⁻¹	0 mg.l ⁻¹	تركيز فوسفات
0	5	10	15	20	ماء مقطر
20	15	10	5	0	محلول
1	1	1	1	1	محلول حمض الاسكوريك

نخلط جيداً ثم نضيف لكل حوجلة 4 ml من كاشف الموليبيديك نتركها لمدة 15 دقيقة ثم نقرأ قيمة شدة الامتصاص باستعمال مقياس الطيف الضوئي (UV-Vis) Spectrophotométre عند $\lambda=700\text{nm}$ ونرسم خط المعايرة $\text{abs}=f[\text{pho}]$

❖ تحضير العينة:

نأخذ 20ml من العينة ثم نضبط pH عند 7 ثم نضيف 1ml من حمض الاسكوريك و4ml من كاشف الموليبيديك ثم تركها لمدة 15 دقيقة ونقيس الامتصاصية. انطلاقاً من خط المعايرة نحدد تركيز كل عينة.



الشكل 18.III: منحني معايرة الاورثوفسفور

8.III. تحديد كمية النترات NO₃⁻

تحديد كمية النترات في المياه المستعملة.

طريقة العمل:

❖ محلول Stock

- نزن 0.0815ml من نترات البوتاسيوم اللامائية KNO_3
- نذيبها في 990ml من ماء المقطر.

- نضيف 1ml من الكلوروفورم (مادة حافظة) ونكمل الى 1ml ماء مقطر.

❖ محلول هيدروكسيد الصوديوم وطرطرات البوتاسيوم والصوديوم المزدوج

- نزن 40g من هيدروكسيد الصوديوم و6g من طرطرات البوتاسيوم والصوديوم المزدوج.
- نذيبها في 100ml ماء مقطر.

❖ محلول ساليسلات الصوديوم (0.5%)

- نزن 0.5g من ساليسلات الصوديوم.
- نذيبها في 100ml ماء مقطر.

في إرلينة سعتها 60ml نقوم بتحضير محاليل الابن بتراكيز مختلفة كما في الجدول:

الجدول 5.III: تراكيز محاليل الابن

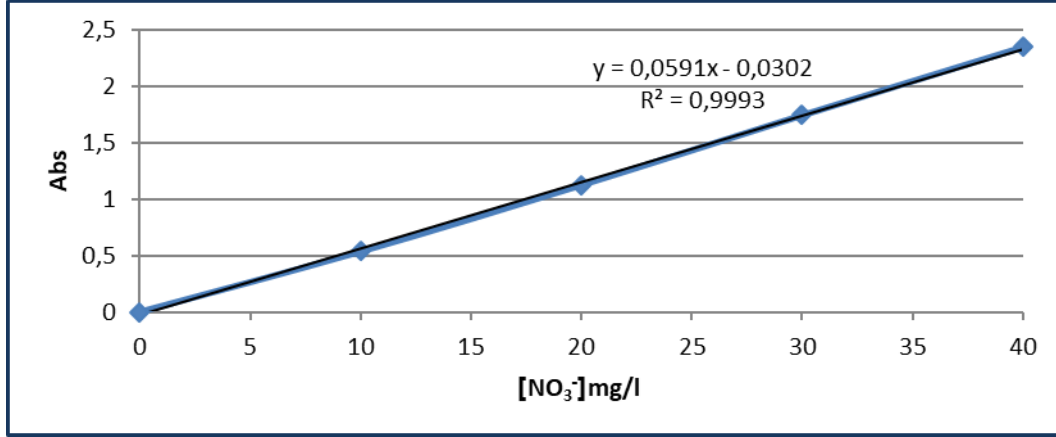
رقم عينات	1	2	3	4	5	6
محلول Stock	0	2	4	6	8	10
ماء مقطر	10	8	6	4	2	0
محلول ساليسلات الصوديوم	1	1	1	1	1	1
تركيز نترات	0	10	20	30	40	50

- نقوم بتبخير كل ارلينة في حمام مريم او فرن عند درجة حرارة $75-80C^{\circ}$.
- بعد ان تجف نقوم بأضافة 2ml من حمض الكبريتك المركز ثم تركها لمدة 10 دقيقة.
- نضيف 15ml من ماء المقطر ثم نضيف 15ml من محلول هيدروكسيد الصوديوم وطرطرات البوتاسيوم والصوديوم المزدوج (لون أصفر).
- نقيس الامتصاصية باستعمال Spectrophotométre عند $\lambda = 420$ ونرسم خط معايرة
- $abs = f [nitrate]$

❖ تحضير العينة:

- في ارلينة 60ml نأخذ 10ml من العينة ونضيف لها NaOH حتى يكون $pH=8.5$.
- ثم نضيف 1ml من محلول ساليسلات الصوديوم.

- نقوم بتبخير في حمام مريم عند درجة حرارة 75-80°C.
- ثم نقوم بنفس الخطوات السابقة المستعملة في رسم خط المعايرة وعند نفس الامتصاصية $\lambda=420\text{nm}$.



الشكل 19.III: منحنى معايرة النترات

9.III: تحديد كمية النتريت:

الأجهزة المستعملة:

-ماصة ذات السعة 2 ml

-جهاز قياس الطيف الضوئي (DR 1900)

الكواشف:

كاشف (LCK 341)

طريقة العمل:

- نرج الكبسولة التي تحوي الكاشف (بوضعية مائلة) من أجل مزج المواد المترسبة في القاع.
- نأخذ حجم 2 ml من العينة بواسطة ماصة ونسكبها داخل الكبسولة مع الحفاظ على وضعيتها المائلة.
- نغلق الكبسولة بإحكام ونرج محتواها جيدا بنفس الطريقة السابقة.
- نضع الكبسولة في جهاز قياس المطيافية spectrophotomètre DR 1900.
- نقرأ القيمة من الجهاز مباشرة بعد استقرارها، يعبر عنها بوحدة (mg/l).

10.III: تحديد كمية المركبات العضوية المتطايرة (COV) وكمية غاز كبريتيد الهيدروجين

:(H₂S)

تحديد كمية المركبات العضوية المتطايرة وغاز كبريتيد الهيدروجين باستعمال جهاز

طريقة العمل:

- نقوم بتشغيل الجهاز.
- ثم نقوم بتوصيل الانبوب الخاص به من أجل القياس.
- ثم نقوم بتنزيل الانبوب في النقطة المراد قياس فيها بشرط عدم ملامسة الانبوب الماء.
- نقوم بقراءة التراكيز المسجل على الجهاز مباشرة.



الشكل 20.III: Honeywell BW™ Max XT II الشكل 21.III: Honeywell BW™ Ultra

11.III. تحديد كمية المعادن الثقيلة:

تحديد تراكيز المعادن الثقيلة في المياه المستعملة.

طريقة العمل:

- نأخذ 100ml من العينة.
- نضيف 10ml من حمض الكبريتيك (70% HNO₃) المركز الى عينة.
- نتركها لمدة 16 سا في درجة حرارة الغرفة ثم نقوم بعملية التسخين لمدة 3 سا عند درجة حرارة 120°C.
- نقوم بعملية الترشيح للعينة.
- ثم نضيف ماء المقطر حتى يصل حجم العينة الى 50 ml.
- نقوم بوضع العينة في جهاز SAA (spectromètre d'adsorption atomique) وXRF.



الشكل IV.22: أجهزة قياس تراكيز المعادن الثقيلة

قائمة المراجع

- [1] الأزهار يعباز، نظام المشايخ في ورقلة بين العهدين العثماني والفرنسي خلال 1603 م- 1884 م، مذكرة تلتشهادة الماجستير في التاريخ بالحديث والمعاصر، كلية الرياضيات والعلوم الاجتماعية والإنسانية، جامعة الوادي، 2014 - 2013 م.
- [2] الدراسة مناخية وعمرانية واقتصادية واجتماعية لمدينة ورقلة <http://thesis-univ-biskra.dz> شوهد يوم 25-04-2023.
- [3] <https://www.google.com/maps/@32.0008246,5.3495204,13z?entry=ttu> (25-04-2023).
- [4] <https://fr.tutempo.net/climat/algerie.html> (25-04-2023).
- [5] https://earth.google.com/web/search/Ouargla/@31.99448413,5.36857374,129.95779754a,530.43150641d,35y,0h,0t,0r/data=CigiJgokCftM0qxtDDJAEfIM0qxtDDLAgZacVQv_YEFAIWt-XIy2sU_A (25-04-2023).
- [6] ONA-Station d'épuration des eaux usées Ouargla.
- [7] Office national de l'Assainissement (ONA), Fiche Technique des Stations de Lagunage Aéré STEP Ouargla, Mars-2018.

الفصل الرابع:

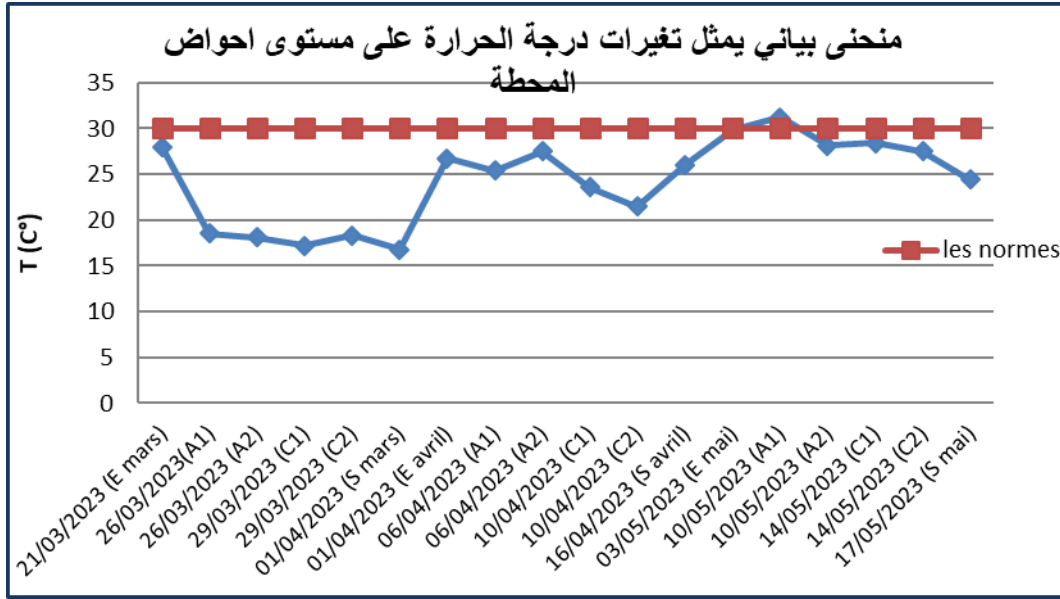
تحليل ومناقشة

النتائج

تمهيد:

في هذا الفصل سوف نقوم بمناقشة نتائج التحاليل المخبرية لمياه الصرف الصحي بمحطة ورقلة وذلك من اجل تقييم كفاءة اداء المحطة.

IV. 1. تطور درجة الحرارة:



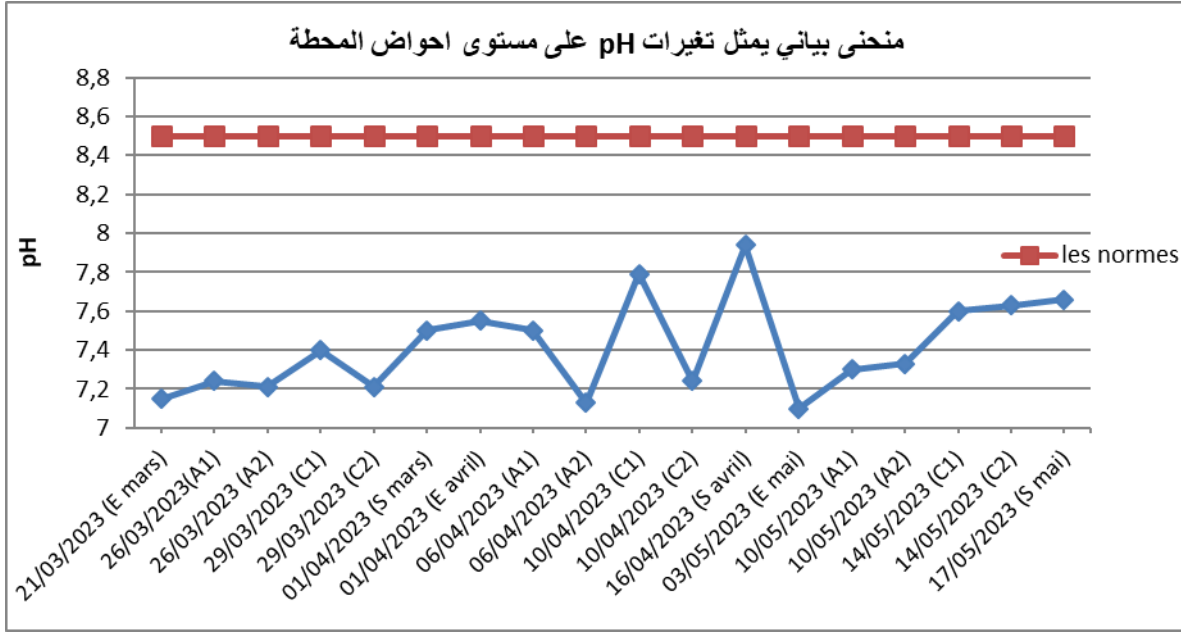
الشكل (1.IV): تغيرات درجة الحرارة للمياه في محطة

من خلال الشكل (1) نلاحظ تغير في درجة حرارة المياه، حيث تتراوح بين 26.7°C - $29,9$ بمتوسط قدره $28,2^{\circ}\text{C}$ للمياه الخام بينما تراوحت القيم للمياه التي تعالج بين $16,8^{\circ}\text{C}$ - $31,2$ بمتوسط $23,4^{\circ}\text{C}$ هذه القيم كانت شبه متقاربة فيما بينها.

هذه التغيرات راجعة الى تغير في مناخ المنطقة، درجة حرارة الجو وكذلك ظاهرة تبخر المياه. وكذلك وقت أخذ العينات كما نفسر انخفاض درجة حرارة بتأثير التحريك الذي تمارسه أجهزة التهوية الميكانيكية. كما نلاحظ ان هذه القيم تقريبا مطابقة للنتائج المتحصل عليها من طرف (صياد وبن السعدي 2020) (1) و(حمادي 2017) (2) بمحطة ورقلة. (زويبيدي 2017) (3) بمحطة الوادي.

تعتبر قيم درجة الحرارة المتحصل عليها ضمن المعايير الجزائرية المسموح بها لمياه الصرف الصحي المنزلي.

IV. 2. تطور الاس الهيدروجيني



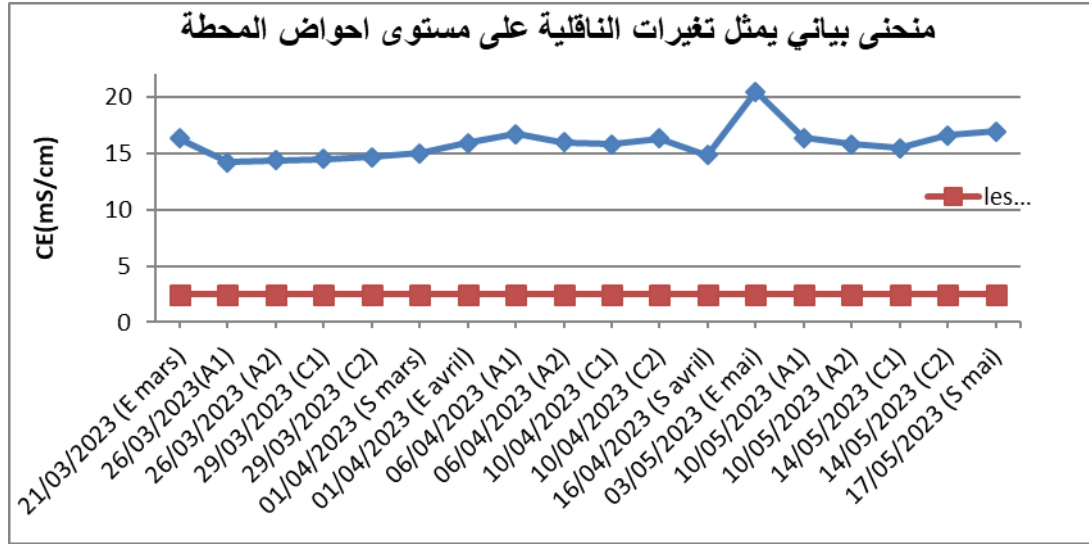
الشكل (2-IV): تغيرات في الاس الهيدروجيني في مياه المحطة

انطلاقاً من الشكل (2-IV) نلاحظ تغيرات في الاس الهيدروجيني للمياه حيث تم تسجيل 7,10-7,5 بمتوسط 7,26 للمياه الخام أما بالنسبة للمياه التي تتم لها المعالجة فكانت 7,1-7,94 بمتوسط 7,44، معظم قيم pH كانت قاعدية ضعيفة طيلة فترة الدراسة. وهذا راجع الى النشاط البكتيري المكثف في أحواض التهوية مما يؤدي الى زيادة استهلاك الأوكسجين وبالتالي طرح كمية كبيرة من غاز ثاني أكسيد الكربون بسبب درجة الحرارة المعتدلة التي شكل تظروفاً بيئية مثالية لانتشارها مما يسمح بتحلل المواد العضوية، وبالتالي ارتفاع درجة الحموضة. حيث أن هذه القيم كانت متقاربة لي النتائج المتحصل عليها من طرف (صيد وبن السعدي 2020)(1)، حيث ان النتائج كانت مطابقة لنتائج (بن المصطفى 2022)(4)). حيث ان هذه القيم كانت ضمن المعايير الجزائرية.

IV. 3. تطور الناقلية الكهربائية:

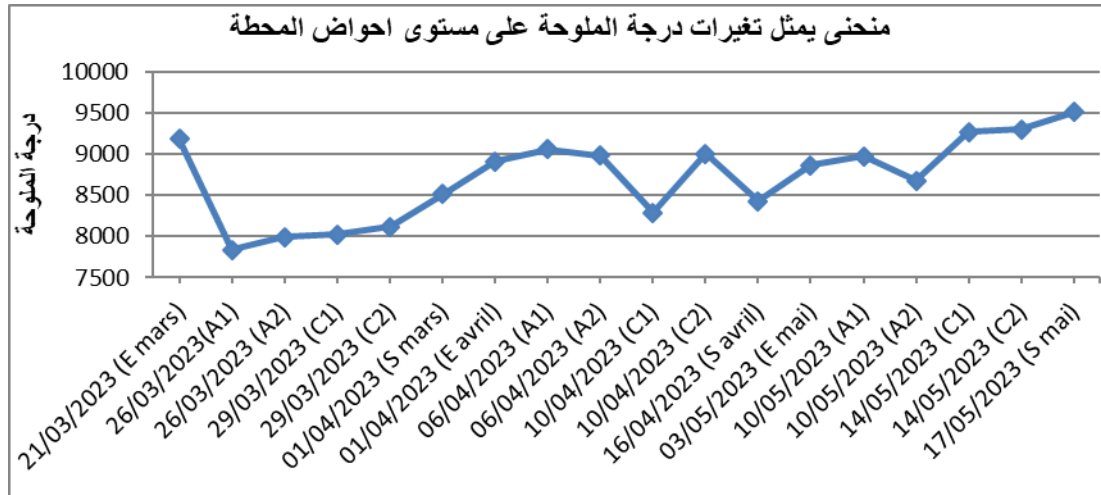
من خلال النتائج المتحصل عليها الموضحة في الشكل (3) ان قيم الناقلية الكهربائية تتراوح بين 15,91-20,5 mS/cm بمتوسط 17,57mS/cm للمياه الخام أما بالنسبة للمياه التي تتم لها المعالجة فكانت بين 14,20-16,74 mS/cm بمتوسط يقدر ب 15,65mS/cm كما نلاحظ تذبذب في هذه القيم والذي يفسر بتحول المواد العضوية الى مواد معدنية نتيجة التحلل

البيولوجي، كذلك نلاحظ أن قيم الناقلية للمياه التي تتم معالجتها أقل من تلك الخاصة بالمياه الخام يفسر هذا الانخفاض بأن كمية الأملاح المذابة في مياه الصرف قد تحللت بسبب وجود الكائنات الحية الدقيقة (العوالق النباتية) التي تستخدمها في عملية التمثيل الضوئي. حيث ان هذه النتائج كانت أقل بكثير من نتائج (صياد وبن السعدي 2020) (1) و(بن المصطفى 2022) (4). معظم هذه القيم كانت خارج المعايير المسموح بها في الجزائر 2.5mS/cm .



الشكل (3-IV): تغيرات الناقلية الكهربائية للمياه في محطة

IV. 4. تطور درجة الملوحة:

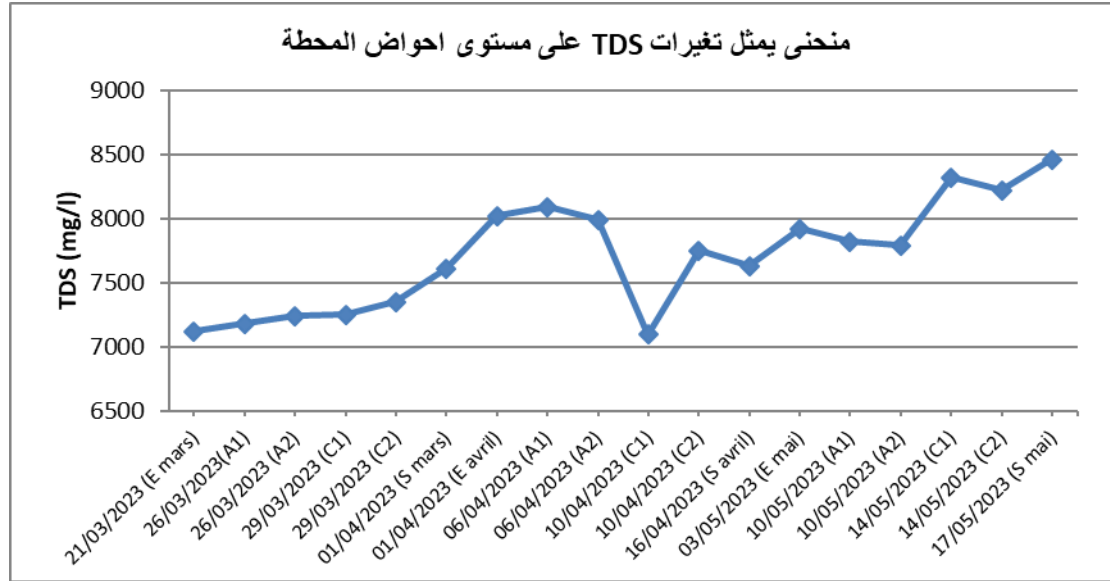


الشكل (4-IV): تغيرات درجة الملوحة للمياه في المحطة

من خلال الشكل (4-IV) يمكننا الملاحظ بأن قيم درجة الملوحة كانت في تذبذب خلال فترة دراسة كما تم تسجيل 9170 mg/l كقيمة عظمى و 8860 mg/l كقيمة دنيا بمتوسط 8980

mg/l للمياه الخام اما بالنسبة للمياه التي تتم لها المعالجة فكانت تتراوح بين 7840 -9510، بمتوسط قدره 8664,66mg/l. كما ان هذه النتائج كانت أقل بكثير من نتائج (بن المصطفى 2022، حيث وصلت النتائج الى 1 mg/l (30818,4). وهذا التذبذب راجع الى ترسب الاملاح الذائبة في الماء في قاع الحوض.

IV. 5. تطور المواد الصلبة الذائبة (TDS):

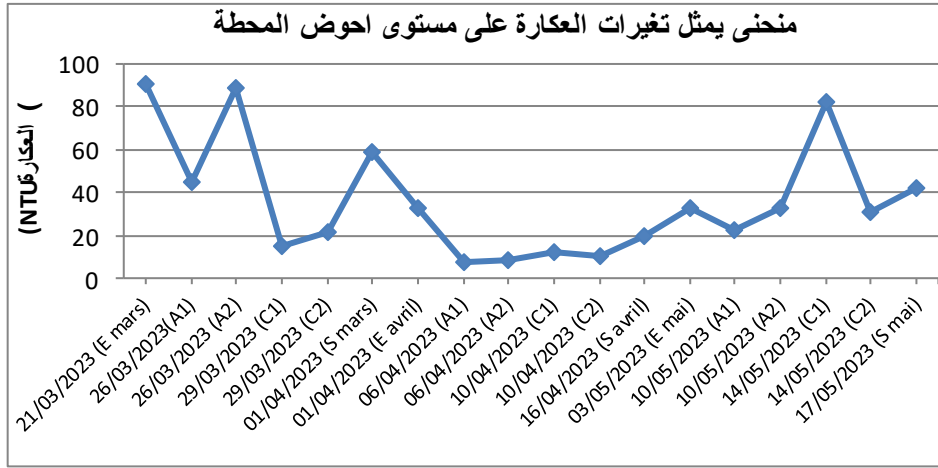


الشكل (5-IV): تغيرات المواد الصلبة الذائبة للمياه المحطة

يوضح الشكل (5-IV) تغيرات المواد الصلبة الذائبة للمياه خلال فترة المعالجة حيث نلاحظ ان قيمة هذه المواد في المياه الخام كانت تتراوح بين 7120-8020 بمتوسط 7686,66 mg/l اما في المياه التي تتم لها المعالجة كانت تتراوح بين 7093-8460 بمتوسط 7726,2 mg/l، وكانت ضمن المعايير الجزائرية المسموح بها. التي تتم لها المعالجة كانت تتراوح بين 7093-8460 بمتوسط 7726,2 mg/l، وكانت ضمن المعايير الجزائرية المسموح بها.

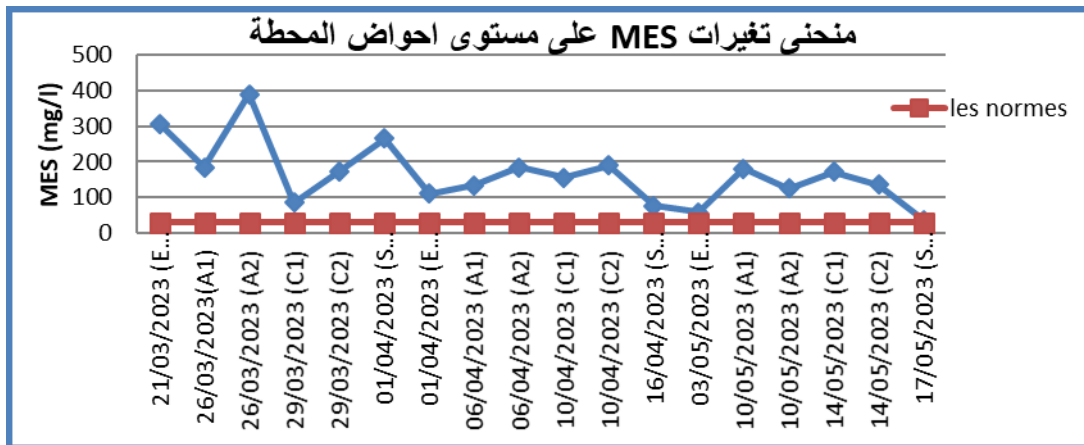
IV. 6. تطور العكارة:

من خلال الشكل (IV-6) نلاحظ ان قيم العكارة للمياه الخام كانت تتراوح بين 33NTU-90,5 بمتوسط 52,2NTU بينما المياه التي تتم لها المعالجة كانت تتراوح بين 7,61 NTU-88,62 بمتوسط قدره 33,21NTU. تم تسجيل انخفاض في قيمة العكارة خلال شهر مارس ثم عادت الى الارتفاع في أحد المستويات بينما في شهر ماي نلاحظ ان قيمتها في المستوى الأول سجلت ارتفاعا ثم انخفاض اما في شهر افريل فكانت قيمها في انخفاض، حيث كانت أقل بكثير من نتائج المتحصل عليها من طرف (زويدي 2017 محطة الوادي)(3) وهذا يعود إلى ارتفاع نسبة المواد المذابة في الماء.



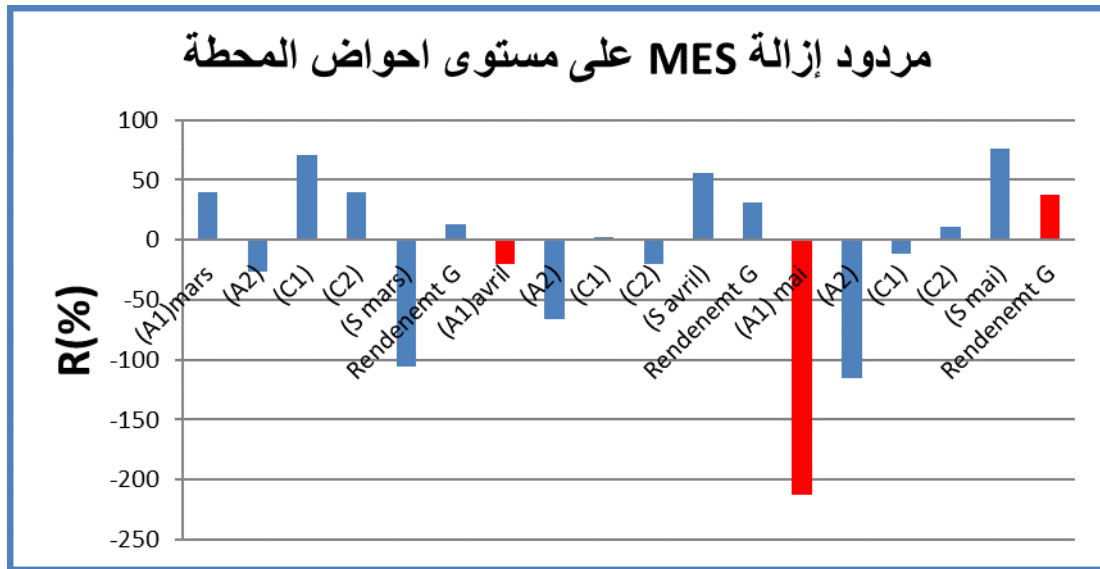
الشكل (IV-6): تغيرات العكارة للمياه في المحطة

IV. 1. 7. تطور المواد الصلبة العالقة



الشكل (IV-7): تغيرات المواد الصلبة العالقة في مياه المحطة

أن وجود المواد المعقدة في المياه يقلل من اختراق الضوء للبيئة المائية، بالتالي تتناقص عملية التكاثر فيها. وكذلك فإن وجودها يؤدي الى هبوط في كمية الأكسجين الموجود في الماء مما يضر بالحياة ضمن البيئة المائية ويخفض من مردود عملية التنقية الذاتية (اختلال في عملية اكسجة المياه). من خلال الشكل (7-IV) نلاحظ ان نسبة المواد العالقة في مياه الخام كانت تتراوح بين 307-58mg/l بمتوسط 158,66mg/l بينما في المياه التي تعالج كانت تتراوح بين 390-36mg/l بمتوسط قدره 165,73mg/l، وهذا يعود الى وجود الطحالب وان المياه محملة بالرمل والطيني وأيضا راجع الى تزامن هذه العينات مع العواصف الرملية خلال فترة الدراسة. هذه القيم لم تكن ضمن المعايير الجزائرية المسموح بها.



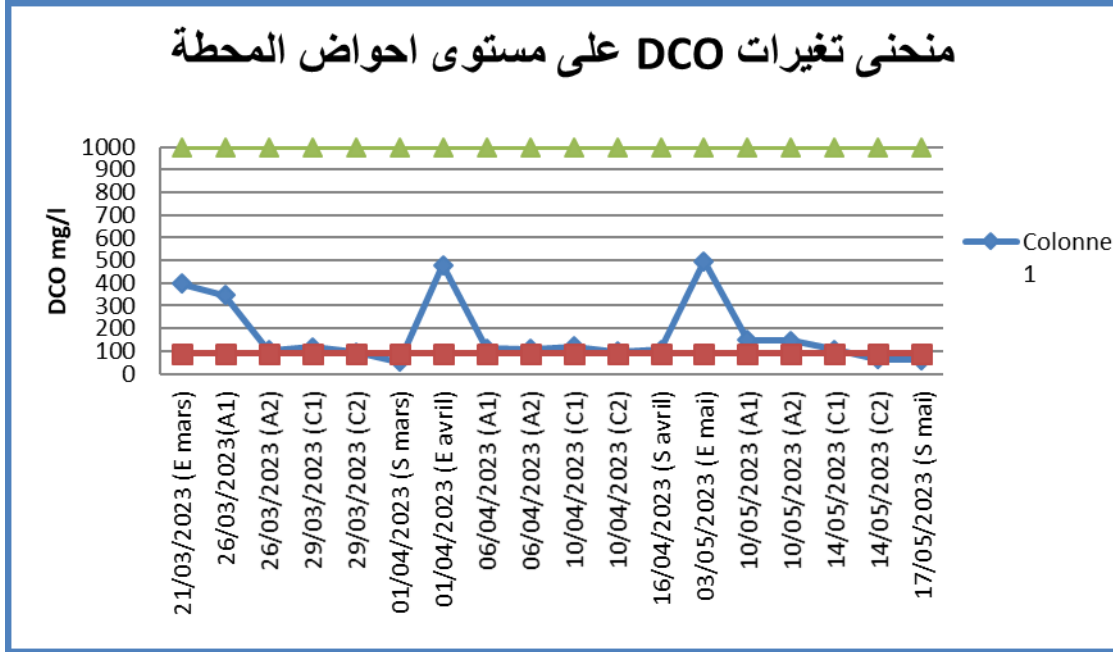
الشكل (7-1): مردود إزالة MES

نلاحظ من خلال الشكل (7-1) ان قيم إزالة MES كانت تتراوح بين (-212,06%) و 76,51%. كما نلاحظ ان قيم الإزالة كانت غير مستقرة وهذا يكتننا من القول ان المحطة بدأت تفقد كفاءتها في إزالة المواد الصلبة العالقة.

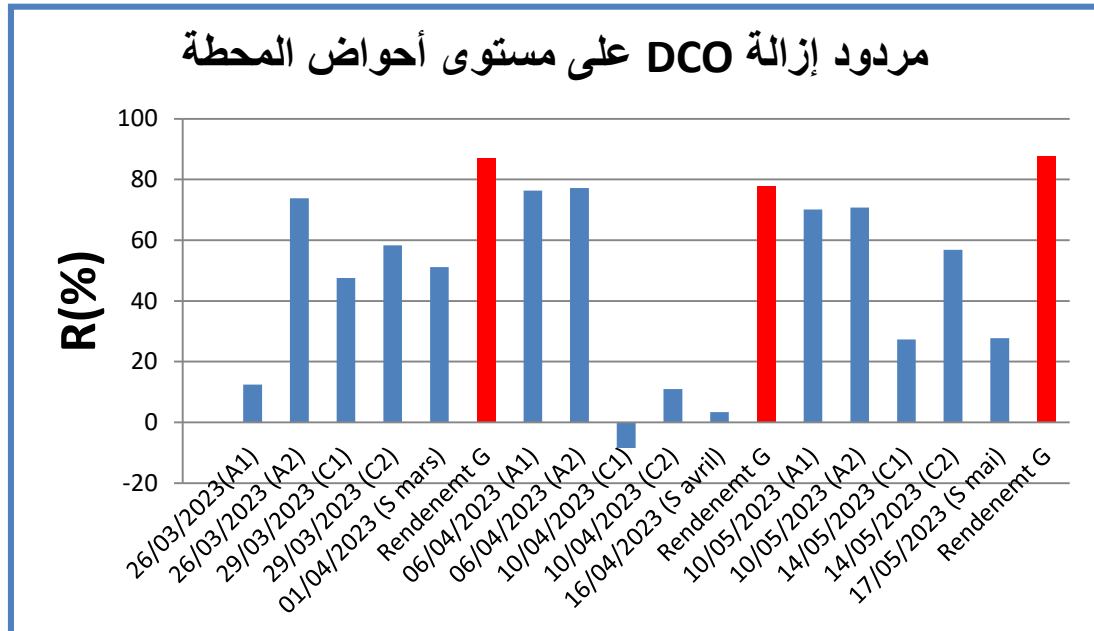
8. IV. تطور الطلب الكيميائي للأكسجين

من خلال الشكل (8-IV) نلاحظ ان قيم الطلب الكيميائي للأكسجين كانت في انخفاض طيلة فترة الدراسة حيث ان هذه القيم كانت تتراوح بين 495,2-393mg/l بمتوسط 456,73mg/l للمياه الخام، اما بالنسبة للمياه التي تعالج فكانت القيم ما بين 346,6-51,7mg/l بمتوسط يقدر ب 62,35 mg/l، كما كانت النتائج بتقريب مطابقة لنتائج (حمادي

2017(2)،(بن المصطفى 2022)(4)بمحطة ورقلة و(زوبيدي 2017)(3)بمحطة الوادي. واقل من النتائج المتحصل عليها من طرف (رسام واخرون 2014)(5)بمحطة وجدة بالمغرب. كما نفسر انخفاض هذه النتائج بنشاط البكتيريا التي تعمل على تحليل المادة العضوية. هذه القيم لم تكن ضمن المعايير الجزائرية المسموح بها.



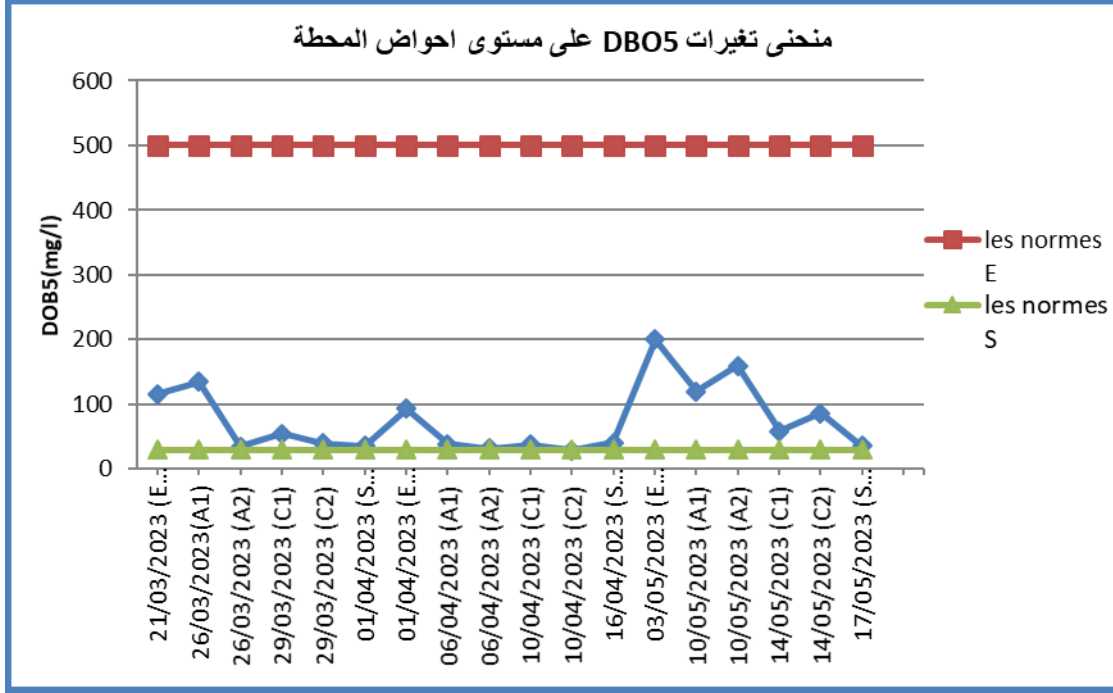
الشكل (8-IV): تغيرات DCO في مياه المحطة



الشكل (1-8): مردود إزالة DCO

نلاحظ من خلال الشكل (8-1) ان قيم إزالة DOC كانت تتراوح بين 3,37% و 87,62% ، هذه القيم كانت مرتفعة، يعود هذا إلى نشاط البكتريا التي تعمل على تفكيك المادة العضوية. من هذا يمكننا القول ان هذه المحطة لديها كفاءة في إزالة DCO.

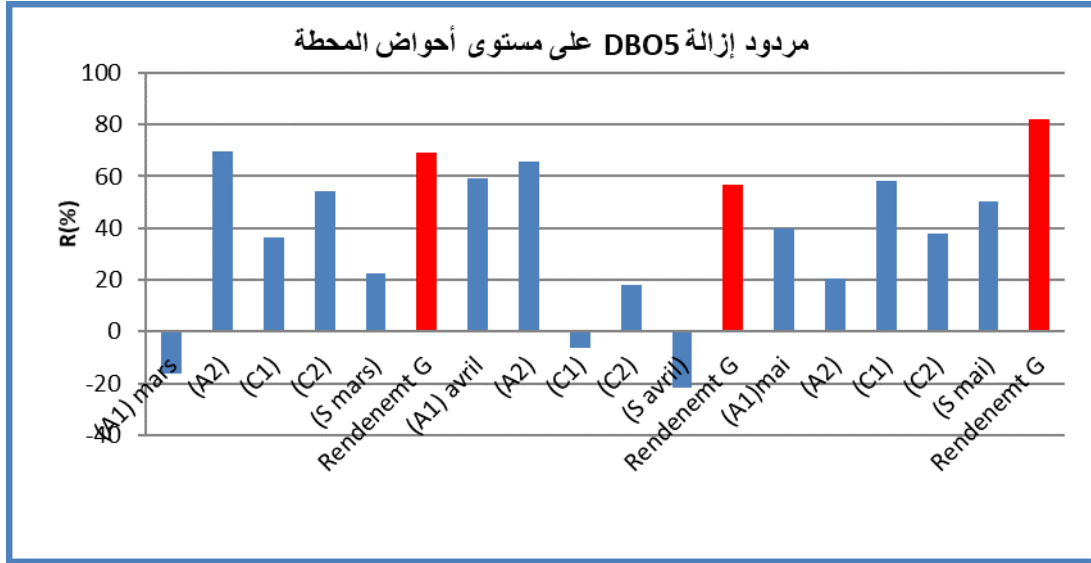
IV. 9. تطور الطلب البيولوجي للأكسجين:



الشكل (9-IV): تغيرات الطلب البيولوجي للأكسجين لمياه المحطة

إن النفايات الحضرية المطروحة في المجرى المائية مصدر مهم للتلوث العضوي في المياه السطحية بما تحتويه من حمولة عالية من المركبات العضوية، غير أن الاحياء الدقيقة في الوسط المائي تقوم بعملية تفكيك لتلك المركبات العضوية الطبيعية أو القادمة مع مياه الصرف التي تستهلك الاكسجين المنحل.

من خلال الشكل (9-IV) نلاحظ ان قيم الطلب البيولوجي للأكسجين كانت في انخفاض خلال هذه الدراسة كما تم تسجيل 200mg/l كقيمة عظمى و 93mg/l كقيمة دنيا بمتوسط 136,33mg/l للمياه الخام، بينما للمياه التي تعالج فكانت القيم تتراوح بين 28,7mg/l- 159,3 بمتوسط قدره 119.04 mg/l ، ونفسر هذا الانخفاض الرجوع الى نشاط البكتريا التي تعمل تفكيك المادة العضوية في وجود الاكسجين. كما ان معظم هذه القيم لم تكن ضمن المعايير الجزائرية المسموح بها.



الشكل (9-1): مردود إزالة DBO5

نلاحظ من خلال الشكل (9-1) ان نسبة إزالة DBO5 كانت تتراوح بين (-21,58%) و 82,50% كما نلاحظ ان نسبة الإزالة كانت مرتفعة وهذا يفسر تحلل المواد العضوية القابلة للتحلل لان الطلب البيولوجي للأكسجين يعتبر مؤشرا جيد لمحتوى المواد العضوية القابلة للتحلل في مياه الصرف الصحي.

❖ كمية المادة العضوي (MO):

تحسب بالعلاقة التالية: $MO = (2DBO_5 + DCO) / 3$

الجدول 1.IV: قيم كمية المادة العضوية

		E	A1	A2	C1	C2	S
MO mg /L	مارس	209,33	205,56	57,89	75,34	57,27	41,23
	افريل	221,67	63,05	57,67	64,9	52,10	88,67
	ماي	298,4	129,47	154,6	74,61	87,77	44,37

❖ معامل قابلية التفكك البيولوجي K:

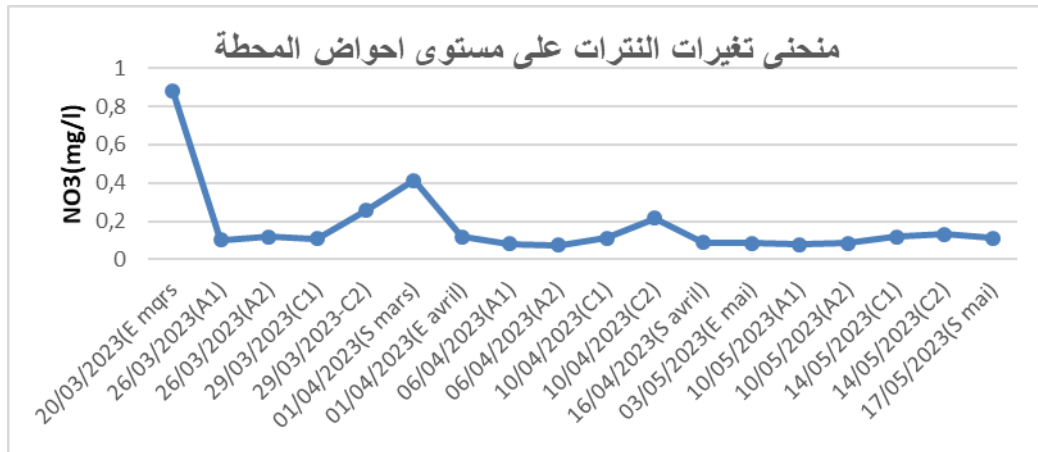
يحدد معامل التحليل البيولوجي $K = DCO / DBO_5$ قابلية التحلل الحيوي للمادة العضوية لمياه الصرف الصحي. فإذا كانت هذه النسبة تساوي أو تزيد عن 3 فهذا يوضح ضعف التحلل البيولوجي، والذي يمكن أن يعزى إلى مقاومة المادة العضوية في المحلول، نقص الأوكسجين في الوسط المائي. وهنا تستدعي الحاجة إلى استخدام طرق أكثر فعالية فيما يتعلق بهذه المياه.

الجدول 2.IV: قيم معامل قابلية التفكك البيولوجي K

		E	A1	A2	C1	C2	S
K	مارس	3,41	2,57	2,96	2,19	2,41	1,44
	أفريل	5,15	2,97	3,42	3,25	3,45	2,65
	ماي	2,48	1,23	0,91	1,81	0,73	1,71

نلاحظ انه في شهر مارس وماي كانت قيم معدل التفكك البيولوجي K اقل من 3 هذا يعني انه هناك قابلية التحلل البيولوجي، أما بالنسبة لشهر أفريل تفوق 3 أي هناك ضعف في التحلل، وهذا راجع الى زيادة الملوثات في المياه يمكن بسبب تسرب نفايات المستشفيات والمصانع الصغيرة ومحطات غسل السيارات. وايضا تزامنا مع شهر رمضان المعظم.

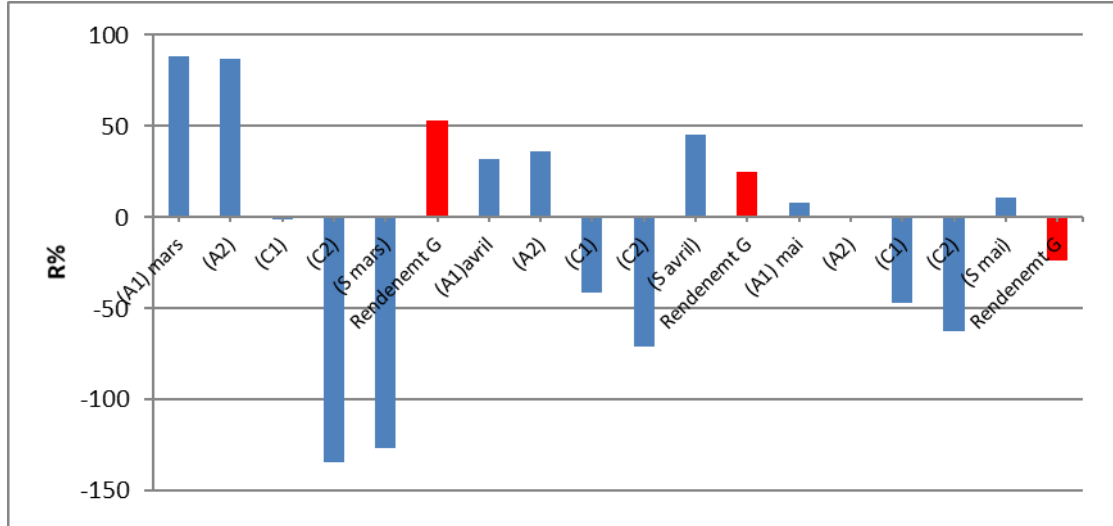
10. IV. تطور النترات



الشكل (10-IV): تغيرات تركيز النترات لمياه المحطة

استنادا للشكل (10-IV) نلاحظ ان القيم للمياه الخام تتراوح بين 0,0837 - 0,8798 mg/l بمتوسط 0,5413 mg/l ، بينما كانت تتراوح بين 0,0761 - 0,4137 mg/l بمتوسط 0,1397 mg/l للمياه التي تعالج. حيث نلاحظ ان قيم النترات طوال فترة المعالجة لم تكن مستقرة.

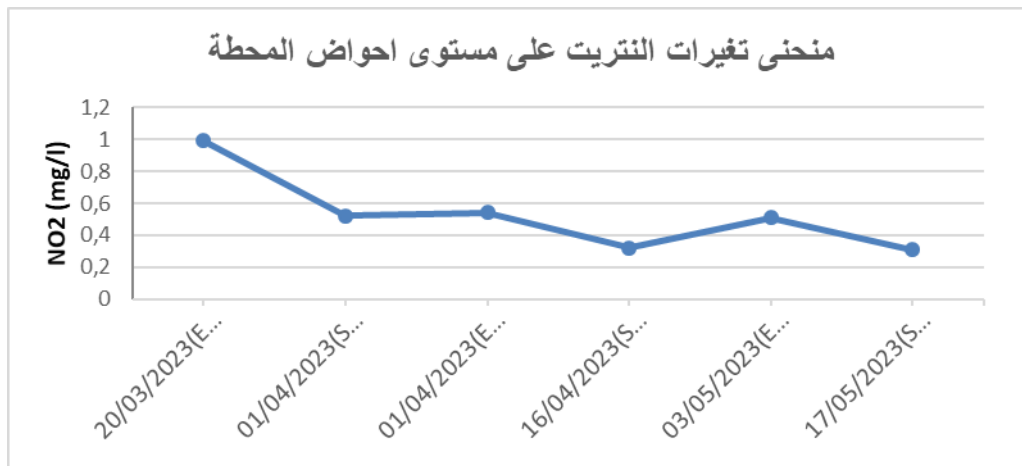
حيث نفسر الانخفاض بأن معالجة النترات تركزت على نزع النيتروجين من خلال تحويل النترات الى غاز النيتروجين تحت ظروف غياب الاكسجين الحر. وهذه القيم كانت ضمن المعايير الجزائرية المسموح بها 30 mg/l



الشكل (1-10): مردود إزالة النترات

نلاحظ من خلال الشكل (1-10) ان مردود إزالة النترات كان يتراوح بين (-134,4%) و 88,26%; حيث نلاحظ ان نسبة التنقية في المستوى الأول كانت أفضل بكثير من المستوى الثاني وهذا يعود الى اختلاف في عدد مضخات الاكسجين وكذلك معونات المحطة من مشكل انتشار الطحالب خاصة في فصل الصيف.

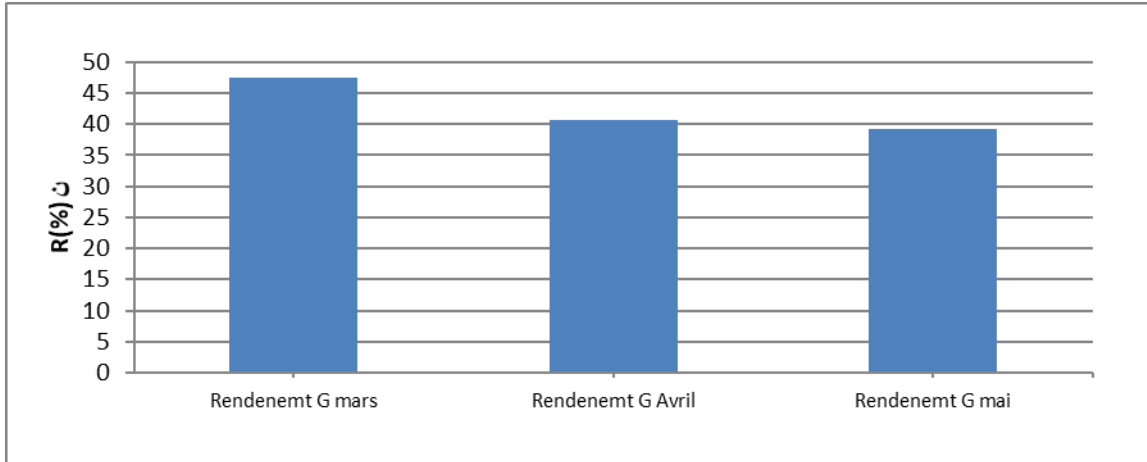
IV.11. تطور النترت:



الشكل (11-IV): تغيرات تركيز النترت في مياه المحطة

من خلال الشكل (11-IV) نلاحظ ان قيم المياه الخام كانت تتراوح بين 0,99 mg/l - 0,51 mg/l بمتوسط 0,68 mg/l اما بالنسبة للمياه المعالجة فكانت النتائج تتراوح بين 0,31 mg/l - 0,52 mg/l بمتوسط 0,38 mg/l، حيث انها كانت في انخفاض خلال فترة المعالجة. هذا راجع الى

الأكسدة الغير المكتملة للأمونيا بحيث النتزجة لم يتم تنفيذها حتى نهايتها، حيث ان هذه النتائج ضمن المعايير الدولية (OMS) بالنسبة للمياه الموجهة للسقي.

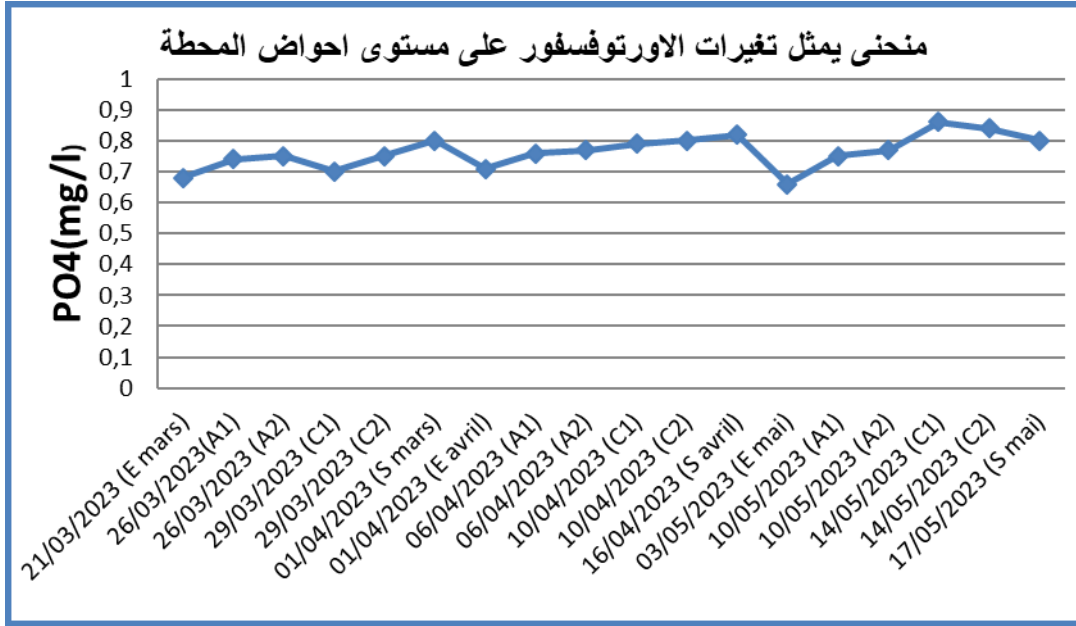


الشكل (1-11): مردود إزالة النتريت

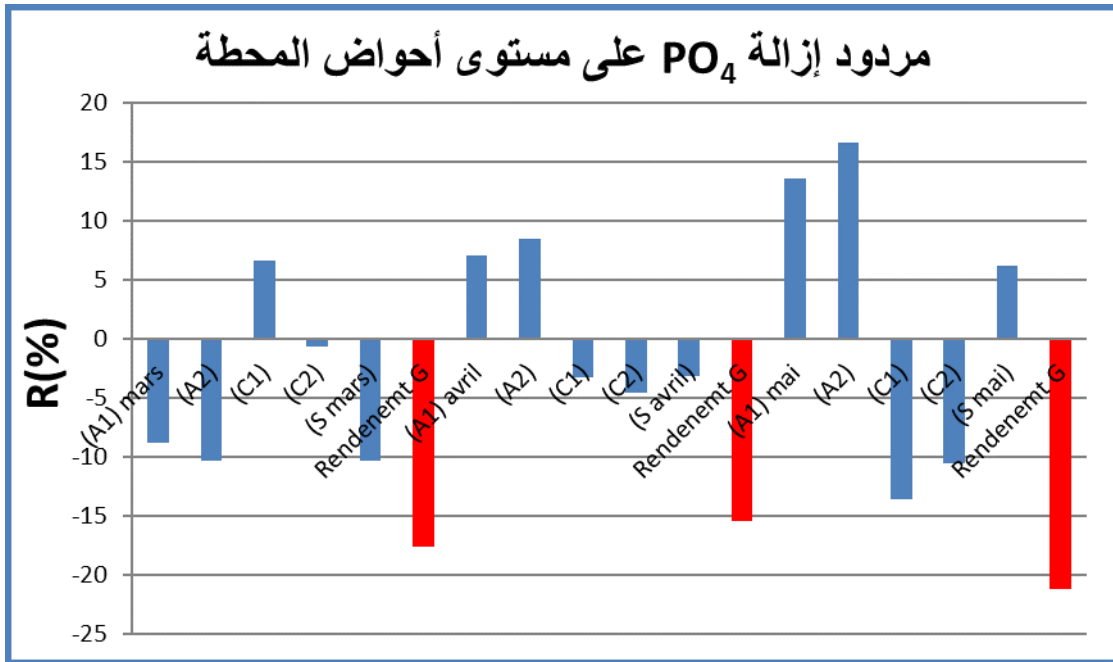
نلاحظ من خلال الشكل (1-11) ان مردود إزالة النتريت كان في انخفاض خلال فترة الدراسة حيث انه كان يتراوح بين 39,21% و 47,47% كما نفسر هذا الانخفاض بانتشار الطحالب التي تكثر في فصل الصيف.

IV. 12. تطور تركيز الاورثوفوسفور

من خلال الشكل (12-IV) نلاحظ ان القيم تتراوح بين 0,66-0,71 mg/l بمتوسط 0,68 mg/l للمياه الخام، أما بالنسبة للمياه التي تتم لها المعالجة فكانت النتائج تتراوح بين 0,78 - mg/10.7 بمتوسط قدره 0,78 mg/l. مقارنة ب(باشي واخرون 2022)(6) هذه القيم تعتبر صغيرة جدا. وهذا راجع الى نشاط البكتريا التي تحول الفسفور العضوي الى الاورثوفوسفات وبولي فوسفات .



الشكل (IV-12): تغيرات تركيز الاورتوفسفور على مستوى المحطة

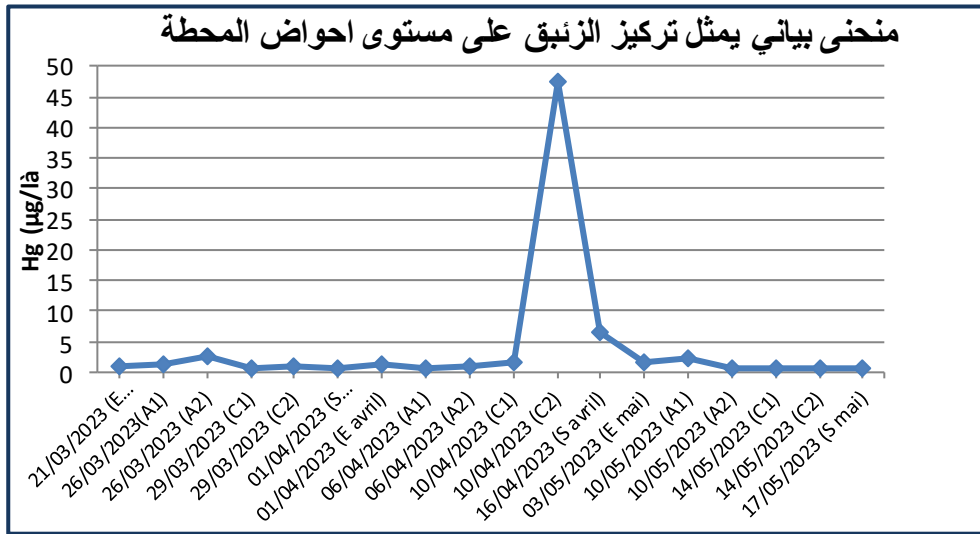


الشكل (1-12): مردود إزالة الاورتوفسفور

من الشكل (1-12) نلاحظ ان مردود إزالة الاورتوفسفور كان يتراوح بين (-13,16%) و 16,67% حيث نلاحظ ان نسبة التنقية كانت غير مستقرة وهذا راجع الى تشبع الطحالب بالفوسفور بسبب ارتفاع نسبة المركبات الفوسفورية الناتج عن استعمال المواد المنظفة على نطاق واسع مما يجعلها غير قادرة على تحليله.

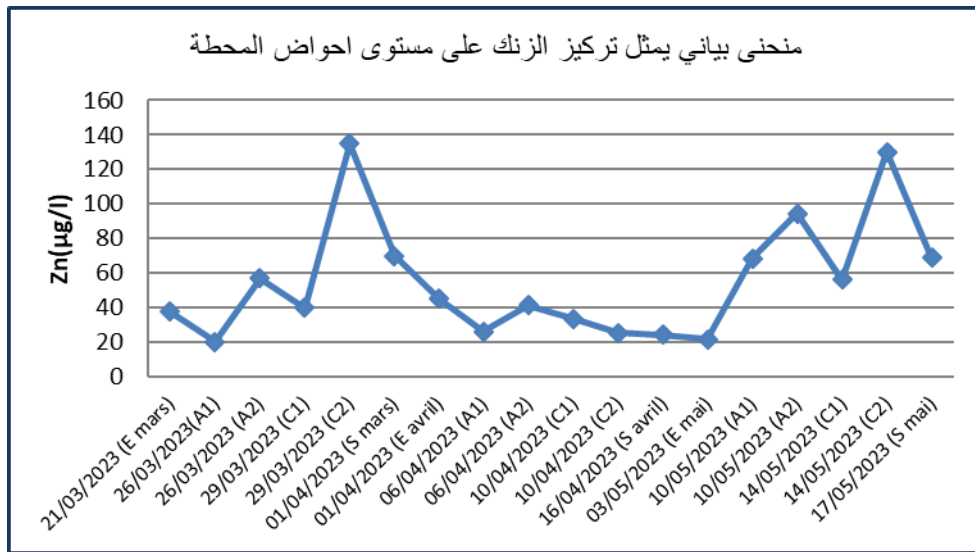
IV. 13. تطور تركيز الزئبق:

انطلاقاً من الشكل (13-IV) نلاحظ ان تركيز الزئبق في شهر افريل كان في ارتفاع بينما في شهر مارس وماي كانت القيم متقاربة فيما بينها حيث تم تسجيل $1,814 \mu\text{g/l}$ بمعدل $0,886 \mu\text{g/l}$ للمياه الخام، أما بالنسبة للمياه التي تعالج فكانت القيم ما بين $0,6149 \mu\text{g/l}$ - $47,35 \mu\text{g/l}$ بمعدل $4,56 \mu\text{g/l}$. هذه القيم كانت ضمن المعايير الجزائرية 0.01mg/l .



الشكل (13-IV): تغيرات الزئبق لمياه المحطة

4. 14. تطور تركيز الزنك:



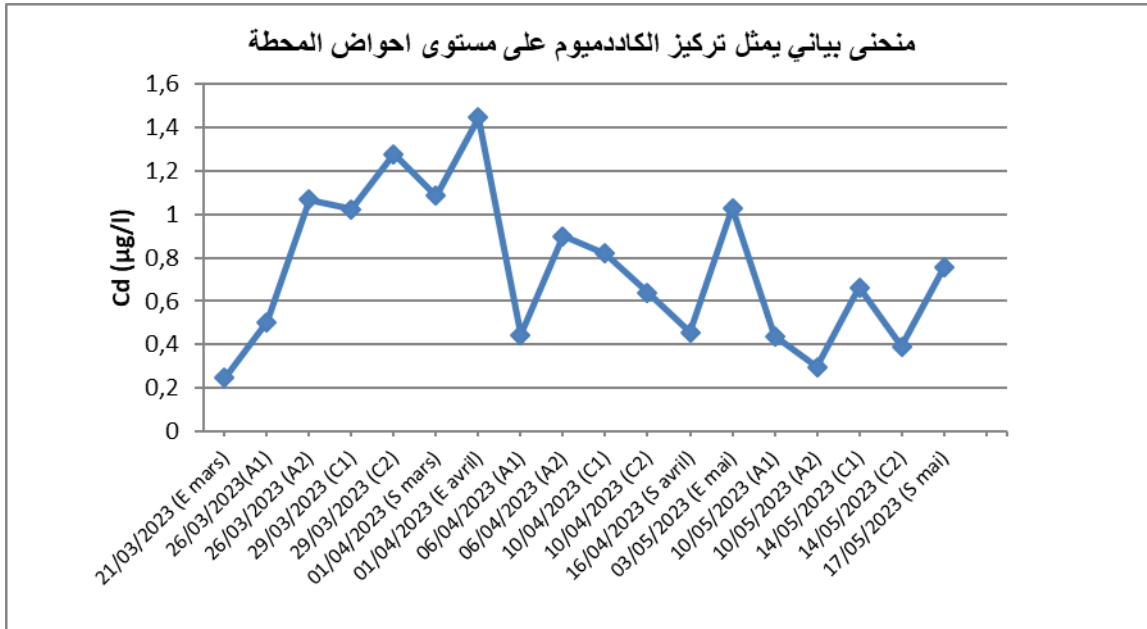
الشكل (14-IV): تغيرات تركيز الزنك لمياه المحطة

من الشكل (14-IV) نلاحظ تركيز الزنك في شهر ماي كانت منخفضة وبالت في الارتفاع بينما في شهر مارس انخفضت ثم ارتفعت اما في افريل فكانت في انخفاض، حيث تم تسجيل $45,03-21,60 \mu\text{g/l}$ بمتوسط $34,72 \mu\text{g/l}$ للمياه الخام اما بالنسبة للمياه التي تعالج فكانت بين $134,9-20,14 \mu\text{g/l}$ بمتوسط $59,30 \mu\text{g/l}$.

IV. 15. تطور تركيز الكاديوم:

يعد عنصر الكاديوم من المعادن الثقيلة العالية السمية والتي تتراكم في أجسام الكائنات الحية عبر السلسلة الغذائية. من أبرز الحوادث المأساوية لتلوث المياه بعنصر الكاديوم، الذي انتقل إلى الناس عبر الأرز المروي بمياه ملوثة بالكاديوم، وقد توفي عدد كبير نتيجة تراكمه داخل الجسم. (7)

من خلال الشكل (15-IV) أدناه نلاحظ تغيرات في قيم الكاديوم خلال فترة الدراسة، حيث سجل $1,447-0,4929 \mu\text{g/l}$ بمتوسط $0,9073 \mu\text{g/l}$ للمياه الخام بينما سجلت $0,2969 \mu\text{g/l}$ بمتوسط $1,278 \mu\text{g/l}$ للمياه التي تعالج، حيث نلاحظ ان في شهر افريل وماي كانت القيم مرتفعة وخلال عملية المعالجة انخفضت على عكس شهر مارس.



الشكل (15-IV): تغيرات تركيز الكاديوم لمياه المحطة

IV.16 قياس تراكيز غاز ثنائي كبريت الهيدروجين والغازات العضوية المتطايرة تمت قياس تراكيز غاز ثنائي كبريت الهيدروجين والغازات العضوية المتطايرة في الهواء المحيط لكل قسم من محطة معالجة مياه الصرف الصحي باستخدام كاشفين من أربعة وخمسة غازات. النتائج القياسات المتحصل عليها مدونة في الجدول 3.IV و 4.IV

الجدول 3.IV: تراكيز غاز ثنائي كبريت الهيدروجين والغازات العضوية المتطايرة (جانفي 2023)

H ₂ S (ppm)**	H ₂ S (ppm)*	COVs (ppm)*	الموقع	
04	01-04	01	النقطة 01	منطقة نزع الغازات
04	11-32	07	النقطة 02	
30	51-68	18	النقطة 01	منطقة الموزع
95-100	100-153	38	النقطة 02	
14	22	08	النقطة 01	منطقة الخروج
14	13	06	النقطة 02	

* COVs and H₂S by Honeywell BW™ Ultra

** H₂S by Honeywell BW™ Max XT II

الجدول 4.IV: تراكيز غاز ثنائي كبريت الهيدروجين والمركبات العضوية المتطايرة (ماي 2023)

H ₂ S (ppm)**	H ₂ S (ppm)*	COVs (ppm)*	الموقع	
3,9-9,0	5,9-10,2	1-3	النقطة 01	مرحلة التمهيدية
6,9-14,1	6,8-15,4	2-5	النقطة 02	
4,5-21,3	6,8-14,9	2-4	النقطة 03	
2,1-4,5	3,7-5,8	1-2	النقطة 04	
38,2-70,2	50,1	13	النقطة 01	منطقة الموزع
33-52,1	40-62	10-18	النقطة 02	

18,9-54,9	18,5-59,9	8-14	النقطة 03	منطقة الخروج
00	00	00	النقطة 01	
00	00	00	النقطة 02	

* COVs and H₂S by Honeywell BW™ Ultra

** H₂S by Honeywell BW™ Max XT II

الجدول 5.IV: مختلف تأثيرات غاز كبريتيد الهيدروجين حسب تركيزه في الهواء

تأثيرات	H ₂ S (ppm)
عتبة الرائحة	0.2- 0.002
رائحة قوية	5 – 3
حد التعرض التشغيلي	10
تهيج العين	50-10
اضطرابات خطيرة في العين	100 - 50
فقدان حاسة الشم	250
اضطرابات تنفسية شديدة - تهدد الحياة	500-300
اضطرابات شديدة في الجهاز العصبي المركزي وشلل تنفسي	1000 - 500
الموت الفوري	1000

يلخص الجدول 5.IV مختلف تأثيرات غاز كبريتيد الهيدروجين حسب تركيزه في الهواء. من خلال القيم المعروضة في الجدول 5.IV نلاحظ أن القيم المسجلة في الجداول 3.IV و 4.IV مقلقة لأنها في أغلب الأوقات تفوق التراكيز المسموح بها، حيث أنه عندما يتواجد بتركيزات عالية، فإن كبريتيد الهيدروجين يشل الأعصاب الشمية، مما يجعله غير قابل للكشف ويزداد خطورة. وبالتالي يمكن أن يكون كبريتيد الهيدروجين سبباً لاضطرابات خطيرة في العين والجهاز التنفسي وحتى الدماغ. يؤدي التعرض قصير المدى لتركيزات عالية من كبريتيد الهيدروجين (حوالي 500 إلى 1000 جزء في المليون) بسرعة إلى شلل تنفسي يمكن أن يؤدي إلى الوفاة.

أما فيما يتعلق المركبات العضوية المتطايرة، تراوحت التراكيز بين 01 و 38 جزء من المليون باعتبار غاز الايزوبيبتيلان ويحسب تركيز المركب العضوي المتطاير بالعلاقة الآتية [8] :

$$[COV] = [Isobutylène]$$

$$\times \text{Masse Molaire}_{COV} / \text{Masse Molaire}_{isobutylène}$$

قائمة المراجع:

1. صياد نوال، بن السعدي نور الهدى.دراسة مقارنة بين تقنيتي المعالجة بالبحيرات الطبيعية والبحيرات المهواة المعتمدين في كل من محطة العطف-غرداية ومحطة سعيد عتبة-ورقلة. مكان غير معروف : جامعة قاصدي مرباح ورقلة، 2020. مذكرة ماستر.
2. **Hammadi Belkacem**. *Lagunage Aérien Zone Aride Performances Epuratoires, Paramètres*. Cas de la Région de Ouargla. université Kasdi Merbah Ouargla : مكان غير معروف : 2017. Thèse doctorat.
3. **ZOBEIDI Ammar**. *ÉPURATION DES EAUX USÉES URBAINES PAR LAGUNAGE EL-OUED. PARAMÈTRS INFLUENTS 'CAS DE LA RÉGION D – AÉRÉEN ZONE ARIDE ET CHOIX DES CONDITIONS OPTIMALES*. université Kadi Merbah : مكان غير معروف : 2017. Thèse doctorat, Ouargla.
4. **BELMOSTEFA Farah**. *Étude comparative de quatre procédés d'épuration des eaux usées*. Ouargla, Ghardaïa, Touggourt et Témacine 'dans les stations d'. mémoire de master. 2022. université Kasdi Merbah Ouargla.
5. **A.Echchelh, A.Chaouch, M.Bourkhiss, B.Bourkhiss, A.El Malhi A.Rassam**. *Degradation of organic pollution in communal waste water by aerated lagoon system: (Case of the waste water treatment plant of Oujda (Morocco)*. Environmental Science, 2014, 1, 9, الصفحات 37-43.
6. **Mohammed Tahar Halilat , Samia Bissati , Nadhir Al-Ansari , Sofiane Saggai ,Saber Kouadri and Hadee Mohammed Najm Oum Elkheir Bachi**. *Wastewater Treatment Performance of Aerated Lagoons, Activated Sludge and Constructed Wetlands under an Arid Algerian Climate*. Sustainability, 2022, 14, المجلد 14.
7. نصر الحايك مدخل الى كيمياء الماء (تلوث-معالجة) (تحليل). مكان غير معروف : المعهد العالي للعلوم التطبيقية والتكنولوجيا، 2017.

الخاتمة العامة

تلعب المحطات دورا أساسيا في حماية البيئة من خلال القضاء على الروائح الكريهة وركود المياه في المناطق الحضرية وحماية الموارد الطبيعية وفوق كل ذلك توفر إمكانية إعادة استخدام مياه الصرف الصحي في المجالات الزراعية.

تمحور العمل التطبيقي المنجز من خلال هاته المذكرة حول حساب فعالية تنقية مياه الصرف الصحي-سعيد عتية بورقلة، تمت فعالية تنقية اعتماد على الخصائص الفيزيوكيميائية على مستوى أحواض محطة معالجة مياه الصرف الصحي.

من بين المعلمات الفيزيائية والكيميائية التي تم تقييمها في هذا العمل، وجد أن قيم الناقلية الكهربائية، والمواد الصلبة المعلقة، والطلب الكيميائي للأكسجين والطلب البيولوجي للأكسجين قد تجاوزت المعايير التي حددتها اللوائح الجزائرية.

من ناحية أخرى، فيما يتعلق بقيم المواد الصلبة الذائبة، النترات، النتريت، الأورثوفسفور تحترم القيم الحدية التي تحددها اللوائح الجزائرية.

من خلال النتائج المتحصل عليها، تراوحت نسبة إزالة الطلب البيولوجي للأكسجين بين 21,58% و 82,50%، وهاته النسبة مرتفعة وهذا يفسر بتحلل المواد العضوية حيث أن الطلب البيولوجي للأكسجين يعتبر مؤشرا جيدا لمحتوى المواد العضوية القابلة للتحلل في مياه الصرف الصحي.

بالإضافة إلى هذه المعايير، تم تقييم محتويات ثلاثة معادن ثقيلة (الزئبق والزنك والكاديوم). القيم المسجلة كانت ضمن القيم الحدية المحددة في اللوائح الجزائرية. وفيما يخص تركيز غاز كبريتيد الهيدروجين في الهواء، نلاحظ أن القيم المسجلة في الجداول مقلقة لأنها في أغلب الأوقات تفوق التراكيز المسموح بها (5ppm للقيمة القصوى للتعرض و 10 ppm للقيمة المتوسطة للتعرض).

كما نوصي بالاعتراحات التالية كحل للحصول على مياه معالجة أفضل وذات جودة على الأقل مقبولة إن لم تكن ممتازة.

- البحث عن حل لمشكلة وجود الطحالب وتكاثرها في الأحواض والتي تؤثر سلبا على مردود إزالة التلوث بالمواد الصلبة العالقة.
- تعميق الدراسات حول العوامل العديدة التي من شأنها التأثير على تدهور وتحلل المواد العضوية.
- ضرورة الكشف الصحي الدوري للعاملين بمحطتي معالجة مياه الصرف الصحي.

بعض التوصيات والافاق المستقبلية:

نظرا لأهمية الموضوع المتناول ارتأينا ان نكمل في العمل المنجز وتدعيمه بالنقاط التالية:

✓ استعمال النمذجة الرقمية قصد التنبؤ بتراكيز H₂S في شبكة الصرف الصحي،

من خلال القياسات المكثفة للخصائص الفيزيوكيميائية.

✓ تجسيد قاعدة بيانات واسعة في محطة ورقلة لاستعمالها في النمذجة عن طريق

الذكاء الاصطناعي.

الملاحق

الملحق 1:

❖ مطيافية الأشعة المرئية وفوق البنفسجية (UV-Visible)

مطيافية الأشعة المرئية وفوق البنفسجية: يرمز لها اختصاراً (UV/Vis) هي نوع من أنواع المطيافيات والتي تصنف تحت مطيافية الامتصاص، والذي يحدث في مجال طيف الأشعة فوق البنفسجية وفي الطيف المرئي .

هذا يعني أن هذه المطيافية تستخدم الضوء في المجالين المرئي وفي المجالات المقاربة من طيف الأشعة فوق البنفسجية، وحتى أجزاء من طيف الأشعة تحت الحمراء القريب. إن الامتصاص أو الانعكاس في المجال المرئي يؤثر على الإحساس باللون الظاهر على المواد الكيميائية، حيث تحدث انتقالات إلكترونية نتيجة تأثير الإشعاع الكهرومغناطيسي.



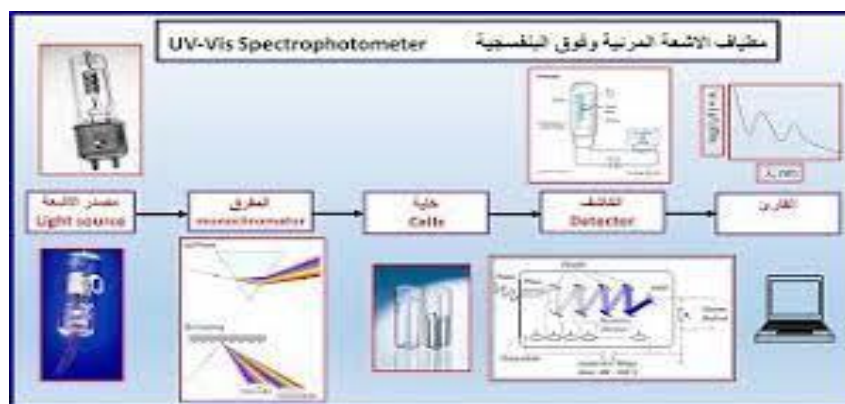
الشكل 1: جهاز Spéctrophotomètre UV-Visible

المبدأ:

تهتم هذه المطيافية بالانتقالات الإلكترونية من الحالة القاعدية إلى الحالة المثارة، وهي تعد بذلك مكملًا لمطيافية الفلورية، والتي تدرس الفلورية الناتجة عن الانتقال من الحالة المثارة إلى الحالة القاعدية.

في مطيافية الأشعة المرئية وفوق البنفسجية تتعرض الجزيئات إلى أشعة كهرومغناطيسية في المجالين المرئي وفوق البنفسجي، مما يؤدي إلى تهيج وإثارة إلكترونات التكافؤ (مثل

إلكترونات p أو d في المدارات الخارجية)، أي أنها تكتسب طاقة ويحدث لها انتقال الكتروني ضمن المستويات الطاقية للجزيء .



الشكل 2: رسم تخطيطي لمبدأ عمل جهاز Spéctrophotomètre UV-Vis

❖ تقنية الامتصاص الذري (SAA)

جهاز الامتصاص الذري (SAA: Spéctromètre d'Absorption Atomique)

يعتبر من الأجهزة الحديثة التي تعمل على تحليل اغلب العناصر المهمة سواء في المعادن، المياه أو المواد الغذائية. وهي طريقة تحليلية كمية تعني امتصاص الضوء عند طول موجي معين λ وثابت للعنصر الواحد بواسطة ذراتها الحرة، وتزداد كمية الأشعة الممتصة عند هذا الطول الموجي بزيادة عدد ذرات العنصر الموجود في مسار الأشعة حيث يرتبط الطيف بالتركيز، فعن طريقه نستطيع معرفة أكثر من 60 عنصر من مكونات العينة الواحدة بدقة عالية جدا تصل إلى 1 في المليون وبالتالي يمكن معرفة مكونات العينة ولو بنسبة ضئيلة جدا.



الشكل 3: جهاز الامتصاص الذري SAA

مكونات الجهاز:

مصدر الأشعة (radiation source): هو المصدر الذي ينبعث منه طيف العنصر المراد تعيينه حيث ان كل عنصر يحتاج إلى اشعة ذات طول موجي محدد لاثارته وهذا الجهاز يحتوي على لمبات للعناصر المطلوب تحديدها.

• **مصدر الطاقة (by atomizer):** هي تعمل على اثاره العنصر المراد تعيينه الموجود في العينة وهناك مصدرين للطاقة:

✓ **طريقة حرارية "طريقة اللهب":** تنتج الحرارة في هذه الحالة من الغازات المختلفة وهي تعمل على تحويل المادة من الحالة الجزيئية إلى الحالة الحرة وهذه الغازات هي الاستيلين مع هواء مضغوط أو الاستيلين مع اكسيد النيتروز أو البروبين مع الهواء المضغوط. تتم هذه العملية عن طريق رش العينة في صورة رزاز دقيق في اللهب الناتج عن احتراق المادة المؤكسدة فتقوم حرارة اللهب على تكسير الروابط فتمتص بعض الذرات المتعادلة طاقة اللهب وتثار.

✓ **مصدر كهربائي " فرن الجرافيت":** هو عبارة عن قضيب من الجرافيت أسطواني الشكل، يتم وضع عينة مقدارها 1 ميكرومتر من خلال فتحة قطرها 2مم في الجزء العلوي بواسطة حقانة خاصة وينظف الانبوب بواسطة غاز خامل.

✓ **البخار الذري:** يتم معاملة العينة كيميائيا بواسطة نظام التوليج البخاري لتحويلها إلى نواتج متطايرة ثم تقديمها إلى جهاز الامتصاص على هيئة بخار.

• **وحدة فصل الموجات " الموحد اللوني":** يستخدم لفصل الأشعة ذات الطول الموجي المستخدم لتقدير العنصر عن باقي اشعة المصدر وذلك لتحسين قدرة انتقاء طريقة التحليل (التخلص من الأشعة الغير المرغوب فيها).

• **وحدة قياس طاقة الأشعة أو الكاشف:** هو عبارة عن خلية ضوئية مركبة لتحويل الطاقة الاشعاعية إلى اشارات كهربائية يمكن تسجيلها على لوحة القياس في صورة امتصاص أو في صورة امرار ضوئي. تتناسب شدة التيار مع شدة الحزمة الطيفية والامتصاصية وحتى مع التركيز.

• **جهاز كومبيوتر:** وذلك لمعالجة القياسات الناتجة واخراجها في صورة بيانية.(1)

❖ فلورية الأشعة السينية (XRF):

فلورية الأشعة السينية (X-ray fluorescence): يرمز لها **XRF** هي إصدار تلقائي ومميز للأشعة السينية الثانوية (أو الفلورية) من المادة، وذلك عند تعريضها لمصدر مرتفع الطاقة يؤدي إلى التهيج أو الإثارة، مثل أشعة سينية مرتفعة الطاقة، أو أشعة غاما. تستخدم هذه التقنية التحليلية من أجل تحليل العناصر بشكل خاص أو في المجالات المختلفة في التحليل الكيميائي مثل تحليل الفلزات و مواد البناء، أو في مجالات الجيوكيمياء وعلم الأدلة الجنائية وعلم الآثار.

المبدأ:

عند خضوع المادة إلى الأشعة مرتفعة الطاقة ذات الأطوال الموجية القصيرة، تتعرض الإلكترونات الداخلية للتهيج، وتقفز إلى المدارات الخارجية بعد التغلب على الحاجز الطاقوي الذي يربطها بالنواة. نتيجة لذلك يصبح التشكيل الإلكتروني لذرات المادة غير مستقرًا، بحيث تقوم إلكترونات الغلاف الخارجي بتغطية النقص والعودة إلى المدارات الداخلية لملء المكان الشاغر، وتصدر بذلك إشعاعاً مميزاً للعنصر المكون للمادة.

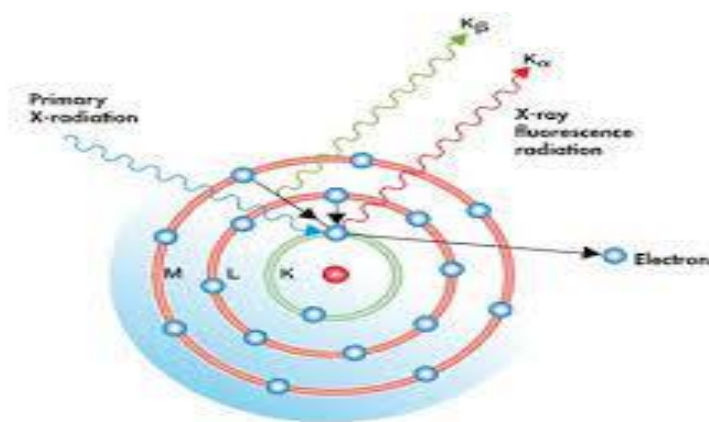


الشكل 4: جهاز XRF

مكونات جهاز XRF:

- نوع العينة: صلب، سائل، مسحوق، صفيحة
- صينية العينة: جهاز قياس دوار اوتوماتيكي.

- بيئة غرفة العينة: يمكن اختيار الهواء والفراغ والهيليوم. التحكم الالي بالبرمجيات بدون عملية يدوية.
 - نظام الاثارة: تم تصميم نظام الإثارة بهيكل بصري فريد بزواوية قائمة مقلوبة. يتم استخدام مولد الأشعة السينية منخفض الطاقة 50 KV كمصدر الإثارة. يتم تمرير الأشعة السينية الأولية المتولدة من أنبوب الأشعة السينية عبر الفلتر لإثارة العينة مباشرة، ويتم اختيار ظروف الإثارة للحصول على أفضل نتائج التحليل. وهي تتألف من أجزاء الدوائر الإلكترونية مثل مولد الجهد العالي، ومولد الأشعة السينية، ونظام عرض التحكم الرقمي.
- أ. مولد الجهد العالي: يتم التحكم في الجهد والتيار تلقائيًا وعرضهما بواسطة البرنامج.
- ب. مولد الأشعة السينية: استخدام نوع الإشعاع القاسي، والطاقة المنخفضة، والتبريد الطبيعي، والعمر الطويل لأنبوب الأشعة السينية، ووفقًا للتطبيق الفعلي يحتاج إلى اختيار المادة المستهدفة. كفاءة الإثارة العالية للعناصر الخفيفة مثل Na، Mg، Al، Si، S، إلخ. (2)



الشكل 5: رسم تخطيطي لحالة الاثارة

الملحق الثاني

الجدول 1: نتائج منحنى معايرة النترات

40	30	20	10	0	تركيز النترات (mg/l)
2,352	1,747	1,127	0,537	0	الامتصاص

الجدول 2: نتائج منحنى معايرة الاورتوفوسفور

2	1,5	1	0,5	0	تركيز الاورتوفوسفور (mg/l)
1,601	1,154	0,8182	0,378	0	الامتصاص

الجدول 3: النتائج الكلية المسجلة على مستوى محطة سعيد عقبة بورقلة خلال (مارس- ماي

(2023)

ماي						افريل						مارس						
S	C2	C1	A2	A1	E	S	C2	C1	A2	A1	E	S	C2	C1	A2	A1	E	
24.4	27.5	28.4	28.1	31.2	29.9	26	21.5	23.6	27.5	25.4	26.7	16.8	18.3	17.2	18.1	18.5	28	T(C°)
7.66	7.63	7.6	7.33	7.3	7.1	7.94	7.24	7.79	7.13	7.5	7.55	7.5	7.21	7.4	7.21	7.24	7.15	pH
17	16.6	16.5	15.8	16.4	20.5	14.8	16.3	15.1	16	16.4	15.9	15	14.7	14.5	14.4	14.2	16.3	CE(ms/cm)
9.51	9.3	9.27	8.68	8.97	8.86	8.43	9	8.29	8.9	9	8.91	8.5	8.12	8.02	7.99	7.84	9.17	Sal (g/l)
42.5	30.7	82.5	32.9	22	33	19.4	10.5	11.9	8,75	7.61	33.1	59.2	21.5	15.1	88.6 2	45.1	90.5	Turbidité (mg/l)
8.46	8.28	8.32	7.79	7.82	7.92	7.63	7.75	7.09	7.99	8.09	8.02	7.6	7.35	7.25	7.24	7.18	7.12	TDS (g/l)
36	136	171	125	181	58	76	190	155	184	133	111	266	174	85	390	184	307	C
76.5 1	11.1 1	- 11.7 6	- 115. 5	- 212. 06	/	55.9	- 19.8 7	2.2	- 65.7 6	19.8-	/	- 105. 4	39.3 7	70.3 8	- 27.0 3	40.0 6	/	R(%)
2.22	2.61	2.37	1.68	1.54	1.67	1.8	4.31	2.25	1.53	1.64	2.39	8.29	5.11	2.2	2.29	2.07	17.6	C
10.8 4	- 62.1 1	- 47.2	0.6-	7.78	/	- 45.1 2	- 171. 07	- 41.5 1	35.9 8	31.3 8	/	- 126. 78	- 134. 4	- 0.92	87.0 1	88.2 6	/	R(%)
0.31	/	/	/	/	0.51	0.32	/	/	/	/	0.54	0.52	/	/	/	/	0.99	C
																		NO ₂ ⁻ (mg/l)

0.8	0.84	0.86	0.77	0.75	0.66	0.82	0.8	0.79	0.77	0.76	0.71	0.8	0.75	0.7	0.75	0.74	0.68	C	PO ₄ (mg/l)
6.25	- 10.5 3	- 13.1 6	16.6 7	13.6 4	/	- 3.14	- 4.58	- 3.27	8.45	7.04	/	- 10.3 4	- 0.67	6.04	- 10.2 9	- 8.82	/	R(%)	
61.3	63.3	106. 5	145. 2	148	495. 2	106	98.9 1	120. 5	109. 2	113. 1	479	51.7	93.8 1	118. 03	103. 67	346. 68	396	C	DCO (mg/l)
27.7 9	56.8 2	27.3 5	70.7 1	70.1 4	/	3.37	11.0 1	- 8.41	77.2	76.3 8	/	51.1 8	58.3 3	47.5 8	73.8 2	12.4 5	/	R(%)	
35.9	86.5	58.6 7	159. 3	120. 2	200	40	28.7	37.1	31.9	38.0 3	93	36	39	54	35	135	116	C	DBO5 (mg/l)
50.3 7	38.1	58.0 1	20.4	39.9	/	- 21.5 8	17.9	- 6.12	65.6 9	59.1	/	22.5 8	54.1 1	36.4 7	69.8 2	- 16.3 7	/	R(%)	
0.75 53	0.39 07	0.66 13	0.29 69	0.43 69	1,03 0	0.45 63	0.63 75	0.82 04	0.89 80	0.44 29	1.44 7	1.08 6	1.27 8	1.02 3	1.06 8	0.50 40	0.24 49		Cd (µg/l)
68.7 5	129. 9	56,0 4	94.3 6	68.5 8	21.6	24.2 2	25.4 4	33.3 7	41.1 6	26.0 9	45.0 3	69.9 6	134. 9	39.7 4	56.9 6	20.1 4	37.5 5		Zn (µg/l)
0.71 5	0.75 57	0.61 49	0.67 03	2.44 4	1.81 4	6.55 4	47.3 5	1.54 7	0.67 3	0.65 07	1.32 8	0.53 21	1.11 9	0.82 22	2.47 8	1.35 6	0.88 6		Hg (µg/l)

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

الشكل 6 : المعايير الجزائرية للنفايات المنزلية السائلة (3)

1. هيئة المساحة الجيولوجية والثروات المعدنية عدن. جهاز الامتصاص الذري من شركة PerkinElmer. [متصل]
جوان 2023. <https://www.gsmr-aden.org/site/1345>.

2. [متصل]

https://www.wikiwand.com/ar/%D9%81%D9%84%D9%88%D8%B1%D9%8A%D8%A9_%D8%A7%D9%84%D8%A3%D8%B4%D8%B9%D8%A9_%D8%A7%D9%84%D8%B3%D9%8A%D9%86.%D9%8A%D8%A9

3. Valeurs limites maximales de la **JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE**.
teneur en substances nocives des eaux usées autres que domestiques au moment de leur
21. épuration'assainissement ou dans une station d'déversement dans un réseau public d
المجلد 36، juin 2009، 27 Jomada Ethania 1430