رقم الترتيب:

رقم التسلسل :

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة قاصدي مرباح ورقلة

كلية الرياضيات وعلوم المادة

قسم الكيمياء

مذكرة مقدمة من اجل نيل شهادة الماستر في الكيمياء

التخصص : كيمياء المحيط

من إعداد : صياد نوال ، بن السعدي نورالهدى

بعنوان

دراسة مقارنة بين تقنيتي المعالجة بالبحيرات الطبيعية والبحيرات المهواة المعتمدتين في كل من محطة العطف-غرداية ومحطة سعيد عتبة-ورقلة

نوقشت علنا يوم :2020/09/22

أمام لجنة المناقشة :

سراوي مبروك	أستاذ مساعد صنف (أ)	جامعة قاصدي مرباح ورقلة	رئيسا
بلفار اسيا	أستاذ محاضر صنف (ب)	المدرسة العليا للأساتذة بورقلة	مناقشا
شاوش خولة	أستاذة مساعد صنف (أ)	جامعة قاصدي مرباح ورقلة	مشرفا
العابد إبراهيم	أستاذ محاضر صنف (أ)	المدرسة العليا للأساتذة بورقلة	مساعد مشرف

العام الجامعي : 2019 - 2020

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

"... وَمَا أَنْزَلَ اللَّهُ مِنَ السَّمَاءِ مِنْ مَاءٍ
فَأَحْيَا بِهِ الْأَرْضَ بَعْدَ مَوْتِهَا..."

﴿ ١٦٤ البقرة ﴾

صدَقَ الله العَظِيم

الإهداء

الحمد والشكر لله عز وجل الذي أعانني على إنجاز هذا العمل المتواضع.

إلى صاحب السيرة العطرة والفكر المستنير فلقد كان له الفضل الأول في بلوغي التعليم العالي

ولم يبخل علي طيلة حياته (والدي الحبيب) حفظه الله.

إلى من وضعتني على طريق الحياة وضحت من أجلي ولم تدخر جهدا في سبيل إسعادي

على الدوام (أمي الحبيبة) حفظها الله.

إلى إخوتي (سامي،وزوجته أسماء-عبد الحميد ،وزوجته حليمة-

سارة ،وزوجها فتحي -زينب، وزوجها عبد الصمد).

وإلى الكتاكيت الصغار(إسراء ، لقمان ، آمنة ، رميصاء ، ريحانة ، ميمونة

،إستبرق، عبد المغيث –حفظهم الله) .

وإلى من اجتزت معها عناء سنتي الماستر وتقاسمنا مشقة اتمام هذه المذكرة

*صياد نوال * حفظها الله.

إلى كل من عائلة بن السعدي و زعباب والى كل أصدقائي أحبائي وجميع من وقفوا بجواري

وساعدوني بكل صغيرة وكبيرة.

إلى جميع أساتذتي ممن لم يتوانوا في مد يد العون لي .

والى كل دفعة ماستر كيمياء 2020 بكل فروعها..

أقدم لكم هذا البحث وأتمنى أن ينال رضاكم..

نور الهدى

شكـــــر و عرفـــــان

أولا و قبل الكل نشكر و نحمد صاحب الفضل الأول و الأخير، الهادي إلى سواء السبيل **"الله عز و جل"** لقوله تعالى: **"{و لئن شكرتم لأزيدنّكم}"**، نشكره على نعمة إنجاز و إتمام هذا العمل راجين منه أن يكون عملنا هذا بذرة خير لفائدة كل من يسعى و يجتهد في طلب العلم.

ثم بعد، نتقدّم بالشكر الجزيل إلى الأستاذة المشرفة **"شاوش خولة"** و إلى الأستاذ المساعد **"د.العابد ابراهيم"** على كل التوجيهات و النصائح و المجهودات المبذولة من طرفهم والتي ساعدتنا في إنجاز هذا العمل.

كما نوجه الشكر الخالص إلى كل عمال محطة التطهير بورقلة وعلى رأسهم السيد مدير المحطة **"مخلوفي اسماعيل"** و مسؤولي مخبر المحطة السادة: **"دالي حليمة"**، **"بوناصر نادية"** و **"رحماني ابراهيم"** و كذلك إلى كل عمال محطة التطهير بغرداية وعلى رأسهم السيد مدير المحطة **"سماوي يوسف"** ، مسؤول المصلحة السيد **"كاسي محفوظ"**، و مسؤول المخبر السيد **"علال بشير"**.

وتتسع دائرة شكرنا لتحوي لجنة المناقشة السيد **"سراوي مبروك"** رئيسا،والسيدة **"بلفار اسيا"** مناقشا على قبولهم القيام بمناقشتنا ، كما لا ننسى كل أساتذة مشوارنا الدراسي، وكل من قدّم لنا يد المساعدة في هذا المشوار صغيرة كانت أم كبيرة من قريب أو من بعيد ؛ وبالأخص والدينا الكريمين و أفراد عائلتينا، و كل من علمنا حرفا بنية إضاءة الطريق أمامنا.

أمّا الشكر الذي من النوع الخاص فنتوجه به إلى كل من وقف في طريقنا الدراسي بصورة سلبية، وإلى كل من أراد زرع الشوك أمامنا وعرقلة مسيرتنا العلمية والبحثية... فلولا وجودهم لما أحسسنا بمتعة البحث ولا حلاوة المنافسة الإيجابية، ولولاهم لما وصلنا إلى ما وصلنا إليه.

قوال و نور الهدى

الملـــــــــخـــــص :

تم تقييم كفاءة محطتي معالجة مياه الصرف الصحي التابعتين لمنطقتي ورقلة (نظام الأحواض المهواة) وغرداية (نظام الأحواض الطبيعية) خلال سنة 2019 ، حيث درست محددات التلوث البيئي للمياه الواردة إلى المحطة والمياه المعالجة قبل تصريفها للبيئات المستقبلة .

أظهرت النتائج أن المياه المصرفة إلى البيئات المستقبلة قد اتصفت بمعدلات درجة حرارة (22,65 °C) ، (22,39 °C) وأس هيدروجيني (7,65) ، (8,32) وتركيز كل من النتريت (0,14mg/l) ، (0,19mg/l) والنترات (0,40mg/l) ، (0,44mg/l) بالنسبة لمحطتي ورقلة وغرداية على التوالي ، بحيث اتفقت هذه الخصائص مع معايير الجريدة الرسمية للمياه الموجهة للري ومع المعايير الدولية (OMS). كما بينت الدراسة ارتفاعا في قيم MES و DBO_5 بمتوسط [(85,63mg/l) ، (71,92mg/l)]، [(40,31mg/l) ،(45,75mg/l)] لمحطتي ورقلة وغرداية على الترتيب و التي كانت أعلى من الحدود المسموح بها حسب الجريدة الرسمية للمياه الموجهة للري و المعايير الدولة لل (OMS)، أما بالنسبة لقيم DCO فقدر المتوسط في محطة ورقلة (113,63mg/l) . تجاوزت هذه القيمة كل من معايير الجريدة الرسمية والدولية بينما انخفض المتوسط في محطة غرداية إذ سجلت (88,71mg/l) لتتفق بذلك مع المعايير الجزائرية و تفوق المعايير الدولية. بالإضافة إلى ذلك كانت قيم كل من محدد الفوسفور الكلي و الناقلية الكهربائية مرتفعة لكلتا المحطتين و تجاوزت الحد المسموح به في المعايير الدولية حيث بلغ المتوسط (3,37mg/l) ، (26,97ms/cm) لكل محدد على الترتيب بالنسبة لمحطة ورقلة ، في حين قدر متوسط الفوسفور الكلي و الناقلية الكهربائية ب (2,09mg/l) ، (3,39ms/cm) على التوالي بالنسبة لمحطة غرداية. وفيما يخص متوسط قيم الاورثو فوسفات فقد سجلت محطة ورقلة (2,44mg/l) متجاوزة بذلك المعايير الدولية بخلاف محطة غرداية التي سجلت قيمة ضمن المعايير الدولية بلغت (0,95mg/l).

بلغت كفاءة الإزالة :

- للملوثات العضوية (MES) ، (DBO_5)، (DCO) نسبة 45.87 %، 73.25 %، 70.45 % على الترتيب بالنسبة لمحطة ورقلة ، في حين سجلت محطة غرداية نسبا قدرت ب 32.10 % لل (MES) و 62.86 % لل (DBO_5) ، و54.61 % لل(DCO).
- للملوثات الآزوتية NH_4^+ ، NO_2^- ، NO_3^- ، N_T نسبة (-6.75) % ، 30.36 % ، 29.13، (-9.35) % على التولي بالنسبة لمحطة ورقلة ، وبنسبة (-6.66) % ، (-65.93) % ، 11.95% ، 2.74 % بنفس الترتيب على مستوى محطة غرداية .
- للملوثات الفوسفورية PO_4^{-3} ، P_T نسبة [(25.87 %) ، (48.99 %)] ، [(22.80 %)، (34.76 %)] لكل ملوث على الترتيب بالنسبة لمحطتي ورقلة و غرداية .

الكلمات المفتاحية :تقييم كفاءة - معالجة المياه العادمة - البحيرات المهواة - البحيرات الطبيعية - ورقلة - غرداية.

Abstract

The evaluation of the efficiency of the wastewater treatment plant of the regions of Ouargla (ventilated pond system) and Ghardaia (natural pond system) was evaluated during the year 2019, where the environmental pollution determinants of incoming water to the plant and treated water were studied before discharging them to receiving environments.

The results showed that the water discharged to the receiving environments was characterized by temperature levels (22,65 °C), (22,39 °C) and pH (7, 65), (8, 32) and the concentration of both nitrites (0.14mg / l), (0,19mg / l) and nitrates (0,40mg / l), (0,44mg / l) for the stations of Ouargla and Ghardaia respectively. So that these characteristics were in accordance with the standards of the Official Gazette of Irrigation Water and with international standards (OMS). The study showed an increase in MES and DBO_5 values with an average of [(85,63mg / l), (71,92mg / l)], [(40,31mg / l) ,(45,75mg / l)], For the two stations of Ouargla and Ghardaia, respectively, which were higher Of the permissible limits according to the Official Gazette of Water for Irrigation and the State Standards of (OMS), as for the values of DCO the average value in the Ouargla station (113,63mg / l). This value exceeded both the Official and International Gazette standards while the average decreased in Ghardaia Station It recorded (88,71mg / l); to conform to the Algerian standards and exceed the international standards. In addition, the values of both the total phosphorous determinant and the electrical conductivity were high for both stations and exceeded the allowable limit in international standards where the average was (3,37mg / l), (26,97ms / cm) for each determinant respectively for the station and Ouargla, in When the average of total and transit phosphorous was estimated at (2.09mg / l), (3,39ms / cm), respectively, for the Ghardaia station. As for the average values of ortho phosphate ,the Ouargla plant recorded (2,44mg / l) exceeding international standards other than Ghardaia station, which recorded a value within the international standards (0.95mg / l).

Removal efficiency reached:

• The organic pollutants MES, DBO_5, DCO the percentage of 45.87%, 73.25%, 70.45% respectively for the Ouargla station, while the Ghardaia station recorded ratios estimated at 32.10% for the MES, 62.86% for the DBO_5, and 54.61% for the(DCO).

• For nitrogenous pollutants NH_4^+, NO_2^-, NO_3^-, N_T ratio (6.75-)%, 30.36%, 29.13% (9.35-)% respectively, for Ouargla station, and by (6.66)%, (65.93%), 11.95% , 2.74% at the same rank at Ghardaia Station.

• The phosphorous pollutants PO_4^{-3}, P_T ratio of [(25.87%), (48.99%)], [(22.80%), (34.76%)] for each pollutant, respectively, for Ouargla and Ghardaia stations.

Key words : Efficiency Assessment - Wastewater Treatment - Ventilated Lakes - Natural Lakes - Ouargla - Ghardaia

Résumé

Évaluation de l'efficacité de la station d'épuration des eaux usées des régions de Ouargla (système d'étangs ventilés) et de Ghardaïa (système d'étangs naturels) a été réalisée au cours de l'année 2019, où les déterminants de la pollution de l'environnement de l'eau entrante à la plante et de l'eau traitée ont été étudiés avant de les rejeter dans les milieux émettre.

Les résultats ont montré que l'eau rejetée dans les milieux était caractérisée par des niveaux de température (22,65 ° C), (22,39 ° C) et des pH (7, 65), (8, 32) et par la concentration des nitrites (0,14 mg / l), (0,19 mg / l) et des nitrates (0,40 mg / l), (0,44 mg / l). Pour les stations d'Ouargla et Ghardaïa respectivement. Afin que ces caractéristiques soient conformes aux normes du Journal officiel de l'eau d'irrigation et aux normes internationales (OMS). L'étude a montré une augmentation des valeurs de MES et de DBO_5 avec une moyenne de [(85,63mg / l), (71,92mg / l)], [(40,31mg / l) ,(45,75mg / l)], Pour les deux stations de Ouargla et de Ghardaïa, respectivement, qui étaient plus élevées Des limites admissibles selon le Journal officiel de l'eau pour l'irrigation et les normes de l'État de (OMS), comme pour les valeurs de DCO la valeur moyenne à la station de Ouargla (113,63mg / l). Cette valeur a dépassé les normes de la Gazette officielle et internationale, tandis que la moyenne a diminué à la station de Ghardaïa It (88,71mg / l); se conformer aux normes algériennes et dépasser les normes internationales. De plus, les valeurs du déterminant du phosphore total et de la conductivité électrique étaient élevées pour les deux stations et dépassaient la limite permise dans les normes internationales où la moyenne était de (3,37mg / l), (26,97ms / cm). Pour chaque déterminant, respectivement pour la station et Ouargla, dans Quand la moyenne du phosphore total et de la conductivité était estimée à (2,09mg / l), (3,39ms / cm), respectivement, pour la station de Ghardaïa. En ce qui concerne les valeurs moyennes de l'ortho-phosphate, l'usine de Ouargla a enregistré un dépassement (2,44mg / l) des normes internationales autres que la station de Ghardaïa, qui a enregistré une valeur dans les normes internationales (0,95 mg / l).

Efficacité de l'enlèvement atteinte:

• Les polluants organiques MES, DBO_5 , DCO le pourcentage de 45,87%, 73,25%, 70,45% respectivement pour la station de Ouargla . Tandis que la station de Ghardaïa a enregistré des ratios estimés à 32,10% pour le (MES), 62,86% pour le (DBO5), et 54,61% pour le (DCO).

• Pour les polluants azotés NH_4^+, NO_2^-, NO_3^-, N_T ratio (6,75 -)%, 30,36%, 29,13% (9,35 -)% respectivement, pour la station de Ouargla, et par (6,66)%, (65,93%), 11,95%, 2,74% au même rang à la station de Ghardaïa.

• Les polluants phosphoreux PO_4^{-3}, rapport P_T de [(25,87%), (48,99%)], [(22,80%), (34,76%)] pour chaque polluant, respectivement, pour les stations d'Ouargla et de Ghardaia.

Mots clés: Évaluation de l'efficacité - Traitement des eaux usées - Lacs ventilés - Lacs naturels - Ouargla – Ghardaïa .

قائمة الاختصارات

الرمز	التسمية
CE	**Conductivité Electrique** **الناقلية الكهربائية**
CO_2	**Dioxyde de carbone** **ثاني أكسيد الكربون**
DBO_5	**Demande biochimique en oxygène durant cinq (05) jours d'incubation** **الطلب البيوكيميائي للأكسجين خلال 05 أيام**
DCO	**Demande chimique en oxygène** **الطلب الكيميائي للأكسجين**
$GAZ_{dissous}$	**Gaz dissous** **الغازات الذائبة**
MES	**Matières en suspension** **المواد العالقة**
M_{inorg}	**Matières Inorganique** **المواد اللاعضوية**
MO	**Matières organiques** **المواد العضوية**
NO_2^-	**Azote nitreux** **النتريت**
NO_3^-	**Azote nitrique** **النيترات**
NH_4^+	**Azote ammoniacal** **ألمونيوم**
N_T	**Azote total** **الآزوت الكلي**
nm	**Nanomètre** **نانومتر**
O_2 dissous	**L'oxygène dissous** **الأكسجين المذاب**
OMS **WHO**	**Organisation mondiale de la Santé** **World Health Organization** **منظمة الصحة العالمية**

Office nationale d'assainissement **مكتب الديوان الوطني للصرف الصحي**	**ONA**
Potentiel d'hydrogène **الأس الهيدروجيني**	**pH**
ortho phosphore **الأورثو فوسفات**	**PO_4^{-3}**
Phosphore Totale **الفوسفور الكلي**	**P_T**
Soufre **الكبريت**	**S**
Sequencing Batch Reactors **مفاعل الدفقات المتتابع**	**SBR**
Station d'épuration des eaux usée **محطة معالجة مياه الصرف الصحي**	**STEP**
Température **درجة الحرارة**	**T**
Total Suspended Solids **المواد الصلبة الكلية**	**TSS**
Le rayonnement Ultraviolet **الأشعة فوق البنفسجية**	**UV**

قائمة الجداول و الأشكال

❖ الـــــجـــــداول

رقم الجدول	العنوان	الصفحة
1	قيم الحد الأقصى لمعايير مياه الصرف الصحي المعالجة الموجهة للري	**13**
2	محاسن ومساوئ طرق المعالجة المركزة والموسعة	**31**
3	التغيرات المناخية المتوسطة لسنة 2019 لمنطقةغرداية	**45**
4	البيانات الأساسية لمحطة المعالجة.	**48**
5	التغيرات المناخية المتوسطة لسنة 2019 لمنطقة ورقلة	**52**
6	البيانات الأساسية لمحطة المعالجة.	**55**
7	معامل تغير قيمة DBO_5 بدلالة حجم العينة المستعملة	**67**
8	قيم الخصائص الفيزيوكيميائية المقاسة للمياه المستعملة الحضرية الواردة إلى محطتي ورقلة و غرداية خلال فترة الدراسة.	**78**
9	قيم معامل التحليل البيولوجي للمحطتين.	**78**
10	قيم الخصائص الفيزيوكيميائية المقاسة للمياه المعالجة الصادرة من محطتي ورقلة و غرداية خلال فترة الدراسة.	**80**

❖ الأشـــــكـــــال

رقم الشكل	العنوان	الصفحة
1	مخطط لخصائص مياه الصرف الصحي	7
2	طرق معالجة مياه الصرف الصحي	15
3	مخطط لطريقة عمل المعالجة البيولوجية الهوائية واللاهوائية	17
4	محطة معالجة تعمل بتقنية المرشحات البيولوجية	18
5	رسم تخطيطي لمحطة معالجة تعمل بتقنية الحمأة المنشطة	19
6	رسم تخطيطي لمحطة معالجة تعمل بتقنية الأقراص البيولوجية الدوارة	20
7	رسم تخطيطي لمحطة معالجة تعمل بتقنية الأسرة البكتيرية	21
8	حوض النباتات ذات الجريان تحت السطحي الشاقولي	22
9	حوض النباتات ذات الجريان السطحي الأفقي	23
10	رسم تخطيطي لمحطة معالجة تعمل بتقنية الأحواض الطبيعية	25
11	بحيرات الأكسدة الطبيعية	25
12	طريقة المعالجة داخل البركة الاختيارية	27
13	محطة معالجة 10000م³/يوم نصفها صناعي (البرازيل)	27
14	صورة لجهاز التهوية السطحي	28
15	جهاز التهوية عن طريق النفخ في الهواء	28
16	أنواع برك نظام البحيرة المهواة	29
17	رسم تخطيطي لمراحل المعالجة بالأحواض المهواة	30
18	صورة توضح مراحل تحول الآزوت	35

19	عملية الامتزاز على الكربون المنشط	**37**
20	معالجة المياه العادمة باستعمال الكربون المنشط	**37**
21	صورة لمولدات الأوزون	**38**
22	عملية حقن الأوزون داخل الوسط المائي	**39**
23	مصباح لإنتاج الأشعة فوق البنفسجية	**39**
24	وحدة المعالجة بالأشعة فوق البنفسجية بأحد محطات المعالجة	**40**
25	صورة توضح ري المزروعات بمياه الصرف المعالجة	**42**
26	الموقع الجغرافي لولاية غرداية.	**44**
27	يوضح الموقع الجغرافي لمحطة المعالجة كاف الدخان بالعطف	**47**
28	نظام الغربلة و إزالة الرمل	**49**
29	بحيرات (أحواض) المعالجة الأولية والمعالجة الثانوية.	**50**
30	الموقع الجغرافي لولاية ورقلة	**51**
31	الموقع الجغرافي لمحطة التطهير بسعيد عتبة – ورقلة	**54**
32	مجمّع طرد الغازات	**56**
33	جهازي الغربلة الميكانيكي واليدوي	**56**
34	جهاز إزالة الرمل	**57**
35	حوض تهوية	**58**
36	حوض نهائي	**58**
37	أحواض التجفيف	**59**
38	مراحل معالجة المياه على مستوى المحطة.	**60**
39	جهاز قياس تدفق الماءDébit-mété	**61**

40	جهازي أخذ العينات الأتوماتيكي واليدوي	**62**
41	صورة لبعض نقاط أخذ العينات	**62**
42	الكواشف المستعملة لقياس (DCO)	**64**
43	جهاز التسخين	**65**
44	جهازspectrophotomètre	**65**
45	جهاز DBO mètre	**67**
46	مخطط لمراحل عملية تحديد قيمة المواد العالقة	**69**
47	جهاز الترشيح تحت الضغط	**69**
48	صورة لجهاز الطرد المركزي	**70**
49	الكواشف المستعملة لقياس المركبات الآزوتية والفوسفاتية	**75**
50	جهاز DR-1900	**75**
51	صورة للأجهزة المستعملة في القياسات الفيزيائية	**76**
52	يوضح التطور الزمني لدرجة حرارة المياه الداخلة والخارجة لمحطتي المعالجة ورقلة-غرداية	**81**
53	يوضح التطور الزمني ل pH المياه الداخلة والخارجة لمحطتي المعالجة ورقلة-غرداية	**82**
54	يوضح التطور الزمنيCEلل المياه الداخلة والخارجة لمحطتي المعالجة ورقلة-غرداية	**83**
55	يوضح التطور الزمني للملوحة بالنسبة للمياه الداخلة والخارجة لمحطة المعالجة غرداية	**85**
56	يوضح التطور الزمني للملوحة بالنسبة للمياه الداخلة والخارجة لمحطة المعالجة ورقلة	**85**
57	يوضح التطور الزمني للأكسجين المذاب للمياه الداخلة والخارجة لمحطتي المعالجة ورقلة-غرداية	**87**
58	يوضح التطور الزمني لتركيزMES للمدخل والمخرج لمحطتي المعالجة ورقلة-غرداية	**88**
59	يوضح مردود ازالة الMES بدلالة الأشهر لمحطتي ورقلة –غرداية	**88**
60	يوضح التطور الزمني لتركيز DCO للمدخل والمخرج لمحطتي المعالجة ورقلة-غرداية	**90**
61	يوضح مردود ازالة ال DCO بدلالة الأشهر لمحطتي ورقلة -غرداية	**90**

62	يوضح التطور الزمني لتركيز DBO_5 للمدخل والمخرج لمحطتي المعالجة ورقلة-غرداية	**91**
63	يوضح مردود ازالة ال DBO_5 بدلالة الأشهر لمحطتي ورقلة -غرداية	**91**
64	يوضح التطور الزمني لتركيز $N\text{-}NH_4$ للمدخل والمخرج لمحطتي المعالجة ورقلة-غرداية	**94**
65	يوضح مردود ازالة ال NH_4^+ بدلالة الأشهر لمحطتي ورقلة –غرداية	**94**
66	يوضح التطور الزمني لتركيز $N\text{-}NO_2$ للمدخل والمخرج لمحطتي المعالجة ورقلة-غرداية	**95**
67	يوضح مردود ازالة ال $N\text{-}NO_2$ بدلالة الأشهر لمحطتي ورقلة –غرداية	**96**
68	يوضح التطور الزمني لتركيز $N\text{-}NO_3$ للمدخل والمخرج لمحطتي المعالجة ورقلة-غرداية	**98**
69	يوضح مردود ازالة ال $N\text{-}NO_3$ بدلالة الأشهر لمحطتي ورقلة –غرداية	**98**
70	يوضح التطور الزمني لتركيز N_T للمدخل والمخرج لمحطتي المعالجة ورقلة-غرداية	**99**
71	يوضح مردود ازالة ال N_T بدلالة الأشهر لمحطتي ورقلة –غرداية	**99**
72	يوضح التطور الزمني لتركيز PO_4^{-3} للمدخل والمخرج لمحطتي المعالجة ورقلة-غرداية	**101**
73	يوضح مردود ازالة ال PO_4^{-3} بدلالة الأشهر لمحطتي ورقلة –غرداية	**101**
74	يوضح التطور الزمني لتركيز P_T للمدخل والمخرج لمحطتي المعالجة ورقلة-غرداية	**103**
75	يوضح مردود ازالة ال P_T بدلالة الأشهر لمحطتي ورقلة –غرداية	**103**

الـفهـــرس

الإهداء..... II
الشكر..... IV
الملخص..... V
قائمة الاختصارات VIII
قائمة الجداول والأشكال..... X
المقدمة..... 1.

الجزء النظري

الفصل الأول :ملوثات المياه

مقدمة.....3
I-1- عموميات حول المياه الملوثة.....3
I-1-1- تعريف تلوث المياه:.....3
I-1-2- فيما تتمثل مصادر تلوث المياه؟.....4
I-1-2-1-التلوث الطبيعي.....4
I-1-2-2-الملوثات الناتجة عن النشاط الصناعي:.....4
I-1-2-3-الملوثات الناتجة عن النشاط البشري:.....4
I-1-3-أنواع التلوث المائي.....5
I-1-3-1-التلوث الطبيعي:.....5
I-1-3-2-التلوث الكيميائي:.....5
I-1-3-3-التلوث البيولوجي:.....5
I-1-3-4-التلوث الحراري:.....5
I-2-مياه الصرف الصحي:.....5

I-2-1- تعريف مياه الصرف الصحي : 5
I-2-2- مصادر وأنواع مياه الصرف الصحي.....5
I-2-3- خصائص مياه الصرف الصحي 6
I-2-3-1-الخصائص الطبيعية: 7
I-2-3-2-الخصائص الكيميائية : 9
I-2-3-3-الخصائص البيولوجية : 12
I-2-4- مقاييس تصنيف الملوثات في المياه المستعملة :.....13

الفصل الثاني: طرق معالجة المياه العادمة وإعادة استخدامها

مقدمة.....14
معالجة مياه الصرف الصحي :.....14
II-1-طرق ومراحل معالجة مياه الصرف الصحي : 16
II -1-1- المعالجة الفيزيائية: 16
II-1-1-1-المُعالجةاتمهيدية Pre-Treatment : 16
II-1-2-المعالجة الأولية Traitements primaires:.....16
II-1-2-المعالجة البيولوجية(الثانوية):.....17
II-1-2-1-أنظمة المعالجة المركزة:Systèmes de traitement intensifs.....17
II-1-2-2-أنظمة المعالجة الموسعة:Systèmes de traitement extensives.....21
II -1-3- المعالجة الثلاثية (التكميلية): 33
II -1-3-1-المعالجة البيولوجية (المتقدمة):.....33
II -1-3-2-المعالجة الفيزيوكيميائية (المتقدمة):.....35
II -1-3-3-المعالجة الكيميائية (المتقدمة): 36
II -1-4- معالجة الحمأة المصرفة:.....40

II -2- استرجاع وإعادة استخدام المياه العادمة:.....41

الجزء العملي

الفصل الثالث : الطرق والوسائل المستعملة

مقدمة.....43
III. 1- تقديم منطقة محطة الدراسة غرداية - ورقلة:.....43
III. 1- 1 تقديم منطقة محطة الدراسة (غرداية): 43
III. 1-1- دراسة ماخية لمنطقة غرداية : 44
III.1– 2 تقديم محطة التصفية بالعطف – غرداية : 46
III.1–2– 1 خصائص و أبعاد المحطة:.....47
III.1– 2– 2 مراحل المعالجة على مستوى المحطة:.....48
III.1– 2– 2 -1 المعالجة االتمهيدية:.....48
III.1–2– 2 –2 المعالجة الأولية: 49
III.1– 2–2 – 3 المعالجة الثانوية:.....49
III.1–2– 2– 4 معالجة الحمأة: 50
III. 1–3– تقديم منطقة محطة الدراسة (ورقلة) :.....50
III. 1–3–1 دراسة مناخية لمنطقة ورقلة : 51
III. 1–4– تقديم محطة التصفية بسعيد عتبة - ورقلة : 53
III. 1–4–1 خصائص و أبعاد المحطة:.....54
III. 1–4–1 مراحل المعالجة على مستوى المحطة:.....55
III. 1–4–1–1 المعالجة التمهيدية:.....55
III. 1–4–1–2 المعالجة على مستوى الأحواض المهواة (المعالجة البيولوجية):.....57

III. 1–4–1–3- المعالجة النهائية (أحواض المستوى F).....58
III. 1–4–1–4- معالجة الحمأة 59
III. 2– مراحل قياس مستوى الماء و أخذ العينات:.....60
III. 2–1 قياس حجم الماء الداخل والخارج:.....60
III. 2–2 أخذ العينات: 61
III. 3– الوسائط الفيزيوكيميائية المقاسة :.....63
III-3-1-الطلب الكيميائي للأكسجين (DCO): 63
III-3-2-الطلب البيوكميائي للأكسجين (DBO_5) 65
III-3-3- المواد العالقة (M.E.S) : 67
III.. 3–4 تحديد كمية النتريت ($N\text{-}NO_2^-$): 71
III. 3–5 تحديد كمية النترات ($N\text{-}NO_3^-$): 71
III. 3–6 تحديد كمية الأمنيوم ($N\text{-}NH_4^+$):.....72
III. 3–7 تحديد كمية الآزوت الكلي (N_T).....72
III. 3–8 تحديد كمية الأورتو فوسفات (PO_4^{-3}).....73
III. 3–9 تحديد كمية الفوسفور الكلي (P_T).....74
III. 3–10قياس كمية الأكسجين الذائب(O_2 dissous).....75
III. 3–11 قياس الناقلية الكهربائيةة(CE)، درجة الحرارة(T)،الملوحة(Salinité).....76
III. 3–12 قياس الأس الهيدروجيني.....76

الفصل الرابع : النتائج والمناقشة

مقدمة: 77
IV -1- معامل التحليل البيولوجي (K=DCO/DBO5) 77
IV -2- خصائص المياه المستعملة (الخام) لمحطتي ورقلة و غرداية: 78
IV -3- أداء وكفاءة إزالة الملوثات : 80

IV -4-مناقشة النتائج : 81
IV-4-1- تطور درجة الحرارة (T(°C: 81
IV -4-2- تطور الأس الهيدروجيني pH:..... 82
IV -4-3- تطور الناقلية (CE): 83
IV -4-4- تطور الملوحة (Salinité): 85
IV -4-5- تطور الأكسجين المذاب(O2 dissous) 86
IV -4-6-تطور المواد العالقة(M.E.S) : 87
IV -4-7- تطور الطلب الكيميائي للأكسجين (DCO) : 89
IV -4-8- تطور الطلب الحيوي للأكسجين (DBO_5):..... 91
IV -4-9- تطور الأمنيوم ($N\text{-}NH_4^+$) 92
IV -4-10- تطور النيتريت($N\text{-}NO_2^-$) 95
IV -4-11-تطور النيترات($N\text{-}NO_3^-$): 96
IV -4-12-تطور الآزوت الكلي (N_T): 99
IV -4-13-تطور الاورثوفوسفات(PO_4^{-3}) : 100
IV -4-14- تطور الفوسفور الكلي(P_T) : 101
الخاتمة.....104
المراجع 106- 110
الملاحق.....111- 113

المقدمة

المقدمة:

تعد الموارد المائية من أهم المدخلات في الإنتاج الزراعي وان التطور والتوسع الزراعي يتطلب توفير كميات كافية من المياه لتحقيق الأمن الغذائي **[1]** . كما يستعمل الإنسان الماء أيضا في البيوت والمحلات العامة والمؤسسات الصناعية والتجارية والصحية ، ونتيجة لهذه الاستعمالات المتعددة يكتسب الماء الشوائب والأحياء المجهرية ويطلق على هذه المياه التي اكتسبت الملوثات مصطلح مياه الفضلات (Waste water)وتكون هذه مصدرا للإزعاج وخطرا على الصحة العامة وتشويها لجمال الطبيعة [2] ، وتشكل هذه المياه الملوثة خطرا على البيئة إذا تم تصريفها بدون معالجة (أو بمعالجة تفتد للكفاءة من طرف محطات المعالجة) في الأوساط الطبيعية لما تحتويه من ملوثات ومركبات ضارة.

مصادر المياه في الجزائر جد محدودة حيث تقدر ب 19.2 miliard m^3 فقط منها 12.4 miliard m^3 مياه سطحية في حين أنه قد تصل احتياجات المياه في 2020 إلى أكثر من 8.3 miliard m^3 للعام الواحد وهو ما يمثل ضعف حجم التعبئة الحالي**[3]**. في السنوات الأخيرة زاد الحرص على موضوع معالجة مياه الصرف الصحي وهذا تزامنا مع الزيادة المستمرة في استهلاك المياه ،بسبب ارتفاع عدد السكان وزيادة استخدام المنظفات التي تلقى عادة في مياه الصرف الصحي ،تعتبر معالجة المياه العادمة محورًا استراتيجيًا للماء والتوازن البيئي. ونتيجة لذلك ، تم تصميم وإطلاق برامج محطات معالجة مياه الصرف الصحي الرئيسية لحماية الموارد والسواحل . تعمل ONA على تشغيل 154 محطة (75 محطة بالأحواض، و 76 محطة من نوع الحمأة المنشطة و 03 من المرشحات المزروعة) في جميع أنحاء البلاد. أكثر العمليات المستخدمة شيوعًا هي الحمأة المنشطة والبحيرات الطبيعية و عامل الموارد هو السائد بالنسبة لغالبية المحطات. ومع ذلك منذ عام 2006 ، تم دمج عامل استعادة مياه الصرف تدريجيًا في التشغيل لبعض محطات المعالجة ، حيث بلغ حجم المياه المعالجة خلال شهر جانفي (2019) 21 million m^2 **[4]**.ويتوقف نجاح إعادة استخدام هذه المياه المعالجة أو تصريفها في البيئات المستقبلة على جملة من المعايير و الضوابط البيئية المحددة. **ومن هنا نتساءل إن كانت المياه الخارجة من محطتي ورقلة و غرداية تخضع لهذه المعايير أم لا؟**

تعتبر طريقة معالجة مياه الصرف الصحي بالأحواض من أكثر الطرق انتشارا في المناطق الصحراوية ذات المناخ الجاف وهذا يرجع إلى توفر الظروف الملائمة من مناخ ومساحات شاسعة. وفي دراستنا هذه تطرقنا إلى نوعي المعالجة بالأحواض الهوائية والطبيعية لمنطقتي ورقلة و غرداية على الترتيب ،يعتمد مبدأ الأولى على عمل البكتيريا الهوائية المتواجدة على مستوى الأحواض والتي تستهلك الأكسجين المذاب في الماء من أجل أكسدة المواد العضوية حيث يتم تزويد الأحواض بالهواء ميكانيكيا بواسطة مضخات سطحية أو عن طريق نفخ الهواء ، بينما يعتمد مبدأ الثانية على العمل المشترك بين

الطحالب المتواجدة على السطح و التي تقوم بعملية التركيب الضوئي لتنتج الأكسجين والبكتيريا التي تستهلك الأكسجين لتحلل المواد العضوية ،وثاني أكسيد الكربون المتكون من البكتيريا والمعادن المتواجدة في مياه الصرف الصحي يسمح بتكاثر الطحالب، بينما يتواجد في القاع بكتيريا لاهوائية تعمل على تحليل الرواسب الناتجة عن المواد العضوية المترسبة**[5]**.

يهدف هذا العمل أساسا إلى:

- دراسة الخصائص الفيزيوكيميائية لمياه الصرف الصحي المنزلية قبل وبعد المعالجة للتمكن من:

01)-تقييم جودة مياه المحطتين بعد المعالجة ومقارنتها بالمعايير الدولية والوطنية الجزائرية.

02)-تقييم كفاءة الإزالة لقيم محددات التلوث في المياه الواردة إلى محطتي المعالجة قيد الدارسة، ثم المقارنة بين التقنيتين وتحديد أيهما أنجع من حيث إزالة الملوثات.

- دراسة التغيرات الشهرية وبيان تأثيرها على الخصائص الفيزيائية والكيميائية لمياه وحدتي المعالجة تحت الدراسة.

ومن أجل تحقيق هذه الأهداف تطرقنا في عملنا إلى إنجاز مذكرة تحتوي على أربع فصول:

- ✓ الفصل الأول: تطرقنا فيه إلى التحدّث عن ملوثات المياه.
- ✓ الفصل الثاني : تناولنا فيه أهم طرق معالجة المياه العادمة ومجالات استخدامها.
- ✓ الفصل الثالث : قمنا بتقديم منطقتي ومحطتي الدراسة ، وكذا الطرق والمواد المستعملة في مختلف القياسات .
- ✓ الفصل الرابع : عرضنا فيه تحليل ومناقشة للنتائج المتحصل عليها في فترة الدراسة.

الجزء النظري

الفصل الأول :

ملوثات المياه

ملخص الفصل الأول :

تطرقنا في هذا الفصل إلى المياه الملوثة ومصادرها، وخصصنا بالذكر مياه الصرف الصحي تعريفها، مصادرها وأنواعها ،وخصائصها . وتناولنا في الأخير المعايير الجزائرية المسموح بها في عملية الري.

إن الماء مورد أساسي لجميع الأنشطة الاجتماعية والاقتصادية، ومع كثرة الطلب المتزايد على هذا المورد وسوء استخدامه أدى إلى استنزافه وتدهوره مما زاد من نسبة المياه المستعملة الملوثة على حساب المياه العذبة، وفي غضون سنوات قليلة ستنفجر أزمة مياه ذات أبعاد كارثية ما لم تتخذ إجراءات فعالة لمواجهة هذه المشكلة.

I-1- عموميات حول المياه الملوثة:

I-1-1- تعريف تلوث المياه:

أصدرت منظمة الصحة العالمية عام 1961 م التعريف التالي لتلوث المياه : " تغير على الخصائص الطبيعية، والكيميائية ، والبيولوجية للمياه ، يسبب تغير حالتها بطريق مباشر أو غير مباشر بحيث تصبح المياه اقل صلاحية للاستعمالات الطبيعية المخصصة لها ، سواء للشرب ،أو للاستهلاك المنزلي ،أو الزراعي أو غيره " **[6].**

عرفت منظمة الصحة العالمية WHO تلوث المياه بأنه تغير يطرأ على العناصر الداخلة في تركيبه بطريقة مباشرة أو غير مباشرة بسبب نشاط الإنسان ، الأمر الذي يجعل هذه المياه غير صالحة للاستعمال الطبيعي المخصص لها **[7].**

أما بالنسبة للمشرع الجزائري ، فقد عرف هذا النوع من التلوث في الفقرة العاشرة من المادة (4) من القانون رقم 10/03 المتعلق بحماية البيئة في إطار التنمية المستدامة بأنه : " إدخال أية مادة في الوسط المائي،من شأنها أن تغير الخصائص الفيزيائية أو الكيميائية و/أو البيولوجية للماء، و تتسبب في مخاطر على صحة الإنسان، وتضر بالحيوانات والنباتات البرية والمائية وتمس بجمال المواقع،أو تعرقل أي استعمال طبيعي آخر للمياه " **[8].**

التلوث هو إتلاف لنوعية الماء بشكل يقلل من صلاحيته لأغراض محددة، ولهذا فان وجود أي مادة غريبة في الماء لا تجعله ملوثا طالما أنها لا تمنع استخدامه في الغرض المحدد له. والتلوث لا يحدث بإضافة مواد غريبة بل كذلك بنزع عناصر محددة؛ فمثلا عند استخدام ماء البحيرة لتربية الأسماك فان فقدان الأكسجين يجعلها غير صالحة وبهذا تعتبر ملوثة **[9].**

I-1-2- فيما تتمثل مصادر تلوث المياه ؟

تصاب المياه بالتلوث من مصادر متعددة تتوقف على نوعيات المياه وخصائص ومواقع المسطحات المائية. ومن أهم مصادر تلوث المياه ما يلي:

I-1-2-1- التلوث الطبيعي:

التلوث الطبيعي للمياه موجود في كل مكان، وكل زمان، فمخلفات الحيوانات والنباتات تجد طريقها دائما إلى الماء. فكلما تدفقت المياه الجارية على السطح التقطت فضلات عضوية ورواسب معدنية، ومع ازدياد أنشطة الإنسان التي تحد من الغطاء النباتي كقطع الأشجار، زادت نسبة الجريان السطحي ووصول الملوثات الطبيعية العضوية والمعدنية إلى البحيرات، مما ساهم في زيادة التلوث الطبيعي **[10].**

I-1-2-2- الملوثات الناتجة عن النشاط الصناعي:

وهي تشمل المخلفات الناتجة عن المصانع الغذائية والكيميائية والألياف الصناعية، والتي تؤدي إلى تلوث الماء بالدهون والبكتيريا والدماء والأحماض والقلويات والأصباغ والمشتقات النفطية والكيماويات والمواد السامة كالزرنيخ (As) والزئبق (Hg)، والمعادن الثقيلة كالرصاص (Pb) والكادميوم (Cd) الذي يسبب اضطرابات في الجهاز الهضمي والبولي وظهور تشوهات خلقية للأجنة **[11].**

I-1-2-3- الملوثات الناتجة عن النشاط البشري:

- **الصرف الصحي:** تعتبر الملوثات الموجودة في المياه العادمة من أخطر الملوثات فهي تحمل العديد من المسببات المرضية مثل أنواع من البكتيريا والفطريات والفيروسات بالإضافة إلى المنظفات الكيميائية والصابون والمواد العالقة...
- **النشاطات المرتبطة بالمشتقات النفطية:** (استخراج النفط ومشتقاته - استخدام المذيبات في ترسيب النفط في قاع البحر- ناقلات النفط والسفن الكبيرة) عند تسرب النفط إلى المياه يصبح على هيئة طبقة متماسكة تغطي مساحة واسعة وتبدو كما لو كانت عازلا يحول بين الماء وهواء الجو مما يعيق تشبع الماء بالأكسجين الجوي، فتقل نسبة الأكسجين المنحل في المياه وتعيق تلك الطبقة وصول الضوء (تقلل أو تمنع نفاذيته) إلى المياه فتعجز النباتات عن القيام بعملية التركيب الضوئي **[11].**

I-1-3- أنواع التلوث المائي:

يمكن تقسيم تلوث المياه إلى أربعة أقسام رئيسية متمثلة في:

I-1-3-1- التلوث الطبيعي:

وهو التلوث الذي يغير خصائص الماء الطبيعية ويجعله غير مستساغ للاستعمال الإنساني لتغير لونه و مذاقه واكتسابه الرائحة الكريهة.

I-1-3-2- التلوث الكيميائي:

وهو التلوث الذي يصبح فيه الماء ساما نتيجة وجود مواد كيميائية خطرة فيه مثل مركبات الرصاص (Pb) والزئبق (Hg) والزرنيخ (As) والمبيدات الحشرية.

I-1-3-3- التلوث البيولوجي:

ويعني هذا التلوث وجود ميكروبات أو طفيليات في الماء أو وجود أحياء نباتية كالطحالب بكميات كبيرة تسبب تغير طبيعة المياه ونوعيتها وتؤثر في سلامة استخدامها.

I-1-3-4- التلوث الحراري:

وهو تلوث النفايات الصناعية ، حيث تعمل مصانع الحديد والصلب والورق ومحطات الكهرباء والمفاعلات النووية وغيرها على استعمال المياه في عمليات تبريد هذه المصانع ، ثم تقوم بصرف المياه الساخنة في البرك والأنهار والبحيرات مما يؤدي إلى ارتفاع درجة حرارة مياهها ، حيث تتعرض الأحياء الموجودة فيها إلى الخطر **[12].**

I-2- مياه الصرف الصحي:

I-2-1- تعريف مياه الصرف الصحي:

يتم تعريف مياه الصرف الصحي أو المياه العادمة على أنها المياه المستهلكة في الاستخدامات البشرية لتلبية احتياجاتها اليومية، سواء كانت ناتجة عن الاستخدامات المنزلية ، الصناعية ، الزراعية أو التجارية ، والتي تحتوي على مستويات عالية من المواد العضوية ونسب مرتفعة من المواد الكيميائية التي تتكون نتيجة استخدامات المستهلك والمتمثلة في بقايا الطعام وفضلات الإنسان والصابون والمنظفات المختلفة الأنواع ومخلفات المصانع ومياه المنازل... الخ **[13].**

I-2-2- مصادر وأنواع مياه الصرف الصحي:

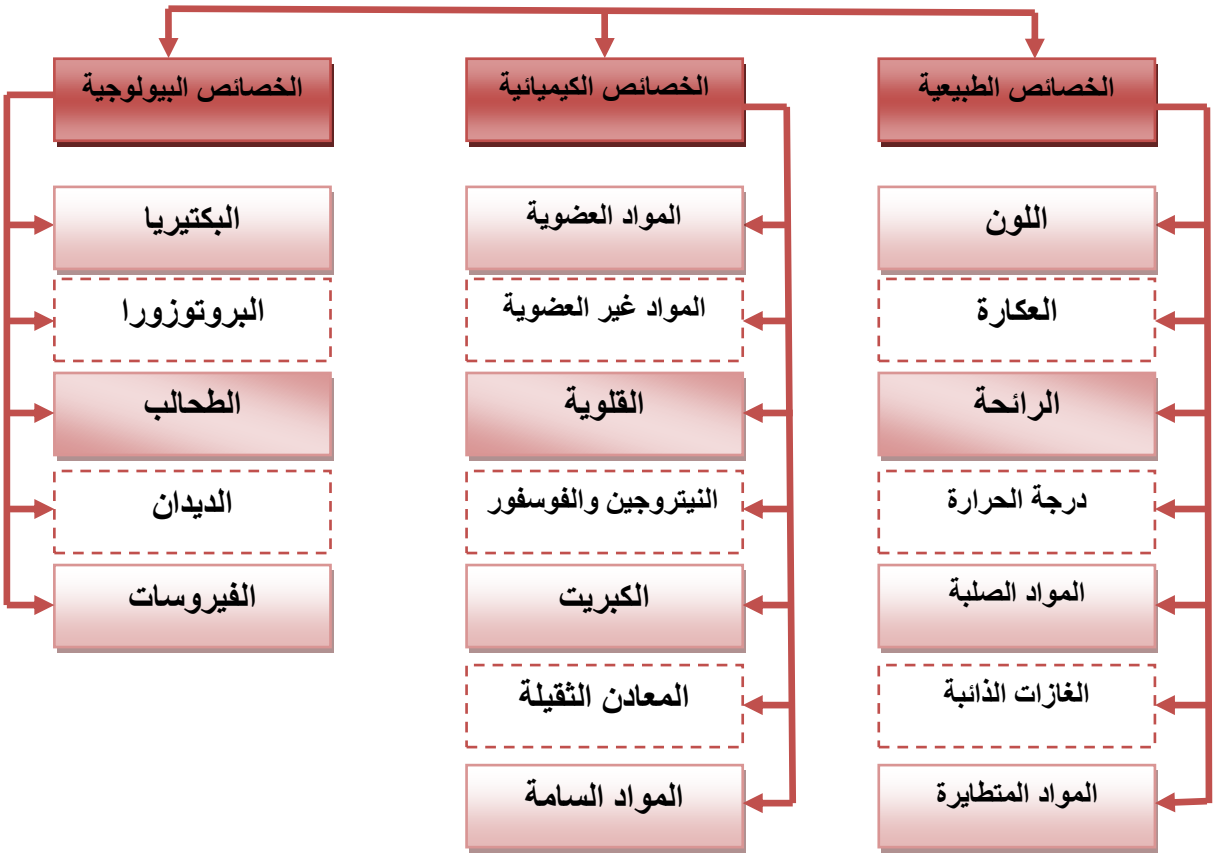
تختلف مصادر مياه الصرف الصحي باختلاف استخدام المياه، وتتنوع بتنوع الاستخدامات البشرية المختلفة، ومن أهم مصادر تلك المياه بالمدن نجد:

- **مياه الإستعمالات للأغراض المنزلية والتجارية** : وتضم التصاريف المنزلية والتجارية وتصاريف المباني العامة كالمؤسسات والفنادق والمطاعم... الخ.
- **المياه المتسربة من الأراضي الزراعية ولاسيما من المياه الجوفية.**
- **مخلفات مياه الأمطار** التي تدخل على شبكة المجاري عن طريق أحواض التفتيش الموجودة في الشوارع.
- **الصرف الصحي للمؤسسات الصحية والمستشفيات** من أخطر أنواع المياه العادمة لاحتوائها على ناقلات الأمراض بما في ذلك الأمراض الوبائية الخطيرة.
- **مخلفات غسل الشوارع وسقي الحدائق العامة والحدائق المنزلية وإطفاء الحرائق [13].**
- **مياه الرشح:** وهي المياه التي تتسرب إلى أنابيب التصريف أو غرف التفتيش.
- **المخلفات السائلة الصناعية:** وهي المخلفات الناتجة من استعمال المياه في عمليات التصنيع المختلفة، وقد تحتوي هذه المخلفات على مواد سامه أو ضارة لذلك يتم ربط المصانع بشبكة التصريف بعد تحقيق شروط معينة **[14].**

I-2-3- خصائص مياه الصرف الصحي:

تُحدَّد نوعية مياه الصرف الصحي حسب خصائصها الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية، فالخصائص الفيزيائية (الطبيعية) تشمل اللون،الرائحة، درجة الحرارة، درجة العكارة، والمحتويات غير المذابة، ومنها المواد الصلبة العالقة والزيوت والشحوم. وتصنف المواد الصلبة إلى مواد صلبة عالقة، مواد صلبة ذائبة، مواد صلبة عضوية متطايرة وغير عضوية ثابتة. ترتبط الخصائص الكيميائية بالمحتويات العضوية لمياه الصرف الصحي، حيث تشمل الطلب البيولوجي الكيميائي على الأكسجين (DBO_5) والطلب الكيميائي على الأكسجين (DCO) ومجموع الكربون العضوي والطلب الكلي على الأكسجين، أما الخصائص الكيميائية غير العضوية فتشمل الملوحة،العُسر،الرقم الهيدروجيني، الحموضة والقلوية بالإضافة إلى المعادن المؤيّنة كالحديد (Fe) والمنغنيز(Mn) ، المواد الأنيونية ومنها الكلوريدات (Cl)، الكبريت (S) ، النيترات (NO_3) ، الكبريتيد (S^{-2}) والفوسفات (PO_4^{-3}).

وتضمّ الخصائص البكتيريولوجية بكتيريا الكوليفورم، بكتيريا الكوليفورم الغائطية، العوامل الممرضة والفيروسات، وتتغير مكونات مياه الصرف الصحي ومستويات التركيز مع الوقت وحسب الظروف المحلية ، ويوضح الشكل رقم (1) مخطط لكافة الخصائص الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية لمياه الصرف الصحي **[15].**



الشكل (1): مخطط لخصائص مياه الصرف الصحي.

ونظرا لأهمية هذه الخصائص في المعالجة سوف نتطرق إليها بالتفصيل :

I-2-3-1- الخصائص الطبيعية:

I-2-3-1-1- اللون (La couleur):

يكون لون مياه الصرف الصحي في بداية سريانه في شبكة الصرف الصحي رمادي حيث تحتوي على مواد برازية وتتحول تدريجيا إلى اللون الداكن عند حدوث التعفن والتحلل اللاهوائي، أما إذا كان لونها خلاف ذلك فهذا يعني اختلاط مياه صرف صناعي بمياه صرف صحي **[15].**

I-2-3-1-2- العكارة (La turbidité):

العكارة هي مقياس لمرور الضوء خلال الماء، ويستخدم كاختبار لقياس مدى جودة مياه الصرف الصحي المعالجة بالنسبة للمواد الرغوية العالقة. عموما فإنه لا توجد علاقة بين درجة العكارة وتركيز المواد العالقة في المياه غير المعالجة ولكن تتوقف درجة العكارة على كمية المواد العالقة ونوعها ولونها

ودقة حبيباتها. وغالبا تقاس العكارة للمياه المعالجة الناتجة كاختبار سريع لجودة المعالجة ومدى احتوائها على مواد عالقة **[15].**

I-2-1-3-2- الرائحة (L'Odeur):

مياه الصرف الصحي الخام لها رائحة مثل رائحة التربة وهي ليست رائحة نفاذة وخاصة عند توفر الأكسجين الذائب في المياه أثناء سريانها في الشبكة، وتتأثر رائحة هذه المياه بقيمة تركيز الأكسجين الذائب فيها؛ ففي حالة نقص الأكسجين الذائب في مياه الصرف الصحي تبدأ البكتيريا اللاهوائية في النمو والنشاط وتأخذ في استهلاك وتحليل المواد العضوية وتحويلها إلى أمونيا (NH_3) وغازات أخرى، فيصبح الماء حينئذٍ ذو رائحة كريهة جداً ويسمى ماءا متعفنا (متحللا)، ويعد غاز كبريتيد الهيدروجين (H_2S) من أكثر الغازات المسببة للرائحة الكريهة في مياه الصرف الصحي. تلجأ بعض محطات المعالجة لتقليل هذه الروائح الكريهة الناتجة باستخدام وحدات تتكون من الكربون النشط لامتزاز الروائح من المياه قبل صرفها إلى المياه المستقبلة إلا أن ذلك يعد مكلفا من الناحية الاقتصادية؛ كما تلجأ محطات أخرى إلى استخدام الكلور(Cl) لمعالجة الروائح الشديدة المصاحبة لمياه الصرف الصحي الخام عند دخولها لمداخل المحطات **[15].**

I-2-1-3-2-4- درجة الحرارة (T):

تكون درجة حرارة مياه الصرف الصحي أعلى قليلا من درجة حرارة الجو المحيط بسبب وجود المخلفات الآدمية وبسبب صرف مخلفات صناعية على الشبكة. ولدرجة الحرارة تأثير واضح على نشاط البكتيريا سواء الهوائية أو اللاهوائية، فزيادة الحرارة تزيد من النشاط البكتيري وذلك إلى درجة معينة يأخذ بعدها النشاط البكتيري في التناقص والهبوط. وبالتالي فإن ارتفاع درجة الحرارة يساهم في إسراع تحلل وتكسير المواد الصلبة العضوية، كما تزداد في هذه الظروف كمية الأجسام الدقيقة الصغيرة المتحللة والتي تكون معلقة داخل المياه مسببة تزايد في عكارتها **[15].**

I-2-1-3-2-5- المواد الصلبة الكلية (TSS):

هي الجسيمات الصلبة الصغيرة التي تبقى عالقة في المياه أو بسبب حركة المياه، وتحمل الملوثات والكائنات الدقيقة المُسببة للأمراض على أسطح هذهِ الجسيمات. تُعتبر قيمة المواد الصلبة العالقة إحدى أهم المؤشرات المُهمة لمدى تلوث المياه.

ومن الناحية العلمية يتم تعريف المواد الصلبة الكلية في مياه الصرف الصحي على أنها كل المواد التي تتبقى بعد التبخر عند درجة حرارة 105 °C ، ويمكن تقسيم هذه المواد إلى مواد صلبة عالقة ومواد صلبة ذائبة (لا يمكن فصلها بالترشيح). والمواد الصلبة العالقة نفسها تنقسم إلى قسمين هما مواد قابلة للترسيب ومواد غير قابلة للترسيب (غروية) **[15].**

I-2-3-2-1-6- المواد المتطايرة (substances volatiles):

تتواجد في مياه الصرف الصحي بعض المواد المتطايرة التي هي في الغالب مواد عضوية ناتجة عن التحلل الهوائي و اللاهوائي لمياه الصرف الصحي خلال سريانها في شبكة الصرف الصحي أو خلال مرورها في وحدات المعالجة المختلفة بالمحطة، ومن أمثلة تلك المواد المتطايرة الأحماض العضوية مثل حمض الخليك (CH_3COOH)، والغازات العضوية مثل غاز الميثان (CH_4) وغاز الأمونيا (NH_3) وغاز كبريتيد الهيدروجين (H_2S) **[15].**

I-2-3-2-1-7- الغازات الذائبة ($GAZ_{dissous}$):

تحتوي مياه المجاري على نسبة صغيرة من الغازات الذائبة ويشكل الأكسجين أهمها ويكون جزءًا أساسيا من المياه الأصلية بالإضافة إلى الجزء الذي يذاب في المياه أثناء تلامسها مع الهواء ويعرف هذا الجزء بالأكسجين المذاب. وتحتوي مياه الفضلات بالإضافة إلى الأكسجين (O_2) على ثاني أكسيد الكربون (CO_2) وغاز كبريتيد الهيدروجين (H_2S) الناتج عن تحلل المواد العضوية وغير العضوية **[16].**

I-2-3-2- الخصائص الكيميائية :

I-2-3-2-1-المواد العضوية (MO):

تتكون المواد العضوية من خليط من الكربون (C) والهيدروجين (H_2) والأكسجين (O_2) وفي بعض الأحيان النيتروجين (N)، هذا بالإضافة إلى بعض العناصر الأخرى المهمة مثل الكبريت (S) والفسفور (P) والحديد (Fe). ومن أمثلة المواد العضوية المتواجدة بكثرة في مياه الصرف الصحي المواد البروتينية الكربوهيدراتية والدهون والزيوت بالإضافة إلى كثير من الكائنات الحية الدقيقة والتي هي في طبيعتها مواد عضوية.

و يمكن تقسيم المواد العضوية من حيث قابليتها للتحلل إلى:

- مواد عضوية قابلة للتحلل بيولوجيا وهي المواد التي يمكن تكسيرها وتحللها بفعل الكائنات الحية الدقيقة.
- مواد عضوية غير قابلة للتحلل بيولوجيا وهي التي لا تتحلل بفعل الكائنات الحية الدقيقة وإنما قد تتحلل بفعل بعض الكيماويات المؤكسدة القوية.
- مواد عضوية غير قابلة للتحلل مطلقا **[15].**

ويتم قياس شدة التلوث بالمواد العضوية من خلال مؤشرين هما:

I-2-3-2-1-1-الطلب الحيوي للأكسجين (DBO_5):

يُعد هذا المؤشر من أكثر مؤشرات التلوث العضوية واسعة الاستخدام في مجال مياه الصرف الصحي، كما يُستخدم كمؤشر لمقياس مدى فعالية محطات معالجة مياه الصرف الصحي، حيث يُمثل مقياسا لكمية الأوكسجين التي تستهلكها الكائنات الدقيقة والبكتيريا لتحليل المواد العضوية الذائبة أو الرغوية، ما يشكل حملا على الوحدات البيولوجية في محطات المعالجة.

ولقياسه تحضن العينة لمدة 5 j عند درجة حرارة 20 °C في وسط مغلق ومعزول عن الهواء، وتتلخص أهدافه فيما يلي:

- تحديد كمية المواد العضوية المنحلة والقابلة للتحلل.
- معرفة قدرة الوسط على القيام بعملية التنقية الذاتية.
- تحديد درجة التلوث العضوي **[17].**

I-2-3-2-1-2- الطلب الكيميائي للأكسجين (DCO):

محتوى الأكسجين الكيميائي مقياس آخر للمكونات العضوية القابلة للتحلل عن طريق الأكسدة بالطرق الكيميائية وذلك للتعرف على الحمل العضوي الكلي للماء. ويعتبر مؤشرا قويا وأسرع للدلالة على وجود المركبات العضوية وكميتها. وبشكل عام فإن قيمة الأكسجين الكيميائي المستهلك لمياه الصرف أعلى من قيمة الأكسجين البيوكيميائي لأن المركبات يمكن أن تتأكسد كيميائيا والبعض فقط يمكن أن يتأكسد بيولوجيا.

وفي الغالب فإن نسبة الأكسجين الكيميائي إلى الأكسجين البيوكيميائي تكون محصورة في المجال [1,5-2]بالنسبة مياه الصرف التي تحتوي على مواد تتحلل بيولوجيا مثل الأغذية. أما مياه الصرف ذات النسب **(DCO/DBO_5)** أعلى من 3 فإنه يمكن اعتبار أن المواد المؤكسدة الموجودة في العينة ليست بيولوجية التحلل. وغالبا ما يطلق على المواد غير المتحللة بيولوجيا موادا حرارية حيث توجد بصفة دائمة في مياه الصرف الناتجة من الصناعات مثل الورق والكيماويات البسيطة **[18].**

I-2-3-2-2- المواد غير العضوية (M_{Inorg}):

تمثل المواد غير العضوية من 25 إلى 55 % من المواد الصلبة الموجودة في مياه الصرف الصحي. وتشمل المواد غير العضوية الموجودة في مياه الصرف الصحي حبيبات الرمل، بالإضافة إلى الأملاح المعدنية مثل أملاح الكلوريدات، الصوديوم (Na) ، البوتاسيوم (K) والكالسيوم (Ca)، كما تشمل كثير من العناصر الثقيلة مثل الرصاص (Pb)، الزئبق (Hg)،الكادميوم (Cd)،الحديد (Fe)، المنغنيز (Mn) والنحاس (Cu). وهناك بعض المواد غير العضوية الذائبة في مياه الصرف الصحي مثل أملاح السيانيد وأملاح الثيوسيانات وأملاح الثيوسلفات. وتضم الخصائص الكيميائية غير العضوية ما يلي **[15]:**

I-2-3-2-2-1- القلوية (L'alcalinité):

تنتج القلوية بمياه الصرف من وجود عناصر الهيدروكسيدات والكربونات والبيكربونات مثل أملاح الكالسيوم (Ca)، المغنزيوم (Mg)،الصوديوم (Na)، البوتاسيوم (K)، الأمونيا (أملاح الكالسيوم والمغنزيوم هما الأكثر انتشارا). يمكن اعتبار السيليكات والفوسفات بالإضافة إلى مركبات مشابهة مكونة لجزء من القاعدية. ويساعد وجود القاعدية في مياه الصرف الصحي على مواجهة التغيرات في الأس الهيدروجيني الناتجة عن تكون الأحماض داخل الهاضمات اللاهوائية، كما يشكل تركيز القاعدية في مياه الصرف الصحي أهمية من حيث التأثير على كلٍ من المعالجة الكيميائية والمعالجة البيولوجية للتخلص من المغذيات (الملوثات) كذلك إزالة الأمونيا باستخدام الأكسدة الهوائية.

I-2-3-2-2-2- الأس الهيدروجيني (pH):

هو أحد العوامل الهامة المؤثرة على حياة الكائنات الدقيقة في المخلفات السائلة. وضبط قيمة الرقم الهيدروجيني هو أحد المهام الرئيسية التي يجب التقيد بها لتوفير البيئة الملائمة للكائنات، وأفضل قيمة للرقم الهيدروجيني هي 7 أي يكون الوسط متعادلا، أما الارتفاع أو الانخفاض الكبير فإنه يؤدي إلى اضطراب في عملية المعالجة، وفي مياه الصرف الصحي تميل القيمة قليلا نحو القلوية أي pH=7.2 تقريبا. كما يعتبر قياس الأس الهيدروجيني أحد أهم الأدلة للتعرف على صرف مخلفات صناعية على شبكة الصرف الصحي **[15].**

و أنَ مياه الصرف الصحي التي قيمتها أعلى من المُحددات البيئية من الصعوبة مُعالجتها بيولوجياً، وتتأثر قيمة (pH) بالغازات الذائبة مثل غاز ثنائي أكسيد الكربون (CO_2) و كبريتيد الهيدروجين (H_2S) و الأمونيا (NH_3)، فضلاً عن كمية الهائمات النباتية والطحالب الموجودة في المياه **[17].**

I-2-3-2-2-3- الناقلية الكهربائية (CE):

الناقلية هي الخاصية التي يتمتع بها الماء لتعزيز مرور التيار الكهربائي، يرجع ذلك إلى وجود أيونات متحركة في وسط كهربائي في حين يعتمد على طبيعة هذه الأيونات الذائبة وتركيزها، وتقاس الناقلية الكهربائية بوحدة (S/m) **[19].** هذه الخاصية تقدم مؤشرا دقيقا لمحتوى الأملاح الذائبة (ملوحة الماء)، وقياسها يجعل من الممكن تقييم التمعدن الكلي للمياه **[20].**

I-2-3-2-2-4- الكلوريدات (Chlorures):

تركيز الكلوريدات في المخلفات السائلة يكون عادة أكبر من تركيزها في مياه الشرب نتيجة لاستخدام كلوريد الصوديوم (ملح الطعام) في النشاط الآدمي باستمرار، وربما أضيفت عن طريق الرشح من المياه الجوفية على شبكة الصرف الصحي، أو صرف مخلفات صناعية، ولا تتأثر أملاح الكلوريدات بالمعالجة الطبيعية أو البيولوجية. كما أن زيادة الكلوريدات في المخلفات تضر الإنشاءات والتركيبات المعدنية **[15].**

I-2-3-2-2-5- الفوسفات الكلي (Phosphates total):

مركبات الفوسفات مركبات ثابتة حيث تبقى آثارها طويلا. كما أنها تتسم بأثرها السام على كل من الإنسان والحيوان، وقد تبين أن زيادة نسبة مركبات الفوسفات في المياه تسبب نمو الطحالب والكائنات المائية والذي يمكن أن يصل بهذه المياه إلى درجة تشبع غذائي حيث تتحول إلى مستنقعات مائية خالية من الأكسجين **[18].**

I-2-3-2-2-6- النيترات (NO_3^-):

وجود المركبات النيتروجينية مثل نيترات الكالسيوم و نتيرات الأمونيوم بتركيزات عالية في مياه الصرف الصحي المعالجة والتي يعاد استخدامها في الري يؤدي إلى تراكمها في التربة الزراعية، حيث النبات لا يستطيع استهلاك كل كمية النيترات وبالتالي تنتقل النيترات مع مياه الري ومياه الأمطار إلى المياه الجوفية. و الفائض من مركبات النيترات يتحول إلى أيون النيتريت الذي يؤدي إلى تسمم الدم **[18].**

I-2-3-2-2-7- النيتريت (NO_2^-):

أيون النيتريت أيون غير ثابت ويزداد نشاطه الكيميائي الذي يعطي له صفة السمية المميزة، والنيتريت يتكون من تحول جزء من النيترات إلى النيتريت. وأيون النيتريت يتفاعل مع الأمينات الموجودة في أجسام الكائنات الحية ليعطي مركبات النتروزامين وهي مركبات شديدة السمية ووجودها في جسم الإنسان يمثل خطورة كبيرة حيث تتسبب في حدوث الأورام في كل من المرئ والمعدة والبنكرياس والكبد والرئتين **[18].**

I-2-3-2-2-8- الكبريت (S):

يوجد الكبريت في المخلفات السائلة على هيئة كبريتيد الهيدروجين (H_2S) أو الكبريتات (SO_4) وفي تكوين المواد العضوية تتأكسد الكبريتيدات بيولوجيا في وجود الهواء الجوي مكونة حمض الكبريتيك الذي يهاجم المنشآت الإسمنتية والشبكات. كما يتم اختزال الكبريتات أيضاً في غياب الأكسجين الذائب إلى كبريتيد الهيدروجين (H_2S) وهو غاز خانق وقابل للانفجار إذا زاد تركيزه في الهواء. كما أنه يسبب الرائحة الكريهة المميزة لمياه الصرف الصحي، وإلى جانب ذلك هو يستهلك جزءا من الأكسجين اللازم للعمليات الحيوية في محطات المعالجة البيولوجية **[15] .**

I-2-3-2-3- الخصائص البيولوجية:

يقصد بالخصائص البيولوجية ما تحتويه مياه الصرف الصحي من الكائنات الحية الدقيقة، فبالإضافة إلى المحتويات السابق ذكرها؛ تحتوي مياه الصرف الصحي على كثير من الكائنات الميكروسكوبية الدقيقة، والتي يوجد منها أعداد بالآلاف وربما بالملايين في كل ميلليلتر من مياه الصرف الصحي. إلا أن

غالبية أنواع هذه الكائنات غير ضار بل على العكس إن بعضها ضروري وله دور هام في عمليات المعالجة المختلفة وذلك فيما يتعلق بتثبيت المواد الصلبة العضوية وأكسدتها وتحويلها إلى مواد صلبة ثابتة غير عضوية **[15].**

I-2-4- مقاييس تصنيف الملوثات في المياه المستعملة :

تتضمن الجريدة الرسمية اَلحاملة لَلعدد 41 والصادرة بتاريخ الأحد 25 شعبان 1433هـ وَالموافق ل 15 جويلية 2012م قيم الحد الأقصى لمعايير مياه الصرف الصحي المعالجة الموجهة لَلري وَالموضحةَ في الجدول أدناه **[21]:**

الجدول (1): قيم الحد الأقصى لمعايير مياه الصرف الصحي المعالجة الموجهة للري.

المقاييس		القيمة
الفيزيائية	درجة الحرارة (T)	30 °C
	الأس الهيدروجيني (pH)	6,5 ≤PH≤ 8,5
	الناقلية الكهربائية (CE)	3 ds/cm
	المواد العالقة (MES)	30 mg/l
الكيميائية	الطلب الحيوي للأكسجين (DBO_5)	30 mg/l
	الطلب الكيميائي للأكسجين (DCO)	90 mg/l
	النيترات (NO_3^-)	30 mg/l

الفصل الثاني:

طرق معالجة المياه العادمة وإعادة استخدامها

ملخص الفصل الثاني :

استعرضنا في هذا الفصل موضوع معالجة مياه الصرف الصحي الحضرية متطرقين إلى الأهداف المبتغاة من هذه المعالجة، و إلى أهم الطرق المتبعة فيها بصفة عامة وطريقتي البحيرات المهواة والطبيعية بصفة معمقة. لنختتم الفصل بمجالات إعادة استخدام هذه المياه.

لقد كانت العمليات الطبيعية التي تحدث في البيئة كافية للتحكم في تلوث الماء كالتنقية الذاتية للأنهار والبحيرات إلا أنه مع الزيادة الحادة المطردة في مصادر التلوث وكميته ، وتنوع الملوثات التي تلقى في المسطحات المائية ، لم تعد العمليات الطبيعية كافية لتنقية الماء. وكان لابد من تدخل الإنسان للحد من هذه الملوثات الضارة. مما دفع العلماء إلى البحث عن طرق ووسائل تكفل التقليل من حجم الملوثات الملقاة، والتحكم في نوعية بعضها والسيطرة عليها والحد من تأثيراتها. ومن أهم الأساليب التي تقلل من الملوثات التي تصرف على المسطحات المائية هي **[10]:**

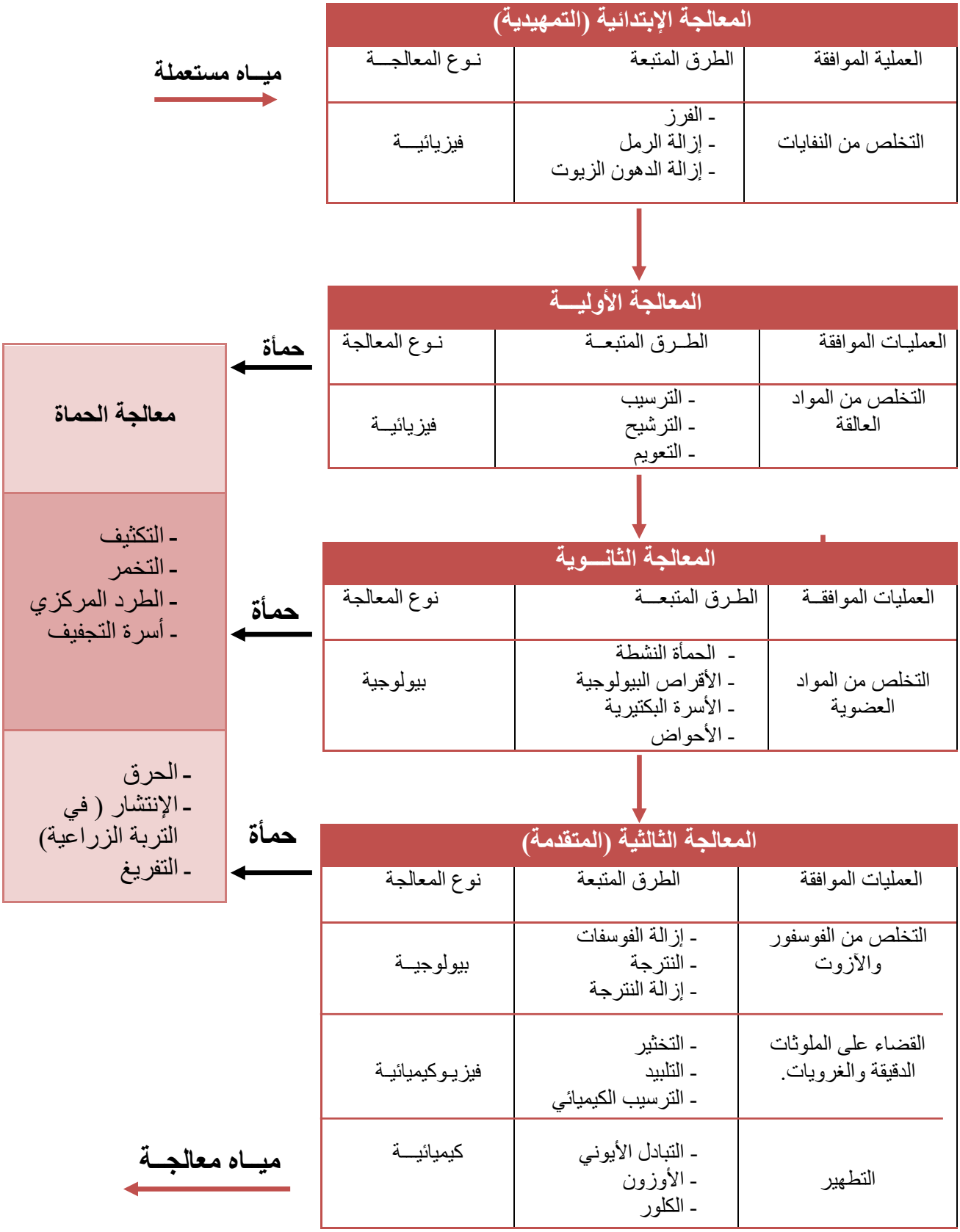
✓ معالجة مياه الصرف الصحي:

تشمل معالجة المخلفات البلدية والتي تعرف بمياه الصرف الصحي مجموعة من العمليات الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية التي تتم فيها إزالة المواد الصلبة والعضوية والكائنات الدقيقة أو تقليلها إلى درجة مقبولة ، وقد يشمل ذلك إزالة بعض العناصر الغذائية ذات التراكيز العالية مثل الفوسفور والنيتروجين في تلك المياه.

وتكمن الأهداف الرئيسية لمعالجة مياه الصرف الصحي في ما يلي:

- المحافظة على المنشآت العمرانية وعلى التربة من خطر وجود المياه الطافية والراكدة على سطح الأرض.
- منع تلوث البيئة بالكائنات الدقيقة الممرضة كالبكتيريا والفيروسات والجراثيم والمخلفات الضارة في مياه الصرف.
- منع تلوث المياه الجوفية.
- المحافظة على مصادر المياه النقية من التلوث بمياه الصرف.
- استعمال المياه المعالجة في أغراض مختلفة.

يمكن تقسيم تلك العمليات حسب درجة المعالجة إلى عمليات تمهيدية، أولية، وثانوية مختتمة بعملية تطهير للقضاء على الأحياء الدقيقة في نهاية مراحل المعالجة. كما يوضحها الشكل رقم (2):



الشكل (2): طرق معالجة مياه الصرف الصحي **[22].**

II-1- طرق ومراحل معالجة مياه الصرف الصحي:

II-1-1- المعالجة الفيزيائية:

تهدف إلى التخلص من المواد الكبيرة، الرمال، المواد المعدنية والمواد القابلة للترسيب، إضافة إلى الشحوم والزيوت.

بعض المراجع تقسم هذه المعالجة إلى مرحلتين جزئيتين **[23]:**

II-1-1-1- المُعالجة التمهيدية Prétraitement :

الهدف من المعالجة التمهيدية هو استخراج المواد الأكثر خشونة (الأغصان، الأوراق والأقمشة...) والعناصر التي يحتمل أن تتداخل مع المراحل اللاحقة من المعالجة وتشمل **[24] :**

II-1-1-1-1- الفرز: للاحتفاظ بالنفايات الضخمة باستخدام سلسلة من الشبكات (2 إلى 4). تودع المخلفات التي تم جمعها في مكب النفايات.

II-1-1-1-2- إزالة الرمل: لمنع الرواسب في الأنابيب ، وحماية الأجزاء الميكانيكية (المضخات) من التآكل وتجنب إزعاج المراحل الأخرى من المعالجة. تتم إعادة تدوير الرمال التي يتم تجميعها عمومًا عن طريق الكشط في أسفل الخزان.

II-1-1-1-3- إزالة الشحوم و الزيوت: لتجنب تلوث المحطة بالمواد الدهنية. تنفذ هذه العملية في نفس الحوض من مرحلة إزالة الرمال، ويتم استرداد الدهون والزيوت على السطح. ثم يتم حرق المركبات المجمعة (في حالة معالجة مياه الصرف الصحي في المناطق الحضرية) أو إعادة تدويرها لتصنيع الصابون أو المنظفات (في حالة بعض النفايات الصناعية السائلة) حسب نوعيتها.

II-1-1-2-المعالجة الأولية Traitements primaires:

الغرض من هذه المعالجة هو إزالة المواد العضوية والمواد الصلبة غير العضوية القابلة للفصل من خلال عملية الترسيب ونسبة من المواد العالقة، وتحتوي الوحدة الخاصة بالمعالجة الأولية على أحواض الترسيب بالإضافة إلى المرافق الموجودة في وحدة المعالجة التمهيدية ، وربما تحتوي أيضا على وحدات تغذية لبعض المواد الكيميائية إضافة إلى أجهزة لخلط تلك المواد مع المياه. وتشمل العمليات التالية:

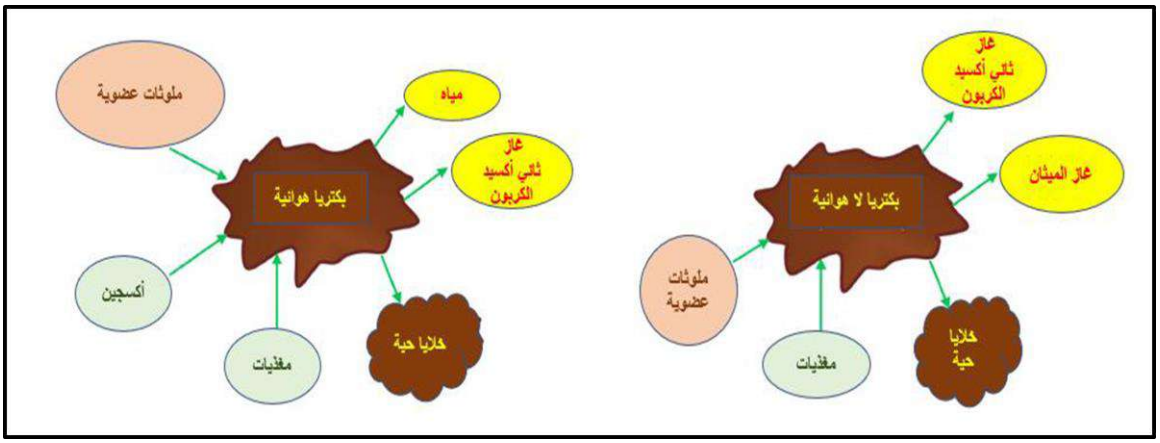
II-1-2-1- الترسيب: مبدأ الفصل بين السائل والصلب هو الجاذبية وتهدف هذه الطريقة لفصل المواد العالقة أو الغروية عن السائل من خلال ترسيبها في الأحواض.

II-1-2-2- الترشيح: تتم هذه العملية من خلال مرور الخليط صلب- سائل عبر وسط مسامي (مرشح)، فيحتجز المواد الصلبة (كعكة الترشيح) ويسمح للسائل بالمرور (رشاحة).

II-1-2-3- التعويم: على عكس الترسيب ، فإن التعويم هو عملية فصل سائل-صلب أو سائل-سائل يتم تطبيقه على الجسيمات التي تكون كثافتها الفعلية أو الظاهرية أقل من كثافة السائل الذي يحتوي عليها **[24].**

II-1-2-2- المعالجة البيولوجية:

تعتمد هذه العملية على النشاط البيولوجي في التخلص من الملوثات من المواد العضوية (الغروية أو الذائبة) القابلة للتحلل بيولوجيا. وتتم هذه العملية من خلال تحويل الملوثات إلى غازات تتسرب إلى الهواء الخارجي، أو إلى نسيج الخلايا البيولوجية (الحمأة) التي يمكن التخلص منها عن طريق الترسيب ، كما تستعمل أيضا في التخلص من المغذيات (النيتروجين والفوسفور). يمكن أن تكون عمليات المعالجة البيولوجية هوائية أو لاهوائية حسب البكتيريا المستخدمة، والهدف من كلتا الطريقين هو نفسه. يبين الشكل (3) مخطط لطريقة عمل المعالجة البيولوجية الهوائية و اللاهوائية **[25].**



الشكل (3) : مخطط لطريقة عمل المعالجة البيولوجية الهوائية و اللاهوائية.

تستخدم المعالجة البيولوجية على نطاق واسع في تلوث المياه وبالتالي إعادة بناء نظام بيئي مبسط ومنتقى باستخدام الكائنات الدقيقة من البكتيريا والطفيليات. لذلك فإن التنقية البيولوجية تتكون من تعزيز تكاثر هذه الكائنات الدقيقة لاستخدام خصائصها الرائعة و الإستثنائية في الظروف الأنسب للنتيجة المرجوة، اعتمادًا على موقع البكتيريا المطهرة في المفاعل الحيوي، هناك نظامين **[22].**

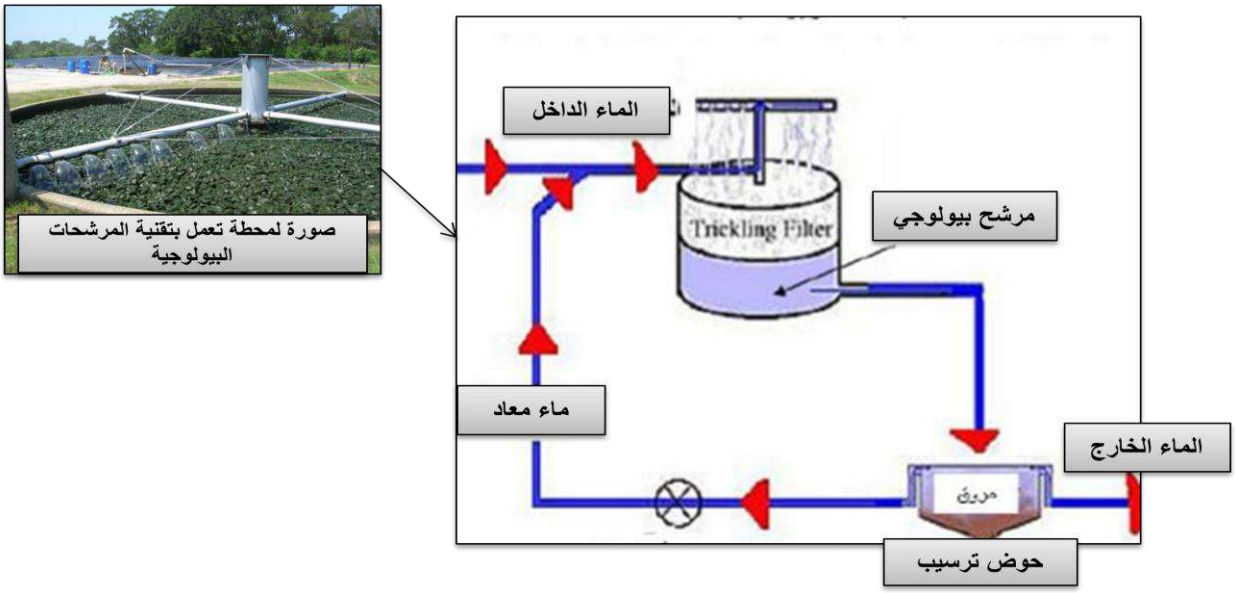
II-1-2-1-أنظمة المعالجة المركزة: (Systèmes de traitement intensif)

من التقنيات الأكثر تطورا في محطات معالجة مياه الصرف الصحي في المناطق الحضرية هي العمليات البيولوجية المكثفة (المركزة)، مبدأ هذه العملية هو توفير مساحات صغيرة وتكثيف ظاهرة التحويل وتدمير المواد العضوية ، ومن أهم الطرق الرئيسية المستخدمة نذكر:

- ✓ المرشحات البيولوجية.
- ✓ الحمأة النشطة.
- ✓ الأسرة البكتيرية .
- ✓ الأقراص البيولوجية **[5].**

II-1-2-1-1- المرشحات البيولوجية:

تتكون وحدات المرشحات البيولوجية من أحواض ذات جدران وقاع غير نفوذة دائرية أو مربعة الشكل مملوءة بالحصى حيث يتم توزيع مياه المجاري (بعد خروجها من حوض الترسيب الابتدائي) بواسطة مواسير مثقبة تدور بسرعة محددة، وأثناء دورانها تندفع المياه من الثقوب وتسقط على سطح المرشحات فتتخلل فجوات الحصى مكونة طبقة شبه هلامية على سطح الحصى، حيث تحتوي هذه الطبقة الهلامية على ملايين البكتيريا والكائنات الدقيقة التي تقوم بامتصاص الأكسجين) الموجود في الهواء المتخلل لمسام الحصى (لتؤكسد المواد العضوية وبين فترات وأخرى تفقد المواد الهلامية قدرتها على الالتصاق بحبيبات الحصى وتندفع مع الماء مما يستوجب استعمال أحواض ترسيب ثانوية تلي المرشحات لحجز هذه المواد **[26].**

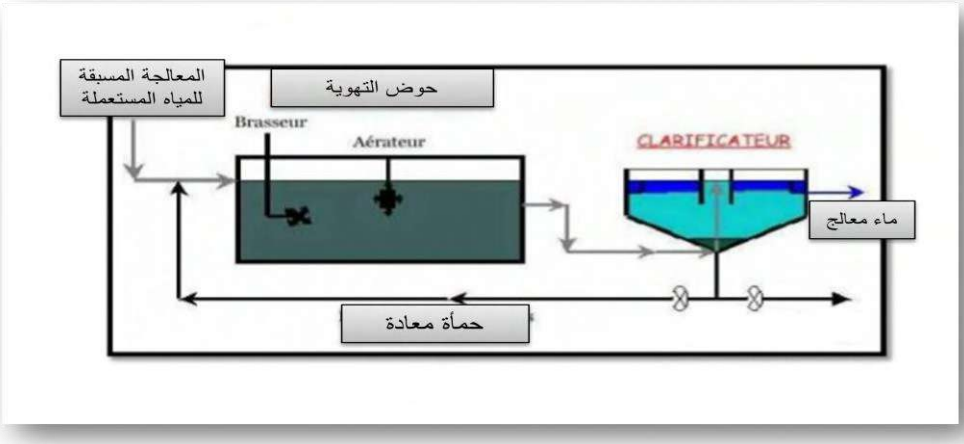


الشكل (4): محطة معالجة تعمل بتقنية المرشحات البيولوجية.

II-1-2-1-2-الحمأة المنشطة:

الحمأة المنشطة هي أنجح معالجة بيولوجية هوائية **[27].** استعملت الحمأة المنشطة لأول مرة في انكلترا في مدينة مانشستر وهي من الطرق الرئيسية المستعملة في معالجة مياه الصرف وحديثاً أصبحت تستعمل في عملية النترجة وإزالة النتروجين بطرق منقوصة الأوكسجين ولا هوائية لإزالة الفوسفور **[28].**

يُعتبر نظام معالجة المياه العادمة باستخدام مبدأ الحمأة المنشطة من أكثر الأنظمة شيوعًا. ويعود سبب هذه التسمية إلى كون الحمأة المنشطة (الكائنات الحية الدقيقة) تختلط مع مياه الفضلات اختلاطًا تامًا أثناء تثبيت المادة العضوية فيها هوائيا **[16].** تعتمد هذه العملية على تنشيط الكائنات الحية الدقيقة ، إذ تتم بتهوية وتقليب المخلفات السائلة بعد مرورها في أحواض الترسيب الابتدائي وبعد خلطها بنسبة معينة من الحمأة التي سبق تنشيطها ، والتي تحتوى على أعداد كبيرة من البكتيريا والكائنات الدقيقة حيث تنشط وتقوم بأكسدة المواد العضوية كما أن التقليب المستمر يساعد على تخثر المواد العالقة وتجميعها في كتل كبيرة نسبياً يسهل ترسيبها في أحواض الترسيب الثانوي التي تتلقى المياه الخارجة من أحواض التهوية. وفى طريقة الحمأة المنشطة يضاف جزء من الحمأة إلى حوض التهوية ويخلط بالمياه العادمة أما الباقي فيجب التخلص منه **[26].**

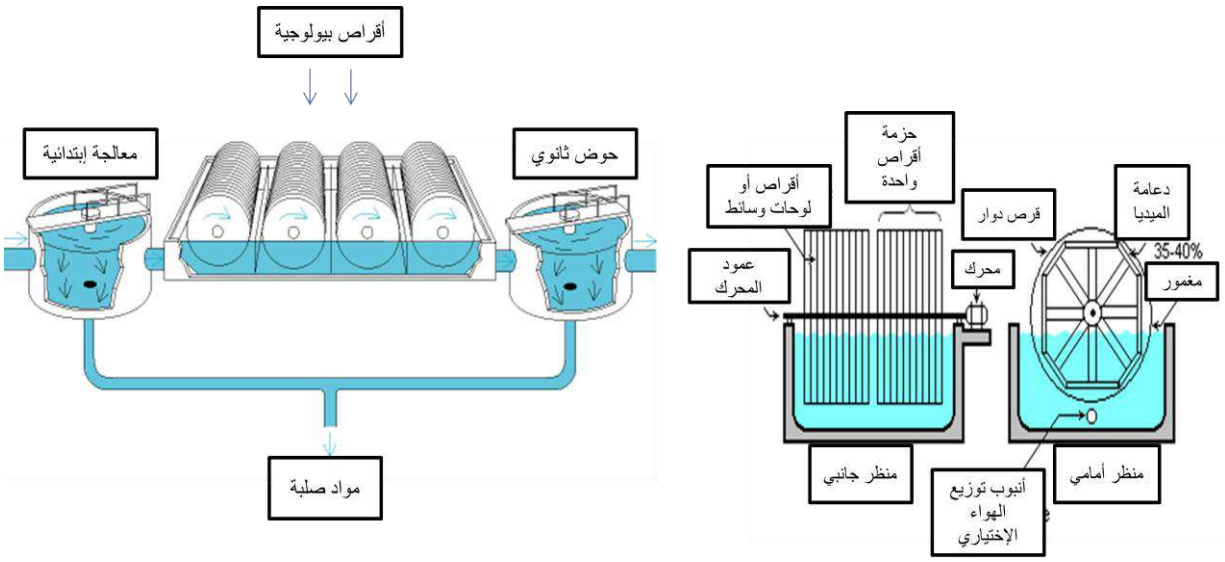


الشكل (5): رسم تخطيطي لمحطة معالجة تعمل بتقنية الحمأة المنشطة.

II-1-2-1-3- الأقراص البيولوجية الدوارة:

هي نظام النمو الملتصق وهي عبارة عن أقراص دائرية خفيفة الوزن تتحرك بسرعة بطيئة مغمورة جزئيا في حوض قاعدته على شكل أسطواني به مياه الصرف الصحي، وتصنع هذه الأقراص من بعض

أنواع البلاستيك (مثل البولسترين أو الكلوريد المتعدد الفينيل) وأثناء الحركة الدائرية للأقراص تكون مغمورة إلى أسفل عمود الدوران المثبت في مركزها، بحيث ينغمر 40-45 % من مساحة سطحها في مياه الصرف الصحي أثناء الدوران، و نتيجة لهذا الدوران فإن جميع أسطح الأقراص الدوارة تتكون عليها طبقة لزجة من المواد العضوية والبكتيريا. هذه الطبقة البيولوجية يتراوح سمكها من 1 mm - 4 mm ، تسقط من على سطح الأقراص الملتصقة عليها كلما زاد سمكها بدرجة ، كما تعتمد درجة التساقط هذه على سرعة الدوران، وتحتاج هذه الطريقة مثل وحدات المعالجة البيولوجية لأحواض ترسيب نهائي.

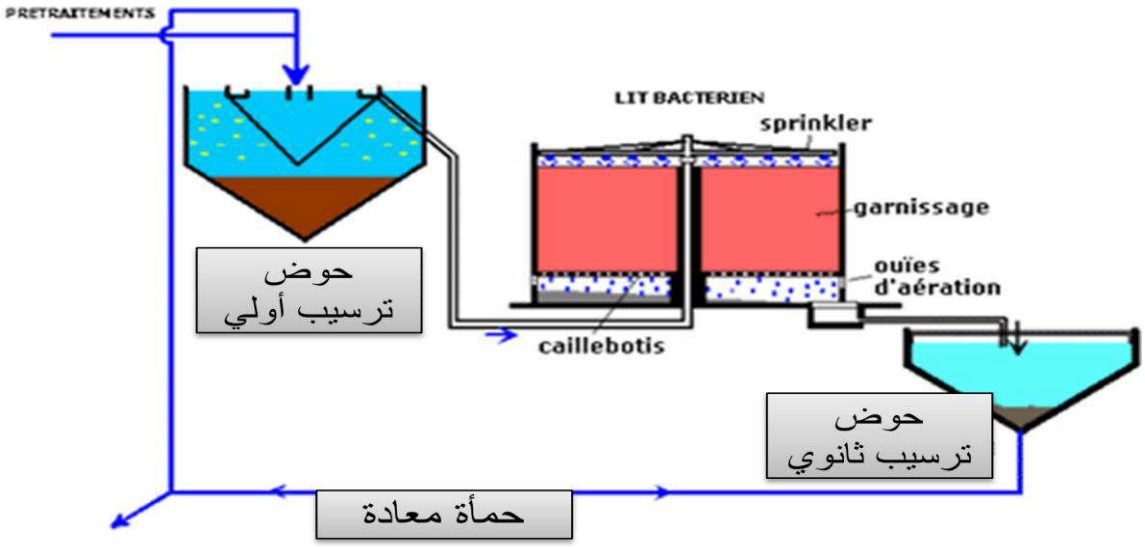


الشكل (6): رسم تخطيطي لمحطة معالجة تعمل بتقنية الأقراص البيولوجية الدوارة.

II-1-2-1-4- الأسرة البكتيرية (المراشح النضّاضة):

المرشّح النضّاض من أكثر عمليّات المعالجة البيولوجية الهوائية استخداماً لإزالة المواد العضوية من المياه العادمة. ويتكوّن هذا النوع من الأنظمة من طبقةٍ نفوذة تثبّت المتعضّيات الصغيرة على سطحها، بحيث تشكل طبقةً من الطين البيولوجي، تترشّح المياه عبرها. يتكوّن المرشّح عادةً من حجر أو مادة حشو بلاستيكية. وتتحلل المواد العضويّة الموجودة في المياه العادمة عبر امتزازها على طبقة الطين البيولوجي. وفي القسم الخارجي لطبقة الطين هذه تتحلل المواد العضوية عن طريق المتعضّيات الصغيرة الهوائية. وعندما تنمو المتعضّيات الصغيرة تزيد سماكة طبقة الطين ويستنفد الأكسجين قبل أن يدخل إلى عمق الطبقة، بحيث تكوّن بيئة لا هوائية قرب سطح المرشّح. وكلما ازدادت سماكة طبقة الطين تبدأ المواد العضوية بالتحلل قبل الوصول إلى المتعضّيات الصغيرة الموجودة على سطح المرشّح، فتموت هذه المتعضّيات وتنجرف مع المياه المتدفّقة، ثمّ تنمو طبقة جديدة من الطين مكان الطبقة السابقة وهذا يُعرف بالسلخ.

تجمَّع المياه المعالجة في مصرفٍ سفليّ بعد مرورها عبر المرشّح بالإضافة إلى المواد الصلبة البيولوجية التي انسلخت عن الوسط. بعدها تمرّ المياه المجمّعة إلى خزّان الترسيب حيث تنزع المواد الصلبة، ثمّ يُعاد استخدام جزءا من المياه المعالجة لتخفيف تركيز المياه العادمة الداخلة والحفاظ على طبقة الطين البيولوجية رطبة **[30].**



الشكل (7): رسم تخطيطي لمحطة معالجة تعمل بتقنية الأسرة البكتيرية.

II-1-2-2- أنظمة المعالجة الموسعة: (Systèmes de traitement extensif)

طرق المعالجة الموسعة هي الأنظمة التي تقوم بالتنقية باستخدام النباتات المثبتة على دعامة جيدة أو الحرة في وجود الطاقة الشمسية لإنتاج الأكسجين عن طريق عملية التركيب الضوئي، ومن محاسن هذا النوع من الطرق أنه يمكن تشغيلها دون الحاجة للكهرباء باستثناء طريقة الأحواض المهواة كونها تحتوي على مضخات هوائية. بالإضافة إلى أن هذه الطرق تحتاج مساحات شاسعة على عكس الطرق المذكورة سابقا **[5].**

غالبًا ما تُفضل المعالجة الموسعة على المعالجة التقليدية لمعالجة المياه العادمة في المجتمعات الصغيرة والمتوسطة ، والسبب في هذا التفضيل هو موثوقيتها وبساطة إدارتها وتكاليف التشغيل المنخفضة **[31].**

II-1-2-2-1- المعالجة بالبحيرات: يتم توجيه المياه المصبوبة إلى البحيرات التي تتم فيها المعالجة البيولوجية. الغرض الرئيسي منها هو القضاء على النيتروجين (N) والفوسفور (P) والمواد العضوية الزائدة. تعيد البحيرة تكوين العملية الطبيعية للتنقية الذاتية. يتم تحقيق التنقية عن طريق البحيرة من خلال التوازن البيولوجي الذي تشارك فيه البكتيريا، العوالق الحيوانية، الطحالب، أحيانًا النباتات المائية.

تعتمد البحيرة على إنشاء تدفق بطيء للجاذبية لمياه الصرف في العديد من الأحواض الضحلة المغطاة بعازل للقضاء على خطر التسرب إلى المياه الجوفية. يتم الحصول على التنقية الفعالة من خلال تمرير المياه على التوالي عبر الأحواض المختلفة التنقية. يتم ترشيح المياه عن طريق سلسلة من النباتات المائية والعوالق الدقيقة والحصى **[32].**

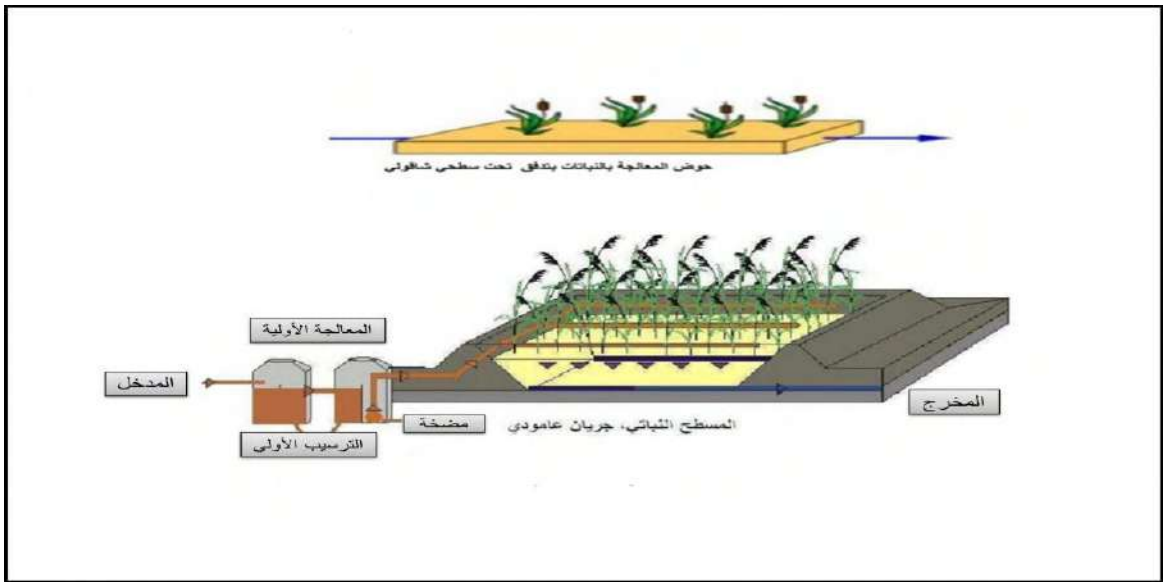
II-1-2-2-2-1- أنواع بحيرات (أحواض) المعالجة:

II-1-2-2-2-1-1- أحواض المعالجة بالنباتات (Procédé de phytépuration):

تعتمد تكنولوجيا المعالجة بالنباتات على العمليات الفيزيائية و الكيميائية التي تحدث في وسط بيئي مناسب (المياه، التربة، النباتات المائية ، البكتيريا ، والهواء) فالنباتات تقوم بامتصاص المواد المغذية (الفسفور و الآزوت) وتقوم البكتيريا التي تنمو على الأجزاء المغمورة من النباتات بتخليص المياه العادمة من المواد العضوية الكربونية. يتم في هذه الطريقة التمييز بين نوعين من الأراضي **[24]:**

II-1-2-2-2-1-1-1- الأراضي الرطبة ذات الجريان تحت الشاقولي:

يتألف الحوض من ثلاث طبقات (حصى بتدرج مناسب، رمل). يتم توزيع المياه على الطبقة السطحية عبر شبكة أنابيب بواسطة الضخ، فتتحرك المياه شاقوليا عبر الفلتر الرملي و جذور النباتات لتعالج وتجمع في أسفل الحوض وتسحب عبر أنابيب دريناج في الطبقة السفلية إلى خارج الحوض.

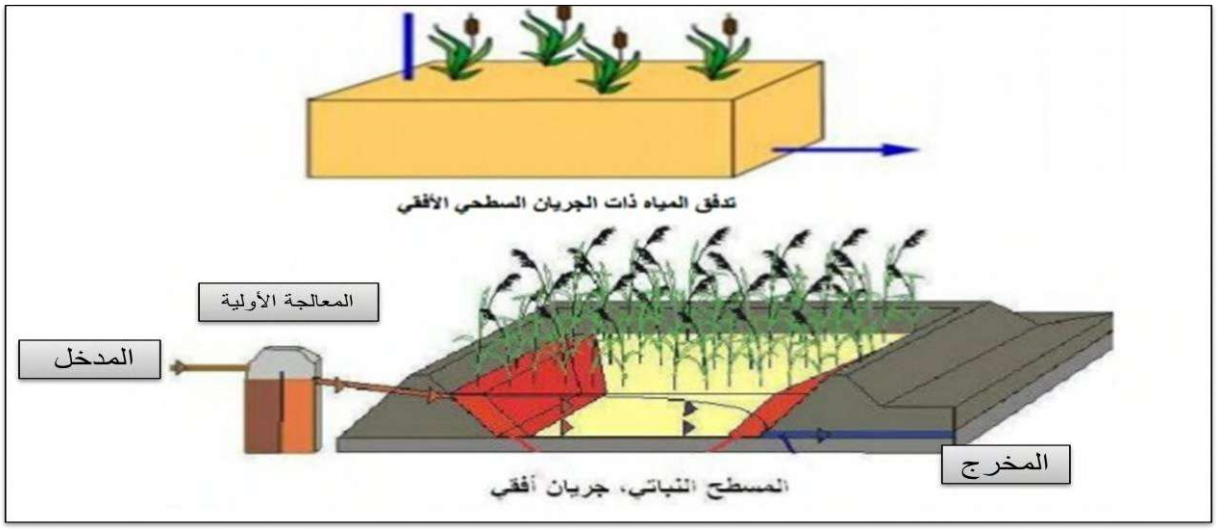


الشكل (8): حوض النباتات ذات الجريان تحت السطحي الشاقولي.

II-1-2-2-2-1-2- الأراضي الرطبة ذات الجريان الأفقي:

يتألف الحوض بشكل أساسي من الرمل، وتوضع الحصى على مدخل ومخرج الحوض (مكان تغذية الحوض و مكان سحب المياه المعالجة فقط). يتم توزيع المياه عند مدخل الحوض بدون ضخ، حيث تتحرك المياه أفقيا عبر الفلتر الرملي وجذور النباتات لتعالج وتجمع في أسفل الحوض من الجهة المقابلة السفلية للمخرج.

ملاحظة: في كثير من الأحيان يتم الدمج بين الجريانات الشاقولية و الأفقية.



الشكل (9): حوض النباتات ذات الجريان السطحي الأفقي.

II-1-2-2-2-1-2- الأحواض الطبيعية (Lagunages naturels):

يعتبر نظام برك التثبيت (الأكسدة) من أكثر الطرق استخداماً من حيث الكفاءة في معالجة مياه الصرف الصحي. يعتمد على أقل التقنيات و البساطة في الإنشاء و التشغيل و التكلفة المنخفضة وخاصة في المناطق ذات المناخ الدافئ مثل المناطق الجافة و شبه الجافة **[33].**
و نظرا لأن هذا النوع من التنقية مرتبط مباشرة بما تحويه الرسالة المقدمة سوف نتطرق له بالتفصيل.

II-1-2-2-2-1-2- تعريف:

برك تثبيت المخلفات السائلة (مياه الصرف الصحي) هي عبارة عن برك كبيرة ضخمة محاطة بسدود ترابية، يتم فيها تثبيت المخلفات السائلة لمدة تتراوح من (4 إلى j 100) اعتمادا على درجات الحرارة

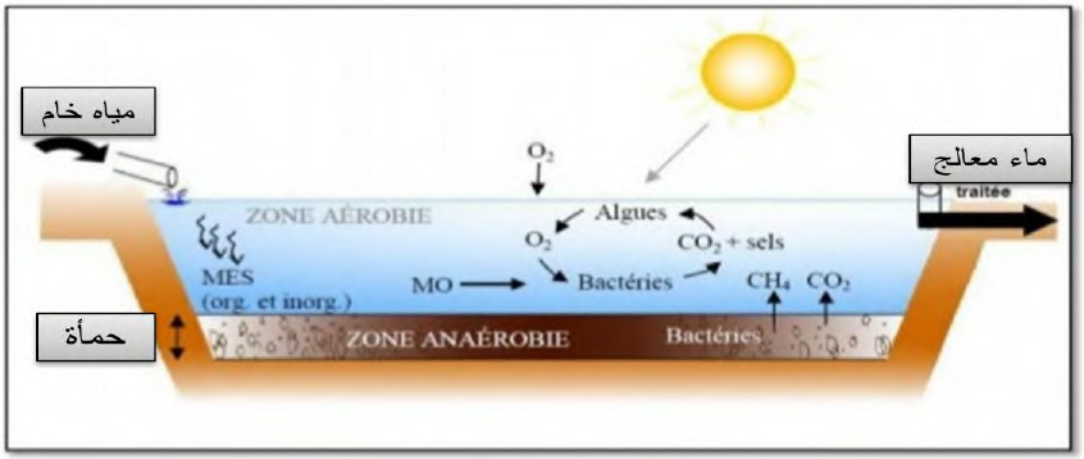
ودرجة المعالجة المطلوبة، وتتم عملية المعالجة بيولوجياً وبطريقة طبيعية بفضل أشعة الشمس والرياح حيث تقوم الطحالب والبكتيريا بأكسدة المواد العضوية.

تنشأ هذه البحيرات بطرق هندسية بسيطة لا تتعدى في بعض الأحيان أعمال الحفر والتمهيد والتسوية إذا كانت التربة قوية و متماسك، يكون عمقها عادة صغيرا ومساحتها كبيرة **[33].**

II-1-2-2-2-2-2-2- مبدأ التنقية:

تتم معالجة المخلفات السائلة في هذه البحيرات بطريقة طبيعية تعتمد على نشاط مشترك تقوم به الطحالب والبكتيريا بالاستعانة بأشعة الشمس وبعض العناصر الموجودة أصلاً في المخلفات السائلة، حيث تستخدم البكتيريا الهوائية الأكسجين الذائب في المياه لأكسدة المواد العضوية فينتج عن هذه الأكسدة موادا عضوية مثبتة وثاني أكسيد الكربون (CO_2) ، والطحالب بدورها تستخدم ثاني أكسيد الكربون مع بعض الأملاح في عملية تحليلها الضوئي بمساعدة أشعة الشمس وتعطي أكسجينا وهو من احتياجات البكتيريا. معنى ذلك أن كل من الطحالب والبكتيريا تعطي للآخر ما يحتاجه ويكون النشاط البكتيري أكبر ما يمكن في الطبقات السطحية من المياه والتي تصل إليها أشعة الشمس وتكون هذه الطبقات بها تراكيز عالية من الأكسجين الذائب أثناء النهار. أما خلال ساعات الليل فينعكس نشاط الطحالب وتبدأ في استهلاك الأكسجين الذائب في المياه وإعطاء ثاني أكسيد الكربون الأمر الذي يتسبب في نقص الأكسجين الذائب في المياه أو اختفائه **[29].**

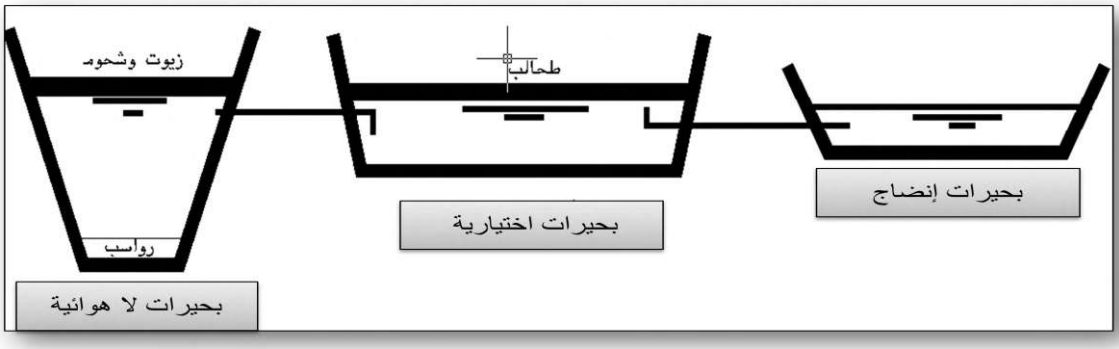
أما الطبقات السفلى من البحيرات والتي لا تصل إليها أشعة الشمس فهي أيضاً منطقة تترسب فيها المواد العالقة وتنشط فيها التفاعلات اللاهوائية لتثبيت المواد العضوية بهذه الرواسب. وعلى ذلك فلا يتم تثبيت المواد العضوية في الطبقات السطحية فقط ولكن نسبة من هذه المواد يتم تثبيتها بواسطة البكتيريا اللاهوائية ، وتلعب الطبقة السطحية الغنية بالأكسجين دوراً هاماً إضافياً علاوة على الأكسدة الهوائية للمواد العضوية بها وهو التحكم في نواتج التفاعلات اللاهوائية التي تحدث في القاع ومنها الغازات الكريهة والأحماض العضوية.



الشكل (10): رسم تخطيطي لمحطة معالجة تعمل بتقنية الأحواض الطبيعية.

ويفضل قبل أعمال التصميم والتنفيذ عمل دراسة للأمور التالية : طبوغرافية المنطقة وما يحيط بها، طبيعة المياه الجوفية ، خصائص التربة ومكوناتها ، درجة الحرارة والرياح السائدة والسطوع الشمسي، خصائص مياه الصرف، شكل البحيرات المناسب وأسلوب تشغيلها الأمثل، تكاليف الإنشاء والأرض والتشغيل، مجالات استعمال المخلفات السائلة بعد معالجتها. ويجب أن يحقق شكل البحيرات وعددها الأمور التالية : مرونة التشغيل ، إمكانية وقف تشغيل أي وحدة دون التأثير على باقي الوحدات وذلك لعمل الصيانة وتفريغ الرواسب ، إذا ساعدت طبوغرافية الأرض على تصميم بحيرات طويلة بعرض صغير فهذا يعطي كفاءة أفضل (بشرط تعميق البحيرة في منطقة المدخل) لمرونة التشغيل. وتستخدم بحيرات الأكسدة عادة للتدفقات الصغيرة ولكن لا يمنع استخدامها للتدفقات الكبيرة عند توفر مساحات كافية من الأرض بسعر مناسب ، وعلى سبيل المثال فقد استخدمت بحيرات الأكسدة في كاليفورنيا بأمريكا الشمالية بمساحة 250 ha وذلك لمعالجة تدفق يبلغ 250000 m^3/j **[33].**

II-1-2-2-2-2-3- برك الأكسدة الطبيعية:



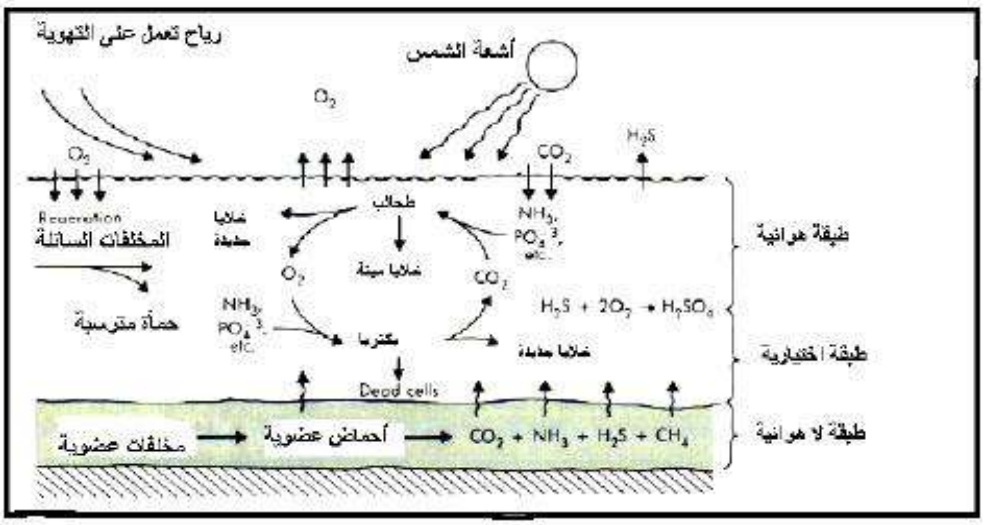
الشكل (11): يوضح بحيرات الأكسدة الطبيعية.

- **البرك اللاهوائية:**

تستقبل البرك اللاهوائية المخلفات السائلة و الحمأة التي بها تحميل أكبر من المواد العضوية أو بها كمية كبيرة من المواد الصلبة. وهذا يعني أن الحمأة الداخلة لم تتلقى معالجة بالترسيب الابتدائي. وتساعد هذه البرك على ترسيب المواد الصلبة ، كما تقوم بالمعالجة الجزئية للحمأة. ثم يؤخذ التصريف الخارج من البركة اللاهوائية إلى بركة اختيارية. و عادة يتراوح عمق هذه الأنواع من البرك من 2 إلى 4m ، وتمكث فيها الحمأة لمدة تتراوح بين 5 إلى 10 j ، والتي خلالها تنخفض كمية المواد العضوية إلى النصف، أما كمية المواد العالقة الصلبة فتنخفض بنسبة 60 %.

- **البرك الاختيارية:**

تستقبل البرك الإختيارية الحمأة أو التصريف الخارج من البرك اللاهوائية. و تمكث فيها لمدة تزيد عن 10 j والتي خلالها تتطور الطحالب التي تنتج الأكسجين (O_2) عن طريق عملية التمثيل الضوئي والتي تستغله البكتيريا الهوائية. هذه البكتيريا تنتج ثاني أكسيد الكربون (CO_2) وتؤدي إلى تحلل المواد العضوية إلى مواد غير عضوية بسيطة. تستهلك الطحالب بدورها ثاني أكسيد الكربون والمواد غير العضوية. وبهذه الطريقة تسود بين الطحالب والمحللات علاقة من نوع " تبادلية " أو " تكافل ". و بما أن الطحالب تعيش في الطبقات العليا من الماء، فإن في الطبقات السفلى من البركة تسود ظروف لاهوائية خلال ساعات اليوم. يُعتبر ذلك وضعا مثاليا ومرغوبا فيه لأن هذا الجو يوفر جوا مثاليا لنجاعة عمل البكتيريا اللاهوائية في القسم السفلي من البركة. تعمل هذه البكتيريا على تحليل الأمونيا (NH_4^+) والنيترات (NO_3^-) النيتريت (NO_2^-) الموجودة في الماء وتطلق غاز النيتروجين (N_2) غير الضار إلى الجو. تتميز المياه الخارجة من البركة الثانية الإختيارية بقيمة كفاءة أقل من 95 % من تراكيز مياه الصرف الصحي الخام. و من ثم تجد مياه الصرف الصحي طريقها لحوض التبخير أو ما يعرف ببركة النضوج، هذا النوع من البرك هو الغالب في محطات معالجة المخلفات السائلة. يتراوح عمق البرك الإختيارية بين 1 إلى 1.5 m ، و تتم فيها معالجة المواد العضوية بالكائنات الحية الدقيقة الإختيارية (هوائية و لا هوائية على حد سواء) **[33].**



الشكل (12): طريقة المعالجة داخل البركة الإختيارية.

- **برك النضج (إتمام الأكسدة):**

تستخدم هذه البحيرات لتحسين خواص المخلفات من الناحية البكتيريولوجية والكيميائية وخاصة البكتيريا الضارة والفيروسات الموجودة بالمخلفات السائلة. يتراوح عمق المياه بها من 1 إلى 1,5 m ، حيث أن معدل القضاء على البكتيريا الضارة يكون أكبر في العمق الأصغر نظرا لفاعلية الشمس. ومدة المكث بها حوالي j 7. وتكون عبارة عن ثلاثة وحدات مدة المكث في كل وحدة يومين.

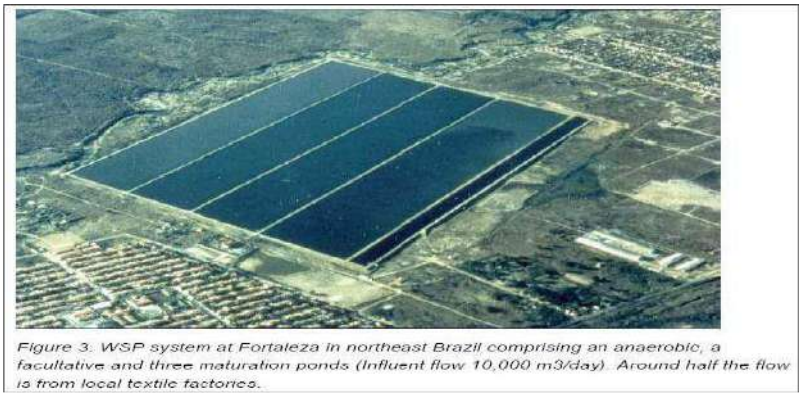


Figure 3. WSP system at Fortaleza in northeast Brazil comprising an anaerobic, a facultative and three maturation ponds (Influent flow 10,000 m3/day). Around half the flow is from local textile factories.

الشكل (13): محطة معالجة $10000\ m^3/j$ نصفها صناعي (البرازيل) برك تثبيت لاهوائية ثم اختيارية وثلاثة برك إنضاج **[29].**

II-1-2-2-2-3- الأحواض المهواة (Lagunages aérés):

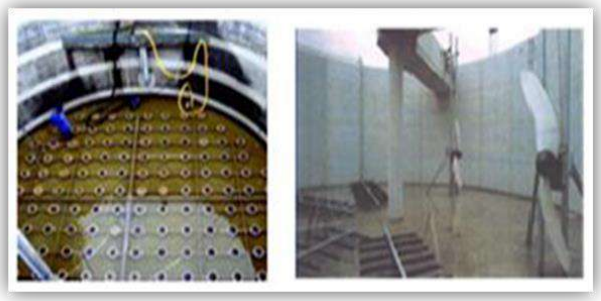
II-1-2-2-2-3-1- تعريف:

هي عملية معالجة بيولوجية هوائية بشكل رئيسي بوجود البكتيريا الحرة والتي تختلف عن الحمأة المنشطة بسبب عدم إعادة تدوير الحمأة المفصولة عن طريق الترسيب قبل تصريف المياه المعالجة **[34].** يتم توفير الأكسجين في الأحواض بالوسائل الميكانيكية ، بالإضافة إلى أن تركيز البكتيريا أعلى منه في البحيرة الطبيعية. مدة الإقامة حوالي أسبوع واحد والعمق يتراوح من 1 إلى 4 m. يمكن أن يكون المردود حوالي 80 % **[35].**

II-1-2-2-2-3-2- مبدأ العملية:

يتم توفير الأكسجين في حالة البحيرة الهوائية ميكانيكيًا عن طريق جهاز تهوية السطح أو نفخ الهواء **[36].**

الشكل (14): صورة لجهاز التهوية السطحي.



الشكل (15): جهاز التهوية عن طريق النفخ في الهواء.

II-1-2-2-2-3-3- أنواع الأحواض المهواة:

- هناك نوعان من الأحواض المهواة :

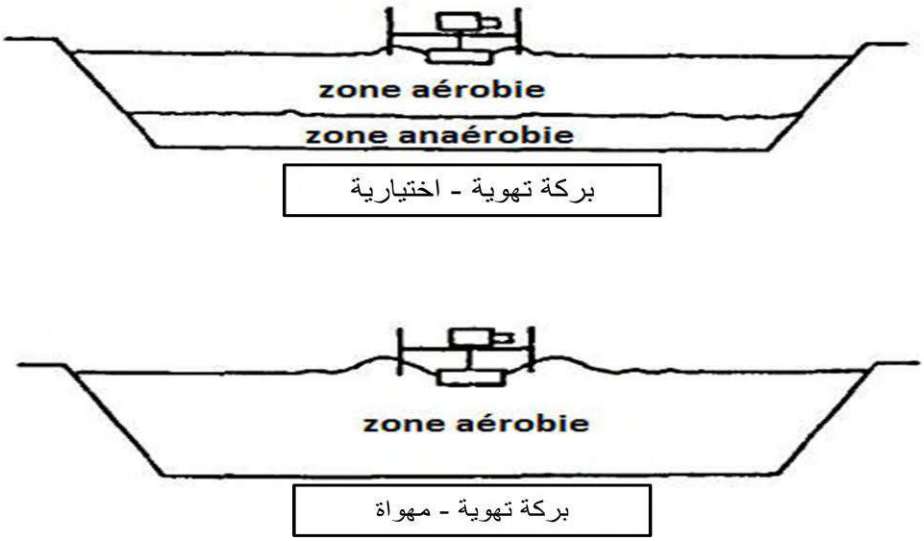
- **الأحواض المهواة الهوائية:**

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) **[5]** ، ويستلزم وجود تهوية كافية للحفاظ على الحوض هوائيًا. 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 (الإمتزاز ، الإمتصاص ، الأكسدة) ونواتج هذه الأكسدة هي : CO_2 و H_2O **[36].**

- **الأحواض المهواة الإختيارية:**

في هذا النوع من الأحواض يتم الحفاظ على الأكسجين في الجزء العلوي فقط ، بالإضافة إلى أن معظم المواد الخاملة العالقة والمواد البيولوجية غير المؤكسدة تستقر وتترسب في قاع الحوض ليتم تحليلها لاهوائيا. يمكن تعديل الحوض ليشمل حجرة ترسيب منفصلة لها القدرة على توفير مياه صرف صافية.



الشكل (16): أنواع برك نظام البحيرة المهواة.

II-1-2-2-2-3-4- مراحل المعالجة:

تتمم عملية المعالجة في الأحواض المهواة على ثلاث مستويات **[36]:**

- **في حوض التهوية:**

تتحلل المياه العادمة بسبب الكائنات الحية الدقيقة التي تستهلك العناصر الغذائية. المبدأ الأساسي هو نفسه مبدأ الحمأة المنشطة بكثافة منخفضة من البكتيريا وغياب إعادة تدوير الحمأة. يتم توفير الأكسجين عن طريق جهاز تهوية السطح أو نفخ الهواء. تعزز التهوية الميكانيكية تطور البكتيريا على حساب الطحالب و للحد من الرواسب التي يمكن أن تعطل العلاج ومنع تكوين الطحالب المجهرية من الضروري زيادة حجم التهوية.

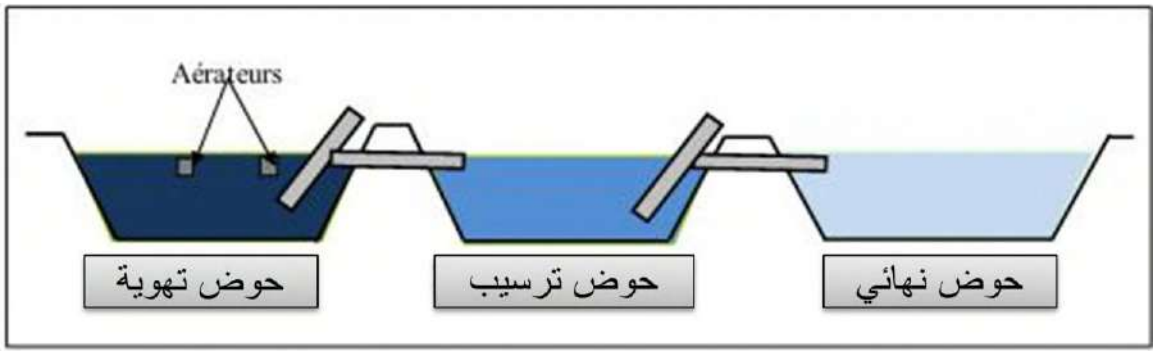
- **في حوض الترسيب:**

والذي يضم بشكل أساسي حوضا واحدا أو حوضين لترسيب المواد العالقة التي تجمع بين الكائنات الحية الدقيقة و الجسيمات العالقة لتشكيل الحمأة ، يتم ضخ واستخراج الحمأة بانتظام و إزالتها من

الأحواض عند تراكمها بأحجام كبيرة. أحواض الترسيب هي مكان الفصل المادي للحمأة البيولوجية والمياه المنقاة (المعالجة) ، يجب تنظيف هذه البحيرة بانتظام لتجنب الروائح وتدهور المعالجة بسبب تدفق الحمأة. يجب أن يكون شكل الحوض مستطيلا ونسبة الطول إلى العرض من 2 إلى 3.

- **في الحوض النهائي:**

في هذه المرحلة تكون الأحواض خالية من أنظمة الخلط والتهوية، مما يسمح بالفصل الفيزيائي للحمأة عن المياه المعالجة. يمكن إضافة حوض نهائي مختلط (microphyles et macrophytes) لتحسين المعالجة ، خاصة النيتروجين أو حتى الفوسفور.



الشكل (17): رسم تخطيطي لمراحل المعالجة بالأحواض المهواة.

- فيما يلي سنذكر محاسن ومساوئ مختلف المعالجات المركزة و الموسعة:

الجدول(2): محاسن ومساوئ طرق المعالجة المركزة والموسعة **[5]،[28]،[33] ،[37]**

المعالجة	المحاسن	المساوئ
الأحواض الطبيعية	- كلفة تشغيل وصيانة منخفضة. - بسيطة الإنشاء ولا تستعمل آليات كثيرة. - تخلو من الإزعاج السمعي . - مقاومة للأحمال العضوية والهيدروليكية المفاجئة . - لا تتطلب طاقة كهربائية . - تخفيض كبير لنسبة المواد الصلبة والطلب البيوكيميائي للأكسجين ، ومسببات الأمراض . - ليس لديها مشكل في معالجة الحمأة التي تترسب في القاع وتجمع كل مدة (5-1) سنوات.	- تتطلب مساحة أرض كبيرة . - تكاليف رأس المال مرتفعة اعتمادا على أسعار الأراضي . - انتشار الروائح والبعوض . - فقدان كمية كبيرة من الماء بسبب التبخر . - جودة المياه المعالجة تتأثر بالتغيرات الفصلية .
الأحواض المهواة	- تتحمل تغيرات الحمولة العضوية والهيدروليكية . - لا توجد مشاكل حقيقة مع الحشرات أو الروائح إذا تم تصميمها وتشغيلها بشكل صحيح. - يمكنها معالجة مياه الصرف عالية التركيز . - الحمأة المتشكلة تكون مستقرة .	- تتطلب مساحة أرض شاسعة. - ارتفاع استهلاك الطاقة ، فهناك حاجة إلى مصدر دائم للكهرباء . - تكاليف رأس المال والتشغيل مرتفعة ، اعتمادا على أسعار الأراضي والكهرباء . - تتطلب أن يقوم بأعمال التشغيل والصيانة أفراد ذوي خبرة . - قد لا تكون جميع الأجزاء والمواد متوفرة محليا. - تستلزم خبرة في التصميم والإنشاء . - تتطلب الحمأة وربما التدفقات السائلة الخارجة مزيدا من المعالجة و/أو التصريف المناسب.
أحواض المعالجة بالنباتات	- لها شكل جمالي وكذلك توفر مسكنا للحيوانات . - تخفيض لقيمة الطلب البيوكيميائي للأكسجين DBO_5 ، والعوالق . - كلفة البناء والتشغيل المنخفضة . - قدرتها الكبيرة على تحمل تذبذبات التدفقات .	- تتطلب فترة طويلة لبدء التشغيل حتى تعمل بكامل قدرتها . - تتطلب خبرة في التصميم والإنشاء . - قد تسهل من تكاثر البعوض .

المرشحات البيولوجية	- يمكن استعمال المرشحات كحل رخيص واقتصادي في معالجة مياه الصرف . - لا يمكن أن تموت البكتيريا أثناء التوقف لإصلاح المحطة وخصوصا إذا لم تتعرض البكتيريا لأشعة الشمس المباشرة . - تعطي حمأة قليلة . - توفر نترجة فعالة (أكسدة الأمونيا). - مساحة الأرض المطلوبة تعتبر صغيرة بالمقارنة مع تلك المطلوبة للأراضي الرطبة .	- تكاليف رأس المال عالية . - تتطلب خبرة في التصميم والإنشاء . - تتطلب مصدرا دائما للكهرباء ، وكذلك تدفق ثابت لمياه الصرف . - تسبب غالبا مشاكل الذباب والروائح . - تواجه خطر الإنسداد ، وذلك اعتمادا على كفاءة المعالجة الأولية والتمهيدية . - قد لا تكون جميع الأجزاء والمواد متوفرة محليا.
الأسرة البكتيرية والأقراص البيولوجية	- تكاليف التشغيل والصيانة قليلة مع بساطة في التشغيل واستهلاك ضئيل للطاقة مقارنة بنظام الحمأة المنشطة . - ترسيب أفضل للحمأة . - حساسية جد ضئيلة لتغيرات الحمولة والسمية. - تقام عموما للمجتمعات الصغيرة . - ثبات في المعالجة وعدم التأثر بالظروف الجوية كثيرا وخاصة في الشتاء .	- تكاليف التأسيس عالية مقارنة بالحمأة المنشطة. حساسة اتجاه الإنسداد . - أداء ضعيف مقارنة بنظام الحمأة المنشطة . - ضرورة إجراء معالجة ابتدائية فعالة .
الحمأة المنشطة	- تخفيض كبير لقيمة الطلب البيوكيميائي للأكسجين ، ومسببات الأمراض بنسبة تصل إلى 90 % . - إمكانية الإزالة الكبيرة للمغذيات . - يمكن تعديلها لتلبية المواصفات والحدود الخاصة بالتصريف . - مناسبة لأي حجم من التجمعات (عدا التجمعات الصغيرة جدا) . - مناسبة لحماية الأوساط المستقبلة الحساسة . - حمأة أقل استقرار .	- تكاليف استثمار جد عالية . - استهلاك الطاقة مرتفع ، وهناك الحاجة إلى مصدر دائم للكهرباء . - تتطلب أن يقوم بأعمال التشغيل والصيانة أفرادا مؤهلين وذوي خبرة . - الحمأة والتدفقات السائلة الخارجة تحتاج مزيدا من المعالجة . - عرضة لمشاكل كيميائية وميكروبيولوجية معقدة. - حساسة اتجاه الزيادة في الحمولة المائية .

II-1-3- المعالجة الثلاثية (التكميلية):

هي عمليات فيزيائية، كيميائية و بيولوجية تحسن من خصائص مياه الصرف بعد المعالجة الثانوية والتمهيدية. يتم العمل بها عندما يكون من الضروري توفير حماية إضافية للبيئة المستقبلة أو بسبب إعادة الاستخدام الفوري للمياه المعالجة **[38].** يتم في هذه الخطوة إزالة الملوثات من المياه العادمة والتي لم تتم إزالتها أو التخلص منها بشكل تام في عمليات المعالجة الثانوية، وخاصة للوصول إلى الحدود المقبولة من محتوى المواد الصلبة الكلية (TSS)، محتوى الطلب البيوكيميائي للأكسجين (DBO_5)، إزالة المغذيات (النيتروجين، والفسفور)، وإزالة السموم (المركبات العضوية المتطايرة، المعادن). كما يمكن أن تشمل عمليات المعالجة الثلاثية تقنيات الفصل الفيزيائي الكيميائي مثل الإمتزاز بالكربون المنشط ، التلبد / الترسيب ، الفلترة (الترشيح الحبيبي) ، التبادل الأيوني، إزالة الكلورة وتقنية التناضح العكسي **[25].** وتضاف مركبات الحديد (Fe) و الألمنيوم (Al) والكالسيوم (K) إلى مياه الصرف الصحي فينتج عنها تغير في صفات الماء مما يؤدي إلى تلاصق الجسيمات العالقة في سائل الصرف الصحي بعضها ببعض مكونة كتلا صلبة أكبر حجما ، فتترسب ويتخلص منها، تسمى هذه العملية "عملية التخثر الكيميائي بغرض الترسيب"، ثم تمرر مياه الصرف الصحي على مرشحات تحتوي على طبقات من الرمل سمكها نحو نصف متر، وتسمى هذه العملية بعملية "الترشيح الرملي". وللتخلص من الروائح الكريهة تمرر المياه العادمة على خزانات تحتوي على الفحم النشط الذي يتحد مع جزيئات الرائحة الكريهة. وتتبقى في النهاية أملاحا بتراكيز عالية يتخلص منها بعمليات التبادل الأيوني و التناضح العكسي...

ولقتل الميكروبات المعدية يوضع الكلور بتركيز 100 mg/l ، لمدة تتراوح بين 15 و 120 min وبذلك تتحول مياه الصرف الصحي إلى مياه نقية خالية من السمية والعدوى **[39].**

II-1-3-1-المعالجة البيولوجية (المتقدمة):

وتتضمن عمليات التخلص من الفوسفور والنيتروجين.

II-1-3-1-1-النترجة وإزالة النترجة [25]:

تعد طريقة النترجة وإزالة النترجة طريقة معدلة عن الحمأة المنشطة التقليدية، وتجرى هذه العملية بشكل خاص لإزالة النتروجين. يكون للبكتيريا دورا واضحا في عمليات التحلل للمركبات النيتروجينية خلال عمليات النشدرة "Ammonification" (تحويل المركبات البروتينية العضوية إلى الأمونيا بفعل البكتيريا، والفطريات، و الأكتينومايسس) والنترجة "Nitrification" ، وإزالة النترجة "Dénitrification"والتي تشارك فيها أنواعا مختلفة ومتعددة من البكتيريا.

يطلق على عملية تحلل المركبات النيتروجينية إلى مركبات نيتروجين غير عضوي (NH^+_4,NH_3) بالتمعدن "N-minéralisation" ، تبدأ عملية التمعدن **بالنشدرة** حيث تشارك مجموعات مختلفة من البكتيريا الهوائية و اللاهوائية في إنتاج غاز الأمونيا، طبقا للمعادلة التالية:

$$R\text{-}NH_2 + H_2O \longrightarrow NH_3 + R\text{-}OH$$

يتفاعل غاز الأمونيا مع الماء مكونا هيدروكسيد الأمونيوم طبقا للمعادلة التالية:

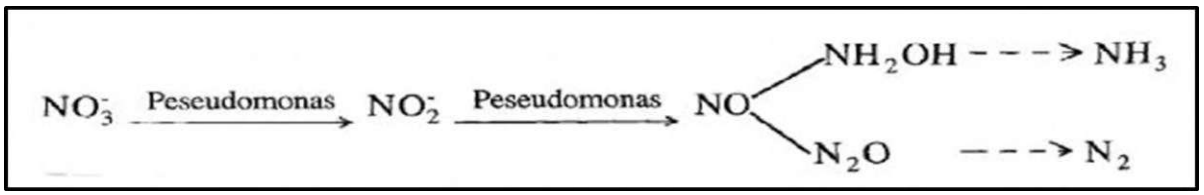
$$NH_3 + H_2O \longrightarrow NH_4OH$$

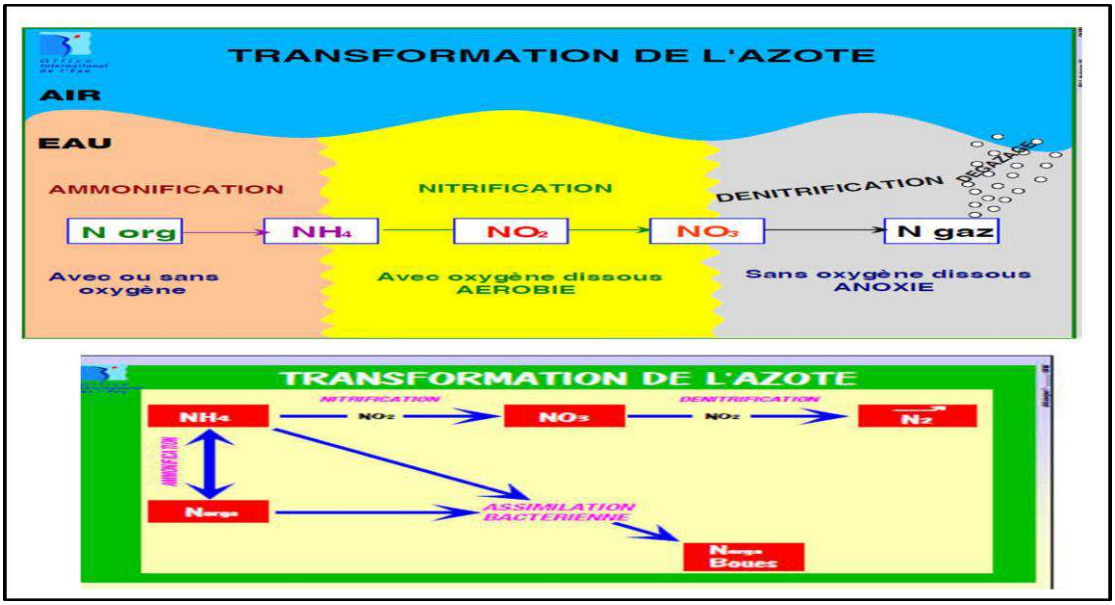
حسب الرقم الهيدروجيني للوسط الذي تتحلل فيه المواد العضوية النيتروجينية ينتج الأمونيوم "NH_4 "، و الأمونيا " NH_3 " بنسب مختلفة، فإذا كان الوسط حامضي كانت نسبة الأمونيا أعلى، وإذا كان الوسط قاعدي كانت نسبة الأمونيوم أعلى. تحدث عملية **النترجة** عندما يتأكسد الأمونيوم إلى نيتريت ثم إلى نيترات، بواسطة بكتيريا النتروزوموناس ، وبكتيريا النتروباكتور في أحواض التهوية، وفي وجود وفرة من الأكسجين.

تكون سرعة أكسدة أيونات النيتريت إلى نيترات أكبر من سرعة أكسدة أيونات الأمونيوم لذلك غالبا ما تكون تراكيز أيونات الأمونيوم أعلى من تراكيز أيونات النيتريت. تتحكم عدة عوامل في سرعة عملية النترجة وتشمل:

- تركيز أيونات الأمونيوم، فكلما قل تركيزها كانت عملية النترجة محدودة.
- يساهم توفر التهوية الجيدة في تسريع عملية النترجة.
- يساهم توفر رقم هيدروجيني متعادل في سرعة عملية النترجة، وتكون الحالة المثلى عند رقم الأس الهيدروجيني يتراوح ما بين 8- 8,4.
- تزداد سرعة عملية النترجة في درجات الحرارة الدافئة 40 °C ويعتمد حجم خزان التهوية اعتمادا مباشرا على درجات الحرارة ، حيث تكون الحاجة إلى ضعف حجم خزان التهوية في فصل الشتاء عنه في فصل الصيف، ذلك بسبب أن معدل نمو بكتيريا النترجة "Nitrify bacteria" يزداد مع زيادة درجة الحرارة، ويقل مع انخفاضها.

تختزل النيترات في الظروف اللاهوائية من قبل بعض أنواع الكائنات الحية ، وتسمى عملية الاختزال البيولوجية **بنزع النيتروجين** " إزالة النترجة " أو النترزة ، طبقا للمعادلة التالية :





الشكل (18): يوضح مراحل تحول الآزوت.

II-1-3-1-2- إزالة الفوسفور:

إن 50 % إلى 70 % من الفوسفور من مركبات الفوسفات في المنظفات، وتتم إزالة 10 % إلى 30 % من الفوسفور في المعالجة البيولوجية الثانوية ، ومياه الصرف المعالجة تحوي من 0,5 إلى 2 mg/l من الفوسفور حيث يعتمد ذلك على حمل DCO للمياه الداخلة ، كما أن جزءا من الفوسفور موجود في المعلقات الخارجة مع مياه الصرف ولأقل من ذلك الرقم تحتاج مياه الصرف الداخلة إلى معالجة خاصة وترشيح. الطرق البيولوجية لإزالة الفوسفور تعتمد على تعريض الأحياء الدقيقة بشكل متناوب إلى ظروف لاهوائية وهوائية تعرضها لإجهاد خاص يعتمد على الحمأة المعادة ومن أشهر هذه الطرق طريقة SPR (مفاعل الدفقات المتتابع) التي تستعمل في محطات المعالجة الصغيرة وهي تتميز بالمرونة وأنها قادرة على إزالة النتروجين بالإضافة إلى الفوسفور **[28].**

II-1-3-1-2-3- المعالجة الفيزيوكيميائية (المتقدمة):

تستخدم هذه العمليات بشكل عام كوسيلة تكميلية للعلاج وتجمع بين مبادئ الكيمياء والفيزياء. بعض المواد مثل الغرويات تكون مستقرة بشكل خاص ومعلقة وقد يكون استقرارها طويلا جدا، ومن أجل ترسيبها يجب إضافة كواشف كيميائية لخزان الترسيب لتسهيل تكتل الجسيمات ، يتم استخدام طريقتين:

II-1-3-1-2-1- <u>التخثر</u>: يلغي الشحنات الكهربائية للجسيمات العالقة بإضافة الكواشف المعدنية.

II-1-3-1-2-2- التلبد: هو تقليب بطيء أو سريع لتشجيع الجسيمات المتكونة من التخثير لكي تتكتل إلى كتل كبيرة بما يكفي للترسب أو أن تترشح من المحلول. ويمكن تحسين عملية التكتل عن طريق إضافة مواد ملبدة **[22].**

يساعد التخثير الكيميائي للمياه العادمة الخام قبل الترسيب في تلبّد الأجسام الصلبة المجزّأة لتشكل كتلا سهلة الترسيب. وبهذه الطريقة، تزيد فعالية إزالة المواد الصلبة المعلقة والفوسفور وغيرها بالمقارنة مع الترسيب العاديّ بدون تخثير. تتأثر درجة التصفية الناتجة بكميّة المواد الكيميائية المضافة ودقة التحكم بالعملية. ويعتمد اختيار المخثر لتحقيق ترسيبٍ معزّزٍ على الأداء والكلفة ، فمن أكثر المخثرات استعمالا لمعالجة المياه العادمة نجد الشبّ، كلوريد الحديديك، كبريت الحديديك، الكبريت الحديدي والكلس. وتزال المواد الصلبة المعلقة بالمعالجة الكيميائية عن طريق ثلاث عمليّات متتابعة هي: المزج السريع والتلبّد والترسيب **[30].**

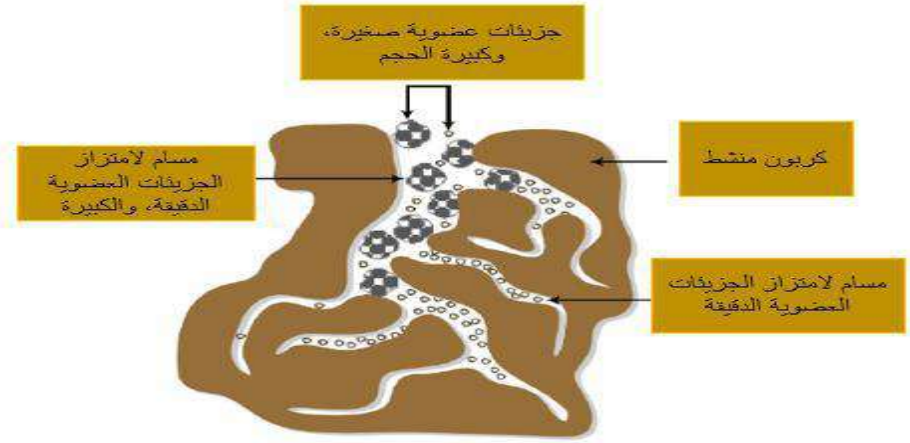
II-1-3-3- المعالجة الكيميائية (المتقدمة):

تعمل الوسائل الكيميائية المستخدمة لمعالجة المياه العادمة عن طريق التفاعلات الكيميائية، وتدمج عادة مع العمليّات الفيزيائية والبيولوجية. من أهم أضرار هذه العمليات أنّها تراكمية، تساهم في زيادة المواد المذابة في المياه العادمة، وهذا قد يشكّل عاملاً هاماً لدى إعادة استخدام المياه العادمة. تتضمن الفقرات التالية عرضاً لأهم العمليّات الكيميائية المستخدمة **[30].**

II-1-3-3-1- الإمتزاز بالكربون النشط:

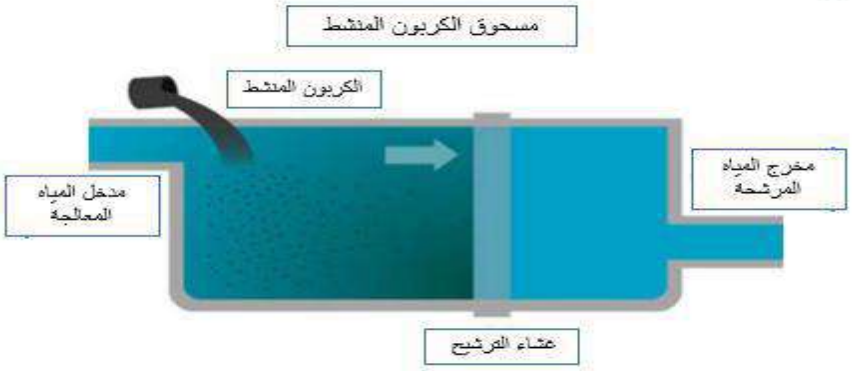
سبق التعريف بأن الإمتزاز هو عملية تجميع المواد الذائبة في محلول على سطح مناسب. تعالج المياه العادمة عادة بالكربون المنشّط بعد المعالجة البيولوجية العادية بهدف إزالة المادة العضوية الذائبة المتبقّية أو الجسيمات المسببة تغيرات في اللون، والطعم، والرائحة للمياه **[25].** ويُصنَّع الكربون المنشّط بتسخين الفحم إلى درجة حرارةٍ عالية ومن ثمّ تنشيطه عبر تعريضه لغاز مؤكسِد. ويؤدّي الغاز إلى إنتاج مسامٍ في الفحم بحيث يزيد من مساحة السطوح الداخلية. ويشيع استخدام نوعين من الكربون المنشّط هما: الكربون المنشّط الحُبَيبي الذي يفوق قطره 0.1 mm ، ومسحوق الكربون المنشط الذي لا يتجاوز قطره 200 µm **[30].**

الكربون المنشط من المواد ذات القدرة العالية على الإمتزاز، والمساحة السطحية للكربون المنشط التجاري المستعمل على نطاق واسع تتراوح بين 600 - 1200 m^2/g. يبين الشكل (18) عملية الإمتزاز على الكربون المنشط.



الشكل (19): عملية الإمتزاز على الكربون المنشط.

تتم معالجة المياه العادمة باستخدام الكربون المنشط بإضافة مسحوق الكربون مباشرة إلى المياه في خزان التلامس لبعض الوقت الذي يتراوح ما بين 5 و 20 min، حيث يترسب المسحوق في القاع وتتم إزالته كما يبين الشكل (19)، يمكن إزالة المعادن الثقيلة الناتجة عن بعض العمليات الصناعية وتشمل كل من الزنك (Zn)، النيكل (Ni) ، الحديد (Fe)، النحاس (Cu)، الرصاص (Pb)، الكادميوم (Cd)، والمنغنيز (Mn)، بالإضافة إلى المواد العضوية المتطايرة "VOCs" **[25].**



الشكل (20) : معالجة المياه العادمة باستعمال الكربون المنشط **[25].**

II-1-3-3-2- التطهير:

يعرّف التطهير بأنه الإتلاف الانتقائيّ للمتعضّيات الصغيرة الممرضة، ويُعتبر عملية هامة في معالجة المياه العادمة بسبب نوعية هذه المياه واحتوائها على أنواع مختلفة من المتعضّيات المعويّة البشريّة المسبّبة لعدد من الأمراض المنقولة بالمياه. ويجرى التطهير عادة باستخدام إحدى الطرائق التالية: العوامل الفيزيائية ومنها الحرارة والضوء، العوامل الميكانيكية ومنها التصفية والترسيب والترشيح

وغيرها، الإشعاع باستخدام أشعة غاما، والعوامل الكيميائية ومنها الكلور (Cl) ومركّباته، البروم (Br)، اليود (I) ، الأوزون (O_3) ، الفينول (C_6H_6O) ، المركبات الفينولية، الكحول، المعادن الثقيلة، الأصباغ، الصابون، المنظفات الاصطناعية وغيرها. أمّا المواد الأكثر استعمالاً فهي الكلور والمواد الكيميائية المؤكسدة **[30].**

II-1-3-3-1-2-3- طرق المعالجة بالأكسدة المتقدمة [25]:

تشمل طرق الأكسدة المتقدمة العديد من الطرق التي تعتمد على تكوين مجموعة الهيدروكسيل "OH"، التي تعمل على أكسدة الملوثات العضوية بمختلف أنواعها وتتضمن :

- **المعالجة بالأوزون:**

المعالجة بالأوزون أو ما يطلق عليها الأوزنة " O_3 " يعمل خلالها الأوزون على أكسدة شوارد الحديد " Fe^{+2} " ، والمنغنيز " Mn^{+2} " ليسهل ترسيبها وإزالتها بسهولة، كما يعمل الأوزون على تكسير الفينول ومركباته، وتحويلها إلى مركبات مفتوحة وثاني أكسيد الكربون والماء .

يعتمد تفاعل الأكسدة بالأوزون على خصائص المياه المعالجة مثل وجود الأملاح، ودرجة حموضة المياه، ودرجة الحرارة حيث تؤثر هذه العوامل على استقرار الأوزون. هذا ويعيب هذه الطريقة قصر فترة نصف عمر الأوزون التي تبلغ 20 min. يبين الشكل (21) صورة مولدات الأوزون. بينما يبين الشكل (22) حقن الأوزون داخل الوسط المائي بواسطة الناشرات ذات الثقوب الدقيقة.

الشكل (21) : صورة لمولدات الأوزون.

الشكل (22) : عملية حقن الأوزون داخل الوسط المائي.

- **المعالجة بالأشعة فوق البنفسجية:**

لم ينتشر استعمال الأشعة فوق البنفسجية " UV " على نطاق واسع في معالجة المياه، وبقي محدوداً لتعقيم مياه الشرب لبعض المنشآت الصغيرة وفي شروط معينة، ومن مميزات هذه الطريقة عدم الحاجة على إضافة مواد كيماوية، والتعقيم بالأشعة فوق البنفسجية لا يكون ناجحاً إلا إذا كان الماء خاليا من المواد العالقة الدقيقة، حيث أن وجودها يعمل على صعوبة انتقال الأشعة وبالتالي عدم التأثير المباشر على الكائنات الحية الدقيقة.

تزداد كفاءة المعالجة بالأكسدة بالأشعة فوق البنفسجية إذا ما تكاملت مع طرق أكسدة أخرى مثل الأكسدة بالأوزون، أو بماء الأكسجين، وتعطي نتائج جيدة لأكسدة المركبات العضوية الموجودة في المياه. تستخدم المصابيح الزئبقية لإنتاج الأشعة فوق البنفسجية التي تعطي موجة طولها 254 nm ، ويحتوي جهاز المعالجة على عدد من المصابيح، يقدر عمر المصباح بنحو 14000 h عمل. يبين الشكل (23) مصباح إنتاج الأشعة فوق البنفسجية .

الشكل (23): مصباح لإنتاج الأشعة فوق البنفسجية.

من أهم مميزات المعالجة بالأشعة فوق البنفسجية أنها لا تستعمل المواد الكيميائية، ولا ينتج عنها مواد ثانوية ضارة، وهي سهلة الاستخدام، ومنخفضة التكلفة نسبيا. يوضح الشكل (24) وحدة المعالجة بالأشعة فوق البنفسجية بأحد محطات المعالجة.

الشكل (24): وحدة المعالجة بالأشعة فوق البنفسجية بأحد محطات المعالجة.

II-13-3-2-2- الأكسدة بالكلور:

تعد عملية الأكسدة بالكلور" الكلورة" الوسيلة التقليدية لتعقيم المياه المعالجة، وهي الخطوة الأخيرة لعملية التعقيم قبل أن تخرج المياه من محطة المعالجة. تعتمد على إضافة كمية محسوبة من الكلور، أو مركب كلوري، " هيبوكلوريت الصوديوم " أو ما يطلق عليه " ماء جافيل"، أو هيبوكلوريت الكالسيوم. يقتل الكلور طيفا واسعا من الجراثيم المسببة للأمراض، كما يمكن تعريض المياه للأشعة فوق البنفسجية، كوسيلة للتعقيم، ولكن هذه الطريقة لا تتمتع بالفعالية الكافية، وخصوصا عندما تكون المياه غير صافية بدرجة كافية، أو لا تزال تحتوي على بعض الجزيئات الصلبة، بينما يعتبر التعقيم بالأوزون الطريقة الأحدث والأعلى فعالية **[25].**

II-1-3-3-3- نزع الكلور:

ينبغي نزع رواسب الكلور من المياه العادمة المعالَجة بالكلور قبل إعادة استخدامها أو صرفها في المياه المستقبِلة. وتتفاعل مركبات الكلور مع عدد كبير من المركبات العضوية في المياه العادمة، منتجةً مركباتٍ سامة غير مرغوب فيها، ومحدثةً آثاراً سلبية طويلة الأجل على البيئة المائية والمتعضّيات الصغيرة فيها. ويمكن نزع الكلور باستخدام الكربون المنشّط أو بإضافة عامل اختزال، كثاني أكسيد الكبريت وكبريتات الصوديوم، غير أنّ نزع الكلور لا يزيل المخلفات الثانويّة السامة التي تكون قد أنتجت سابقا **[30].**

II-1-4- معالجة الحمأة المصرفة:

نعني بالحمأة المصرفة هي الحماة الناتجة عن العمليات الفيزيائية الأولية أو المعالجة الثانوية أو المعالجة الثلاثية، والمعالجة تتناول تصغير حجم الحمأة وتحويل عناصر الحمأة إلى عناصر أكثر استقراراً لتقليل تكاليف التعامل معها حيث قد تصل تكاليف معالجة الحمأة إلى 50 % من تكلفة التشغيل

لمحطة المعالجة، وهي من المشاكل الكبيرة التي تحدد نجاح محطة المعالجة. (تتراوح كمية المواد الصلبة الكلية الناتجة بين 0,25 إلى 12 % وزنا وذلك حسب طريقة المعالجة والأحمال في مياه الصرف).

تختلف طرق إدارة ومعالجة الحمأة حسب كمية ونوع الحمأة والمبادئ الأساسية تتضمن : التكثيف ، التثبيت ، نزع الماء، التجفيف والحرق ، التخلص النهائي.

- **التكثيف:** الهدف من التكثيف هو تقليل حجم الحمأة.
- **التثبيت:** لا يمكن استعمال الحمأة المكثفة مباشرة كسماد وإنما يجب تثبيت المواد العضوية المتبقية والقضاء على العوامل الممرضة فيها والقضاء على الرائحة ومنع تعفن الحمأة ، والطرق المتبعة هي الهضم اللاهوائي والهوائي أو الكيمائي أو عمل سماد.
- **نزع الماء:** بعد تثبيت الحمأة يمكن التخلص منها في نهاية المطاف أو ينزع منها الماء لتخفيف تكاليف الضخ والنقل أو يتم التخلص منها أيضاً في الزراعة أو المطامر أو لإجراء معالجة لاحقة كالحرق وغيره وهي ذات تكاليف كبيرة ، ونزع الماء يتم بطرق ميكانيكية أو تبخير طبيعي **[28].**
- **التجفيف والحرق :** يستخدم للإقلال من حجم الحمأة وتعقيم المواد الصلبة العضوية والإقبال عليها يتزايد كلما ازدادت كلفة الطرق الأخرى ، ووسيلة الحرق التي تستعمل على أوسع نطاق هي طريقة الفرن متعدد المحارق ، من عيوب هذه الطريقة مشاكل تلوث الهواء ، وحتى يمكن حلها لابد من التصميم الجيد والتشغيل السليم **[26].**
- **التخلص النهائي:** يتم التخلص من الحمأة المجففة عن طريق استعمالها كسماد، حرقها، صناعة الإسمنت (تُستخدم كمصدر للطاقة الحرارية)،أو دفنها**[40].**

II-2- استرجاع وإعادة استخدام المياه العادمة:

عقب تزايد الطلب على المياه والاستهلاك غير المستدام لموارد المياه الطبيعية، يلقى موضوع استرجاع وإعادة استخدام المياه العادمة اهتماماً متزايداً في الآونة الأخيرة. فتعتبر نوعية المياه المسترجعة شأناً أساسياً في تطبيقات إعادة الاستخدام، وتحدّد تسلسل عملية معالجة المياه العادمة. كما يصف هذا القسم التطبيقات المختلفة لإعادة استخدام المياه العادمة مع التركيز على نوعية المياه المسترجعة **[30].**

تستعمل المياه المعالجة لعدة مستويات منها الثلاثية والمتقدمة في أعمال مختلفة كالتبريد، التسخين ، في أعمال الري المختلفة، للمسطحات المائية، لتربية الأسماك، لإطفاء الحريق، للمراحيض العامة أو لإعادة شحن المياه الجوفية، وقد أوصت منظمة الصحية العالمية باستعمال مياه الصرف في ري المحاصيل التي لا تؤكل نيئة وسقاية الحدائق والملاعب بمياه معالجة لعدة مراحل وأعطت لذلك سقفاً عالياً لعدد العصيات كوليفورم المسموح بها.

- **الري الزراعي:**

تستخدم المياه في كثير من الأغراض الزراعية المفيدة ومن أهمها ري المزروعات ، ويجب أن تحقق المياه المستعملة لأغراض الري المواصفات المعمول بها لهذا الغرض (حيث تضع كل دولة المواصفة القياسية الخاصة بها لأغراض الري) لتكون خالية من ما يؤثر على سلامة الإنسان والحيوان والبيئة المحيطة ودراسة تراكم بعض المواد الكيمائية كالكادميوم في النبات **[28].**

الشكل (25): ري المزروعات بمياه الصرف المعالجة **[28].**

الجزء العملي

الفصل الثالث:

الطرق والمواد المستعملة

ملخص الفصل الثالث :

في هذا الفصل تطرقنا للحديث عن كيفية عمل كل من نظام الأحواض المهواة والأحواض الطبيعية المعتمدتين في محطتي الدراسة، بالإضافة إلى ذلك عرضنا أهم المعلومات المتعلقة بالمحطتين قصد إعطاء صورة توضيحية عامة لكل محطة ، وتوضيح سيرورة المعالجة داخلها. لنتطرق في الأخير إلى كيفية العمل داخل المخبر عن طريق تقديم العمليات المتبعة في القياس بداية بأخذ العينات إلى غاية إجراء التحاليل المخبرية.

المياه مورد طبيعي محدود للغاية في المناطق الجافة وشبه الجافة. في الجزائر تتعرض الموارد المائية الحالية للتهديد بسبب التلوث الناجم عن تصريف المياه الحضرية والصناعية في البيئات المستقبلة. يمكن أن تحتوي هذه التصريفات على العديد من المواد في شكلها الصلب أو المذاب ، بالإضافة إلى العديد من الكائنات الحية الدقيقة المسببة للأمراض ، التي تهدد جودة البيئة ككل و علاج هذه التصريفات ضروري من أجل مكافحة آثارها الضارة باستخدام تقنيات معالجة مختلفة **[41].**

III-1- تقديم منطقة محطة الدراسة غرداية ـ ورقلة:

III-1-1- تقديم منطقة محطة الدراسة (غرداية):

- **الموقع الفلكي:**

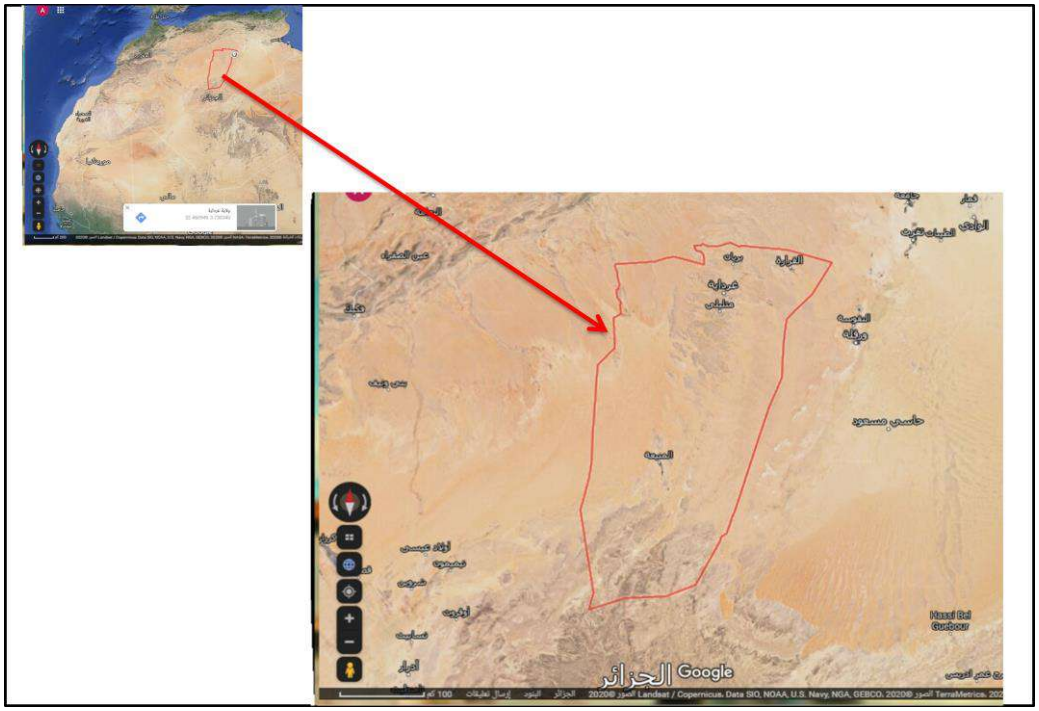
تقع ولاية غرداية بين خطي طول 4° و 7° شرقاً ودائرتي عرض 35° و 36° شمالاً **[42].**

- **الموقع الجغرافي:**

تحتضن مدينة غرداية مقرا لولايتها الواقعة في المنطقة الشمالية من الصحراء الجزائرية، والتي تبعد ب 600 Km جنوب العاصمة الجزائر. تبلغ مساحة الولاية $86105\ Km^2$ ، امتدادها من الشمال إلى الجنوب 450 Km ، ومن الشرق إلى الغرب من 200 إلى 250 Km. ترتفع عن مستوى سطح البحر ب 486 m. يحدها:

- من الشمال ولايتي الأغواط والجلفة.
- من الجنوب ولاية تمنراست.
- من الشرق ولاية ورقلة.
- من الغرب ولايتي أدرار والبيض**[43].**

يقدر عدد سكان الولاية بـ 422080 hab ، أي بكثافة تقدر ب $4,90\ hab/Km^2$ ، حيث أن نصف السكان متمركز في سهل وادي ميزاب .وتنقسم إداريا إلى 13 بلدية مقسمة إلى 9 دوائر **[44].**



الشكل (26): الموقع الجغرافي لولاية غرداية **[45].**

III-1-1-1- دراسة مناخية لمنطقة غرداية:

يلعب المناخ دورًا أساسيًا في مورفولوجيا التضاريس والنباتات ونشأة التربة ونوعها وعلى النشاط الزراعي. يتميز المناخ الجزائري بتنوعه الكبير في التهاطل ودرجات الحرارة السنوية. هذا الاختلاف يرجع أساسا إلى الاختلافات الطبوغرافية والتأثيرات المتعارضة من البحر الأبيض المتوسط والصحراء **[38].**

إن الطبيعة الأساسية للمناخ الصحراوي هي جفاف الهواء ولكن المناخات الدقيقة تلعب دوراً هاماً في الصحراء. إن التضاريس ووجود نباتات وفيرة يمكن أن يغير الظروف المناخية محليًا. فمثلا داخل بستان النخيل يمكن أن نلاحظ مستوى عالي للرطوبة ، يعدل هذا مستوى تأثيرات درجة الحرارة على البشر **[42].** يبين الجدول (03) التغيرات المناخية المتوسطة لسنة 2019م لمنطقة غرداية .

الجدول (3): التغيرات المناخية المتوسطة لسنة 2019 لمنطقة غرداية **[46].**

البيانات / الأشهر	درجة الحرارة (°C)	متوسط سرعة الرياح (Km/h)	هطول الأمطار (mm)	الرطوبة (%)
جانفي	11	13,5	0	39,6
فيفري	11,9	**16,2**	2,03	35,1
مارس	16,2	14,1	**27,93**	36,6
أفريل	21,3	13,8	16	30
ماي	25,2	14,2	3,3	27,1
جوان	33,1	12,9	0	15,3
جويلية	**36**	10,1	0,76	16,1
أوت	35,2	8,6	2,54	20,04
سبتمبر	30,3	7,7	4,07	30,1
أكتوبر	23,1	5,8	13,97	37,3
نوفمبر	16,3	10,6	0	37
ديسمبر	13,7	10,4	0	**43,7**
المتوسط	22,8	11,5	5,9	30,7

من خلال الجدول (3) نلاحظ أنه بالنسبة ل:

- **درجة الحرارة:**

هذه المنطقة تمتاز بشتاء بارد وقارص، حيث وصلت درجة الحرارة إلى 11°C في شهر جانفي ، وسجلت أعلى درجة حرارة صيفا في شهر جويلية بقيمة 36°C.

- **متوسط سرعة الرياح:**

تهب على المنطقة رياح شمالية غربية باردة في الشتاء، وجنوبية غربية محملة بالرمال في الربيع، وفي الصيف جنوبية حارة تعرف بالسيروكو (الشهيلي). وقد بلغت أعلى سرعة للرياح 16,2 Km/h في شهر فيفري.

- **هطول الأمطار:**

شهدت المنطقة تساقطا معتبرا للأمطار بمتوسط قدره 5,9 mm خلال الفترة الممتدة من شهر فيفري إلى شهر أكتوبر مع انعدام التساقط في شهر جوان، حيث بلغت أعلى كمية لتساقط الأمطار بشهر مارس 27,93 mm وأقل كمية في شهر جويلية 0,76 mm.

- **الرطوبة:**

تمتاز المنطقة برطوبة متوسطة حيث تصل أعلى قيمة لها إلى 43,7 % وهذا في شهر ديسمبر، وأقل قيمة سجلت في شهر جوان ب15,3 %.

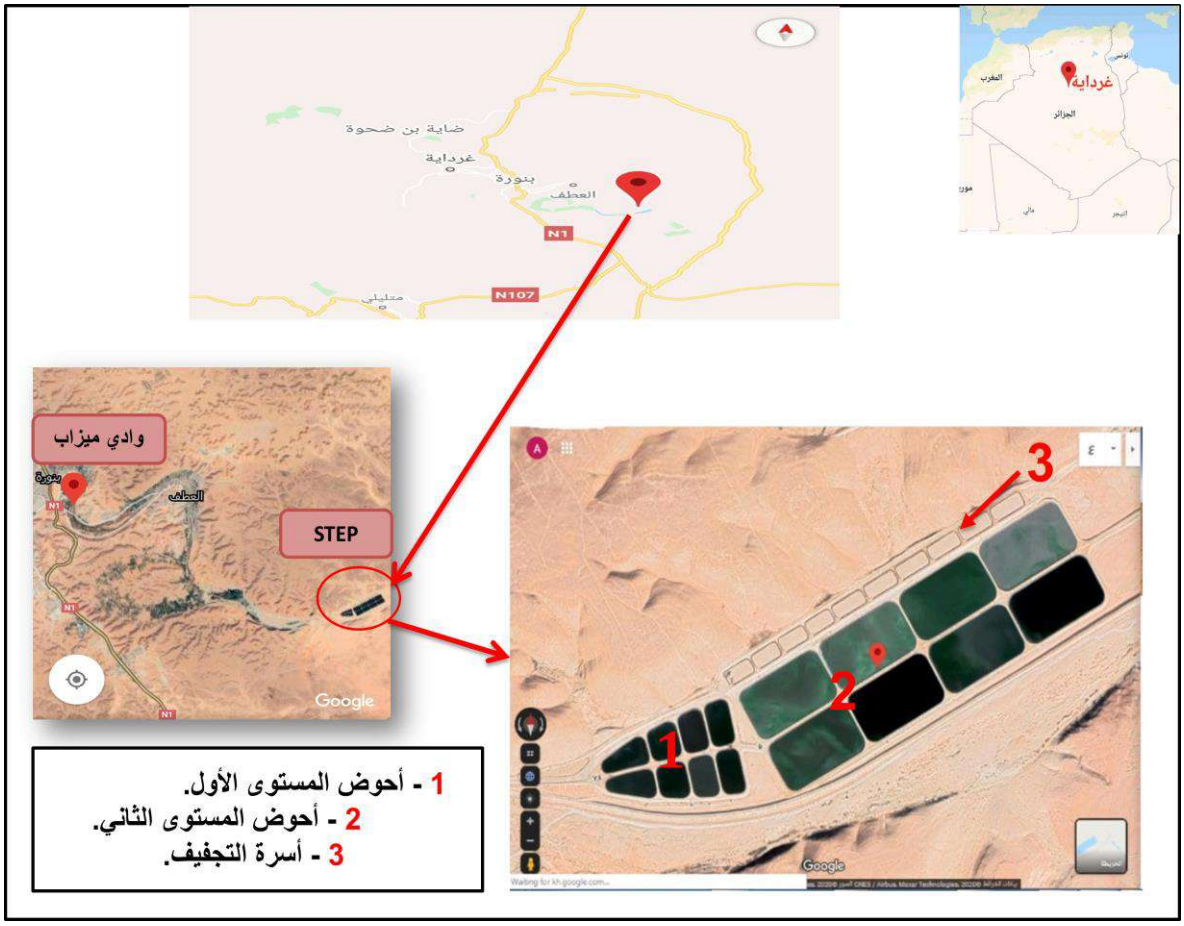
III-1-2- تقديم محطة التصفية بالعطف – غرداية :

- **الموقع الفلكي:**

تقع المحطة على نقطة تقاطع خط الطول 3°48’12.6972 شرقا ودائرة عرض 32°26’46.23 شمالا.

- **الموقع الجغرافي:**

تقع محطة معالجة كاف الدخان في بلدية العطف التي تقع أسفل وادي ميزاب. وتعتبر ثاني أكبر محطة معالجة بالبحيرات الطبيعية في العالم بعد محطة المعالجة في تكساس بالولايات المتحدة (وفقًا للسيد مارك أندريه ديس جاردين. خبير عالمي في تصميم محطة المعالجة). تقع المحطة على بعد 21 Km تقريبًا جنوب شرق غرداية ، بالقرب من سد العطف **[47].**



الشكل (27): يوضح الموقع الجغرافي لمحطة المعالجة كاف الدخان بالعطف **[45].**

III-1-2-1- خصائص و أبعاد المحطة:

تم بناء محطة معالجة مياه الصرف الصحي في غرداية على مساحة أرضية تقدر ب 79 ha وبسعة 331700 éq/hab ، وذلك خلال الفترة **2008-2012م** من قبل **SPA AMENHYD (شركة بناء)** بالتعاون مع **BGetAQUATECH-AXOR (مكتب دراسة المراقبة والتحكم بكندا).** وقد دخلت حيز التشغيل في نوفمبر **2012م** كجزء من إستراتيجية متكاملة للصرف الصحي والحماية من الفيضانات في وادي ميزاب والتي تمتد حتى عام 2030م.

تتولى المحطة معالجة مياه الصرف الصحي الحضرية الواردة من بلديات العطف، بونورة وغرداية ، وذلك باستخدام طريقة البحيرات الطبيعية على مستوى 16 حوضا مقسمة على مستويين (الشكل (27)). تختص هذه الأحواض بالمعالجة الأولية و الثانوية فقط لقطاع المياه مسبوقتين بمعالجة تمهيدية، أما تجفيف الحمأة الناتجة فيحدث على مستوى 10 أحواض (أسرّة). تبلغ طاقة المحطة حاليا 25000 m^3/j ، أي ما يعادل 168323 éq/hab و 46 400 m^3/j ، أي ما يعادل 331700 éq/hab بحلول عام 2030،

وتستقبل 46400 m^3/j كمتوسط سعة للتدفق اليومي لتصرف في الأخير المياه المعالجة في وادي ميزاب **[47]**.

الجدول (4): البيانات الأساسية لمحطة المعالجة **[47]**.

الخواص	المستوى الأول	المستوى الثاني
عدد الأحواض	**08 أحواض**	**08 أحواض**
الحجم الكلي للأحواض	**174028.50 m^3**	**464000 m^3**
حجم كل حوض	**21753.56 m^3**	**58000 m^3**
المساحة الكلية	**4.96 ha**	**30.4 ha**
مساحة كل حوض	**0.62 ha**	**3.8 ha**
عمق كل حوض	**3.6 m**	**1.6 m**
زمن المكوث	**03 j**	**10 j**
تردد التنظيف	**مرة واحدة كل 03 سنوات**	**مرة واحدة كل 03 سنوات**
الحمولة العضوية المتبقية	**580 Kg DBO_5/j**	**2320 Kg DBO_5/j**
الحد الأدنى من DBO5	**% 50**	**% 60**

III-1-2-1-2- مراحل المعالجة على مستوى المحطة:

تتولى المحطة معالجة المياه المستعملة الواردة من ثلاث بلديات (العطف، بونورة، غرداية) بواسطة الأحواض الطبيعية. وبما أن عملية جمع مياه الصرف الصحي من خلال شبكات المجاري ينتج عنها دائما نقل مواد ضخمة وغير متجانسة، فمن الواجب الخضوع لمعالجة تمهيدية قبل البدء في معالجتها الفعلية، حيث تتبع المحطة المراحل التالية وصولا إلى هدفها:

III-1-2-2-1- المعالجة التمهيدية: وتشمل:

- ✓ **أ)- الغربلة:** يمر الماء الخام عبر النظام المتضمن شبكتين (غربال) آليتين متوازيتين (تبلغ المسافة بين القضبان 25 mm)، وفي حال إلغاء التنشيط الأوتوماتيكي لهما يتم حجز الأجسام الضخمة بواسطة نظام مثبت فوق الحد الأقصى لمستوى الماء ومجهز بشبكة ثابتة (المسافة بين قضبانها 40 mm) مرتبة بالتوازي.

✓ **ب)- إزالة الرمل:** تتم إزالة الرمال بواسطة أحواض مستطيلة الشكل، تحتوي على حواجز متعاكسة تعمل على تقليل معدل سرعة سريان المياه مما يسمح بترسيب الرمال. كما يتم تنظيف الأحواض بصورة ميكانيكية. وهنا تجدر الإشارة إلى أن المحطة ليست مجهزة بنظام لإزالة الزيوت والدهون.

الشكل (28): نظام الغربلة و إزالة الرمل.

III-1-2-2-2- المعالجة الأولية:

تتم المعالجة الأولية أثناء عبور مياه الصرف الصحي داخل البحيرات الأولية التي تسمى "اللاهوائية" ، والتي تتكون من 08 أحواض بمساحة حوالي 0,62 ha لكل حوض وعمق المياه 3,6 m (الارتفاع مقارنة مع قمّة السدود التي تحيط بهذه الأحواض هو متر واحد). يضمن العزل المائي بواسطة غشاء أرضي من البيتومين ، في حين تسمح مسارات الاستغلال بعرض 5 m بالتجول حول البحيرات لصيانتها.

III-1-2-2-3- المعالجة الثانوية:

تصل المياه التي خضعت للمعالجة الأولية بواسطة أنبوبان بقطر 1000 mm إلى الموزع الرئيسي للمعالجة الثانوية، ليتم توزيعها على البحيرات الثانوية الثمانية.

تحدث المعالجة الثانوية المناسبة أثناء عبور المياه داخل البحيرات الثانوية المكونة من 08 أحواض بمساحة حوالي 3,8 ha لكل حوض وعمق الماء 1,6 m (الارتفاع مقارنة مع قمّة السدود التي تحيط بهذه الأحواض هو متر واحد). يضمن العزل المائي بواسطة غشاء أرضي من البيتومين، كما تسمح مسارات الاستغلال بعرض 5 m بالتجول حول البحيرات لصيانتها.

الشكل (29): بحيرات (أحواض) المعالجة الأولية والمعالجة الثانوية.

III-1-2-2-4- معالجة الحمأة:

يتم في هذه المرحلة تجفيف الحمأة المترسبة في قاع البحيرات الأولية والثانوية بالهواء الطلق في 10 أسرّة للتجفيف، حيث تقع هذه الأخيرة على مستوى أعلى من مستوى البحيرات حتى تتمكن من إخلاء المادة المترشحة وتصريفها باتجاه تلك البحيرات بطريقة الجاذبية.

تتكون أسرّة التجفيف من طبقة من الرمل المغسول تعلو طبقات من الحصى بحجم أكبر بما في ذلك شبكة الصرف الصحي. ونتيجة لذلك، يتم أولاً استخلاص الماء الخلالي وبالتالي يتم إرجاعه إلى البحيرات ، وثانيًا يسمح التبخر بالحصول على جفاف عال.

III-1-3- تقديم منطقة محطة الدراسة (ورقلة):

- **الموقع الفلكي:**

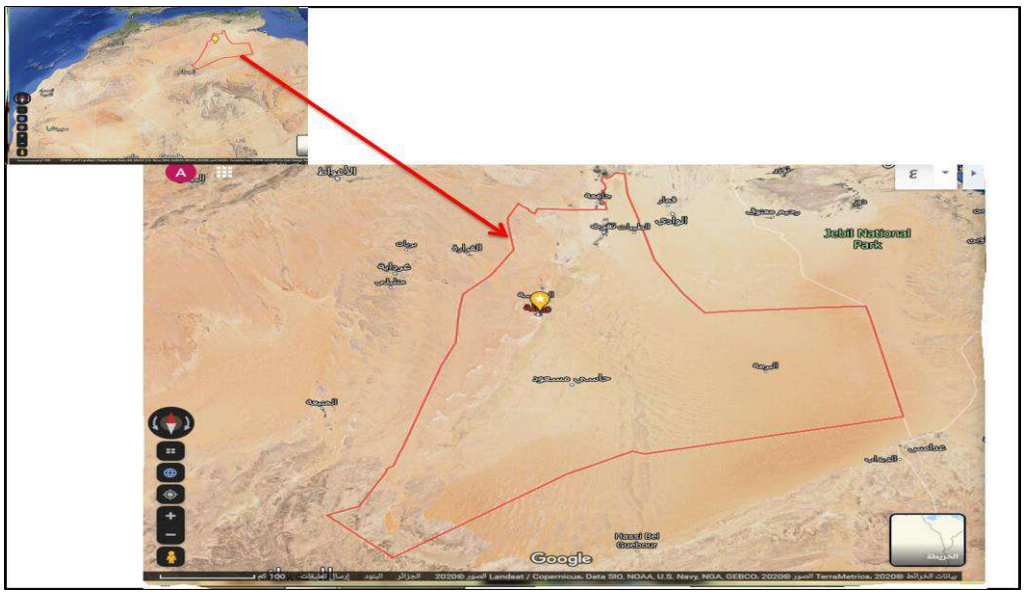
يمكن تحديد الموقع الفلكي لمدينة ورقلة بين دائرتي عرض 31° و 32° شمال خط الإستواء، وبين خطي طول 5.15° و 5.30° شرق خط غرينتش. وينحدر السطح من الغرب إلى الشرق، حيث تتجه الأودية مثل واد ميزاب و واد النساء إلى سبخة سفيون أمّا واد مية الذي يعتبر من الأودية الميتة المنحدر من الجنوب إلى الشمال لم يبق منه إلّا مجراه الذي غطّته العروق الرملية **[48].**

- **الموقع الجغرافي:**

تقع ولاية ورقلة في الجنوب الشرقي من الوطن. تتربع على مساحة 283943 Km^2 ، وتعتبر بوابة الصحراء الكبرى من الجهة الشرقية **[49]**، حيث يعبرها الطريق الوطني رقم 03 الذي يربط الشمال الشرقي للوطن بالجنوب الشرقي و كذا الطريق الوطني رقم 49 الذي يتصل مباشرة مع الطريق الوطني رقم 01 الذي يربط الشمال الجزائري بأقاصي الصحراء الكبرى. تحتل مدينة ورقلة موقعا في الضفة الغربية للعرق الشرقي الكبير. وهي منطقة تتميز بموارد طبيعية باطنية هامة كالبترول والغاز مما أعطاها صبغة إدارية خدماتية هامة. تتوسط المدينة الولايات التالية:

- من الجهة الشمالية : ولايتي الوادي و بسكرة و الجلفة.
- من الجهة الجنوبية: ولايتي إليزي وتمنراست.
- من الجهة الشرقية : ولاية الوادي والجمهورية العربية الليبية.
- من الجهة الغربية : ولاية غرداية .

تتكون ولاية ورقلة من (08) ثمانية دوائر تحوي (21) واحد وعشرون بلدية **[50].**



الشكل (30): الموقع الجغرافي لولاية ورقلة **[45].**

III- 1-3-1- دراسة مناخية لمنطقة ورقلة:

يتميز مناخ المنطقة وكباقي المناطق الصحراوية بالقاري أي الحار الجاف صيفا وجاف بارد شتاءا، بحيث تتلقى المنطقة كميات كبيرة من أشعة الشمس وذلك على امتداد فترات طويلة من السنة حيث يقابل ارتفاع درجة الحرارة ارتفاع التبخر وقلة الأمطار**[50].** يبين الجدول (5) التغيرات المناخية المتوسطة لسنة 2019 لمنطقة ورقلة.

الجدول (5): التغيرات المناخية المتوسطة لسنة 2019 لمنطقة ورقلة **[46]:**

البيانات / الأشهر	درجة الحرارة (°C)	متوسط سرعة الرياح (Km/h)	هطول الأمطار (mm)	الرطوبة (%)
جانفي	10,8	12,4	0	35
فيفري	12	13,8	0	37,8
مارس	16,9	14,4	4,07	33,5
أفريل	23,2	14,9	**13,97**	25,9
ماي	26,7	16,1	3,81	25
جوان	35,3	**17,5**	0	13,9
جويلية	**37,4**	13	0	13,8
أوت	36,9	13,3	0	17,8
سبتمبر	31,8	12,8	1,53	27,5
أكتوبر	24,2	10,4	2,03	35,8
نوفمبر	16,2	11	0	37,3
ديسمبر	13,8	10,3	0	**46,7**
المتوسط	23,8	13,1	25,41	29,7

من خلال الجدول (5) نجد أنه بالنسبة ل:

- **درجة الحرارة:**

درجة الحرارة تتغير حسب الشهور والفصول بمتوسط قدره 23,8 °C. نلاحظ أن أعلى مستوى لدرجة الحرارة سجل في شهر جويلية بمقدار 37,4 °C ، وكانت أدنى قيمة لها في شهر جانفي مقدّرة ب 10,8 °C.

- **متوسط سرعة الرياح:**

- تهب على المنطقة نوعان من الرياح (باردة - ساخنة).
- رياح باردة ذات اتجاه شرقي وشمالي غربي.
- رياح ساخنة ذات اتجاه جنوبي وجنوبي غربي.

- رياح ساخنة جافة ذات اتجاه جنوبي غربي.
- رياح ساخنة محملة بالرمال ذات اتجاه جنوبي.

حيث بلغت أعلى سرعة للرياح في شهر جوان مقدار 17,5 Km/h.

- **هطول الأمطار:**

تشهد المنطقة كميات قليلة من التساقط، حيث تمتد الفترة الممطرة من شهر مارس حتى شهر أكتوبر ولا تتجاوز 13,97 mm، وتتوسط هذه الفترة أشهرا جافة منعدمة التساقط وهي جوان، جويلية، أوت وكذا شهري نوفمبر وديسمبر.

- **الرطوبة:**

تزداد الرطوبة شتاءا حيث تبلغ 46,7 % في شهر ديسمبر، وتنخفض صيفا لتصل إلى 13,8 % في شهر جويلية .

III-1-4- تقديم محطة التصفية بسعيد عتبة- ورقلة:

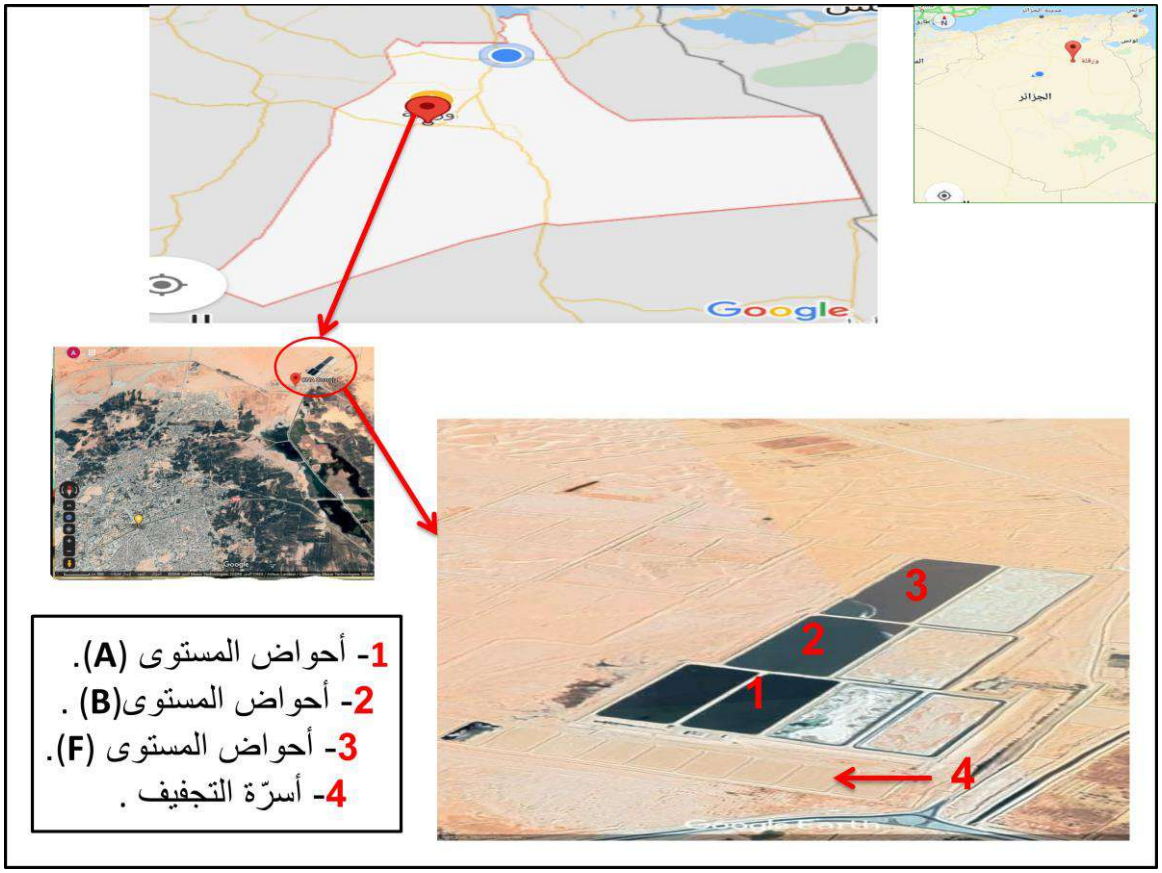
- **الموقع الفلكي:**

تقع محطة معالجة مياه الصرف الصحي (الشكل(31)) في سعيد عتبة شمال شرق ورقلة. على:

- دائرة العرض: 31° شمالًا.
- خط الطول: 5° شرقًا.

- **الموقع الجغرافي:**

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



الشكل (31): الموقع الجغرافي لمحطة التطهير بسعيد عتبة – ورقلة **[45].**

III-1-4-1- خصائص و أبعاد المحطة:

تم بناء محطة معالجة مياه الصرف الصحي في منطقة سعيد عتبة بورقلة سنة 2006 م. تتربع المحطة على مساحة إجمالية تبلغ 80 ha و تقدر طاقة استيعابها ب 331700 éq/hab. كان إنجازها تحت إشراف الديوان الوطني للتطهير بالتعاون مع شركة DYWIDAG لتدخل حيز التشغيل بعد مرور 3 سنوات من البناء.

تهتم هذه المحطة بمعالجة مياه الصرف الصحي الحضرية باستخدام طريقة الأحواض المهواة، حيث تستطيع استقبال 57000 m^3/j كأقصى حد لمتوسط التدفق المائي، خاصة وأنها تضم 08 أحواض بأحجام كبيرة مقسمة على 03 مستويات (لاحظ الجدول رقم (06)) ومخصصة لمعالجة المياه فقط، أما الحمأة الناتجة فيتم تجفيفها على مستوى 11 سريرا، في حين توجه المياه المعالجة في الأخير إلى سبخة سفيون الواقعة شمال مدينة ورقلة و التي تبعد عن المحطة بحوالي 41 Km **[51].**

الجدول (6): البيانات الأساسية لمحطة المعالجة [52].

الخواص	المستوى الأول	المستوى الثاني	المستوى الثالث
عدد الأحواض	**04 أحواض**	**02 حوض**	**02 حوض**
الحجم الكلي للأحواض	**340800 m^3**	**227200 m^3**	**380m^3**
حجم كل حوض	**85200m^3**	**113600m^3**	**74027m^3**
المساحة الكلية	**9.7 ha**	**ha8.2**	**ha9.8**
مساحة الحوض الواحد	**ha2.4**	**ha4.1**	**ha4.9**
عمق الأحواض	**m3.5**	**m2.8**	**m1.5**
زمن المكوث	**07أيام**	**05أيام**	**04-02أيام**
عدد المضخات في كل حوض	**12 مضخة**	**7 مضخات**	**لا توجد**
نسبة التصفية	**% 80 -70**	**% 30 -20**	**لا توجد**

III-1-4-1-1- مراحل المعالجة على مستوى المحطة:

III-1-4-1-1-1- المعالجة التمهيدية:

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

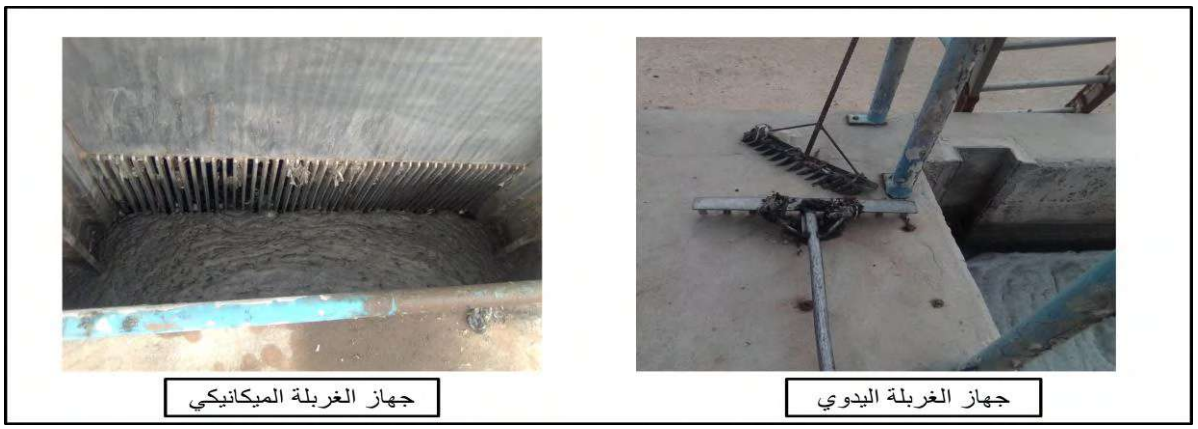
- محطات الضخ التابعة لمحطة ضخ الشط.
- محطات الضخ التابعة لمحطة ضخ طريق سيدي خويلد.
- محطات الضخ التابعة لمحطة ضخ ثكنة / مستشفى.
- محطات الضخ التابعة لمحطة ضخ جمارك.
- محطات الضخ التابعة لمحطة ضخ طريق أنقوسة.

بحيث يتم استقبالها أولا من طرف منشأة المعالجة التمهيدية والتي تشمل:

✓ أ)- **نزع الغازات:** تكون المياه الواردة محمّلة بالغازات (كغاز الميثان **(CH_4)** وغاز كبريتيد الهيدروجين **(H_2S)**)، فيتم إسقاطها في مجمع يسمح بطرد تلك الغازات عن طريق التصاعد التلقائي لها في الهواء.

الشكل (32): مجمّع طرد الغازات.

✓ **ب)- الغربلة:** يمر الماء في ثلاثة قنوات بطول 1.8 m ، هذه القنوات مرتبة في شبكتين ميكانيكيتين متوازيتين، يتباعد قضبان كل واحدة منهما ب 2.5 cm ويتم تنظيفها بفضل مكشطة يتكامل شكلها مع شكل تلك القضبان، بالإضافة إلى شبكة يدوية احتياطية يتم تنشيط حركتها في حالة إيقاف تشغيل الشبكتين الآليتين.



الشكل (33) : جهازي الغربلة الميكانيكي واليدوي

✓ **ج)- إزالة الرمل:** يتم نزع الرمال والأجسام الثقيلة التي مرّت عبر المصافي عن طريق الترسيب في ثلاثة قنوات ، كل قناة لها عرض 2 m وطول 23 m ، ذات جريان أفقي و تأتي موالية لمنطقة الغربلة. ينقسم الماء على هذه القنوات بتدفقات متساوية ويسير فيها بسرعة بطيئة تسمح بعملية الترسيب (يبقى الماء في القنوات حوالي ساعتين).

تحتوي كل قناة على جسر متحرك مزوّد بشفرة تسمح بكشط نواتج الترسيب وتجميعها داخل أحواض متواجدة في نهاية كل قناة، ثم تنقل النواتج بواسطة مضخات خاصة نحو مصنف الرمل.

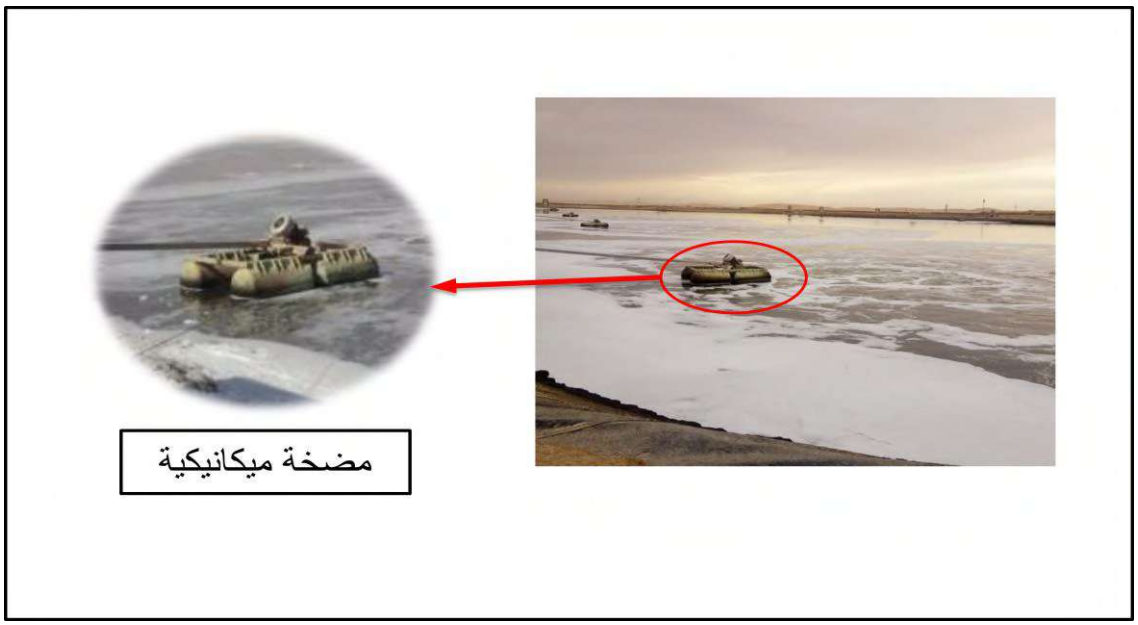
وتجدر الإشارة هنا إلى أن المحطة لا تعمل على نزع الزيوت.

الشكل (34) : جهاز إزالة الرمل

III-1-4-1-2 المعالجة على مستوى الأحواض المهواة (المعالجة البيولوجية):

تتم هذه المعالجة في مستويين من الأحواض المهواة التي غلّفت أرضياتها بأغشية من نوع PHD (Polyéthylène Haute Densité)غير نفوذة. ينتقل الماء بين هذين المستويين بطريقة انسيابية.

- ✓ **أ)- المستوى الأول (أحواض المستوى A):** عبارة عن 04 أحواض يصلها الماء من المرحلة السابقة بواسطة موزع يوزعها بتدفقات متساوية فيما بينها. كل حوض مزوّد ب 12 مضخة تعمل على ضخ الأكسجين داخله لتقوم البكتيريا بتحليل المادة العضوية و هضم المغذيات (الفوسفور و الآزوت) بنسبة % 80.
- ✓ **ب)- المستوى الثاني (أحواض المستوى B):** هو عبارة عن حوضين كل منهما مزوّد ب 07 مضخات تعمل نفس عمل مضخات المستوى A بغرض المعالجة من نسبة التلوث المتبقية.

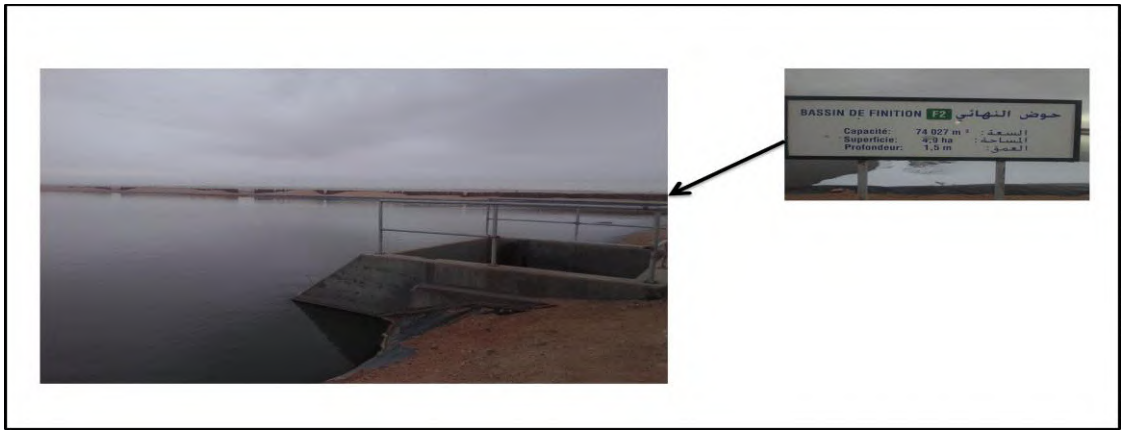


الشكل (35): حوض تهوية.

III-1-4-1-3- المعالجة النهائية (أحواض المستوى F):

تحتوي على حوضين يصلهما الماء بطريقة انسيابية. يتم في هذه المرحلة ترسب المواد المتحللة والبكتيريا التي تموت بعد تحليلها لتلك المواد، كما يحدث تطهير للمياه بفضل أشعة الشمس حيث لا يتجاوز ارتفاع الماء داخل الحوض 1.5 m لضمان وصول الأشعة إلى القاع.

وتجدر الإشارة هنا إلى أنه خلال فترة دراستنا كانت تشتغل 03 أحواض فقط في المستوى A وحوض واحد في كل من المستوى B والمستوى F نظرا لكون هذا العدد كافيا لمعالجة التدفقات الداخلة حينذاك.



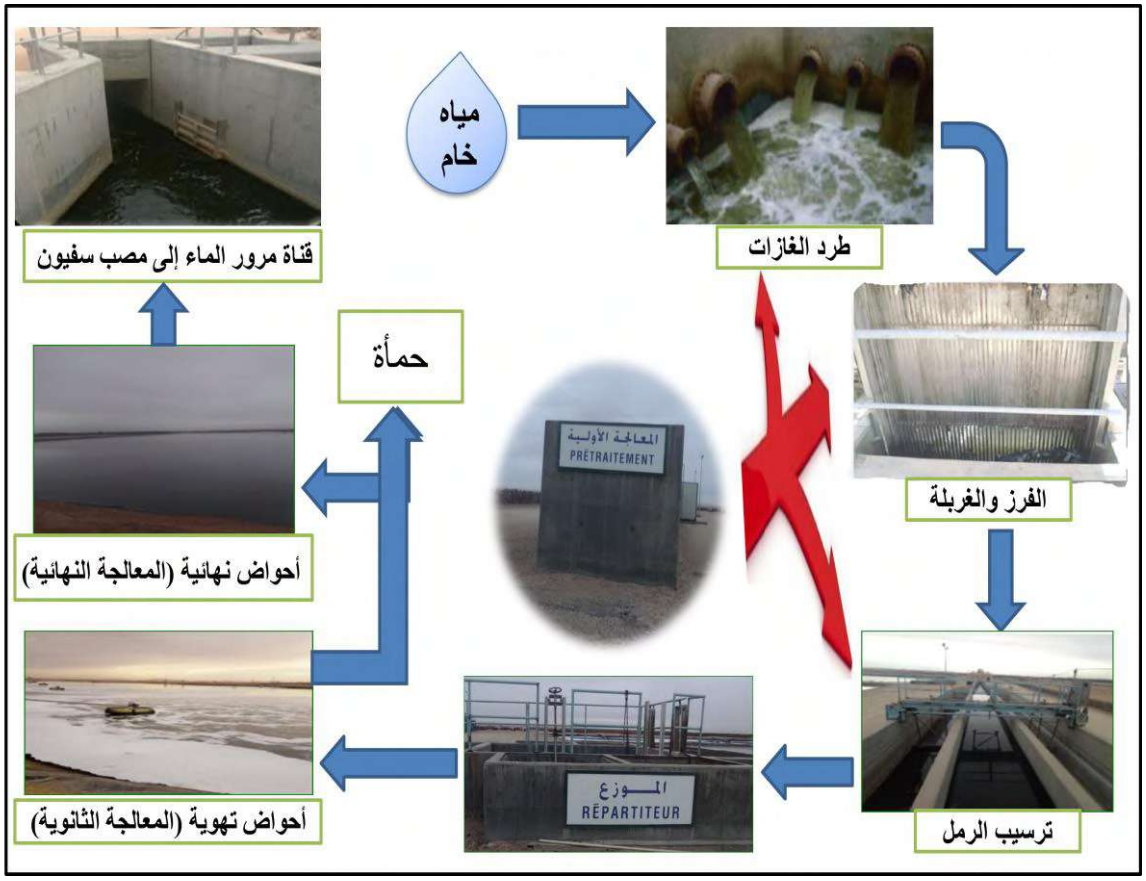
الشكل (36): حوض نهائي.

III-1-4-1-4- معالجة الحمأة:

تحتوي المحطة على 11 سريرا (أسرّة التجفيف) مرتبة في سطر واحد و مخصصة لهذه المرحلة من المعالجة. تغطى أرضية هذه الأسرّة بأغشية من نوع PHD تعلوها طبقة من الحصى بأحجام مختلفة، ثم طبقة من الرمل كطبقة سطحية للأسرّة.

يتم ضخ الحمأة الناتجة في قاع بحيرات المعالجة البيولوجية إلى هذه الأسرة ليتم تجفيفها عن طريق التبخر الطبيعي.

الشكل (37) :أحواض التجفيف.



الشكل (38): مراحل معالجة المياه على مستوى المحطة.

III-2- مراحل قياس مستوى الماء وأخذ العينات:

III-2-1- قياس حجم الماء الداخل والخارج:

يتم قياس حجم الماء من خلال جهاز قياس التدفق Débitmètre الذي يتواجد في مدخل ومخرج المحطة لمعرفة كمية الماء الداخل والخارج، ومن خلال معرفة كمية الماء يتبين لنا إن كان هناك مشكل في الشبكة الخارجية أو لا، في حال تسجيل انخفاض في مستوى التدفق يتم الاتصال بمركز المحطة لمعرفة سبب الانخفاض.

الشكل (39) : جهاز قياس تدفق الماء Débitmètre

III-2-2- أخذ العينات:

تعتبر عملية أخذ عينات من المياه عملية دقيقة وحساسة يجب توخي أكبر قدر من العناية بها ، فهي تحدد النتائج التحليلية والتفسيرية التي سيتم إعطاؤها، يجب أن تكون العينة متجانسة ومتماثلة دون أي تعديل للخصائص الفيزيائية الكيميائية للمياه (الغاز المذاب ، المادة المعلقة ،.. إلخ) **[53]**.

الهدف من العينات هو تجميع جزء صغير في الحجم بحيث يكون كافي ليسهل نقلة وتداوله بالمخبر وفي نفس الوقت تكون ممثلة للمادة التي أخذت منها، هذا يضمن أن التراكيز النسبية من مكونات العينة هي نفسها للمادة التي أخذت منها، وهذا يضمن أيضا أن تنقل العينة ويتم تداولها بسهولة بحيث لا يحدث تغيير في تركيبها قبل تحليلها. 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 لابد دائما من اختيار نقطة أو مكان تجميع العينات بدقة. وذلك لكي تكون العينة التي يتم تجميعها ممثلة لواقع المياه عند هذه النقطة ولابد دوما أن يتم تجميع العينات من منطقة جيدة الخلط، وأن يتجنب العامل تجميع الأجزاء الكبيرة أو غير الطبيعية في العينات الروتينية. العينات التي تحتوي على مواد مترسبة أو نمو للنباتات أو مواد طافية والتي يمكن أن تتجمع في نقطة جمع العينات أو على جوانب الجدران تؤدي إلى الحصول على نتائج بانحرافات غير عادية، لذا وجب تجنب كل هذه الأمور **[54]**.

تم في هذه الدراسة أخذ العينات يدويا من مدخل و مخرج المحطة بصفة يومية على الساعة ال 9:00 صباحا، وذلك باستخدام حاوية صغيرة من البلاستيك (جامع عينات تليسكوب بماسك للزجاجة) على عمق

يتراوح بين 30 cm إلى 40 cm من سطح الماء، حيث تغسل الحاوية بالماء المقطر قبل الشروع في العملية، ثم بالماء المستعمل الخاص بكل مكان أخذ، لتؤخذ بها العينات التي تحفظ بعد ذلك في قارورات مع الغلق المحكم ثم نقلها مباشرة إلى مخبر المحطة لإجراء التحاليل.

وهنا تجدر بنا الإشارة إلى أنّ المحطة مزودة بجهاز آلي لأخذ العينات.

الشكل (40): جهازي أخذ العينات الأتوماتيكي واليدوي.

الشكل (41):صور لبعض نقاط أخذ العينات.

- **تحليل النتائج:**

النتائج المتحصل عليها لكل خاصية وفي كل محطة هي عبارة عن القيم المتوسطة الناتجة من تحاليل عينات كل من المدخل والمخرج.

- **مردود التنقية:**

لتحديد كفاءة التنقية لمحطتي التصفية بطريقة المعالجة بالبحيرات المهواة بالنسبة لمحطة ورقلة، وطريقة المعالجة بالبحيرات الطبيعية بالنسبة لمحطة غرداية للوسائط المقاسة نطبّق العلاقة التالية :

$$\mathbf{R\%} = \frac{Ci - Cf}{Ci} \times \mathbf{100}$$

بحيث:

R% : مردود التنقية.

Ci : تركيز الوسائط المتواجدة في المياه المستعملة عند المدخل **(mg/l)**.

C_f : تركيز الوسائط المتواجدة في المياه المعالجة عند المخرج **(mg/l)**.

III- 3- الوسائط الفيزيوكيميائية المقاسة:

بعد نقل العينات إلى المختبر تم قياس الوسائط التالية للماء الداخل والخارج :

III-3-1- الطلب الكيميائي للأكسجين (DCO):

يخبرنا قياس الطلب الكيميائي على الأكسجين 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 ($K_2Cr_2O_7$) في وسط حمضي (حمض الكبريتيك (H_2SO_2)) ، في وجود سلفات الفضة (Ag_2SO_4) وسلفات الزئبق ($HgSO_4$)، بواسطة جهاز المطيافية. في عملية قياس DCO استعملنا كبسولات تحتوي على الكاشف التجاري المحضر سابقا برمز :

LCK314 للمياه المعالجة و LCK514 للمياه الملوثة.

الأجهزة المستعملة:

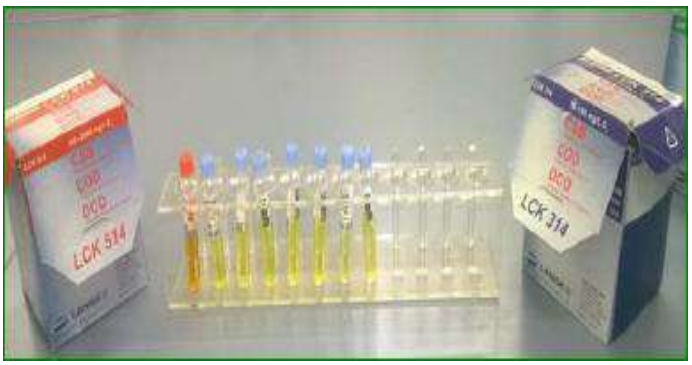
- ماصة ذات السعة 2 ml.
- جهاز قياس الطيف الضوئي (DR 2800).
- جهاز تسخين عند 150 °C (HACH. LANGE).

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 وضيعتها 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 ونتركها تبرد لمدة نصف ساعة بدرجة حرارة المخبر.
- بعد التبريد نضع الكبسولة في جهاز قياس المطيافية spectrophotomètre DR 2800.
- نقرأ قيمة DCO من الجهاز مباشرة بعد استقرارها ، يعبر عنها بوحدة (mgO_2/l).



الشكل (42) : الكواشف المستعملة لقياس (DCO).

الشكل (43): جهاز التسخين.

الشكل (44): جهاز spectrophotomètre.

III-2-3- الطلب البيوكميائي 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 510 ml.
- حاضنة (20 °C).
- ملقط.
- هيدروكسيد الصوديوم (NaOH).
- حوجلة عيارية.
- جهاز قياس الضغط OXI TOP.
- مثبط 1-alkyle-2-Thio- urée ($C_4H_8N_2S$).

طريقة العمل:

- يتم أخذ حجم من العينة بواسطة حوجلة عيارية حسب مجال القياس (بحيث تعطى قيمة حجم عينة الاختبار بالعلاقة التالية : $DBO_5(l) = DCO\ (mg/l) \times 0.80$)، وتوضع في القارورة العاتمة.
- نضع القضيب المغناطيسي في القارورة.
- نضع 3 قطرات من المثبط 1- alkyle- 2- Thio- urée ($C_4H_8N_2S$) داخل القارورة لتثبيط تفاعل المركبات الآزوتية 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 20 °C ثم نقوم بقراءة النتيجة بعد خمس أيام من الحضن.

تحسب القيمة الحقيقية ل DBO_5 من العلاقة :

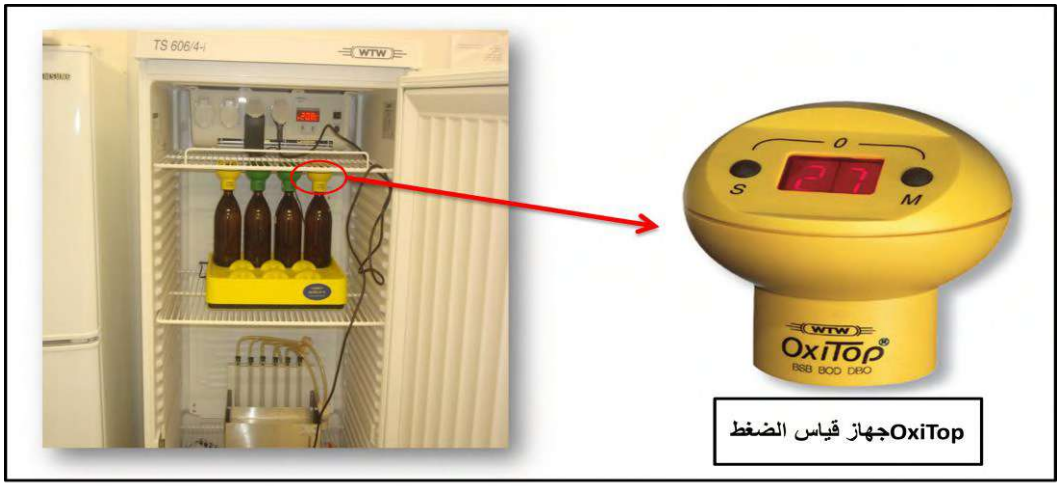
$DBO_5\ (mg\ O_2/l)$ = المعامل × قيمة القراءة

- قيمة القراءة : هي القيمة المتحصل عليها من الجهاز.

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

الجدول (7): معامل تغير قيمة DBO_5 بدلالة حجم العينة المستعملة.

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



الشكل (45): جهاز DBO mètre.

III-3-3- المواد العالقة (MES):

الغرض من التحليل هو تحديد محتوى المادة العالقة في المياه المعالجة. يتم قياس نسبة المواد العالقة MES (NFT 90 105) باستعمال طريقتين:

1- **الطريقة الأولى:** هي طريقة الترشيح وتستعمل عندما تكون نسبة المواد العالقة قليلة في المياه.

2- **الطريقة الثانية:** هي طريقة الطرد المركزي وتستعمل عندما تكون المواد العالقة ذات كثافة عالية في المياه (أكثر من 300 mg/l).

❖ **طريقة الترشيح:**

المبدأ:

يتم ترشيح الماء ويتم تحديد وزن المواد المحتجزة عن طريق فرق الوزن.

الأدوات و الأجهزة المستعملة :

- حاضنة. Etuve (MEMMERT. UNB)
- جهاز نزع الرطوبة.
- ميزان إلكتروني. (KERN. ABT)
- أوراق ترشيح ذات قطر مسامي 0.45 µm.
- حوجلة ذات سعة 100 ml.
- مضخة تفريغ.
- بوتقات (Capsule).
- ملقط

طريقة العمل:

➢ **تحضير المرشحات:**

نحضر ورقة الترشيح بغسلها بالماء المقطر ثم نضعها في كبسولة وندخلها للفرن عند درجة حرارة 150 °C لمدة ساعتين، نتركها في المجفف لمدة ساعتين من أجل التبريد، بعدها نزن الورقة ونسجل الكتلة M_0.

➢ **ترشيح العينات:**

- نضع ورقة الترشيح على دعامة الترشيح ، ثم نرج زجاجة العينة و نفرغ منها حجما قدره 100ml في الأسطوانة المدرجة.
- ننتظر مرور كل العينة عبر الورقة ثم نشطف الجدران الداخلية للأسطوانة المدرجة بالماء المقطر.
- نقوم بإزالة ورقة الترشيح بعناية باستخدام الملقط ونضعها في الفرن عند درجة 105 °C لمدة ساعتين، ثم نتركها في المجفف لتبرد كذلك لمدة ساعتين.
- نزن ورقة الترشيح بعد التصفية ونسجل الكتلة M_1.

الشكل (46): مخطط لمراحل عملية تحديد قيمة المواد العالقة في الماء.

الشكل (47): جهاز الترشيح تحت الضغط.

يتم حساب قيمة المواد العالقة بتطبيق العلاقة الرياضية التالية:

$$[\mathbf{MES}] \times \mathbf{1000} = \frac{(\mathbf{M1}-\mathbf{M0})}{\mathbf{V}}$$

[MES]: تركيز المواد العالقة **(mg/l)**.

$\mathbf{M_1}$: وزن ورقة الترشيح بعد ترشيح العينة (كتلة ورقة الترشيح التي تحوي العينة بعد تجفيفها **((mg)).**

$\mathbf{M_0}$: وزن ورقة الترشيح وهي فارغة **(mg)**.

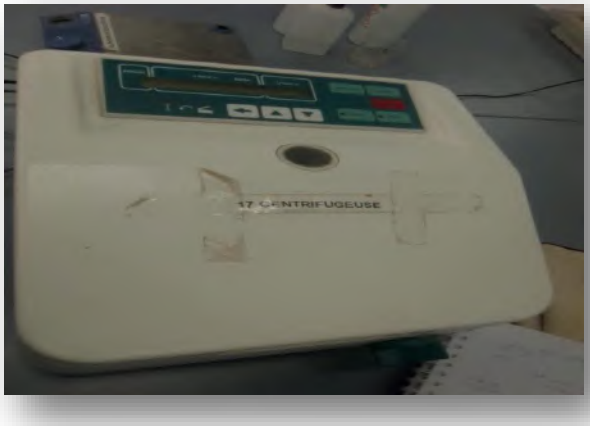
V : حجم العينة من الماء المستعمل **(l)**.

❖ **طريقة الطرد المركزي:**

- نأخذ 100 ml من العينة ونضعها داخل أنبوب ذو سعة 100 ml.
- نخضعهما لطرد مركزي لمدة 20 min حتى نتحصل على الراسب.
- ننزع الماء العالق ثم نغسل الراسب بالماء المقطر ثم نخضعه مرة أخرى للطرد المركزي لمدة 20 min.
- نزن بوتقة نظيفة ونسجل وزنها $\mathbf{M_0}$.
- نسكب الراسب داخل البوتقة ثم نضعها داخل الحاضنة على درجة حرارة 105 °C حتى نحصل على وزن مستقر.
- نخرج البوتقة من الحاضنة ونتركها تبرد بعيدا عن الرطوبة داخل dessiccateur .
- نزن البوتقة مع الراسب ونسجل وزنها $\mathbf{M_1}$.

يتم حساب تركيز MES بتطبيق العلاقة التالية:

$$[\mathbf{MES}] \times \mathbf{1000} = \frac{(\mathbf{M1}-\mathbf{M0})}{\mathbf{V}}$$



الشكل (48): صورة لجهاز الطرد المركزي.

III-3-4- تحديد كمية النتريت ($N\text{-}NO_2^-$):

تم تحديد كمية النتريت باستعمال جهاز DR-1900.

الأدوات والأجهزة المستعملة:

- ماصة 2ml.
- جهاز قياس الطيف الضوئي (DR-1900).

الكواشف:

- كاشف LCK 341 التجاري المحضر مسبقا .

طريقة العمل:

- ننزع الملصق المتواجد أعلى غطاء أنبوبة الكاشف LCK 341 .
- نفتح الأنبوبة لنضيف إلى محتواها حجما قدره 2 ml من العينة المراد تحليلها ثم نغلقها بإحكام .
- نرج محتوى الأنبوبة جيدا حتى يتجانس محتواها، ثم بعد 10 min من الرج نمسح الجزء الخارجي للأنبوبة.
- نضع الأنبوبة في جهاز DR-1900 ثم نذهب إلى طرق LCK/TN Plus ، نحدد الاختبار المطلوب ثم نضغط على زر التشغيل.
- عند ثبات القيمة على الجهاز تقرأ مباشرة بوحدة mg/l.

III-3-5- تحديد كمية النيترات ($N\text{-}NO_3^-$):

تم تحديد كمية النيترات باستعمال جهاز DR-1900.

الأدوات والأجهزة المستعملة:

- ماصة 2ml.
- جهاز قياس الطيف الضوئي (DR-1900).

الكواشف:

- كاشف LCK 340 التجاري المحضر مسبقا.
- محفز A.

طريقة العمل:

- نفتح الأنبوبة ونضيف بواسطة ماصة حجما قدره 0,2 ml من العينة المراد تحليلها.
- نأخذ حجما قدره 1 ml من المحفز A، ثم نغلق الأنبوبة.

- نرج محتوى الأنبوبة جيدا حتى يتجانس محتواها، ثم بعد 15 min من الرج نمسح الجزء الخارجي للأنبوبة.
- نضع الأنبوبة في جهاز DR-1900 ثم نذهب إلى طرق LCK/TN Plus ، نحدد الاختبار المطلوب ثم نضغط على زر التشغيل .
- عند ثبات القيمة على الجهاز تقرأ مباشرة بوحدة mg/l.

III-3-6- تحديد كمية الأمونيوم ($N\text{-}NH_4^+$):

تم تحديد كمية الأمونيوم باستعمال جهاز DR-2800.

الأدوات والأجهزة المستعملة:

- ماصة 2ml.
- جهاز قياس الطيف الضوئي (DR-2800).

الكواشف:

- كاشف LCK 305 التجاري المحضر مسبقا .

طريقة العمل:

- ننزع الملصق المتواجد أعلى غطاء أنبوبة الكاشف LCK 305.
- نفتح الأنبوبة لنضيف إلى محتواها حجما قدره 0,5 ml من العينة المراد تحليلها ثم نغلقها بإحكام.
- نرج محتوى الأنبوبة جيدا حتى يتجانس محتواها، ثم بعد 15 min من الرج نمسح الجزء الخارجي للأنبوبة.
- نضع الأنبوبة في جهاز DR-2800 ،ثم نضغط على زر التشغيل .
- عند ثبات القيمة على الجهاز تقرا مباشرة بوحدة mg/l.

III-3-7- تحديد كمية الآزوت الكلي (N_T):

تم تحديد كمية الآزوت الكلي باستعمال جهاز DR-1900.

الأدوات والأجهزة المستعملة:

- ماصة 2 ml.
- جهاز قياس الطيف الضوئي (DR-1900).

الكواشف:

- كاشف LCK 338 التجاري المحضر مسبقا.
- محفز A.
- محفز B.
- محفز D.

طريقة العمل:

- نأخذ أنبوب اختبار (جاف) نضع فيه حجما قدره 0,2 ml من العينة بواسطة ماصة + 2,3 ml من المحفز A + قرص من المحفز B.
- نغلق الأنبوب ونضعه في جهاز التسخين لمدة 30 min عند درجة حرارة 120 °C.
- نخرج الأنبوب من الجهاز ونتركه يبرد في درجة حرارة الغرفة، ثم نرج الأنبوب جيدا.
- بواسطة ماصة نأخذ حجما قدره 0,5 ml من الخليط المحضر ونضعه داخل كبسولة الكاشف LCK 338.
- نأخذ حجما قدره 0,2 ml من المحفز D ونضيفه إلى محتوى الكبسولة ، ثمّ نغلقها بإحكام .
- نرج محتوى الأنبوبة جيدا حتى يتجانس محتواها، ثم بعد 15 min من الرج نمسح الجزء الخارجي للأنبوبة.
- نضع الأنبوبة في جهاز DR-1900 ثم نذهب إلى طرق LCK/TN Plus ، نحدد الاختبار المطلوب ثم نضغط على زر التشغيل .
- عند ثبات القيمة على الجهاز تقرأ مباشرة بوحدة mg/l.

III-3-8- تحديد كمية الأورثو فوسفات (PO_4^{-3}):

تم تحديد كمية الأورثو فوسفات باستعمال جهاز DR-1900.

الأدوات والأجهزة المستعملة:

- ماصة 2 ml.
- جهاز قياس الطيف الضوئي (DR-1900).

الكواشف:

- كاشف LCK 349 التجاري المحضر مسبقا .
- محفز B.

طريقة العمل:

- نفتح الأنبوبة ، ونضيف بواسطة ماصة حجما قدره 2 ml من العينة المراد تحليلها.

- نأخذ بواسطة ماصة حجما من المحفز B قدره 0,2 ml ، ثم نغلق الأنبوبة بإحكام .
- نرج محتوى الأنبوبة جيدا حتى يتجانس محتواها، ثم بعد 10 min من الرج نمسح الجزء الخارجي للأنبوبة.
- نضع الأنبوبة في جهاز DR-1900 ثم نذهب إلى طرق LCK/TN Plus ، نحدد الاختبار المطلوب ثم نضغط على زر التشغيل .
- عند ثبات القيمة على الجهاز تقرأ مباشرة بوحدة mg/l.

III-3-9- تحديد كمية الفوسفور الكلي (P_T):

تم تحديد كمية الفوسفور الكلي باستعمال جهاز DR-1900.

الأدوات والأجهزة المستعملة:

- ماصة 2 ml.
- جهاز قياس الطيف الضوئي (DR-1900).
- جهاز تسخين.

الكواشف:

- كاشف LCK 349 التجاري المحضر مسبقا.

طريقة العمل:

- ننزع الملصق المتواجد أعلى غطاء أنبوبة الكاشف LCK 349 .
- نفتح الأنبوبة لنضيف إلى محتواها بواسطة ماصة حجما قدره 2 ml من العينة المراد تحليلها (مع المحافظة على وضعيتها موجهة إلى لأعلى) ، ثم نغلقها بإحكام.
- نرج الكبسولة جيدا من الأعلى إلى الأسفل حتى يتجانس محتواها.
- نقوم بتسخين الكبسولة لمدة 60 min عند درجة حرارة 100 °C أو لمدة 30 min عند درجة حرارة 120 °C.
- نخرج الأنبوبة من جهاز التسخين ونتركها تبرد في درجة حرارة الغرفة مع التأكد من أن غطاءها محكم الغلق.
- بعد التبريد نرج محتوى الكبسولة جيدا.
- نفتح الكبسولة ونضيف بواسطة ماصة حجما قدره 2 ml من الكاشف B ثم نغلق الكبسولة ونرجها جيدا حتى يتجانس محتواها .

- بعد 10 min من الرج، نقوم بتنظيف الجزء الخارجي للكبسولة ونضعها في جهاز DR-1900، ثم نذهب إلى طرق LCK/TN Plus ، نحدد الاختبار المطلوب ثم نضغط على زر التشغيل .
- عند ثبات القيمة على الجهاز تقرأ مباشرة بوحدة mg/l.

الشكل (49): الكواشف المستعملة لقياس المركبات الآزوتية والفوسفاتية.

الشكل (50): جهاز DR-1900.

III-3-10- قياس كمية الأكسجين الذائب (O_2 dissous):

استعملنا جهاز قياس الأكسجين الذائب من النوع **(Oxy 340 i).**

طريقة العمل:

- نشغل الجهاز.
- نغسل قطب الجهاز بالماء المقطر.
- نغمر قطب الجهاز داخل قارورة العينة.
- نأخذ القيمة مباشرة بعد ثباتها على شاشة الجهاز ب mg/l.

III-3-11- قياس الناقلية الكهربائية (CE)، درجة الحرارة (T)، الملوحة (Salinité):

استعملنا جهاز قياس الناقلية من النوع **(Cond 340 i)** لقياس كل من الناقلية الكهربائية، درجة الحرارة وتركيز الملوحة.

طريقة العمل:

- نشغل الجهاز.
- نغسل قطب الجهاز بالماء المقطر.
- نضبط الجهاز في الوضع المناسب للوسيط المراد قياسه (لكل من الناقلية و الملوحة، أما درجة الحرارة فتظهر دوما في الأسفل).
- نغمر قطب الجهاز داخل قارورة العينة.
- نأخذ القيمة مباشرة بعد ثباتها على شاشة الجهاز المعبّر عن الناقلية ب µS/cm ، الملوحة ب mg/l و درجة الحرارة ب °C.

III-3-12- قياس الأس الهيدروجيني (pH):

استعملنا جهاز pH متر من نوع **(pH 340 i)**.

طريقة العمل:

- نشغل الجهاز.
- نغسل قطب الجهاز بالماء المقطر.
- نغمر قطب الجهاز داخل قارورة العينة.
- نأخذ القيمة مباشرة بعد ثباتها على شاشة الجهاز.

الشكل (51) : صورة للأجهزة المستعملة في القياسات الفيزيائية.

الفصل الرابع:
النتائج ومناقشتها

ملخص الفصل الرابع :

تم في هذا الفصل عرض النتائج المتحصل عليها من خلال التحاليل الفيزيائية و الكيميائية المخبرية للمياه (الخام والمعالجة) على مستوى مخبر محطة التطهير بواسطة الأحواض المهواة لمدينة ورقلة و مخبر محطة التطهير بواسطة الأحواض الطبيعية لمدينة غرداية قصد معرفة وتقييم درجة تلوث هذه المياه و تحديد نوعيتها و هذا من أجل تحديد كفاءة كل محطة وإجراء مقارنة بين طرقيتي المعالجة المتبعة في كلا المحطتين .

تم الحصول على النتائج التفصيلية و التحليلات للخواص الفيزيائية والكيميائية لمياه الصرف الصحي الخام والمعالجة لمحطتي تطهير المياه المستعملة (الأولى تعمل بنظام الأحواض المهواة (ورقلة) والثانية بنظام الأحواض الطبيعية (غرداية)) خلال 12 شهر لسنة 2019 ، وذلك من اجل تقييم كفاءة أداء المحطتين .

IV- 1- معامل التحليل البيولوجي ($K=DCO/DBO_5$):

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.

وتتيح قيمة K معرفة طبيعة المياه الواردة إلى المحطة، فإذا كانت النسبة :

- ✓ $K < 3$ فالمياه الداخلة إلى المحطة مياه حضرية.
- ✓ $K \geq 3$ فالمياه الداخلة إلى المحطة مياه مختلطة (حضرية وصناعية).

إن ارتفاع معامل التحليل البيولوجي K يكون سببه وجود عناصر مثبطة لتزايد المكروبات كالمنظفات ، الفينول ، الهيدروكربونات والأملاح المعدنية **[55],[56],[57].**

IV-2- خصائص المياه المستعملة (الخام) لمحطتي ورقلة و غرداية:

الجدول(8): قيم الخصائص الفيزيوكيميائية المقاسة للمياه المستعملة الحضرية الواردة إلى محطتي ورقلة و غرداية خلال فترة الدراسة.

الوسائط المقاسة	محطة ورقلة			محطة غرداية		
	القيم الدنيا	القيم القصوى	القيم المتوسطة	القيم الدنيا	القيم القصوى	القيم المتوسطة
MES (mg/l)	82	281	158.18	54	241,75	105.91
DBO_5 (mg/l)	90	205	150 .69	68	262,5	123.19
DCO (mg/l)	262,93	561	384.52	79,2	329	195.43
NH_4^+ (mg/l)	21,4	39,28	30.68	13,2	125	37.67
NO_2^- (mg/l)	0,02	0,9	**0,21**	0,01	0,42	**0,11**
NO_3^- (mg/l)	0,18	1,27	0,53	0,19	0,82	0,50
N_T (mg/l)	34,9	125,55	60	21,8	152	63,88
PO_4^{-3} (mg/l)	0,33	5,04	3,30	0,91	3,04	1,85
P_T (mg/l)	2,66	5,62	4,36	1,95	6,28	3.20
O_2 dissous (mg/l)	0.26	1.90	0.89	0,09	1,69	0,75
Salinité (mg/l)	2386	34013,64	15631.52	1,93	2,16	2,04
Conductivité (ms/cm)	11,94	49,78	28.40	3,16	3,95	3,58
T(°C)	19 ,36	33,1	26.16	14,87	29,83	22.79
pH	7,26	7,7	7,38	7,77	8,61	7,95

بالإضافة إلى الوسائط المقاسة قمنا بحساب قيمة معامل التحليل **($K= DCO/DBO_5$)** لكلا المحطتين والنتائج موضحة في الجدول أدناه :

الجدول (9): قيم معامل التحليل البيولوجي للمحطتين.

	محطة ورقلة			محطة غرداية		
	DCO	**DBO_5**	**DCO/DBO_5**	**DCO**	**DBO_5**	**DCO/DBO_5**
جانفي	450	143.33	3.14	79.2	68	1.16
فيفري	561	200	2.81	184.5	107.5	1.72
مارس	531	200	2.66	155	121	1.28
أفريل	304	100	3.04	307	151.75	2.02
ماي	314.33	126.67	2.48	192.5	129.5	1.49
جوان	353.2	205	1.72	329	262.5	1.25
جويلية	387.5	140	2.77	257.5	90.5	2.85
أوت	359	160	2.24	229.5	83	2.77

سبتمبر	324	153.33	2.11	149	142.3	1.05
أكتوبر	262.93	195	1.35	147.5	100.5	1.47
نوفمبر	460	90	**5.11**	139.5	107	1.30
ديسمبر	307.33	95	3.24	175	114.67	1.53
المتوسط	/	/	2.72	/	/	1.66

بعد مقارنة القيم المتوسطة للنتائج التي تم الحصول عليها في الجدول (**08**) للخصائص الفيزيوكيميائية المقاسة للمياه الخام والتي شملت: " المواد الصلبة العالقة **(MES)**، الطلب البيوكيميائي للأكسجين **(DBO_5)**، الطلب الكيميائي للأكسجين **(DCO)**، النيتريت **(NO_2^-)**، الآزوت الكلي **(N_T)**، الفوسفور الكلي **(P_T)**، درجة الحرارة **(T)** و الأس الهيدروجيني**(pH)**" مع معايير الجريدة الرسمية **[58]**. (انظر الملحق رقم 2) اتضح ما يلي:

- بالنسبة لكلا المحطتين، فإن قيم كل من الطلب الحيوي للأكسجين، الطلب الكيميائي للأكسجين، الفوسفور الكلي ،الآزوت الكلي، الأس الهيدروجيني، درجة الحرارة وكذلك المواد الصلبة العالقة كانت ضمن الحدود الأعظمية المسموح بها في معايير الجريدة الرسمية، في حين سجلت القيمة المتوسطة للنيتريت لكلتا المحطتين إرتفاعا طفيفا تجاوزت بذلك معايير الجريدة الرسمية.

- تراوحت قيم النيتريت في محطتي ورقلة وغرداية بين قيمة دنيا 0,02 mg/l في شهر أفريل وقيمة قصوى 0,9 mg/l في شهر أكتوبر،و بين قيمة دنيا قدرت ب 0,01mg/l في شهري ماي وجويلية و قصوى 0,42 mg/l في شهر أفريل بالنسبة لمحطتي ورقلة وغرداية على التوالي. بلغت القيمة المتوسطة لهذا الوسيط 0,21 mg/l على مستوى محطة ورقلة ، وبالمقابل إنخفضت في محطة غرداية إلى 0,11 mg/l.

و من خلال الجدول (**09**) يتبين أن متوسط معامل التحليل البيولوجي **"K"** للمياه الخام لم يتجاوز القيمة 3 حيث بلغ 2.72 و 1.66 في محطتي ورقلة وغرداية على الترتيب. وهذا ما يدل على أن المياه الداخلة إلى المحطتين مياه صرف حضرية. إلا أن محطة ورقلة تسجل قيم استثنائية تفوق القيمة 3 (3,14، 3,04 ، و 3,24 في شهر جانفي ، أفريل و ديسمبر على الترتيب و كقيمة قصوى 5.11 في شهر نوفمبر). فمن الممكن أن يكون سبب هذا الارتفاع راجعا إلى كثرة مناسبات الأعراس و الأفراح بالمنطقة المعنية خلال تلك الأشهر، حيث ترتفع الحمولة العضوية نتيجة الدماء التي تصرف في قنوات الصرف الصحي المنزلية و التي تكون ناتجة عن عمليات ذبح الأغنام و الأبقار.

IV-3- أداء وكفاءة إزالة الملوثات:

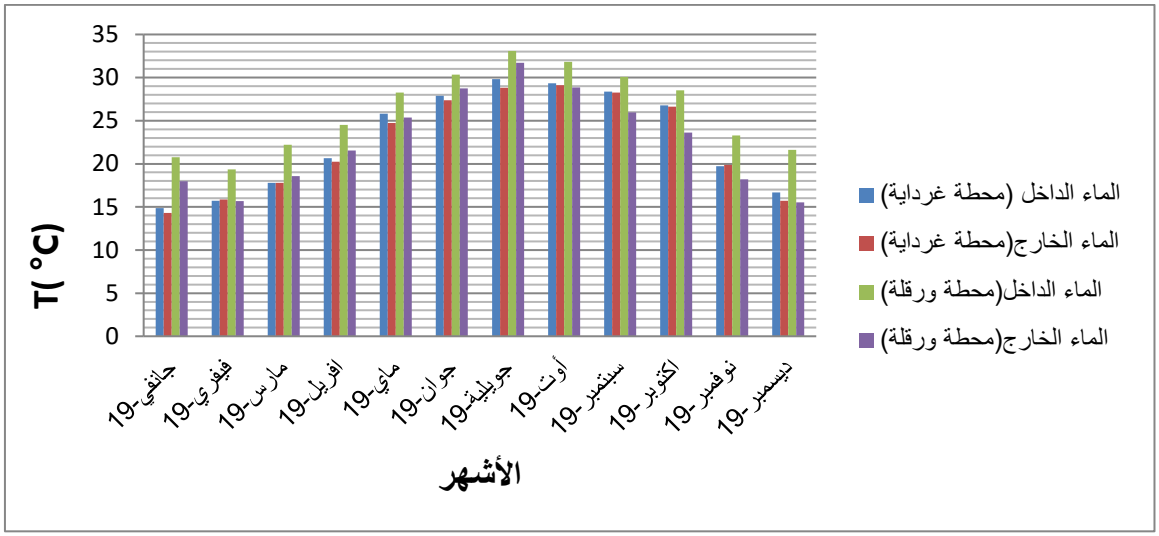
في هذه الدراسة ركزنا على أداء المحطتين في تنقية الملوثات من مياه الصرف الصحي (المياه المستعملة) فالجدول أدناه يوضح الوسائط الفيزيوكيميائية المقاسة للماء المعالج داخل المحطتين:

الجدول (10) : قيم الخصائص الفيزيوكيميائية المقاسة للمياه المعالجة الصادرة من محطتي ورقلة وغرداية خلال فترة الدراسة.

الوسائط المقاسة	محطة ورقلة			محطة غرداية		
	القيم الدنيا	القيم القصوى	القيم المتوسطة	القيم الدنيا	القيم القصوى	القيم المتوسطة
MES (mg/l)	28	165	**85.63**	40,75	99	**71.92**
DBO_5 (mg/l)	18,33	66,67	**40.31**	23	78,5	**45.75**
DCO (mg/l)	93.55	190,15	**113.63**	53,4	128	**88.71**
NH_4^+ (mg/l)	24,92	43,6	**32.74**	22,6	143	**40.18**
NO_2^- (mg/l)	0,04	0,5	0,14	0,02	0,7	0,19
NO_3^- (mg/l)	0,02	1,98	0,40	0,25	0,74	0,44
N_T (mg/l)	32,6	122,85	65,61	27,5	134	62,13
PO_4^{-3} (mg/l)	0,7	3,73	2,44	0,24	1,66	0,95
P_T (mg/l)	2,6	4,62	**3,37**	1,42	3,14	**2,09**
O_2 dissous (mg/l)	0,83	6,02	1,94	0,1	1,71	0,79
Salinité (mg/l)	21,74	30818,18	13797.03	1,91	2,01	1,97
Conductivité (ms/cm)	13.07	45.28	**26,97**	2,75	3,99	**3,39**
T(°C)	15,52	31,7	22.65	14,32	29,11	22.39
pH	7,26	8,02	7,65	8,09	8,97	8,32

IV- 4- مناقشة النتائج:

IV-4-1- تطور درجة الحرارة (T °C):



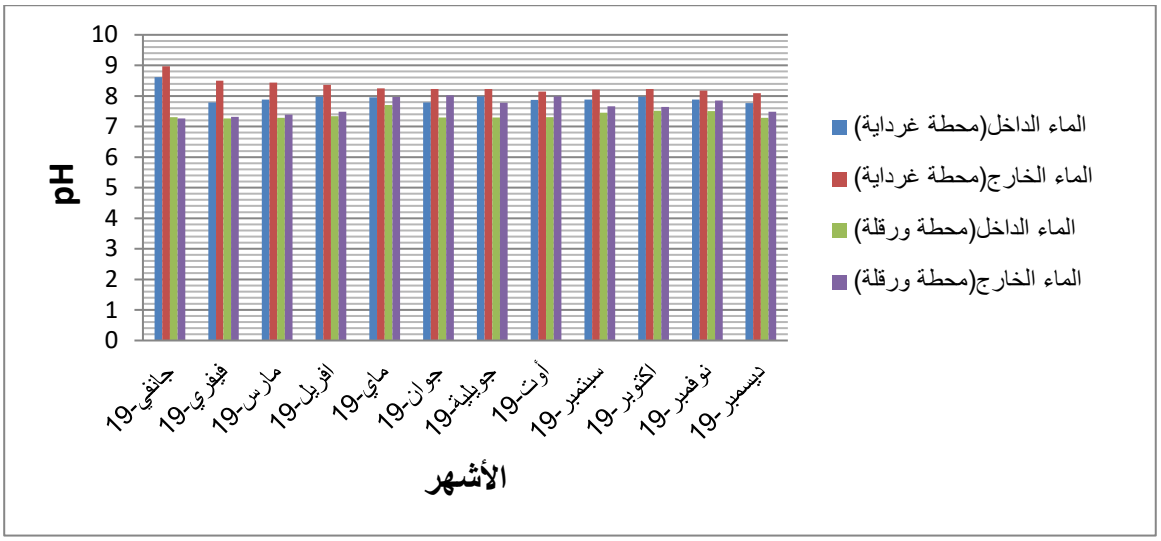
الشكل (52) : يوضح التطور الزمني لدرجة حرارة المياه الداخلة والخارجة من محطتي المعالجة ورقلة-غرداية.

من خلال **الشكل (52)** نلاحظ تقارب في درجات الحرارة بين المواقع الأربعة (المدخلين و المخرجين) في كل شهر و انخفاضها في المياه المعالجة عند المخرج لكلتا المحطتين مقارنة بالمياه المستعملة عند المدخل ، حيث يبلغ متوسط درجة الحرارة في المياه الخام (المياه الداخلة) 26,16 °C بالنسبة لمحطة ورقلة و 22,79 °C بالنسبة لمحطة غرداية. و سجلت أعلى قيمة عند مدخل المحطتين في شهر جويلية 33,1 °C و 29,83 °C لمحطتي ورقلة و غرداية على التوالي ، وأقل قيمة في شهر فيفري 19,36 °C بالنسبة لمحطة ورقلة و 14,87 °C في شهر جانفي بالنسبة لمحطة غرداية. أما فيما يخص المياه المعالجة (المياه الخارجة) فإن متوسط درجة الحرارة قدر ب 22,65 °C و 22,39 °C لمحطتي ورقلة وغرداية على الترتيب ، حيث تتأرجح بين القيمة القصوى 31,7 °C في شهر جويلية والقيمة الدنيا 15,52 °C في شهر ديسمبر بالنسبة لمحطة ورقلة ، وبين القيمة القصوى 29,11 °C في شهر أوت و القيمة الدنيا 14,32 °C في شهر جانفي بالنسبة لمحطة غرداية.

توفر درجات الحرارة هذه معلومات عن التطور الحراري الذي يعتمد على الاختلافات الموسمية. تظل درجة حرارة الماء مرتبطة بأوقات أخذ العينات والظروف المحلية (المناخ ، ومدة أشعة الشمس)، أما الانخفاض في درجات حرارة المياه المعالجة فيمكن **تفسيره** من خلال ملامسة الماء المعالج للهواء **[38]**، كما يمكن تفسيره أيضا بانخفاض عدد البكتيريا وغياب التفاعلات البيوكيميائية في المياه المعالجة **[59]**.

بلغت كفاءة تخفيض درجة حرارة مياه الصرف الصحي لمحطة غرداية 1.74 % و هي أقل مقارنة مع كفاءة تخفيض محطة ورقلة المقدرة ب 13.42 %. و بينت القيمة المتوسطة لهذا العامل (T °C) لكلا المحطتين أنها موافقة للمعايير الدولية (OMS) (انظر الملحق 3) وكذا المعايير الجزائرية المسموح بها للري [30 °C] (انظر الملحق رقم 1).

IV-4-2- تطور الأس الهيدروجيني pH:



الشكل (53) : يوضح التطور الزمني للأس الهيدروجيني للمياه الداخلة والخارجة من محطتي المعالجة ورقلة-غرداية.

نلاحظ من خلال **الشكل (53)** أن قيم **pH** المياه الملوثة عند مدخل المحطتين تتراوح بين 26,7 في شهر فيفري و7,7 في شهر ماي بمتوسط قدره 7,38 بالنسبة لمحطة ورقلة ، بينما سجلت محطة غرداية قيم **pH** مرتفعة مقارنة بمحطة ورقلة تتراوح بين 7,77 كقيمة دنيا في شهر ديسمبر و8,61 كقيمة قصوى في شهر جانفي بمتوسط قدره 7,95. في حين تراوحت قيم **pH** المياه المعالجة لمحطة ورقلة بين 7,26 في شهر جانفي و 8,02 في شهر جوان بمتوسط قدره 7,65، وبين 8,09 في ديسمبر و8,97 في شهر جانفي بمتوسط قدره 8,32 وهذا بالنسبة لمحطة غرداية. و بشكل عام فإن قيم الأس الهيدروجيني للمياه المعالجة تفوق القيم المسجلة للمياه الداخلة. كما نلاحظ أن جميع قيم **pH** خلال فترة الدراسة تميل إلى القاعدية. و بهذا فإن القيم المتوسطة المسجلة عند المخرج لكلتا المحطتين كانت موافقة للمعايير الدولية [6.5 – 8.5] ، و كذا ضمن المجال المسموح به كحد أقصى للمياه الموجهة للري وفق المعايير الجزائرية [6.5 – 8.5].(انظر الملحقين رقم 1و3)

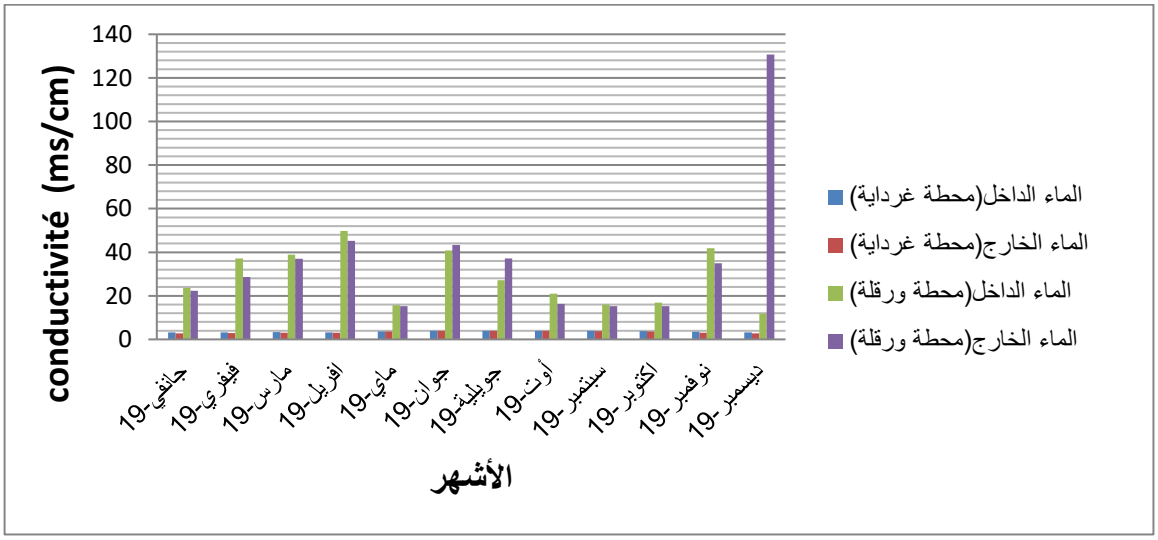
عندما يصبح الرقم الهيدروجيني للمياه السائلة المعالجة قلويا ، يمكن أن تصل القيم إلى متوسط سنوي يبلغ 7,65 بالنسبة لمحطة ورقلة ، يمكن **تفسير** هذه الزيادة من خلال النشاط البكتيري المكثف في أحواض التهوية ، مما يؤدي إلى استهلاك كبير للأكسجين وبالتالي إطلاق كبير لثاني أكسيد الكربون. إن الأس الهيدروجيني القلوي ودرجة الحرارة المعتدلة تشكل ظروفًا بيئية مثالية لانتشار الكائنات الحية الدقيقة التي تنشئ توازنًا بيولوجيًا مثاليًا ، مما يسمح بتحلل المواد العضوية أي تطهير المياه ، ويتأثر الأس الهيدروجيني بشدة بعملية التمثيل الضوئي ويؤثر في عدد كبير من العمليات البيولوجية والكيميائية **[38].**

بلغت القيمة المتوسطة ل **pH** المياه المعالجة لمحطة غرداية 8,32 وهي مرتفعة نسبيا عند مقارنتها بالقيمة المتوسطة المسجلة في المياه الداخلة إليها، يمكن تبرير زيادة قيمة الأس الهيدروجيني بواسطة أيونات H^+ التي تم إطلاقها في عملية النترجة .

$$NO_3^- + 2H^+ + H_2O \rightarrow NH_4^+ + 2O_2$$

بالإضافة إلى ذلك ، فإنّه كلما زاد تطور الطحالب (العوالق النباتية) كلما زادت قيمة الأس الهيدروجيني **[60].**

IV-3-4- تطور الناقلية الكهربائية (CE):



الشكل (54) : يوضح التطور الزمني للناقلية الكهربائية للمياه الداخلة والخارجة من محطتي المعالجة ورقلة-غرداية.

تمثل الناقلية الكهربائية (CE) محتوى المياه من الأملاح الذائبة **[61]**، حيث أظهرت النتائج الموضحة في **الشكل (54)** أن قيم الناقلية الكهربائية لمياه الصرف الخام تتراوح بين 11,94 ms/cm في شهر ديسمبر و 49,78 ms/cm في شهر أفريل بمتوسط قدره 28,4 ms/cm ، مما يدل على التمعدن الكبير لهذه المياه ، وهي قيم كبير جدا مقارنة بقيم الماء الداخل لمحطة غرداية الذي تتراوح ناقليته بين 3,16 ms/cm في شهر فيفري و 3,95 ms/cm في شهر جوان بمتوسط قدره 3,58 ms/cm. و يعود هذا الاختلاف بين المحطتين إلى تباين نوعية الماء والتربة لكل منطقة.

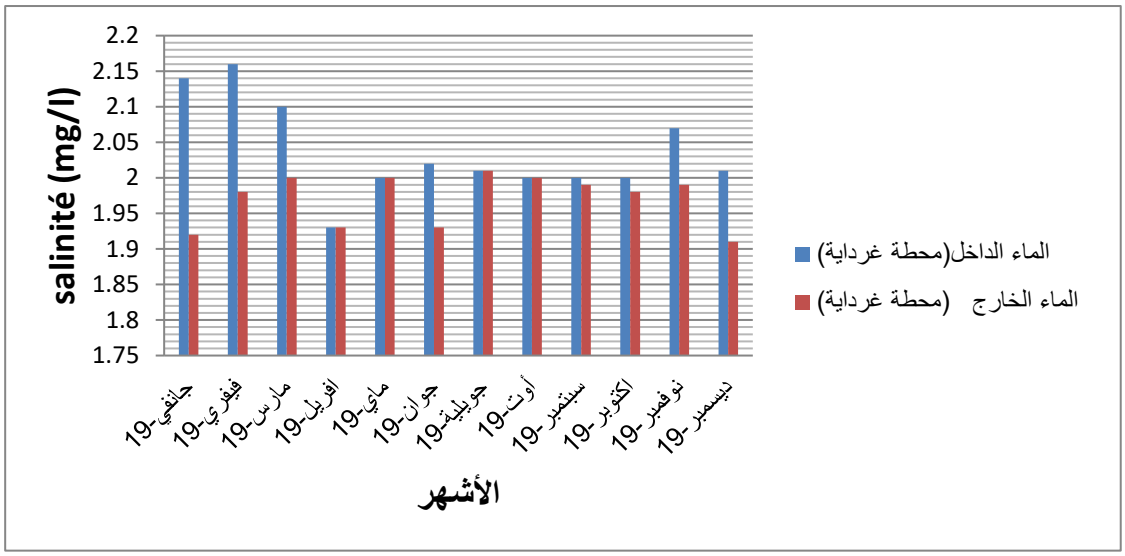
تميل الناقلية الكهربائية للمياه المعالجة إلى الزيادة أثناء مرورها في الأحواض وهذا بالنسبة لمحطة ورقلة إذ تتراوح بين 13.07 ms/cm في شهر ديسمبر و 45.28 ms/cm في شهر أفريل بمتوسط قدره 26,97 ms/cm ، تتجاوز هذه القيمة المعيار الجزائري المسموح به في المياه الموجهة للري و الذي يبلغ [3 ms/cm] و كذا المعايير الدولية (انظر الملحقين1 و 3). و نتيجة لذلك، فإن المياه المعالجة ليست بدائل كافية للري من وجهة نظر الملوحة، إلا إذا كانت النباتات المروية تتحمل الملوحة و كانت التربة المستخدمة يتم ترشيحها وتجفيفها بشكل جيد **[62].**

يكمن سبب ارتفاع تركيز الملوحة في أن محطة الضخ لطريق نقوسة (والتي تضخ المياه إلى المحطة) محاطة بمساحات من السباخ ، بالإضافة إلى تسريب مياه غسيل التربة في خنادق موصولة مع مياه البيوت و تصب في مدخل المحطة. كما يمكن **تفسير** ذلك بأن قيم الناقلية يتحكم في تباينها عملية تبخر الماء على مستوى الأحواض **[38]**، بالإضافة إلى تحلل المواد العضوية وتحولها إلى بعض أنواع الأملاح التي زادت من قيمة الناقلية الكهربائية **[63].**

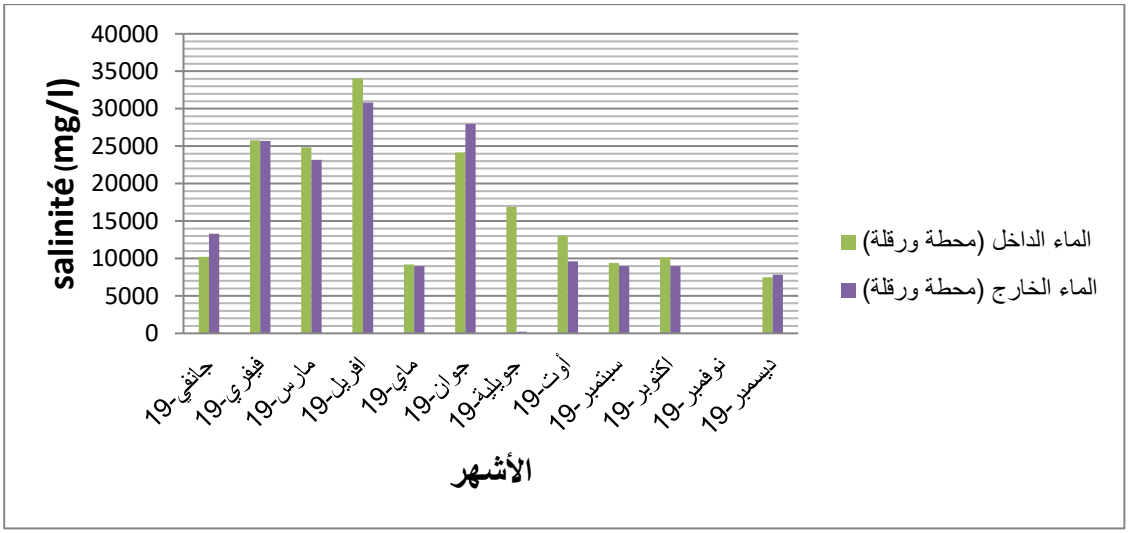
أما بالنسبة لمحطة غرداية فإن قيم الناقلية للمياه المعالجة تتراوح بين 2,75 ms/cm في شهر جانفي و 3,99 ms/cm في شهر جويلية بمتوسط قدره 3,39 ms/cm ، وهي بهذا مرتفعة نسبيا مقارنة مع معايير الجريدة الرسمية (انظر الملحق رقم 1) و كذا مع المعايير الدولية (انظر الملحق رقم 3).

نلاحظ كذلك أن قيم الناقلية للمياه المعالجة أقل من تلك الخاصة بالمياه العادمة الخام كما هو موضح في الشكل (54) **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 **[60].**

IV-4-4- تطور الملوحة (Salinité):



الشكل (55) : يوضح التطور الزمني للملوحة بالنسبة للمياه الداخلة والخارجة من محطة المعالجة بغرداية.



الشكل (56) : يوضح التطور الزمني للملوحة بالنسبة للمياه الداخلة والخارجة من محطة المعالجة بورقلة.

من **الشكل(54)** و **الشكلين (55) و (56)**، يمكن ملاحظة أن الملوحة تتبع نفس اتجاهات الناقلية الكهربائية ، حيث تظهر نتائج الشكلين (55) و (56) بأن قيم الملوحة تتراوح بين 1,93 mg/l في شهر أفريل كحد أدنى و 2,16 mg/l في شهر فيفري كحد أقصى بمتوسط 2,04 mg/l بالنسبة لمحطة غرداية ، في حين سجلت محطة ورقلة قيما للملوحة مرتفعة جدا مقارنة بمحطة غرداية إذ تراوحت بين 2386mg/l في شهر نوفمبر و 34013,64 mg/l في شهر أفريل بمتوسط قدره 15631,52 mg/l

للمياه الخام. بينما تراوحت قيمها في المياه المعالجة بين 1,91 mg/l في شهر ديسمبر و 2,01 mg/l في شهر جويلية بمتوسط قدره 1,97 mg/l ، وبين 237 mg/l في شهر جويلية و 30818,18 mg/l في شهر أفريل بمتوسط قدره 13976.38 mg/l بالنسبة لمحطتي غرداية و ورقلة على التوالي .

كما نلاحظ أن ملوحة المياه المعالجة أقل من ملوحة المياه الخام و**يرجع** ذلك أساسا إلى ترسب الأملاح الذائبة في الماء في قاع الحوض.

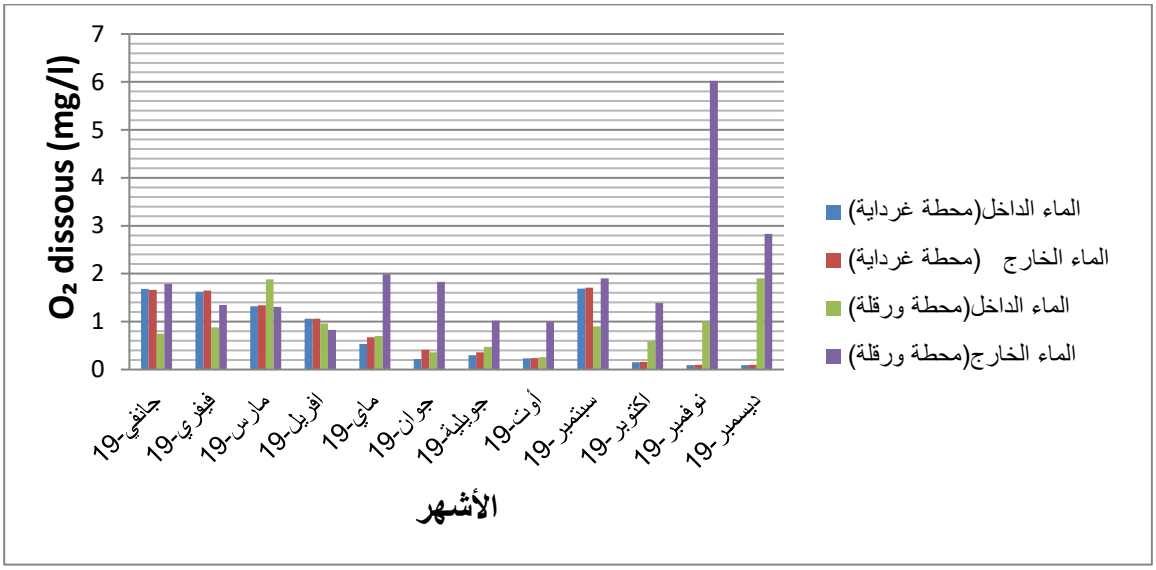
IV-4-5- تطور الأوكسجين المذاب (O_2 dissous):

تكمن أهمية الأوكسجين الذائب في الماء كونه منظما لأنشطة مجموعات الأحياء المائية المختلفة و لا يمكن الإستغناء عنه ، فهو كذلك يعمل على تفكيك الملوثات العضوية و تخليص الماء منها ، و يؤدي انعدامه في المياه إلى حدوث تفكيك لا هوائي للملوثات ينتج عنه غازات ضارة كالميثان و كبريت الهيدروجين **[61].**

من خلال **الشكل (55)** أدناه نلاحظ أن قيم الأوكسجين الذائب في المياه الخام تتراوح بين 0,26 mg/l في شهر أوت و 1,9 mg/l في شهر ديسمبر بمتوسط قدره 0,89 mg/l وهذا بالنسبة لمحطة ورقلة ، في حين سجلت محطة غرداية قيما للأكسجين المذاب تتراوح بين 0,09 mg/l في شهري نوفمبر وديسمبر و 1.69 mg/l في شهر سبتمبر بمتوسط قدره 0,75 mg/l. يمكن **تفسير** المحتوى المنخفض من الأكسجين للمياه الخام من خلال الأنابيب المغلقة لنظام الصرف الصحي وأنها لا تتلامس مع الهواء (لأن درجة الحرارة والضغط الجوي مسؤولان عن تغير تركيز الأكسجين المذاب في الماء) **[36]**، أما بالنسبة للمياه المعالجة فتراوحت قيم الأكسجين الذائب فيها بين 0,1 mg/l في شهري نوفمبر وديسمبر و1,71 mg/l في شهر سبتمبر بمتوسط قدره 0,79 mg/l وهذا بالنسبة لمحطة غرداية ، في حين سجلت محطة ورقلة قيما تتراوح بين 0,83 mg/l في شهر أفريل و6,02 mg/l في شهر نوفمبر بمتوسط قدره 1,94mg/l بالنسبة لمحطة ورقلة و هي قيمة منخفضة نسبيا عما توصل إليه **[36]** إذ قدر متوسط تركيز الأكسجين في فترة الدراسة التي قام بها ب 5,2 mg/l. توصي منظمة الصحة العالمية بإبقاء مستويات الأوكسجين المذاب قريبة من التشبع قدر الإمكان. [> 5 mg/l] (انظر الملحق رقم 3)، وعند مقارنة متوسط قيم الأكسجين الذائب في المياه المعالجة لكلا المحطتين مع المعايير الدولية المسموح بها في الري (OMS) نجد أن هذه المياه تفتقر للجودة.

كما نلاحظ أيضًا زيادة في تركيز الأكسجين المذاب في المياه المعالجة مقارنة بالمياه الخام و**يرجع** ذلك أساسًا إلى عملية التركيب الضوئي للطحالب المتواجدة على مستوى الأحواض بالنسبة لمحطة غرداية. و كذا الطحالب التي يتم تطويرها في الحوض النهائي لمحطة ورقلة ، و بالتالي فإن المياه التي تصل إلى هذا الحوض تحتوي على الأكسجين القادم من أجهزة التهوية ، وترتبط التقلبات في محتوى

الأكسجين المذاب في الماء بالتغيرات الموسمية من درجة حرارة و ملوحة الماء والتي لها تأثير مباشر على عملية ذوبان الأكسجين **[36]**.



الشكل (57) : يوضح التطور الزمني للأكسجين المذاب للمياه الداخلة والخارجة من محطتي المعالجة ورقلة-غرداية.

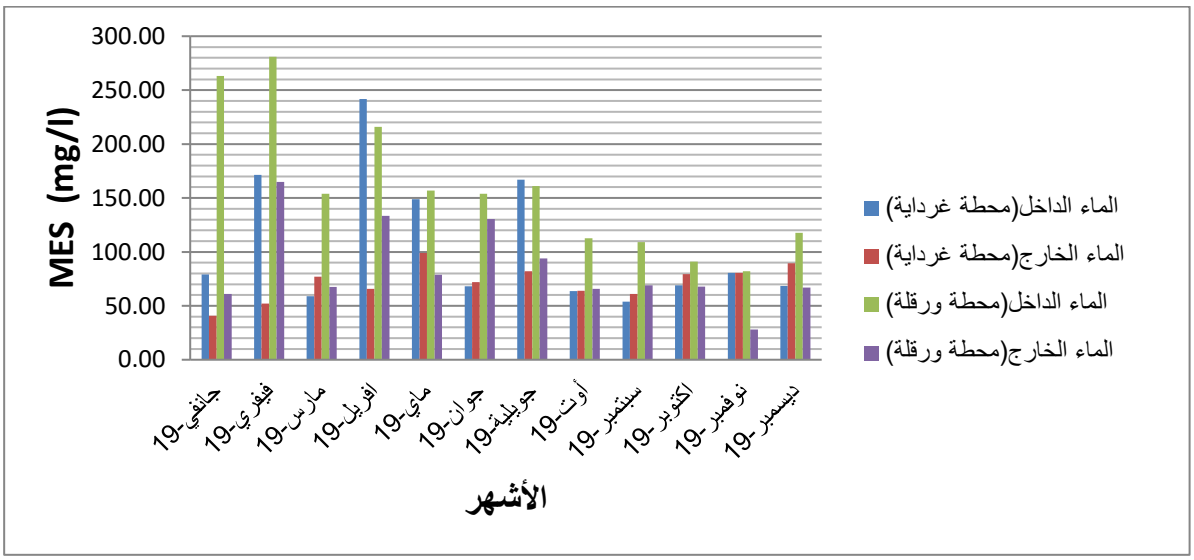
IV-4-6- تطور المواد الصلبة العالقة (MES):

من خلال **الشكل (58)** أدناه نلاحظ أن تركيز MES في مياه الصرف الصحي الخام تتراوح بين 82 mg/l في شهر نوفمبر و 281 mg/l في شهر فيفري بمتوسط قدره 158,18 mg/l و هذا بالنسبة لمحطة ورقلة ، في حين سجلت محطة غرداية تراكيز منخفضة للمواد الصلبة العالقة مقارنة بمحطة ورقلة متراوحة بين 54 mg/l في شهر سبتمبر و 241,75 mg/l في شهر أفريل بمتوسط قدره 105.91mg/l. أما بالنسبة للقيم المسجلة للمياه المعالجة لمحطة ورقلة فقدرت بـ28 mg/l كقيمة دنيا في شهر نوفمبر و 165 mg/l كقيمة قصوى في شهر فيفري بمتوسط قدره 85,63 mg/l ، بينما سجلت محطة غرداية قيما تتراوح بين 40,75 mg/l في شهر جانفي و 99 mg/l في شهر ماي بمتوسط قدره 71.92mg/l.

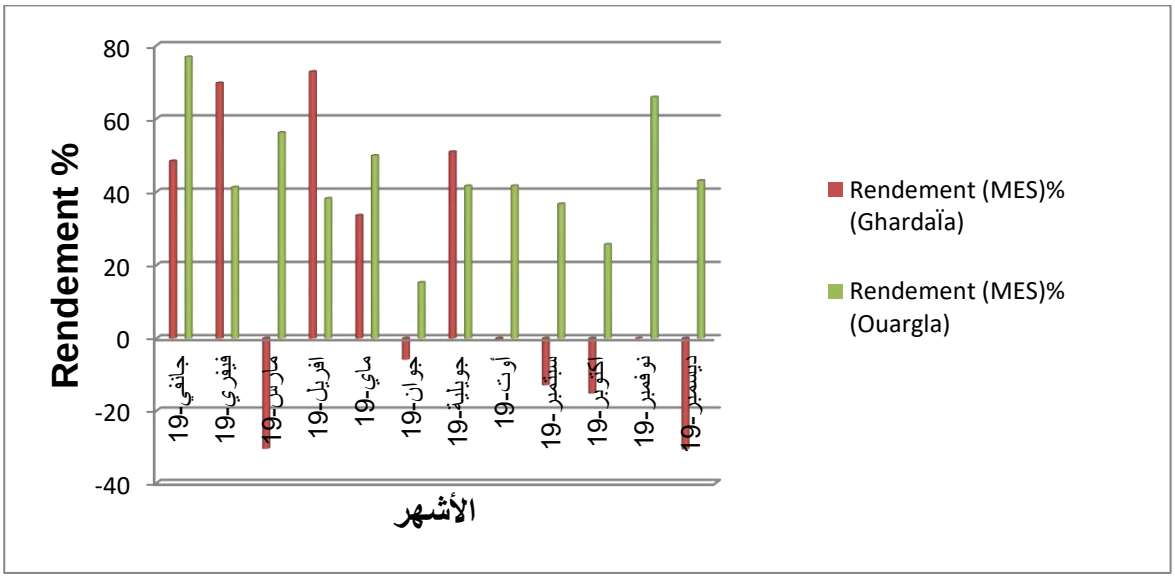
كما نلاحظ أيضًا من **الشكل (58)** أن تراكيز المياه الخام والمعالجة للمحطتين بعيدان عن بعضهما البعض ، مما يؤدي بنا إلى استنتاج أن هناك تدهورًا جيدًا للمادة العالقة. لسوء الحظ هذا التخفيض ليس كافياً و تراكيز MES الصادرة من المحطتين أعلى من المعايير الجزائرية المسموح بها في المياه الموجهة للري [30 mg/l] ، وكذا حسب المعايير الدولية OMS فإن هذه المياه تفتقر للجودة و أن هذه المياه غير صالحة للاستعمال الزراعي. (انظر الملحقين 1 و 3). هذا التركيز العالي من MES **يستلزم**

وجود الطحالب في المياه المعالجة، بالإضافة إلى أن الاختلافات في التركيز كانت عشوائية لأن العديد من العوامل يمكن أن تتدخل: على سبيل المثال خلال الأشهر الحارة هناك تبخر ، بالإضافة إلى أن إنتاج الطحالب يكون أفضل ، كل هذا يزيد من تركيز هذه المواد العالقة **[60].**

يمكن **تفسير** الزيادة والنقصان في محتوى MES بسبب نشاط الطحالب من خلال وجود ظاهرة الانتشار الواسع للطحالب في المراحل المختلفة من المعالجة البيولوجية **[36].**



الشكل (58) : يوضح التطور الزمني لتركيز MES للمياه الداخلة و الخارجة من محطتي المعالجة ورقلة-غرداية.



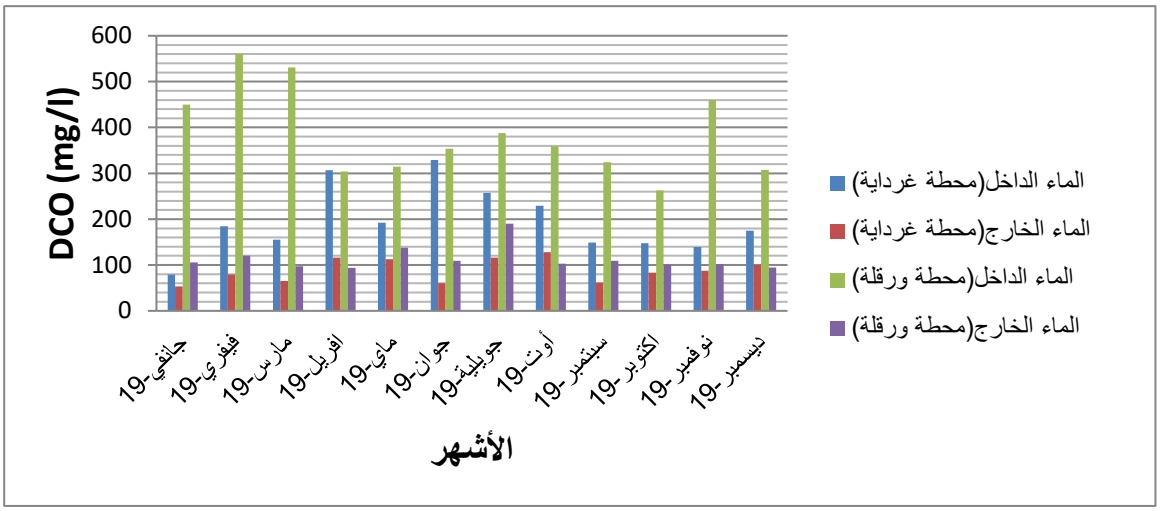
الشكل (59)::يوضح مردود إزالة الMES بدلالة الأشهر لمحطتي ورقلة –غرداية.

من خلال **الشكل (59)** أعلاه نلاحظ أن كفاءة التنقية من المواد الصلبة العالقة تراوحت بين 15,26% في شهر جوان و 76,81 % في شهر جانفي بكفاءة تخفيض سنوية قدرت ب 45.87 % وهذا بالنسبة لمحطة ورقلة ، و هي ضعيفة نسبيا مقارنة بمحطة الوادي والتي سجلت 87,14 % حسب **[38]**. أما محطة غرداية فسجلت قيما تتراوح بين (-33,66) % في شهر ديسمبر و 72.80 % في شهر أفريل بكفاءة تخفيض سنوية قدرت ب 32.10 % وهي منخفضة جدا عما سجل في محطة Sidi Senoussi 85,35 %حسب **[60]**. و قد كان مردود التنقية السنوي من المواد العالقة لمحطة ورقلة 45.87 % أعلى من ذلك المسجل في محطة غرداية 32.10 % مما يدل على كفاءة محطة ورقلة في إزالة المواد العالقة.

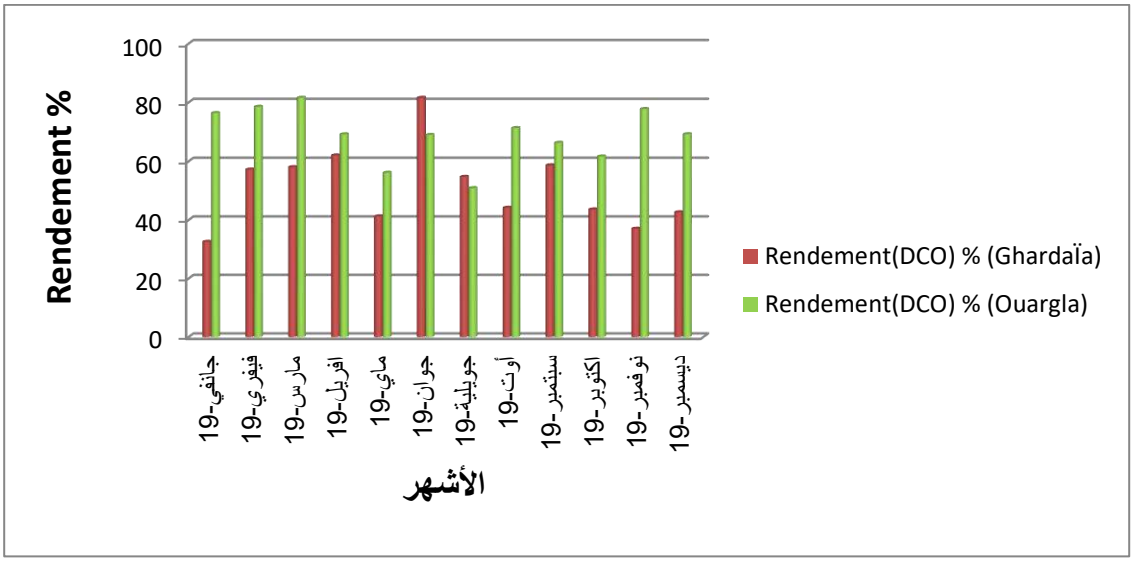
IV -4-7- تطور الطلب الكيميائي للأكسجين(DCO):

يتضح من خلال الشكل أدناه أن قيم ال DCO مرتفعة و متباينة بين المحطتين طيلة فترة الدراسة ، حيث تسجل عموما المياه المستعملة لمحطة ورقلة قيما أعلى بالمقارنة مع تلك الواردة إلى محطة غرداية، إذ تتغير بين 262,93 mg/l في شهر أكتوبر و 561 mg/l في شهر فيفري بمتوسط قدره 384,52 mg/l في محطة ورقلة مسجلة أعلى نسبة للإزالة في شهر مارس مقدرة ب81,64 % و أدنى نسبة في شهر جويلية مقدرة ب 50.93 % ، بينما تتغير القيم في محطة غرداية بين 79,2 mg/l في شهر جانفي و 329 mg/l في شهر جوان بمتوسط قدره 195,43 mg/l، وتبلغ أقصى نسبة للإزالة 81,63 % في شهر جوان وأدنى نسبة لها 32,58 % في شهر جانفي. ربما **يرجع** ذلك على الأرجح إلى تأثير الكمية الكبيرة من الزيوت التي تصل إلى محطة المعالجة خاصة و أن المحطة لا تعمل على فصل الزيوت **[38]**، كما أنه كلما كانت كمية الأكسجين المستهلك حيويا كبيرة كلما كانت المياه ملوثة بشكل أكبر ، وهذا ما يشكل عبئا على الوحدات البيولوجية في محطات المعالجة **[64]**. أما فيما يتعلق بالمياه المعالجة فقيمها أقل تركيزا من تلك الخام و تبقى مرتفعة في محطة ورقلة عنه في محطة غرداية، إذ تتغير بين mg/l 93.55 في شهر أفريل و 190.15 mg/l في شهر جويلية بمتوسط قدره 113.63 mg/l في مياه ورقلة ، في حين تتغير في مياه غرداية بين 53.4 mg/l في شهر جانفي و 128 mg/l في شهر أوت بمتوسط قدره 88,71 mg/l. تبين لنا هذه القيم الانخفاض الجيد في الأحواض الهوائية و الطبيعية مقابل تلوث الكربون **[38]**.

و قد قدرت كفاءة إزالة ال DCO ب 70.45 % و 54.61 % لمحطتي ورقلة وغرداية على الترتيب، إلا أن مقارنة متوسط قيمه في المياه المعالجة مع المعايير الجزائرية للمياه الموجهة للري [90 mg/l] (انظر الملحق رقم 1) تبين أن محطة ورقلة تجاوزت الحد المسموح به بينما لم تتعداه المحطة الأخرى. كما أن كلتا المحطتين تتجاوزان القيم الحدية المسموح بها في المعايير الدولية [80 mg/l] (انظر الملحق 3).

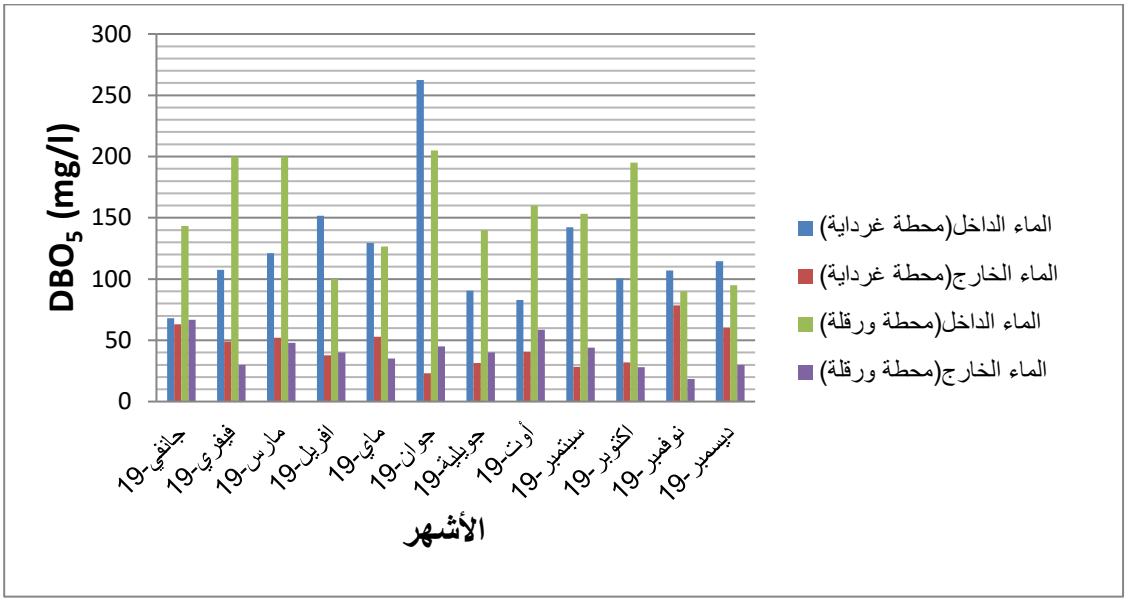


الشكل (60) : يوضح التطور الزمني لتركيز DCO في المياه الداخلة و الخارجة من محطتي المعالجة ورقلة-غرداية.

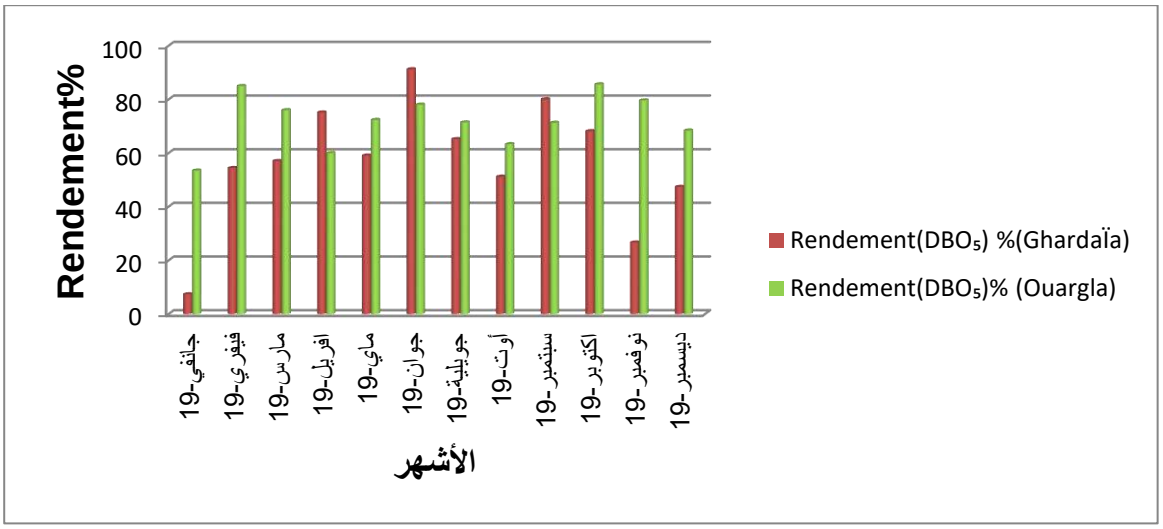


الشكل (61): يوضح مردود إزالة الDCO بدلالة الأشهر لمحطتي ورقلة –غرداية.

IV-4-8- تطور الطلب الحيوي للأكسجين (DBO_5):



الشكل (62) : يوضح التطور الزمني لتركيز DBO_5 في المياه الداخلة و الخارجة من محطتي المعالجة ورقلة-غرداية.



الشكل (63):يوضح مردود إزالة الـDBO_5 بدلالة الأشهر لمحطتي ورقلة و غرداية.

يعتبر الطلب البيوكيميائي للأكسجين (DBO_5) مؤشرا جيدا لمحتوى المواد العضوية القابلة للتحلل بيولوجيا في المياه الطبيعية الملوثة أو مياه الصرف الصحي. فمن خلال **الشكل (62)** أعلاه نلاحظ أن قيم الـDBO_5 للمياه الملوثة تتراوح بين 90 mg/l في شهر نوفمبر و 205 mg/l في شهر جوان بمتوسط قدره 150,69 mg/l ، و بين 68 mg/l في شهر جانفي و 262,5 mg/l في شهر جوان بمتوسط قدره 123,19 mg/l وهذا بالنسبة لمحطتي ورقلة وغرداية على التوالي ، في حين أن المعالجة البيولوجية

أعطت قيما منخفضة نسبيا قدرت ب 18,33 mg/l كقيمة دنيا في شهر نوفمبر و 66,67 mg/l كقيمة قصوى في شهر جانفي بمتوسط قدره 40,31mg/l بالنسبة لمحطة ورقلة بنسبة إزالة تتراوح بين 53,48 % في شهر جانفي و 85,64 % في شهر أكتوبر و كفاءة تخفيض سنوية قدرت ب 73.25 % (الشكل 63). و تغيرت تراكيز DBO_5 للمياه المعالجة لمحطة غرداية بين 23 mg/l في شهر جوان و78,5 mg/l في شهر نوفمبر بمتوسط قدره 45,75 mg/l وهي تعتبر أعلى نسبيا من محطة ورقلة بنسبة إزالة تغيرت بين 7,35 % في شهر جانفي و 91.24 % في شهر جوان بكفاءة تخفيض سنوية قدرت ب 62.86 % (الشكل 63). ومن هنا نستنتج الكفاءة الأفضل لمحطة ورقلة في إزالة الملوثات العضوية مقارنة بمحطة غرداية . وبمقارنة معدل التركيز للمياه المعالجة مع المعايير الجزائرية للمياه الموجهة للري [30 mg/l] (انظر الملحق رقم 1) وجدنا أنها تفوق الحد المسموح به وحسب المعايير الدولية لل OMSفإن هذه المياه رديئة (لاحظ الملحق رقم 3).

عندما سجلنا تراكيز عالية من DBO_5 في المياه الواردة كانت العوائد جيدة ، ومن ناحية أخرى عند تسجيل تراكيز منخفضة كانت نسبة الإزالة منخفضة وهذه الملاحظة سجلت بالأخص في محطة غرداية ، فالعلاقة بين التركيز الوارد والعائد ليست منطقية و يمكن **تفسير** ذلك من خلال أنه يمكن أن تؤثر العديد من العوامل بخلاف التركيز الوارد على تدهور وتحلل المواد العضوية **[60].** كما تميزت وحدتي المعالجة تحت الدراسة بأن قيمهما كانت مرتفعة ومتباينة خلال فترة الدراسة ، و**يعود** سبب الارتفاع في بعض القيم إلى الحمل العالي من المواد العضوية التي تتضمنها مخلفات الصرف الصحي والتي يتم استعمالها من قبل أنواع البكتيريا كمصدر غذائي ، الأمر الذي يسمح بنمو هذه الأنواع بصورة سريعة و متزايدة مسببة زيادة الطلب الحيوي للأكسجين و من ثم انخفاض مستوى الأكسجين الذائب في الماء **.[2]**

IV-4-9- تطور الأمونيوم ($N\text{-}NH_4^+$):

تظهر نتائج **الشكل (64)** أدناه أن قيم الأمونيوم متقاربة بين المحطتين باستثناء شهر فيفري الذي تسجل فيه محطة غرداية قيمة معتبرة. يتراوح تركيز الأمونيوم في المياه الخام لمحطة ورقلة بين mg/l 21,4 في شهر فيفري و 39,28 mg/l في شهر أفريل بمتوسط قدره 30,68 mg/l، في حين يتراوح في محطة غرداية بين 13,2 mg/l في شهر ديسمبر و 125 mg/l في شهر فيفري بمتوسط قدره 37,67mg/l. أما بالنسبة للمياه المعالجة فيتراوح بين 24,92 mg/l في شهر جويلية و 43,6 mg/l في شهر مارس بمتوسط قدره 32,74 mg/l في محطة ورقلة، و بين 22,6 mg/l في شهر ماي و 143 mg/l في شهر فيفري بمتوسط 40,18 mg/l في محطة غرداية. و حسب منظمة الصحة العالمية

فإن هذه المياه لا تصلح للاستعمال الزراعي لكونها تفوق الحد الأقصى المسموح به [8 mg/l] (انظر الملحق رقم 3).

ينطوي التخلص من محتوى NH_4^+ على مرحلتين من الأكسدة ، حيث تتمثل أكسدة NH_4^+ الأمونيوم إلى النتريت والنترات في الوسط الهوائي في النترجة. و تلخص عملية الأكسدة في التفاعلات الكيميائية الواردة أدناه.

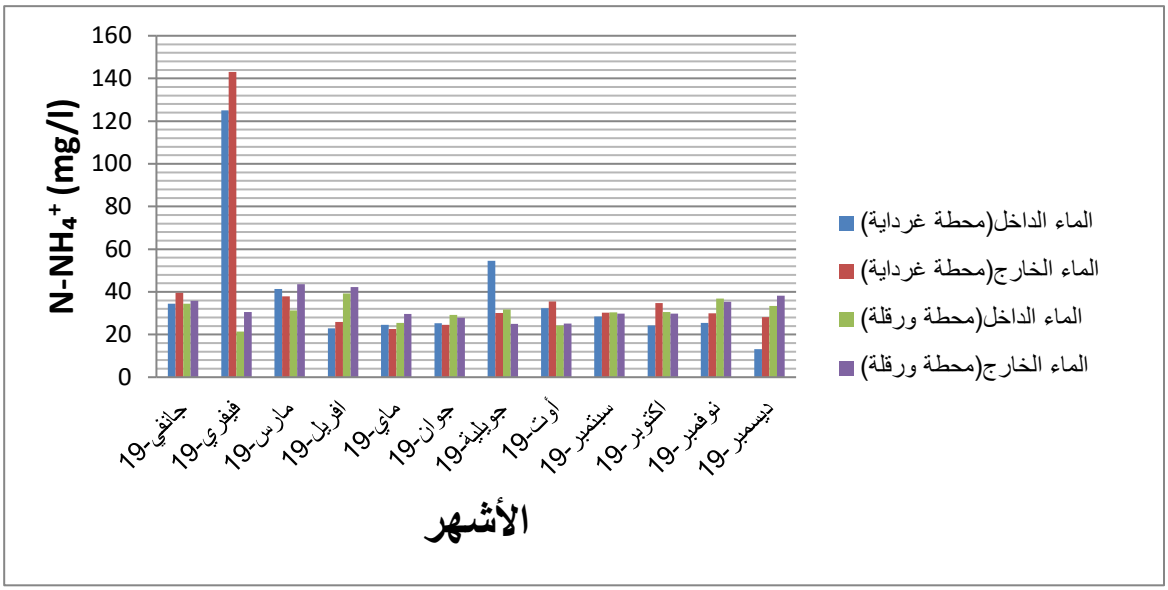
$$4NH_4^+ + 7O_2 \text{ (Nitrosomonas)} \longrightarrow 4NO_2^- + 6H_2O + 4H^+$$

$$NH_4^+ + 1{,}83\ O_2 + 1{,}98\ HCO_3^- \longrightarrow 0{,}021\ C_5H_7NO_2 + 1{,}04\ H_2O + 0{,}98\ NO_3^- + 1{,}88\ H_2CO_3$$

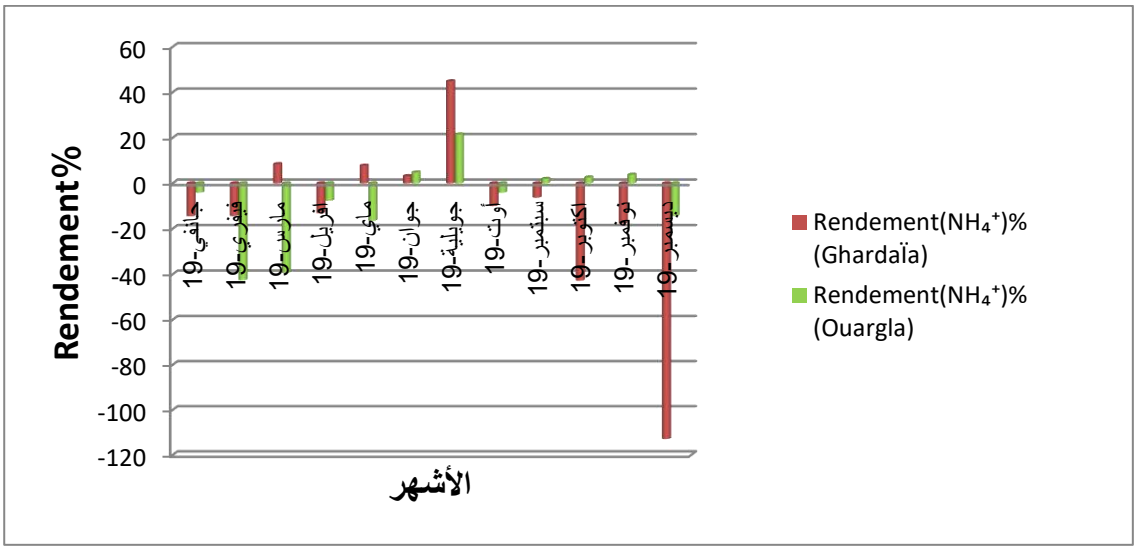
هناك نوعان من النترجة هما:

- ✓ النترجة التغذوية أي ذاتية التغذية التي تتميز باستخدام ركائز غير عضوية كمصدر للطاقة للنمو البكتيري، يتعلق الأمر بمجموعتين من البكتيريا المتخصصة في وظيفة النترجة.
- ✓ النترجة غير ذاتية التغذية التي تقوم بها الكائنات غير المتجانسة ، تتعلق بمجموعات عديدة من البكتيريا و الفطريات و الطحالب...الخ **[36].**

وبالنظر إلى القيم المتوسطة المسجلة بين المدخل والمخرج نجد أن قيم تراكيز الأمونيوم تزداد. **يعود** سبب الزيادة إلى تثبيط عملية النترجة والتي تقوم بها مجموعة من البكتيريا، هذه الأخيرة حساسة للتغيرات في الظروف البيئية **[38].** كما أن التقلبات في محتوى الأكسجين المذاب في الماء ترتبط بالتغيرات الموسمية (درجة حرارة و ملوحة الماء والتي لها تأثير مباشر على عملية ذوبان الأكسجين) **[36]**، و نظرا لنسبة الملوحة المرتفعة في الماء الداخل لمحطة ورقلة وبالرغم من وجود مضخات للتهوية إلا أن عملية النترجة لا تسير بشكل جيد وهذا راجع إلى نقص الأكسجين مما أدى إلى تثبيط عمل البكتيريا الآزوتية.



الشكل (64) : يوضح التطور الزمني لتركيز NH_4^+ للمياه الداخلة و الخارجة من لمحطتي المعالجة ورقلة-غرداية.

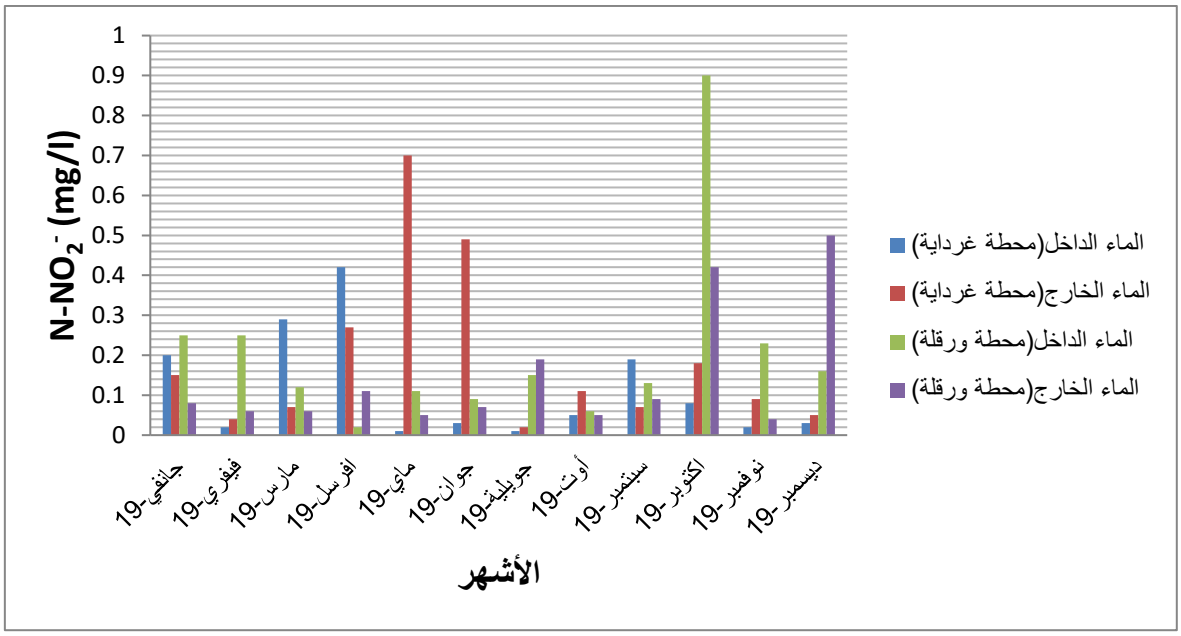


الشكل (65):يوضح مردود إزالة ال NH_4^+ بدلالة الأشهر لمحطتي ورقلة –غرداية.

تتغير نسبة التنقية بين (112,88-) % كحد أدنى في شهر ديسمبر و44,87 % كحد أقصى في شهر جويلية بكفاءة تخفيض سنوية تقدر ب (6.66-) % ، وبين قيمة دنيا (42,57-) % في شهر فيفري و21,51 % في شهر جويلية بكفاءة تخفيض سنوية تقدر ب **(6,75-)** % وهذا بالنسبة لمحطتي غرداية و ورقلة على التوالي. وهي قيم منخفضة جدا عما سجل في محطتي سيدي الصافي (بحيرة طبيعية) إذ بلغت نسبة الإزالة فيها **78,66** % حسب ما توصلت إليه **[60]**، ومحطة الوادي بنسبة **28,89** % حسب ما توصل إليه **[38]**.

IV-4-10- تطور النيتريت ($N\text{-}NO_2^-$):

وفقًا للنتائج التي تم الحصول عليها، لوحظ على مستوى محطتي معالجة مياه الصرف الصحي أن محتوى النيتريت في المياه الخام و المعالجة منخفض جدًا. ولهذا فإن الفرق بين قيم تراكيز النيتريت الصادرة و الواردة يخبرنا عن اختلاف بسيط. فمن خلال **الشكل (66)** نلاحظ أن قيم النيتريت للمياه الخام تتغير بين 0,02 mg/l في شهر أفريل و 0,9 mg/l في شهر أكتوبر بمتوسط قدره 0,21 mg/l في محطة ورقلة ، بينما تتغير بين 0,01 mg/l في شهري ماي و جويلية و 0,42 mg/l في شهر أفريل بمتوسط قدره 0,11 mg/l في محطة غرداية. أما بالنسبة للمياه المعالجة فينخفض المتوسط في محطة ورقلة إلى 0,14 mg/l و تسجل القيمة القصوى 0,5 mg/l في شهر نوفمبر والقيمة الدنيا 0.04 mg/l في ديسمبر بنسبة إزالة تغيرت بين (-450) % في شهر أفريل و 82.61 % في شهر نوفمبر بكفاءة تخفيض سنوية بلغت 30,36 %، بالمقابل يرتفع المتوسط في محطة غرداية إلى 0,19 mg/l و تسجل القيمتين 0,7 mg/l و 0,02 mg/l كقيمتين قصوى و دنيا للتركيز على التوالي ، بنسبة إزالة قدرت ب(-6900) % كقيمة دنيا في شهر ماي و75,86 % كقيمة قصوى في شهر مارس لتبلغ كفاءة التخفيض السنوية (-65.93) %. و بمقارنة متوسط تركيز الينتريت للمياه المعالجة للمحطتين مع المعايير الدولية للOMS (mg/l≤ 0,3) (انظر الملحق رقم 3) فإن هذه المياه ذات جودة أي تصلح للري الزراعي.



الشكل (66) : يوضح التطور الزمني لتركيز NO_2^- للمياه الداخلة و الخارجة من محطتي المعالجة ورقلة-غرداية.

الشكل (67): يوضح مردود إزالة الNO_2^-بدلالة الأشهر لمحطتي ورقلة – غرداية.

تتضمن عمليات التخلص من محتوى NO_2^- خطوة واحدة إما من خلال أكسدة أيونات النيتريت لتكوين منتج النيترات النهائي، و إما عن طريق نزع النيتروجين لإنتاج غاز النيتروجين. و يمكن تلخيص هذه العمليات بالتفاعلات الكيميائية التالية **[36]:**

$$NO_2^- + \tfrac{1}{2}\, O_2 \longrightarrow NO_3^-$$

$$NO_2^- + 4H^+ + 3e^- \longrightarrow \tfrac{1}{2}\, N_2 + 2H_2O$$

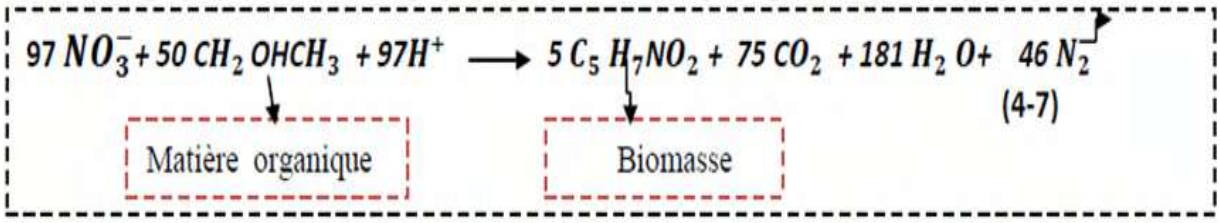
وهذا **ما يفسر** انخفاض النيتريت على مستوى محطة ورقلة. في حين أعطى مردود الإزالة للنيتريت بمحطة غرداية قيمة سالبة. وهذا معناه أن تركيز النيتريت في المياه المعالجة أعلى منه في المياه الخام. فيمكن تفسير هذه الزيادة باشتقاق النيتريت إما من أكسدة الأمونيا غير المكتملة عندما لا تكتمل النترجة، أو من انخفاض النترات تحت تأثير النترتة في درجات حرارة عالية ، والتي تلعب دورًا مهمًا في عمل نظام المعالجة **[38].**

IV-11-4- تطور النيترات ($N\text{-}NO_3^-$):

يبرز **الشكل (68)** أن قيم النيترات طوال فترة المعالجة لم تأخذ شكلا مستقرا من حيث الانخفاض و الارتفاع ما بين المحطتين من جهة وما بين المدخل والمخرج لكلا المحطتين من جهة أخرى. فمن خلال الشكل أدناه يتبين أن تركيز النيترات في المياه الخام لمحطة ورقلة يتراوح بين 0,18 mg/l في شهر ماي و 1,27 mg/l في شهر جوان بمتوسط قدره 0,56 mg/l في حين يتراوح في محطة غرداية بين 0,19

mg/l في شهر فيفري و 0,82 mg/l في شهر أفريل بمتوسط قدره 0,50 mg/l. أما بالنسبة للمياه المعالجة فتتراوح القيم بين 0,02 في شهر فيفري و 1,98 mg/l في شهر جوان بمتوسط قدره 0,40 mg/l على مستوى محطة ورقلة. بينما تتغير بين 0,25 mg/l في شهر جوان و 0,74 mg/l في شهر مارس بمتوسط 0,44 mg/l على مستوى محطة غرداية. أي أن تركيز النيترات في كلتا المحطتين ينخفض في المياه المعالجة مقارنة بالمياه الخام.

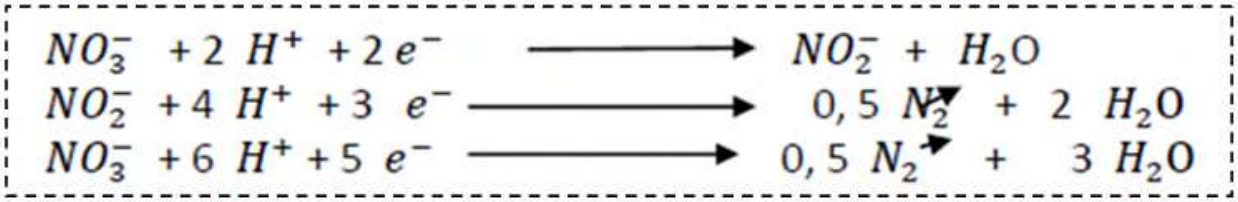
نفسر ذلك الانخفاض بأن معالجة النيترات تركزت على نزع النيتروجين من خلال تحويل النيترات (NO_3^-) إلى غاز النيتروجين (N_2) تحت ظروف غياب الأكسجين الحر، كما هو موضح في المعادلة التالية **[36]**:



يتم تحفيز هذا التفاعل عن طريق البكتيريا الهوائية الكيميائية الدقيقة التي تمارس التنفس غير المؤكسد. تعمل النيترات من النترجة كمستقبلات نهائية للإلكترونات والبروتونات في عملية التنفس. على عكس العملية الهوائية ، يكون رد الفعل المؤكسد ممكنًا فقط في الظروف التالية:

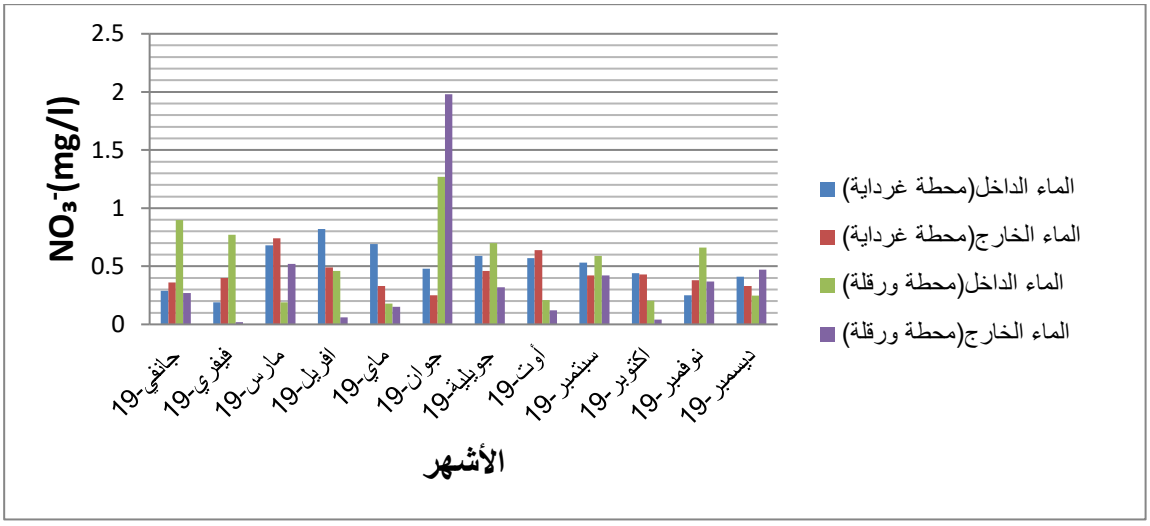
- عندما يكون محتوى DBO_5 كافيًا للسماح بتطور الكائنات غير ذاتية التغذية.
- عندما تتحقق الظروف المؤكسدة ، وهذا يعني وجود الأكسجين المرتبط (NO_3^-) وغياب الأكسجين الحر (O_2) من أجل تعزيز التنفس على النيترات.

* إن عملية نزع النيتروجين عملية معقدة إلى حد ما. ومع ذلك يمكن تبسيطها من خلال مخطط التفاعل التالي:



يظهر كذلك الشكل أن كلتا المحطتين تسجل في بعض الأشهر قيما سالبة لنسبة الإزالة ، مما يدل على أن تراكيز النيترات في المياه الخام في هذه الأشهر أعلى منه في المياه المعالجة. يصل متوسط

الإزالة إلى 19,56 % في محطة ورقلة التي تسجل 97,40 % كنسبة قصوى للإزالة و (-89,52) % كنسبة دنيا لها ، وينخفض هذا المتوسط في محطة غرداية إلى (-0,24) % حيث يتجاوز النسبة الدنيا المقدرة ب (-110,53) % ليصل إلى قيمة قصوى تقدر ب 52,17 %. تسجل بذلك محطة ورقلة أداء تنقية سنوي أعلى مقداره 29,13 %، بالمطابقة تسجل محطة غرداية 11,95 %. بالإضافة إلى ذلك فإن كل التراكيز المسجلة لأيون النيترات على مستوى كلتا المحطتين صغيرة جدا أمام القيم الحدية المسموح بها في المعايير الجزائرية الموجهة للري [30 mg/l] (الملحق1) ، و كذا أمام تلك المحددة في المعايير الدولية [80 mg/l] (الملحق3) ، وكنتيجة لذلك فإنّ هذه المياه مريحة للاستخدام في أغراض الري.

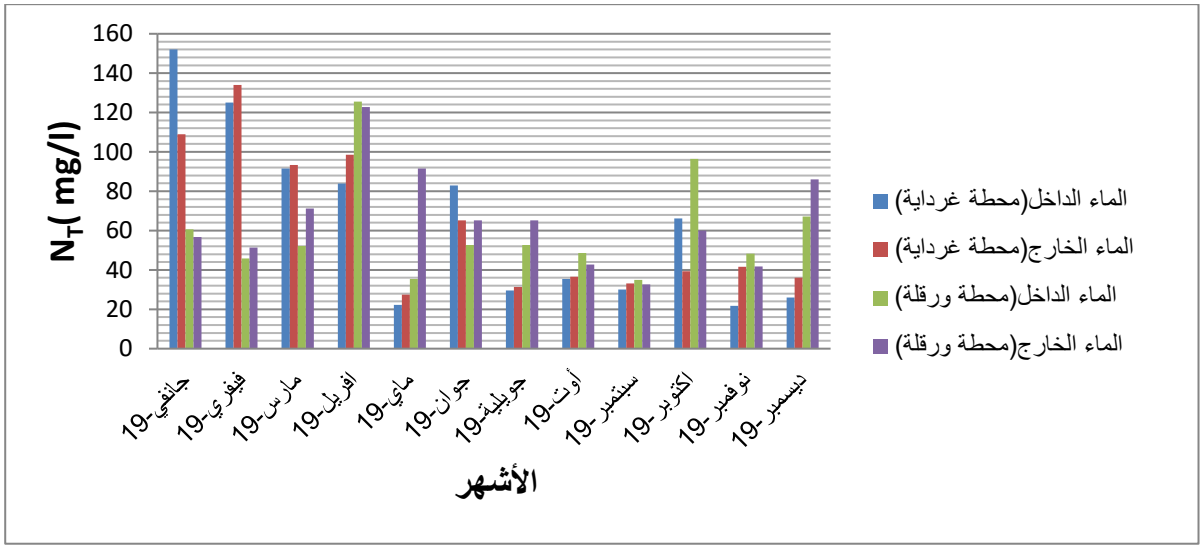


الشكل (68) : يوضح التطور الزمني لتركيز NO_3^- للمياه الداخلة و الخارجة من محطتي المعالجة ورقلة- غرداية.

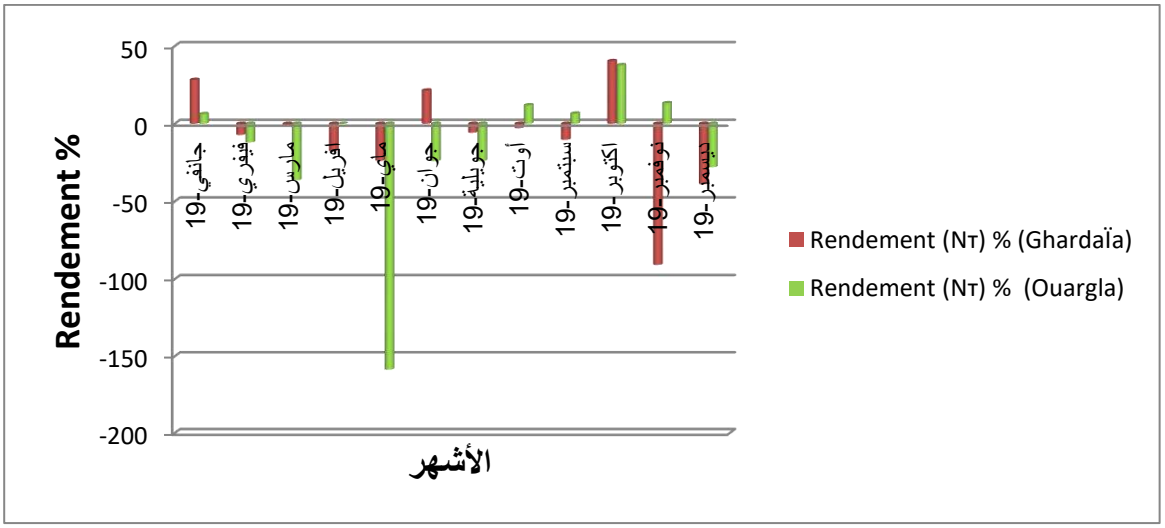
الشكل (69): يوضح مردود إزالة ال NO_3^- بدلالة الأشهر لمحطتي ورقلة –غرداية.

IV-12-4- تطور الآزوت الكلي (N_T):

تم تسجيل قيم عالية جدًا من إجمالي النيتروجين (N_T) في مياه الصرف الصحي الخام للمحطتين بين 34,9 mg/l في شهر سبتمبر و 125,55 mg/l في شهر أفريل بمتوسط قدره 60 mg/l بالنسبة لمحطة ورقلة ، و بين 21,8 mg/l في شهر نوفمبر و 152 mg/l في شهر جانفي بمتوسط قدره 63,88 mg/l وهذا بالنسبة لمحطة غرداية. أما بالنسبة للمياه المعالجة فسجلنا قيما متباينة تراوحت بين 6,32 mg/l في شهر سبتمبر و122,85 mg/l في شهر أفريل بمتوسط قدره65,61 mg/l وبين 27,5 mg/l في شهر ماي و 134 mg/l في شهر فيفري بمتوسط قدره 62,13 mg/l بالنسبة لمحطتي ورقلة وغرداية على التوالي.



الشكل (70) : يوضح التطور الزمني لتركيز N_T للمياه الداخلة والخارجة من محطتي المعالجة ورقلة-غرداية.



الشكل (71) : يوضح مردود إزالة N_T بدلالة الأشهر لمحطتي ورقلة – غرداية.

من خلال **الشكل (71)** أعلاه نلاحظ أن كفاءة التنقية من الآزوت الكلي تراوحت بين (158,76- %) في شهر ماي و 37,76 % في شهر أكتوبر بكفاءة تخفيض سنوية قدرت ب (9,35-) % وهذا بالنسبة لمحطة ورقلة ، وهي منخفضة نسبيا مقارنة بمحطة الوادي التي سجلت 23.65 % حسب **[38]**. أما محطة غرداية فسجلت نسبا تتراوح بين (90,83-) % في شهر نوفمبر و 40,39 % في شهر أكتوبر بكفاءة تخفيض سنوية بلغت 2,74 % وهي مرتفعة مقارنة بمحطة ورقلة.

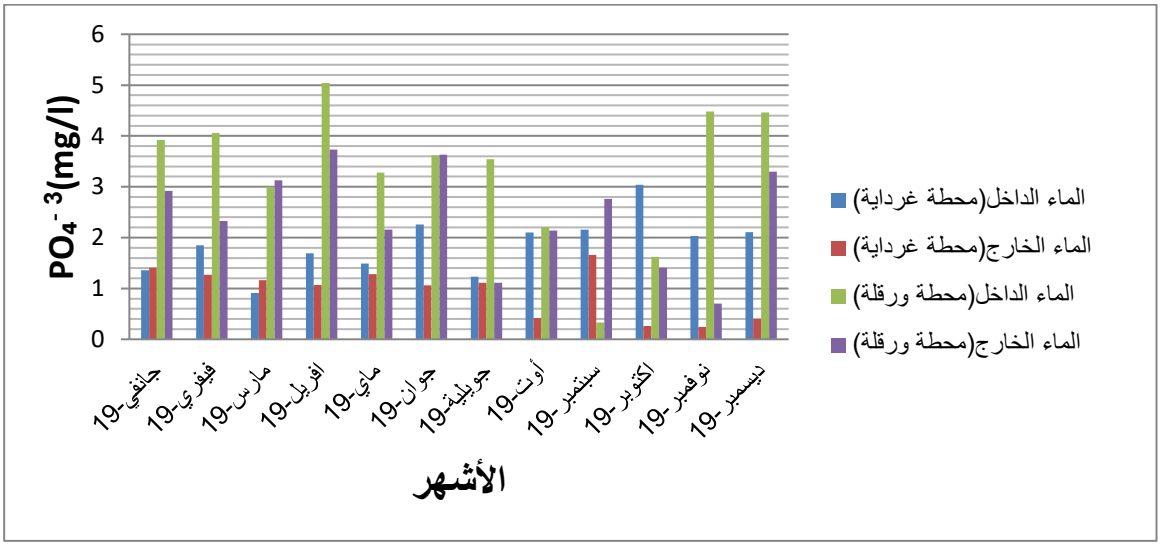
لا يمكن لعملية البحيرات المهواة إزالة النيتروجين بشكل كامل ، على الأكثر يمكن أن يتمعدن النيتروجين العضوي إلى الأمونيا ، وربما أكسدة جزء منه إلى النيترات. ومع ذلك ، لا يعد هذا عيبًا إذا تم استخدام المياه المعالجة للري ، حيث يعمل هذا النيتروجين كسماد ، في هذه الحالة قد يكون من المفيد تحسين معرفة توازن النيتروجين عن طريق تحديد الأمونيا و النتريك في النفايات السائلة بشكل منهجي **[34].**

IV-4-13- تطور الاورثو فوسفات (PO_4^{-3}):

من خلال **الشكل (72)** نلاحظ أن تركيز الاورثو فوسفات مرتفع عموما في المياه الخام مقارنة بالمياه المعالجة على مستوى كل محطة. كما يرتفع في محطة ورقلة مقارنة بمحطة غرداية. إذ قدّر المتوسط في المياه الخام 3,30 mg/l و 1,85 mg/l لمحطتي ورقلة و غرداية على التوالي، حيث تتأرجح قيم التركيز بين القيمة القصوى 5,04 mg/l في شهر أفريل و القيمة الدنيا 0,33 mg/l في شهر سبتمبر على مستوى محطة ورقلة ، و بين القيمة القصوى 3,04 mg/l في شهر أكتوبر و القيمة الدنيا 0,91 mg/l في شهر مارس. أما بالنسبة للمياه المعالجة فإن المتوسط ينخفض إلى 2,44 mg/l في محطة ورقلة و 0,95 mg/l في محطة غرداية ، حيث تتغير القيم بين 3,73 mg/l كقيمة قصوى في شهر أفريل و 0,70 mg/l كقيمة دنيا في شهر نوفمبر بالنسبة لمحطة ورقلة و بين القيمة القصوى 1,66 mg/l في سبتمبر و القيمة الدنيا 0,24 mg/l في نوفمبر بالنسبة لمحطة غرداية. **يرجع** هذا الانخفاض إلى نشاط الكائنات الحية الدقيقة التي تشارك في تحويل الفوسفور العضوي إلى متعدد الفوسفات و الاورثو فوسفات **[38].**

رغم أن قيم التراكيز كانت مرتفعة في مياه ورقلة إلا أن نسب الإزالة تراوحت في محطة غرداية بين (27,47-) % كنسبة دنيا في شهر مارس و 91,45 % كنسبة قصوى في شهر أكتوبر، لتسجل بذلك كفاءة تخفيض سنوية أعلى قدرت ب 48,99 %. أما على مستوى محطة ورقلة فانخفضت هذه النسبة إلى 25,87 % مسجلة (736,36-) % كنسبة دنيا للإزالة في شهر سبتمبر و 84,38 % كنسبة قصوى في شهر نوفمبر. كما تظهر مقارنة متوسط تراكيز الاورثو فوسفات مع المعايير الدولية (انظر الملحق 3) أن

المياه المعالجة على مستوى محطة غرداية لم تتجاوز الحد المسموح به على خلاف محطة ورقلة التي تجاوزته بمقدار أقل من نصف الوحدة.



الشكل (72) :يوضح التطور الزمني لتركيز PO_4^{-3} للمياه الداخلة و الخارجة من محطتي المعالجة ورقلة-غرداية.

الشكل (73) : يوضح مردود إزالة PO_4^{-3} بدلالة الأشهر لمحطتي ورقلة –غرداية.

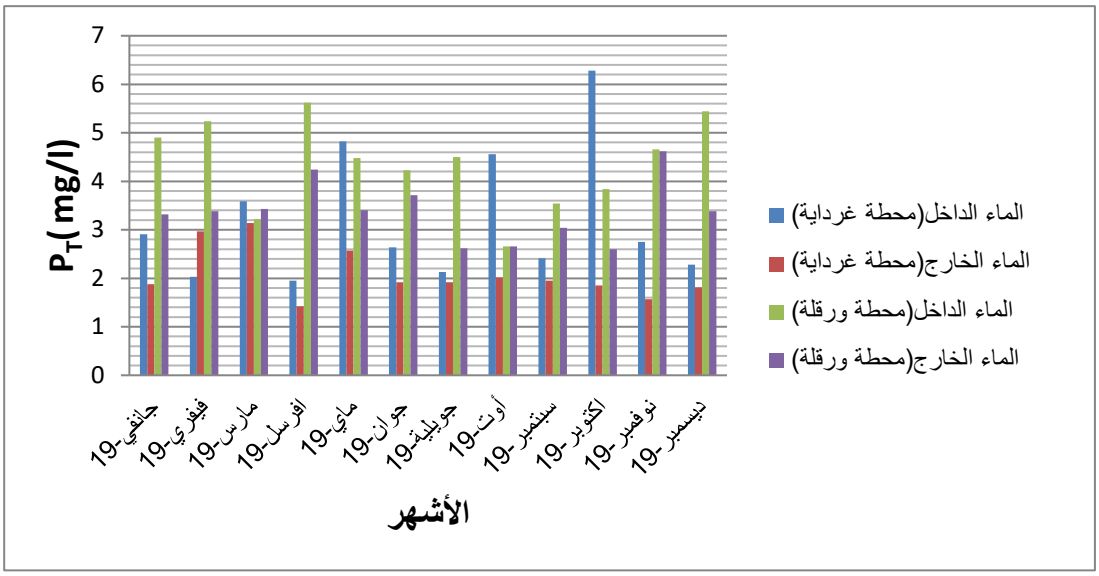
IV-14-4- تطور الفوسفور الكلي (P_T):

من خلال **الشكل (74)** يتضح أن تركيز الفوسفور الكلي متباين بين المحطتين إذ يرتفع عموما في محطة ورقلة بالمقارنة مع محطة غرداية. فقد بلغ المتوسط في المياه الخام (الماء الداخل) 4,36 mg/l و 3,20 mg/l لمحطتي ورقلة و غرداية على التوالي ، حيث تتغير القيم بين 5,62 mg/l كقيمة قصوى في شهر أفريل و 2,66 mg/l كقيمة دنيا في شهر أوت على مستوى محطة ورقلة، في حين تتأرجح بين

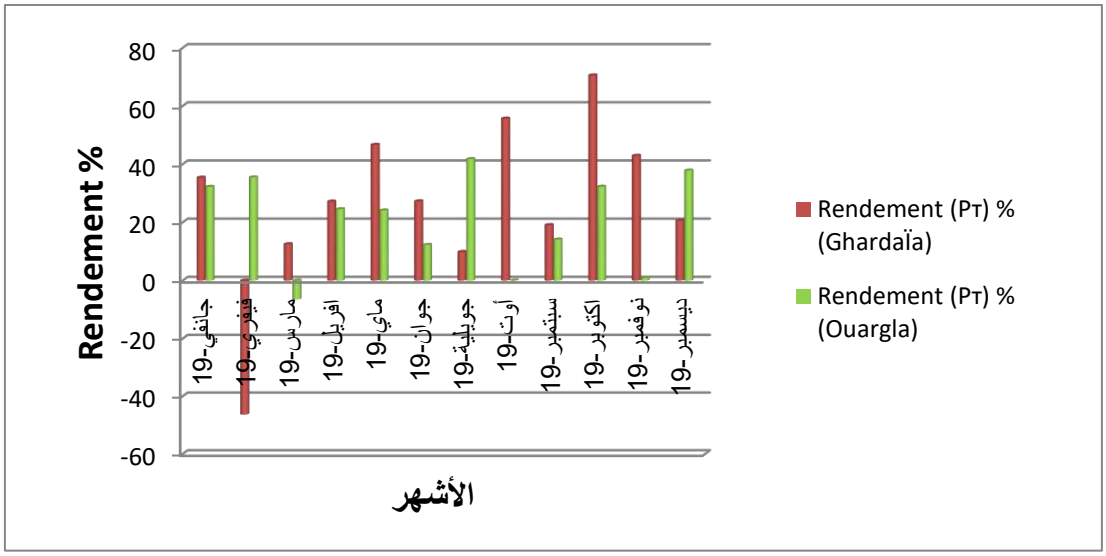
القيمة القصوى 6,28 mg/l في شهر أكتوبر و القيمة الدنيا 1,95 mg/l في شهر أفريل على مستوى محطة غرداية. أما بالنسبة للمياه المعالجة (الماء الخارج) فان متوسط تركيز الفوسفور الكلي قدر ب 3,37 mg/l و 2,09 mg/l لمحطتي ورقلة و غرداية على التوالي ، حيث تتأرجح قيمه بين القيمة القصوى 4.62 mg/l في شهر نوفمبر والقيمة الدنيا 2.6 mg/l في شهر أكتوبر بالنسبة لمحطة ورقلة ، وبين القيمة القصوى 3.14 mg/l في شهر مارس و القيمة الدنيا 1.42 mg/l في شهر أفريل بالنسبة لمحطة غرداية. وبمقارنة متوسط تركيز الفوسفور الكلي للمحطتين مع المعايير الدولية (انظر الملحق رقم 3) فإن الماء المعالج الخارج من كلتا المحطتين ذو جودة رديئة.

وبشكل عام نلاحظ أن القيم المتوسطة للفسفور الكلي للمياه المعالجة منخفضة نسبيا مقارنة بالمياه الخام. **قد يعود** هذا الانخفاض إما إلى درجة التفاعل pH و التي تكون قاعدية نسبياً و هذا يزيد من ترسيب الفسفور **[65] ,[1]**، أو تفاعله مع القواعد بالمياه و بالأخص ايونات الكالسيوم و المغنزيوم وترسيبه على هيئة مركبات فوسفات الكالسيوم أو المغنزيوم القليلة الذوبان بالماء أو أحيانا على هيئة مركبات فوسفات عدد من العناصر الثقيلة **[1].**

ومن خلال **الشكل (75)** نلاحظ أن أعلى نسبة لإزالة الفوسفور الكلي كانت 41,78 % في شهر جويلية و أقل نسبة له (6,52-) % في شهر مارس وهذا بالنسبة لمحطة ورقلة ، بالمقابل كانت في محطة غرداية النسبتين 70,54 % كنسبة قصوى في شهر أكتوبر و (46,31-) كنسبة دنيا في شهر فيفري ، لتبلغ بذلك محطة غرداية كفاءة تخفيض سنوية قدّرت ب 34,76 % وهي مرتفعة نسبيا عن كفاءة محطة ورقلة التي بلغت 22.80 %. ومن هنا نستنتج أن محطة غرداية أحسن من حيث إزالة الفوسفور الكلي مقارنة بمحطة ورقلة.



الشكل (74) : يوضح التطور الزمني لتركيز P_T للمياه الداخلة والخارجة من محطتي المعالجة ورقلة-غرداية.



الشكل (75) : يوضح مردود إزالة ال P_T بدلالة الأشهر لمحطتي ورقلة –غرداية.

الخلاصة

الخلاصة :

تناولنا في هذه الدراسة موضوع معالجة مياه الصرف الصحي الحضرية (المنزلية) ، حيث قمنا بمقارنة بين محطة المعالجة بالأحواض المهواة بمدينة ورقلة و محطة المعالجة بالأحواض الطبيعية بمدينة غرداية. و قد تم ذلك عن طريق القيام ببعض التحاليل الفيزيائية و الكيميائية لهذا النوع من المياه وتتبع قياسها على مدار سنة كاملة (من شهر جانفي إلى شهر ديسمبر لسنة 2019 م) ، ثم مقارنة النتائج المتحصل عليها مع ما جاء في المعايير الدولية و المعايير الوطنية الجزائرية من قيم حدية مسموح بها في الري.

في ضوء النتائج المتحصل عليها ، لاحظنا اختلافا ملحوظا بين مياه الصرف الصحي الخام والمياه المعالجة في كلا المحطتين ، إلا أن كفاءة تخفيض الملوثات كانت مختلفة بينهما ، حيث أن تطبيق نظام الأحواض المهواة كعملية تنقية بيولوجية جعل من الممكن تخفيض التلوث ب **MES** بنسبة **45.87 %**، **DBO_5** بنسبة **73.25 %**، و **DCO** بنسبة **70.45 %**. بالمقابل أدى نظام البحيرات الطبيعية إلى إزالة **MES** بنسبة **32.10 %**، **DBO_5** بنسبة **62.86 %**، و **DCO** بنسبة **54.61 %**.

كما أظهرت النتائج تخفيض التلوث الفوسفوري بنسبة **25.87 %** لPO_4^{-3} ، و **22.80 %** لP_T وهذا بالنسبة لمحطة ورقلة ، أما تخفيضه على مستوى محطة غرداية فكان بنسبة **48.99 %** لPO_4^{-3} ، و **34.76 %** لP_T.

و فيما يخص التلوث الآزوتي فإن كفاءة الإزالة بلغت **29.13 %** و **11.95 %** لNO_3^- ، **30.36 %** و **(65.93-) %** لNO_2^- ، **(6.75-) %** و **(6.66-) %** لNH_4 ، و **(9.35-) %** و **2.74 %** لN_T لمحطتي ورقلة و غرداية لكل ملوث على الترتيب.

كانت عموما كفاءة التخفيض في محطة ورقلة أحسن منها في محطة غرداية ، مما يضمن الجودة الأحسن للمياه الصادرة عن المحطة (محطة ورقلة) ، غير أن استعمال هذه المياه في مجال الري حسب ما توصلنا إليه في الفصل الرابع ؛ يتطلب معالجة أحسن لكون بعض المحددات لم تتوافق مع المعايير الدولية و/أو المعايير الجزائرية المسموح بها في الري. وتجدر الإشارة هنا إلى أن نظام الأحواض المهواة بشكل عام مناسب لسياق منطقة البحث ويمكن التوصية به في المراكز الحضرية والريفية المماثلة الأخرى ، كما نوصي بالاقتراحات التالية كحلول للحصول على مياه معالجة أفضل و ذات جودة على الأقل مقبولة إن لم تكن ممتازة :

- تزويد المحطة بنظام خاص يعمل على فصل الزيوت في المعالجة الأولية لضمان الأداء السليم لأحواض التهوية. وإتباعها بمعالجة كيميائية مناسبة للتخلص أو التقليل من نسبة الملوحة في المياه الواردة التي من شأنها أن تؤثر على المعالجة البيولوجية و معدات ضخ الهواء.
- تعميق الدراسات حول العوامل العديدة التي من شأنها التأثير على تدهور و تحلل المواد العضوية.
- البحث عن حل لمشكلة وجود الطحالب و تكاثرها في الأحواض و التي تؤثر سلبا على مردود إزالة التلوث بالمواد الصلبة العالقة.
- إضافة أحواض ترسيب ابتدائية بعد المعالجة الأولية بهدف إزالة المواد العالقة والغروية لتسهيل المعالجة البيولوجية .
- استكمال العمل على المشروع المنجز بالمحطة الذي يسمح بمعرفة تأثير المياه المعالجة على النبات، وذلك عن طريق إنشاء أحواض مغروسة بنفس النوع من النبات وتخصيص سقي كل منها بنوع معين من المياه (ماء الحنفية، ماء خارج من الحوض النهائي، ماء معالج بجهاز خاص بالمعالجة الثالثية).
- ضرورة الكشف الصحي الدوري للعاملين بمحطتي معالجة مياه الصرف الصحي الذي يشمل توفير الفحوصات المخبرية و التشخيصية (مثل أشعة الصدر) لضمان سلامتهم .

و بالرغم من أن المعالجة بنظام الأحواض المهواة أعطت نتائج أحسن من حيث الجودة إلا أن هذا لا ينفي و لا يمنع من استخدام نظام الأحواض الطبيعية ، خاصة و أن هذه الأخيرة سجلت نسبة إزالة للمركبات الفسفورية تفوقت بها عن النظام الآخر، و لكن هذا غير كاف لتنقية المياه بحيث تتطابق مع الجودة المطلوبة لإعادة استخدامها في المجال الزراعي، ولا حتى مع معايير الحفاظ على البيئة المستقبلة. ومن اجل استكمال هذه العملية (التنقية بالبحيرات الطبيعية) نقترح إضافة أحواض المرشحات المزروعة.

من بين الآفاق المستقبلية لهذا العمل نقترح :

- دعم إستراتيجية إعادة استخدام المياه العادمة المعالجة ليس فقط للأغراض الزراعية ، ولكن أيضًا لشحن المياه الجوفية الذي يتطلب العمل الجيد و البالغ الجدية لمحطات المعالجة.
- توسيع دراسات التحاليل المخبرية لتشمل الخواص الميكروبيولوجية وكذا المعادن الثقيلة .
- دراسة إمكانية إضافة معالجة ثالثية كتقنية التناضح العكسي أو التبادل الأيوني في نظام البحيرات المهواة وهذا من أجل تخفيض نسبة الأملاح في المياه المنقاة.
- تعميق الدراسة حول المركبات الفوسفورية والآزوتية والعوامل المؤثرة على البكتيريا المسؤولة عن إزالتهما.
- إمكانية استغلال المياه المعالجة في إنتاج الطاقة الكهربائية.

المراجع

- **المراجع باللغة العربية:**

1. عمر كريم خلف ،ابراهيم بكري عبد الرزاق ، محمود هويدي مناجد، **تقييم بعض خصائص مياه الصرف الصحي في منحطة النعيمة (الفلوجة)**، مجلة الفرات للعلوم الزراعية-5(4)، صفحة [214-206]، 2013م.
2. براق محمود عطا ، بدران عدنان سعيد ، هتاف عبد الملك احمد ، **تقييم كفاءة وحدة معالجة مياه الصرف الصحي في المجمع السكني /الدور-صلاح الدين** ، مجلة تكريت للعلوم الصرفة 22 (5) ، صفحة [02 ، 10]، سنة 2017م .
6. أحمد محمد علي أبو فخيدة، **أحكام التلوث الكيميائي في الفقه الإسلامي**، رسالة ماجستير، عمادة الدراسات العليا، جامعة القدس –فلسطين، 1433/ه 2012/م.
7. د. مصطفى عبد اللطيف عباسي، **حماية البيئة من التلوث حماية الحياة**، دار الوفاء لدنيا الطباعة والنشر، طبعة أولى، 2004م.
8. الدكتور منصور مجاجي، **المدلول العلمي والمفهوم القانوني للتلوث البيئي**، مجلة الفكر، العدد الخامس ، صفحة 110.
9. د. عبد العزيز طريح شرف، **التلوث البيئي حاضره ومستقبله**، مركز الإسكندرية، 1997م.
10. أحمد السروري، **مقدمة في كيمياء التلوث البيئي**، دار الحامد للنشر والتوزيع، عمان ، صفحة [170-185]، 2014م.
11. خزامى إسماعيل - **دراسة التحكم بمصادر التلوث النقطية واللانقطية في بحيرة سد الثورة باستخدام GIS** ، رسالة علمية لنيل درجة الماجستير في الهندسة المدنية البيئية ، كلية الهندسة المدنية ، جامعة تشرين-سوريا ،2015م.
12. محمد عبد الناصر الزرقة، **تلوث المياه في محافظتي الشمال والوسطى وتاثيرها على صحة الإنسان**، بحث مقدم لاستكمال متطلبات الحصول على درجة الماجستير في الجغرافيا، كلية الآداب، الجامعة الإسلامية-غزة، 2010م.
13. أ.م.د.رافد موسى عبد حسون، **مخلفات الصرف الصحي وأثرها في تلوث مياه نهر الديوانية**، مجلة مركز دراسات الكوفة، العدد 48 ، صفحة [165-163]، 2018م.
14. مي خالد شريف أحمد، **دراسة وتقويم نظم الإمداد بالمياه والصرف الصحي في المباني السكنية الواقعة بمنطقة شارع 35 حي العمارات**، بحث تكميلي مقدم لنيل درجة الماجستير في هندسة العمارة، كلية الدراسات العليا، جامعة السودان للعلوم والتكنولوجيا-الخرطوم،2017م.
15. الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحي، برنامج المسار الوظيفي للعاملين بقطاع مياه الشرب والصرف الصحي-دليل المتدرب فني تشغيل صرف صحي –**مواصفات وخصائص مياه الصرف الصحي /الدرجة الثالثة**، صفحة [17-12]، 2015م.
16. أحمد حسان، **محاضرات تدريبية لمشغلي محطات مياه الفضلات** ، عمان 2001م.
17. أ.م.د.نجلة عجيل محمد،**محددات تلوث مياه الصرف الصحي في محافظة كربلاء لسنة 2016**، مجلة كلية التربية الأساسية، المجلد 25، العدد103، صفحة [923،915] ، سنة 2019م.
18. أمانة المجلس البلدي –**مكة المكرمة، معالجة مياه الصرف الصحي بمحطة الصرف الصحي بالعكاشية مكة المكرمة**، مركز فقيه للأبحاث والتطوير، صفحة [21-15]، 2007م.

21. الجريدة الرسمية الصادرة في يوم الأحد 25 شعبان 1433 الموافق ل 15 جويلية 2012 الحاملة للعدد 41.

23. جوراء محمد خضير الزبيدي ، **محطات معالجة مياه الصرف الصحي ودورها في التقليل من المخاطر البيئية في محافظة الديوانية** ، بحث مقدم لاستكمال متطلبات نيل درجة البكالوريوس ، كلية العلوم ، جامعة القادسية ،2017م.

25. منظمة الأقطار العربية المصدرة للبترول (أوبك) ، **تقنيات معالجة مياه الصرف الصناعي لمشروعات البتروكيماويات** ، دولة الكويت، صفحة [149-115]، أفريل 2019م.

26. الأستاذ الدكتور/ممدوح فتحي عبد الصبور ، **تقنيات مياه الصرف الصحي و إعادة استخدامها للأغراض الزراعية** ، مجلة أسيوط للدراسات البيئية ، العدد19، صفحة 38، يوليو 2000م.

27. منظمة الصحة العالمية 1979م.

28. المهندس محمد معن برادعي ، **دليل تصميم محطات معالجة مياه الصرف** ، صادر عن مؤسسة زايد، الطبعة الأولى، الإمارات العربية المتحدة، صفحة [636-112]، 2018م.

29. الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحي ، برنامج المسار الوظيفي للعاملين بقطاع مياه الشرب والصرف الصحي-دليل المتدرب البرنامج الوظيفي لفني تشغيل صرف صحي 6 اشهر، **أساسيات معالجة مياه الصرف** ، صفحة [32-30]،2015م.

30. اللجنة الإقتصادية و الإجتماعية لغربي آسيا، **تكنولجيات معالجة المياه العادمة**، صفحة [35-12]، أكتوبر 2003 م.

33. أ.د/فرج بوبكر المبروك ، **أهمية معالجة مياه الصرف الصحي بالطرق الطبيعية في المناطق الجافة و الشبه جافة** ، أكاديمية الدراسات العليا –المنطقة الشرقية ، صفحة [5-1]، 2017م.

37. إليزابيث تيليي ، لوكاس اوليغش ، كريستوف لوتي ، فيليب ريمون ، غواند شيغتنليب، كرستيان تسوغبرج ، **نظم وتقنيات الصرف الصحي** ، ترجمة الطبعة المعدلة الثانية ، المعهد الفيدرالي السويسري لعلوم وتقنيات المياه – دوبندورف- سويسرا، صفحة [131-110]، 2004م.

39. زغدي سعد ، **(Identification de plantes epuratricre locales et leur utilisation dans l'epuration des eauxde la region d'ELOued)** ، أطروحة محضرة لنيل شهادة دكتورا علوم ، كلية العلوم التطبيقية ، جامعة قاصدي مرباح –ورقلة ،2017م.

40. الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحي ، برنامج المسار الوظيفي للعاملين بقطاع مياه الشرب والصرف الصحي ، دليل المتدرب البرنامج التدريبي لفني صرف صحي ، **معالجة الحمأة -الدرجة الثالثة** ، صفحة 20، 2015م.

43. https://www.marefa.org/%D9%88%D9%84%D8%A7%D9%8A%D8%A9_%D8%BA%D8%B1%D8%AF%D8%A7%D9%8A%D8%A9(المعرفة-13-ولاية غرداية)
(شوهد يوم 20/08/ 2020 على السعة 17:55)

44. http://www.dcwghardaia.dz/index.php/wilaya(مديرية التجارة لولاية غرداية)
(شوهد يوم 20/08/ 2020 على السعة 19:30)

48. الأزهاري عباز، **نظام المشايخ في ورقلة بين العهدين العثماني و الفرنسي خلال 1603م-1884م**، مذكرة لنيل شهادة الماجستير في التاريخ الحديث و المعاصر، كلية الرياضيات العلوم الإجتماعية والإنسانية، جامعة الوادي، 2013-2014م .

49. عرباوي كوثر،**تأثير النخيل على الجزيرة الحرارية العمرانية – حالة الدراسة قصر مدينة ورقلة**– مذكرة ماجستير في الهندسة المعمارية، كلية العلوم و التكنولوجيا، جامعة محمد خيضر بسكرة، 2014-2015 م.

50. دراسة مناخية وعمرانية واقتصادية واجتماعية لمدينة ورقلة،2011م http://thesis.univ)- biskra.dz/2665/6/%D8%A7%D9%84%D9%81%D8%B5%D9%84%20%D8%A7%D9%84%D8%B1%D8%A7%D8%A8%D8%B9.pdf (شوهد يوم 2020/05/12 على الساعة 10:15)

54. الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحي، برنامج المسار الوظيفي للعاملين بقطاع مياه الشرب والصرف الصحي-دليل المتدرب البرنامج التدريبي لكيميائي مياه الصرف ستة أشهر –**جمع العينات**، صفحة [2-7]، 2015م.

59. العابد إبراهيم ، **معالجة مياه الصرف الصحي لمنطقة تقرت بواسطة نباتات منقية محلية** ، أطروحة محضرة لنيل شهادة دكتوراه ، كلية الرياضيات وعلوم المادة ، جامعة قاصدي مرباح ورقلة ،2015م.

61. طرفة مصطفى وعدنان علي نظام ، **التنقية الميكريو بيولوجية للمخلفات السائلة المنزلية باستعمال نباتات البوتوموس** ، مجلة جامعة دمشق للعلوم الأساسية ، المجلد (21) ، العدد الثاني ، صفحة 171، 2005م.

63. أليفة نعسان ، **دراسة ملوثات مياه مصاب الصرف الصناعي في مدينة حلب** ، بحث علمي لنيل درجة الماجستير في الهندسة المدنية ، كلية الهندسة المدنية ، جامعة حلب ، صفحة 79، 2015م.

64. أ.م.د.نجلة عجيل محمد، **دراسة مقارنة لبعض محددات التلوث لمحطتي مياه الصرف الصحي (الفلوجة، عنة) في محافظة الأنبار لسنة 2013**، مجلة المستنصرية للدراسات العربية والدولية، العدد 63 ، سنة 2019م ، صفحة 208.

- **المراجع باللغة الفرنسية:**

3. Boualla N, Hadj hassan B, Benziane A , Derrich Z . **L'expérience algérienne en matière d'épuration des eaux usées**. Science libre, option environnement, volume 3 n° 111-115. 2011.
4. ONA,2019
5. Office des publications officielles des Communautés européennes (OPOCE) , **Procédés extensifs d'épuration des eaux usées, adaptés aux petites et moyennes collectivités,** N° 91/271,page [4-24], 2001

19. BENGOUGA Khalila , **Contribution a L'étude du rôle de la végétation dans l'épuration des eaux usées dans les régions Arides**, Mémoire présenté en vue de L'obtention du diplôme de magister, Biskra : Univairsité Mohamed Khider , 2010.
20. Rodier J, Legube B, Merlet N, Brunet R et coll, **Analyse de l'eau. Eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer,** Dunod, 9 ème éd. Paris , 2009.

22. Zahir BAKIRI, **Traitement des eaux usées par des procèdes biologiques classiques :expérimentation et modélisation** , Mémoire présenté en vue de L'obtention du diplôme de magister, Sétif , 2007.

24. Cindy Bassompierre , **Procède a boues activées pour le traitement d'effluents papetiers :de la conception d'un pilote a la validation de modèles** , These pour obtenir le grade de docteur de L'INP Grenoble dans le cadre de l'Ecole Doctorale EEATS , France , 2007.

31. Y. RACAULT , J.-S. BOIS, et autre - J. CARRÉ- Ph. DUCHÊNE- B.LEBAUDY- J. LESAVRE- P. LICKEL- M. RATEAU- A. VACHON ;**Le Iagunage Naturel- LES LEÇONS TIRÉES DE 15 ANS DE PRATIQUE EN France, 1997.**

32. Félix Marsault, Bruno Naylor, Antoine Reigue , **Traitement et valorisation des eaux usées : l'exemple de la station de lagunage de Rochefort, page 07** , **2013 .**

34. Ahmed Rassam , Abdelaziz Chaouch , Brahim Bourkhiss et M'barek Bourkhiss , **Performances de la dégradation de la matière organique par lagunage aéré dans la station d'épuration des eaux usées de la ville d'Oujda (Maroc oriental)** , **page 122, 2012.**

35. Hatem Dhaouadi**, Traitement des Eaux Usées Urbaines- Les procédés biologiques d'épuration,** Univairsité Virtuelle de Tunis, 2008.

36. Hammadi Belkacem, **Lagunage Aéré en Zone Aride Performances Epuratoires, Paramètres Influents : Cas de la Région de Ouargla,** Thèse Pour obtenir le Diplôme Docteur en Science , Ouargla : Université Kasdi Merbah , 2017.

38. Zobeidi Ammar**, Épuration des eaux uséés urbaines par lagunage aéré en zone Aride-Cas de la région d'EL-Oued paramétras influents et choix des conditions optimales** , Thése Pour l'obtention du diplôme de Doctorat en Sciences. Ouargla : Université Kasdi Merbah , 2017.

41. Ounoki , Achour **. Evaluation de la qualité physicochimique et bactériologique des eaux usées brutes et épurées de la ville d'Ouargla, possibilité de leur valorisation en irrigation** , Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, N°20 , Décembre 2014.

42. Agence Nationale de Développement de l'Investissement (ANDI)-2013 (**wilaya de Ghardaia**) (2020/08/20 شوهد يوم).

45. maps.google.com (2020/05/18 شوهد يوم)

46. Tutiempo.net (2020/05/18)

47. Station d'épuration des eaux usées GhardaÏa,2013

51. ONA-Station d'épuration des eaux usées Ouargla,

52. Office national de l'Assainissement (ONA) , **Fiche Technique Des Stations De Lagunage Aéré STEP OUARGLA,**Mars-2018.

53. Eaux naturelles eau potable et réseauxhttps://complements.lavoisier.net/9782100754120_l-analyse-de-l-eau-10-ed_Chapitre1.pdf ,p 5.

55. Rodrigues A, C.Boroski, M. Shimada, N.S., Garcia, J.C., Nozaki, J., Hioka, N., (2008), Treatment of paper pulp and paper mill wastewater by coagulation-flocculation followed by heterogeneous photocatalysis. Journal of Photochemistry and Photobiology A: Che-mistry, 194, p 1-10.

56. Degremont., (2005), **Mémento technique de l'eau,** 10 ème édition, Ed. Lavoisier, Paris.

57. Chaouki H, El Watik L, Ramchoun Y, Fath-allah R, Ayyach A, Fathallah Z, El Midaoui A et Hbaiz E. (2014) **Étude des performances épuratoires de la technique du lagunage aéré appliquée à la station d'épuration de la ville d'Errachidia** – Maroc. Afrique science 10(2) : 176-181.

58. JORA, (2009). **Journal officiel de la république Algérienne N°36 : Valeur limites 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.**

60. Chachoua, Mounira**. Contribution à l'étude des performances épuratoires du** lagunage naturel en Algérie. Thèse présentée pour l'obtention du grade de Docteur en Sciences, Faculté de Technologie., Université Aboubakr Belkaïd– Tlemcen, 2018.

62. AMIRI Khaled, **Contribution a l' evaluation et au traitement des eaux uséess dans le sud est du sahara Algerien.Application au sud de la region D'Oued Righ (Touggourt)**. Thèse en vue de l'obtention du Diplôme de Doctorat en Sciences , Ouargla : Université Kasdi Merbah , 2019.

65. El Halouani H,Picot B, Casellas C, Pena G et Bontoux J, **Elimination de l'azote et du phosphore dans un lagunage à haut rendement. Rev. Sci. Eau**, 1993 : 6 –p-57

الملاحق

- **الجدول 01:** قيم الحد الأقصى لمعايير مياه الصرف الصحي المعالجة الموجهة (الجريدة الرسمية للجمهورية الجزائرية 2012).

2. PARAMETRES PHYSICO - CHIMIQUES

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

(*) : Pour type de sols à texture fine, neutre ou alcalin.

- **الجدول 02 :** القيم الحدية لمحتوى المواد الضارة في مياه الصرف الصحي (المنزلية) عند تصريفها في نظام الصرف الصحي العام أو محطة معالجة (الجريدة الرسمية للجمهورية الجزائرية 2009).

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

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

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

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

CHAPITRE II
CONTROLES

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

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

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

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

CHAPITRE III
DISPOSITIONS FINALES

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

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

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

Ahmed OUYAHIA.

ANNEXE

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

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

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

- **الجدول 03 :** معايير تصريف مياه الصرف الصحي حسب منظمة الصحة العالمية (OMS, 1971)

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

الملـــــــــخـــــص :

تم تقييم كفاءة محطتي معالجة مياه الصرف الصحي التابعتين لمنطقتي ورقلة (نظام الأحواض المهواة) وغرداية (نظام الأحواض الطبيعية) خلال سنة 2019 ، حيث درست محددات التلوث البيئي للمياه الواردة إلى المحطة والمياه المعالجة قبل تصريفها للبيئات المستقبلة .

أظهرت النتائج أن المياه المصرفة إلى البيئات المستقبلة قد اتصفت بمعدلات درجة حرارة (22,65 °C) ، (22,39 °C) وأس هيدروجيني (7,65) ، (8,32) وتركيز كل من النتريت (0,14mg/l) ، (0,19mg/l) والنترات (0,40mg/l) ، (0,44mg/l) بالنسبة لمحطتي ورقلة وغرداية على التوالي ، بحيث اتفقت هذه الخصائص مع معايير الجريدة الرسمية للمياه الموجهة للري ومع المعايير الدولية (OMS). كما بينت الدراسة ارتفاعا في قيم MES و DBO_5 بمتوسط [(85,63mg/l) ، (71,92mg/l)]، [(40,31mg/l) ،(45,75mg/l)] لمحطتي ورقلة وغرداية على الترتيب و التي كانت أعلى من الحدود المسموح بها حسب الجريدة الرسمية للمياه الموجهة للري و المعايير الدولة لل (OMS)، أما بالنسبة لقيم DCO فقدر المتوسط في محطة ورقلة (113,63mg/l) . تجاوزت هذه القيمة كل من معايير الجريدة الرسمية والدولية بينما انخفض المتوسط في محطة غرداية إذ سجلت (88,71mg/l) لتتفق بذلك مع المعايير الجزائرية و تفوق المعايير الدولية. بالإضافة إلى ذلك كانت قيم كل من محدد الفوسفور الكلي و الناقلية الكهربائية مرتفعة لكلتا المحطتين و تجاوزت الحد المسموح به في المعايير الدولية حيث بلغ المتوسط (3,37mg/l) ، (26,97ms/cm) لكل محدد على الترتيب بالنسبة لمحطة ورقلة ، في حين قدر متوسط الفوسفور الكلي و الناقلية الكهربائية ب (2,09mg/l) ، (3,39ms/cm) على التوالي بالنسبة لمحطة غرداية. وفيما يخص متوسط قيم الاورثو فوسفات فقد سجلت محطة ورقلة (2,44mg/l) متجاوزة بذلك المعايير الدولية بخلاف محطة غرداية التي سجلت قيمة ضمن المعايير الدولية بلغت (0,95mg/l).

بلغت كفاءة الإزالة :

- للملوثات العضوية (MES) ، (DBO_5)، (DCO) نسبة 45.87 %، 73.25 %، 70.45 % على الترتيب بالنسبة لمحطة ورقلة ، في حين سجلت محطة غرداية نسبا قدرت ب 32.10 % لل (MES) و 62.86 % لل (DBO_5) ، و 54.61 % لل(DCO).
- للملوثات الآزوتية NH_4^+ ، NO_2^- ، NO_3^- ، N_T نسبة (6.75-) % ، 30.36 % ،29.13 % (9.35-) % على التولي بالنسبة لمحطة ورقلة ، وبنسبة (6.66-) % ، (65.93-) % ،11.95 % ، 2.74 % بنفس الترتيب على مستوى محطة غرداية .
- للملوثات الفوسفورية PO_4^{-3} ، P_T نسبة [(25.87 %) ، (48.99 %)] ، [(22.80 %) ،(34.76 %)] لكل ملوث على الترتيب بالنسبة لمحطتي ورقلة و غرداية .

الكلمات المفتاحية : تقييم كفاءة - معالجة المياه العادمة - البحيرات المهواة - البحيرات الطبيعية - ورقلة - غرداية.

Abstract

The evaluation of the efficiency of the wastewater treatment plant of the regions of Ouargla (ventilated pond system) and Ghardaia (natural pond system) was evaluated during the year 2019, where the environmental pollution determinants of incoming water to the plant and treated water were studied before discharging them to receiving environments.

The results showed that the water discharged to the receiving environments was characterized by temperature levels (22,65 °C), (22,39 °C) and pH (7, 65), (8, 32) and the concentration of both nitrites (0.14mg / l), (0,19mg / l) and nitrates (0,40mg / l), (0,44mg / l) for the stations of Ouargla and Ghardaia respectively. So that these characteristics were in accordance with the standards of the Official Gazette of Irrigation Water and with international standards (OMS). The study showed an increase in MES and DBO_5 values with an average of [(85,63mg / l), (71,92mg / l)], [(40,31mg / l) ,(45,75mg / l)], For the two stations of Ouargla and Ghardaia, respectively, which were higher Of the permissible limits according to the Official Gazette of Water for Irrigation and the State Standards of (OMS), as for the values of DCO the average value in the Ouargla station (113,63mg / l). This value exceeded both the Official and International Gazette standards while the average decreased in Ghardaia Station It recorded (88,71mg / l); to conform to the Algerian standards and exceed the international standards. In addition, the values of both the total phosphorous determinant and the electrical conductivity were high for both stations and exceeded the allowable limit in international standards where the average was (3,37mg / l), (26,97ms / cm) for each determinant respectively for the station and Ouargla, in When the average of total and transit phosphorous was estimated at (2.09mg / l), (3,39ms / cm), respectively, for the Ghardaia station. As for the average values of ortho phosphate ,the Ouargla plant recorded (2,44mg / l) exceeding international standards other than Ghardaia station, which recorded a value within the international standards (0.95mg / l).

Removal efficiency reached:

• The organic pollutants MES, DBO_5, DCO the percentage of 45.87%, 73.25%, 70.45% respectively for the Ouargla station, while the Ghardaia station recorded ratios estimated at 32.10% for the MES, 62.86% for the DBO_5, and 54.61% for the(DCO).

• For nitrogenous pollutants NH_4^+, NO_2^-, NO_3^-, N_T ratio (6.75-)%, 30.36%, 29.13% (9.35-)% respectively, for Ouargla station, and by (6.66)%, (65.93%), 11.95% , 2.74% at the same rank at Ghardaia Station.

• The phosphorous pollutants PO_4^{-3}, P_T ratio of [(25.87%), (48.99%)], [(22.80%), (34.76%)] for each pollutant, respectively, for Ouargla and Ghardaia stations.

Key words : Efficiency Assessment - Wastewater Treatment - Ventilated Lakes - Natural Lakes - Ouargla - Ghardaia

Résumé

Évaluation de l'efficacité de la station d'épuration des eaux usées des régions de Ouargla (système d'étangs ventilés) et de Ghardaïa (système d'étangs naturels) a été réalisée au cours de l'année 2019, où les déterminants de la pollution de l'environnement de l'eau entrante à la plante et de l'eau traitée ont été étudiés avant de les rejeter dans les milieux émettre.

Les résultats ont montré que l'eau rejetée dans les milieux était caractérisée par des niveaux de température (22,65 ° C), (22,39 ° C) et des pH (7, 65), (8, 32) et par la concentration des nitrites (0,14 mg / l), (0,19 mg / l) et des nitrates (0,40 mg / l), (0,44 mg / l). Pour les stations d'Ouargla et Ghardaïa respectivement. Afin que ces caractéristiques soient conformes aux normes du Journal officiel de l'eau d'irrigation et aux normes internationales (OMS). L'étude a montré une augmentation des valeurs de MES et de DBO_5 avec une moyenne de [(85,63mg / l), (71,92mg / l)], [(40,31mg / l) ,(45,75mg / l)], Pour les deux stations de Ouargla et de Ghardaïa, respectivement, qui étaient plus élevées Des limites admissibles selon le Journal officiel de l'eau pour l'irrigation et les normes de l'État de (OMS), comme pour les valeurs de DCO la valeur moyenne à la station de Ouargla (113,63mg / l). Cette valeur a dépassé les normes de la Gazette officielle et internationale, tandis que la moyenne a diminué à la station de Ghardaïa It (88,71mg / l); se conformer aux normes algériennes et dépasser les normes internationales. De plus, les valeurs du déterminant du phosphore total et de la conductivité électrique étaient élevées pour les deux stations et dépassaient la limite permise dans les normes internationales où la moyenne était de (3,37mg / l), (26,97ms / cm). Pour chaque déterminant, respectivement pour la station et Ouargla, dans Quand la moyenne du phosphore total et de la conductivité était estimée à (2,09mg / l), (3,39ms / cm), respectivement, pour la station de Ghardaïa. En ce qui concerne les valeurs moyennes de l'ortho-phosphate, l'usine de Ouargla a enregistré un dépassement (2,44mg / l) des normes internationales autres que la station de Ghardaïa, qui a enregistré une valeur dans les normes internationales (0,95 mg / l).

Efficacité de l'enlèvement atteinte:

• Les polluants organiques MES, DBO_5 , DCO le pourcentage de 45,87%, 73,25%, 70,45% respectivement pour la station de Ouargla . Tandis que la station de Ghardaïa a enregistré des ratios estimés à 32,10% pour le (MES), 62,86% pour le (DBO5), et 54,61% pour le (DCO).

• Pour les polluants azotés NH_4^+, NO_2^-, NO_3^-, N_T ratio (6,75 -)%, 30,36%, 29,13% (9,35 -)% respectivement, pour la station de Ouargla, et par (6,66)%, (65,93%), 11,95%, 2,74% au même rang à la station de Ghardaïa.

• Les polluants phosphoreux PO_4^{-3}, rapport P_T de [(25,87%), (48,99%)], [(22,80%), (34,76%)] pour chaque polluant, respectivement, pour les stations d'Ouargla et de Ghardaia.

Mots clés: Évaluation de l'efficacité - Traitement des eaux usées - Lacs ventilés - Lacs naturels - Ouargla – Ghardaïa .