



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي  
جامعة قاصدي مرباح - ورقلة

رقم التسلسلي:

رقم الترتيب:

كلية الرياضيات و علوم المادة  
قسم الكيمياء

أطروحة لنيل شهادة دكتوراه علوم  
تخصص كيمياء تحليلية

قدمت للمناقشة من طرف:  
سراوي ميروك

### العنوان

*UTILISATION D'UNE ARGILE LOCALE DE LA REGION DE  
TOUGGOURT DANS L'EPURATION DES EAUX USEES.  
PERFORMANCES EPURATOIRES ET CONDITIONS OPTIMALES.*

استخدام الطين المحلي من منطقة تقرت في تنقية مياه الصرف الصحي.  
أداء التنقية والظروف المثلى.

نوقشت يوم: 2020 / 10 / 18

أمام لجنة المناقشة:

رئيساً	جامعة قاصدي مرباح - ورقلة	أستاذ تعليم عالي	ذوادي علي
مناقشاً	جامعة قاصدي مرباح - ورقلة	أستاذ محاضر "أ"	سكيريفة محمد الأمين
مناقشاً	المدرسة العليا للأساتذة - ورقلة	أستاذ محاضر "أ"	العابد إبراهيم
مناقشاً	جامعة الشهيد حمّة لخضر - الوادي	أستاذ محاضر "أ"	بن ميه عمار
مناقشاً	جامعة الشهيد حمّة لخضر - الوادي	أستاذ محاضر "أ"	ربيعي عبد الكريم
مشرفاً و مقرراً	جامعة قاصدي مرباح - ورقلة	أستاذ تعليم عالي	ببه أحمد عبد الحفيظ

## الإهداء

أهدي هذا العمل المتواضع إلى كل طالب علم يكد و يجتهد في طريق العلم  
المضني ويرجو من وراء علمه رضا الله وفائدة البشرية.

● وإلى كل أستاذ لم يدخر جهدا لمساعدتي بالنصح والإرشاد و الأخذ بيدي و  
أخص بالذكر أستاذي الفاضل به أحمد عبد الحفيظ.

● وإلى من أوصى الله بهما إحسانا والدي رحمها الله و أبي أطال الله في عمره  
ومن كان لهما الفضل بعد الله في تربيته ورعايته تفقدتهما الله برحمته و أدخلهم  
فسيح جنانه.

● وإلى رفيقة دربي زوجتي .وأبنائي أسامة ونسرين وفارس و سمية و أنس  
مصدر سعادتي.

● وإلى زملائي في طريق العلم الشاق.

● وإلى أساتذة جامعة قاصدي مرباح ورقلة وأخص بالذكر أساتذة الكيمياء.

## كلمة شكر و عرفان

الحمد و الشكر لله الذي وفقني و يسر لي السبل و صخر لي الظروف التي مكنتني من إتمام هذه الأطروحة. كما أتقدم بجزيل الشكر و التقدير و العرفان لأستاذي الفاضل **ببه أحمد عبد الحفيظ** أستاذ تعليم عالي بجامعة قاصدي مرباح ورقلة على قبوله و الإشراف على هذه الأطروحة و على النصائح و التوصيات التي قدمها لي . و أتوجه بشكري الخالص إلى الأستاذ **نوادي علي** أستاذ تعليم عالي بجامعة قاصدي مرباح ورقلة على قبوله ترأس لجنة المناقشة، وإلى كل الأساتذة الأفاضل **العابد إبراهيم** أستاذ محاضر "أ" بالمدرسة العليا للأساتذة بورقلة و **سكيريفة محمد الأمين** أستاذ محاضر "أ" بجامعة قاصدي مرباح ورقلة و **ربيبي عبد الكريم** أستاذ محاضر "أ" بجامعة الشهيد حمّة لخضر الوادي و **بن مية عمار** أستاذ محاضر "أ" بجامعة الشهيد حمّة لخضر الوادي ، على قبوله المشاركة في لجنة المناقشة.

كما يسعدني أن أتوجه بشكر و العرفان إلى عمال مخبر البحث العلمي بتقّرت و نخص بالذكر السيد مدير المركز **بن عيسى** و عمال مخبر المياه و التربة الدكتور **ميهوبي عادل** رئيس المخبر و الأخت **خلو ميادة** و كل عمال و عاملات مركز البحث العلمي تقّرت.

كما أتوجه بشكري الخالص و الأمتناني إلى عمال الديوان الوطني للتطهير بتقّرت و أخص بالذكر كل من **بن هنية عبد المجيد** مسؤول المحطة و مديرها **دبة محمد السعيد** و مهندسة المخبر **حيطة حنيفة** و التقني السامي بالمخبر **بن نجمة فتحي** على ما قدموه لي من تسهيلات و مساعدات لإنجاز هذا العمل.

كما أود أن أشكر الزميلين **عطية جمال** أستاذ محاضر بجامعة الشهيد حمّة لخضر الوادي و **حداد العربي** أستاذ محاضر بجامعة الشهيد حمّة لخضر الوادي على تقديم يد المساعدة.

و لا أنسي كل من **زبيدي عمار** أستاذ محاضر بجامعة قاصدي مرباح ورقلة و **كمرشو عباس** أستاذ محاضر "أ" بجامعة قاصدي مرباح ورقلة و **بن الشيخ عبد الكريم** أستاذ محاضر بجامعة قاصدي مرباح ورقلة و **بن حميدة سفيان** أستاذ محاضر بجامعة قاصدي مرباح ورقلة و **قويدري محمد** أستاذ مساعد بجامعة قاصدي مرباح ورقلة على كل النصائح و التوجيهات التي قدموها لي.

كما أتوجه بجزيل الشكر لكل أفراد عائلتي و أخص بالذكر زوجتي و أولادي و والدي و أختي.

الملخص بالعربية

الملخص بالفرنسية

الملخص بالإنجليزية

## ملخص

تعتبر مدينة تقرت (ورقلة – الجزائر) منجمًا هائلًا من المعادن الطينية، تستغل أغلبها في صناعة أواني الفخار التقليدية والطوب والسيراميك ، الغرض من هذا العمل هو تثمين هذه المعادن في مجال الحفاظ على البيئة عن طريق استخدامها في معالجة مياه الصرف الصحي ، في الخطوة الأولى حددنا نسبة الطين في التربة بالنسبة إلى موقع بلدة عمر الواقع في إقليم مدينة تقرت ، تساوي نسبة الطين في التربة %52,2 وفقًا لطريقة القياس الهيدرومترية ، الخواص الفيزيائية والكيميائية التي تم تحجيجها بواسطة الأشعة السينية و مطياف الأشعة تحت الحمراء تظهر أنها مزيج من الإيليت و الكاولينيت و مساحة السطح النوعي المحددة هي 113.7622 م<sup>2</sup> / غ ، وتبلغ قدرة التبادل الكاتيوني 20 ملي كافي / 100 ملي غ ، وتتعلق الخطوة الثانية بدراسة قدرة الامتزاز لعينة الطين فيما يتعلق بالملوثات العضوية وغير العضوية في مياه الصرف الصحي التي تم جمعها عند مدخل محطة معالجة مياه الصرف في تقرت . عند أفضل الظروف: سرعة التحريك 700 دورة في الدقيقة ، ووقت التلامس لمدة 90 دقيقة والكتلة الممتصة البالغة 1.5 غرام ، ودرجة الحموضة 8.1 ، ودرجة الحرارة 41 درجة مئوية ، التي تم تحديدها مسبقًا ، تم التوصل للنتائج التالية : الطلب الكيميائي للأوكسجين (69.16%) الطلب البيوكيميائي للأوكسجين (71.59%) ، أورثو فسفور (73.10%) المواد العالقة (85.81%) الأوكسجين المذاب (12.19 ملي غ / لتر) .

الكلمات الدالة: الطين ، الامتزاز، مياه الصرف الصحي ، تقرت

## Résumé

La ville de Touggourt (Ouargla , Algérie) est un immense gisement de minéraux argileux dont la plupart sont utilisés dans la fabrication des ustensiles de poteries traditionnelles , de briques et de céramiques . Le but de ce travail est la valorisation de ces minéraux dans le domaine de la préservation de l'environnement en les utilisant dans le traitement des eaux usées.

Dans une première étape nous avons déterminé le pourcentage d'argile dans le sol . Pour la localité de Blidet Omar située dans territoire de la ville de Touggourt , le pourcentage d'argile dans le sol est égal à 52,2% selon la méthode hydrométrique. Les propriétés physico-chimiques déterminées par DRX et par FTIR montrent qu'il s'agit d'un mélange d'illite et de kaolinite. La surface spécifique est égale à 113,7622 m<sup>2</sup>/g , la capacité d'échange de cations est égale à 20 mEq /100 mg.

La seconde étape a concernés l'étude de la capacité d'adsorption des échantillons d'argile vis-à-vis des polluants organiques et inorganiques dans les eaux usées collecté à l'entrée de la station d'épuration de la ville de Touggourt. Pour les conditions optimales : vitesse d'agitation 700 tr / min, temps de contact 90 minutes, et la masse de l'adsorbant de 1,5 g , pH 8,1 , et température de 41 C°, déterminés auparavant des rendement d'élimination de : DCO (69.16%) , DBO<sub>5</sub> (71.59%) , PO<sub>4</sub><sup>-3</sup> (73.10%) , MES(85.81%) ,Oxygène dissous (12.19 mg/l) ont été obtenus .

**Mots-clés: l'Argile , adsorption , Eaux usées , Touggourt.**

## Summary

The city of Touggourt (Ouargla , Algeria) is a huge deposit of clay minerals, most of which are used in the manufacture of traditional pottery utensils, bricks and ceramics . The purpose of this work is the valorization of these minerals in the field of the preservation of the environment by using them in the wastewater treatment .

In a first step we determined the percentage of clay in the soil . For the locality of Blidet Omar located in territory of the city of Touggourt , the percentage of clay in the soil is equal to 52,2 % according to the hydrometric method . The physicochemical properties determined by RDX and by FTIR show that it is a mixture of illite and kaolinite . The specific surface area is  $113.7622 \text{ m}^2 / \text{g}$  the cation exchange capacity is  $20 \text{ mEq} / 100 \text{ g}$  .

The second step concerned the study of the adsorption capacity of clay samples with respect to organic and inorganic pollutants in wastewater collected at the entrance to the Touggourt wastewater treatment plant . For the optimum conditions : stirring speed 700 rpm , contact time 90 minutes, and the adsorbent mass of 1.5 g , pH 8.1, and temperature of  $41\text{C}^\circ$ , previously determined Elimination of : COD (69.16%) ,  $\text{BOD}_5$  (71.59%) ,  $\text{PO}_4^{-3}$  (73.10%), MES (85.81%), dissolved oxygen (12.19 mg / l) were obtained.

**Keywords: Clay, adsorption, waste water, Touggourt .**

الفهرس

قائمة الجداول

قائمة الأشكال

قائمة الصور

قائمة الإختصارات



رقم الصفحة	العنوان	التقييم
i		قائمة الجداول
iii		قائمة الأشكال
v		قائمة الصور
vi		قائمة الإختصارات
1		مقدمة
3		مراجع مقدمة
<b>الجزء النظري</b>		
<b>الباب الأول : عموميات حول الطين</b>		
5	مدخل	I
5	تعريف الطين	II
5	الهيكل المعدني لطين	III
5	المعادن الطينية	1-III
6	التركيب البنائي لمعادن الطين	2-III
7	تصنيف الطين	3-III
7	المعادن الليفية	أ-3-III
8	المعادن السيليكاتية الصفائحية	ب-3-III
8	معادن من نوع 1/1 (T-O)	1-3-III
9	معادن من نوع 1/2 (T-O-T)	2-3-III
9	معادن من نوع 1/1/2 (T-O-T-O)	3-3-III
10	عائلات المعادن الطينية	IV
10	عائلة الكاولينيت	1-IV
11	عائلة السمكتيت	2-IV
11	إليت	1-2-IV
12	سميكتيت	2-2-IV
13	فرميكليت	3-2-IV
14	عائلة الكلوريت	3-IV
16	خصائص الطين	V
16	سعة التبادل الكاتيوني	1-V
16	مصادر الشحنة المسؤولة عن التبادل	1-1-V
16	الشحنة الدائمة	1-1-1-V
16	الشحنة المتعمدة	2-1-1-V
17	تحديد سعة التبادل الكاتيوني (CEC)	2-1-V
17	استعمال طريقة ايون الأمونيوم	1-2-1-V
17	استعمال الكاتيونات المعادن الانتقالية	2-2-1-V
18	مساحة السطح النوعي	2-V
18	مجالات استعمال الطين	VI
18	في البناء والتشييد	1-VI
19	الصناعة الزراعية	2-VI
19	في الأعلاف الحيوانية	3-VI
19	صناعة النسيج والورق	4-VI
19	الصناعة الدوائية	5-VI
19	صناعة السيراميك	6-VI

## الفهرس

رقم الصفحة	العنوان	الترقيم
20	النفايات الذرية (المشعة)	7-VI
20	صناعة النفط	8-VI
20	إنتاج الطلاء	9-VI
20	في مجال البيئة	10-VI
20	الامتزاز	VII
21	أنواع الامتزاز	1-VII
21	الامتزاز الفيزيائي	1-1-VII
21	الامتزاز الكيميائي	2-1-VII
21	إيزوتارم الامتزاز	2-VII
21	تصنيف سينغ	1-2-VII
23	تصنيف غيلز	2-2-VII
24	معادلة لانجمير للإمتزاز	3-2-VII
25	معادلة فريندليش للإمتزاز	4-2-VII
26	مختلف المعادلات المستخدمة في الامتزاز	5-2-VII
26	أنواع الممترات	3-VII
26	الزبوليت	1-3-VII
27	الكربون المنشط	2-3-VII
28	هلام السيليكا	3-3-VII
28	الطين	4-3-VII
29	مراجع الباب الأول	
<b>الباب الثاني : عموميات حول المياه المستعملة</b>		
32	مدخل	I
32	دورة الماء في الطبيعة	II
33	تعريف المياه الملوثة	III
33	تعريف المياه العادمة (مياه الصرف الصحي)	VI
34	مصادر المياه العادمة	V
34	المصادر الطبيعية	1-V
34	مياه الأمطار	1-1-V
34	مياه السيول و الجريان	2-1-V
34	المصادر البشرية	2-V
34	مياه الصرف المنزلية	1-2-V
34	مياه الصرف الصناعي	2-2-V
35	المياه العادمة الصناعية غير العضوية	1-2-2-V
35	المياه العادمة الصناعية العضوية	2-2-2-V
35	المياه العادمة الزراعية	3-2-V
35	الملوثات المحتملة في المياه	IV
35	ملوثات فيزيائية	1-VI
35	ملوثات كيميائية	2-VI
35	ملوثات حيوية	3-VI
36	أثار الملوثات في مياه الصرف الصحي	VII
36	أثار النيتروجين و الفوسفور	1-VII
36	أثار المعادن الثقيلة	2-VII

## الفهرس

رقم الصفحة	العنوان	الترقيم
36	أثار التلوث الحيوي	3-VII
36	المكروبات	1-3-VII
37	الفيروسات	2-3-VII
38	الكائنات الأولية (الأوليات) (البروتوزا)	3-3-VII
39	الديدان الطفيلية	4-3-VII
40	تشخيص التلوث و قياسه	VIII
40	التشخيص الفيزيائي	1-VIII
40	درجة الحرارة	1-1-VIII
40	اللون	2-1-VIII
41	العكارة	3-1-VIII
41	الرائحة	4-1-VIII
42	المواد الصلبة	5-1-VIII
43	الناقلية الكهربائية	6-1-VIII
43	الأس الهيدروجيني pH	7-1-VIII
43	التشخيص الكيميائي	2-VIII
43	المركبات العضوية الكربونية	1-2-VIII
44	قياس الأكسجين المنحل DO	1-1-2-VIII
44	الطلب الحيوي على الأوكسجين (DBO <sub>5</sub> )	2-1-2-VIII
45	الطلب الكيميائي على الأوكسجين (DCO)	3-1-2-VIII
45	إجمالي الكربون العضوي (TCO)	4-1-2-VIII
45	المركبات النتروجين	2-2-VIII
45	النيتروجين الكلي (TN)	1-2-2-VIII
46	النترات (N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	2-2-2-VIII
47	النترت (N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	3-2-2-VIII
47	الأمونياك (N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )	4-2-2-VIII
47	الفسفور	3-2-VIII
48	البكتيريا	4-2-VIII
49	معالجة مياه الصرف الصحي	XI
50	أهداف معالجة المياه	1-XI
50	مراحل المعالجة	2-XI
50	المعالجة التمهيدية – الابتدائية	1-2-XI
50	المصافي	1-1-2-XI
50	التفتيت	2-1-2-XI
50	أحواض حجز الرمال	3-1-2-XI
51	أحواض التعديل	4-1-2-XI
51	مرحلة المعالجة الأولية	2-2-XI
51	أحواض التعويم	1-2-2-XI
52	أحواض الترويق (الترسيب الأولي)	2-2-2-XI
52	حوض إمهوف	3-2-2-XI
53	مرحلة المعالجة الثانوية – البيولوجية	3-2-XI
53	عمليات المعالجة بالحماة المنشطة	1-3-2-XI

## الفهرس

رقم الصفحة	العنوان	الترقيم
54	المرشحات البيولوجية	2-3-2-XI
54	الأقراص أو الملامسات البيولوجية الدوارة	3-3-2-XI
54	بحيرات الأكسدة	4-3-2-XI
55	البحيرات المهواة	5-3-2-XI
55	الترسيب الثانوي	6-3-2-XI
55	مرحلة المعالجة الثلاثية – المتقدمة	4-2-XI
57	المعالجة بالنباتات (المعالجة بالأراضي الرطبة)	5-2-XI
58	معالجة الحمأة وطرق التخلص منها	6-2-XI
60	مراجع الباب الثاني	
<b>الجزء العملي</b>		
<b>الباب الثالث : طرق و أدوات</b>		
<b>الفصل الأول : تحضير عينة الطين و تحديد خصائصه</b>		
63	مدخل	I
63	موقع أخذ العينة	II
63	تحديد قوام التربة	III
65	إعداد عينة من الطين	VI
67	تحديد الخصائص الفيزيائية و الكيميائية لعينة الطين	V
67	حيود الأشعة السينية	1-V
67	مبدأ عمل الجهاز	1-1-V
67	الجهاز المستعمل	2-1-V
67	تحضير العينة	3-1-V
68	معالجة البيانات المتحصل عليها	4-1-V
68	مطياف امتصاص الأشعة تحت الحمراء بتحويل فورييه	2-V
68	مبدأ عمل الجهاز	1-2-V
68	الجهاز المستعمل	2-2-V
68	تحضير العينة	3-2-V
68	مساحة السطح النوعي	3-V
69	مبدأ عمل الجهاز	1-3-V
69	الجهاز المستعمل	2-3-V
69	تحضير العينة	3-3-V
69	المجهر الإلكتروني الماسح	4-V
69	مبدأ عمل الجهاز	1-4-V
70	تحضير العينة	2-4-V
70	سعة التبادل الكاتيوني	5-V
<b>الفصل الثاني : بروتوكول نزع الملوثات من المياه العادمة</b>		
72	المدخل	I
72	موقع محطة تصفية المياه المستعملة بتقنت	II
73	طريقة أخذ العينة و شروط الحفظ	III
73	طريقة أخذ العينة	1-III
73	شروط الحفظ	2-III
73	وسائط تحديد تلوث المياه العادمة و طرق قياسها	VI
73	الطلب البيوكيميائي (الحيوي) للأوكسجين (DBO <sub>5</sub> )	1-VI

## الفهرس

رقم الصفحة	العنوان	الترقيم
75	الطلب الكيميائي للأوكسجين (DCO)	2-VI
76	الأوكسجين المنحل (Odiss)	3-VI
76	أورثو فوسفور ( $PO_4^{-3}$ )	4-VI
77	المواد العالقة (MES)	5-VI
77	طريقة الترشيح	1-5-VI
78	طريقة الطرد المركزي	2-5-VI
79	الأس الهيدروجيني (pH)	6-VI
79	الناقلية الكهربائية (CE)	7-VI
79	-درجة الحرارة (T)	8-VI
79	البروتوكول التجريبي لعملية معالجة الماء المستعمل بالطين	V
80	تأثير الرج	1-V
83	تأثير زمن التماس	2-V
83	تأثير الكتلة	3-V
84	تأثير الأس الهيدروجيني	4-V
84	تأثير درجة الحرارة	5-V
86	مراجع الباب الثالث	
<b>الباب الرابع : نتائج و مناقشة</b>		
88	نتائج تحديد خصائص الطين و نوعه	I
88	تحديد قوام التربة	1-I
88	تحديد الخصائص الفيزيائية و الكيميائية للطين	2-I
88	حيود الأشعة السينية RDX	1-2-I
90	مطياف الأشعة تحت الحمراء FTIR	2-2-I
91	تحديد مساحة السطح النوعي $S_{BET}$	3-2-I
92	تحديد مرفولوجية العينة بالمجهر الإلكتروني الماسح MEB/EDX	4-2-I
93	تحديد سعة التبادل الكاتيوني CEC	5-2-I
94	نتائج معالجة المياه العادمة بالطين	II
94	تأثير سرعة الرج	1-II
94	تأثير سرعة الرج على الطلب الكيميائي للأوكسجين DCO	1-1-II
95	تأثير سرعة الرج على الطلب الحيوي للأوكسجين $DBO_5$	2-1-II
96	تأثير سرعة الرج على الأوكسجين المنحل DO	3-1-II
96	تأثير سرعة الرج على امتزاز أورثو فسفور $PO_4^{-3}$	4-1-II
97	تأثير سرعة الرج على إزالة المواد العالقة MES	5-1-II
98	تحديد الشرط الأمثل لإزالة الملوثات بتأثير سرعة الرج	6-1-II
99	تأثير زمن التماس	2-II
99	تأثير زمن التماس على الطلب الكيميائي للأوكسجين DCO	1-2-II
100	تأثير زمن التماس على الطلب الحيوي للأوكسجين $DBO_5$	2-2-II
101	تأثير زمن التماس على الأوكسجين المنحل DO	3-2-II
102	تأثير زمن التماس على امتزاز أورثو فسفور $PO_4^{-3}$	4-2-II
103	تأثير زمن التماس على إزالة المواد العالقة MES	5-2-II
103	تحديد الشرط الأمثل لإزالة الملوثات بتأثير زمن التماس	6-2-II
104	تأثير الكتلة المضافة	3-II
104	تأثير الكتلة المضافة على الطلب الكيميائي للأوكسجين DCO	1-3-II

## الفهرس

105	تأثير الكتلة المضافة على الطلب الحيوي للأوكسجين $DBO_5$	2-3-II
106	تأثير الكتلة المضافة على الأوكسجين المنحل DO	3-3-II
106	تأثير الكتلة المضافة على امتزاز أرثو فسفور $PO_4^{-3}$	4-3-II
107	تأثير الكتلة المضافة على إزالة المواد العالقة MES	5-3-II
108	تحديد الشرط الأمثل لإزالة الملوثات بتأثير الكتلة المضافة	6-3-II
109	تأثير الأس الهيدروجيني	4-II
109	تأثير الأس الهيدروجيني على الطلب الكيميائي للأوكسجين DCO	1-4-II
110	تأثير الأس الهيدروجيني على الطلب الحيوي للأوكسجين $DBO_5$	2-4-II
111	تأثير الأس الهيدروجيني على الأوكسجين المنحل DO	3-4-II
112	تأثير الأس الهيدروجيني على امتزاز أرثو فسفور $PO_4^{-3}$	4-4-II
113	تأثير الأس الهيدروجيني على إزالة المواد العالقة MES	5-4-II
115	تحديد الشرط الأمثل لإزالة الملوثات بتأثير الأس الهيدروجيني	6-4-II
115	تأثير درجة الحرارة	5-II
115	تأثير درجة الحرارة على الطلب الكيميائي للأوكسجين DCO	1-5-II
116	تأثير درجة الحرارة على الطلب الحيوي للأوكسجين $DBO_5$	2-5-II
117	تأثير درجة الحرارة على الأوكسجين المنحل DO	3-5-II
118	تأثير درجة الحرارة على امتزاز أرثو فسفور $PO_4^{-3}$	4-5-II
119	تأثير درجة الحرارة على إزالة المواد العالقة MES	5-5-II
120	تحديد الشرط الأمثل لإزالة الملوثات بتأثير درجة الحرارة	6-5-II
121	مراجع الباب الرابع	
124	خلاصة عامة	
126	الملحق	

## قائمة الجداول

رقم الصفحة	العنوان	رقم الجدول	
11	التركيبية الكيميائية لمجموعة من المعادن الطينية لعائلة السمكتست	1	الباب الأول
16	قيم سعة التبادل الكاتيوني لبعض المعادن الطينية	2	
17	قيم مساحة السطح النوعي لبعض المعادن الطينية	3	
24	مختلف العلاقات المستخدمة في الامتزاز	4	
31	النسب المئوية لتواجد الماء في الأرض	5	الباب الثاني
35	مسببات الأمراض البكتيرية في البراز	6	
36	بعض الفيروسات و الأمراض التي تسببها	7	
36	بعض الأمراض التي تسببها الأوليات	8	
37	بعض الأمراض التي تحدثها الديدان الطفيلية أحادية الخلية	9	
39	بعض الروائح الكريهة و المواد المسؤولة عنها	10	
47	معايير الكشف و تعداد البكتيريا و مؤشر البراز في الماء حسب المنظمة الدولية لتوحيد المقاييس (ISO)	11	الباب الثالث الفصل الثاني
الملحق	شروط حفظ العينات	12	
75	علاقة حجم العينة المستعمل و المعامل	13	
83	قيم العوامل المؤثرة الثابتة لبروتوكول عملية الرج	14- أ-	
83	قيم سرعة الرج المطبقة في بروتوكول عملية الرج	14- ب-	
86	قيم العوامل المؤثرة الثابتة لبروتوكول عملية زمن التماس	15- أ-	
86	قيم الزمن المطبقة في بروتوكول عملية زمن التماس	15- ب-	
86	قيم العوامل المؤثرة الثابتة لبروتوكول عملية تأثير الكتلة	16- أ-	
86	قيم الكتل في بروتوكول عملية تأثير الكتلة	16- ب-	
87	قيم العوامل المؤثرة الثابتة لبروتوكول عملية تأثير الأس الهيدروجيني	17- أ-	
87	قيم الأس الهيدروجيني في بروتوكول عملية تأثير الأس الهيدروجيني	17- ب-	
87	قيم العوامل المؤثرة الثابتة لبروتوكول عملية تأثير درجة الحرارة	18- أ-	
88	قيم درجة الحرارة في بروتوكول عملية تأثير درجة الحرارة	18- ب-	
92	قيم $\theta$ المسجلة لعينة الطين	19	الباب الرابع
93	قيم أطياف الامتصاص للأشعة تحت الحمراء بتحويل فورييه	20	
94	خصائص سطح عينة الطين المدروسة	21	
96	نتائج الأشعة السينية المشتتة EDX لعينة الطين	22	
97	تأثير سرعة التحريك على تخفيض الطلب الكيميائي للأوكسجين	23	
98	تأثير سرعة التحريك على تخفيض الطلب الحيوي للأوكسجين	24	
99	تأثير سرعة التحريك على كمية الأوكسجين المنحل	25	
99	تأثير سرعة التحريك على إزالة أرتو فسفور	26	
100	تأثير سرعة الرج على إزالة المواد العالقة	27	
102	تأثير زمن التماس على تخفيض الطلب الكيميائي للأوكسجين	28	
103	تأثير زمن التماس على تخفيض الطلب الحيوي للأوكسجين	29	
104	تأثير زمن التماس على كمية الأوكسجين المنحل	30	
105	تأثير زمن التماس على تخفيض كمية أرتو فسفور	31	
106	تأثير زمن التماس على إزالة المواد العالقة	32	
107	تأثير الكتلة المضافة على الطلب الكيميائي للأوكسجين	33	
108	تأثير الكتلة المضافة على الطلب الحيوي للأوكسجين	34	

## قائمة الجداول

رقم الصفحة	العنوان	رقم الجدول	
109	تأثير الكتلة المضافة على الأكسجين المنحل	35	الباب الرابع
109	تأثير الكتلة المضافة على تخفيض كمية أرتو فسفور	36	
110	تأثير الكتلة المضافة على إزالة المواد العالقة	37	
112	تأثير الأس الهيدروجيني على تخفيض الطلب الكيميائي للأوكسجين	38	
113	تأثير الأس الهيدروجيني على تخفيض الطلب الحيوي للأوكسجين	39	
114	تأثير الأس الهيدروجيني على كمية الأكسجين المنحل	40	
115	تأثير الأس الهيدروجيني على تخفيض كمية أرتو فسفور	41	
116	تأثير الأس الهيدروجيني على إزالة المواد العالقة	42	
118	تأثير درجة الحرارة على تخفيض الطلب الكيميائي للأوكسجين	43	
119	تأثير درجة الحرارة على تخفيض الطلب الحيوي للأوكسجين	44	
120	تأثير درجة الحرارة على كمية الأكسجين المنحل	45	
121	تأثير درجة الحرارة على امتزاز أرتو فسفور	46	
122	تأثير درجة الحرارة على إزالة المواد العالقة	47	



## قائمة الأشكال

رقم الصفحة	العنوان	رقم الشكل	الفصل
5	البنية رباعية الأسطح و الطبقة رباعية الأسطح.	1	الباب الأول
6	البنية ثمانية الأسطح و الطبقة ثمانية الأسطح.	2	
6	البنية البلورية لكل من سيبوليت و باليغورسكيت	3	
7	طريقة تجمع طبقة أوكتا هيدرات مع طبقة تتراهيدرات	4	
8	تجمع طبقتين من تتراهيدرات مع طبقة من أوكتا هيدرات	5-أ	
8	تجمع بين بنيتين من T-O-T بينهم أيون معدني $M^+$	5-ب	
8	التركيبية المعدنية لنوع 1-1-2 (T-O-T-O)	6	
9	تخطيط يوضح الترابط لهيكل الكاولينيت	7-أ	
9	تخطيط يوضح هيكل الكاولينيت	7-ب	
9	الهيكل المعدني للهالوسيت الرطب	8	
10	التركيبية الهيكلية للإليت	9-أ	
10	التركيب الهيكلية و الفراغات البينية للإليت	9-ب	
11	هيكل المعادن الطينية للسكيت، التمثيل التخطيطي الهيكلية لمونتموريلونيت الأيونات التي تظهر في الجهة اليميني قد تكون موجودة في أصناف أخرى من الطين السكيتي	10	
12	الرسم البياني لهيكل الفيرميكوليت المغنزيومي.	11	
13	الرسم البياني لهيكل الكلوريت	12	
14	تصنيف المعادن الطينية من حيث العائلات	13	
15	طريقة حدوث التبادل الكاتيوني	14	
19	الأجسام الداخلة في عملية الامتزاز	15	
20	تصنيف سينغ لإيزوتارم الامتزاز	16	
22	تصنيف غيلز (GILES)	17	
23	منحنى ايزوتارم لانجمير	18-أ	
23	الصورة الخطية لإيزوتارم لانجمير	18-ب	
23	إيزوتارم الامتزاز لفريندليش	19-أ	
23	الصورة الخطية لإيزوتارم فريندليش	19-ب	
31	رمز تخطيطي مبسط لدورة الهيدرولوجية للمياه في الطبيعة	20	الباب الثاني
40	بعض المواد العالقة في مياه الصرف الصحي و طرق فصلها	21	
44	دورة الأزوت في الطبيعة	22	
50	رسم تخطيطي لحوض إهوف	23	
64	مراحل إعداد و تنقية عينة الطين	24	الباب الثالث
65	مخروط الانعراج باستخدام شريط تسجيل حساس (فيلم)	25	
65	طيف الانعراج باستخدام العداد أو الكاشف المتحرك	26	الفصل الأول
66	مختلف الإهتزازات الحادثة عند امتصاص الأشعة تحت الحمراء	27	
66	رسم توضيحي لمسار الأشعة في جهاز FTIR	28	
67	المقطع العرضي للجسيم مع السطح المكتشفة بطريقة الإدمصاص الموضحة بالخط المنقط	29	
69	كيفية مراقبة الثقل النوعي الحراري والتفريغ	30	
71	رسم تخطيطي للمجهر الإلكتروني الماسح و نظام تشتيت الطاقة السينية	31	
85	مخطط توضيحي لبروتوكول تأثير سرعة الرج على امتزاز الملوثات	32	

## قائمة الأشكال

رقم الصفحة	العنوان	رقم الشكل
91	منحني قوام التربة وفق لطريقة الترسيبية	33
92	مخطط قيم حيود الأشعة السينية لعينة الطين	34
93	طيف الامتصاص الأشعة تحت الحمراء بتحويل فورييه	35
94	منحني ايزوتارم النيتروجين لعينة الطين المدروسة	36
96	طيف الأشعة السينية المنتشرة EDX لعينة الطين	37
97	تأثير سرعة التحريك على مردود الطلب الكيميائي للأوكسجين	38
98	تأثير سرعة التحريك على مردود الطلب الحيوي للأوكسجين	39
99	تأثير سرعة التحريك على كمية الأوكسجين المنحل	40
100	تأثير سرعة التحريك على مردود إزالة أرتو فسفور	41
101	تأثير سرعة التحريك على مردود إزالة المواد العالقة	42
102	تأثير زمن التماس على مردود الطلب الكيميائي للأوكسجين	43
103	تأثير زمن التماس على مردود الطلب الحيوي للأوكسجين	44
104	تأثير زمن التماس على كمية الأوكسجين المنحل	45
105	تأثير زمن التماس على مردود أرتو فسفور	46
106	تأثير زمن التماس على مردود المواد العالقة	47
107	تأثير الكتلة المضافة على مردود الطلب الكيميائي للأوكسجين	48
108	تأثير الكتلة المضافة على مردود الطلب الحيوي للأوكسجين	49
109	تأثير الكتلة المضافة على تخفيض مردود الأوكسجين المنحل	50
110	تأثير الكتلة المضافة على مردود امتزاز أرتو فسفور	51
111	تأثير الكتلة المضافة على مردود إزالة المواد العالقة	52
112	تأثير الأس الهيدروجيني على تخفيض مردود الطلب الكيميائي للأوكسجين	53
113	تأثير الأس الهيدروجيني على تخفيض مردود الطلب الحيوي للأوكسجين	54
114	تأثير الأس الهيدروجيني على كمية الأوكسجين المنحل	55
115	تأثير الأس الهيدروجيني على مردود امتزاز أرتو فسفور	56
116	توزيع أصناف الفوسفات كدالة pH.	57
117	تأثير الأس الهيدروجيني على مردود إزالة المواد العالقة	58
119	تأثير درجة الحرارة على تخفيض مردود الطلب الكيميائي للأوكسجين	59
120	تأثير درجة الحرارة على تخفيض مردود الطلب الحيوي للأوكسجين	60
121	تأثير درجة الحرارة على مردود كمية الأوكسجين المنحل	61
121	تأثير درجة الحرارة على مردود امتزاز أرتو فسفور	62
122	تأثير درجة الحرارة على مردود إزالة المواد العالقة	63

### الباب الرابع

## قائمة الصور

رقم الصفحة	العنوان	رقم الصورة	الفصل
63	الموقع الجغرافي لمدينة تقرت	1	الباب الثالث الفصل الأول
63	موقع أخذ العينة ملتقطة برنامج Google Earth (أوت - 2013).	2	
63	مكان أخذ عينة التربة	3	
63	مكان أخذ عينة التربة	4	
64	غمر عينة التربة في الماء	5	
64	طريقة غربلة عينة التربة بمنخل 0.08 ملم	6	
65	خط العينة المنخلة بالمخلاط الكهربائي مع محلول مفتت	7	
66	عملية القياس بالهيدرومتر	8	
66	عينة التربة قبل التصفية	9	
72	الموقع الجغرافي لمحطة تصفية المياه المستعملة بتقرت	16	الفصل الثاني
72	الموقع الفلكي لمحطة تصفية المياه المستعملة بتقرت	17	
73	مكان أخذ عينة الماء المستعمل	18	
92	صورة المجهر الإلكتروني الماسح MEB لعينة الطين المدروسة	29	الباب الرابع
92	صورة MEB للإليت	30 - أ -	
92	صورة MEB للكاولينيت	30 - ب -	

## قائمة الاختصارات

الإختصار	المدلول بالفرنسية	المدلول بالعربية
<b>T</b>	Tétraédrique	رباعي السطوح
<b>O</b>	Octaédrique	ثمانى السطوح
<b>CEC</b>	Capacité d'Echange de Cations	سعة التبادل الكاتيوني
<b>TS</b>	Total des Solides	المواد الصلبة الكلية
<b>MES</b>	Matières En Suspension	المواد العالقة
<b>CE</b>	Conductivité Electrique	الناقلية الكهربائية
<b>pH</b>	Potentiel d'hydrogène	الأس (الجهد) الهيدروجيني
<b>DO</b>	Oxygène Dissous	الأوكسجين المنحل
<b>DBO<sub>5</sub></b>	Demande Biochimique en Oxygène pendant 5 jours	الطلب البيوكيميائي (الحيوي) للأوكسجين خلال 5 أيام
<b>DCO</b>	Demande Chimique en Oxygène	الطلب الكيميائي على الأوكسجين
<b>COT</b>	Carbone Organique Total	إجمالي الكربون العضوي
<b>AT</b>	Azote Totale	النيتروجين الكلي
<b>DRX</b>	Diffraction des Rayons X	حيود الأشعة السينية
<b>IRTF</b>	Infrarouge à Transformée de Fourier	تحويل فورييه للأشعة تحت الحمراء
<b>BET</b>	Brunauer, Emmett et Teller	برونوير ، إيميت وتيلر
<b>MEB</b>	Microscopie Electronique à Balayage	المجهر الإلكتروني الماسح
<b>EDX</b>	Energie de Dispersion des Rayons X	تشتيت طاقة الأشعة السينية

مقدمه

أصبحت الموارد المائية شحيحة على نحو متزايد في جميع أنحاء العالم بسبب الاختلال المتزايد بين توافر المياه العذبة واستهلاكها ، وبالتالي أصبح الحصول على المياه النظيفة والأمنة أحد التحديات الرئيسية لمجتمعنا الحديث [1,2]، ولذلك أصبح ترشيد استعمالات المياه وتنميتها أمراً حيوياً تلبية لمتطلبات خطط التنمية الطموحة لمواجهة الزيادة الهائلة في أعداد السكان ، إلى جانب ذلك فإن مشكلات تلوث البيئة وأخطارها على الإنسان أخذت تستأثر بأهمية كبيرة بسبب الأخطار الكامنة في المخلفات السائلة المنزلية غير المطابقة لمواصفات قياسية تجعلها آمنة ، مما دفع البلدان المتقدمة صناعياً والنامية إلى الاهتمام بظاهرة تلوث المياه ومعالجة الكميات الهائلة من المخلفات السائلة المنزلية قبل التخلص منها أو إعادة تدويرها أو استعمالها [3]، كانت المحاولات المبكرة ، في عام 1900 ، لمعالجة مياه الصرف الصحي تتكون عادة من الحصول على مزارع كبيرة ونشر مياه الصرف الصحي على الأرض ، حيث تتحلل تحت تأثير الكائنات الحية المجهرية ، سرعان ما وجد أن الأرض أصبحت ملوثة ، وشملت المحاولات اللاحقة تصريف المياه العادمة مباشرة إلى المسطحات المائية ، لكنه أدى إلى تدهور كبير في نوعية المياه لهذه المسطحات [1] لذلك فإن معالجة مياه الصرف الصحي أصبح أمر لا بد منه قبل تركه يدخل المسطحات المائية الطبيعية لهذا الغرض تمت المعالجة بالطرق الفيزيائية والكيميائية المختلفة لمعالجة المياه العادمة مثل الانحلال البيولوجية وتبادل الأيونات والترسيب الكيميائي و الامتزاز و التناضح العكسي والتخثر والتلبد إلى آخره كل طرق المعالجة هذه لها خصائص أداء وأيضاً تأثيرات مختلفة على البيئة [4]، تم استخدام العديد من المواد الماصة لإزالة هذه الملوثات ، و هي نوعان طبيعية وصناعية، تشمل الممتزات الطبيعية الفحم والطين ، والمعادن الطينية ، و الزيوليت ، والخامات، هذه المواد الطبيعية ، في كثير من الحالات رخيصة نسبياً، ووفرة ولها إمكانات كبيرة لتعديل وتعزيز قدراتها في الامتزاز، الممتزات الاصطناعية هي مواد ماصة محضرة من المنتجات الزراعية والنفايات ، ونفايات المنازل ، والنفايات الصناعية ، و حمأة المجاري والمواد الماصة البوليمرية ، كل الممتزات لها خصائصها الخاصة مثل المسامية ، وهيكل المسام وطبيعة السطوح الممتصة ، تعتبر المعادن الطينية الطبيعية واحدة من الممتزات الفعالة والمنخفضة التكلفة بسبب ارتفاع مساحتها السطحية وهيكلها [5].

أجريت العديد من الدراسات حول إمكانية إزالة الملوثات أو أحد منهم من المياه العادمة باستخدام أحد أنواع المعادن الطينية، و على سبيل الذكر لا الحصر فقد تم استخدام طين البنتونيت كمتز لمعالجة المياه العادمة [6-8] ، وكذلك لإمتزاز الفينول وصبغة حمراء المستخدمة في صناعة النسيج [9]، وكما مادة ممتزة لأزرق الميثيلين في النفايات المائية [10] ، كما أستعمل البنتونيت المعدل لتحسينه في إزالة الملوثات في المياه العادمة [11]، و طبق أيضاً لإمتزاز الفسفور و الأمونيوم و النترات و المعادن الثقيلة مثل النحاس و النيكل [12،15]، تمت دراسة الطين الأحمر لمعرفة قدرته على إزالة الملوثات العضوية و الفسفور في المياه العادمة [16،17]، من جهة أخرى أجريت مجموعة من الاختبارات على الكاولينيت و مونتوريلونيت الطبيعي و المعدل لمعرفة قابليتهم لإمتزاز ملوثات مياه الصرف الصحي [18،21].

تم إختيار هذا البحث وفق عدة عوامل تتمثل في وجود منجم هائل من التربة الطينية في الرقعة الجغرافيا لمنطقة تقرت تستغل فقط لتصنيع الأجر و غير مستغل وفق أخر الأبحاث لتخفيض الملوثات في المياه العادمة، بالإضافة لتصريف أحجام هائلة من مياه الصرف الصحي دون معالجة في الطبيعة ، هذا من جهة و من جهة أخرى فإن أغلب الدراسات السابقة أكتفت بدراسة امتزاز الطين لملوثات مثل الأصباغ أو الفسفور أو الأمونيوم و غيرها في محاليل مائية ، و أحيانا في المياه العادمة ، مع وجود قلة من الدراسات تجمع في دراستها على تأثير العوامل المؤثر على امتزاز الطين للملوثات المتواجدة في المياه العادمة و علي سبيل الذكر لا الحصر نذكر رسالة دكتوراه مقدمة من طرف عطية جمال [22] . يهدف هذا البحث لمعرفة النسبة المثوية للطين في تركيبة التربة لمنطقة تقرت، و تحديد طبيعة المعادن الطينية المكونة لها ، مع دراسة إمكانية إزالة الملوثات العضوية و المعدنية لمياه الصرف الصحي لهذه المنطقة باستغلال هذا الطين ، حيث يتم من خلال هذه الدراسة تحديد الشروط المثلى التي تحسن من مردود الإزالة لملوثات هذه المياه و التي تكمن في تأثير كل من سرعة الرج و زمن التماس و الكتلة المضافة و الأس الهيدروجيني و درجة الحرارة.

قسمة هذه الأطروحة إلى جانب نظري و جانب عملي

✓ الجانب النظري قسم إلى فصلين:

### ❖ الباب الأول بعنوان "عموميات حول الطين"

يشمل هذا الباب مفاهيم أساسية حو الطين من حيث التركيبات البلورية للمعان الطينية وأنواعها و الوحدات الأساسية في تركيبها و خصائصها الفيزيو كيميائية .....إلخ.

### ❖ الباب الثاني بعنوان "عموميات حول مياه الصرف الصحي"

يسلط هذا الباب بصورة و لو وجيزة على مصادر و الملوثات العضوية و المعدنية والبيولوجية في مياه الصرف الصحي والأمراض التي تسببها، و طرق معالجتها.

✓ الجانب العملي جزء إلى بابين:

### ❖ الباب الثالث بعنوان " طرق و أدوات"

يضم هذا الباب مجمل الطرق المتبعة لإزالة الملوثات من مياه الصرف الصحي والبروتوكولات التجريبية الموافقة لها وكذا الأجهزة و المواد المستعملة لهذا الغرض.

### ❖ الباب الرابع بعنوان " نتائج و مناقشة"

نسرده في هذا الباب كل النتائج المتحصل عليها مع مناقشتها. وفي آخر هذا الباب نعطي خلاصة عامة لمجمل ما دار فيه و النتيجة النهائية المتحصل عليها.

- [3] طرفة مصطفى ، عدنان علي نظام ، (2005) ، التنقية الميكروبيولوجية للمخلفات السائلة المنزلية باستعمال نباتات البوتوموس مجلة جامعة دمشق للعلوم الأساسية المجلد ( 21 ) العدد الثاني،ص 165.
- [22] عطية جمال،إزالة التلوث العضوي من مياه الصرف الصحي بمنطقة الوادي باستخدام المعادن الطينية ، رسالة دكتوراه ، جامعة قاصدي مرباح –ورقلة ، ص 1 ، 2 ، (2018)

## المراجع باللغة الأجنبية:

- [1] B .Robert, et al , sewage/wastewater treatment technologies : a review, Sci. Revs. Chem. Commun : 1(1) , pp 18-24 , (2011)
- [2] R . B , Jackson , et al . Water in a Changing World , Issues in Ecology , V9, pp1-16(2001).
- [4] Ta Wee Seow , et al , Review on Wastewater Treatment Technologies , International Journal of Applied Environmental Sciences , Volume 11, Number 1, pp. 111-126 (2016).
- [5] M .N . Rashed , Adsorption Technique for the Removal of Organic Pollutants from Water and Wastewater chp7, pp167-194 (2013).
- [6] A . M . Abdelaal , USING a natural coagulant for treating wastewater , Eighth International Water Technology Conference, IWTC8 2004, Alexandria, Egypt, pp781-792 (2004).
- [7] Syafalni , Wastewater treatment using bentonite, the combinations of bentonite-zeolite bentonite-alum, and bentonite-limestone as adsorbent and coagulant, International Journal of Environmental Sciences , 4 No.3 , pp379 (2013).
- [8] A . Bourliva , municipal wastewater treatment with bentonite from milos island, Greece Bulletin of the Geological Society of Greece ,V43(5) , pp2532-2539 (2010).
- [9] Z . Dali-Youcef , et al , Élimination des composés organiques par des argiles locales C. R. Chimie,V 9,pp1295–1300 (2006).
- [10] M . A.Patil , Adsorption of Methylene Blue in Waste Water by Low Cost Adsorbent Bentonite Soil , International Journal of Engineering Science and Computing , V 6 Issue No. 9 ,pp 2160-2167 (2016) .
- [11] Z . Meçabih , et al , Adsorption of organic matter , from urban wastewater , onto bentonite modified by Fe(III) , Al(III and Cu(II) , Revue des Sciences de l'Eau ,V 19 , N1, pp23-31 (2005).
- [12] Sun . Zhiming , Removal characteristics of ammonium nitrogen from wastewater by modified Ca-bentonites , Applied Clay Science , 107, pp . 46-51 (2015).
- [13] Yu.Rongtai , Mechanism of ammonium adsorption from wastewater by modified bentonite and optimization by response surface , Bioremediation Journal , pp1-9 (2018).
- [14] Saad . A . Aljlil , Adsorption of Cu & Ni on Bentonite Clay from Waste Water Athens Journal of Sciences , Vol . 1, No . 1, pp .21-30 (2014).
- [15] E. Galarneau ,R .Gehr , phosphorus removal from wastewaters : experimental and theoretical support for alternative mechanisms ,Wat .Res.Vol. 31, No. 2 , pp 328-338 , (1997).
- [16] A . Bhatnagar , et al , A review of the use of red mud as adsorbent for the removal of Toxic pollutants from water and wastewater , Environmental Technology ,Vol . 32 , No. 3 pp 231–249 (2011).
- [17] W. Huang , et al , Phosphate removal from wastewater using red mud , Journal of Hazardous Materials ,V 158, pp .35–42 (2008).
- [18] B . BAR . yosef , Phosphorus Adsorption by Kaolinite and Montmorillonite : I . Effect of Time,Ionic Strength, and pH, Published in Soil Sci. Soc. Am. J. V 52,pp1580- 1585 (1998).



- [19] A .M . Abdelaal , IWA specialist conference water and wastewater treatment plants in towns and communities of the XXI century : design and operation , ECWATECH , mosco Russia . pp1-9 (2010).
- [20] H . Long , et al , Evaluation of Cs+ removal from aqueous solution by adsorption on ethyl - amine-modified montmorillonite , Chemical Engineering Journal V 225, pp 237–244 (2013) .
- [21] M . Said, et al , Removal of COD , TSS and colour from palm oil mill effluent (POME) using Montmorillonite, Desalination and Water Treatment , pp1-8 (2015).

# الباب الأول

## عموميات حول الطين

### المحتوى العام

I- مدخل

II- تعريف الطين

III- الهيكل المعدني لطين

IV- عائلات المعادن الطينية

V- مجالات استعمال الطين

VI- الامتزاز

الجزء النظري: الصفحة من 5 إلى 31.

**I- مدخل:**

يعود البحث عن المواد الطينية إلى العصور القديمة جداً نظراً لأهميتها في الصناعة والزراعة والجيولوجيا ، وقد وضعت مفاهيم كثيرة لتحديد المكونات الضرورية للمواد الطينية وأسباب الاختلاف البين في خصائصها ، وتهتم معظم هذه المفاهيم بالطريقة التي توجد بها المكونات الكيميائية بعضها مع بعض في الطين أي صورة وحدات البناء الأساسية للمواد الطينية حيث انطلق الباحثين في تحديد خواص الفيزيائية و الكيميائية، فوضع العالم Pauling سنة 1930م المخطط العام لطبقة السيليكات و من بينها بيروفيليت ، وقام 1934 Gruner م بدراسة أطياف الأشعة السينية فتبين أن بيروفيليت أحادي الميل و توالى الدراسة تلوا الأخرى إلى أن تم تحديد خصائص و أنواع المعادن الطينية مستغلين أجهزة الأشعة السينية و تحت الحمراء و الرنين المغناطيسي و المجهر الإلكتروني الماسح و غيرها ، كما تمكنوا من تحديد مجموعة من الخصائص الأخرى المتمثلة في مساحة السطح النوعي ، و سعة التبادل الكاتيوني فاكتسح الطين نظراً لخواصه العديد من المجالات كالزراعة و الصناعة و الطب و البيتروكيميا ، ودخل من الباب الواسع في مجال البيئة حيث استخدم كمزيل للملوثات في المياه العادمة .

**II- تعريف الطين:**

كلمة الطين تأتي من اللاتينية أرجيلا (Argilla) ، و تستمد هذه الكلمة من اللغة اليونانية و التي تعني أرجيلوز (argillos) يعرف الطين كمادة طبيعية ترابية بالغة الدقة ، تصبح لدنة عند خلطها بالماء و يعرف بأنه حجم الجسيمات الناتجة عن التحليل الميكانيكي للصخور الرسوبية ، عند الجيولوجيين حجم الجسيمات هي الحبيبات الأقل من 4 ميكرومتر، و في دراسة التربة هي الجسيمات ذات قطر أقل أو يساوي 2 ميكرومتر [1] ، الخصائص المميزة للطين تكتسب من المادة الطينية و المعادن الطينية و غالباً ما يحوي فيلوسيليكات [2] ، و ألومينوسيليكاتس المائية التي تسود جزء من الطين [3] ، و مواد أخرى مثل الكوارتز و الميكا و أكاسيد الحديد [4] ، و من أهم الخصائص الأساسية للطين تكمن في الشحنة الكهربائية على جزيئية الوحدة وهي المسؤولة عن الامتزاز الكاتيوني أو الأنيوني [5] .

**III- الهيكل المعدني لطين:****III-1- المعادن الطينية:**

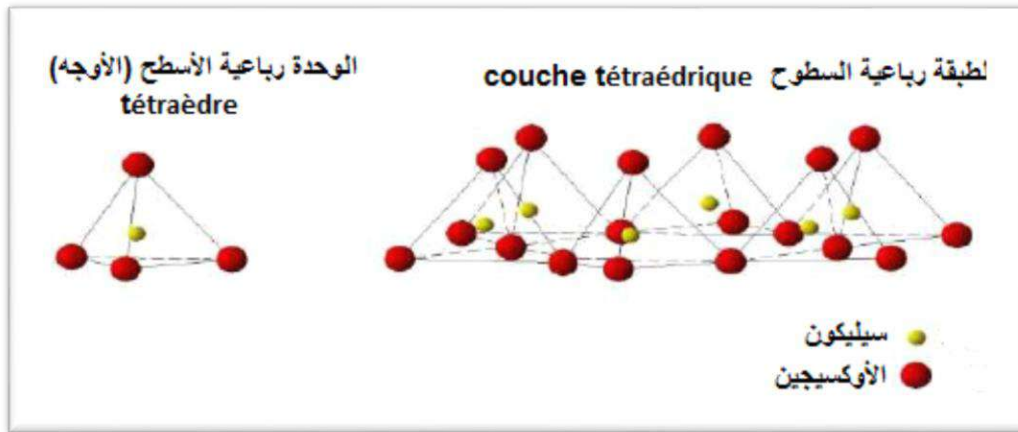
المعادن الطينية تشير إلى مجموعة من ألومينوسيليكات المائية التي تسود جزء من الطين في التربة بأحجام أقل من 2 ميكرومتر هذه المعادن مماثلة في التركيب الكيميائي و الهيكل للمعادن الأولية التي تنشأ من قشرة الأرض ، إن التحولات في الترتيب الهندسي للذرات والأيونات داخلها تحدث الهياكل بسبب التجوية ، داخل الأرض هذه المعادن مستقرة نسبياً ولكن التحولات قد تحدث مرة واحدة حيث تتعرض للظروف المحيطة من سطح الأرض.

على الرغم من أن بعض المعادن الأساسية الأكثر مقاومة ( الكوارتز، ميكاس، وبعض الفلسبار) قد تستمر في التربة، أما المعادن الأقل مقاومة ( البيروكسينات pyroxènes، أمفيبولات amphiboles "خامات من سيليكات الكالسيوم والحديد و المغنيسيوم و غيرها " ومجموعة من المعادن الملحقة ) تكون عرضة للانحياز والعوامل الجوية، وبالتالي تشكيل المعادن الثانوية.

المعادن الثانوية الناتجة هي نتيجة تغيير المعدن الأساسي أو حديث التشكل من خلال هطول الأمطار، أو إعادة بلورة المكونات المذابة في بنية أكثر استقرارا، وغالبا ما يشار إلى المعادن الثانوية باسم فيلوسيليكات كما يوحي به الاسم باليونانية (فيلون، ورقة)، في حين واحدة من بهم الوحدات الهيكلية الأساسية هي ورقة موسعة من  $SiO_4$  رباعي الأسطح [2].

### III-2- التركيب البنائي لمعادن الطين:

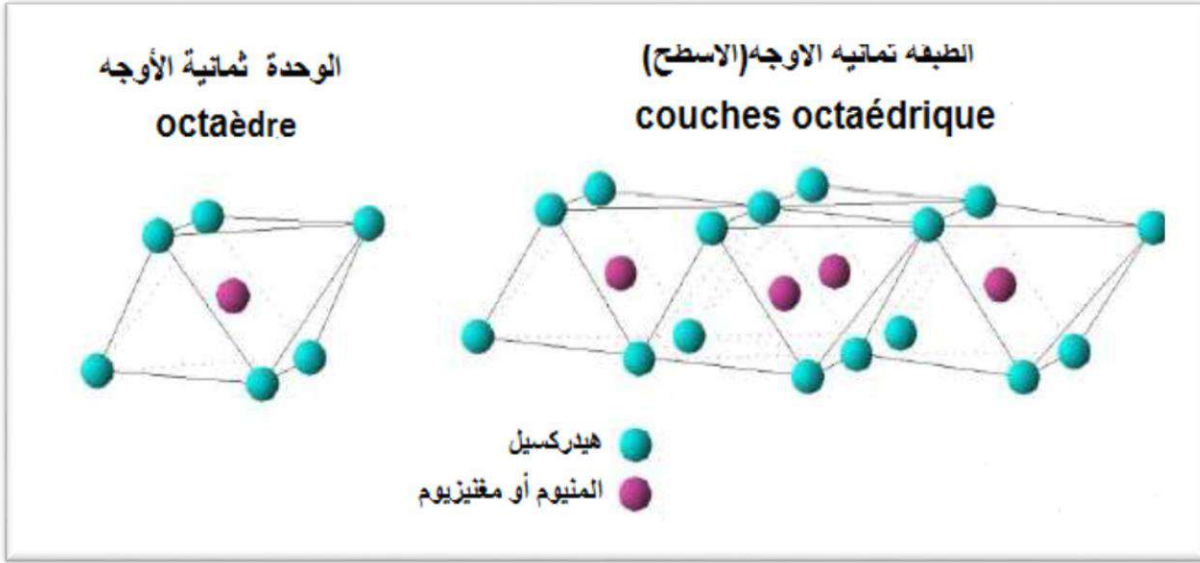
إن المعادن الطينية تتبع في الغالب مجموعة معادن السيليكات الصفائحية ( $Si_2O_5^{2-}$  phyllosilicate) حيث تتركب من طبقات تتراص فوق بعضها البعض، هذه الطبقات تتكون من وحدتين أساسيتين: الوحدة الأولى تتمثل في رباعي الأسطح (الأوجه)  $SiO_4^{4-}$  (tétraèdre) وهي عبارة عن أربعة ذرات من الأوكسجين تكون شكل هرمي ثلاثي القاعدة رباعي الأوجه تحتل ذرات الأوكسجين الأركان الأربع في هذا الشكل، بينما يشغل أيون السيلكون ( $Si^{+4}$ ) الفراغ الموجود بين ذرات الأوكسجين، والتي تتكون منها طبقة رباعية السطوح ( $Si_2O_5^{2-}$  couche tétraédrique) حيث تتشابه الوحدات المتتالية من السيليكات رباعية السطوح عن طريق الاشتراك في ذرات الأوكسجين القاعدية للشكل الهرمي مكونة صفيحة (طبقة) الشكل (1) [6].



الشكل -1: البنية رباعية الأسطح و الطبقة رباعية الأسطح

أما الوحدة الثانية فهي بشكل مجسم ثماني الأوجه تتكون من كاتيون مركزي عادتاً ما يكون الألمنيوم أو المغنيسيوم محاط بستة ذرات أوكسجين أو مجموعات هيدروكسيل في مستويين وهي نوعان طبقات هيدروكسيد الألمنيوم التي تتألف من وحدات ثماني الأوجه الثنائية يطلق عليها بالجبسايت هي عبارة عن ستة ذرات من الأوكسجين أو الهيدروكسيل على شكل هرمي مزدوج له قاعدة رباعية وثمانية الأوجه ذرات الأوكسجين أو الهيدروكسيل تشغل أركان الشكل ثماني الأوجه. ويشغل الألمنيوم المركز اثنان من

مواقعها البلورية الثلاثة  $[Al_2(OH)_6]$  ، أو من طبقات هيدروكسيد المغنيسيوم تدعى ثماني الأوجه الثلاثية التي يطلق عليها بالبروسايت تختلف عنها بوجود الأيون المركزي المغنيسيوم الذي يحتل فيها جميع المواقع البلورية الثلاثة المكونة للمجسم ثماني الأوجه  $[Mg_3(OH)_6]$  الشكل (2) [6] .



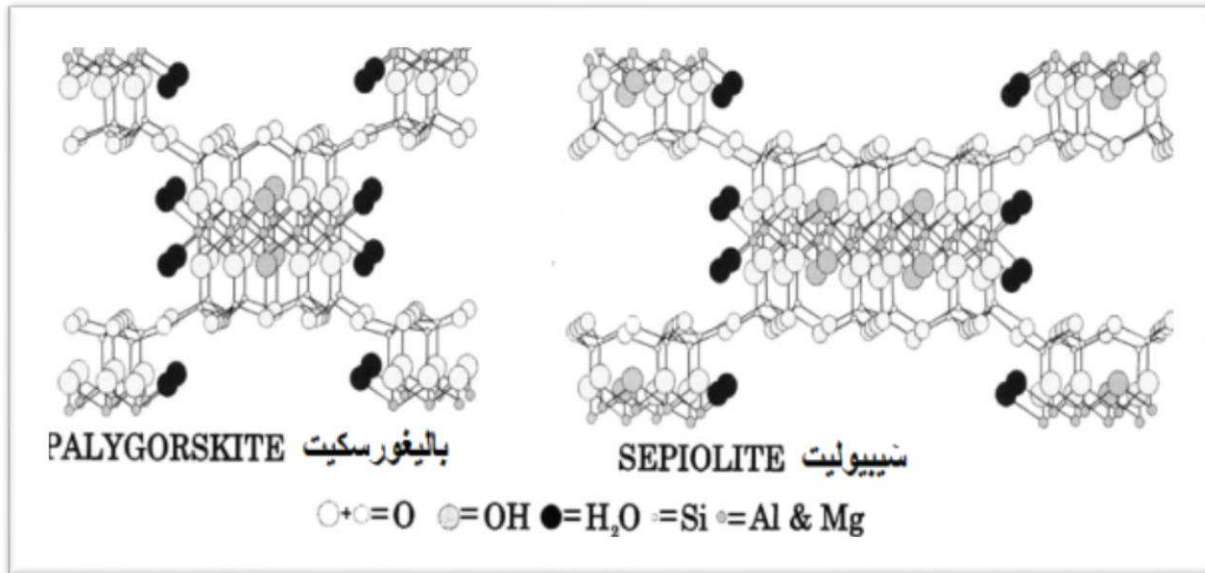
الشكل -2: البنية ثمانية الأسطح و الطبقة ثمانية الأسطح

### III-3- تصنيف الطين:

ويعتمد تصنيف المعادن الطينية على عدة معالم منها توليفة الطبقات رباعية الأوجه (T) " تتراهدرات " و ثمانية الأوجه (O) " أوكتاهيدرات " (T-O-T و T-O-T و T-O) ، ونوع الكاتيونات الموجود فيها ، و شحنة الطبقة و طبيعة الأنواع الموجودة بين الفراغات ، (الكاتيونات جزيئات الماء) و المسافة بين الطبقات ، إن معايير التصنيف الأكثر تداولاً تعتمد على أساس ترتيب طبقات هرم رباعي الأوجه أو ثماني الأوجه و التي تعتبر البنية الأساسية في تكوين المعادن الطينية [7] حيث تظهر نوعان من الأسر الرئيسية للمعادن:

#### أ) المعادن الليفية (Les minéraux fibreux):

هي أوراق زائفة ، على سبيل المثال باليغورسكيت  $(OH)_4(OH_2)Mg_5Si_8O_{20} \cdot 4H_2O$  palygorskite هي أوراق زائفة ، على سبيل المثال باليغورسكيت  $(OH)_4(OH_2)Mg_5Si_8O_{20} \cdot 4H_2O$  palygorskite (أتابولجيت attapulgite) و سيببوليت sépiolite  $(OH)_4(OH)_4Mg_8Si_{12}O_{30} \cdot 8H_2O$  [8.9] الشكل(3).



شكل-3: البنية البلورية لكل من سيبوليت و باليغورسكيت [10]

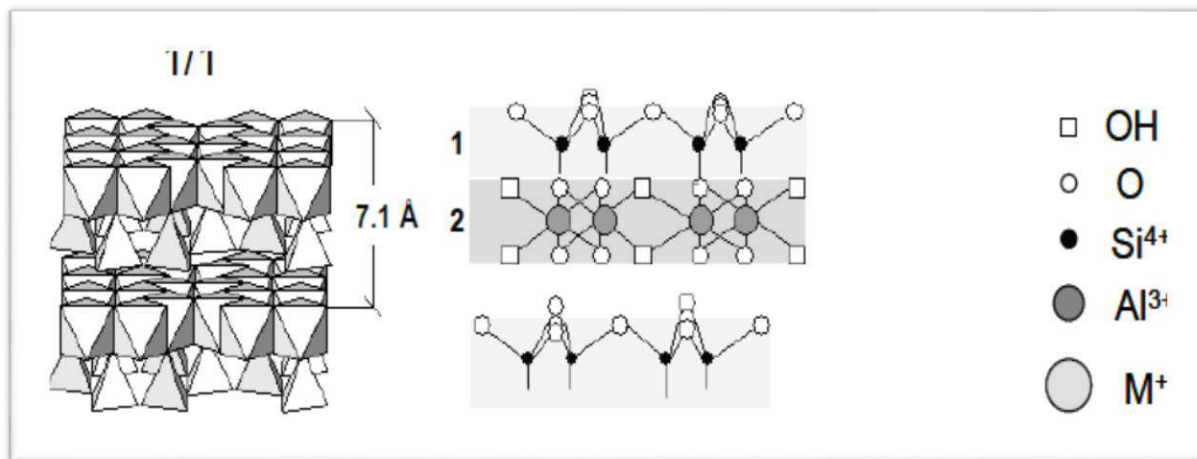
**(ب) المعادن السيليكاتية الصفائحية:**

هي الأكثر انتشارا والأكثر دراسة ، و يستند تصنيفها على طريقة تكوين الطبقات الهيكلية ودرجة احتلال مواقع طبقة ثماني السطوح ، اعتمادا على تسلسل التراص من طبقات رباعي السطوح وثمانى السطوح حيث يمكن تمييز أنواع المعادن الطينية حسب تركيب الطبقات إلى ثلاث أنواع هي 1/1 (T-O) و 1/2 (T-O-T) و 1/1/2 (T-O-T-O) [11] .

يمكن تقسيم المعادن الطينية في الغالب إلى ثلاث عائلات :

**III-3-1- معادن من نوع 1/1(T-O):**

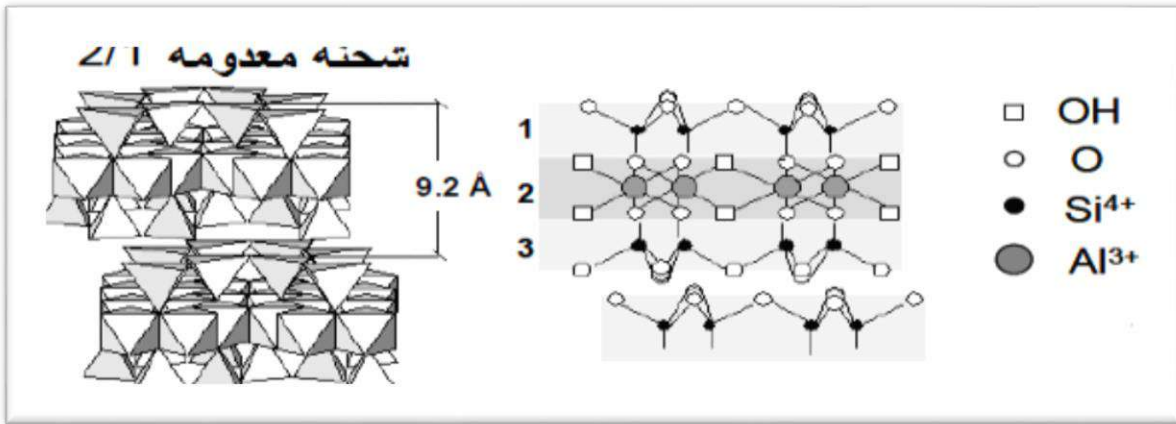
و تتشكل أساسا من طبقة هرم رباعي (T) (رباعي السطوح) (تتراهيدرات) و طبقة من ثماني الأوجه (O) (الأسطح) (أوكتاهيدرات) ، تتجمع هذه الطبقات بالتناوب حيث يلاحظ تقابل هاتان الطبقتان في المركز لتعطي طبقة من مجاميع الهيدروكسيل على أحد الأسطح و أخرى من الأكسجين على السطح الآخر ، بعد هذه الطبقة يساوي 7.1 انغستروم شكل(4) ، يشمل هذا النوع مجموعة الكاولينيت [12] .



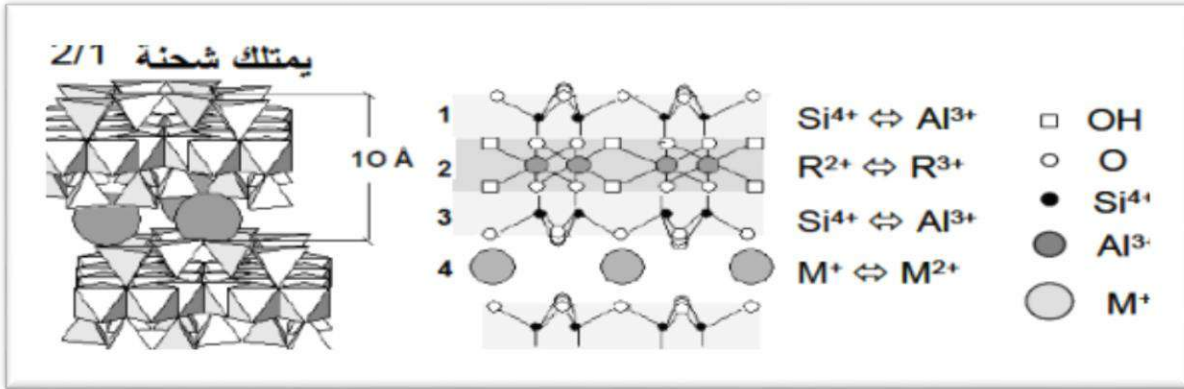
شكل-4: طريقة تجمع طبقة أوكتاهيدرات مع طبقة تتراهيدرات [12]

## III-3-2- معادن من نوع (T-O-T)1/2:

يتشكل هذا النوع من طبقة ثمانية الأسطح (أوكتاهيدرات) محصورة بين طبقتين رباعية الأسطح (تتراهيدرات)، سمك هذه الطبقة بين 9.4 إلى 10 انغستروم، ويتوقف هذا على حسب المحتويات البينية إذا تجمعت هذه الطبقات الثلاث في ما بينها فقط يكون سمكها حوالي 9.4 انغستروم و تكون متعادلة الشحنة شكل (5- أ)، أما إذا ضمت أيون  $M^+$  بين الطبقات يصبح سمكها في حدود 10 انغستروم و تصبح لها شحنة شكل (5ب)، هذا النوع يتوافق مع مجموعات التلك (talc)، السمكتيت (smectite) الفيرميكوليتس (vermiculite) و ميكاس (mica) [12].



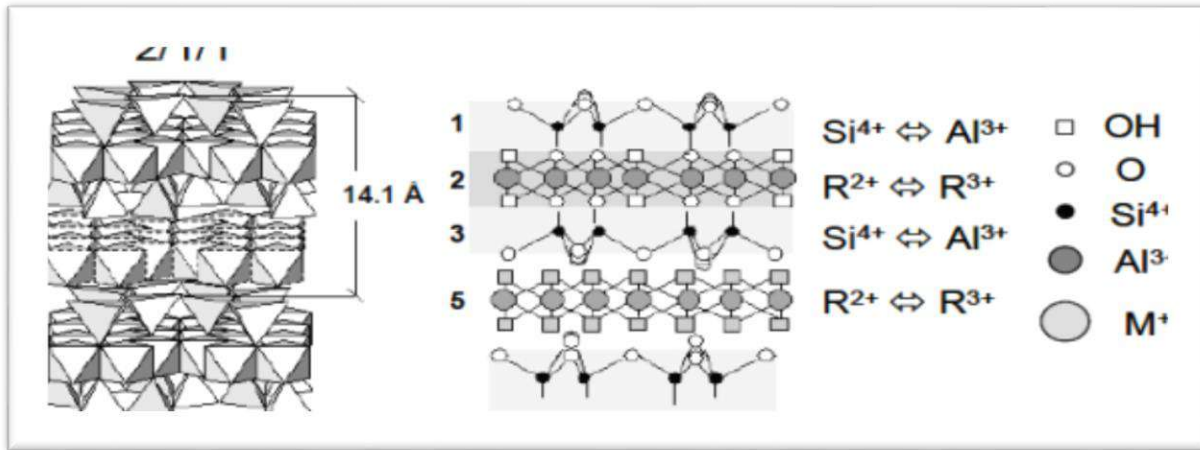
شكل 5- أ : تجمع طبقتين من تتراهيدرات مع طبقة من أوكتاهيدرات [12]



شكل 5- ب: تجمع بين بنيتين من T-O-T بينهم أيون معدني  $M^+$  [12]

## III-3-3- معادن من نوع (T-O-T-O)1/2:

يتركب هذا النوع من المعادن الطينية و الذي يعد أكثر تعقيدا من ثلاث ورفات، ورفتين من رباعي الأوجه تتخللها ورقة من ثماني الأوجه حيث يتم تعويض الشحنة بوجود ورقة بينية من طرف طبقة ثمانية الأوجه تحوى كاتيون قابل لتبادل في المساحات التي تم إنشائها داخل الورقة (المنيوم، المغنيسيوم) فتكون سمك هذه الصفيحة حوالي 14 انغستروم شكل (6)، يمكن للجزيئات الماء التخلل بين هذه الطبقات مما قد يؤدي لي زيادة سمك الصفيحة و يحدث عنها انتفاخ لهذا النوع من الطين، لكن هذا الأخير لا يضعف من تماسك الطبقات بعضها ببعض [13] [14].

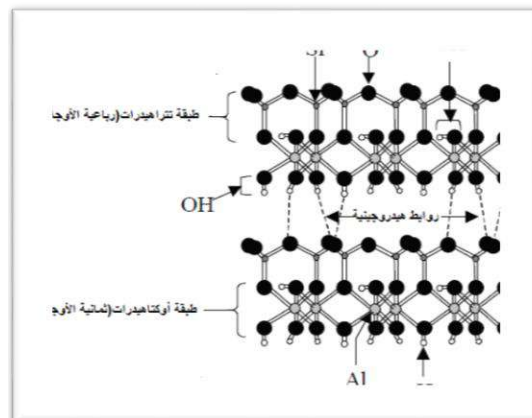
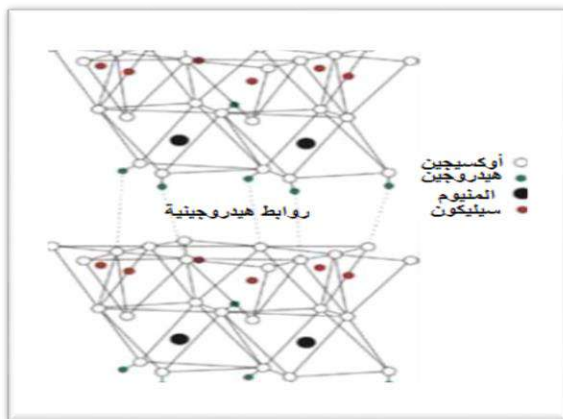


شكل- 6: التركيبة المعدنية لنوع (T-O-T-O)1-1-2 [12]

#### IV – عائلات المعادن الطينية:

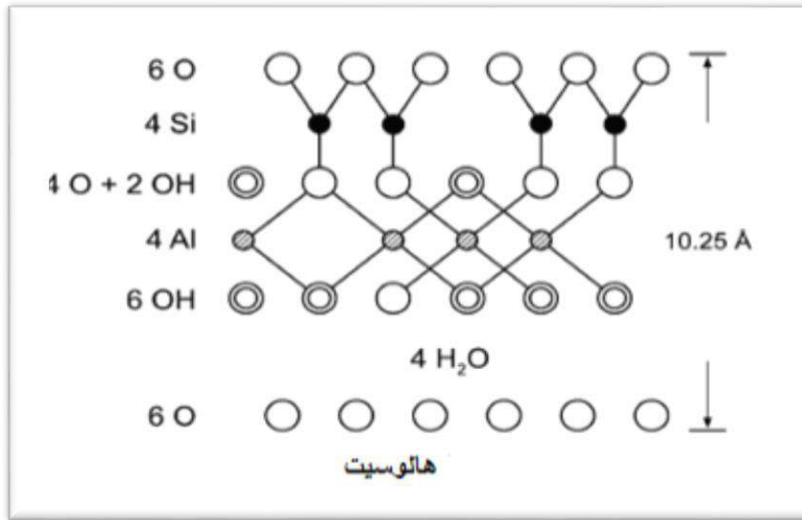
##### IV-1- عائلة الكاولينيت:

تضم مجموعة من المعادن الطينية من بينها الكاولينيت (kaolinite) ، هالويسيت (halloysite) ، الديكيت (dickite) و ناكريت (nacrite) لها بنية من الشكل (T-O) 1/1 ، حيث تتكون من تجمع طبقة رباعية الأوجه مع طبقة ثمانية الأوجه تقابل هاتان الطبقتان في المركز لتعطيا طبقة من مجاميع الهيدروكسيل على أحد الأسطح و أخرى من من الأكسجين على السطح الآخر [15] ، يمتلك الكاولينيت الديكيت و ناكريت صيغة الكيميائية العامة  $Al_2Si_2O_5(OH)_4$  ، في هذه المجموعة يكمن الفرق في الطريقة التي تتكدس فيها الطبقات فوق بعضها البعض الشكل (7- أ- ب) يوضح تركيبة معدن الكاولينيت ويقدر سمك الطبقة الواحدة 7 انغستروم ، أما الهالويسيت الرطب يضم في تركيبته جزيئات ماء صيغته الكيميائية من الشكل  $Al_4Si_4O_{10}(OH)_{8.4}H_2O$  ، جزيئات الماء تحتل مساحة بينية الموافقة للمسافة البينية، بحيث تبقى هذه الجزيئات ضمن تركيبة الهالويسيت حتى لو تم تجفيفه الشكل (8) [16] [17] .



شكل-7-أ: تخطيط يوضح الترابط لهيكل الكاولينيت شكل-7-ب: تخطيط يوضح هيكل الكاولينيت [18]





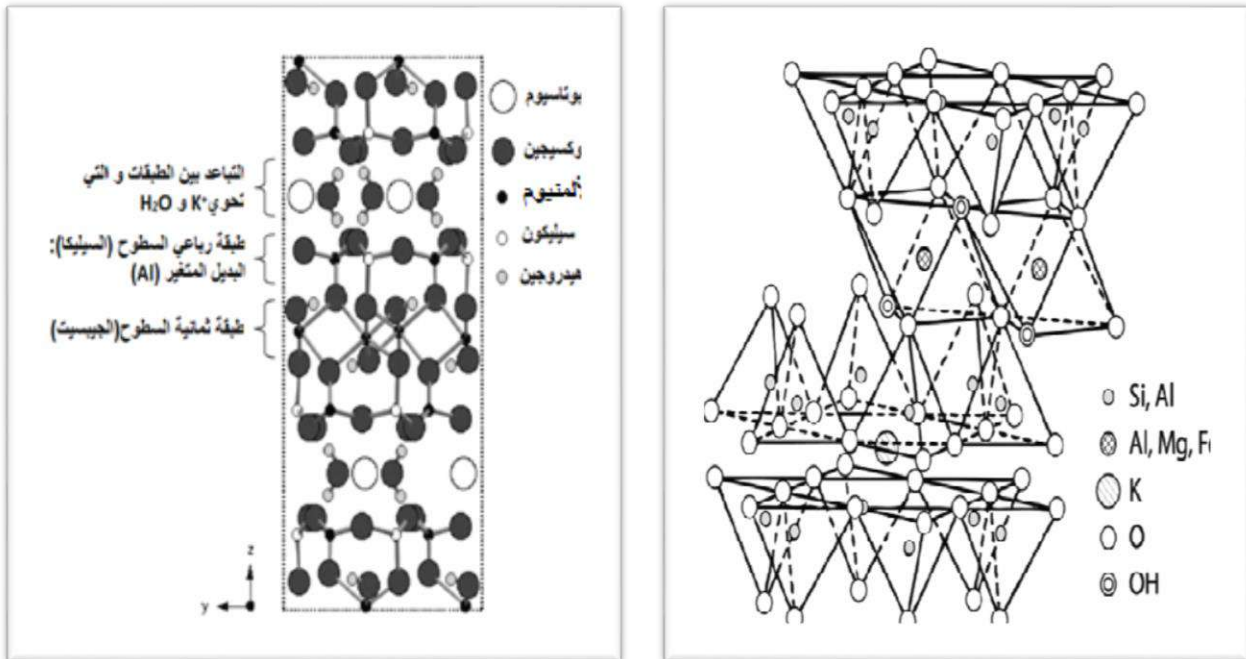
شكل 8- الهيكل المعدني للهالوسيت الرطب [19]

## IV -2- عائلة السمكتيت:

تضم مجموعة من المعادن الطينية وهي من عائلة فيلوسيليكات (سيليكات الصفائحية phyllosilicate) من النوع 1/2 من بينها:

IV -1-2- إليت (illite  $(K, H_2O)_2 Si_8 (Al, Fe, Mg)_{4.6} O_{20}, (OH)_4$ ) [20]:

هيكل إليت يتكون من تكرار طبقة رباعية الأوجه (تيتراهدرات) ، طبقة ثمانية الأوجه (أوكتاهدرات) و طبقة رباعية الأوجه (تيتراهدرات) (T-O-T) في طبقة واحدة، الفضاء بين الطبقات يحتل من قبل أيونات  $K^+$  شكل (-9- أ) [21] ، ومن المرجح أيضا أن تضم جزيئات الماء شكل (-9ب) [22].

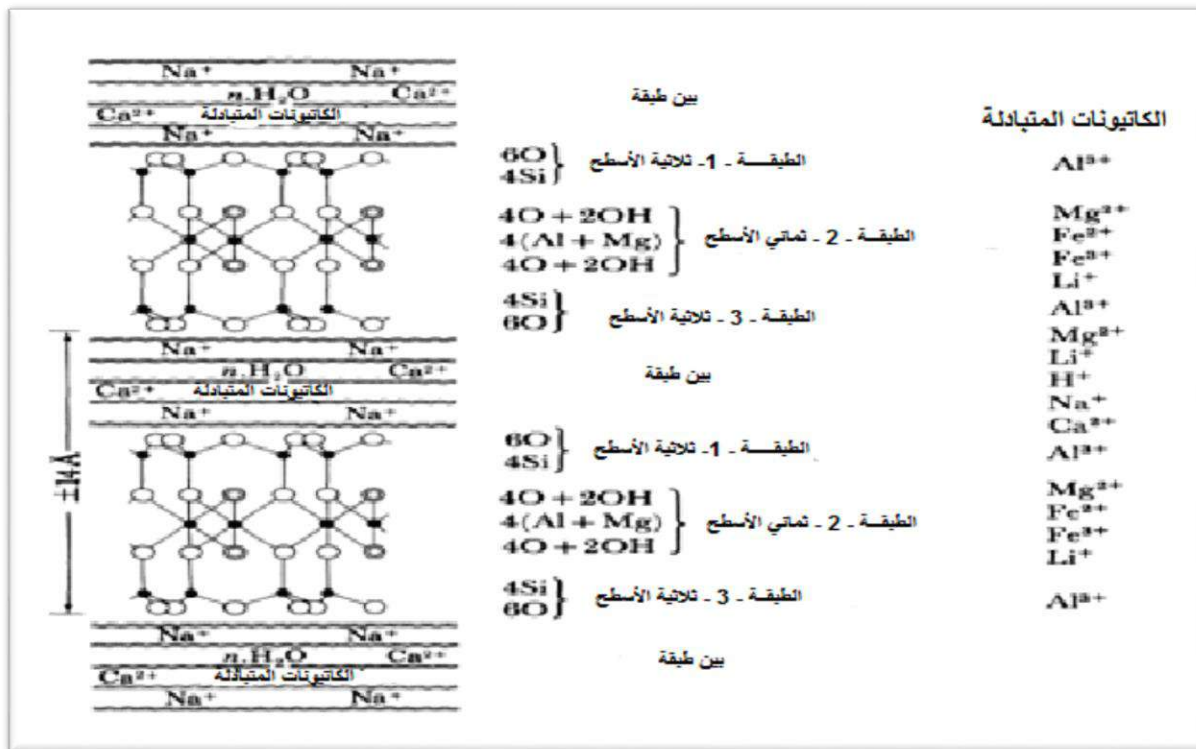


شكل 9-أ: التركيبية الهيكلية للإليت [21] شكل 9-ب: التركيب الهيكلية و الفراغات البينية للإليت [23]

IV-2-2- سمكيتيت (smectite  $Al_{2-y}Mg^{2+y})(Si_{4-x}Al_x)O_{10}(OH)_2M^{x+y}$ ):

سمكيتيت هو الاسم المستخدم لمجموعة من أنواع الفلوسيليكات المعدنية من النوع (T-O-T)، وأهمها مونتموريلونيت (montmorillonite) بيديليت (beidellite) ، نونترونيت (nontronite) سابونيت (saponite) وهكتوريت (hectorite) ، وتختلف هذه الأنواع و أنواع أخرى أقل شيوعاً عن طريق الاختلافات في التركيب الكيميائي التي تنطوي على بدائل Al و Si في مواقع الموجبة رباعية السطوح و Al ، Fe ، Mg ، Li في مواقع كاتيون ثماني السطوح، طين السمكيتيت له شحنة سلبية متغيرة ، وهو متوازن بواسطة Na ، Ca ، Mg خارجياً على السطوح أو بين الطبقات .

تمثل الصيغة الهيكلية للسمكيتيت  $(Al_{2-y}Mg^{2+y})(Si_{4-x}Al_x)O_{10}(OH)_2M^{x+y}.nH_2O$  من الأنواع الألمنيوم ثنائي السطوح حيث  $M^+$  هو كاتيون التبادل البيني أحادي التكافؤ، و على الترتيب تمثل  $x$  و  $y$  كميات من بدائل رباعي السطوح و ثماني السطوح ، إذا كانت  $y > x$  يسمى مونتموريلونيت (montmorillonite) شكل (10) ، أما إذا كانت  $y < x$  يعرف عندها بيديليت (beidellite) حيث يكون الحديد فيه هو المهيمن في ورقة ثماني السطوح بدلا من الألمنيوم و المغنيسيوم. [24]



شكل- 10: هيكل المعادن الطينية للسمكيتيت، التمثيل التخطيطي الهيكلي لمونتموريلونيت

الأيونات التي تظهر في الجهة اليمنى قد تكون موجودة في أصناف أخرى من الطين السمكيتيني. [24] تضم هذه العائلة مجموعة من المعادن الطينية تحافظ على التركيبية (T-O-T) و يكمن الاختلاف في الكاتيونات المتبادلة التي قد تكون ضمن التركيبية الهيكلية لهذه المعادن الطينية، الجدول-1- يضم التركيبية الكيميائية لعينة منها.

الجدول-1: التركيبة الكيميائية لمجموعة من المعادن الطينية لعائلة السمكتست [24]

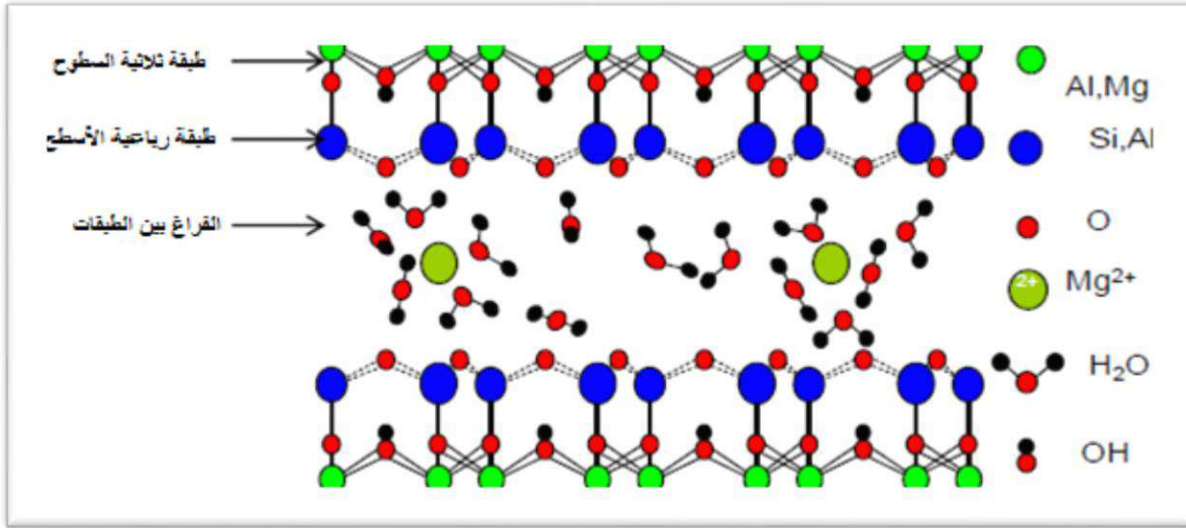
نوع الطبقة	الصيغة النصف مفصلة لعائلة السمكتيت	إسم المعادن الطينية	
ثاني ثماني السطوح	$M_y^+nH_2O (Al_{2y}, Mg_y) Si_4O_{10}(OH)_2$	مونتوريلونيت	montmorillonite
	$M_x^+nH_2O Al_2(Si_{4-x} Al_x)O_{10} (OH)_2$	بيدلليت	beidellite
	$M_x^+nH_2O Fe^{+3}_2(Si_{4-x} Al_x)O_{10} (OH)_2$	نونترونيت	nontronite
ثاني ثماني السطوح	$(M^{+}_{x-y} nH_2O)(Mg_{3-y}(AlFe)_y)Si_{4-x} Al_xO_{10}, OH_2$	سابونيت	saponite
	$(M_y^+nH_2O)(Mg_{3-y} Li_y Si_4 O_{10} (OH)_2$	هكتوريت	hectorite

#### IV -3-2- فرميكليت (vermiculite $(Mg,Ca)_{0,7}(Mg,Fe,Al)_6(Al,Si)_8O_{22}(OH)_4.8H_2$ ): [20]

يتم تشكيل معدن الفيرميكلوليت من خلال ترطيب إما البيوتيت أو فلوغوبيت تحت تأثير التجوية أو تغيير لحرارة المائية [25] ، هذه العملية يتم فيها تغيير البيوتيت الأم أو فلوغوبيت و التي تمثل معادن الميكا عن طريق تأثير السوائل المائية (المياه الساخنة في الغالب). خلال هذه العملية يتشكل الفيرميكلوليت حيث ترتبط معادن الميكا معاً من قبل تجميع قوي من الروابط و يكون لها محتوى رطوبة منخفضة، ويحدث إعادة ترتيب طفيف لذرات (تبادلات الموجبة) داخل البنية البلورية ، فيتم استبدال أيونات البوتاسيوم البينية ( $K^+$ ) من الميكا الأم من قبل الكاتيونات الأخرى مثل  $Mg^{+2}$  ،  $Ca^{+2}$  أو مزيج منها .

يحتوي الفيرميكلوليت المنتج من هذه العملية على مساحة رطبة بينية ويرتبط بعضها ببعض بروابط فاندرفالز الضعيفة . ضعف الروابط ووجود المياه في الفضاء البيني يسبب قدرته على الانتفاخ [26] .

الذرات المشار إليها بالسهم في الأسفل تمثل كاتيون البينية القابلة للتبادل وتحيط بها جزيئات الماء [27] أما المشار إليها في الوسط فتوافق مع كاتيونات طبقة ثماني السطوح ، بالنسبة لذرات المشار إليها في الأعلى تدل على طبقة رباعي السطوح ، الشكل (11) ، يمثل الرسم البياني لهيكل الفيرميكلوليت المتشكل من طبقة ثمانية السطوح ، رباعية السطوح و الكاتيونات البينية الرطبة ، يتم احتلال مساحة البينية من قبل الكاتيونات البينية المائية، والتي تمثل المغنيسيوم عندما يكون هناك تشكيل الفيرميكلوليت كاملة.



الشكل-11: الرسم البياني لهيكل الفيرميكلوليت المغنزيومي

### IV-3- عائلة الكلوريت:

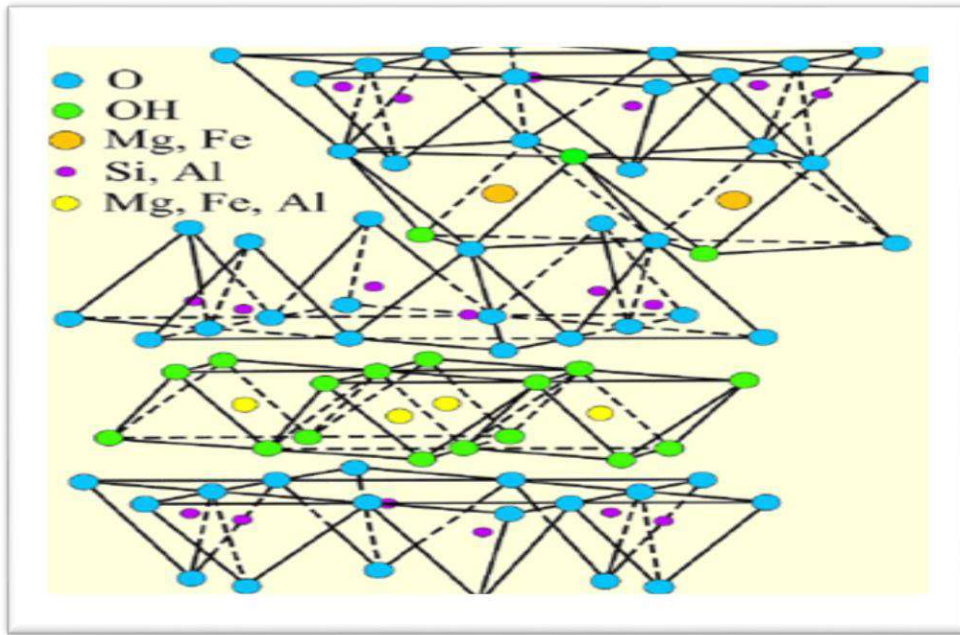
تنتمي عائلة الكلوريت لنوع (T-O-T، 1/2)، حيث يتكون هيكله من طبقات مكدسة بشكل منتظم ويحتوي على متغير x و صفيحة بينية من الهيدروكسيد، و يشار إليها كذلك بالنوع (T-O-T-O، 1/1/2) يمكن أن تكون الأوراق الثماني السطوح على حد سواء ثنائي ثماني السطوح أو ثلاثية ثماني السطوح أو مختلطة، كما قد تكون صفائح الهيدروكسيد البينية ذات شحنة موجبة، وبالتالي فإن أبسط وحدة هيكلية من الكلوريت تتكون من وتكرار طبقة 2: 1.

وعادة ما تتكون الكلورينات من ثلاثية السطوح مع  $Mg^{+2}$ ،  $Al^{+3}$ ،  $Fe^{+2}$ ،  $Fe^{+3}$  في مواقع ثماني السطوح، الشكل (12). و نادرا ما تحتل ثماني السطوح من قبل  $Cr^{+3}$ ،  $Mn^{+3}$ ،  $Ni^{+2}$ ،  $V^{+3}$ ،  $Cu^{+2}$  و  $Zn^{+2}$  و  $Li^{+}$ . الكاتيونات رباعي السطوح هي  $Si^{+4}$  و  $Al^{+3}$  في أربعة مواقع رباعي السطوح، كما يمكن أحيانا استبدال  $Fe^{+3}$ ،  $Zn^{+2}$ ،  $Be^{+2}$  أو  $B^{+3}$  [10].

وقد قسم بيليس (1975) الكلوريت ثلاثي السطوح على أساس خمسة مجموعات و أعط تسمية لكل منها:

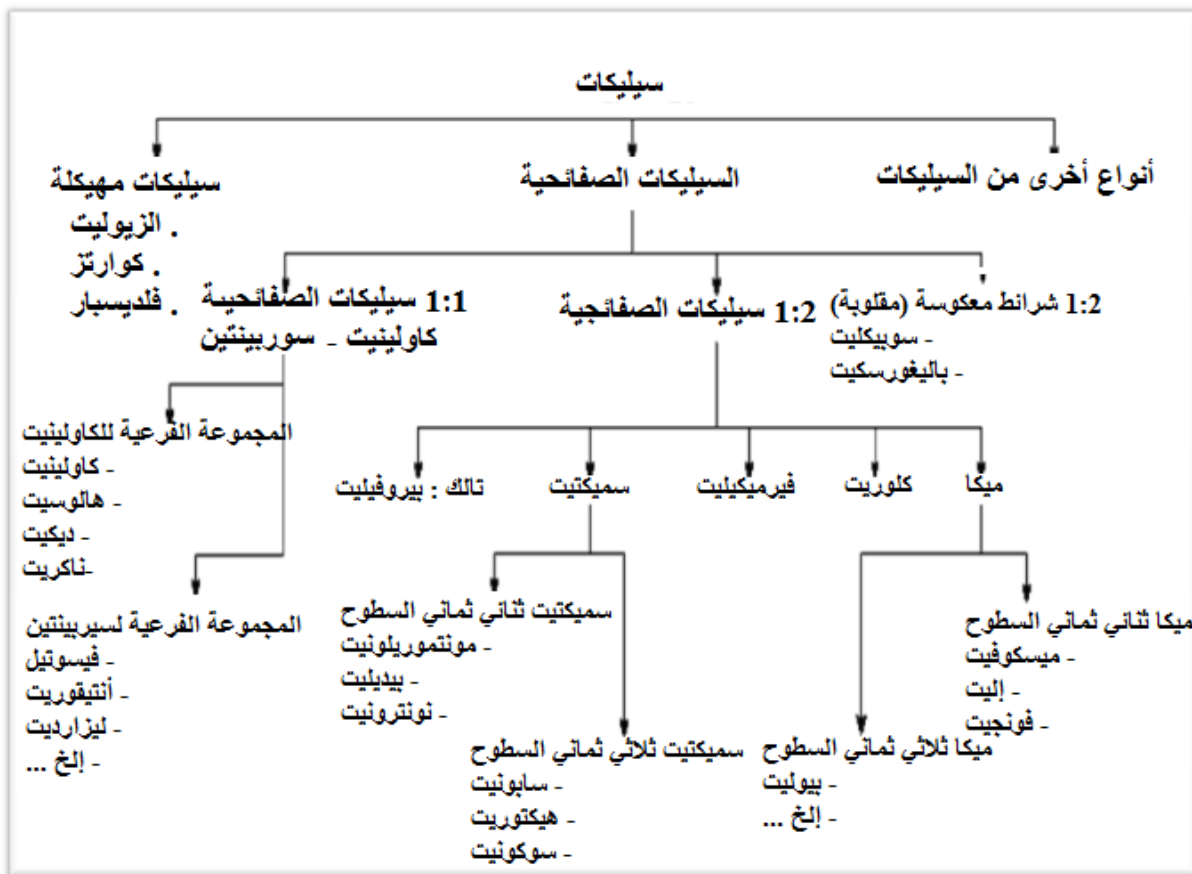
[28]

$(Mg_5^{+2} Al^{+3}) (Si_3^{+4} Al^{+3}) O_{10} (OH)_8$	Clinochlore	كلينوكلور
$(Fe_5^{+2} Al^{+3}) (Si_3^{+4} Al^{+3}) O_{10} (OH)_8$	Chamosite	كاموسيت
$(Mn_5^{+2} Al^{+3}) (Si_3^{+4} Al^{+3}) O_{10} (OH)_8$	Pennantite	بنانتيت
$(Ni_5^{+2} Al^{+3}) (Si_3^{+4} Al^{+3}) O_{10} (OH)_8$	Nimite	نيميت
$(Zn_5^{+2} Al^{+3}) (Si_3^{+4} Al^{+3}) O_{10} (OH)_8$	Baileychlore	بيليكور



الشكل-12: الرسم البياني لهيكل الكلوريت

يمثل المخطط المبين في الشكل(13) تصنيف المعادن الطينية من حيث العائلات و الأنواع.



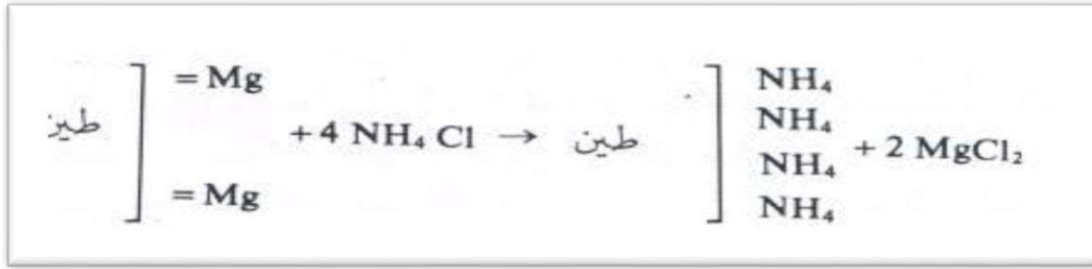
الشكل-13: تصنيف المعادن الطينية من حيث العائلات [3]

**V- خصائص الطين:**

تمتلك المعادن الطينية خصائص فيزيائية و كيميائية مهمة ، ويرجع ذلك إلى صغر حجمها و التركيبية البنائية لهيكلها و الشحنة التي تحملها و أهمها:

**V-1- سعة التبادل الكاتيوني :**

يعتبر العالم الإنجليزي Thompson أول من أشار على ظاهرة التبادل الأيوني سنة 1850 [29] ، حيث لاحظ انه عند سكب محلول كبريتات الأمونيوم في عمود يحوي التربة فان الرشح المتجمع بعد مروره في العمود خالي من كبريتات الأمونيوم و يحتوي على كبريتات الكالسيوم . يحدث التبادل الأيوني بصورة عامة على أسطح المواد التي تمتلك شحنة كهربائية، فهذه الأجسام المشحونة تجذب إلي سطحها ايونات ذات شحنة مختلفة لشحنتها و مكافئة لها تماما و تسمى بالأيونات المتبادلة ، كما يمكن إن تتبادل الأيونات التي تعادل شحنة الجسم مع ايونات مماثلة لها في الشحنة كَمَا و نوعًا ، بمعنى أن الجسم المشحون سلبا يجذب إلى سطحه كاتيونات بمقدار يعادل شحنته السالبة ، وهذا ما يعرف بالتبادل الكاتيوني ، و المخطط الممثل في الشكل (14) يوضح طريقة التبادل الكاتيوني.



الشكل -14: طريقة حدوث التبادل الكاتيوني

**V-1-1- مصادر الشحنة المسؤولة عن التبادل :****V-1-1-1- الشحنة الدائمة:**

تنشأ الشحنة السالبة نتيجة لعملية الإحلال المتماثل في معادن الطين و لها توزيعا منتظما ، هذه الشحنة ثابتة في مجال pH بين 2.5 - 10 حيث أن أقل من 2.5 يؤدي إلى تكسر معادن الطين ببطء أو زيادة فرصة تكسير الحواف مما يؤدي إلى زيادة في كمية هذه الشحنة [30] .

**V-1-1-2- الشحنة المتعمدة:**

تنشأ نتيجة تأين مجموعة الهيدروكسيل المرتبطة بالسيليكون إذا حدث كسر في ثلاثي السطوح (تتراهيدرات) السيليكات ، تتركز هذه الشحنتات عند الحواف و الزوايا التي يحدثها الكسر، و تزداد هذه الشحنتات كلما زاد السطح النوعي للمعدن الطيني. يمكن كذلك أن يزداد مقدار الشحنة السالبة بزيادة قيمة pH، حيث يعزى السبب في تأين مجموعة الهيدروكسيل من 3-5 [30] .

**V-1-2- تحديد سعة التبادل الكاتيوني (CEC):**

تحدد سعة التبادل الكاتيوني بعدة طرق ، ويشمل قياسها ثلاث مراحل اساسية :

- 1- تشبيح العينة بمحلول مشبع من اجل احتلال كل مواقع التبادل بأيون المحلول المضاف .
- 2- غسل الجزء الزائد من هذا المحلول وعادتا ما يكون الكحول ، ويفضل عدم استعمال الماء خشية حدوث التحلل المائي .
- 3- طرد الأيون المشبع بأيون آخر، يدعى بالأيون المزيج ، ثم يتم قياس الأيون المزاح و نسبته إلى وحدة الكتل للتعبير على سعة التبادل الكاتيوني .

**V-1-2-1- استعمال طريقة ايون الأمونيوم :**

وتستخدم على نطاق واسع الطريقة التي تنطوي على الرشح مع خلات الأمونيوم والاستبدال اللاحق لأيونات  $NH_4^+$  من مواقع التبادل ، وغالبا ما تكون بمثابة إجراء معياري أو مرجعي .

- ✓ استعمال  $NH_4Cl$  مع الغسل بالماء ثم الميثانو أو الكحول الإيثيلي .
- ✓ استعمال  $CH_3COONH_4$  مع الغسل بالكحول الإيثيلي دون الماء لمنع التحلل المائي ، و عند  $pH=7$  [31] .

**V-2-2-1- استعمال الكاتيونات المعادن الإنتقالية:**

استعمال الكاتيونات المعادن الإنتقالية لتشبيح العينة ثم إضافة إيثيلين ثنائي أمين قصد التعقيد ، و تعتبر كمية إيثيلين ثنائي أمين الازمة لتعقيد هذه المعادن و التي تشكل معقدات من الشكل  $[M(en)_n]^{+p}$  ( تدخل في البنية الفراغية للطين ، المعادن المستخدمة هي  $(Cu^{+2}, Fe^{+3}, Al^{+3}, Mn^{+2}, Zn^{+2}, Ni^{+2}, Cu^{+2})$  [29] [32] ، الجدول (2) ادناه يعطي بعض القيم لسعة التبادل الكاتيوني لمجموعة من المعادن الطينية .

جدول-2: قيم سعة التبادل الكاتيوني لبعض المعادن الطينية

سعة التبادل الكاتيوني CEC للمعادن الطينية (ملي مكافئ / 100 غ ) ( سنتي مول / كلغ )	القيمة	نوع المعدن الطيني
3 - 15		كاولينيت
5 - 10		هالوسيت $2H_2O$
40 - 50		هالوسيت $4H_2O$
70 - 120		مونتمرليت
130 - 210		فيرميكلانيت
10 - 40		إليت
يصل إلى 5		ميكا ( بيوتيت – ميسكوفيت )
10 - 40		كلوريت
20 - 30		سيبوليت ، بالغورسكيت

## 2-V- مساحة السطح النوعي :

مساحة السطح النوعي المحددة للمعادن الطينية تعتبر معلماً أساسياً لقياس عمليات التفاعل (غاز/سائل- صلب) ، بما في ذلك الامتزاز الملوث تفاعلات التبادل الأيوني ، التعلق الميكروبي ، التثريب للمياه والصرف ، ونقل الحرارة وكذا تجميع التربة ، وهذا راجع لصغر حجمها ووجودها على نطاق واسع لذا فهي توفر أكبر جزء من المساحة [33] ، مساحة السطح النوعي عادةً ما يتم التعبير عنها كمساحة سطح لكل وحدة كتلة من الصلابة أي م<sup>2</sup>/كغ (m<sup>2</sup>/Kg) ، تمثل مساحة السطح النوعي إجمالي مساحة السطح من المعادن الطينية القابلة للتوسيع والتي تتكون من مساحة سطح خارجية ، تمثل السطح المكشوف أو الخارجي للطين ، ومساحة سطح داخلية ، المقابلة لسطح الطبقات البينية البلورية [34] .

أن كثافة موقع سطح مستوى بلوري معين قد تستمد من هيكل الكريستال، ويمكن الحصول على مساحة كل مستوى فقط من التحقيقات المجهرية ، كما فيلوسيليكاتس ، جميع المعادن الطينية هي متباينة الخواص للغاية وتظهر نوعين على الأقل من الأسطح المختلفة ، قد تحمل السطوح القاعدية رسوماً دائمة سالبة تنتج عن الاستبدال المتبادل من Al إلى Si في رباعي السطوح أو Mg و Fe وغيرها في Al الصفائح الثماني السطوح ، في حين تغطي الأسطح الحافة أو الجانبية المتغير التابع لدرجة الحموضة مواقع الشحن [35] ، الجدول (3) أدناه يعطي قيم مساحة السطح النوعي لبعض المعادن الطينية.

جدول-3 : قيم مساحة السطح النوعي لبعض المعادن الطينية [20]

مساحة السطح النوعي للمعادن الطينية (م <sup>2</sup> / غ)	
القيمة	نوع المعدن الطيني
30 - 10	كاولينيت
175 - 100	إليت
840 - 700	مونتمرليت سميكتيت
760	فيرميكليت
20	كلوريت

## VI- مجالات إستعمال الطين:

## VI-1- في البناء والتشييد:

يستخدم الطين والطوب كمواد بناء خام ، حيث يتكون الطوب من مواد أرضية بنسبة 100% تشمل الطمي الصلصال والتربة الأنتقائية ذات الحبيبات الدقيقة ، يمكن أن تساهم المعادن الطينية في الصخور الكلسية الطبيعية أو في الصلصال أو الصخر الزيتي من الحجر الجيري في أن تساهم التربة SiO<sub>2</sub> ، Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> وربما الحديد ، المعادن القاعدية ، و القاعدية الترابية ، اعتماداً على هوية المعادن الطينية المستخدمة في تصنيع الأسمنت البورتلاندي ، يعد الكاولينايت الأفضل و الأكثر مناسبة لتصنيع الأسمنت البورتلاندي الأبيض [36] .



**VI-2- الصناعة الزراعية:**

- ✓ تستعمل طين الفلوجوبايت ، الإيليت ، والغلاكونيت في الأسمدة كإضافات معدنية لتعزيز خصوبة التربة لإنتاج المحاصيل لإحتوائه نسب عالية من البوتاسيوم. أيضا ، يتم استخدام الطين كمادة مخففة في الأسمدة الكيماوية لتوفير التركيز النسبي الأمثل للعناصر.
- ✓ كما يدخل الصلصال المكون من المونتموريلونايت والكالونيت في إعداد المبيدات الحشرية كمادة مخففة لتحسين تشتت المادة السامة والاحتفاظ بالمبيدات من قبل النباتات [36].

**VI-3- في الأعلاف الحيوانية:**

- يستخدم الفيرميكوليت و المونتموريلونيت كإضافات للأعلاف الحيوانية في الأغذية الموجهة للدواجن والماشية والحيوانات الأخرى [36].

**VI-4- صناعة النسيج والورق:**

- يتم استخدام الطين لملئ وتحجيم ودعم المنسوجات من مختلف الأنواع ، الكاولينيت ذات الحبيبات الدقيقة جداً ذات أحجام من 2-5 ميكرون هي أفضل حشو للمنسوجات والأوراق [36].

**VI-5- الصناعة الدوائية:**

- أستخدم الطين ، وخاصة الكاولين ، لعدة قرون ، حيث استخدمه أجدادنا كمرطب لشعر ، ودخل في الأونة الأخيرة بعد اكتشاف خصائصه مثل النعومة ، التشتت ، التبلور ، الاستحلاب ، الامتزاز ، وما إلى ذلك المستحضرات الصيدلانية حيث استخدم في الأدوية الممتازة في الأمعاء وغيرها من التطبيقات المفيدة علاجيا. يدخل الطين مثل مونتموريلونيت و الكاولينيت وغيره في إعداد المعاجين ، المراهم وكمربط للجسم و في مستحضرات التجميل [36].

**VI-6- صناعة السيراميك:**

- يعتبر الطين (الصلصال) كمادة خام حيث تدخل في تصنيع العديد من المنتجات الخزفية أهمها :
  - ✓ مواد البناء الخزفية (الطوب ، البلاط ، أنابيب الحجري المحلية ، الأدوات الصحية والتركيبات لمياه الصرف الصحي) .
  - ✓ السيراميك المحلي (الأواني المنزلية ، المزهريات ، والأسنان التركيبية ، على سبيل المثال أسنان اصطناعية وما إلى ذلك) .
  - ✓ السيراميك الكيميائي والتقني (هندسة كيميائية ، في بعض الأجهزة ، معدات المستشفيات والبلاط المقاوم للأحماض والمصارف ..) .
  - ✓ المختبرات المتخصصة والهندسية السيراميك (فوهات الطائرات النفاثة ، بوتقة ، مدقة ، محركات الصواريخ شمعات الاشتعال) .
  - ✓ السيراميك في الصناعة الكهربائية (العوازل الكهربائية ، فرش المحركات ...) [36].

**VI-7- النفايات الذرية (المشعة) :**

يستخدم الطين في التخلص من النفايات المشعة (النوية) عالية الامتصاص عن طريق الامتصاص الأيونات ومن ثم تثبيتها ضد الارتشاح عن طريق التكلس لدرجة حرارة تزيد على  $10000^{\circ}\text{C}$  والتي ستكون كافية لتصليب الطين وبالتالي لربط المواد المشعة في حالة غير قابلة للذوبان ، حيث يتم تحويل النفايات السائلة إلى شكل صلب يمكن دفنه دون خوف من تسربها إلى البيئة أو المياه الجوفية [36] .

**VI-8- صناعة النفط :**

تستخدم البنتونيت ، والهالوسيت و الكاولينيت كمحفزات في التكسير الحراري للبترول الثقيل ، كما تستخدم طين البنتونيت كمادة مساعدة أثناء الحفر لاستخراج النفط و الغاز الصناعي بالإضافة إلى ذلك يدخل كل من البنتونيت و الكاولينيت في تقوية وتدعيم منتجات المطاط ويستخدم طين الكاولينيت على نطاق واسع لإنتاج راتنج البوليستر المقواة وغيرها من البلاستيك المقوى [36] .

**VI-9- إنتاج الطلاء :**

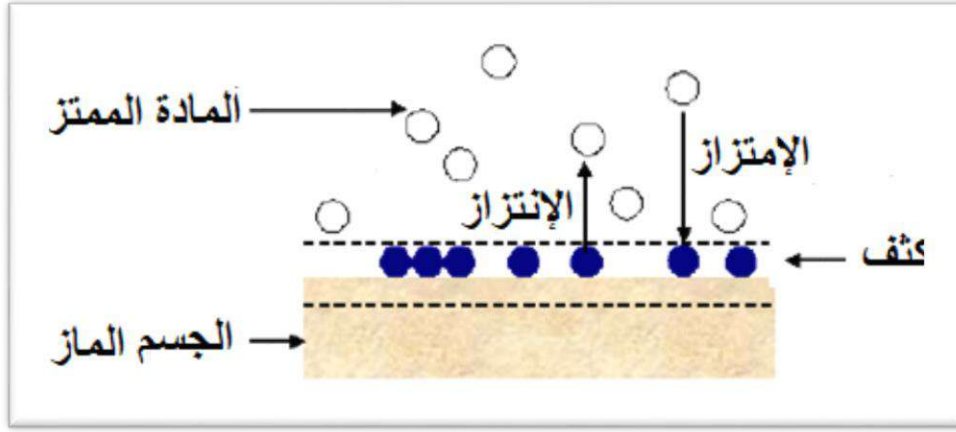
أنواع مختلفة من الطين الكاولين يستخدم في تصنيع الدهانات لتحسين قدرتها على التحمل ، و تشكيل سطح فيلم يمتلك خصائص لامعة أو مسطحة [36] .

**VI-10 – في مجال البيئة :**

يدخل الطين بمختلف أنواعه و حسب قدرته على الامتزاز في مجال البيئة حيث يستخدم في تنقية مياه الشرب لتحسينها ، كما يدخل في معالجة المياه المستعملة للتقليل من الملوثات العضوية [36] .

**VII- الامتزاز:**

وفقاً للتعريف (روثفين ، 1984) ، فإن الامتزاز هو عملية تحدث عندما يتراكم المذيب الغازي أو السائل (الممتز) على سطح المادة الصلبة أو السائلة (الممتز) ، مما يشكل الجزيئات والأيونية ، أو فيلم ذري. تسمى الأنواع (الجزيئات ، تسمى المادة التي تعاني الامتزاز على السطح بالمادة الممتزة (Adsorbent) السطح الذي يتم عليه الامتزاز بالسطح الماز (Adsorbent) الشكل (15) ، قد يحدث الامتزاز مشكلاً طبقة واحدة من الممتز على السطح الماز و يسمى بالإمتزاز أحادي الطبقة و يحدث غالباً إذا كان الممتز في الطور السائل ، وإذا تمت العملية مشكلاً أكثر من طبقة على الماز يدعى عندها بالإمتزاز متعدد الطبقات ، ويتم الارتباط بين الأسطح الفعالة و المسامية للماز مع الممتز إما بروابط ضعيفة تدعى بقوى فندرفالز و يسمى هذا النوع من الامتزاز بالإمتزاز الفيزيائي ، في حين قد تتشكل روابط كيميائية بينهما فيسمى امتزاز كيميائي [37] .



الشكل -15: الأجسام الداخلة في عملية الامتزاز

## VII-1- أنواع الامتزاز:

### VII-1-1- الامتزاز الفيزيائي:

هو الذي تكون فيه القوى المتداخلة عبارة عن قوى بين جزيئات (قوات فانديرفالس) من نفس النوع المسؤول عن عدم وجود الغازات الحقيقية وأبخرة التكثيف ، والتي لا تنطوي على تغيير كبير في الأنماط المدارية الإلكترونية للأنواع المعنية . مصطلح امتزاز van der Waals هو مرادف للامتصاص المادي ولكن لا ينصح باستخدامه [38] .

### VII-2-1- الامتزاز الكيميائي :

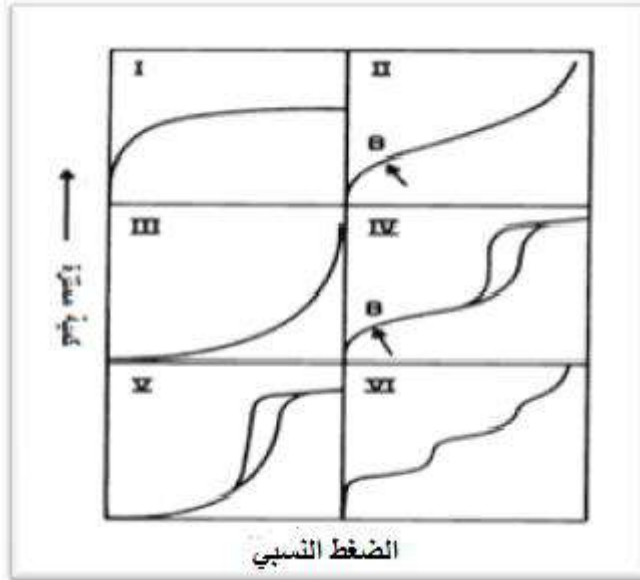
الامتزاز الكيميائي ينتج من تكوين الرابطة الكيميائية (التفاعل القوي) بين الممتزات و الممتز في أحادي الطبقة على السطح [39] ، يحدث هذا الامتزاز على الأسطح التي تعد نشطة ويرجع السبب لعدم تشبع ذراتها الكترونيًا حيث تبقى ذرات هذه السطوح غير مشبعة الكترونياً رغم الروابط التي تشكلها مع الذرات المجاورة إذ تميل إلى تكوين روابط كيميائية مع الذرات أو الجزيئات التي امتزت على سطحه .

## VII-2- إيزوتارم الامتزاز :

أن رسم العلاقة بين كمية المادة الممتزة على سطح ما مقابل تركيز أو ضغط هذه المادة عند الاتزان مع ثبات درجة الحرارة يعطي منحنيًا هو منحنى الامتزاز ، أو ما يطلق عليه إيزوتارم الامتزاز . صنف إيزوتارم الامتزاز إلى تصنيفين رئيسيين هما :

### VII-1-2- تصنيف سينغ (sing) :

صنف سينغ و مجموعته إيزوتارم الأمتزاز تبعاً إلى ستة أصناف كما هي مبينة في الشكل(16)



الشكل- 16: تصنيف سينغ لإيزوتارم الامتزاز

- ✓ يبين الصنف (I) إن كمية المادة الممتازة من قبل كمية محددة من المادة المازة تزداد بشكل كبير يكون هذا النوع من الإيزوتارم قابل للانعكاس و حسب المنحنى يكون مقعرًا لمحور  $P/P^\circ$  وتقترب من قيمة محدودة  $P / P^\circ = 1$  يعطى الصنف (I) للأجسام الصلبة الصغيرة التي لها أسطح خارجية صغيرة نسبيًا (على سبيل المثال ، الكربونات المنشطة ، و الزيوليت المنخل الجزيئي وبعض الأكاسيد المسامية ) ، يتم التحكم في الامتصاص المحدود من خلال حجم ماكرو-مسامية (micro-pores) و الوصول إليها بدلاً من منطقة السطح الداخلية [40] .
- ✓ يعد نمط الإيزوتارم من النوع (II) القابل للعكس هو الشكل الطبيعي من الإيزوتارم الذي تم الحصول عليها مع ألامسامية أو ميكرو-مسامية للماز ، الإيزوتارم من النوع (II) يمثل امتزاز غير مقيد لأحادي الطبقة - متعدد الطبقات. النقطة ب (B) تعد البداية للجزء شبه الخطي تقريبا من الإيزوتارم حيث تعتبر في كثير من الأحيان هذه الإشارة نهاية المرحلة التي تغطي الامتزاز أحادي الطبقة أي اكتماله و الامتزاز متعدد الطبقات على وشك أن يبدأ [40] .
- ✓ إن صنف الإيزوتارم من النوع (III) و القابل للعكس ، يحوي انحناء واضح على المحور  $P/P^\circ$  ، ولا تجسد عنه النقطة ب (B) ، هذا النوع من الإيزوتارم ليس شائعاً ، ولكن هناك عدداً من الأنظمة التي تعطي ايزوتارم (مثل النيتروجين على البولي إيثيلين) ذات انحناء تدريجي ونقطة B غير واضحة ، في مثل هذه الحالات ، تلعب التفاعلات الممتازة والممتصة دوراً مهماً .
- ✓ السمات المميزة للإمتزاز من النوع (IV) هي حلقة تباطؤ وهو مرتبط بالتكثيف الشعري الذي يحدث في المسامات المتوسطة والامتداد المحدود على مجموعة من  $p / p^\circ$  عالية [41] . يعزى الجزء الأولي للإيزوتارم من النوع الرابع إلى الامتصاص أحادي الطبقة - متعدد الطبقات لأنه يتبع نفس المسار الجزء المقابل للإيزوتارم من النوع (II) الذي تم الحصول عليه

الامتصاص المعطى على نفس مساحة السطح الممتاز في شكل غير مسامي ، هذا النوع يظهر

في العديد من المميزات الصناعية المسامية [40] .

✓ النوع V للإمتزاز غير شائع ، وهو مرتبط بالإمتزاز من النوع (III) في أن التفاعل بين الممتاز-

الماز ضعيف ولكن يتم الحصول عليه مع بعض المميزات المسامية [40] .

✓ النوع VI إيزوتارم (متساوي الحرارة) ، حيث تعتمد دقة الخطوات على النظام ودرجة الحرارة

يمثل الامتزاز متعدد الطبقات متدرج على سطح غير مسامية موحدة ، تمثل خطوة الارتفاع على

السعة أحادية الطبقة لكل طبقة ممتازة (مكثفة) ، وفي أبسط الحالات ، تظل ثابتة تقريباً لوحد أو

اثنتين ثلاث طبقات الممتازة ، من بين أفضل الأمثلة على أنواع إيزوتارم من النوع السادس هي

تلك التي تم الحصول عليها باستخدام الأرجون أو الكر بيتون على أسود الكربون الغرافيتي في

درجة حرارة النيتروجين السائل [40] .

## VII-2-2- تصنيف غيلز (GILES):

صنف إيزوتارم الامتزاز إلى أربعة أصناف رئيسية هي (S, L, H, C) و تضم هذه الأصناف مجاميع

ثنائية رمزت (max, 1, 2, 3, 4) كما هو مبين في الشكل (17).

✓ الصنف S : يبين أن المذيب قد يعاني إمتزازاً شديداً على السطح الماز ويكون توجه الجزيئات

الممتازة فيه بشكل عمودي أو مائل على السطح الماز ، حيث يحدث الامتصاص الفيزيائي للحالة

S1،S2 في طور البخاري.

✓ الصنف L: هو أشهرها ؛ يحدث منحنى L2 في الغالب في معظم حالات الامتزاز للمحاليل

المخففة، أما L3،L4 فهي تخص الامتصاص الفيزيائي لطور البخاري، في هذا الصنف يكون

توجه الجزيئات الممتازة بصورة أفقية على السطح كما أن الامتزاز يكون أحادي الطبقة.

✓ الصنف H: يلاحظ مثل هذا المنحنى في الغالب في المحاليل المخففة جداً وكذلك عند إمتزاز

جزيئات كبيرة مثل البوليمرات، يمثل H2 الامتصاص الفيزيائي لطور البخاري.

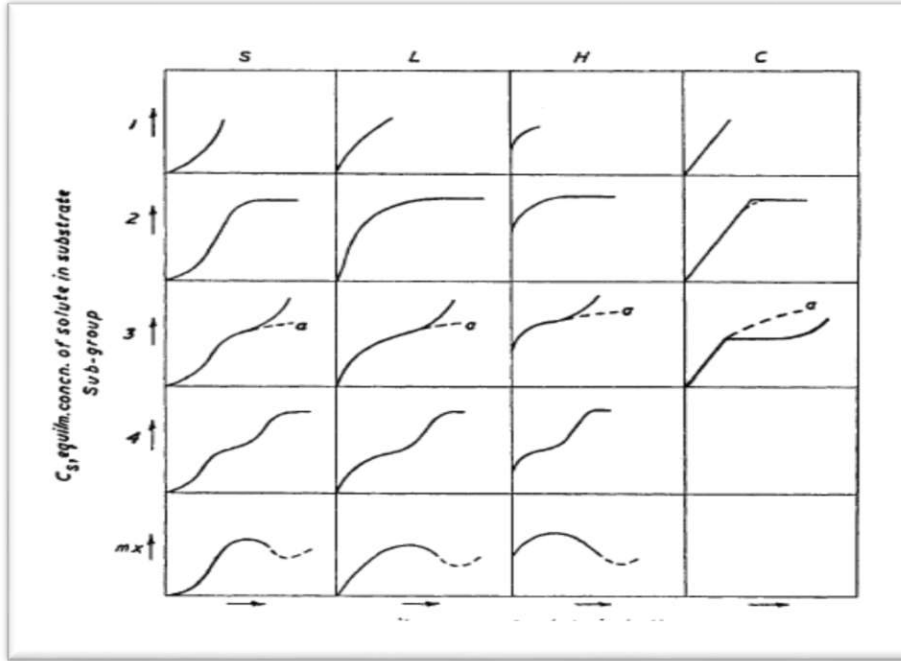
✓ الصنف C: تشير المجموعة الفرعية C2 إلى التكاثر الدقيق في الركيزة ، وفي الفئة C ، قد يكون

الفرع الثاني من المنحنى في المجموعة الفرعية 2 أفقياً ، أو يكون له انحدار أقل أو انحدار أكثر

انحداراً من الجزء الرئيسي، كما أن المجموعة الفرعية C1 يمتلك تمثيلها ميلا سالبا.

✓ المنحنيات المتعددة الأخرى هي من مخاليط ثنائية سائلة مركزة ستدخل تحت فئة mx

الفرعية. [42] [43]

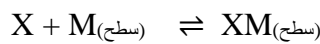


الشكل-17: تصنيف غيلز (GILES) [42]

### VII-2-3- معادلة لانجمير للإمتزاز: L'équation d'adsorption de Langmuir

اقترح العالم لانجمير معادلة خاصة بالإمتزاز اعتماداً على مجموعة من الافتراضات، وضع معادلته لتفسير امتزاز الغازات على أسطح المواد الصلبة، حيث يفترض هذا النموذج التجريبي في صياغته امتزاز أحادي الطبقة، كما انه وصف عملية الامتزاز للغازات على أنها عمليتان متعاكستان تتمثل في تكاثف الحالة الغازية على السطح و تبخرها من السطح إلى الحالة الغازية [44].

كما أنه يمكن تطبيق معادلته على امتزاز المواد المذابة في الطور السائل على الأسطح الصلبة و التي يعبر عنها بالمعادلة التالية :

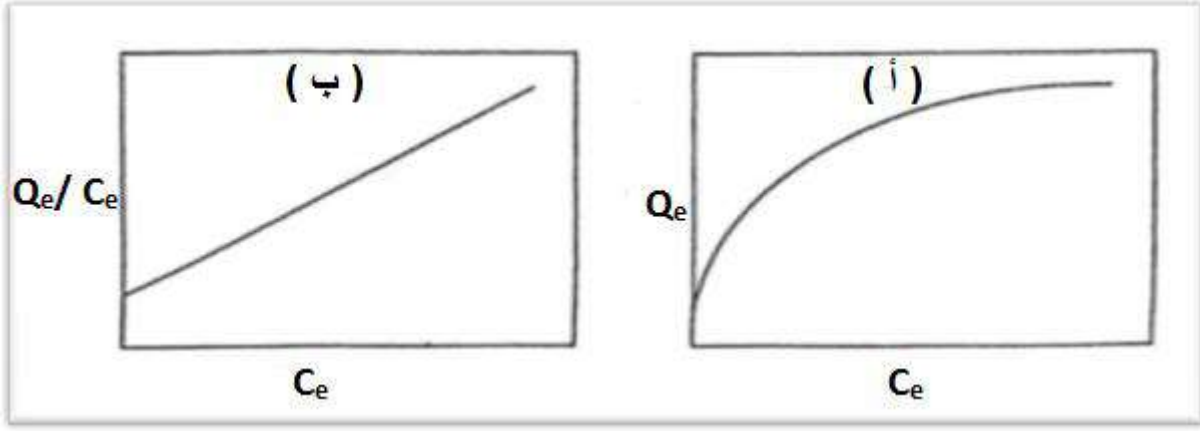


يعبر عن معادلة لانجمير بالعلاقة التالية:

$$Q_e = \frac{abC_e}{1+bC_e} \quad \dots\dots\dots (1)$$

تمثل هذه المعادلة معادلة لانجمير لإمتزاز المحاليل حيث تمثل  $a$  ،  $b$  ثابت لانجمير التجريبية ، و  $Q_e$  كمية المادة الممتزة (mg/g) و  $C_e$  تركيز المادة الممتزة عند الاتزان (ملغ / ل) ، الشكل (18- أ) يمثل ايزوتارم الامتزاز للانجمير ، يمكن التعبير عن المعادلة -1- بالصورة الخطية كما هي موضحة في المعادلة -2- و الشكل (18- ب) يوضح قيم  $\frac{C_e}{Q_e}$  مقابل قيم  $C_e$  إذ نحصل على خط مستقيم ميله  $\frac{1}{a}$  و تقاطعه مع محور الترتيب يمثل المقدار  $\frac{1}{ab}$  . [44]

$$\dots\dots\dots(2) \frac{C_e}{Q_e} = \frac{1}{ab} + \frac{C_e}{a}$$



الشكل- 18- أ : منحني ايزوتارم لانجمير الشكل- 18- ب : الصورة الخطية لإيزوتارم لانجمير [45]

### VII-2-4 - معادلة فريندليش للإمتزاز: L'équation d'adsorption de Freundlich

وضع العالم الألماني فريندليش معادلة للإمتزاز (1) و الممثلة بالمنحنى الموافق لشكل (19 - أ-) ، لوصف خصائص إمتزاز المحاليل على الأسطح الصلبة غير المتجانسة ، الذي لا يتحدد بطبقة جزيئية واحدة بل بإمتزاز متعدد الطبقات .

$$Q_e = K_f C_e^{\frac{1}{n}} \dots \dots \dots (1)$$

حيث تمثل كل من :

$Q_e$  : كمية المادة الممتزة بوحدة (mg/g) .  $C_e$  : التركيز عند الاتزان بوحدة (mg/l) .

$K_f$  : ثابت فريندليش للإمتزاز بوحدة (mg/g) .  $N$  : كثافة الإدمصاص .

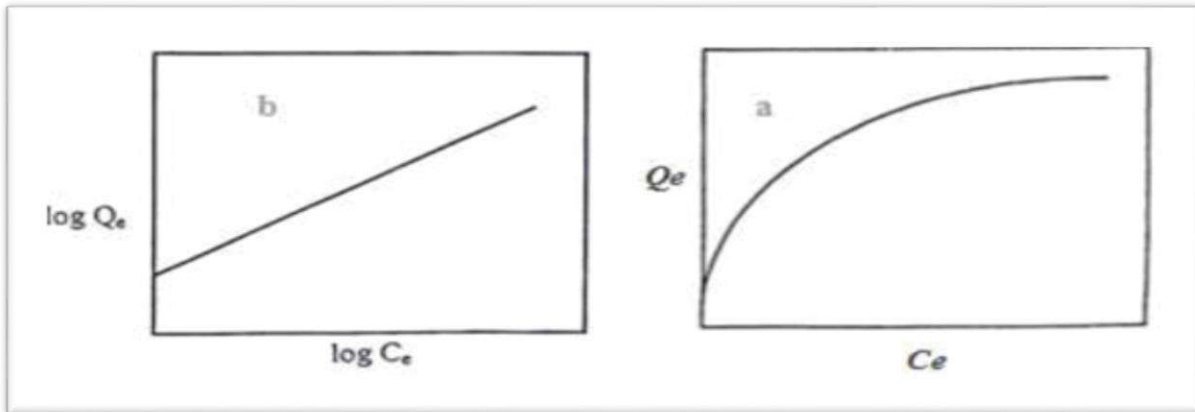
يمكن إعطاء صيغة خطية للمعادلة (1) بإدخال لوغاريتم (log) على الطرفين نحصل على المعادلة (2) :

$$\log Q_e = \log K_f + \frac{1}{n} \log C_e \dots \dots \dots (2)$$

نرسم  $\log Q_e$  بدلالة  $\log C_e$  نحصل على خط مستقيم كما هو مبين في الشكل (19 - ب-) ، ميله  $\frac{1}{n}$

والذي يمثل شدة الإمتزاز ، و تقاطع المستقيم مع محور الترتيب يحدد القيمة  $\log K_f$  و التي تعبر على

سعة الإمتزاز. [46]



الشكل - 19- أ: ايزوتارم الامتزاز لفريندليش الشكل -19- ب: الصورة الخطية لإيزوتارم فريندليش

## VII-2-5 - مختلف المعادلات المستخدمة في الامتزاز:

يلخص الجدول - 4 - أدناه مختلف العلاقات المستخدمة في الامتزاز [44] .

الجدول -4: مختلف العلاقات المستخدمة في الامتزاز

العلاقة غير الخطية	العلاقة الخطية	إزوتارم
$q_e = \frac{Q_0 b C_e}{1 + b C_e}$	$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{b Q_0} + \frac{C_e}{Q_0}$	langmuir
$q_e = K_F C_e^{1/n}$	$\log q_e = \log K_F + \frac{1}{n} \log C_e$	Freundlich
$q_e = (q_s) \exp(-K_{ad} \varepsilon^2)$	$\ln(q_e) = \ln(q_s) - K_{ad} \varepsilon^2$	Dubinin-Radushkevich
$q_e = \frac{RT}{b_T} \ln A_T C_e$	$q_e = \frac{RT}{b_T} \ln A_T + \left(\frac{RT}{b_T}\right) \ln C_e$	TempKin
$\frac{\theta}{C_e} = K_{FH} (1 - \theta)^{n_{FH}}$	$\log \frac{\theta}{C_e} = \log K_{FH} + n_{FH} \log(1 - \theta)$	Flory-Huggins
$q_e = \frac{q_{SH} C_e^{n_H}}{K_D + C_e^{n_H}}$	$\log\left(\frac{q_e}{q_{SH} - q_e}\right) = n_H \log(C_e) - \log(K_D)$	Hill
$q_e = \frac{K_R C_e}{1 + a_R C_e^g}$	$\ln\left(K_R \frac{C_e}{q_e} - 1\right) = g \ln(C_e) + \ln(a_R)$	Redlich-Peterson
$q_e = \frac{K_S C_e^{\beta_S}}{1 + a_S C_e^{\beta_S}}$	$\beta_S \ln(C_e) = -\ln\left(\frac{K_S}{q_e}\right) + \ln(a_S)$	Sips
$q_e = \frac{K_T C_e}{(a_T + C_e)^{1/t}}$	$\ln\left(\frac{q_e}{K_T}\right) = \ln(C_e) - \frac{1}{t} \ln(a_T + C_e)$	Toth
$q_e = \frac{A C_e^n}{1 + B C_e^n}$	$\frac{1}{q_e} = \frac{1}{A C_e^n} + \frac{B}{A}$	Koble-corrigan
$q_e = \frac{q_s b_K C_e}{(1 + b_K C_e)^{a_K}}$	---	Khan
$q_e = \frac{a_{RP} r_R C_e^{\beta_R}}{a_{RP} + r_R C_e^{\beta_R} R^{-1}}$	---	Radke-Prausnitz
$q_e = \frac{q_s C_{BET} C_e}{(C_s - C_e) \left[1 + (C_{BET} - 1) \left(\frac{C_e}{C_s}\right)\right]}$	$\frac{C_e}{q_e (C_s - C_e)} = \frac{1}{q_s C_{BET}} + \frac{(C_{BET} - 1) C_e}{q_s C_{BET} C_s}$	BET
$\ln\left(\frac{C_e}{C_s}\right) = -\frac{\alpha}{RT} \left(\frac{q_s}{q_e d}\right)^r$	---	FHH
$C_e = q_s \left(\frac{K}{\ln(C_s/C_e)}\right)^{1/3}$	---	MET

## VII-3-3 - أنواع الممتزات:

## VII-3-1- الزيوليت:

اكتشف الزيوليت (Zeolite) عام 1756 م من طرف العالم السويدي فريدريخ أكسل كرونستيت ، حيث تم اشتقاق هذا الإسم من الكلمة الإغريقية والتي تعني الحجر الذي يغلي ، حيث أن هذا الخام يكون رغوه عند تسخينه حتى درجة 200م° .

يعرف الزيوليت على انه سيليكات الألمنيوم المائية المحتوية على العناصر القاعدية الترابية و هو مادة بلورية ثلاثية الأبعاد تتكون من ارتباط رباعي الوجوه من الألمنيوم و السيليكون (TO<sub>4</sub>) حيث ( T: Al,Si ) ، ومنه فإنها تظهر شحنة سالبة على بنيته و التي يمكن ان تعوض بواسطة كاتيونات العناصر القاعدية او القاعدية الترابية حيث يمكن استبدالها مع ايونات أخرى مما يكسب الزيوليت خاصية التبادل



الأیوني ، يمكن الحصول على الزيوليت الطبيعي من الترسبات الطبيعية كما يمكن تصنيعه حيث تم تشكيل 150 نوعا صناعيا حتي الان ، وستة انواع طبيعية ذات نقاوة عالية و هي كلينوبتلايت (Clinoptilolite) شابازيت (Chabazite) ، موردينايت (Mordenite) ، إيرونايت (Erionite) ، فيريرايت (Ferrierite) ، فلبسايت (Phillipsite) .

يمتاز الزيوليت بخاصيتين رئيسيتين هما المناخل الجزيئية و هو مصطلح يعين مسامية المواد الصلبة و التي تعمل كمناخل على المستوى الجزيئي حيث تمتاز بالإمتزاز الإنتقائي ويعود ذلك لحجم القنوات المنتظم في التركيب الزيوليت ذات حجم بقطر  $10^{-3}$  انغستروم ، وسعة الإدمصاص العالية للمياه و المواد القطبية ، أما الخاصية الثانية فتكمن في سعة التبادل الكاتيوني و الفضل يعود للكاتيونات المحجوزة في فراغات بنية الزيوليت مثل الصوديوم و البوتاسيوم و الكالسيوم و المغنيسيوم و هي المسؤولة عن إحداث التبادل الكاتيوني مع ايونات الموجودة في المحلول .

يدخل الزيوليت في العديد من المجالات كالصناعة و الزراعة و البيئة و الطب حيث يستخدم:

- ✓ كمحفز.
- ✓ كمتز.
- ✓ التبادل و الفصل الأيوني.
- ✓ الصابون و المنظفات.
- ✓ معالجة المياه
- ✓ الزراعة و تحسين التربة.
- ✓ التطبيقات النووية: كإزالة السيزيوم.
- ✓ الصناعات البتروكيميائية.
- ✓ صناعة الإسمنت. [47]

### VII - 3-2- الكربون المنشط :

يعد الكربون المنشط من المواد ذات القدرة العالية على الامتزاز, حيث يمتلك للكربون المنشط التجاري مساحة سطحية تتراوح بين (600 – 1200 m<sup>2</sup>/mg) و يعرف على انه ماده مسامية نتجت عن خلل في التركيب البلوري أثناء التحضير مما أدى إلى ظهور مسامات والتي تكون هي السبب في قدرته العالة على الامتزاز [48] ، وقد عرفت الخواص الامتزازية للكربون المنشط منذ وقت المصريين القدماء حيث استخدم في تنقية المياه المستعملة للإغراض الطبية [49] ، وقد استخدم الكربون المنشط منذ وقت بعيد إلى وقتنا الحاضر في مجالات مختلفة أهمية تنقية المياه الملوثة بالصبغات و المواد العضوية المختلفة بالإضافة إلى العناصر الثقيلة مثل الرصاص و الكاديوم إضافة إلى الزئبق و غيرها ، وفي تنقية الغازات و السوائل بالإضافة إلى استخدامه في الأغراض الطبية كإمتزاز السموم و الجرعات الزائدة من المخدرات و الأدوية من الجسم وذلك بسبب تكلفته المنخفضة وتوفره وفعاليته [50] .

## VII-3-3- هلام السيليكا:

هلام السيليكا ذو شكل مسامي ، غير متبلور صيغته  $(SiO_2, nH_2O)$  ، و على الرغم من أنه يحتوي على نفس التركيب الكيميائي للرمل ، إلا أن هلام السيليكا يختلف اختلافاً جذرياً مع المواد الأخرى التي تعتمد على  $SiO_2$  ، نظراً لتركيبها الداخلي الفريد ، فهو يتألف من شبكة واسعة من المسام المجهرية المترابطة ذات نطاق واسع من القطر بين 5 و 300 أنغستروم ، تُعتبر جِلُّ السيليكا بمتوسط حجم المسام حوالي 20 أنغستروم وتُعرف بهلام سيليكا المسام الضيقة.

تسمى هلام السيليكا التي يبلغ متوسط حجم المسام فيها حوالي 110 أنغستروم ، هلام واسع المسام ، إن سطح هلام السيليكا يتألف أساساً من  $Si-OH$  ومجموعات  $Si-O-Si$  ويجري الترابط القطبية بينهما [51] ، يتميز هلام السيليكا بقدرة ممتازة على امتصاص الماء بنسبة تصل إلى 35-40% من كتلتها الجافة حيث يتم الاحتفاظ بالماء على السطح عن طريق قوى التشتت والقوى القطبية.

عموماً يستعمل هلام السيليكا كمجفف شائع في حفظ الأغذية ، والتحكم في الرطوبة ، والعديد من الأجهزة الطبية. ، يعمل التنشيط على تحرير مساحة السطح الداخلية الكبيرة وحجم المسام ، مما يتيح الامتصاص المادي والتكثيف الشعري فهو يستعمل كمتر للكحول الإيثيلي [52] .

كما انه يعدل كيميائياً مع فوسفات الزركونيوم لتحديد الرصاص والنحاس [53] ، أو مع حمض الغاليك لاستخلاص الطور الصلب للرصاص(II) والنحاس(II) والكاديوم(II) والنيكل (II) [54] ، ويمكن تجديده من خلال التسخين .

## VII-4-3- الطين:

يتميز الطين بقدرة امتزاز عالية و هذا راجع إلى مساحة سطحه النوعي و قدرة التبادل الكاتيوني و تتفاوت على حسب نوع معدن الطين المشكل له ، واستغلت خاصية الامتزاز له في العديد من المجالات تم تناولها في الفقرة VI .

## المراجع باللغة العربية:

- [6] شفيق إبراهيم عبد العالي، محمد عبد العزيز طه ضيف، كيمياء الأراضي، دار النشر القاهرة، مصر، ص 48، 49 (1998).
- [47] محمد صالح المجادل، دراسة كفاءة الزيولايت الطبيعي و المعدل (الأردني) في إزالت المعادن الثقيلة من المياه الجوفية، رسالة دكتوراه، هندسة بيئية، جامعة تشرين، الجمهورية العربية السورية، ص 1، 2 (2014).
- [48] رمضان، عمر موسى غزال، رعيد يوسف علي، ميادة محمود، تحضير كاربون منشط من قشور جوز الهند والمواد المضافة (النايلون 6.6) بواسطة الكربنة الانصهارية الجافة في الوسط القاعدي، المجلة القطرية للكيمياء المجلد 20، العدد 20، ص 457-463، (2005).
- [49] الحلاجي اوس نزار، تأثير تركيب المواد البوليمرية على فعالية الكربون المنشط، مجلة تكريت للعلوم الصرفة المجلد 16 العدد 3، ص 136-140، (2011).
- [50] سوزان فرج جبار البدران، تحضير الكربون المنشط بواسطة التنشيط الكيميائي بحامض الفوسفوريك المركز باستخدام نوى البير كمادة أولية، مجلة أبحاث البصرة (العلميات) العدد 39. الجزء 4، ص 99، (2013).

## المراجع باللغة الأجنبية:

- [1] R E. Grim Clay mineralogy , McGraw-Hill , New York , 384 pp , (1953)
- [2] C D. Barton , A.D. Karathanasis , clay minerals , Encyclopedia of Soil Science , pp187-192 , (2002) .
- [3] Al-Ani . Thair , Dr . Olli Sarapää , clay and clay mineralogy physical – chemical properties and industrial uses , geologian tutkuskeskus ,1pp , (2008) .
- [4] M. Rautureau , et al , Clay and Clay Mineral Definition , Clays and Health , Chapter 2 , 7 pp , (2017) .
- [5] M J Wilson , Handbook of determinative methods in clay mineralogy. Blackie ,Glasgow pp 308 , (1987) .
- [7] G. Sposito , N.T. Skipper , R. Sutton , S.-h. Park , A.K. Soper , J. A . Greathouse , Surface geochemistry of the clay minerals , Proceedings of the National Academy of Sciences , vol 96 pp3358-3364 , (1999) .
- [8] A . decarreau , matériaux argileux . structure , propriétés et applications , société française de minéralogie et de cristallographie , pp7 , (1990) .
- [9] H . H . Murray , Applied Clay Mineralogy , Structure and Composition of the Clay Minerals , Developments in Clay Science 2 , Chapter 2 , pp19 , (2007) .
- [10] M . F. Brigatti , et al , Structures and Mineralogy of Clay Minerals , Developments in Clay Science ,Vol .1pp56 , (2006) .
- [11] A . medjnoun , Analyse , caractérisation , prevision et modélisation du comportement Des argiles gonflantes , these de doctorat , genie civil , Université de Mouloud Mammeri de Tizi - Ouzou , pp9 , (2014) .
- [12] F . hubert , modelisation des diffractogrammes de mineraux argileux en assemblages Complexes dans deux sols de climat tempere . implications mineralogique et pedologique , these de doctorat , Ecole doctorale :« ICBG » . pp28, (2008) .
- [13] O. M'bodj , N. K . Ariguib , M . T. Ayadi , A . Magnin , « Plastic and elastic properties Of The system sinterstratified clay- water-electrolyte -xantha , J .Colloid Interface Sci 273 pp 675- 684 (2004) .
- [14] F . bultel , prise en compte du gonflement des terrains pour le dimensionnement des revêtements des tunnels , these de doctorat,geotechnique , l'ecole nationale des ponts et chaussees,pp12 , (2001) .
- [15] M . F.brigatti , A.Mottana, layered mineral structures and their application in advanced Technologies , european mineralogical union and the mineralogical society of great britain Volume 11 , pp14 , (2011) .

- [16] R. calvet, Le sol , propriétés et fonctions , constitution , structure phénomènes aux interfaces éditions France agricole , tome1, pp122 , (2003) .
- [17] T. chouchane, synthese , caracterisation et application de materiaux catalytiques these de doctorat, chimie physique, universite badji mokhtar –annaba, pp66 , (2009) .
- [18] P. Djomgoue , FT-IR Spectroscopy Applied for surface Clays Characterization , Journal of surface Engineere Material and Advanced Technology , V 3 , pp 275-282 , (2013).
- [19] H . H.Murray , Structure and Composition of the Clay Minerals and their Physical and Chemical Properties , Applied Clay Mineralogy , Volume 2 , pp7-31 , (2006) .
- [20] C.Truche , Caractérisation et quantification des minéraux argileux dans les sols expansifs par spectroscopie infrarouge aux échelles laboratoire et du terrain , these de doctorat Université Paul Sabatier – Toulouse , 58 pp , (2010) .
- [21] M. Kubliha , et al , Comparison of dehydration in kaolin and illite using DC conductivit Measurements , Applied Clay Science 149 , pp 8–12 (2017).
- [22] V.A. Drits , D .K . McCarty , The nature of structure-bonded H<sub>2</sub>O in illite and Leucophyllite from dehydration and dehydroxylation experiments . Clay Miner , 55, pp45–58 (2007).
- [23] D . L . Carroll , et al , Solid-state NMR characterisation of the thermal transformation of A Hungarian white illite , Solid State Nucl . Magn , Reson . 28 , pp 31–43 , (2005) .
- [24] I .E .Odom , Smectite clay minerals : properties and uses , Phil .Trans . R . Soc . Lond . A 311, pp 391- 409 , (1984) .
- [25] W. A . basset , The Geology of Vermiculite Occurrences , Clays and Clay Minerals 10 pp 61-93 (1963) .
- [26] O. Folorunso , microwave processing of vermiculite , Thesis submitted to the University of Nottingham for the degree of Doctor of Philosophy, 10, pp 11 , (2015).
- [27] N. Wu , et al , Organic intercalation of structure modified vermiculite , Journal of Colloid and Interface Science 457, pp 264–271 , (2015) .
- [28] P. Bayliss, Nomenclature of the trioctahedral chlorites . Canadian Mineralogist 13 pp 178–180 , (1975) .
- [29] F . Bergaya , M .Vayer, CEC of clays : Measurement by adsorption of a copper ethylene diamine complex , Applied Clay Science 12 , pp 275-280 , (1997) .
- [30] B .W. Bache , The measurement of cation exchange capacity of soils , J. Sci . Food Agric.V27, pp 273–280 , (1976) .
- [31] M . E. Sumner ,W. P. Miller, Cation Exchange Capacity and Exchange Coefficients Soil Science Society of America and American Society of Agronomy, ch40 , pp 1201-1229 (1996) .
- [32] F. Bergayaa , G. Lagalyb , M . Vayera , Cation and Anion Exchange , Handbook of Clay Science Developments in Clay Science , Vol. 5B . pp 333-359 , (2013).
- [33] F. Macht , et al , Specific surface area of clayminerals :Comparison between atomic force microscopy measurements and bulk-gas (N<sub>2</sub>) and -liquid (EGME) adsorption methods Applied Clay Science, 53 , pp 20–26 , (2011) .
- [34] K .D. Pennell , Specific Surface Area , SSSA Book Series , Methods of Soil Analysis : Part 4 Physical Methods , 5.4 , pp 295 – 315 , , (2002) .
- [35] C.T. Johnston , E . Tombacz , Surface chemistry of soil minerals In : Dixon, J.B Schulze , D.G.(Eds ) , Soil mineralogy with environmental applications . SSSA Book Ser. 7. SSSA , Madison , pp . 37–68 , (2002) .

- [36] S. O. Obaje , J. I. Omada , U. A . Dambatta , Clays and their Industrial Applications : Synoptic Review International Journal of Science and Technology, Volume 3, pp 264-270 (2013).
- [37] D. M. Ruthven, Principles of adsorption & adsorption processes , Hoboken , NJ , USA : Wiley , (1984) .
- [38] PAC 46 , 71 (Manual of Symbols and Terminology for Physicochemical Quantities and Units - Appendix II. Definitions, Terminology and Symbols in Colloid and Surface Chemistry Part II: Heterogeneous Catalysis) on , pp 75 , (1976) .
- [39] PAC, 62, 2167 (Glossary of atmospheric chemistry terms (Recommendations 1990)) on pp 2179 , (1990) .
- [40] K .S .W. Sing , et al , Reporting physisorption data for gas/solid systems with special reference to the determination of surface area and porosity. Pure and Applied Chemistry pp 57 (1985).
- [41] K. Milan , Adsorption , chemisorption , and catalysis , VERSITA , pp 4 , (2014) .
- [42] C .H .GILES , et a l , A System of Classification of Solution Adsorption Isotherms, and its Use in Diagnosis of Adsorption Mechanisms and in Measurement of Specific Surface Areas of Solids .London, pp 3973, (1960) .
- [43] H .charles.giles , et al , A General Treatment and Classification of the Solute Adsorption Isotherm , I . Theoretical , Journal of Colloid and Interface Science ,Vol .47, No .3 ,(1973).
- [44] K .Y .Foo , B.H.Hameed , Insights into the modeling of adsorption isotherm systems Chemical Engineering Journal ,156 pp 2–10 ,(2010) .
- [45] L .Czepirski , M.R.Balys , E.K .Czepirska , some generalization of langmuir absorption Isotherm , internet journal of chemistry ,vol 3.article 14 ,(2000).
- [46] A.O. Dada , A .P.Olalekan , A.M .Olatunya , O.DADA , Langmuir , Freundlich , Temkin And Dubinin Radushkevich Isotherms Studies Of Equilibrium Sorption of  $Zn^{2+}$  Unto Phosphoric Acid Modified Rice Husk . IOSR Journal of Applied Chemistry, Volume 3 Issue 1, pp 38-45 , (2012) .
- [51] K .C . Ng , Experimental investigation of the silica gel-water adsorption isotherm Characteristics , Applied thermal Engineering ,V21, pp 1631-1642 , (2001) .
- [52] S. masamune , J. M. smith , Adsorption of Ethyl Alcohol on Silica Gel ,A.I.Ch.E. journal Vol. 11, No. 1, pp 41-45 ,(1965) .
- [53] E. Matoso, L.T. Kubota , S. Cadore , Use of silica gel chemically modified Zirconium phosphate for preconcentration and determination of lead and copper by flame atomic absorption spectrometry, Talanta ,V 60 , pp1105-1111 , (2003).
- [54] F. Xie , et al , Solid phase extraction of lead (II) , copper (II), cadmium (II) and nickel (II) using gallic acid-modified silica gel prior to determination by flame atomic absorption Spectrometry , Talanta ,V 74, pp 836–843 , (2008) .

# الباب الثاني

## عموميات حول المياه المستعملة

### المحتوى العام

- I- مدخل
- II- دورة الماء في الطبيعة
- III- تعريف المياه الملوثة
- IV- تعريف المياه العادمة (مياه الصرف الصحي)
- V- مصادر المياه العادمة
- VI- الملوثات المحتملة في المياه العادمة
- VII- آثار الملوثات في مياه الصرف الصحي
- VIII- تشخيص التلوث و قياسه
- IX- معالجة مياه الصرف الصحي

الجزء النظري: الصفحة من 32 إلى 62.

## I- مدخل:

الماء عنصر أساسي في نمو و تكاثر كل من على البسيطة ، قال تبارك و تعالى "أَوَلَمْ يَرَ الَّذِينَ كَفَرُوا أَنَّ السَّمَاوَاتِ وَالْأَرْضَ كَانَتَا رَتْقًا فَفَتَقْنَاهُمَا وَجَعَلْنَا مِنَ الْمَاءِ كُلَّ شَيْءٍ حَيٍّ أَفَلَا يُؤْمِنُونَ" (30 من سورة الأنبياء) ، حيث يشترك في جميع التفاعلات الحيوية أو البيولوجية ، و هو مذيّب جيد للكثير من المركبات العضوية و غير العضوية ويعتبر وسط جيد لنمو و تكاثر الكثير من الأحياء الدقيقة كالمكروبات والجراثيم و الطفيليات والفيروسات ، لذا يعتبر وسط هش سهل التلوث .

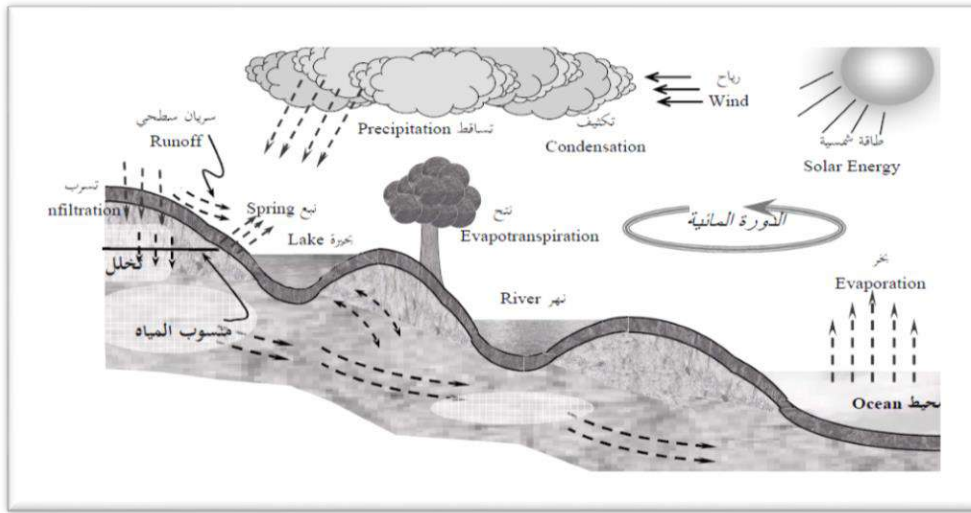
## II - دورة الماء في الطبيعة :

يشكل الماء حركة دائمة في الطبيعة تعرف بدورة الماء في الطبيعة ، حيث المياه المتكاثفة تشكل سحباً و تنزل بشكل أمطار، أو صقيع أو جليد على سطح الأرض ، وتتجمع هذه الأمطار مشكلتاً سيول و وديان ثم انهار و تتجمع في برك و بحيرات ، و منها يستقر في البحار و المحيطات ، و منها من يترشح من خلال التربة فينسب إلى باطن الأرض ، ليتجمع في باطن الأرض مشكلاً مياه جوفية هذه المياه تخرج من جديد إلى باطن الأرض مشكلتاً ينابيع و عيون ، تكتمل هذه الدورة بتبخر الماء من البحار و المحيطات والأنهار و الأودية و البحيرات وكذلك البخار الناتج عن نتح النباتات فتتجمع من جديد على شكل سحب ليسوقها الريح و تهطل من جديد على شكل أمطار [1] ، الشكل (20) يوضح ذلك ، الجدول (5) يعطي النسب المئوية للماء في الأرض.

قد يتدخل الإنسان ليفسد في هذه الدورة و يلقي ما استعمله من ماء في شتي المجالات المنزلية الصناعية الزراعية و غيرها و الذي يكون محملاً بشتى أنواع المخلفات و الملوثات فيلوث تلك المياه المتواجدة في الطبيعة ، من أجل ذلك و لسلامة الصحة العامة للإنسان و الحيوان وضعت مجموعة من المعايير الدولية تشير إلى الحد الأقصى المسموح به في المياه.

الجدول- 5: النسب المئوية لتواجد الماء في الأرض [2]

الموقع	النسبة المئوية (%)
البحيرات المائية العذبة و الأنهار و مياه التربة و الجوفي	0.62
البحيرات المالحة و البحار الداخلية	0.008
الغلاف الجوي	0.001
المياه المتجمدة القطبية و الجليد	2.1
البحار و المحيطات	97.25



الشكل-20: تخطيط مبسط لدورة الهيدرولوجية للمياه في الطبيعة [2]

### III- تعريف المياه الملوثة:

- ✓ التلوث هو إدخال المواد إلى الماء بتركيز كاف لجعل الماء غير صالحة للاستخدام المقصود [2].
- ✓ يعرف تلوث الماء بأنه أي تغيير في الخصائص الفيزيائية أو الكيميائية أو البيولوجية للمياه يسبب تغيير حالتها بشكل مباشر أو غير مباشر، بحيث تصبح أقل صلاحية للاستخدامات المختلفة المخصصة لها كالشرب والاستخدامات المنزلية أو الزراعية.
- ✓ يحدث تلوث المياه عند تنفسي النفايات السائلة غير مرغوب فيها في نظام المياه وبالتالي تتغير نوعيته [3] ، مما يجعله غير صالح للشرب أو الاستحمام أو الطبخ أو استخدامات أخرى [4] .
- ✓ وعرف هوبكنز وشولز Hopkins et Schulz سنة 1954 م الماء الملوث بأنه الماء الذي تنخفض درجة جودته نتيجة لاختلاطه بمخلفات الصرف الصحي أو غيرها من المخلفات فتجعله غير صالح لشرب أو استعماله للأغراض الصناعية ، يعتمد تأثير مكونات الماء عند استعماله على تركيزها ، فإذا كانت بتركيز منخفض بدرجة كافية في الماء لا يكون لها تأثيراً ضاراً عند استعمال الماء في أي غرض ، وفي الواقع هناك العديد من المكونات التي يمكن الاعتراض على وجودها بتركيز مرتفع ولكن وجودها يمكن أن يصبح مقبولاً في حالة وجودها بتركيز منخفضة عند استخدام الماء في غرض معين [5] .

### IV - تعريف المياه العادمة (مياه الصرف الصحي):

- المياه الصادرة عن الفعاليات البشرية (منزلية - تجارية - صناعية) ، و يطلق عليها أيضاً مياه المجاري أو الصرف الصحي لأنها في الغالب تصرف في شبكة المجاري العامة في المدينة .
- تشكل المياه العادمة حوالي 80% من المياه العذبة المستهلكة في المدن ، و تتألف من الماء بنسبة 99% و الباقي شوائب و ملوثات [6] .



**V- مصادر المياه العادمة:**

تنتج الأنشطة البشرية و المنزلية والزراعية والصناعية والتربة و الأمطار و السيول ، جميع أنواع النفايات التي يتم نقلها بوسائل الماء ، و من المحتمل أن تولد أنواعًا مختلفة من التلوث في البيئة ، هذه المياه المحملة بالنفايات تسمى المياه العادمة.

**V – 1- المصادر الطبيعية :****V – 1- 1- مياه الأمطار:**

تهطل الأمطار وتتحمل قطرات الماء بالملوثات الموجودة في الهواء(الغبار، الدخان الناتج عن مداخن المصانع أو السيارات) ، وقد تكون هذه الأمطار ذات طبيعة حمضية حسب الوسط التي سقطت فيه [7] .

**V – 1- 2- مياه السيول و الجريان:**

تتجمع المياه الآتية من الأمطار لتشكل جريان أو سيول ، تجر معها التربة و ما قامت بإذابته من أملاح وملوثات أخرى كانت مأكثة فيها، و في اغلب الدول النامية هذه السيول تصرف في مجاري صرف المياه العادمة (الصرف الصحي) للمدن [7] .

**V – 2 - المصادر البشرية:****V – 2 – 1 - مياه الصرف المنزلية :**

هي مياه الصرف الصحي التي تأتي من المنشآت والخدمات السكنية ، التي تنتج أساسًا عن طريق الأيض البشري والأنشطة المنزلية (المياه الرمادية ومياه الصرف الصحي) ، حيث تحتوي على ملوثات عضوية وغير عضوية ، وهي غير متجانسة ، وسهلة المعالجة [8] .

**V – 2 – 2 - مياه الصرف الصناعي :**

هي نواتج سائلة تنتج من خلال استخدام المياه للأغراض الصناعية أو بقايا مواد مصنعة مثل الزيوت، مياه الصرف الصناعي ، تعمل الصناعة على تلويث المجاري المائية بما تلقيه من مخلفاتها و نواتجها الثانوية ، و التي تؤدي بذلك إلى القضاء على الحياة في المسطحات المائية أو تسمم الأسماك ، من النظرة البيئية يمكن تصنيف هذه المياه من حيث المصدر إلى :

**V – 2 – 2 – 1 - المياه العادمة الصناعية غير العضوية :**

تنتج المياه العادمة غير العضوية من خلّاطات الإسمنت، ومصانع الحديد ، وغيرها،وتحتوي هذه المياه على نسب مختلفة من مواد عالقة يمكن ترسيبها بالمواد المخترّرة كأملح الألمنيوم ، إضافةً إلى نسب مختلفة من المواد المترسبة ، و الذائبة ، الناتجة عن عمليات التصنيع المختلفة كصهر الحديد ، وتصنيع الألمنيوم ، وغيرها [9] .

**V - 2 - 2 - 2 - المياه العادمة الصناعية العضوية :**

تنتج المياه العادمة الصناعية العضوية من عدة صناعات ، كالصناعة الدواء ، والدباغة ، ومصافي البترول وغيرها ، و تختلف نوعية المواد العضوية الناتجة حسب نوعية الصناعة ، فبعضها ضار وصعب التحلل والبعض الآخر أقل ضرراً وسهل التحلل [9] .

**V - 2 - 3 - المياه العادمة الزراعية :**

هي المياه الناتجة عن الأنشطة الزراعية المختلفة وتحتوي مواد عضوية سهلة التحلل ، و كذلك المياه العادمة الناجمة عن تصنيع الأعلاف ، حيث تحتوي على تركيزات عالية من المواد و الأحماض العضوية ومركبات النيتروجين المختلفة ، ويجب حجز هذه المياه عن المياه السطحية ، لأنها تجعلها حمضية وتستهلك الأوكسجين المذاب فيها مما يدمر الحياة المائية ، وإذا عولجت هذه المياه بطريقة ملائمة ، فإنها لا تشكل خطراً على البيئة حيث يمكن إعادة المواد الموجودة فيها إلى دورتها الطبيعية باستعمالها في الزراعة والاستفادة من المغذيات النباتية ، والمواد المحسنة للتربة فيها [1] .

**VI - الملوثات المحتملة في المياه :**

تتصف المياه العادمة عموماً بأنها مصدر هام من مصادر التلوث الذي يعتبر خطراً على الصحة العامة نظراً لاحتوائها على العديد من الملوثات التي يمكن أن تكون فيها حيث تصنف إلى :

**VI - 1 - ملوثات فيزيائية :**

يمكن إزالتها بعمليات فيزيائية مباشرة كالترسيب أو الترشيح أو التصفية أو الامتزاز أو الفصل الغشائي أو التبخير ... الخ. ومن أهم هذه الملوثات الرمال و الجريش والشوائب الخاملة [6] .

**VI - 2 - ملوثات كيميائية :**

تتطلب لإزالتها تطبيق بعض العمليات الفيزيوكيميائية أو الكيميائية كالتبادل الأيوني أو الترسيب الكيميائي ... الخ. وقد تكون هذه الملوثات عضوية مثل الهيدروكربونات والدهم والزيوت والشحوم والمبيدات الحشرية والعشبية والبروتينات و الفينولات .. الخ، أو لاعضوية ومنها القلويات والأحماض و الكلوريدات والمعادن الثقيلة والنتروجين و الفوسفور والكبريت ، أو غازية مثل كبريتيد الهيدروجين و الأمونيا والميثان [6] .

**VI - 3 - ملوثات حيوية :**

أن غالبية الكائنات الحية الدقيقة التي تنقلها المياه والتي تسبب المرض البشري هي من النفايات البرازية التي يطلقها البشر أو الحيوانات التي تحتوي على هذه الأمراض ، ترتبط المخاطر الصحية الأكثر شيوعاً باستهلاك مياه الشرب والترفيه غير المعالجة تسببها البكتيريا والفيروسات والأوليات ، كما أن المياه غير المعالجة هي وسيلة للعديد من الأمراض المرتبطة بالماء ، مثل حمى التيفوئيد والكوليرا والتهاب الكبد ألف ، غالبية الكائنات الدقيقة المسببة للأمراض لها القدرة على التسبب في أمراض حادة ومزمنة قصيرة

أو طويلة مثل أمراض القلب وقرحة المعدة ، و لإزالتها تطبيق بعض العمليات الحيوية أو الفيزيوكيميائية كالمعالجة الحيوية أو التعقيم [10] .

### VII - آثار الملوثات في مياه الصرف الصحي :

إن إحدى التهديدات الرئيسية للكائنات المائية هي وجود ملوثات في مياه الصرف الصحي السائلة الملوثات الرئيسية تكمن في المغذيات (النيتروجين و الفوسفور) و الهيدروكربونات والمعادن الثقيلة والميكروبات.

#### VII -1- آثار النيتروجين و الفوسفور:

يعد النيتروجين و الفوسفور أهم المغذيات في مياه الصرف الصحي ، حيث يحتل النيتروجين المقام الأول على شكل الأمونيا والنيتروجين العضوي ، في حين يحتل الفوسفور المقام الثاني فيوجد على هيئة أيون الفوسفور القابل للذوبان ، أو الفوسفات العضوية ، أو أشكال من الفوسفور / الأوكسجين الأخرى [11] .

#### VII -2- آثار المعادن الثقيلة :

تم العثور على معظم المعادن الثقيلة في مياه الصرف الصحي برغم من بعض المعادن الثقيلة ، مثل الزنك والنحاس والحديد وصفها بأنها ضرورية في البيئة المائية بسبب أدوارهم في العديد من العمليات البيوكيميائية لكنها تصبح ضار عندما تكون موجودة في تراكيزات عالية [6]، دمج المعادن الثقيلة في سلاسل الغذاء يؤثر على الحالة الفيزيولوجية للكائنات الحية المائية ، كما أنها تشكل تهديداً على صحة الإنسان والحيوانات والنباتات لأن معظم المعادن الثقيلة المعروف عنها أنها سامة و مسرطنة مثل الزنك والنحاس والنيكل والزرنيخ ، حتى عند انخفاض تركيزها ، إذا وصلت إلى المسطحات المائية أو تسربت إلى مياه الشرب من مياه الصرف الصحي [10] .

#### VII -3- آثار التلوث الحيوي :

يمكن تقسيم مسبب الأمراض الميكروبية التي تحدث عادةً في الماء ومياه الصرف الصحي إلى أربع مجموعات منفصلة ، هذه المجموعات هي الفيروسات (viruses) والبكتيريا (bacteria) ، و البرتوزوا الممرضة (protozoaires pathogens) والديدان المسببة للأمراض (helminthes pathogens). وغالبية هذه العوامل الممرضة معوية في الأصل، أي أنها تفرز في مادة البراز الذي يلوث البيئة [12] .

#### VII-3-1- المكروبات :

وبما أن التلوث بالبراز يمثل مصدر رئيسي لكثير من العوامل الممرضة الميكروبية ، فإن مياه الصرف الصحي في مياه المجاري على وجه الخصوص ، تشكل مخاطر صحية محتملة ، كما يمكن أن تتلوث مصادر أخرى للمياه بمواد برازية بشرية وحيوانية ، ومن ثم فإنها قد تسبب الأمراض الميكروبية. هناك أيضاً العديد من مسببات الأمراض غير المعوية ، ومختلف مسببات الأمراض الانتهازية ، والتي يمكن أن

تكون مسبقة في الماء وتكون خطرا محتملا للمرض ، الجدول(6) يعطي مجموعة من الأمراض المحتملة لبعض البكتيريا المتوقع وجودها في المياه العادمة [15، 14، 13، 16]

الجدول-6: مسببات الأمراض البكتيرية في البراز

المصدر	إمكانية الإصابة بالعدوى	نوع المرض الذي تحدثه	المكروبات (الجراثيم)
الإنسان و الحيوانات	نعم	إسهال،تسمم الدم،التهاب السحايا، الإجهاض للحوامل	Campylobacter fetus المننتة
الإنسان	لا نعم	غير ممرضة عموما إسهال	Escherichia coli - الإشريكية القولونية Pathogenic - الإشريكية القولونية الممرضة Escherichia coli
الإنسان	نعم نعم نعم	حمى التيفونيد حمى الباربا تيفونيد التسمم الغذائي وغيرها من السالمونيلوز	السالمونيلا Salmonella typhi - السلمونيلا التيفونيدية paratyphi - السلمونيلا النظيرة التيفونيدية Salmonella - أنواع أخرى
الإنسان	نعم نعم	كوليرا الإسهال	الضمة Vibrio cholera - ضمات الكوليرا - ضمات أخرى
الإنسان	نعم	الإصابات الجلدية، تسمم الدم والتهاب عضلة القلب والتهاب العظام	البكتريا العنقودية المرضية (المكورات العنقودية الذهبية) Staphylococcus aureus
الإنسان و الحيوانات	نعم	الإسهال و التسمم الدموي	Yersinia enterocolitica
الحيوان	نعم	إصابات حادة تظال الكلى والكبد و الجهاز العصبي المركزي (ويدعى بمرض ويل)	ليبوسبيريا Leptosira
المخلفات المائية الخاصة بالمستشفيات	نعم	التدرن الرئوي و السل	Mycobacterium tuberculosis المتفطرة السلية
الإنسان و الحيوانات	نعم	عطش ترافقه حمى وبرودة وصداع و التهاب عطش رئوي	ليجيونيلا نيوموفيليا (الفيلقية المستروحة) Legionella pneumophila

### VII-3-2- الفيروسات:

تعد الفيروسات من بين أهم العوامل المسببة للأمراض الميكروبية الموجودة في الماء وأكثرها خطورة (أنظر الجدول-7) ، يمكن أن تحتوي المياه غير المعالجة على مجموعة من الفيروسات الممرضة للبشر [17] ، في مياه الصرف الصحي تم الكشف أعدادا من الفيروسات بتركيز يتجاوز  $10^6$  إلى  $10^8$  جسيمات فيروسية / لتر [18] .

إن جميع الفيروسات المسببة للأمراض المنتشرة في الماء تدخل البيئة من خلال تلوث البراز من الأشخاص المصابين، الفيروسات عادةً ما تكون أكثر مقاومة لعمليات المعالجة ، وهي أكثر عدوى وتتطلب جرعات أصغر لتسبب العدوى من معظم أنواع الممرضات الأخرى [12].

الجدول-7: بعض الفيروسات و الأمراض التي تسببها. [16, 19, 20]

المصدر	احتمالية العدوى	الأمراض التي تسببها	الفيروسات
الإنسان	نعم	عدة احتمالات من بينها: التهاب المعدة والأمعاء ، والجهاز التنفسي ، والعين ، النزفي الحاد ، والسحايا والدماغ	Adenoviruses الفيروسات الغدية
الإنسان	نعم	شلل الأطفال و اعراض اخرى	Enteroviruses الفيروسات المعوية
الإنسان	نعم	إلتهاب المعدة والأمعاء،التهاب السحايا	Poliovirus - فيروس شلل الأطفال
الإنسان	نعم	التهاب الكبد المعديّة	Enterovirus - فيروس الأمعاء
الإنسان	نعم	تؤثر على الجهاز الهضمي والجهاز التنفسي	Hepatitis A فيروس التهاب الكبد الوبائي
الإنسان و الحيوان	نعم	بارتفاع الحرارة المصحوب بالإسهال المائي والتقيؤات	virus فيروس رَيَوِي (فيروس تَنَفْسِيّ مَعْوِيّ يَتِيم) Reoviruses
ربما الإنسان	نعم		Rotavirus فيروس عجلي

### VII-3-3- الكائنات الأولية (الأوليات) (البروتوزا Protozoa):

تضم هذه الشعبة ما يزيد عن 50000 نوعاً تعيش في مختلف أنواع البيئات أينما توفرت درجة رطوبة كافية. تعود الأوليات إلى مملكة الأولانيات Protista ، وهي حيوانات تتكون أجسامها من خلية واحدة unicellular ، لها القدرة على القيام بجميع الفعاليات الحيوية مثل التغذية والنمو والتكاثر، وتعيش الأوليات في الأوساط المائية كالماء المالح أو العذب أو سوائل أخرى كالدّم، و المياه والمياه العادمة ، تم اكتشافها في المياه الملوثة بالمواد البرازية ، وتميل إلى أن تكون موجودة في أعداداً منخفضة بالمقارنة مع تعداد البكتيريا.

العديد من أنواع لأوليات يمكن أن تصيب الإنسان وتسبب المرض ، عدد منها تؤوي في أمعاء الإنسان والحيوانات الأخرى ، حيث يمكن أن تسبب الزحار أو الإسهال ، غالباً ما يتم تمرير الأشكال المعوية من هذه الخلايا الأولية كأكياس في البراز ، ويكون الرجل مصاباً عندما يبتلعها ، تعتبر ثلاثة أنواع فقط من الأوليات المعوية البشرية من الكائنات الممرضة في كثير من الأحيان: الجيارديات المعوية Lamblia intestinalis ( الجياردية اللميلية Giardia lamblia ) ، Balantidum coli ، و Entamoeba histolytica (انظر الجدول- 8) [12] .

الجدول-8: بعض الأمراض التي تسببها الأوليات [17، 19، 16]

الأوليات	الأمراض التي تسببها	العدوى	مصدرها
Balantidium coli القربية القولونية	الإسهال، الزحار، المغص	نعم	الإنسان والحيوان (خاصة الخنازير والجرذان)
إنتاميبيا هستوليتيكا (المتحوّلة) الزحارية Entamoeba histolytica	تقرح القولون ، زحار أميبي وخراج الكبد	نعم	الإنسان
الجياردية المعوية Giardia intestinalis	الإسهال وسوء الامتصاص (الزحار)	نعم	الإنسان و الحيوان

## VII-3-4- الديدان الطفيلية Helminths :

الديدان الطفيلية (الديدان الخيطية والديدان الشريطية) هي طفيليات معوية شائعة ، تنتقل عن طريق البراز في البشر ، تشمل طفيليات الديدان الطفيلية الشائعة في مياه الصرف الصحي مثل الدودة الدائرية (Ascaris lumbricoides) ، الدودة الخطافية (Ascaris duodenale) أو (Nector americanus) الدودة السواطية (Trichuris trichiura) و (Strongloides stercoralis) العامل المسبب لداء الأوليات ، تشير التقديرات إلى أن ما يقرب من 25 ٪ من سكان العالم من البشر مصابون بالدودة المستديرة ، (A . lumbricoides) ، يتأثر انتشار عدوى الإسكارييس بالكثافة السكانية ومستويات الصرف الصحي ودرجة التنمية الزراعية ، تذكر منظمة الصحة العالمية أن الديدان الخيطية المعوية ( intestinal nematodes ) ، هي من أكبر المخاطر الصحية في استخدام الفضلات غير المعالجة بالإضافة إلى المياه العادمة لأغراض الزراعة / الأحياء المائية ، تم الإبلاغ عن أن الأطفال الذين تقل أعمارهم عن 19 سنة هم الأكثر تضرراً من العدوى الديدان الخيطية المعوية ، الجدول (9) يبين بعض الأمراض التي تحدثها الديدان الطفيلية أحادية الخلية [17،21] .

الجدول- 9 : بعض الأمراض التي تحدثها الديدان الطفيلية أحادية الخلية [16،22،23،24]

التوزيع	مصدرها	الانتقال	الأمراض التي تسببها	الديدان الطفيلية Helminths (الأوليات)
في أنحاء العالم	الإنسان و الحيوان	من الإنسان إلى التربة إلى الإنسان	داء الصفر الخراطيني (داء الأسكارييس)	الصفرة الخراطيني <i>Ascaris lumbricoides</i> (round worm) دودة مستديرة
-	الإنسان		داء المسلكات	لمسلكة شعيرية الذيل (دودة سوطية) <i>Trichuris trichiura</i> (whip worm)
-	الإنسان و الحيوان		داء الأسطوانيات الشعيرية.	الأسطوانيات البرازية <i>Strongiloides stercoralis</i>
في المناخ الرطب	الإنسان	من الإنسان إلى التربة إلى الإنسان	داء الإنسيلوستوما	الأنكلستوما الاثنا عشرية <i>ancylostoma duodenale</i> (الديدان الخطافية، دودة الإنسيلوستوما) (hookworms)
جنوب شرق آسيا	الإنسان أو الحيوان	من الإنسان أو الحيوان إلى الحلزون المائي ثم السمك ثم إلى الإنسان	داء متفرعات الخُصية (يسبب ضرر بالكبد والبنكرياس)	مُتَفَرِّعُ الخُصِيَّةِ الصيني (جنس من الديدان المثقوبة) <i>(clonorchis sinensis)</i> (المثقوبة الكبدية الصينية) (chinese liver fluke)
بؤرموزعة على نطاق واسع.	من الإنسان أو حيوان	من الإنسان أو حيوان إلى أسماك ثم إلى الإنسان	داء العوساء (المرض ينتج عن استهلاك الأسماك نهريّة نينة)	العوساء العريضة <i>diphyllobothrium latum</i> (شريطية السمك fish tapeworm)
في جميع أنحاء العالم	الإنسان	من الإنسان (الأطفال) إلى الإنسان	داء السرميات	السرمية الدودية <i>enterobius vermicularis</i> (الدودة الدبوسية) (Pinworm)
مناطق تربية الماشية	الأغنام	من الأغنام إلى الحلزون المائي أو النباتات المائية ثم إلى الإنسان	داء المتورقات (آلام في الصدر والبطن وتورم الكبد والتهاب الحلق والإسهال)	المتورقة الكبدية <i>(fasciola hepatica)</i>

## VIII- تشخيص التلوث و قياسه :

## VIII-1- التشخيص الفيزيائي :

## VIII-1-1- درجة الحرارة :

تعد درجة حرارة الوسط المائي عاملا ذو أهمية بالغة في التوازن الحادث في البيئة المائية، و أي تغير يحدث قد يعود لعدة أسباب منها طرح مخلفات صناعية حارة من الصناعات الكيميائية أو البترولية الثقيلة، أو كنتاج ماء التبريد للمحطات الصناعية أو المفاعلات النووية ، أو من استغلال المياه الساخنة منزليا ..... ، و قد تسبب هذه العوامل في ما يسمى بالتلوث الحراري ، الذي يرجع سلبا إلى تغيير بعض خواص المياه كالكثافة و اللزوجة و التوتر السطحي و انحلال الغازات و خاصتاً الأوكسجين ، و التفاعلات الكيميائية و الكيميائية الحيوية ، إن التغير في هته الخواص تؤثر سلبا عن التنقية الذاتية الطبيعية لازالت الملوثات.

من جهة أخرى قد يحدث خلل بيئي عند التغير في درجة حرارة الوسط المائي ، حيث انخفاضها يبطئ من نشاط الأحياء المائية بينما الارتفاع الشديد لها يعمل على قتل الأحياء الدقيقة و تنتج عنها أحيانا ظهور نباتات أو حيوانات مائية جديدة [25] .

## VIII-2-1- اللون:

إن الماء المطلق لا لون له ، غير أن اللون في المياه الطبيعية و العادمة تنتج من عدة مصادر منها المصادر الطبيعية و تتمثل في نواتج تفسخ المواد العضوية كأوراق الأشجار و الخشب و فحم المستنقعات و وجود أيونات معادن طبيعية ذائبة مثل أكسيد الحديد (اللون الأحمر) و أكسيد المنغنيز (اللون البني أو الأسود) و المصادر الصناعية مثل فضلات المناجم و صناعة النسيج و الورق و الأصباغ و الكيماويات و صناعة الأغذية و أعمال المناجم و التكرير و المسالخ و من الحمأة المنزلية.

وينقسم اللون إلى قسمين رئيسيين يضمن اللون الظاهري و الحقيقي ، ينسب اللون الظاهري إلى وجود مواد عضوية عالقة في المحلول ، أما اللون الحقيقي فينسب إلى وجود مواد ذائبة و مستخلصات مواد عضوية غروية .

تزداد شدة اللون بازدياد الرقم الهيدروجيني ، ويمكن إيجاد اللون بعدة طرق منها على سبيل المثال :

- طريقة نيسلر Nessler : وفي هذه الطريقة تتم مقارنة العينة نظرياً مع محاليل ذات درجات لون معروفة بواسطة أنابيب نيسلر ، أو تتم مقارنتها مع أقراص اللون الزجاجية المدرجة و المخصصة لقياس اللون .
- طريقة المطياف الضوئي Spectrophotometer .
- باستخدام الجهاز الحقل Field kit [1] .

## VIII- 3-1 - العكارة:

تعرف العكارة على أنها مقياس للمواد العالقة المؤثرة على مسار حزمة ضوئية مسقطه عبر عينة الماء، و تنتج في الماء من جراء وجود المواد العالقة مثل الطين والغرين والصخور المتكسرة والمواد الصغيرة العضوية وغير العضوية والمواد العضوية الذائبة الملوثة وأكسيد المعادن الترابية وألياف الخضروات والبلانكتون وغيرها من الأحياء المجهرية ، وتحتوى الفضلات السائلة على مجموعة كبيرة من المواد المكونة للعكارة .

تؤثر العكارة على عمليات التنقية والمعالجة (مثل الترشيح والتطهير) ، كما وتعبر عن نوعية الماء ، تمنع العكارة من تغلغل الضوء مما يؤدي إلى انخفاض نمو النباتات المنتجة للأكسجين ، وربما أثرت سلباً على الأحياء المائية كبؤرة لإمتزاز المواد الكيميائية [26] .

يتم قياس العكارة باستعمال جهاز التريبيدي متر Turbidimètre حيث يتم مقارنة العينة المطلوب قياس عكارتها مع محلول قياسي من السيليكا أو الكاولين أو الفورمازين ، ويسهل قياس العكارة لعينة ماء راتقة أو لعينة من الفضلات السائلة المعالجة ، غير أنه قد نحتاج إلى تخفيف المحلول قبل قياس درجة العكارة للعينة ذات العكارة العالية حيث تعطى النتائج بوحد ( NTU (nephelometric turbidity units [1]

## VIII- 4-1 - الرائحة:

في الغالب ما تظهر روائح كريهة في المياه عموماً و المياه العادمة خصوصاً و يكون مصدرها عادتاً لوجود المركبات العضوية المتطايرة أو النباتات المائية والمواد العضوية المتحللة و قد تنتج من النفايات الصناعية أو البشرية و هذا راجع لتحفيز النشاط البيولوجي لا هوائي في الغالب ، الجدول (10) يشمل بعض الروائح الكريهة و مصدرها في المياه العادمة ، تزيد درجات الحرارة الدافئة في معدل إنتاج الأيض و التحلل، كما تؤثر مستويات مختلفة من الأس الهيدروجيني على معدل التفاعلات الكيميائية المؤدية إلى إنتاج الرائحة ، و من أهم المخاطر والآثار المتوقعة من فرز الروائح الكريهة واستمرارها : الإجهاد و الإحباط النفسي والصداع والإغماء والتعب وفقدان الشهية وصعوبة التنفس وتهيج العيون ، كما وأن انتشار الروائح الكريهة لمسافات أبعد من محطات معالجة ربما ينتج عنه نقصان في عائدات السوق وقد تمتد حتى للعقارات حيث تؤثر سلباً على سعر البيع وبالتالي تؤثر على الاقتصاد القومي [26، 27] .

الجدول-10: بعض الروائح الكريهة و المواد المسؤولة عنها [27، 28]

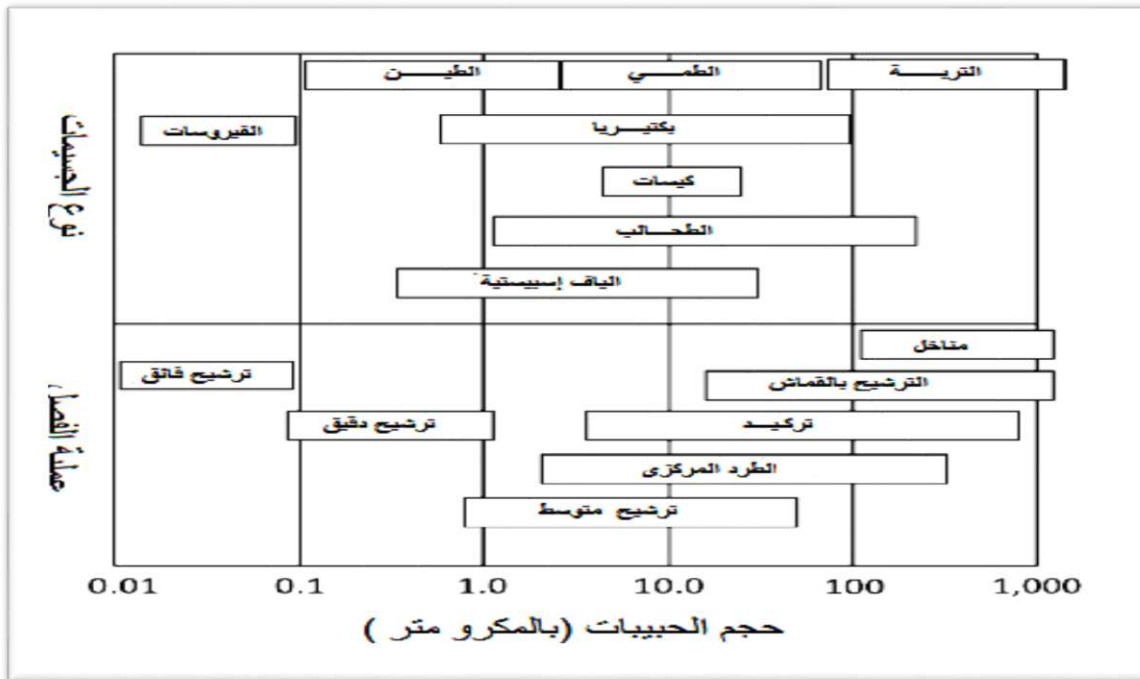
الرائحة	المواد المسؤولة عنها
أمونية	غاز النشادر NH <sub>3</sub> ، الأمونيا
بيض فاسد	كبريتيد الهيدروجين H <sub>2</sub> S
برازية	مواد الأسكاتول C <sub>8</sub> H <sub>5</sub> NHCH <sub>3</sub>
لحم متفسخ	الأمينات الثنائية مثل NH <sub>2</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> NH <sub>2</sub> و الطحالب و البروتوزوا
ملفوف فاسد	الكبريتيدات العضوية مثل (CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> S·CH <sub>3</sub> SSCH <sub>3</sub>
سمكية	الأمينات مثل (CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> N، CH <sub>3</sub> NH <sub>2</sub> ، و الطحالب و البروتوزوا
عشبية	الطحالب Algae



## VIII-1-5- المواد الصلبة :

يتم تعريف محتوى المواد الصلبة الكلية (TS) للمياه الصرف الصحي على أنه كل المواد التي تبقى كمخلفات عند تبخر وتجفيف عينة عند درجة حرارة بين 103 إلى 105 م°، ويعبر عنها بوحدة ملغ/ل. يمكن تصنيف المواد الصلبة الكلية إلى :

- ✓ مواد صلبة العالقة (MSS) تعرف بأنها المادة التي يمكن إزالتها من الماء عن طريق الترشيح [29] ، و تتكون في الغالب من مواد غير عضوية (مثل الطين) و مواد عضوية (مثل ألياف نباتية و مواد حيوية من طحالب و بكتيريا وغيره) الشكل (21) يوضح بعض المواد العالقة و طرق فصلها ، يمكن للمواد الصلبة العالقة أن تؤدي إلى تطوير رواسب الحمأة اللاهوائية عندما يتم تصريف مياه العادمة غير المعالجة في البيئة المائية.
- ✓ مواد صلبة متطايرة في معظمها مواد عضوية .
- ✓ المواد الصلبة الذائبة تتكون من الأملاح غير العضوية (مثل: بعض المعادن والفلزات والغازات) وبعض تركيزات المواد العضوية (مثل : النباتات الميتة المتحللة والمواد الكيميائية العضوية) ، قد تؤثر تركيزات عالية من المواد الصلبة الذائبة سلبًا على مياه المعالجة و استخداماتها إذا لم تعالج جيدا [30] .



الشكل-21: المواد العالقة في مياه الصرف الصحي و طرق فصلها [31]

**VIII - 1-6- الناقلية الكهربائية:**

تعرف الناقلية الكهربائية ( التوصيلية الكهربائية ) (CE) بأنها مقياس لقدرة عينة الماء على نقل تيار كهربائي وتعتمد هذه القابلية على عدة عوامل منها على سبيل المثال : نوع الأيونات ووجودها ، ودرجة تركيزها الكلية وحركتها وتكافؤها ، ودرجة حرارة المحلول قيد الفحص ، وهي مؤشر عام لجودة المياه وخاصة دالة لكميات الأملاح المنحلة في مياه الصرف الصناعية ومخلفات محطات معالجة المياه والمياه الملوثة ، تعطي وحدة الناقلية الكهربائية بـ  $\mu\text{S} / \text{cm}$  [32،33]

**VIII - 1-7- الأس الهيدروجيني pH:**

الأس الهيدروجيني يعرف على انه دالة لتركيز شوارد الهيدرونيوم في المحلول ( $\text{pH} = - \log[\text{H}_3\text{O}^+]$ ) ويشير الرقم الهيدروجيني (أو نشاط أيون الهيدروجين) إلى شدة الطبيعة الحمضية أو الأساسية للمحلول ويتم التحكم فيه بواسطة المركبات الكيميائية المذابة والعمليات البيوكيميائية في المحلول ، في المياه غير الملوثة الطبيعية يتحكم الأس الهيدروجيني بشكل أساسي بالتوازن بين أيونات ثاني أكسيد الكربون وكربونات وأيونات البيكربونات بالإضافة إلى مركبات طبيعية أخرى حيث يكون بين 6-8.5 ، يمكن أن يتأثر التوازن الحمضي الطبيعي بالمخلفات الصناعية السائلة ( الـ pH لمخلفات مصانع الغاز المعتمدة على حرق الخشب والفحم بين 3 – 3.5، بينما وحدات التبييض في مصانع النسيج بين 9-11) والترسب الجوي للمواد المكونة للحمض، يمكن أن تنجم التغيرات في الأس الهيدروجيني عن دورات التمثيل الضوئي ودورة التنفس من الطحالب في المياه المغذية ويتراوح الأس الهيدروجيني لمعظم المياه الطبيعية بين 6.0 و8.5 ، على الرغم من أن القيم الأقل تحدث في المياه المخففة ذات المحتوى العضوي العالي والقيم الأعلى في المحاليل الملحية للمياه الجوفية أو البحيرات المالحة.

يعتبر الأس الهيدروجيني متغيرًا مهمًا في تقييم جودة المياه لأنه يؤثر على العديد من العمليات البيولوجية والكيميائية داخل جسم مائي وكافة العمليات المرتبطة بإمداد المياه ومعالجتها. من الناحية المثالية ينبغي تحديد الرقم الهيدروجيني في الموقع أو مباشرة بعد أخذ العينة ، حيث أن العديد من العوامل الطبيعية يمكن أن تؤثر عليه. يتم إجراء القياس الدقيق للأس الهيدروجيني بشكل كهربائي مع قطب زجاج ،وبما أن الأس الهيدروجيني يعتمد على درجة الحرارة يجب أيضًا قياس درجة حرارة الماء من أجل تحديد درجة الحموضة بدقة ، إذا لم يكن القياس الميداني ممكنًا، فيجب نقل العينات إلى المختبر في زجاجات ممتلئة تمامًا و محكمة الإغلاق دون إضافة أي مواد حافظة [25] .

**VIII - 2- التشخيص الكيميائي:****VIII - 1-2- المركبات العضوية الكربونية:**

المادة العضوية الموجودة في مياه الصرف الصحي هي خاصية ذات أهمية كبيرة، كونها السبب في أحد المشاكل الرئيسية لتلوث المياه : استهلاك الأوكسجين المذاب من الكائنات الحية الدقيقة في عملياتها

الأيضية باستخدام واستقرار المادة العضوية ، و تتكون المواد العضوية الموجودة في مياه الصرف الصحي بشكل رئيسي من مركبات البروتين (40 ٪) ، الكربوهيدرات (25 إلى 50 ٪) ، الزيوت والشحوم (10 ٪) ، اليوريا [30] و الفينول ومبيدات الحشرية وغيرها (كمية أقل) ، من الناحية العملية ليس من الضروري تصنيف المادة العضوية من حيث البروتينات والدهون و الكربوهيدرات... إلخ بالإضافة إلى ذلك هناك صعوبة كبيرة في تحديد المكونات المختلفة للمواد العضوية في المياه العادمة في المختبر ونتيجة لذلك يمكن اعتماد مجموعة من طرق من أجل قياس المواد العضوية و تتمثل في :

### VIII-2-1-1- قياس الأكسجين المنحل DO :

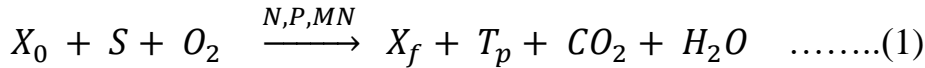
الأكسجين ضروري لجميع أشكال الحياة المائية ، بما في ذلك الكائنات المسؤولة عن عمليات التنقية الذاتية في المياه الطبيعية، و هو جزء أساسي من تقييم نوعية المياه حيث أن الأكسجين يشارك أو يؤثر في جميع العمليات الكيميائية والبيولوجية داخل المسطحات المائية تقريباً، يمكن استخدام قياس DO للإشارة إلى درجة التلوث من المواد العضوية ، وتدمير المواد العضوية ومستوى التنقية الذاتية للمياه [26]، و يعتبر أحد أهم العوامل التي تصف جودة المياه بكافة أنواعها (مياه الشرب ، المياه الطبيعية ، مياه الصرف ... إلخ) ، في حالة محطات معالجة مياه الصرف الصحي ، فإن المعلومات الخاصة بتركيز الأوكسجين المذاب في مياه الصرف الصحي في نقاط مختلفة من مراحل التنقية أمراً ضرورياً للتحكم في عمليات النترنة ونزع النتروجين [34] ، كما يستخدم في قياس الطلب على الأوكسجين الكيميائي الحيوي (DBO<sub>5</sub>) ، يختلف محتوى الأوكسجين في المياه الطبيعية مع درجة الحرارة والملوحة والاضطراب ونشاط التمثيل الضوئي للطحالب والنباتات والضغط الجوي، تقل قابلية الذوبان للأوكسجين كلما زادت درجة الحرارة والملوحة [26] .

هناك عدة طرق لتقدير الأوكسجين المذاب ، والتي تختلف من حيث الاختبارات المعملية الكيميائية منها طريقة معايرة وينكلر الكلاسيكية Winkler ( الطريقة Iodometry - ISO 5813-1983 ) وهي لا تزال أكثر وسائل التحليل الموثقة والدقيقة للأوكسجين الذائب في ماء البحر [35] ، والطريقة الكهروكيميائية لتحديد الأوكسجين الذائب في الماء و تتم باستخدام خلية كهروكيميائية معزولة عن العينة بغشاء قابل للنفاذ للغاز اعتماداً على نوع المسبار المستخدم (ISO 5814:1990(E)) .

### VIII-2-1-2- الطلب الحيوي على الأوكسجين (DBO<sub>5</sub>):

تعرف على أنها كمية الأوكسجين مقسومة على حجم النظام، التي يتم تناولها من خلال النشاط التنفسي للكائنات الحية الدقيقة التي تنمو على المركبات العضوية الموجودة في العينة (مثل الماء أو الحمأة) عند احتضانها في درجة حرارة محددة (20م°) لفترة محددة (5 أيام) ، و يرمز لها DBO<sub>5</sub>، و هي خاصية مهمة تمكنا من قياس التلوث العضوي للماء الذي يمكن أن يتحلل بيولوجياً و يتم التعبير عنها عادة بالملي غرام من O<sub>2</sub> لكل لتر [36] يتكون التحلل الحيوي الهوائي من مادة عضوية مؤكسدة بيولوجياً ، خلال هذه العملية يتم تحويل المادة العضوية بواسطة الكائنات الحية الدقيقة إلى كتل حيوية ميكروبية ، وفي نهاية

المطاف منتجات التحول من تفاعل التحلل الحيوي تحتوي على المركبات المشتقة من المواد العضوية الأولية و  $CO_2$  و  $H_2O$  ، وفقا للمعادلة (1) [37] .



$X_0$ : الكتلة الحيوية المبدئية .  $P$ : مصدر الفوسفور .

$S$ : مصادر الكربون العضوية.  $MN$ : المواد المغذية المعدنية.

$N$ : مصدر النيتروجين.  $X_f$ : الكتلة الحيوية النهائية.

$T_p$ : تحويل منتجات التحلل البيولوجي

### VIII-1-2-3-الطلب الكيميائي على الأوكسجين (DCO) :

طلب الأوكسجين الكيميائي هو تقييم آخر يستخدم لقياس مستوى تلوث المياه بالمادة العضوية ، في هذا التقييم يتم أكسدة المادة العضوية عبر عامل مؤكسد (ثنائي كرومات البوتاسيوم) وعادة ما يكون الـ DCO أعلى من الطلب الأوكسجيني البيولوجي لأن بعض المواد العضوية في الماء المقاوم للأكسدة الميكروبية وبالتالي لا تشارك في الطلب الأوكسجيني البيولوجي يمكن تأكسدها كيميائيا بسهولة [28] .

### VIII-1-2-4-إجمالي الكربون العضوي (COT):

يعتبر إجمالي الكربون العضوي معيار مهم لقياس تلوث المياه بالمواد العضوية وهي متنوعة تشمل المنتجات النفطية ، والأحماض العضوية مثل الأحماض الدبالية، ومبيدات الآفات... إلخ [38]، و تكون في المياه إما منحلة أو غير منحلة ، يتم تحديد إجمالي الكربون العضوي بعد التخلص من الكربون المعدني ( $CO_3^{2-}, HCO_3^-, H_2CO_3$ ) [25]، هناك أنواع مختلفة من أجهزة و طرق التحليل ، ولكن جميعها تعتمد على أكسدة الكربون العضوي إلى ثاني أكسيد الكربون وقياسه باستخدام طريقة الكشف ، كطريقة الأكسدة التي تشمل الحرق ، و بيرسلفات للأشعة فوق البنفسجية ، و طرق الكشف (NDIR non-dispersive ) (infrared) (الأشعة تحت الحمراء غير مشتتة) وغشاء الموصلية [38].

### VIII-2-2-المركبات النتروجين:

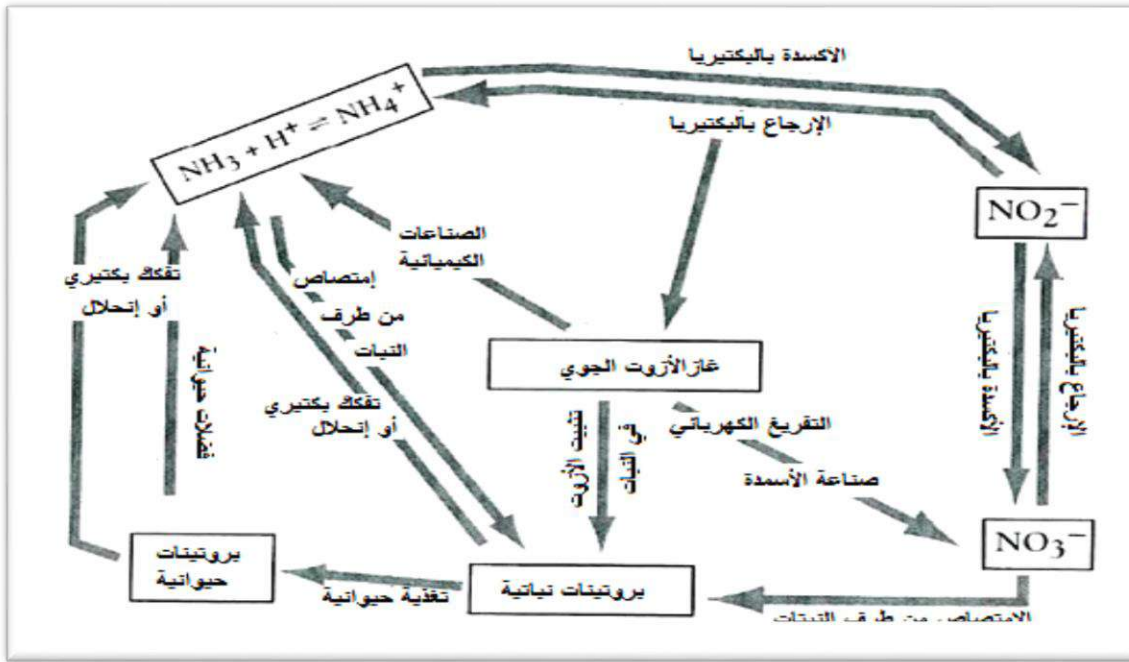
### VIII-1-2-2-النيتروجين الكلي(AN):

في دورته في المحيط الحيوي الذي يمثل الشكل (22) ، يتناوب النيتروجين بين أشكال مختلفة وحالات أكسدة ، ناتجة عن عمليات بيوكيميائية مختلفة في الوسط المائي ، يمكن العثور على النيتروجين في عدة أشكال حيث يشمل إجمالي النيتروجين كل من النيتروجين العضوي و الأمونيا و النتريت و نترات وهو عنصر غذائي أساسي لنمو الكائنات الحية الدقيقة في معالجة المياه العادمة البيولوجية .



يسمى النيتروجين العضوي و الأمونيا معا [7]. Total Kjeldahl Nitrogen (TKN).





الشكل-22: دورة الأزوت في الطبيعة [39]

VIII-2-2-2- النترات (N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>):

تعد مصادر النترات في المياه عديدة منها ما هو طبيعي كانهلال مركبات النترات أو كنتاج أكسدة البكتيريا للمواد العضوية الأزوتية، ولكن النسبة الأكبر تأتي من الاستعمال المفرط للأسمدة الأزوتية في الزراعة و النترات الناتجة عن النفايات الصناعية التي تحوي النترات أو المركبات الأزوتية التي تتحول في الوسط المائي إلى نترات وفق تفاعلات كيميائية أو كيميائية حيوية ، والأكسدة البيولوجية لأيون الأمونيوم إلى أنيون النترات (تدعي العملية بالنترتة) و تتم العملية من خطوتين بواسطة نوعين من البكتيريا تسمى النتروزومونات و الناتروباكترا ، في الخطوة الأولى يتم تحويل كل أيونات الأمونيوم إلى النترت بواسطة النتروزومونات (*Nitrosomonas sp*) وفق المعادلة (2) و تتضمن الخطوة الثانية تحويل النترت إلى نترات بواسطة الناتروباكترا (*Nitrobacter sp*) وفق المعادلة (3) كلا هذين النوعين يعتبران من الجراثيم ذاتية التغذية لأنها تستخدم ثاني أكسيد الكربون (CO<sub>2</sub>) كمصدر للكربون لبناء أنسجة الخلايا [40].



إن استهلاك نسب عالية من النترات تفوق 46 ملغ/ل قد تحدث حالة اختناق نتيجة أكسدة الهيموغلوبين المسؤول عن نقل الأوكسجين في الدم متحولاً إلى ميتيموغلوبين مما يجعله غير قادراً على حمل الأوكسجين فيحدث الاختناق [25]، و تحدث هته الظاهرة في الغالب عند الأطفال الرضع و يعرف بمرض زرقة الأطفال [1]، كما أن احتمال تكوين النيتروزامين (Nitrosamines) و مركبات أخرى أمينية قد يسبب مرض سرطان المعدة .

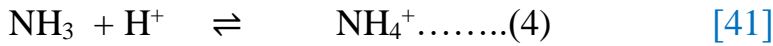
تحدد منظمة الصحة العالمية نسبة 50 ملغ/ل من النترات في مياه الشرب كحد أقصى، و 3.65 ملغ لكل [كلغ من جسم الإنسان] [26] ، إن تحديد تلوث المياه بالنترات عملية صعبة نتيجة التحولات المستمرة الأزوت ضمن دورة الأزوت المبينة في الشكل (3)، وتعتبر كدليل على كفاءة عملية التنقية الذاتية للمياه، لأنها تعد المرحلة النهائية لأكسدة المركبات العضوية الأزوتية [25] .

### VIII-2-2-3-النترت (N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup>):

النترت غير مستقر ويمكن أكسدته بسهولة إلى نترات وهو موجود كمركب وسيط أثناء أكسدة الأمونيا إلى نترات ، إذا كان موجوداً في مياه الصرف الصحي ، يكون التركيز عادة أقل من 1 ملغ/ل ، قد تحتوي بعض النفايات الصناعية على نيتروجين النترت بتركيزات كبيرة [40] .

### VIII-2-2-4-الأمونياك (N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>):

في مياه الصرف الصحي يتم الجمع بين النيتروجين في المقام الأول في المادة البروتينية والبولية كنيروجين عضوي فتتحلل بواسطة البكتيريا ذات التغذية المتغيرة ، والمعروفة باسم ammonification يحول بسهولة النيتروجين العضوي إلى نيتروجين الأمونيا ، قد يوجد نيتروجين الأمونيا في محلول مائي إما أيون الأمونيوم أو الأمونيا ، العلاقة بين النموذجين تعتمد على الرقم الهيدروجيني ويمكن التعبير عنها وفقاً للمعادلة التالية : [40]



يمكن أن يكون للنيتروجين في شكل الأمونيا آثار ضارة بما في ذلك التخثث المتسارع (إزدهار نمو الطحالب مثلاً) ، استنزاف الأكسجين المذاب بسبب الأكسدة البكتيرية ، تتفاعل الأمونيا مع الكلور المستخدم للتطهير في معالجة مياه الصرف الصحي لإنتاج الكلورامين والكلورامينات هي مطهرات أقل فعالية ، وهي سامة للحياة المائية في المياه المستقبلية [42] .

### VIII-2-3-الفسفور:

وجود الفوسفور في البيئة مفيداً للعديد من العمليات البيولوجية ، ولكن الكثير منه يمكن أن يؤدي إلى خلل في النظام البيئي، يمكن أن يزيد النشاط البشري من تركيز الفوسفور في البيئة بطرق عديدة خاصة مع استخدام الأسمدة المحتوية على الفوسفور ومنظفات الغسيل ، إن الجريان السطحي الزراعي هو السبب الرئيسي لزيادة الفوسفور في كل من الممرات المائية الطبيعية والتي من صنع الإنسان ، تعمل الفوسفات على تحفيز نمو العوالق والنباتات المائية ، يستهلك النمو الزائد لهذه النباتات كميات كبيرة من الأكسجين الذائب ، مما قد يؤدي إلى اختناق الأسماك ، كما أنها تحجب ضوء الشمس لأنواع التي تعيش في القاع مما يهدد صحتها وانتشارها يعد هذا تغير آخر غير مرغوب فيه في النظام الإيكولوجي ، كما تعتبر مراقبة تركيز الفوسفور في البيئة مؤشراً جيداً لأن التراكيز الأعلى من الطبيعي تؤدي إلى مشاكل بيئية .

يوجد إجمالي الفوسفور في مياه الصرف الصحي المحلية على شكل فوسفات ، حسب التوزيع التالي:

- ✓ غير عضوي (متعدد الفوسفاتات والأورثوفوسفات) المصدر الرئيسي من مواد التنظيف والمنتجات الكيميائية المنزلية الأخرى .
- ✓ العضوي (مرتبطة بالمركبات العضوية) الأصل الفسيولوجي الفوسفور الموجود في المنظفات موجود في مياه المجاري الخام ، في صورة بولي فوسفات قابل للذوبان أو بعد التحلل المائي مثل اورثوفوسفات orthophosphates ، تتوافر المركبات الفوسفاتية مباشرة من أجل التمثيل الغذائي البيولوجي دون الحاجة إلى التحويل إلى أشكال أبسط ، والأشكال التي توجد بها orthophosphates موجودة في الماء تتعلق بقيمة الأس الهيدروجيني ، وتشمل  $PO_4^{3-}$  ،  $HPO_4^-$  ،  $H_2PO_4^{-2}$  ،  $H_3PO_4$  ، في المجاري المحلية النموذجية ، يكون الشكل السائد هو  $HPO_4^{-2}$  .
- البولي فوسفات polyphosphates هي جزيئات أكثر تعقيداً، مع اثنين أو أكثر من ذرات الفسفور يتم تحويل إلى orthophosphates بواسطة التحلل المائي، وهي عملية بطيئة [8].

### VIII - 2-4 - البكتيريا:

الماء وسط هش بيئياً يساهم في تكاثر و انتقال العديد من الأحياء الدقيقة ، ونظراً للكميات المتزايدة من المياه المستعملة نتيجة زيادة عدد السكان و تنوع الصناعات ، أصبح من الضروري تحديد و الكشف عن كافة هته الأنواع بما فيها الممرضة ، وإزالتها قبل إنتقالها إلى البيئة، لكن يجب الأخذ بعين الاعتبار أن البعض من هذه الأحياء الدقيقة تسلك سلوكاً إيجابياً في حياة الإنسان، إن البكتيريا تؤدي دوراً مهماً في الوسط المائي حيث تحدث ما يسمى بتوازن البيئي في الوسط المائي .

إن التعداد الهائل و الأنواع المختلفة للبكتيريا يجعل من الصعب عزلها ، ويمكن تصنيفها من حيث شكلها إلى العصيات و المكورات و الحلزونات أو بالاعتماد على مصدر طاقتها حيث تكون هوائية و لا هوائية أو بحسب مصدرها الغذائي فمنها ذاتية التغذية التي تصنع البروتينات انطلاقاً من العناصر المعدنية و الضوء و الماء و النوع الأخر غيرية التغذية و التي تحول المواد العضوية المعقدة إلى بسيطة ، كما يمكن أن يتم تصنيفها وفق مصدرها ، الرمية و هي التي تعيش في الماء و التربة بشكل طبيعي و تشارك في عملية التحلل العضوي منها (serratia, sarcina, bacillus..) و الدخيلة و هي التي ترمى عرضياً في المياه و لا تساهم في عملية التحلل لكن تنتظر لكي تنتقل إلى وسط آخر كالإنسان أو الحيوان لتتكاثروا و هي ممرضة و خطيرة تسبب الكثير من الأمراض نذكر منها التيفوئيد ، و داء السلمونيلات و الزحار و الكوليرا.

يوفر التحليل الخاص لبكتيريا مؤشر البراز مؤشراً حساساً ، لأن وسط النمو و ظروف الحضانة ، وكذلك طبيعة و عمر عينة المياه ، يمكن أن تؤثر على الأنواع المعزولة ويمكن أن تكون الفحوص الميكرو-بيولوجية ذات دقة متغيرة ، هذا يعني أن توحيد الطرق والإجراءات المخبرية له أهمية كبيرة إذا كان معيار جودة المياه الميكروبية متجانساً في المختبرات المختلفة وعلى المستوى الدولي. يجب تقييم الطرق القياسية الدولية في ظل الظروف المحلية قبل اعتمادها، تتوفر الطرق القياسية المحددة مثل تلك الخاصة

بـ ISO (الجدول- 11) أو طرق الفعالية و الموثوقية المكافئة مهما كانت الطريقة المختارة للكشف عن بكتريا E. coli أو thermotolerant ، يجب النظر في أهمية "الإنعاش" أو استعادة السلالات المتضررة أو المتضررة بيئياً.

الجدول-11: معايير الكشف و تعداد البكتيريا (مؤشر البراز) في الماء حسب المنظمة الدولية لتوحيد المقاييس (ISO)

[48-43]

طبيعة التحليل	معايير ISO
كشف وتعداد أبواغ اللاهوائيات الخافضة للكبريت (كلوستريديا) - الجزء 1: الطريقة بالإثراء في وسط سائل	6461-1:1986
كشف وتعداد أبواغ اللاهوائيات الخافضة للكبريت (كلوستريديا) - الجزء 2: طريقة الترشيح الغشائي	6461-2:1986
تقييم المرشحات الغشائية المستخدمة في التحاليل الميكروبيولوجية	7704:1985
كشف وتعداد العقديات البرازية - الجزء 1: الطريقة بالإثراء في وسط سائل	7899-1:1984
كشف وتعداد العقديات البرازية - الجزء 2: طريقة الترشيح الغشائي	7899-2:1984
الكشف والتعداد للكائنات القولونية والكائنات القولونية المقاومة للحرارة والإشريكية القولونية المفترضة - الجزء 1: طريقة الترشيح الغشائي	9308-1:1990
الكشف والتعداد للكائنات القولونية والكائنات القولونية المقاومة للحرارة والإشريكية القولونية المفترضة - الجزء 2: طريقة الأنبوب المتعدد (الرقم الأكثر احتمالاً)	9308-2:1990

## XI- معالجة مياه الصرف الصحي:

إن النمو المتزايد لأعداد البشر و متطلبات النمو الزراعي و الصناعي ، التي تستنفد كميات هائلة من المياه كان لا بد من التفكير في ترشيد استعمال الماء ، والبحث عن بدائل ومصادر جديدة له ، ومن أهم تلك المصادر : مياه الصرف الصحي (المياه العادمة) ، التي تشكل نسبة عالية من الموجود المائي ، لكنّها في الغالب تذهب هدراً مما يولد مشكلة جديدة و التي تتمثل في تلوث البيئة و المياه السطحية و الجوفية ، هذه الإشكاليات جعلت العلماء يفكرون في استرجاع هذه المياه و استغلالها في المجالات مختلفة ، و بهذا نكون قد تقادينا هدراً من جهة و حماية البيئة من جهة أخرى ، لذا بدؤوا يفكرون في طرق يتم من خلالها التخلص من أغلب الملوثات الموجودة في المياه العادمة ، وفق مراحل تدعى معالجة المياه المستعملة .

تتعدد هذه المراحل وطرق معالجة المياه العادمة في محطات المعالجة ، وتختلف مسميات تلك المراحل والطرق تبعاً لأسس تسميتها وتصنيفها ، فهناك من يسميها ويصنّفها تبعاً لأسلوب المعالجة : (مرحلة المعالجة الميكانيكية ومرحلة المعالجة البيولوجية ، ومرحلة المعالجة الكيميائية ومرحلة المعالجة المعقدة ومرحلة معالجة الطمي والغازات المنطلقة هناك من يسميها ويصنّفها وفق وظائف كلّ طريقة ، فيطلقون عليها : عمليات المعالجة الفيزيائية ، وعمليات المعالجة البيولوجية ، وعمليات المعالجة الكيميائية وهناك من يسميها ويصنّفها وفق ترتيب وتتابع مراحل معالجة المياه العادمة داخل محطة المعالجة : مرحلة المعالجة التمهيدية ، مرحلة المعالجة الابتدائية ومرحلة المعالجة الثانوية ، ومرحلة المعالجة المتقدمة أو الثلاثية ومرحلة التخلص النهائي من الرواسب والمخلفات السائل وسيتم بحث مراحل وطرق معالجة المياه العادمة .



**XI-1- أهداف معالجة المياه:**

الغرض من معالجة مياه الصرف هو إزالة الملوثات من الماء بحيث تلبي المياه المعالجة معايير الجودة المقبولة ، و تعتمد معايير الجودة عادة على ما إذا كان سيتم إعادة استخدام الماء أو تصريفه في الجهة المستقبلية ( الزراعة أو الصناعة، أو البيئة...) ، يمكن تصنيف عمليات معالجة مياه الصرف المتاحة على نطاق واسع بأنها فيزيائية أو كيميائية أو بيولوجية ، حيث يتم تطبيق هذه العمليات التي تتكون من سلسلة من عمليات الوحدة ، تبعاً للحالات السائدة للتركيز والحالة المؤثرة ومواصفات المخلفات السائلة.

**XI-2- مراحل المعالجة :****XI-2-1- المعالجة التمهيدية – الابتدائية :**

قبل الشروع في معالجة مياه الصرف الصحي و من أجل حماية المعدات التي تستخدم في المحطة تجرى معالجة تمهيدية تتضمن مجموعة من العمليات الفيزيائية و الميكانيكية ، يتم من خلالها إزالة المواد كبيرة الحجم التي يمكن أن تسد أو تعطل المضخات أو تتعارض مع العمليات اللاحقة [48]، و التي تضم كل من :

- ✓ المواد الصلبة كبيرة الحجم مثل الرمال و الحصى و المعادن و الزجاج و غيرها .
- ✓ المواد كبيرة الحجم المعلقة كقطع الخشب و البلاستيك و الورق والقماش حيث تفتت لتصغير حجمها.

- ✓ إزالة أكبر كمية من الشحوم المكتلة .

لهذا الغرض نستعمل عدة معدات منها:

**XI-2-1-1- المصافي :**

وهي مختلفة الأشكال منها على شكل رفش بمسننات أو بشكل قضبان أو شبكية ، وبأحجام مختلفة (كبيرة متوسطة ، صغيرة) و قد تكون ثابتة أو متحركة ، ترتب عادتاً حسب أحجامها من الأكبر إلى الأصغر و توجد في مدخل محطة التصفية [49] .

**XI-2-1-2- التفتيت :**

في هذه العملية يتم سحق أو تفتيت المواد الصلبة المحمولة بالمياه العادمة و التي مرت من مرحلة التصفية وهذا من أجل تصغير حجمها كي لا تؤثر على المعدات و المضخات المستعملة في المعالجات اللاحقة ، يتم وضع هذه الوحدات قبل أحواض حجز الرمال و في حالات قبل المضخات [7] .

**XI-2-1-3- أحواض حجز الرمال :**

تعد أحواض الترسيب جزءاً مهماً من مراحل معالجة المياه العادمة حيث تمكننا من إزالة المواد غير العضوية و التي تتمثل في المواد صغيرة الحجم مثل حبيبات الرمل و الحصى و القهوة و غيرها ...، التي لا يمكن معالجتها في مرحلة المعالجة البيولوجية ، يتم إزالة الرمال في قناتين طويلتين بالإعتماد على مبدأ التركيز وذلك بتخفيض سرعة جريان المياه ، يتم تحويل هذه الرمال و المترسبات الأخرى إلى حوض

خاص بالإستعانة بأداة كاشطة من القاع ، عند إمتلاء الحوض تسحب الرمال بأداة لولبية خاصة ، حيث يتم تحويل المياه مجددا لحوض الحجز لئتم نقلها إلى المعالجة لاحقا [49] .

وهناك ثلاثة أنواع عامة من أحواض حجز الحصى : أحواض التدفق الأفقي (ذات السرعة الثابتة) والأحواض المهواة ، و الأحواض الدوامية (ذات التحريك الميكانيكي) ، وكل من هذه التصاميم الثلاثة تسمح لجزيئات الحصى الثقيلة أن تترسب بها ، بينما تظل الجسيمات العضوية خفيفة الوزن عالقة في الماء.

تصمم هذه الأحواض لترسيب الجزيئات كبيرة الحجم نسبيا ذات أقطار أكبر أو تساوي 0.2 ملم، أما الجزيئات الأنعم فيحرص على عدم ترسيبها هنا لأنها قد تشمل مواد عضوية يجب ان تعالجه في المراحل اللاحقة [50] .

### XI-2-1-4- أحواض التعديل :

تستخدم أحواض التعديل لغرض التحكم في اختلاف قيمة التدفقات في المحطة , ولتحسين أداء عمليات المعالجة اللاحقة ، يمكن تطبيق هذه الطريقة في حالات مختلفة وذلك وفق نظام جمع مياه الصرف الصحي وإن التطبيقات الأساسية للموازنة تتم في الحالات (التدفق في الطقس الجاف أو التدفق في الطقس الماطر من شبكات الصرف المنفصلة ، تدفقات أنظمة الصرف المشتركة ( مياه صرف صحي مع مياه الجريان الأمطار) .

يجب تأمين حوض التعديل في المحطات المزودة بمعدات ميكانيكية حيث أن التغيرات في قيمة التدفق تسبب اضطرابات في العمليات الميكانيكية والهيدروليكية والبيولوجية وفي المحطات. توضع أحواض الموازنة بعد معدات المعالجة التمهيدية مثل ( المصافي الخشنة ) و( المصافي الناعمة ) وأحواض إزالة الرمال أو بعد أحواض الترسيب الثانوية [50] .

### XI-2-2- مرحلة المعالجة الأولية :

تعد هذه المرحلة الخطوة الثانية في معالجة مياه الصرف الصحي و الموالية للمرحلة التمهيدية ، يتم فيها فصل المواد الصلبة و الزيوت ، تمر المياه الناتجة من المرحلة التمهيدية عبر حوضين،حوض التعويم أو الطفو و حوض الترويق :

### XI-2-2-1- أحواض التعويم :

يتم في هذا الحوض فصل و إزالة المواد الصلبة خفيفة الوزن التي لم ترسب في المعالجة السابقة وذلك بتعويمها (تطويفها) على سطح الماء ، حيث يتم حقن الهواء بضغط 3 -6 بار في مياه هذا الحوض لزيادة ذوبانه في خزان الضغط ثم يحرر الضغط عن الماء عند دخوله لحوض التعويم فتنتطلق فقاعات الهواء إلى الأعلى حاملة معها تلك المواد الصلبة المعلقة الوزن و كذا الزيوت و الشحوم و الحمأة المنشطة، حيث يتم جمعها وفصلها عن مياه المجاري لأن بقائها في المياه يعيق عمليات المعالجة اللاحقة وخاصة الترسيب ويزيد من احتمال انتشار الروائح الكريهة .

إلى جانب ذلك يتم تزويد المياه بالأوكسجين الذي يكون قد قل عند مروره على المراحل السابقة [7] وبإذابة هذه كمية من الأوكسجين في المياه يتم إنعاشها؛ لتصبح صالحة لمعيشة البكتيريا الهوائية في المراحل القادمة من المعالجة .

### XI-2-2-2- أحواض الترويق (الترسيب الأولي):

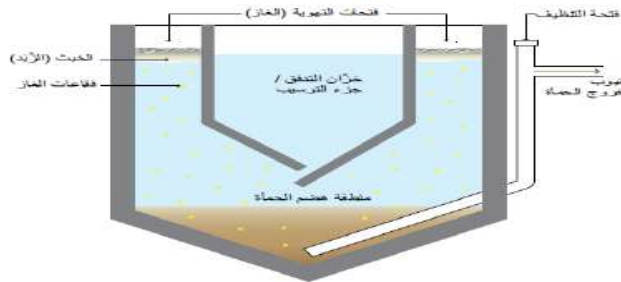
يعمل هذا الحوض على إزالة المواد الصلبة العالقة الناعمة و القابلة للترسيب و التي تتكون في الغالب من رمال و بعض من المواد العضوية ، ويكون إما بشكل دائري أو مستطيل وفي كلا الحالتين تحوي هذه الأحواض على كاشطة تعمل على سحب الحمأة المترسبة في أسفل الحوض حيث تحول إلى حفرة ليسهل إزالتها منها ، هذه الرواسب تدعي في الغالب الحمأة الأولية حيث تحوي نسبة من المواد العضوية و التي يتم معالجتها لاحقاً .

في بعض الحالات و لوجود عوالة صلبة ناعمة جدا يضاف بعض المخثرات الكيميائية مثل الشبة أو كلوريد الحديد أو الكلس للمساعدة في التخثير و الترسيب [7] .

### XI-2-2-3- حوض إمهوف:

هو تقنية تدخل ضمن للمعالجة الابتدائية لمياه الصرف الصحي الخام وهو مصممة لفصل المواد الصلبة عن السوائل ، وهضم الحمأة المترسبة ، ويتكون من جزء ترسيب على شكل حرف V بقاعدة مائلة بدرجة كبيرة فوق حجرة لتجميع وهضم الحمأة مع جزء لتنفيس الغاز، كما يوضحه الشكل (23).

حوض إمهوف هو حوض ترسيب قوي وفعال حيث يخفض العوالق بنسبة ما بين 50 إلى 70 % ويخفض الاحتياج الكيميائي للأوكسجين DCO ما بين 25 إلى 50 % ، ويؤدي إلى تثبيت الحمأة بشكل جيد وهذا يعتمد على التصميم والظروف المحيطة ، الجزء الخاص بالترسيب له شكل دائري أو مستطيل ذو جدران على شكل حرف V، وفتحة في الجزء السفلي ، مما يسمح للمواد الصلبة بالترسب والاستقرار في الجزء الخاص بالهضم ويمنع الغاز من الارتفاع لأعلى وعمل اضطراب لعملية الترسيب ، والغاز المنتج في حجرة الهضم يرتفع إلى فتحات الغاز على حافة المفاعل ، حيث يقوم بنقل جزيئات الحمأة إلى سطح الماء مكوناً طبقة من الخبث (الزبد) ، وتتراكم الرواسب في حجرة هضم الحمأة ، ويتم ضغطها وتثبيتها جزئياً من خال الهضم اللاهوائي [50] .



الشكل- 23: رسم تخطيطي لحوض إمهوف [50]

## XI-2-3- مرحلة المعالجة الثانوية – البيولوجية:

المعالجة البيولوجية هي واحدة من أكثر طرق الإزالة استخداما على نطاق واسع وكذلك لتحقيق الاستقرار الجزئي أو الكامل للمواد القابلة للتحلل بيولوجيا في مياه الصرف الصحي كالنفايات و المواد العضوية المعلقة أو الغروية أو الذائبة القابلة للتحلل ، تعتمد الكميات والنسب على طبيعة مياه الصرف ، يتم قياس خصائص مياه الصرف الصحي من حيث الطلب على الأكسجين الكيميائي (DCO) ، والطلب على الأكسجين الكيميائي الحيوي (DBO<sub>5</sub>) ، والمواد الصلبة العالقة (MES) [40] .

تستخدم معظم عمليات المعالجة البيولوجية للنفايات ومياه الصرف البكتيريا كميكروبات أساسية ، بعض الكائنات الحية الدقيقة الأخرى قد تلعب دورا هاما ، يتأثر تدهور المادة العضوية من خلال استخدامها كغذاء بواسطة الكائنات الحية الدقيقة لإنتاج بروتوبلازم لخلايا جديدة أثناء عملية النمو ، الديناميات السكانية للبكتيريا في المعالجة البيولوجية تعتمد على العوامل البيئية التي تشمل : الرقم الهيدروجيني درجة الحرارة ، نوع وتركيز الركيزة تركيز العناصر الغذائية الأساسية (على سبيل المثال ، النيتروجين والفسفور والكبريت ، وما إلى ذلك) ، المعادن الأساسية ، الضغط الأسموزي ، سمية الوسائط المنتجة الثانوية ودرجة الخلط ، كما يمكن تقسيم التفاعلات الأيضية التي تحدث في عملية المعالجة البيولوجية إلى ثلاث مراحل :

✓ الأكسدة :

يحدث الحد من الأكسدة إما في وجود الأكسجين الحر (هوائيا) ، أو في غيابه (اللاهوائي) ، قد تكون التفاعلات الكلية مختلفة في الظروف الجوية الهوائية ، النمو الميكروبي واستخدام الطاقة المتشابهة ، حيث تتم وفق المراحل الثلاث التالية :

■ أكسدة المواد العضوية (التنفس):



■ تخليق المواد الخلوية:



■ أكسدة المواد الخلوية :



✓ التخليق.

✓ التنفس الداخلي [40].

ومن أشهر نظم المعالجة البيولوجية :

## XI-2-3-1- عمليات المعالجة بالحماة المنشطة:

تصنف هذه العملية ضمن نظام النمو العالق لأنه يتم فيها خلط المكروبات جيدا فتظل عالقة في مياه الصرف الصحي ، ولا تكون ملتصقة بالوسط الحبيبي، فعملية الحماة المنشطة عملية هوائية بيولوجية تلي

حوض الترسيب الأولي ، وتستخدم تفاعلات تكوين وتخلل البروتوبلازم للكائنات الدقيقة ، للحصول على مياه معالجة مقبولة بإزالة المواد التي تحتاج للأكسجين ، وهي تعتمد على تنشيط الكائنات الحية في مياه المجاري ، وعلى العوائل الرسوبية في أحواض الترسيب النهائي التي تعاد نسبة منها إلى أحواض التهوية و لتنشيط ونمو البكتيريا وكائنات دقيقة أخرى ، يتم ذلك بتوفير بيئة ملائمة تشتمل على مواد عضوية و أكسجين مذاب ، و تقليب مستمر للمياه بهدف تهويتها [16] .

### XI-2-3-2-المرشحات البيولوجية:

تعد هذه المرشحات من طرق المعالجة البيولوجية الهوائية ذات النمو المتلاصق ، وتتكون عادة من أحواض الخرسانة المسلحة الدائرية ، أو مربعة ، أو مستطيلة ، تتوافق حسب كمية المخلفات السائلة ومساحات الأرض المتوفرة ، ونوعية المعدات الميكانيكية المتاحة ، وتملاً هذه الأحواض بالحصى أو الحجارة بأحجام مناسبة وبعمق محدد ، حيث يتم في هذه المرشحات توفير أسطح تنمو عليها طبقة بكتيرية ، مع تعريضه المتكرر لمياه الصرف والهواء ، الإدمصاص المادة العضوية والتهوية ، فتتكون على أسطح هذه المواد طبقة شبه هلامية ، بها أعداد كبيرة من الكائنات الحية الدقيقة والمواد العضوية كالبكتيريا ، والأوليات ، والفطريات ، وغيرها .

وباستمرار مرور مياه على هذه الأسطح ، يزداد سمك الطبقة البيولوجية ، ويكون الجزء الداخلي منها بعيداً عن نشاط البكتيريا الهوائية ، وتكون الطبقة الملاصقة لسطح عرضة لنشاط البكتيريا اللاهوائية [51]

### XI-3-3-2-الأقراص أو الملامسات البيولوجية الدوارة :

هي معالجة هوائية ذات النمو المتلاصق ، وهي عبارة عن مفاعلات ذات غلاف يشبه المرشح البيولوجي في إتصاق الكائنات الدقيقة بالوسط السائد ، إلا أن الوسط السائد فيها عبارة عن أقراص دوارة مغمورة جزئياً في مياه الصرف ، فيتزود الغلاف البيولوجي الملتصق بالأكسجين من الهواء عندما يكون خارج الماء ، ومن السائل عندما ينغمس فيه ، حيث الأكسجين المذاب بواسطة الاضطراب السطحي الناتج عن دوران الأقراص ، ونتيجة لهذا الدوران تتكون طبقة بيولوجية بسمك (4-1 ملم) تسقط عن السطح كلما زاد سمكها وبحسب سرعة الدوران ، وتعتبر الأقراص البيولوجية أكثر كفاءة من المرشحات البيولوجية لأنها بدورانها تكتسب الأكسجين من الهواء ، ثم تنغمس في مياه الصرف ، لتحديث عملية الأكسدة الهوائية للمواد العضوي [52] .

### XI-4-3-2-بحيرات الأكسدة :

هي من أبسط الطرق المستعملة في معالجة كل من المياه العادمة والمخلفات الصناعية ، حيث تنشأ بطرق هندسية بسيطة كالحفر والتمهيد والتسوية بعمق صغير ومساحة كبيرة ، وتتم المعالجة فيها بطريقة طبيعية تعتمد على نشاط مشترك متكامل للطحالب والبكتيريا ، بالاستعانة بأشعة الشمس ، وبعض العناصر الموجودة في مياه حيث تثبت المواد العضوية بالتفاعلات الهوائية و اللاهوائية معاً ، ففي الطبقات العليا حيث تنفذ أشعة الشمس ، تنشط الطحالب ، وتعطي المياه أوكسجيناً ذاتياً تستخدمه البكتيريا الهوائية في

تحليل المواد العضوية ، وفي الطبقات السفلى حيث لا تصل أشعة الشمس ، وترسب المواد العالقة ، تنشط التفاعلات اللاهوائية تحليل المواد العضوية ، و من مساوئ هذه الطريقة هو انتشار الروائح الكريهة والبعوض ، والحاجة إلى مساحات أرضية واسعة ، وفقدان الماء بالتبخر ، وتلوث المياه الجوفية [53].

### XI-2-3-5- البحيرات المهواة :

تدخل ضمن المعالجة البيولوجية الهوائية ذات النمو العالق ، وهي مطورة عن بحيرات الأكسدة ، إلا أنها تتميز بتهويتها باستعمال مضخات لضخ الهواء قصد إمداد المياه بالأوكسجين ، وتشبه البحيرات المهواة طريقة المعالجة بالحماة المنشطة ، إلا أن مساحتها أكبر ، وكفاءتها في المعالجة أعلى ، ويسهل التخلص من الحماة فيها [52].

### XI-2-3-6- الترسيب الثانوي :

من وحدات المعالجة الضرورية ، وهي مكملة لعملية المعالجة البيولوجية للمياه العادمة ، فإذا لم يحتوى المشروع على وحدات ترسيب ابتدائي ، تعرف وحدات الترسيب بوحدة الترسيب الثانوية ، لاعتبارها من وحدات المعالجة الثانوية ، وإذا احتوى على وحدات ترسيب ابتدائية ، تعرف وحدات الترسيب الثانوي بوحدة الترسيب النهائي أو المروقات التي تحسن خواص المياه المعالجة في نهاية مراحل المعالجة وفي عمليات الحماة المنشطة ، تقوم وحدات الترسيب بإمداد أحواض التهوية بالحماة المعادة النشطة التي تحوى الكائنات الدقيقة النشطة التي تؤكسد المواد العضوية ، وتثبتها ، وتجمع المواد العالقة في أحواض التهوية ، ويراعى في تصميم أحواض الترسيب النهائي سهولة وسرعة تجميع المواد المترسبة ، وتكون هذه الأحواض غالبا دائرية ، أو مربعة ، يميل قاعها بدرجة مناسبة ، لتجميع الرواسب [6].

### XI-2-4- مرحلة المعالجة الثلاثية – المتقدمة :

تستخدم المعالجة الثلاثية ويطلق عليها أحيانا بالمعالجة المتقدمة عند الحاجة لتلبية استعمال ما ، أو متطلبات الموقع لتخفيض الملوثات التي لم يتم تحفيظها في مرحلة المعالجة الأولية أو الثانوية ، وتشمل هذه الملوثات مركبات عضوية مذابة مثل الفسفور والنيتروجين - والتي تعمل على النمو الطحالب في المستودعات المائية - ومواد عضوية تساهم في الطلب الكيميائي أو الحيوي على الأوكسجين ، اللون و الرائحة ، الجراثيم الممرضة وكذلك المعادن المذابة التي قد تعيق استخدام المياه المعالجة. وقد يكون نظام المعالجة الثلاثية فيزيائيا ، كيميائيا ، بيولوجيا ، أو توليفة من هذه الأنظمة ، ويعتمد اختيار النظام على الملوثات المراد تخفيفها أو الغرض النهائي لاستخدام المياه.

وإذا تطلب الوضع تخفيض المواد الصلبة العالقة لحدود تفوق قدرة المعالجة الثانوية ، فإن المياه يجب أن تحصل على معالجة إضافية أو ثلاثية ، وقد يتحقق ذلك بواسطة إضافة الكيماويات ، أو بأنظمة ترشيح متعددة ، وبالإضافة إلى إزالة المواد الصلبة فإن مثل هذه الأساليب تزيل أيضا الجسيمات ، والطلب الكيميائي و الحيوي للأوكسجين وكذلك البكتيريا القولونية ، وقد تشمل عملية المعالجة الثلاثية إضافة الكيماويات ، المصافي الدقيقة ، والمرشحات التي تعمل بالضغط و الثقالة [51].

من المعروف أن مياه الصرف الصحي تحتوي على أغلب طوائف الميكروبات والمسببات المرضية المعروفة وعمليات المعالجة التقليدية يمكنها تخفيض المحتوى الميكروبي بنسب عالية تتراوح بين 90-99% ، وعند إعادة استخدام مياه المجارى المعالجة في الري فإن العديد من المسببات المرضية يستمر نشاطها وتستمر حياتها عدة أسابيع وقد تستمر أحيانا مثل بيض الإسكارس وبعض أنواع الجراثيم إلى أكثر من عام كامل في التربة ، وعلى الرغم من أن مدة بقاء المسببات المرضية في المحاصيل تعتبر قصيرة إلا أنها قد تمتد عدة أيام أو عدة أسابيع في حالة الزراعات المحمية أو زراعة الخضروات ولا يتوقف انتشار المسببات المرضية في التربة فقط بل يمتد إلى المحاصيل لتظهر في الأسواق للاستهلاك ، لذا فإن إعادة استخدام مياه الصرف الصحي دون معالجة صحية هو أمر شديد الخطورة على الصحة العامة ومنه على المجتمع ككل ، وفي نفس الوقت فإن التخلص منها دون أي شكل من أشكال الاستفادة يعتبر تبديداً لموارد هامة ، فمياه الصرف الصحي تحتوي على العديد من العناصر الغذائية الصالحة والمناسبة في الزراعة ويمكن في حالة استخدامها تحسين الإنتاج أو توفير بعض الأسمدة أو الاثنين معا [54].

تعتبر عملية التطهير هي أهم عملية للقضاء على الكائنات الدقيقة الممرضة ، في مياه الصرف الصحي وتتم بعد المعالجة الثانوية في معظم الحالات ، هناك العديد من المواد المستخدمة في تطهير مياه الصرف الصحي المعالجة :

#### ✓ الكلور:

تتأثر جرعة الكلور المستخدمة في تطهير مياه الصرف الصحي المعالجة للمستوى المطلوب بصورة كبيرة على الملوثات المتواجدة في مياه الصرف الصحي ، فوجود الملوثات العضوية يستهلك نسبة من جزيئات مادة التطهير وهذا يحمى جزيئات الكائنات الدقيقة المراد التخلص منها من تأثير المادة المطهرة وتتفاعل الأمونيا بمياه الصرف الصحي مع الكلور لتكون الكلورامين والذي يعتبر نوع من المطهرات أقل كفاءة من الكلور الحر ، وتعتمد كفاءة عملية الكلورة على درجة حرارة المياه والأس الهيدروجيني ودرجة الخلط ومدة التفاعل ووجود مواد أخرى قد تدخل في التفاعل وتركيز الكلور وطبيعة تركيز الكائنات الصغيرة المراد القضاء عليها وعادة فإن البكتريا أقل مقاومة للكلور من الفيروسات التي بدورها أقل مقاومة للكلور من الطفيليات وبويضات الديدان ويجب تحديد جرعة الكلور المضافة بدقة تجنباً لتفاعل الكلور مع المواد العضوية لتكون مواد مسرطنة أو سامة [55].

#### ✓ الأوزون:

الأوزون وسيط مطهر قوى للغاية ومؤكسد كيميائي قوى في كل من التفاعلات العضوية والغير عضوية ونظرا لعدم اتزانه في الطبيعة يجب توليده في الموقع من الهواء أو حاويات غاز الأوكسجين.

يُدمر الأوزون البكتريا والفيروسات عن طريق الأوكسدة السريعة لكتل البروتين ويحدث تطهير المياه في دقائق معدودة، ومن عيوب استخدام الأوزون في التطهير ارتفاع التكلفة واستهلاك الطاقة ويعتبر نظام التطهير بالأوزون أكثر تعقيداً في التشغيل والصيانة من نظام الكلورة ، كما أنه لا يكون له أثر متبقي في المياه المعالجة ، والأوزون ذو كفاءة عالية كمطهر في المحطات التي تستخدم مستويات المعالجة المتقدمة مما يزيل اللون ويزيد من الأكسجين المذاب في المياه المعالجة [53] .

#### ✓ التطهير بالأشعة فوق البنفسجية :

شهد استخدام التطهير بالأشعة فوق البنفسجية في مياه الصرف الصحي تزايداً في الأونة الأخيرة لأنه لا ينتج أي مخلفات سامة أو مسرطنة ، لكن تكلفته أعلى من الهالوجينات ، مع صعوبة تحديد جرعة الأشعة المطلوبة و الصيانة و نظافة مصابيح الأشعة فوق البنفسجية ، و في بعض الأحيان تكون أقل تكلفة من التطهير بالكلور بالإضافة على أنها أكثر أماناً في الاستخدام والتداول من غاز الكلور ولا تتسبب في تكوين هيدروكربونات مكلورة ، كما يحدث في حالة التطهير باستخدام الكلور، لذا انتشرت الأشعة فوق البنفسجية في تطهير مياه الصرف الصحي المعالجة على نطاق واسع عالمياً [56].

#### XI-2-5- المعالجة بالنبات (المعالجة بالأراضي الرطبة) :

المعالجة بالنباتات هي عملية معالجة تنطوي على استخدام النباتات ، أثناء المعالجة النباتية ، يتم إزالة الملوثات أو تحويلها إلى أشكال غير مؤذية وأحياناً قيّمة ، تستخدم العملية العديد من النباتات لتحلل ، أو استخراج ، أو احتواء أو شلّ الملوثات من التربة والمياه. على الرغم من أن المعالجة النباتية قد حظيت باهتمام على مر السنين وعادة ما يتم تصنيفها على أنها طريقة نظيفة ورخيصة ، إلا أن لها القيود التالية :

- ✓ تعتمد العملية على نمو النبات ، وهذا يجعل الأمر يستغرق وقتاً أطول حتى يتم إجراء المعالجة.
  - ✓ على الرغم من سهولة استخدام العملية في الأماكن التي يكون فيها تركيز الملوثات في منطقة الجذر منخفضاً أو على مستوى متوسط ، عند تركيزات عالية من الملوثات ، يمكن أن يكون هناك تثبيط للنمو أو موت النبات، مما يحد من فعاليته في البيئات التي تركيز الملوث مرتفع [10] .
  - ✓ لكي تتم المعالجة ، يجب أن يتم الاتصال بين جذر النبات والملوث ، وبالتالي يجب أن يكون النبات قادراً على تمديد جذوره إلى الملوث أو يجب نقل الوسائط الملوثة إلى مدى وصول النبات.
- يعتمد هذا النظام على إمرار تيار مياه الصرف الصحي في أحواض مبطنة بغشاء غير منفذ ومملوء بالزلط ومزروعة بأنواع من نبات البوص أو البردي... ، هذه البيئة توفر الظروف المناسبة للكائنات الدقيقة لكي تتمركز حول جذور النباتات وتبدأ في تكسير المواد العضوية والملوثات المختلفة أثناء مرور مياه الصرف من خلال جذور النباتات [51].



تستعمل عدة أحواض لمثل هذه المعالجة منها : الأحواض المغروسة بالنباتات ذات الجريان السطحي الحر والأحواض المغروسة بالنباتات ذات الجريان السطحي الأفقي و الأحواض المغروسة بالنباتات ذات الجريان الشاقولي و الأحواض المغروسة بالنباتات ذات الجريان المتنوع (المهجن) "أفقي و شاقولي" [5].

### XI-2-6- معالجة الحمأة وطرق التخلص منها :

تنتج الحمأة في كل مرحلة من مراحل المعالجة وتختلف نوعاً وكماً بحسب نوعية المياه ومرحلة المعالجة الناتجة منها ، وتحتوي على مواد عضوية غير مستقرة ذات رطوبة عالية تصل إلى 98-99 % من مكوناتها ، مما يجعلها مصدر تلوث للبيئة إن لم تتم معالجتها. تشمل معالجة الحمأة المراحل الآتية :

#### ✓ التكتيف:

تحتوي الحمأة الناتجة في محطة معالجة مياه الصرف على الكثير من الماء ويجب أن تكون كثيفة من أجل تقليل حجم وتكلفة العلاجات التالية. تختلف طرق التكتيف باختلاف طبيعة الحمأة والغرض من ذلك هو إزالة بعض المياه المجانية. قد يكون التعويم طريقة مناسبة للحمأة الكيميائية والبيولوجية بينما الحمأة الأولية تكون أكثر سماكة من خلال عمليات الترسيب المختلفة ، يمكن استخدام الطرد المركزي إما لتكتيف أو نزع المياه [57].

#### ✓ تكييف:

تكييف الحمأة هي عملية يتم فيها معالجة الحمأة كيميائياً باستخدام عوامل معدنية مثل الجير أو الأملاح أو مركب عضوي وهو أنواع مختلفة من البوليمرات أو بوسائل أخرى مثل التكييف الحراري حيث يتم تسخين الحمأة إلى 150-200 م° من 30 إلى 60 دقيقة أو التدفئة من 40 إلى 50 م° من أجل تحضيرها لعمليات لاحقة من أجل إزالة الماء منها [57].

#### ✓ الهضم (التخمير):

غالباً ما يكون التخمير لا هوائياً ، إذ تقوم البكتريا اللاهوائية ببتبيت المواد العضوية ، وينتج من ذلك غاز الميثان (65%) الذي يستخدم مصدر طاقة لتشغيل تجهيزات محطة المعالجة ، حيث يتم التخلص من باقي المواد الصلبة الثابتة أو بطيئة التحلل في الزراعة [49].

#### ✓ التجفيف:

يتم في شروط طبيعية ضمن ما يعرف بحقول تجفيف الحمأة ، وهذه الطريقة تحتاج إلى مساحات واسعة وشروط مناخية ملائمة و كذلك يمكن أن يتم التجفيف اصطناعياً (التجفيف الميكانيكي) بواسطة المرشحات الانفراغية أو السيور الضاغطة أو أجهزة القوة النابذة ، وتتطلب هذه الطرائق إضافة مواد كيميائية مساعدة مما يجعلها أكثر كلفة من طريقة التجفيف الطبيعي وتستخدم الحمأة بعد معالجتها سماداً لتحسين نوعية التربة الزراعية.

## ✓ نزع الماء:

نزع المياه من الحمأة يعني خفض حجمها بشكل كبير عن طريق فصل الماء ، الحمأة الخام تحتوي على كميات كبيرة من الماء ، وعادة ما تكون أكثر من 95 ٪ من حيث الوزن ، توجد عدة عمليات لنزع الماء من الحمأ و تتمثل في : أحواض تجفيف، والطررد المركزي ، وحزام الترشيح المكبس المرشح ، تتطلب جميع العمليات ما عدا أسرة التجفيف إضافة عامل تكييف كيميائي، إن المحتوى المائي للحمأة بعد نزع المياه يعتمد على العلاج ويمكن أن يصل إلى حوالي 30 ٪ [57]

## ✓ الترميد:

هو عملية معالجة يتم فيها هدم المواد العضوية بالحرق في درجات حرارة عالية، يترتب على حرق الحمأة إزالة الماء و اختزال بقايا الحمأة إلى رماد غير قابل للاحتراق، حيث يمكن التخلص منها لاحقاً [49].

## ✓ التخلص من الحمأة:

المواد الصلبة في الحمأة و الناتجة عن مياه الصرف الصحي تحوي مستويات مركزة من الملوثات، يجب توجيه اهتمام كبير للتخلص الملائم من هذه المواد الصلبة. تعمل طرق المعالجة على التقليل من الحجم أو تغيير صفات الحمأة ليسهل التخلص منها، وبالرغم من ذلك لا تزال في معظم الأحيان تضم بقايا يجب إزالتها ، و لتخلص النهائي من الحمأة هناك طريقتين أساسيتين هما:

## ■ التخلص من الحمأة في الماء:

تعد طريقة اقتصادية لكنها غير شائعة، و لتحقيق ذلك يجب أن تتوفر كتلة مائية كبيرة، في بعض المدن تشحن أو تضخ الحمأة للساحل لترمي في المياه العميقة بعيداً عن الشاطئ ليمنع أي أثر مرضي.

## ■ التخلص من الحمأة في الأراضي:

يمكن اللجوء إلى أحد الأساليب التالية والتي تتمثل في الدفن إذا ما توفرت مساحات كبيرة من الأراضي يستخدم من أجل الحمأة الخام و نادراً ما يتم اللجوء إليها أو الردم الذي ينحصر على الحمأة المهضومة و التي يمكن تعرضها للجو دون انتشار روائح في هذا الأسلوب البرك المستخدمة تكون عميقة نوعاً ما، تضاف الحمأة فيها على طبقات حتى امتلائها تماماً [49]. اعتماداً على طرق المعالجة وجودتها، يمكن استخدام الحمأة المهضومة والمثبتة في كلٍ من الأراضي الخاصة أو العامة من أجل تنسيق الحدائق أو الزراعة، يمكن استخدام الحمأة المُعالجة (مثل الحمأة المسمدة، أو الحمأة المزالة من أحواض التجفيف المزروعة، وغيرها) في الزراعة والحدائق المنزلية أو التشجير، أو زراعة العشب، أو تنسيق الحدائق والمنزهات أو ملاعب الجولف أو كغطاء لمقالب النفايات، أو للتحكم في تعرية التربة [50].

## المراجع باللغة العربية:

- [1] عصام محمد عبد المجيد ، التلوث: المخاطر و حلول ، المنظمة العربية للثقافة و العلوم ، تونس ، ص 33،47،32 (2002).
- [2] عصام محمد عبد الماجد أحمد ، عباس ، عبد الله إبراهيم ، الهيرولوجيا ، دار جامعة السودان للنشر والطباعة والتوزيع ، ص 24 ، (2002) .
- [5] العابد إبراهيم ، معالجة مياه الصرف الصحي لمنطقة تقرت بواسطة نباتات منقية محلية ، رسالة دكتوراه ، جامعة قاصدي مرباح ورقلة ، ص 26 ، (2015) .
- [6] أحمد فيصل أصفري ، إرشادات في تصميم وتشغيل وصيانة محطات معالجة المياه العادمة ، منظمة الصحة العالمية المكتب الإقليمي لشرق المتوسط ، المركز الإقليمي لأنشطة صحة البيئة ، عمان- الأردن ، ص 3، 39، (2004).
- [16] عصام محمد عبد الماجد أحمد ، و آخرون ، الفضلات السائلة - الجزء الأول ، دار جامعة السودان للنشر والطباعة والتوزيع ، ص 33- 35 ، (2000) .
- [19] دليل تطهير مياه الشرب في حالات الطوارئ ، منظمة الصحة العالمية المكتب الإقليمي لشرق المتوسط المركز الإقليمي لأنشطة صحة البيئة ، عمان ، ص 1 ، (2004) .
- [25] نصر الحايك ، مدخل إلى كيمياء المياه (تلوث ، معالجة ، تحليل) ، منشورات المعهد العالي للعلوم التطبيقية والتكنولوجيا ، الجمهورية العربية السورية ، ص 96 ، (2017) .
- [49] فاطمة جعارة ، محطات معالجة مياه الصرف الصحي ، (2018) .
- [50] إليزابيث تيللي ، لوكاس أولغيش ، كريستوف لوتي ، فيليب ريمون ، غولاند شيغنتليب ، كريستيان تسوغبرج ، نُظْم و تقنيات الصرف الصحي ترجمة الطبعة المُعدلة الثانية ، المعهد الفيدرالي السويسري لعلوم وتقنيات المياه دوبندورف سويسرا، ص 100-104 ، ( 2014 ) .
- [51] ممدوح فتحي عبد الصبور، تقنيات مياه الصرف الصحي و إعادة استخدامها للأغراض الزراعية، مجلة أسبوط للدراسات البيئية - العدد التاسع عشر، ص 38، (2000) .
- [53] البير ميلاد السيد ، و آخرون ، دليل المتدرب ، البرنامج التدريبي كيميائي مياه الصرف الصحي - الدرجة الثالثة أساسيات (مبادئ) معالجة مياه الصرف الصحي ، الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحي - قطاع تنمية الموارد البشرية - الإدارة العامة لتخطيط المسار الوظيفي ، القاهرة ، ص 38 ، (2015) .
- [54] ممدوح فتحي عبد الصبور، نقل التكنولوجيا الغربية ليس بالضرورة مناسباً للبلاد النامية ، مجلة أسبوط للدراسات البيئية - العدد 30، ص 117 ، (2006) .
- [55] محاضرة تدريبية لمشغلي محطات معالجة مياه الفضلات ، منظمة الصحة العالمية المكتب الإقليمي لشرق المتوسط المركز الإقليمي لأنشطة صحة البيئة ، عمان ، ص 200 ، (2011) .
- [56] موجينز هينز ، ترجمة مصطفى سمير موسى ، نضال جودت محمود ، المعالجة البيولوجية لمياه الصرف الصحي المبادئ وأعمال النمذجة والتصميم ، نشر بواسطة IWA Publishing ، ص 288 ، (2008) .

## المراجع باللغة الأجنبية:

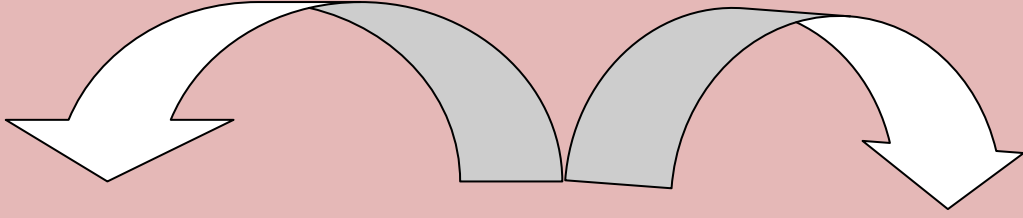
- [3] National Water Quality Handbook , Chapter1: Introduction , United States Department of Agriculture , pp2 , (2003) .
- [4] F. W. Owa , Water pollution : sources , effects , control and management , International Letters of Natural Sciences , 3, pp1 , (2014) .
- [7] M.V. Sperling , wastewater characteristics, treatment and disposal, Biological Wastewater Treatment Series , pp4 ,(2006) .
- [8] Directive européenne, eaux résiduaires urbaines , pp2 (du 21 mai 1991) .
- [9] H. SHI , point sources of pollution: local effects and it's control - Industrial Wastewater - Types, Amounts and Effects, Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS),vol 1, pp192 - 193 , (2011) .
- [10] O. B.Akpor, et al, pollutants in wastewater effluents: impacts and remediation processes International Journal of Environmental Research and Earth Science, Vo. 3, No. 3, pp. 050-059 ,(2014) .

- [11] G. Tjandraatmadja , C . Pollard, Sheedy , Y. Gozukara , Sources of contaminants in domestic wastewater : nutrients and additional elements from household products .CSIRO Water for a Healthy Country National Research Flagship , pp12-13 , (2010) .
- [12] S. toze , PCR and the detection of microbial pathogens in water and wastewater wat.resVol . 33 , No17 , pp 3546 , (1999) .
- [13]S. toze , Reuse of effluent water – benefits and risks, Proceedings of the 4th International Crop Science Congress , Brisbane , Australia , pp 2 , (2004) .
- [14] J.A. Wagenaar , & all ,Campylobacter fetus Infections in Humans :Exposure and Disease Published by Oxford University , p 1 , (2014) .
- [15] L .M.kabiru , Detection of Pathogenic Escherichia coli in Samples Collected at an Abattoir in Zaria , Nigeria and at Different Points in the Surrounding Environment , Int . J . Environ . Res . Public Health , pp 1 , (2014) .
- [17] G.F. Richard , D. J. Bradley, H. Garelick , D.D. Mara , Sanitation and Disease Health Aspects of Excreta and Wastewater Management, Publishedfor the World Bank, Chichester New York Brisbane Toronto Singapore , pp165 , (1982) .
- [18] C.M .Zhang , Elimination of viruses from domestic wastewater: requirements and Technologies , World J Microbiol Biotechnol ,vol 32 , ch 69 , pp2-3 , (2016) .
- [20] W. C. Russell , Adenoviruses : update on structure and function , Journal of General Virology , Vol90 , pp7 , (2009) .
- [21]A.I. Okoh , Wastewater treatment plants as a source of microbial pathogens in receiving Watersheds , African Journal of Biotechnology , Vol 6 , ch (25) , pp 2939-2940 , (2007) .
- [22] Ze-Li Tang , et al ,Infectious Diseases of Poverty, ,vol 5:71,pp2-3 , (2016) .
- [23] E. B. helwig, clonorchiasis, Army Institute of Pathology, Washington,pp714-715 ,(1946).
- [24] M. Haseena , Water pollution and human health , Environ Risk Assess Remediat ,voll(3) pp17 , (2017) .
- [26] D. Chapman , V. Kimstach , Water Quality Assessments - A Guide to Use of Biota Sediments and Water in Environmental Monitoring - Second Edition , unesco/ who/unep Ch 3 pp10 , (1992) .
- [27] A. Yuwono , P. S. Lammers , Odor Pollution in the Environment and the Detection Instrumentation , Agricultural Engineering International: the CIGR Journal of Scientific Research and Development ,Vol 6 , pp 2 , (2004) .
- [28] S. A. Alrumman , et al , Water Pollution: Source & Treatment , American Journal of Environmental Engineering , vol6 , ch(3) , pp 90 , ( 2016) .
- [29] B. kiepper , basics of the total suspended solids (TSS) wastewater analytical test Agriculture and Natural Resources , pp1-2 , (2016) .
- [30] S. muttamara , Wastewater characteristics,Resources , Conservation and Recycling vol 16, pp147 , (1996) .
- [31] D. Hamilton , H. Zhang,Solids Content of Wastewater and Manure, Division of Agricultural Sciences and Natural Resources • Oklahoma State University , pp1 , (2015).
- [32]E. Levlin , Conductivity measurements for controlling municipal wastewater treatment Polish-Swedish-Ukrainian Seminar, Utron,pp51-62 ,(2007) .
- [33] I. E. Uwidia , H.S. Ukulu , Studies on electrical conductivity and total dissolved solids concentration in raw domestic wastewater obtained from an estate in Warri , Nigeria Greener Journal of Physical ,Vol . 3 (3) , pp 110 , (2013) .

- [34] S. Famielec , et al , present used methods for measuring dissolved oxygen concentration at wastewater treatment plants , polska akademia nauk , oddział krakowie , pp 431, (2015).
- [35] J.D. Strickland , T.R. parsons , A Practical Handbook of Seawater Analysis , fisheries research board of canada Ottawa , pp 21-26 , ( 1972) .
- [36] B. nagel , H. dellweg, L. M. gierasch , glossary for chemists of terms used in biotechnology, Pure & Appl.Chem., Vol. 64, No. 1, pp 148 ,(1992) .
- [37] S. Jouanneau , Methods for assessing biochemical oxygen demand (BOD) : A review water research,vol 49, pp 62 -82 ,(2014) .
- [38] C. Assmann , et al, Online total organic carbon (TOC) monitoring for water and wastewater treatment plants processes and operations optimization , Drink. Water Eng- Sci Vol 10, pp 63 , (2017) .
- [39]C.E. boyd , Water quality for pond aquaculture , International center for aquaculture and aquatic environment Alabama agricultural experiment station auburn university james , pp16 (1998) .
- [40]N. P. Cheremisinoff , biotechnology for waste and wastewater treatment , Published in the United States of America by Noyes Publications , pp150-154 , (1996) .
- [41]Purwono , et al , Ammonia-Nitrogen (NH<sub>3</sub>-N) and Ammonium-Nitrogen (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N) Equilibrium on The Process of Removing Nitrogen By Using Tubular Plastic Media, J. Mater. Environ , Sci 8 (S) , pp 4915-4916 , (2017) .
- [42] J.C Prajapati , Removal of Ammonia from wastewater by ion exchange technology IJIRT,volume1, issue 9 , pp6 , (2014) .
- [43] Norme internationale , iso 7899/1 , Qualité de l'eau - Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux - Partie I: Méthode par enrichissement en milieu liquide , 1984-12-15.
- [44] Norme internationale , iso7899/2 , Qualité de l'eau - Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux - Partie 2: Méthode par filtration sur membrane , 1984-12-15.
- [45] Norme internationale , iso 6461/1 , Qualité de l'eau - Recherche et dénombrement des spores de micro-organismes anaérobies sulfito-réducteurs (clostridia) - Partie I : Méthode par enrichissement dans un milieu liquide , 1986-02-01.
- [46] Norme internationale , iso 7704/1 , Qualité de l'eau - Évaluation des membranes filtrantes utilisées pour des analyses microbiologique - Partie I :1985-03-15.
- [47] Norme internationale , iso 9308/2 , Qualité de l'eau -- Recherche et dénombrement des organismes coliformes, des organismes coliformes thermotolérants et des Escherichia coli présumés -- Partie 2: Méthode du nombre le plus probable , 1990-02.
- [48] how Wastewater Treatment Works... The Basics ,United States Environmental Protection Agency, pp1-6 ,(1998) .
- [52] United Nations New York ,waste-water treatment technologies: a general review economic and social commission for western asia , pp17 , (2003) .
- [57] Ch. Nilsson , H. Dahlström ,Treatment and Disposal Methods for Wastewater Sludge in the Area of Beijing , China , Department of Water and Environmental Engineering Lund Institute of Technology Lund University, pp 14 , (2005).

# الباب الثالث

## طرق و أدوات



### الفصل الثاني

بروتوكول نزع الملوثات

من المياه العادمة

### الفصل الأول

تحضير عينة الطين

وتحديد خصائصه

# الفصل الأول

## تحضير عينة الطين و تحديد خصائصه

### المحتوى العام

- I- مدخل
- II- موقع أخذ العينة
- III- تحديد قوام التربة
- IV- إعداد عينة الطين
- V- تحديد الخصائص الفيزيائية و الكيميائية لعينة الطين
  - V-1- حيود الأشعة السينية
  - V-2- مطياف امتصاص الأشعة تحت الحمراء بتحويل فورييه
  - V-3- مساحة السطح النوعي
  - V-4- المجهر الإلكتروني الماسح
  - V-5- سعة التبادل الكاتيوني

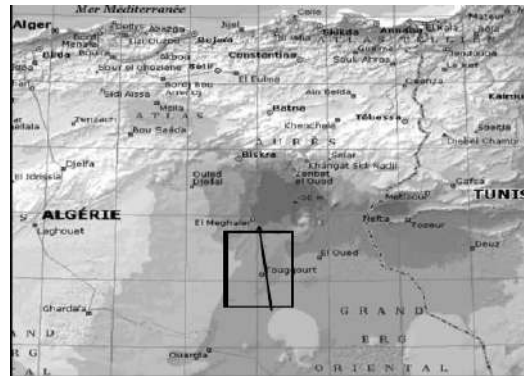
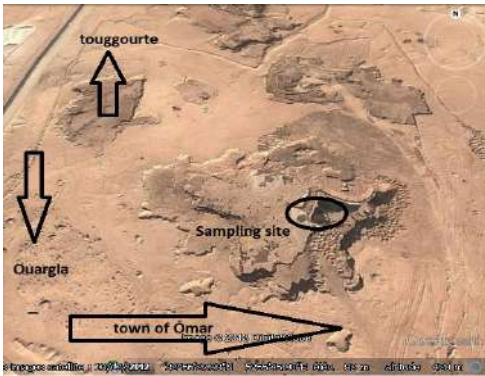
الجزء العملي: الصفحة من 63 إلى 71.

I- مدخل:

من أجل استغلال الطين لمعالجة المياه العادمة يجب علينا أولاً استخلاصه بصورة نقية من التربة و لتتبع امتزازه للملوثات الموجودة في المياه العادمة يتوجب علينا معرفة مجموعة من الخصائص المورفولوجية والفيزيائية و الكيميائية ، و التي تتمثل في DRX, FTIR, BET , CEC , SEM/EDX .

II- موقع أخذ العينة:

تم أخذ عينة الطين بالقرب من مدينة بلدة عمر بين دائرة العرض  $32^{\circ}56'27''$  شمالاً و خط الطول  $5^{\circ}55'45''$  شرقاً التابعة لمدينة تقرت المتواجدة في الجنوب الشرقي ( $33^{\circ}11'6''$  شمالاً  $6^{\circ}07'83''$  شرقاً) شمال ولاية ورقلة بالجزائر ترتفع علي مستوي سطح البحر 70مترا ، الصور(1-2-3-4) توضح الموقع الجغرافي للمنطقة و مكان أخذ عينة التربة.



الصورة-2: موقع أخذ العينة ملتقطه ببرنامج Google Earth (أوت - 2013).

الصورة-1: الموقع الجغرافي لمدينة تقرت.[1]



الصورة-3-4: مكان أخذ عينة التربة

III- تحديد قوام التربة:

كإجراء اعتيادي وعند التعامل مع التربة في أي مجال يستحسن تحديد قوام التربة ، في هذا العمل قمنا بتحديد قوام التربة من أجل معرفة نسبة الطين في عينة التربة المدروسة ، لهذا الغرض استعملنا الطريقة الهيدرومترية المعيار ("Mai 92" NFP 94-057) وفق الخطوات التالية [2، 3، 4].



**الخطوة 1: تجفيف عينة التربة:**

من أجل تجفيف العينة نضعها في إناء من الألمنيوم و ندخلها في فرن درجة حرارة 105م° حتى يجف.

**الخطوة 2: الفصل الأولي لحبيبات التربة الخشنة:**

✓ نزن 1كلغ من الطين المجفف سابقا ونضعه في إناء من الألمنيوم و نغمره بالماء ونتركه يتفكك مدة ساعة تقريبا الصورة (5).

✓ نقوم بغربلته في غربال 0.08 ملم ، ونحركه بواسطة فرشاة حتى ينزل و نستعين بالماء في الغربلة الصورة (6).

✓ بعد ذلك نأخذ ما تبقى فوق الغربال وندخله في فرن في درجة حرارة 105م° حتى يجف.

✓ نضع سلسلة من الغرابيل فوق بعضها البعض من الأكبر إلي الأصغر (5-2-1-0.4-0.2-0.1-0.08 ملم) و نجري الغربلة للجزء المجفف، ثم نزن ما علق في كل غربال.

**الخطوة 3: الطريقة الهيدرومترية:**

✓ من أجل تحديد النسب المكونة للجزء المار من الغربال 0.08 ملم ، نجففه عن 105م° و نطحنه حتى يصبح رطبا و نأخذ منه 40غ لتحليله بالطريقة الهيدرومترية.

✓ نضع هذه الكمية في كأس المخلاط و نضيف عليها 30 سم<sup>3</sup> من محلول هكسا- ميتا فوسفاتات الصوديوم (5%) (hexa-méta-phosphate de sodium) و نكمل إلى خط العيار بالماء المقطر، ثم ندخل الكأس في المخلاط الكهربائي (électro agitateur) و نرج مدة 5 دقائق الصورة (7).

✓ نسكب محتوى الكأس في أنبوب اختبار سعته 1000ملل، و نكمل بالماء المقطر إلى غاية خط العيار نتركه 24 ساعة.

✓ بعد انقضاء المدة نرج يدويا ثم نقيس درجة الحرارة و نضع جهاز الهيدرومتر و نأخذ القراءة عبر أزمنة مختلفة الصورة (8).



الصورة - 6: غربلة العينة بغربال 0.08 ملم



الصورة-5: غمر عينة التربة بالماء (1 ساعة)



الصورة - 8 : القراءة بجهاز الهيدرومتر



الصورة -7 : خلط العينة بمخلط كهرومغناطيسي

#### الخطوة 4: جمع البيانات

بعد جمع نتائج الخطوة 2 و3 ندخلها في برنامج من أجل الحصول على منحنى بياني يمكننا من تحديد قوام التربة و معرفة النسب المئوية لمكونات التربة و تحديد صنفها.

#### IV- إعداد عينة من الطين:

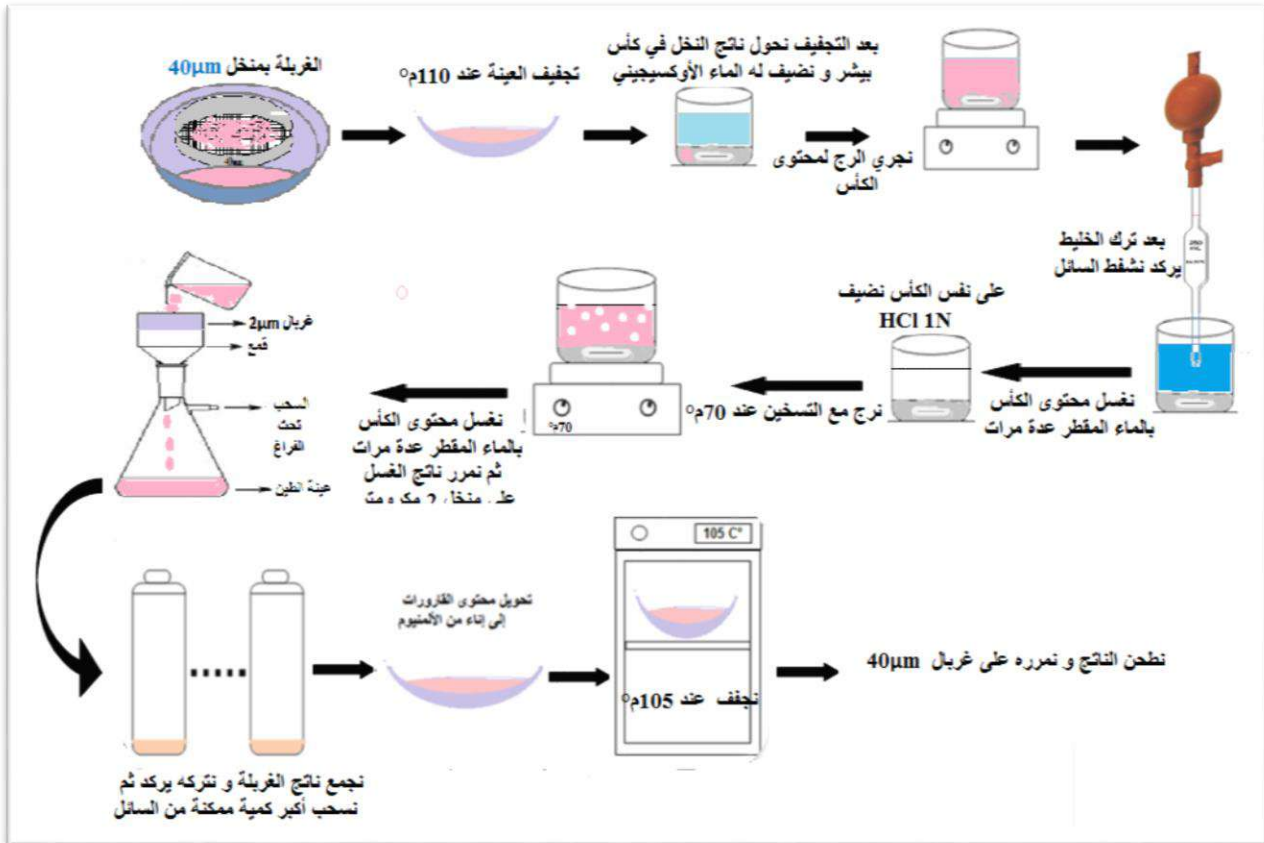
لتحديد خصائص الطين و نوعه يتطلب منا أولاً فصل الطين بصورة نقية من عينة التربة ، لهذا الغرض سنستعمل منخل قطر فتحاته 2 ميكرومتر، ولتسهيل عملية الغربلة (النخل) ، نجري مجموعة من العمليات على عينة التربة: [5، 6، 7]

- ✓ نضع عينة التربة في إناء من الألمنيوم ونغمرها بالماء ونتركها حتى تتشتت مدة ساعة تقريباً.
- ✓ باستعمال منخل 45 ميكرومتر ننخل نخلا رطب للتربة ، قصد التخلص من الرمل الناعم.
- ✓ نجفف العينة مدة 24 ساعة عند 110م°.
- ✓ من اجل التخلص من المواد العضوية نضع 40 غ من العينة في كأس بيشر ونظيف لها الماء الأوكسجيني 20حجوم ( 20V ) حتى تغمر، نرج و نتركها 24 ساعة.
- ✓ نشطف و ببطء للتخلص من أكبر جزء من السائل العائم .
- ✓ نجري عملية الغسل بالماء المقطر عدة مرات مع ترك الخليط حتى يركد و يترسب ، ثم نجري عملية الشطف.
- ✓ لنزع الكربونات نضيف على محتوى الكأس السابق حمض هيدروكلوريك ( HCl ) 1 نظامي نسخن عند 70م°.
- ✓ نشطف ببطء للتخلص من أكبر جزء من السائل العائم ، مع الحرص لأن السائل قد يحوي كمية من الحمض.
- ✓ نغسل محتوى الكأس عدة مرات بالماء المقطر .
- ✓ نجري غربلة لمحتوي الكأس بغربال 2 ميكرومتر تحت الفراغ وهو رطب و يفضل إضافة الماء المقطر من حين لآخر كي لا تسد ثقب الغربال (المنخل).

✓ نجمع ناتج الغزبية في قارورة و الذي يحوي على الطين صافي ونتركه يركد مدة يوم ثم نشطف السائل بحذر .

✓ نجمع عينة الطين الرطبة و نجففها عند 105م°.

✓ نسحق عينة الطين و نمررها على غربال 40 ميكرومتر ، الشكل(24) يوضح مراحل إعداد عينة الطين والصورة 9-10 لعينة التربة قبل التصفية و عينة الطين النقي بعد التصفية



الشكل-24: مراحل إعداد و تنقية عينة الطين



الصورة 10: عينة الطين النقية



الصورة 9: عينة التربة قبل التصفية

**V- تحديد الخصائص الفيزيائية و الكيميائية لعينة الطين:**

من أجل تحديد التركيبة المعدنية لطين و تحديد نوعه استعملنا مجموعة من الاختبارات والتي تتمثل في:

**1-V- حيود الأشعة السينية :****1-1-V- مبدأ عمل الجهاز:**

يتحقق شرط براغ و الممثل في العلاقة (1) ، لكل مجموعة من المستويات المتوازية ذات التوجه المناسب عندما تردت حزمة أشعة سينية وحيدة اللون على العينة ذات العدد الكبير من البلورات الدقيقة، بما أن توجه هذه البلورات في المسحوق عشوائيا فإن الأشعة المنعكسة بمختلف مستوياتها بزوايا براغ ( $\theta$ ) تشكل مع الحزمة الواردة زاوية  $2\theta$  في كل الاتجاهات الممكنة، مما يظهر حزمة بشكل مخروطي دوراني رأسه عند البلورة و محوره الحزمة الواردة بنصف زاوية ( $2\theta$ ) الشكل (25) (في الملحق) ، تبرز حزم مخروطية أخرى لمستويات بلورية تحقق شرط براغ بزوايا مختلفة، تتقاطع الحزم المتعرجة مع لوح التصوير المحيط بالعينة مشكلة سلسلة الحلقات المتحدة المركز متفاوتة الشدة فمن خلالها يتم تعيين قيم كل من  $\theta$  و d ومنها يتم الحصول عن الخلية الأولية و البنية البلورية.

قد تستعمل عدادات أخرى مثل عداد غايغر (Geiger) ، حيث يثبت على ساعد يدور حول العينة ويسجل شدة الأشعة المنعرجة في مختلف الاتجاهات، تدار العينة بنصف سرعة دوران العداد ، و هذا ليتلقى العداد الأشعة المنعرجة عن المستويات البلورية الموازية لسطح العينة ، الشكل (26) (في الملحق) [8,9].

$$n\lambda = 2d \sin \theta \quad \dots \dots \dots (1)$$

n: مرتبة الحيود.  $\lambda$ : الطول الموجي. d : المسافة البينية.

**2-1-V- الجهاز المستعمل:**

استعملنا من أجل تحديد أطراف الأشعة السينية جهاز X'pert PRO Panalytical ، وفق الشروط التالية: طول موجة  $\lambda_{CuK\alpha 1} = 1.540598 \text{ \AA}$ ، المهبط المستعمل من النحاس، تحت توتر مقداره 40KV وشدة تيار 40mA، زاوية البدء ( $2\theta$ ) 5.0026°، وزاوية النهاية ( $2\theta$ ) 119.9956°، معدل المسح 3.8331° / دقيقة حجم الخطوة ( $2\theta$ ) 0.0030.

**3-1-V- تحضير العينة:**

طبقتنا تقنية انعراج الأشعة السينية وفق طريقة المسحوق (طريقة ديبياي – شيرر) ، حيث تم وضع العينة المطحونة سابقا و المنخولة بغربال 2 ميكرومتر في حامل بشكل قرص دائري سميك تم ضغطها بصفيحة زجاجية لتثبيتها ومن أجل للحصول على سطح مستوى ، بعد ذلك يتم إدخال القرص في الجهاز الذي يتم ضبطه وفق ما ذكر في الفقرة السابقة.

**V-1-4- معالجة البيانات المتحصل عليها:**

أجريت معالجة البيانات المتحصل عليها من حيود الأشعة السينية باستعمال برنامج Match!2 (الإصدار 2.4.7 (2016) رقم التسلسلي 1.0001.2012001.7.2) ، وتم الحصول على نمط حيود الأشعة السينية مع تحليل بياناتها التي تمت مقارنتها مع قاعدة بيانات البرنامج.

**V-2- مطياف امتصاص الأشعة تحت الحمراء بتحويل فورييه:**

يعتمد مبدأ مطيافية الأشعة تحت الحمراء على التداخل بين هذه الأشعة و الروابط الكيميائية للمواد، فعندما تمتص هذه الأشعة من طرف الجزيئات تحدث إثارة لذراتها فتظهر على شكل اهتزاز بالنسبة لبعضها البعض في الجزئي مما يؤدي إلى تغير في طول الروابط أو الزوايا بينها (الشكل 27) (في الملحق) ، فتنقل الرابطة الكيميائية من مستو اهتزازي منخفض إلى مستو أعلى، فينجم عن ذلك زيادة في الحركة الإهتزازية أو الدورانية للجزيئات، ثم تعود إلى وضعية الإستقرار و تشع عنها الطاقة الممتصة و التي من خلالها يتم الكشف عن هوية المادة. [8]، [10]

**V-2-1- مبدأ عمل الجهاز:**

يصدر المنبع في جهاز IRFT حزمة من الأشعة إلى صفيحة فاصلة فتقسمها إلى حزمتين الأولى تسقط على مرآة ثابتة و الأخرى على مرآة متحركة، تنعكس الحزمتان من جديد نحو العينة ثم الكاشف الذي بدوره يحول الإشارة الضوئية الواردة إليه إلى إشارة كهربائية الشكل (28) (في الملحق) ، ثم بشكل صورة رقمية و التي تعالج بتحويل فورييه لتعطي في النهاية طيف الامتصاص [10، 11، 12] .

**V-2-2- الجهاز المستعمل:**

تم استخدام مطياف الأشعة تحت الحمراء من نوع SHIMADZU IR Affinity-1 ، الصورة (11) ( في الملحق) كان نطاق الطول الموجي 400-4000 سم<sup>-1</sup>، تم الضغط على كريات العينة تحت ضغط 80 كيلو نيوتن تحتوي على خليط من 1 ٪ من الطين مع KBr الجاف.

**V-2-3- تحضير العينة:**

تم سحق 2 ملغ من عينة الطين المنخولة سابقا بمنخل 40 ميكرومتر مع 198 ملغ من KBr الجاف سحقاً جيداً من أجل مجانسة الخليط، ثم وضعت في قالب و أدخلت المكبس وضغطت تحت ضغط 80 كيلو باسكال من أجل إزالة الهواء و الحصول على قرص شفاف سمكه 1 ملم وقطره 13 ملم.

**V-3- مساحة السطح النوعي):**

تقنية BET ( طريقة Brunauer, Emmett et Teller ) مهمة لتحديد مساحة السطح المحددة ، تتضمن الطريقة تحديد كمية من كثف أو غازات الامتزاز المطلوبة لتغطية الأسطح الخارجية والمسامية الداخلية التي يمكن الوصول إليها من مادة صلبة (الشكل 29) (في الملحق)، مع أحادي الطبقة الكامل من الإدمصاص. يمكن حساب هذا المقدار الأحادي الطبقة من يزوتارم الامتزاز باستخدام معادلة BET

[المعادلة (1)] ، يمكن استخدام أي غاز شريطة أن يتم امتصاصه بواسطة روابط ضعيفة على سطح المادة الصلبة (قوى فان دير فالس) ، يمكن امتصاصه بانخفاض في الضغط عند نفس درجة الحرارة [13]

### 1-3-V-1- مبدأ عمل الجهاز:

المساحة السطحية المحددة عن طريق امتصاص الغاز تعتبر مقياس للسطح المكشوف و التي تعطي بوحدة  $g/m^2$  ، يتم تحضير عينات موزونة سابقا وتفرغها من الهواء وذلك بتطبيق مزيج من الحرارة والتفريغ كي تزال الملوثات الممتزة سابقاً من السطح ومن المسام ، ثم يتم تبريد العينات إلى درجة التجميد، يتم إدخال غاز الامتزاز (عادةً  $N_2$ ) إلى أنبوب العينة بزيادات محكمة. بعد كل جرعة ، يتم السماح للضغط بالتوازن ويتم حساب كمية الغاز الممتز ، ويعرف حجم الغاز الممتز عند كل ضغط الامتزاز المتساوي ، تتميز القوام المسامية للعينات عن طريق إجراء متساوي الاضمحلال  $N_2$  عند 77 كلفن، ثم حساب المساحة السطحية النوعية الكلية باستخدام معادلة BET متعددة النقاط في نطاق الضغط النسبي (P / Po 0.3-0.05) ، و اعتماد قيمة  $16.2A^2$  لمنطقة السطح الجزيئي للنيتروجين [14].

### 2-3-V-2- الجهاز المستعمل:

استخدمنا جهاز من نوع (V4.03 J) ASAP 2020 V4.03 الصورة (12) (13) (في الملحق) ، تم تحديد مساحة السطح المحددة من خلال قياس الامتزاز وامتصاص النيتروجين عند 77.123 كلفن ، و 10 دقيقة من الفاصل الزمني للموازنة والوقت الذي استغرق 12 ساعة، و كان الضغط النسبي (P / P0) (0.02- 0.29) وبتبني القيمة 0.1620 نانومتر للمساحة السطحية لجزيء النيتروجين .

### 3-3-V-3- تحضير العينة:

يتم تحضير عينة موزونة سابقاً والتي تساوي 0.1214 غ وتفرغها (سحب الهواء من العينة) من خلال تطبيق مزيج من الحرارة وتفرغ شكل (30) (في الملحق)، وهذا يزيل الملوثات الممتزة سابقاً من السطح ومن المسام. ثم يتم تبريد العينات إلى درجة التجميد ، بعدها يتم إدخالها في الجهاز.

### 4-V-4- المجهر الإلكتروني الماسح:

#### 1-4-V-1- مبدأ عمل الجهاز:

يتكون المجهر الإلكتروني الماسح من عمود البصرات الإلكترونية ووحدة تحكم إلكترونية (الشكل 31) (في الملحق) توضع عينة SEM المغلفة في حجرة العينة ، في عمود البصرات الإلكترونية ويتم إخلؤها بتطبيق فراغ عالي (حوالي  $2 \times 10^{-6}$  mmHg) ، يتم تشكيل صورة MEB بواسطة شعاع إلكترون داخلي المنشأ، يتم إنشاء هذا الشعاع عن طريق تسخين "خيوط التنغستن" في المدفع الإلكتروني حتى تنبعث شعيرات الإلكترونات ، يتم تسريع الإلكترون عبر العمود بجهد تسارع يتراوح بين 5 إلى 30 كيلوفولت ، يتم تجزئته وتركيزه من خلال سلسلة من العدسات الكهرومغناطيسية في حزمة ذات تركيز دقيق ، والتي تقذف العينة ، القطر النهائي للحزمة هو عادة 100 انغستروم، في معظم MEB التجارية

تشتمل المكونات الإضافية على وحدة تحكم للتحكم في شكل الشعاع والفتحات لتقليل عيوب العدسة والتي تحد بشكل كبير من الدقة في الفحص المجهرى [16].

من الممكن ملاحظة وتحليل التركيب الأولي لمعدن معزول في المادة الثانية ، في التحليل الجيولوجي نستخدم في المقام الأول الإلكترونيات الثانوية (MEB micrograph) والأشعة السينية المميزة (طيف EDX)، يتبدد ما تبقى من الإشعاع في الحرارة أو المفقودة في الجدران الداخلية لغرفة عينة MEB ومعالجتها بواسطة وحدة التحكم الإلكترونية في صورة MEB المألوفة.

تتكوّن الصورة الطبوغرافية ثلاثية الأبعاد (MEB micrograph) من خلال جمع الإلكترونيات الثانوية الناتجة عن الحزمة الأولية ، وهي إلكترونات منخفضة الطاقة ، وبما أن حزمة الإلكترون تعبر العينة فإن الإلكترونيات الثانوية المنبعثة يتم جمعها بواسطة مكشاف إلكتروني ثانوي مركب في حجرة عينة MEB يتم عرض هذه الصورة على شاشة تلفزيون أو تصويرها بكاميرا مستقطبة لضوء متصلة .

يتم الحصول على تحليل العناصر لعينة عن طريق جمع الأشعة السينية المميزة المولدة أثناء شعاع الإلكترون بمسح العينة ، يتم تركيب كاشف الأشعة السينية بجوار كاشف الإلكترون الثانوي (الشكل 2). كل عنصر في العينة ينتج أشعة سينية ذات طاقات مميزة وأطوال موجية ، يمكن تحليل هذه الأشعة السينية باستخدام كاشف Si (Li) حساس للطاقة في نظام تشييت الطاقة (EDX) أو عن طريق تفريق الأشعة السينية وفقاً لطول الموجة باستخدام كاشف البلورة لطول موجة [16،17].

#### 2-4-V- تحضير العينة:

يتم أخذ عينة الطين المسحوقة و المنخولة بمنخل 40 ميكرومتر بملقعة و ذرها على ملصق كربوني مزدوج الوجه، بعدها يتم إزالة الجسيمات الزائدة باستخدام وحدة تفريق الجسيمات، هذا سوف يسمح لتوزيع متجانس للعينة على الملصق، ننتظر مدة ساعة تقريبا من أجل الاستقرار أو حتى يجف لمنع انجراف العينة [18].

#### 5-V- سعة التبادل الكاتيوني:

في هذه الدراسة نتبع الإجراء الموضح في المعيار الفرنسي AFNOR NFX 31-130 [19] ، لتحديد سعة التبادل الكاتيوني ، و الذي يمكن تلخيصه في مجموعة من الخطوات:

**الخطوة-1:** في كأس بيشر نضع 10 غ من عينة الطين و نضيف عليها 40 ملل من محلول أسيتات الأمونيوم ( $\text{NH}_4\text{COOH}$ ) ، 1 مول/ل ( $1\text{mol/l}$ ) ، نرج المزج جيدا ويترك المزيج يوماً كاملاً (القصد من هذه العملية هي السماح بشغل جميع مواقع التبادل بالأيون المضاف).

**الخطوة-2:** في اليوم الموالي نرج من جديد محتوى الكأس جيدا ، و نجري عملية الترشيح تحت الفراغ باستعمال ورق ترشيح 0.45 ميكرومتر.

**الخطوة-3:** على نفس قمع الترشيح و الذي يحتوي الطين الناتج من المرحلة السابقة نجري عملية الغسل تحت الفراغ وذلك بسكب 30 ملل من محلول أسيتات الأمونيوم السابق، تكرر العملية الغسل أربع مرات (أجريت هذه الخطوة لتأكد من إتمام عملية التبادل الكاتيوني).

**الخطوة-4:** على نفس ورقة الترشيح الحاوية لعينة الطين الناتجة من الخطوة 3، نجري عملية الغسل تحت الفراغ وذلك بسكب بحذر 40 ملل من إيزو بروبانول ( $\text{CH}_3\text{-CHOH-CH}_3$ )، (الهدف من هذه الخطوة هو التخلص من بقايا أسيتات الأمونيوم التي لم تحدث التبادل الكاتيوني)، لتأكيد تكرر العملية ثلاث مرات.

**الخطوة-5:** نسكب الرشاحة الموجودة في إرلن جهاز الترشيح تحت الفراغ و نغسلها جيداً بالماء المقطر ثم نعيد تركيب الجهاز مع المحافظة بمحتوى القمع ، بعد ذلك نجري عملية الغسل بسكب 50 ملل من محلول KCl (1 مول/ل) على ورقة الترشيح التي تحوي عينة الطين ، نكرر الغسل أربع مرات القصد من هذه المرحلة هو طرد الأيون الذي أحدث التبادل الكاتيوني ( $\text{NH}_4^+$ ) (يسمى الأيون المزاح) و يحل محله كاتيون البوتاسيوم ( $\text{K}^+$ ) (يسمى بالكاتيون المزيج).

**الخطوة-6:** توضع عينة الرشاحة الناتجة من المرحلة الخامسة و التي تحوي الأيون المراح في حوجلة معيارية سعتها 250 ملل ثم نكمل إلى خط العيار بمحلول KCl 1 مول/ل ، نرج جيداً لمجانسة المحلول.

**الخطوة-7:** نحدد التركيز المولي لأيون الأمونيوم ( $\text{NH}_4^+$ ) بالطريقة اللونية و استعملنا لهذا الغرض جهاز DR3900 و الكاشف LCK 303 ، الصورة 14،15.

تحدد قيمة سعة التبادل الكاتيوني (CEC) بالعلاقة التالية:

$$CEC \left( \frac{mEq}{100g} \right) = \frac{C \times V \times 100}{18 \times m}$$

V: حجم الرشاحة التي تحوي أيون الأمونيوم (250ملل).

C: تركيز أيون الأمونيوم (ملغ/ل).

m: كتلة عينة الطين.



# الباب الثاني

## بروتوكول نزع الملوثات من المياه العادمة

### المحتوى العام

I- مدخل

II- موقع محطة تصفية المياه المستعملة بتقوت

III- طريقة أخذ العينة و شروط الحفظ

IV- وسائط تحديد تلوث المياه العادمة و طرق قياسها

V- البروتوكول التجريبي لعملية معالجة الماء المستعمل بالطين

الجزء العملي: الصفحة من 72 إلى 87

### I- المدخل:

هذا الباب يسرد مجموعة من التقنيات و العمليات التي تمت على مستوى المخبر من أجل تحديد الشروط المثلى و التي تتمثل في سرعة الرج و زمن التماس و كتلة الطين المضافة و الأس الهيدروجيني و درجة الحرارة المطبقة لنزع الملوثات في المياه المستعملة باستعمال الطين .

### II- موقع محطة تصفية المياه المستعملة بتقرت:

تم أخذ عينات الماء العادم (المستعمل) ، من محطة تصفية للمياه العادمة لمدينة تقرت المتواجدة بحي بني أسود التابعة لبلدية تبسبست القريبة من الطريق الوطني رقم 16 الرابط بين دائرة تقرت و ولاية الوادي (الصورة 16) تقع فلكيا على خط طول  $5^{\circ} 04'$  شرقاً و خط عرض  $33^{\circ} 16'$  (الصورة 17) ، تتربع على مساحة تقدر بخمسة هكتارات،بدأت العمل في 20 نوفمبر 1993م و توقفت عن العمل سنة 1995م وأعيد تشغيلها بعد عملية الترميم و التأهيل في 24 فيفري 2004، تحت إشراف الديوان الوطني للتطهير .ONA.



الصورة-16: الموقع الجغرافي لمحطة تصفية المياه المستعملة بتقرت (google Earth 2018)



الصورة-17: الموقع الفلكي لمحطة تصفية المياه المستعملة بتقرت (google Earth 2018)

### III- طريقة أخذ العينة و شروط الحفظ:

#### III-1- طريقة أخذ العينة:

أخذت عينة مياه الصرف المنزلي المستخدمة في هذه الدراسة، بعد المرحلة الفيزيائية و قبل دخلها المرحلة البيولوجية (الصورة 18) ، في وعاء بلاستيكي سعته 5لتر، وتم وضعه مباشرة في حاوية خاصة بحفظ العينات تحت التبريد في حدود 4 م° (الصورة 19) (في الملحق) ، كي نضمن أقل نشاط للبكتيريا .



الصورة-18: مكان أخذ عينة الماء المستعمل

#### III-2- شروط الحفظ:

يتم حفظ العينة حسب طبيعة الاختبار المراد إنجازه وفق مجموعة من الشروط دونت في الجدول (12) المدرج ضمن الملحق [20].

### IV- وسائط تحديد تلوث المياه العادمة و طرق قياسها:

#### IV-1- الطلب البيوكيميائي (الحيوي) للأوكسجين (DBO<sub>5</sub>):

تم قياس الطلب البيوكيميائي للأوكسجين بطريقة manométrique ، باستعمال جهاز OxiTop Box وفق المعيار AFNOR T90 103 [21] .

#### ✓ الأجهزة و الأدوات المستعملة:

- حوالتين معياريتين الأولى سعتها 164 ملل ، و الثانية بسعة 432 ملل.
- قارورات حضن قاتمة اللون ذات سعة 500ملل، مرقمة و مغسولة جيدا، (الصورة 18) (في الملحق) .
- حاضنة تثبت درجة الحرارة عند 20م°، من النوع OxiTop Box (WTW) (الصورة 19) (في الملحق) .
- أنبوبة من المطاط تثبت داخل قارورة الحضن مخصص كي يوضع فيها KOH .
- قضيب مغناطيسي .
- لوحة الرج المغناطيسية من النوع OxiTop Box IS6 (WTW) .
- جهاز قياس الضغط Oxytop (WTW) .

✓ المواد المستعملة:

- أقراص هيدروكسيد البوتاسيوم KOH .
- مثبت لتنشيط عمل البكتيريا (C<sub>4</sub>H<sub>8</sub>N<sub>2</sub>S) .
- ماء مقطر .
- عينة الماء المستعمل المدروس قبل و بعد المعالجة.

✓ طريقة العمل: نغسل الأدوات جيدا بالماء المقطر

- نأخذ 164 ملل من الماء المستعمل قبل المعالجة بواسطة الحوالة المعيارية ذات سعة 164 ملل ونسكبه في قارورة الحضان .
- نقيس حجم 432 ملل من الماء المستعمل بعد المعالجة بواسطة الحوالة المعيارية ذات سعة 432 ملل ونسكبه في قارورة الحضان .
- في كل قارورة من القارورات نضع قضيب مغناطيسي ، و قطرات من المثبط ، ثم ندخل الأنبوبة المطاطية و نضع فيها من قرصين إلى ثلاثة أقراص هيدروكسيد البوتاسيوم .
- نغلق القارورات دون إحكام الغلق بمقياس الضغط ، و ننتظر حوالي 30 دقيقة حتى يحدث التوازن داخل القارورة، ثم نعيد إحكامها .
- نضغط على الحرفين M و S علي مقياس الضغط لإعطائه أمر بدأ العمل .
- ندخل القارورات في الحاضنة التي تم تشغيلها قبل فترة .

✓ قرأت النتائج:

- بعد مرور خمسة أيام نخرج القارورات من الحاضنة ونأخذ القياسات و ذلك بالضغط على حرف S ، لأخذ القراءة من لليوم الأول إلى اليوم الخامس .
  - نسجل القيم المتحصل عليها و لحساب القيمة الفعلية لتركيز الملوثات و التي تمثل كمية الأوكسجين المستهلك من طرف الأحياء الدقيقة بالملي غرام لكل لتر من الماء المدروس نضرب هذه النتيجة في المعامل الموافق لكل حجم مأخوذ من العينة وفق الجدول (13) .
- الجدول-13: العلاقة بين حجم العينة المستعمل و المعامل الموافق (أخذت البيانات من الجهاز)

مدى القياس	الحجم المأخوذ من العينة	المعامل
40-0	432	1
80-0	365	2
200-0	250	5
400-0	164	10
800-0	97	20
2000-0	43.5	50
4000-0	22.7	100

## IV-2- الطلب الكيميائي للأوكسجين (DCO):

اعتمدنا في قياس كمية الطلب الكيميائي للأوكسجين DCO بأكسدة العينة بواسطة ثاني كرومات البوتاسيوم في وسط محمض بحمض الكبريتيك و بوجود كل من نترات الفضة (محفز) و كبريتات الزئبق الثنائي (تعقيد أنيون الكلور). [22]

### ✓ الأجهزة و الأدوات المستعملة:

- جهاز DR3900 (من شركة HACH) الصورة (22) (في الملحق).
- مفاعل حراري Thermo réacteur (réacteur DCO)(HACH).
- ماصة.
- حامله الأنابيب

### ✓ المواد المستعملة:

- الكاشف التجاري LCK114 (150-1000 ملغ/ل)
- LCK314 (15-150 ملغ/ل) الصورة (23) (في الملحق).
- عينة الماء المستعمل المدروس قبل و بعد المعالجة.

### ✓ طريقة العمل: لإنجاز عملية القياس نتبع البروتوكول المدون في الغلاف العلبة.

- نرج أنابيب الكواشف جيدا بعد إخراجها من العلبة لمجانسة الكاشف.
- نرقم الأنابيب من 0-5 (يتم الترقيم على غطاء الأنبوبة).
- نفتح غطاء الكاشف و نضيف على محتوى الأنبوب 2 ملل من العينة و نعيد غلقها بإحكام.

- نستعمل كاشف LCK114 (10<sup>-3</sup> 150 ملغ O<sub>2</sub>/ل) لعينة الماء المستعمل قبل المعالجة.

- نستعمل كاشف LCK314 (15-150 ملغ O<sub>2</sub>/ل) لعينة الماء المستعمل بعد المعالجة.

- نرج الأنابيب جيدا و نتركها مدة 15 دقيقة على حامله الأنابيب.
- ندخل الأنابيب في المفاعل الحرارة ذو حرارة تساوي 148م° مدة ساعتين.
- عند انتهاء المدة نترك الأنابيب تبرد حتى درجة المخبر.
- نمسح الأنابيب جيدا من الخارج و ندخلها في جهاز DR3900 بعد ضبطه بطريقة القراء وفق برنامج شيفرة الأعمدة Programmes codes barre الصورة (24) (في الملحق).
- بعد لحظات ستظهر النتيجة بوحدة ملغ O<sub>2</sub>/ل الصورة (25) (في الملحق).

#### IV-3- الأوكسجين المنحل ( $O_{diss}$ ):

قمنا بقياس الأوكسجين المنحل باستعمال جهاز من النوع HQ30d floxi باعتماد الطريقة الأمبيرومترية Ampérométrique، وفق المعيار

AFNOR .T90-106 [23]

✓ الأجهزة المستعملة:

▪ جهاز Oxymetrie من نوع HQ30 floxi مزود بقطب لقياس الأوكسجين المنحل  
الصورة 1-26.

✓ المواد المستعملة:

▪ عينة الماء المستعمل المدروس قبل و بعد المعالجة.

✓ طريقة العمل:

بعد فتح الجهاز و غسل القطب جيدا بالماء المقطر، نضع العينة في كأس بيشر و نغمس القطب و نضغط على أمر القراءة، ثم ننتظر لحظات ، بعد الانتهاء تظهر النتيجة مباشر على الشاشة بوحدة ملغ/ل الصورة (26) (في الملحق) .

#### IV-4- أورثو فوسفور ( $PO_4^{-3}$ ):

✓ الأجهزة و الأدوات المستعملة:

▪ جهاز DR3900 (من شركة HACH) الصورة (22) .  
▪ ماصة ، حاملة الأنابيب .

✓ المواد المستعملة:

▪ الكاشف التجاري LCK049 (5-90 ملغ/ل) الصورة (29).  
▪ ماء مقطر.

▪ عينة الماء المستعمل المدروس قبل و بعد المعالجة.

✓ طريقة العمل: لإنجاز عملية القياس نتبع البروتوكول المدون في الغلاف العلبة الصورة (30) .

▪ نخرج أنابيب الكاشف من العلبة و نرجها ثم نرقمها من 0-5 .  
▪ نفتح غطاء الأنبوب و نضيف في كل منها 5 ملل من عينة الماء المستعمل قبل و بعد المعالجة.

▪ نغلق الأنبوب و نرج جيدا ثم نتركه على حاملة الأنابيب مدة 10 دقائق.

▪ بعد انتهاء المدة نمسح الأنبوب جيدا وندخله في جهاز DR3900 بعد ضبطه بطريقة

القراءة وفق برنامج شيفرة الأعمدة Programmes codes barre

▪ ندون النتيجة الظاهرة على الشاشة بوحدة ملغ/ل .

#### IV-5- المواد العالقة (MES):

اعتمدنا في تحديد كمية المواد العالقة علي المعيار NF.T90-105 ، وفق طريقتين: [24]

**IV-5-1- طريقة الترشيح:** طبقت هذه الطريقة على عينات الماء المستعمل المعالج و الذي يحوي كثافة قليلة من المواد العالقة.

#### ✓ الأجهزة و الأدوات المستعملة:

- فرن التجفيف Etuve من النوع Memmert . حجلة معيارية سعتها 100 ملل.
- ميزان الكتروني تحليلي من النوع AB204 . بوتقة.
- جهاز الترشيح تحت الفراغ مزود بورقة ترشيح من النوع (45 مكرون) GF/C.
- مجفف (لنزع الرطوبة) Dessiccateur.

#### ✓ المواد المستعملة:

- ماء مقطر.
- عينات الماء المستعمل بعد المعالجة.

#### ✓ طريقة العمل:

- نبلل ورقة الترشيح بالماء المقطر ثم توضع في فرن التجفيف عند 105م° حتى تجف.
- نرقم أوراق الترشيح ثم توزن بدقة، ندون الوزن  $m_0$  بوحددة ملي غرام (mg).
- نثبت ورقة الترشيح على القمع جهاز الترشيح.
- نأخذ حجم V (100ملل) من العينة (بعد المعالجة) باستعمال حجلة معيارية سعتها 100ملل.
- نشغل مضخة جهاز الترشيح و نسكب بحذر محتوى الحجلة المعيارية ، تتم العملية على دفعات.
- بعد الانتهاء من الترشيح نأخذ ورقة الترشيح و نضعها في بوتقة مغسولة و ندخلها في الفرن عند 105م° و نتركها مدة ساعتين تقريبا لتجف.
- نخرج البوتقة التي تحمل ورقة الترشيح و ندخلها في مجفف ، و نتركها تبرد.
- نزن ورقة الترشيح و ندون الوزن  $m_1$  بوحددة ملي غرام.

#### ✓ الحسابات: يتم حساب تركيز المواد العالقة بالعلاقة أدناه:

$$C_{MES} \left( \frac{mg}{l} \right) = \frac{(m_1 - m_0) \times 1000}{V}$$

$C_{MES}$ : تركيز المواد العالقة (mg/l).

$m_0$ : كتلة ورقة الترشيح قبل الإستعمال (ملي غرام) (قبل الترشيح).

$m_1$ : كتلة ورقة الترشيح بعد الإستعمال (ملي غرام) (بعد الترشيح).

V: حجم العينة المأخوذة (ملل).

IV-5-2- طريقة الطرد المركزي: طبقت هذه الطريقة على عينات الماء المستعمل قبل المعالجة و الذي يحوي كثافة عالية من المواد العالقة.

✓ الأجهزة و الأدوات المستعملة:

- فرن تجفيف Etuve من نوع Memmert.
- ميزان الكتروني تحليلي من نوع AB204.
- جهاز طرد مركزي من نوع SIGMA.
- حوالة معيارية سعتها 100 ملل.
- بوتقة.

✓ المواد المستعملة:

- ماء مقطر.
- عينات الماء المستعمل قبل المعالجة.

✓ طريقة العمل:

- نغسل بوتقة جيدا بالماء المقطر، و نجففها في فرن التجفيف عند 105م°، و نتركها تبرد .
- نزن هذه البوتقة باستعمال الميزان التحليلي و ندون الوزن  $m_0$  بوحدة ملي غرام.
- في حوالة معيارية سعتها 100ملل نضع عينة الماء المستعمل قبل المعالجة حتى خط العيار.
- نحول محتوى الحوالة في أنبوبي الطرد المركزي بالتساوي و نجري عملية الطرد في حدود 2800 د/دقيقة ، مدة خمس دقائق .
- نفصل السائل العائم عن الراسب ثم نضيف على كل منها كمية صغيرة من الماء المقطر نرج جيدا و نحول محتوى الأنبوبتين في البوتقة الموزونة سابقا.
- ندخل البوتقة في الفرن التجفيف عند 105م° حتى تجف تماما من الماء.
- نخرج البوتقة و ندخلها في المجفف كي تبرد بعيدا عن الرطوبة.
- نزن البوتقة و ندون الوزن  $m_1$  بالملي غرام.

✓ الحسابات: يتم حساب تركيز المواد العالقة بالعلاقة أدناه:

$$C_{MES} \left( \frac{mg}{l} \right) = \frac{(m_1 - m_0) \times 1000}{V}$$

$C_{MES}$ : تركيز المواد العالقة (mg/l).

$m_0$ : كتلة ورقة الترشيح قبل الإستعمال (ملي غرام) (قبل الترشيح).

$m_1$ : كتلة ورقة الترشيح بعد الإستعمال (ملي غرام) (بعد الترشيح).

V: حجم العينة المأخوذة (ملل).



#### IV-6- الأس الهيدروجيني (pH):

تم تحديد الأس الهيدروجيني باستعمال جهاز pH من النوع (HACH) sens ion1 الصورة 2-26 .  
يتم ضبط الجهاز باستعمال محاليل موقية ذات pH=4 ، pH=7 ، pH=10 ( قيم الأس الهيدروجيني تتوقف على درجة حرارة المحلول عند عملية الضبط أي قد تكون بالزيادة أو النقصان وقيم الأس الهيدروجيني الموافقة لكل محلول ووفق درجة حرارته تكون مدونة على اللاصقة المثبتة على كل قارورة) .

##### ✓ طريقة العمل:

- تشغيل جهاز pH متر، و نقوم بضبطه.
- غسل القطب بالماء المقطر ونقوم بتنشيفه.
- في كأس يبشر نضع كمية من العينة المدروسة تكون كافية لغمر قطب الـ pH متر .
- نغمر قطب الجهاز بحيث لا يلمس القاعدة و ننتظر حتى يستقر و ندون النتيجة .
- قبل كل عملية قياس يجب غسل القطب بالماء المقطر و تنشيفه بحرص .

#### IV-7- الناقلية الكهربائية (CE):

تم تحديد الناقلية الكهربائية باستعمال جهاز من النوع (HACH) sens ion5 الصورة 2-26 .

##### ✓ طريقة العمل:

- تشغيل جهاز الناقلية الكهربائية.
- غسل القطب بالماء المقطر ونقوم بتنشيفه.
- في كأس يبشر نضع كمية من العينة المدروسة (الماء المستعمل قبل و بعد المعالجة ) تكون كافية لغمر قطب.
- نغمر قطب الجهاز بحيث لا يلمس القاعدة و ننتظر حتى يستقر و ندون النتيجة.
- قبل كل عملية قياس يجب غسل القطب بالماء المقطر و تنشيفه بحرص.

#### IV-8-درجة الحرارة (T):

أخذت القراءات لدرجة الحرارة من الجهاز المستعمل لقياس الأوكسجين المنحل من النوع HG30d .flox

#### V- البروتوكول التجريبي لعملية معالجة الماء المستعمل بالطين:

من أجل الحصول على مردود جيد لإمتزاز الملوثات من الماء المستعمل على أسطح عينة الطين المختارة في هذا العمل قمنا بدراسة مجموعة من العوامل المؤثرة على الامتزاز و ذلك بتثبيت مجموعة من العوامل و تغيير عامل واحد حتى نتمكن من تحديد القيمة المثلي له و التي سنثبت في المراحل الأخرى بالترتيب للحصول في الأخير على القيم المثلي لمجموعة من المتغيرات التي تؤثر على الامتزاز.

✓ الأجهزة و الأدوات المستخدمة:

- مسخن و مخلاط مغناطيسي .
- ميزان تحليلي .
- pH متر .
- حاوية العينات تحت التبريد .
- قارورات ذات غطاء محكم سعتها 100 ملل .
- كؤوس بيشر بسعة 800 ملل .
- كأس بيشر بسعة 200 ملل .
- مخبار مدرج بسعة 1000 ملل
- مخبار مدرج بسعة 100 ملل .
- ماصة بسعة 10 ملل .
- قارورات ذات غطاء محكم سعتها 500 ملل .
- محرار رقمي .
- قارورة بسعة 5 لتر .
- أنبوب بلاستيكي ربيع + حقنة .
- قضيب مغناطيسي ، زجاجة ساعة
- ميفاتية ، حوض زجاجي .

✓ المواد المستعملة:

- عينة الماء المستعمل.
- حمض الكبريتيك المركز.
- أقراص هيدروكسيد البوتاسيوم.
- ماء مقطر
- عينة الطين المستخلصة و المنقاة و المنخولة بمنخل ميكرو متر.

**1- تأثير الرج:** في هذه المرحلة من العمل نقوم بتثبيت كل من الكتلة المضافة و زمن التماس

و الأس الهيدروجيني و درجة الحرارة المطبقة ، و نغير من سرعة الرج ، وفق الجدول أدناه .

الجدول-14(أ): قيم العوامل المؤثرة الثابتة لبروتوكول عملية الرج

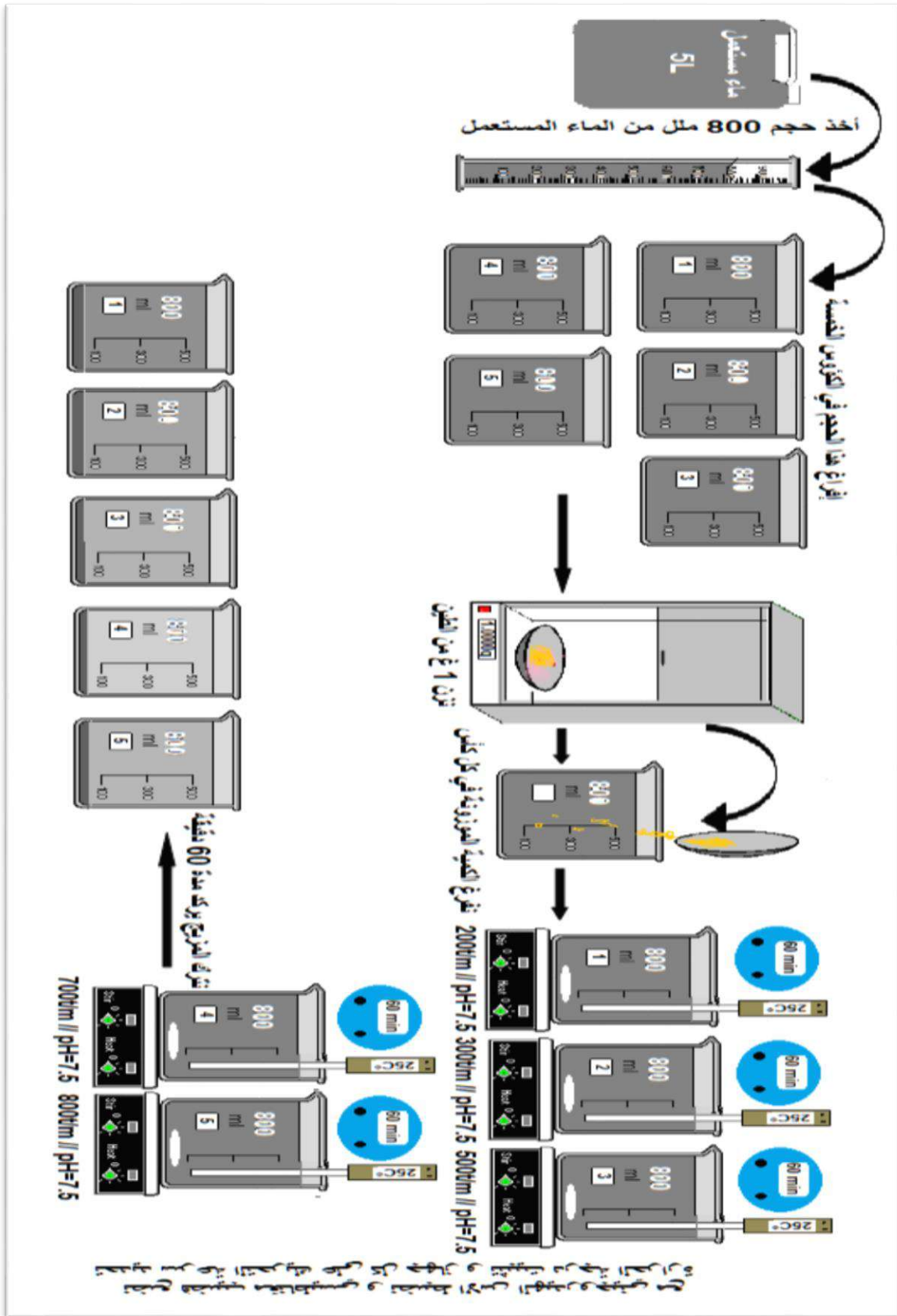
سرعة الرج (دورة/دقيقة)	زمن التماس (دقيقة)	الكتلة المضافة (غ)	الأس الهيدروجيني	درجة الحرارة(م°)
×	60	1	0.2±7.5	1±25

الجدول-14(ب): قيم سرعة الرج المطبقة في بروتوكول عملية الرج

رقم العينة	1	2	3	4	5
سرعة الرج (دورة/دقيقة)	200	300	500	700	800

✓ طريقة العمل: نتبع البروتوكول الموضح في الشكل (32) والذي يضم المراحل التالية:

- بعد أخذ عينة الماء المستعمل نجري لها مباشرة قياس كل من الناقلية والأس الهيدروجيني و الأكسجين المذاب و درجة الحرارة.
- نغسل خمس كؤوس بيشر سعة كل منهم 800 ملل بالماء المقطر، ثم بعينة الماء المستعمل
- نرقم هذه الكؤوس من 1- 5.
- باستعمال مخبر مدرج بسعة 1000 ملل نأخذ نقيس حجم يقدر بـ 800 ملل من الماء المستعمل، و نسكبه في الكؤوس الخمس السابقة.
- باستعمال زجاجة ساعة و الميزان التحليلي نزن في كل مرة 1 غ من عينة الطين و نضعها في أحد كؤوس بيشر التي تحوي 800 ملل من الماء المستعمل.
- نضع بكل كأس بيشر بعد ذلك قضيب مغناطيسي.
- نراقب قيمة الأس الهيدروجيني على محتوى كل كأس و نضبطه بإضافة حمض الكبريتيك حتى يستقر في حدود 7.5.
- بعد تثبيت أجهزة الرج و تغذيتها بالكهرباء و ضبط سرعة الرج على كل جهاز حسب ما هو مدون في الجدول أعلاه، نضع الكؤوس السابقة على الأجهزة و نقوم بتشغيلها ثم نضغط على الميقاتية لبدأ حساب الوقت الذي يستغرق 60 دقيقة.
- نراقب درجة حرارة المحلول في الكؤوس باستعمال محرار رقمي حيث يعطي تقريبا درجة حرارة المخبر المزود بمبردين ثبتت حرارتهم عند 25م°.
- بعد انتهاء مدة الرج نأخذ الكؤوس و نضعها في ثلاجة تثبت درجة حرارتها عند 4م°، مدة ساعة ليركد محتواها و يترسب الطين مع الملوثات التي إمتزها. (وضع هذه الكؤوس في الثلاجة قصد كبح عمل البكتيريا فترة التركيد).
- بعد هذه الفترة نخرج الكؤوس و نحاول سحب السائل العائم بهدوء باستعمال أنبوب بلاستيكي مزود بحقنة لسحب السائل في المرة الأولى (عوض استعمال الفم).
- محتوى كل كأس يجمع في قارورتين تحملان نفس الرقم واحدة بسعة 500 ملل و الأخرى 200 ملل.
- تؤخذ العينات المجمعة مع عينة الماء المستعمل قبل المعالجة لإجراء التحاليل الواردة في الفقرات 1-IV إلى غاية 7-IV.



الشكل - 32: مخطط توضيحي لبروتوكول تأثير سرعة الرج على امتزاز الملوثات

**2-V- تأثير زمن التماس:** في هذه الخطوة من العمل نقوم بتثبيت كل من سرعة الرج وفق القيمة المثلى المحددة في الفقرة 1-V و نبقى قيم الأس الهيدروجيني و درجة الحرارة المطبقة ، و الكتلة المضافة بنفس القيم المدرجة في الفقرة 1-V ، و نغير من زمن التماس وفق الجدول أدناه.

الجدول-15(أ): قيم العوامل المؤثرة الثابتة لبروتوكول عملية زمن التماس

سرعة الرج (دورة/دقيقة)	زمن التماس (دقيقة)	الكتلة المضافة (غ)	الأس الهيدروجيني	درجة الحرارة(م°)
✓	×	1	0.2±7.5	1±25

الجدول-15(ب): قيم الزمن المطبقة في بروتوكول عملية زمن التماس

رقم العينة	1	2	3	4	5
زمن التماس (دقيقة)	30	60	90	120	150

✓ **طريقة العمل:** نفس بروتوكول الفقرة 1-V باستثناء بعض الخطوات و التي تتمثل في:

- نثبت في هذه الخطوة سرعة الرج للأجهزة الخمسة بالقيمة المثلى المتحصل عليها في التجربة التي أجرت في الفقرة 1-V.
- في هذه المرحلة نتوقف عن الرج وفق الأزمنة المدونة في الجدول أعلاه لكل كأس.

**3-V- تأثير الكتلة:** تم في هذه المرحلة تثبيت كل من سرعة الرج وفق القيمة المثلى المحددة في الفقرة 1-V و زمن التماس كقيمة مثلى المحددة في الفقرة 2-V ، و نبقى قيم الأس الهيدروجيني و درجة الحرارة بنفس القيم المدرجة في الفقرة 1-V و نجرى تغيير لكمية الكتلة المضافة وفق الجدول أدناه.

الجدول-16(أ): قيم العوامل المؤثرة الثابتة لبروتوكول عملية تأثير الكتلة

سرعة الرج (دورة/دقيقة)	زمن التماس (دقيقة)	الكتلة المضافة (غ)	الأس الهيدروجيني	درجة الحرارة(م°)
✓	✓	×	0.2±7.5	1±25

الجدول-16(ب): قيم الكتل في بروتوكول عملية تأثير الكتلة

رقم العينة	1	2	3	4	5
الكتلة المضافة ( غ )	0.01	0.1	1	1.5	2

✓ **طريقة العمل:** نفس بروتوكول الفقرة 1-V باستثناء بعض الخطوات و التي تتمثل في:

- على كل كأس من الكؤوس الخمسة نضيف 800 ملل من الماء المستعمل و كتلة من الطين بالترتيب وفق القيم الواردة في الجدول أعلاه.
- نثبت في هذه الخطوة سرعة الرج للأجهزة الخمسة بالقيمة المثلى المتحصل عليها في التجربة التي أجرت في الفقرة 1-V.
- نثبت زمن التماس الأمثل المتحصل عليه في التجربة المنجزة في الفقرة 2-V.

#### 4-V- تأثير الأس الهيدروجيني: هذه المرحلة تم تثبيت كل من سرعة الرج وفق القيمة المثلى

المحددة في الفقرة 1-V و زمن التماس كقيمة مثلى المحددة في الفقرة 2-V ، و الكتلة المضافة المثلى المتحصل عليها في الفقرة 3-V نقي قيمة درجة الحرارة بنفس القيم المدرجة في الفقرات السابقة و نجرى تغيير لمقدار الأس الهيدروجيني وفق الجدول أدناه.

الجدول-17(أ): قيم العوامل المؤثرة الثابتة لبروتوكول عملية تأثير الأس الهيدروجيني

سرعة الرج (دورة/دقيقة)	زمن التماس (دقيقة)	الكتلة المضافة (غ)	الأس الهيدروجيني	درجة الحرارة(م°)
✓	✓	✓	×	1±25

الجدول-17(ب): قيم الأس الهيدروجيني في بروتوكول عملية تأثير الأس الهيدروجيني

رقم العينة	1	2	3	4
الأس الهيدروجيني	5.15	6.15	7.06	8.1

✓ **طريقة العمل:** نفس بروتوكول الفقرة 1-V باستثناء بعض الخطوات و التي تتمثل في:

- بعد وضع في كل كاس 800 ملل من الماء المستعمل و كتلة من الطين المثلى المتحصل عليها من خلال إجراء التجربة الموضحة في الفقرة 3-V.
- باستعمال كل من حمض الكبريتيك و هيدروكسيد البوتاسيوم نقوم بتعديل قيم الأس الهيدروجيني لكل كأس حسب القيم المدونة في الجدول أعلاه.
- نثبت في هذه التجربة سرعة الرج للأجهزة الخمسة بالقيمة المثلى المتحصل عليها في التجربة التي أجرت في الفقرة 1-V.
- نثبت زمن التماس الأمثل المتحصل عليه في التجربة المنجزة في الفقرة 2-V .

#### 5-V- تأثير درجة الحرارة: هذه المرحلة تم تثبيت كل من سرعة الرج وفق القيمة المثلى المحددة في

الفقرة 1-V و زمن التماس كقيمة مثلى المحددة في الفقرة 2-V ، و الكتلة المضافة المثلى المتحصل عليها في الفقرة 3-V و قيمة الأس الهيدروجيني المثلى المحدد في الفقرة 4-V و نجرى تغيير في درجة الحرارة وفق الجدول أدناه .

الجدول-18(أ): قيم العوامل المؤثرة الثابتة لبروتوكول عملية تأثير درجة الحرارة

سرعة الرج (دورة/دقيقة)	زمن التماس (دقيقة)	الكتلة المضافة (غ)	الأس الهيدروجيني	درجة الحرارة(م°)
✓	✓	✓	✓	×

الجدول-18(ب): قيم درجة الحرارة في بروتوكول عملية تأثير درجة الحرارة

رقم العينة	1	2	3	4	5
درجة الحرارة (م°)	20	25	30.5±0.5	35±0.5	41±1

✓ **طريقة العمل:** نفس بروتوكول الفقرة V-1 باستثناء بعض الخطوات و التي تتمثل في :

- بعد وضع في كل كاس 800 ملل من الماء المستعمل و كتلة من الطين المثلي المتحصل عليها من خلال إجراء التجربة الموضحة في الفقرة V-3 .
- باستعمال كل من حمض الكبريتيك و هيدروكسيد البوتاسيوم نقوم بتعديل و تثبيت قيم الأس الهيدروجيني لكل كأس حسب قيمة المثلي المتحصل عليها في الفقرة V-4 .
- نثبت في هذه التجربة سرعة الرج للأجهزة الخمسة بالقيمة المثلي المتحصل عليها في التجربة التي أجرت في الفقرة V-1 .
- نثبت زمن التماس الأمثل المتحصل عليه في التجربة المنجزة في الفقرة V-2 .
- قبل البدا في هذه المرحلة نحضر خمس أحواض زجاجية مملوءة بالماء المقطر و نضعها على أجهزة الرج و نقوم بتثبيت درجة الحرارة على كل جهاز حسب درجات الحرارة المقترحة في الجدول أعلاه ، و نراقب درجة الحرارة حتى تستقر، حينها ندخل الكؤوس بالترتيب وفقا لرقمها و درجة الحرارة الموافقة لذلك ، مع وضع عازل بين قاعدة الكؤوس و سطح الأحواض قصد منع الارتفاع المفاجئ لدرجة الحرارة و نبدأ بعملية الرج مع المراقبة المستمرة لدرجة حرارة الخليط داخل الكأس .

## المراجع باللغة العربية:

- [1] خليفة عبد القادر، تحولات البنى الاجتماعية وعلاقتها بالمجال العمراني في مدن الصحراء الجزائرية دراسة سوسيو-أنثروبولوجية لمدينة تفرت (وادي ريغ)، أطروحة مقدمة لنيل شهادة الدكتوراه في العلوم : في علم الاجتماع، جامعة محمد خيضر - بسكرة، ص 41، (2011).
- [8] مشري محمد العيد، دراسة أثر المعالجة الحرارية على تركيب رمل كثبان ورقلة، وعلى الناقلية الكهربائية، باستخدام الطرق الطيفية، أطروحة الدكتوراه في العلوم الثالث (ل م د)، جامعة ورقلة، (2016).
- [9] بضياف سميحة، تحديد التركيب الجزيئي للأصناف الحبيبية المختلفة لرمال كثبان منطقة ورقلة و حساب تركيز الكوارتز فيها باستخدام التقنيات الطيفية، أطروحة الدكتوراه في العلوم الثالث (ل م د)، جامعة ورقلة، (2016).
- [10] محمادي نوية، تحديد تركيب الأصناف اللونية الرئيسية لرمال كثبان منطقة ورقلة، و تحديد سبب تلونها باستخدام الطرق الطيفية، أطروحة الدكتوراه في العلوم الثالث (ل م د)، جامعة ورقلة، (2017).
- [11] عبد العليم سليمان أبو المجد، التحليل الطيفي باستخدام الأشعة تحت الحمراء، الطبعة الأولى، الأكاديمية الحديثة للكتاب الجامعي، (2011).
- [24] العابد إبراهيم، معالجة مياه الصرف الصحي لمنطقة تفرت بواسطة نباتات منقية محلية، رسالة دكتوراه، جامعة قاصدي مرباح ورقلة، ص 26، (2015).

## المراجع باللغة الأجنبية:

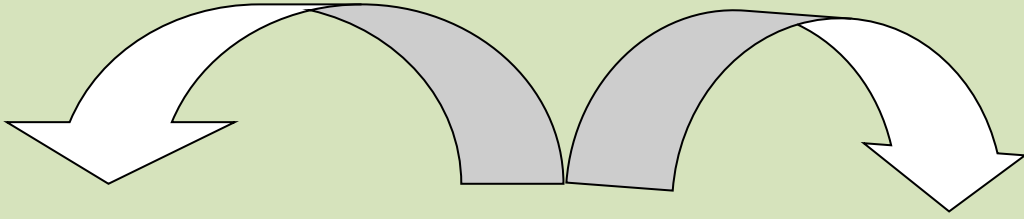
- [2] G. J . Bouvoucos , A Recalibration of the Hydrometer Method for Making Mechanical Analysis of Soils , Contribution from the Soil Science Department of the Michigan Agricultural Experiment Station , East Lansing , Mich. Authorized for publication by the Director as Journal Article No.1199. Received for publication December 30 , (1950) .
- [3] A. beverwijk particle size analysis of soils by means of the hydrometer method Sedimentary Geology , Volume 1 , pp 403-406 , ( 1967).
- [4] G. W Gee , and J. W. Bauder , Particle size analysis by hydrometer: A simplified method for routine textural Analysis and a sensitivity test of measurement parameters. Soil Sci. Soc Am. J. V43 , pp1004-1007 , (1979).
- [5] G.W Kunze , and J.B. Dixon , Pretreatment for mineralogical analysis , In A. Klute (ed.) Methods of soil analysis. Part1. Physical and mineralogical methods. 2nd ed. Agron. Monogr. 9. ASA and SSSA, Madison, WI, pp 91–100 ,(1986).
- [6] Z. Meçabih , S. Kacimi , B. Bouchikhi , Adsorption of organic matter , from urban wastewater , onto bentonite Modified by Fe(III), Al(III and Cu(II). Revue des Sciences de l'Eau, 19(1) , pp 23-31 , (2006) .
- [7] H Ciesielski , T Sterckeman , M Santerne , Jp Willery , A comparison between three methods for the determination of cation exchange capacity and exchangeable cations in soils. Agronomie, EDP Sciences , 17 (1), pp.9-16 , ( 1997).
- [12] Tam.T. Nguyen , et al , Diffuse Reflectance Infrared Fourier Transform (DRIFT) Spectroscopy in Soil Studies, Aust. J. Soil Res , 29, pp 49-67 ,(1991).
- [13] International standard , Determination of the specific surface area of solids by gas adsorption - BET method , ISO 9277 Second edition , pp5-8 , (2010).
- [14] M. S. El-Geundi , et al , Determination of Specific Surface Area of Natural Clay by Comparative Methods , International Journal of Science , Engineering and Technology Research (IJSETR), Volume 3 , Issue 8, pp 2 , (2014) .
- [15] ASAP 2020 Operator's Manual (V3.03) , Accelerated Surface Area and Porosimetry System , 01 -42801-202 August , pp33 ,( 2008) .
- [16] Joann E. Welton, SEM Petrology Atlas , The American Association of Petroleum Geologist Tulsa , Oklahoma 74101, U.S.A. pp 3-5 ,(2003).
- [17] SEM , scanning Electron Microscope A toZ , basic Knowledge for using the sem , GEOL pp3.
- [18] András E. Vladár , Strategies for scanning electron microscopy sample preparation and characterization of multiwall carbon nanotube polymer composites , National Institute of Standards and Technology, pp2-3,(2015).



- [19] H Ciesielski , T Sterckeman, M Santerne , Jp Willery. A comparison between three methods for the determination of cation exchange capacity and exchangeable cations in soils. Agronomie , EDP Sciences , 17 (1) , pp.9-16 , (1997).
- [20]H. saad , , quality control/ quality assurance manual for water and analysis ,GTZ project No ,06.2006.3 , pp116-119 , (2008) .
- [21]Katri , Roppola, et al , Comparison Study of Different BOD Tests in the Determination of BOD<sub>7</sub> Evaluated in a Model Domestic Sewage , Journal of Automated Methods and Management in Chemistry,Volume,pp1-4 , (2007) .
- [22] Huoliang . Kong , Huifang .Wu , A Rapid Determination Method of Chemical Oxygen Demand in Printing and Dyeing Wastewater Using Ultraviolet Spectroscopy , Water Environment Research , Vol. 81, No.11, pp. 2381-2386 , (2009) .
- [23] User Manual , HQd Portable Meter , HACH , Edition 6 , 10 (2017) .

# الباب الرابع

## نتائج و مناقشة



### II- نتائج معالجة المياه العادمة

#### بالطين

- 1- تأثير سرعة الريح
- 2- تأثير زمن التماس
- 3- تأثير إضافة الكتلة
- 4 - تأثير الأس الهيدروجيني
- 5- تأثير درجة الحرارة

### I- نتائج تحديد خصائص

#### الطين و نوعه

- 1- تحديد قوام التربة
- 2- تحديد الخصائص الفيزيائية و الكيميائية للطين
- 2-1- حيود الأشعة السينية
- 2-2- مطياف امتصاص الأشعة تحت الحمراء
- 2-3- مساحة السطح النوعي
- 2-4- المجهر الإلكتروني الماسح / طيف الأشعة السينية المتشعبة
- 2-5- سعة التبادل الكاتيوني

**I- نتائج تحديد خصائص الطين و نوعه:**

لمتابعة امتزاز الملوثات في الماء المستعمل على أسطح الطين يتوجب علينا أولاً معرفة خصائص الطين المستعمل في هذه العملية و لهذا الغرض أجرينا مجموعة من الاختبار الفيزيائية و الكيميائية و تتمثل في:

**I-1- تحديد قوام التربة:**

أعطت نتائج الطريقة الترسيبية (الهيدرومترية) ، أن التربة تحوى على 52% طين و 20.5% طمي و 18% رمل ناعم كما يوضحه الشكل (33) ، أي أن التربة من نوع تربة طينية رملية، ومن خلال هذه النتيجة يتبين أن حبيبات الطين الموجودة في عينة التربة ذات الأقطار 0.5 - 2 ميكرومتر، أما الحبيبات الأقل قطر من 0.5 ميكرومتر غير موجودة، لهذا السبب كان مجموع النسب المتحصل عليها أقل من 100%.



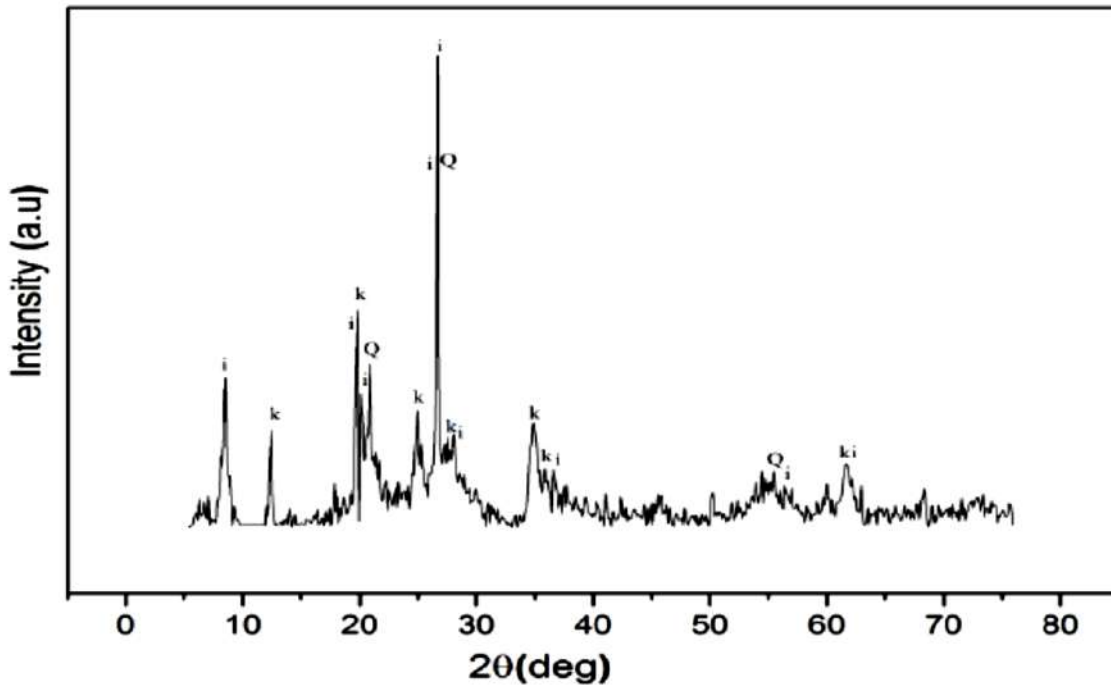
الشكل-33: منحنى قوام التربة وفق لطريقة الترسيبية

**I-2- تحديد الخصائص الفيزيائية و الكيميائية للطين:****I-2-1- حيود الأشعة السينية DRX:**

أعطت نتائج تحليل الأشعة السينية لعينة الطين مجموعة من الأطياف و التي عولجت ببرنامج Match!2 حيث تحصلنا من خلاله على المنحنى المبين في الشكل (34) ، و البيانات المدونة في الجدول (14) فتبين من نتائج التحليل أن عينة الطين المخصص لدراسة تحوي على 65.5% إليت ، 21.8% كاولينيت و 12.7% كوارتز .

الجدول- 19- قيم  $2\theta$  المسجلة لعينة الطين

زاوية الحيود $2\theta$ (°)	d-spacing (Å)	الشدة (U.A)	المرجع	المعدن الطيني
12.41	7.1270	235.42	[1]( 96-900-9231)	كاولينيت
19.84	4.4713	436.74		
24.96	3.5639	274.31		
26.96	3.3679	246.53		
34.94	2.5659	245.98		
35.15	2.5512	207.58		
61.60	1.5043	164.87		
8.87	9.9626	141.11	[2]( 96-900-9666)	إليت
19.71	4.4996	388.02		
19.83	4.4742	480.06		
20.15	4.4031	276.43		
20.61	4.3063	224.94		
26.60	3.3490	590.28		
26.67	3.3395	963.77		
28.06	3.1775	225.31		
36.54	2.4570	153.08		
55.50	1.6543	150.42		
61.72	1.5018	161.95		
20.89	4.4281	369.08		
26.70	3.3356	919.83		
55.39	1.6574	127.60		



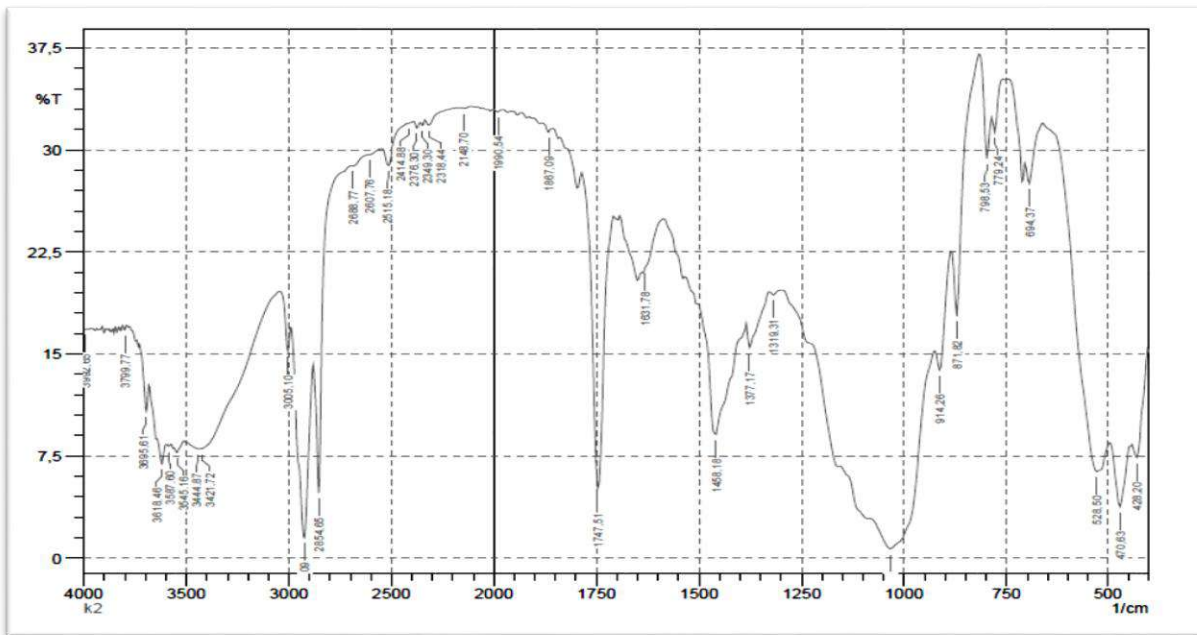
الشكل-34:مخطط قيم حيود الأشعة السينية لعينة الطين

## 2-2-I- مطياف الأشعة تحت الحمراء IRFT:

من أجل تحديد طبيعة الروابط و نوعها، نجري اختبار مطيافية الأشعة تحت الحمراء، و بمقارنة النتائج المتحصل عليها و المبينة في الشكل (35)، الذي يعطي طيف الامتصاص الأشعة تحت الحمراء بتحويل فورييه و تحليل قيم هذه الأطياف كما هي مدونة في الجدول (20)، مع نتائج سابقة دونت في مراجع معتمدة تعزز و تؤكد النتائج المتحصل عليها من حيود الأشعة السينية، و التي بينت أن عينة الطين تحوي كل من الإليت و الكاولينيت و الكوارتز .

الجدول-20: قيم أطياف الامتصاص للأشعة تحت الحمراء بتحويل فورييه

Band (cm <sup>-1</sup> )	Assignment	المركب	مراجع
428,2	Si-O-Si bending vibration	كوارتز	[9 , 5]
470,63	Si-O-Si bending vibration	كوارتز	[4,9]
528,5	Si-O stretching Si-O-Al stretching.	إليت	[6]
694,37	asymmetric Si-O bending	كوارتز	[7]
779,24	symmetric stretching Si-O	كوارتز	[7]
798,53	Si-O-Al stretching	كاولينيت	[8]
871,82	C-O calcium carbonate bond	CaCO <sub>3</sub>	[8]
914,26	Al---O-H bending, inner OH اهتزاز	إليت	[6 , 8]
1033,85	Si-O stretching vibration	كاولينيت	[6]
1631,78	H-O-H bending of water	يحتوي جزيئة ماء	[7 , 5]
3421,72	H-O-H stretching, Absorbed water	يحتوي جزيئة ماء	[5]
3444,87	H-O-H stretching absorbed water	يحتوي جزيئة ماء	[7 , 5]
3545,16	OH stretching	داخلية OH	[10]
3618,46	OH stretching	كاولينيت	[4 , 5 , 11]
3695,61	OH stretching inner surface	كاولينيت	[4 , 5 , 11]



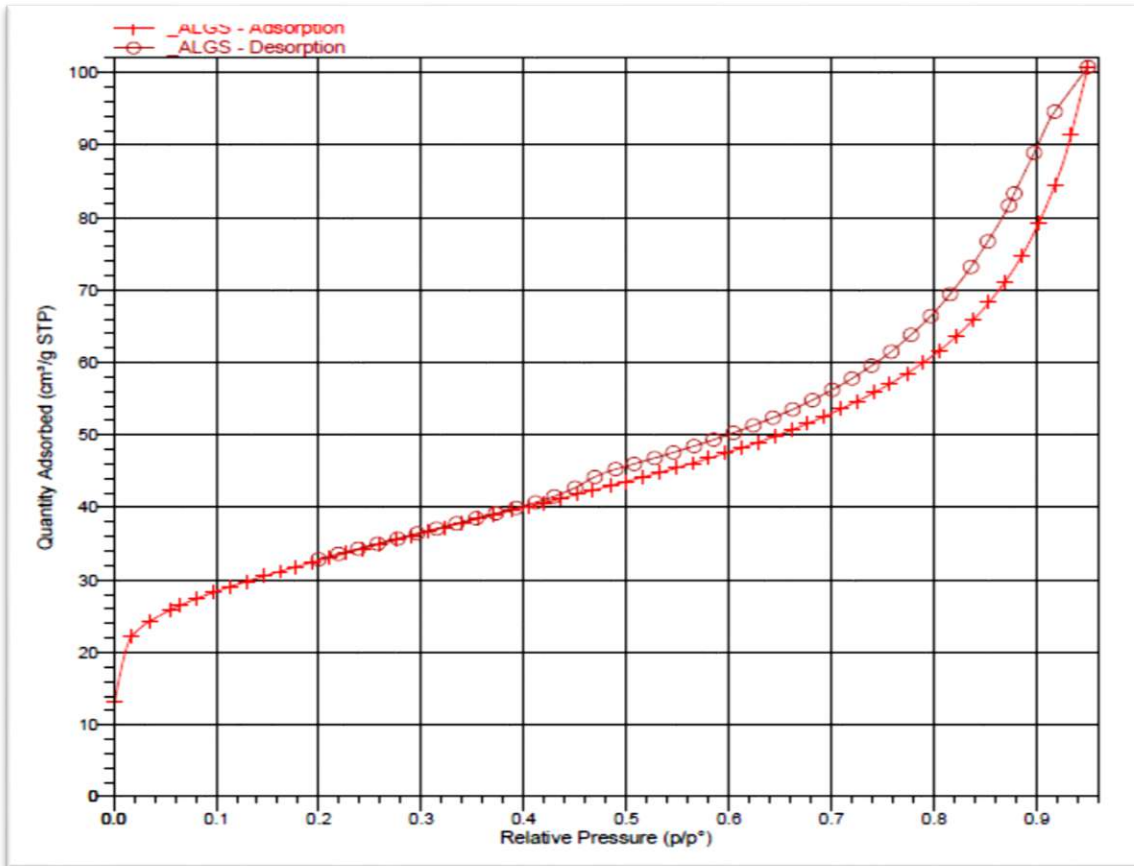
الشكل-35: طيف الامتصاص الأشعة تحت الحمراء بتحويل فورييه

## I-2-3- تحديد مساحة السطح النوعي SBET:

من خلال النتائج المتحصل عليها عند معالجة عينة الطين من أجل امتزاز- إنتزاز بالنيتروجين عند 77K باستخدام تقنية BET نحصل على القيم المدونة في الجدول(21) ، حيث مساحة السطح النوعي 113.7622 م<sup>2</sup>/غ و متوسط حجم الحبيبات النانوية 527.416 انغستروم ، من خلال تحليل منحى الإزوتارم الامتزاز الممثل في الشكل (36) و بالمطابقة بأشكال الامتزاز الموضحة في الشكل (16) الفصل الأول ، يتضح انه ينتمي لإزوتارم من النوع الرابع حسب تصنيف سينغ[12،13].

الجدول (21): خصائص سطح عينة الطين المدروسة

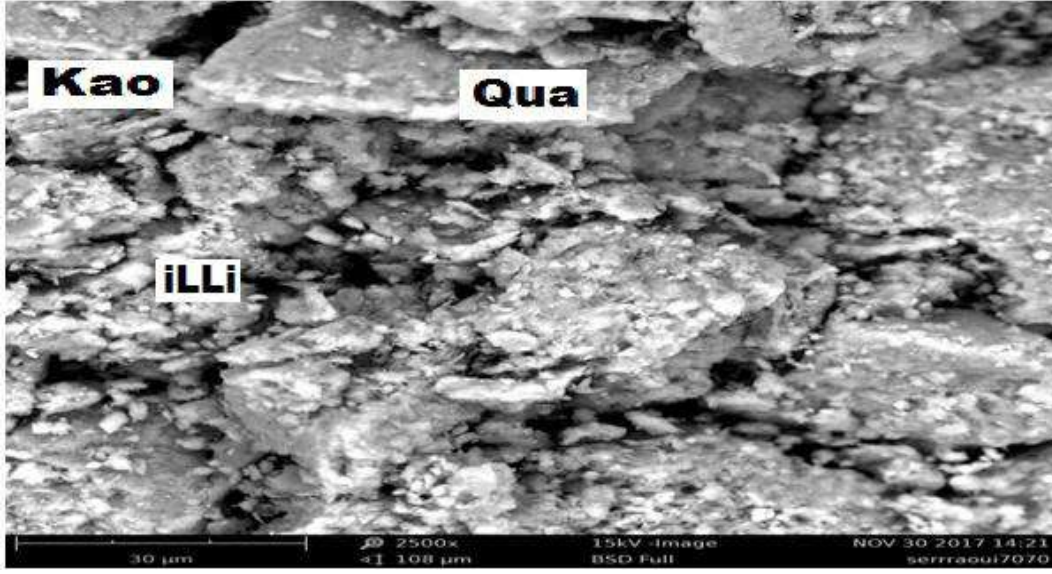
الخصائص	مساحة السطح النوعي (m <sup>2</sup> /g)	حجم المسام (cm <sup>3</sup> /g)	قطر المسام (Å)
مساحة السطح وفق BET	113.7622		
مساحة سطح لانجمير	166.3105		
الامتزاز التراكمي لـ BJH	60.125	0.123026	81.846
الإنتزاز التراكمي لـ BJH	73.7672	0.134039	72.711



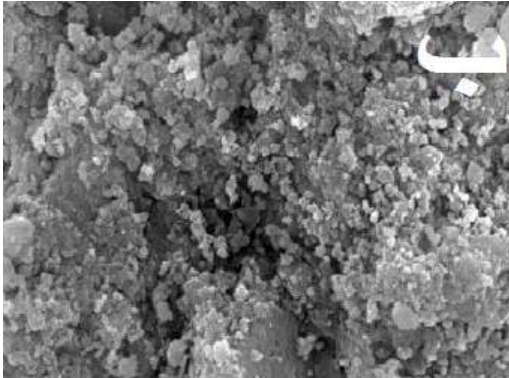
الشكل-36: منحى إيزوتارم النيتروجين لعينة الطين المدروسة

**I-2-4- تحديد مرفولوجية العينة بالمجهر الإلكتروني الماسح MEB/EDX:**

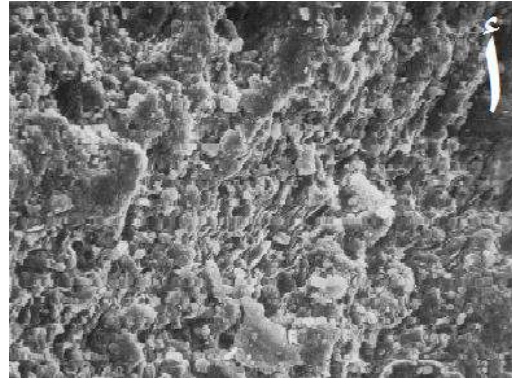
توضح الصورة (31) المتحصل عليها مرفولوجية عينة الطين باستخدام المجهر الإلكتروني و بمقارنتها بنتائج المتحصل عليها في الصورة (32) ، لصورة كل من الإليت و الكاولينيت، أن العينة المدروسة تحوى كل الإليت و الكاولينيت و الكوارتز، و هذا ما يعزز النتائج المتحصل عليها في كل من الأشعة السينية و تحت الحمراء .



الصورة-29: صورة المجهر الإلكتروني الماسح MEB لعينة الطين المدروسة.



ب- صورة MEB للكاولينيت [15]

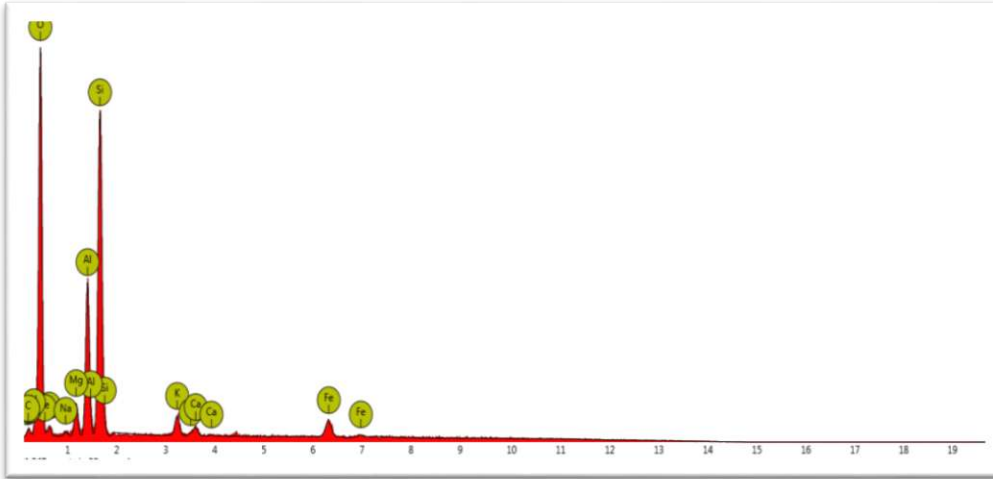


الصورة-30: أ- صورة MEB للإليت [14]

أعطت نتائج الأشعة السينية المنشتة EDX لعينة الطين النسب المئوية لمكونات الخليط و التي تشمل على الأوكسجين و السيلكون و الألمنيوم بنسب مئوية على الترتيب 53.9% ، 17.2% ، 8.9% ، مع وجود عناصر أخرى بنسب متفاوتة و المدونة في الجدول (16) و الموضحة في الشكل (36).

الجدول-22: نتائج الأشعة السينية المشتتة EDX لعينة الطين

الخطأ	النسبة المئوية	اسم العنصر	رمز العنصر	العدد الذري
0.1	17.2	سيلكون	Si	14
0.2	53.9	اوكسجين	O	8
0.0	8.9	المنيوم	Al	13
0.3	2.1	مغنيسيوم	Mg	12
0.3	5.2	حديد	Fe	26
0.4	1.6	بوتاسيوم	K	19
0.9	0.8	كالسيوم	Ca	20
1.1	5.6	نيتروجين	N	7
1.4	4.2	كربون	C	6
2.7	0.5	صوديوم	Na	11



الشكل-37: طيف الأشعة السينية المشتتة EDX لعينة الطين

### I-2-5- تحديد سعة التبادل الكاتيوني CEC:

أعطت نتائج التجريبية بتطبيق المعيار الفرنسي AFNOR NFX 31-130، سعة التبادل الكاتيوني لعينة الطين و التي تساوي 20 ملي مكافئ/100ملغ (20 mEq/100mg) ، وهي قيمة منطقية لأن الكاولينيت النقي سعة التبادل الكاتيوني له 3-15 ملي مكافئ/100ملغ ، للإليت 10-40 ملي مكافئ /100ملغ [16] وهذا راجع لأن عينة الطين المدروسة هي خليط من الإليت و الكاولينيت.



## II-نتائج معالجة المياه العادمة بالطين:

في هذه المرحلة تم دراسة مجموعة من العوامل المؤثرة على الامتزاز و تكمن في تأثير كل سرعة الرج و زمن التماس و الأس الهيدروجيني و كذلك كتلة الماز المستعمل و المتمثلة في عينة الطين المصفي و المنقي و تأثير درجة الحرارة قصد الحصول على أحسن مردود للإزالة.

## II-1- تأثير سرعة الرج:

في هذه العملية نقوم بتثبيت كل من كتلة الماز و زمن التماس و الأس الهيدروجيني و درجة الحرارة و نغير من سرعة الرج وفق ما هو مدون في الجدولين أدناه :

سرعة الرج (دورة/دقيقة)	زمن التماس (دقيقة)	الكتلة المضافة (غ)	الأس الهيدروجيني	درجة الحرارة(م°)
×	60	1	0.4±7.5	1±25

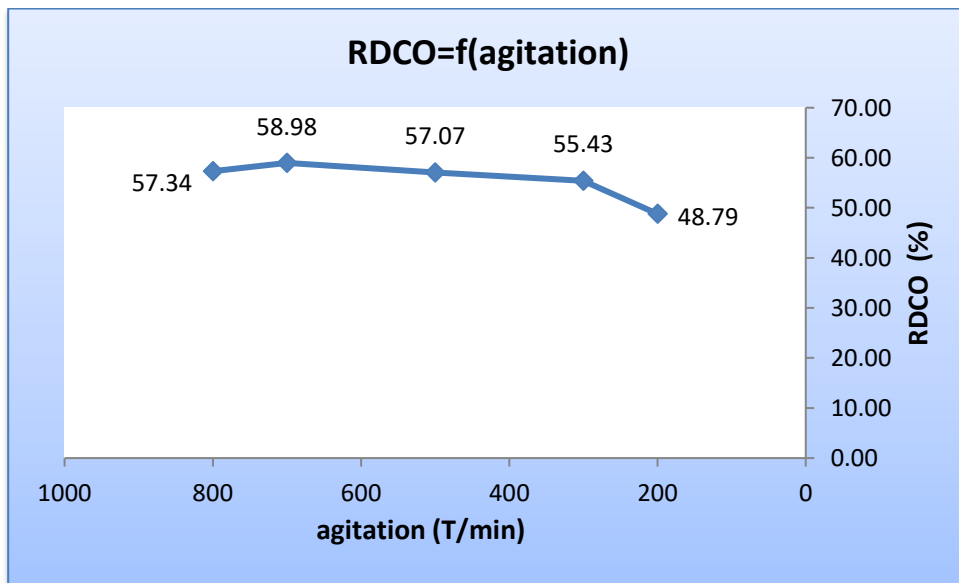
رقم العينة	1	2	3	4	5
سرعة الرج (دورة/دقيقة)	200	300	500	700	800

تم الاستناد لقيم كل من السرعات الرج المختارة و المقادير الثابتة لكل من الكتلة و زمن التماس و الأس الهيدروجيني و درجة الحرارة، وفق ما ورد في مجموعة من الأوراق البحثية و المرقمة [17، 20]

## II-1-1- تأثير سرعة الرج على الطلب الكيميائي للأوكسجين DCO :

الجدول-23: تأثير سرعة التحريك على تخفيض الطلب الكيميائي للأوكسجين

الماء المعالج					الماء قبل المعالجة	
800	700	500	300	200	-	سرعة الرج (دورة/د)
93.8	90.2	94.4	98	112.6	219.9	الطلب الكيميائي للأوكسجين (ملغ/ل)
57.34	58.98	57.07	55.43	48.79	-	المردود %



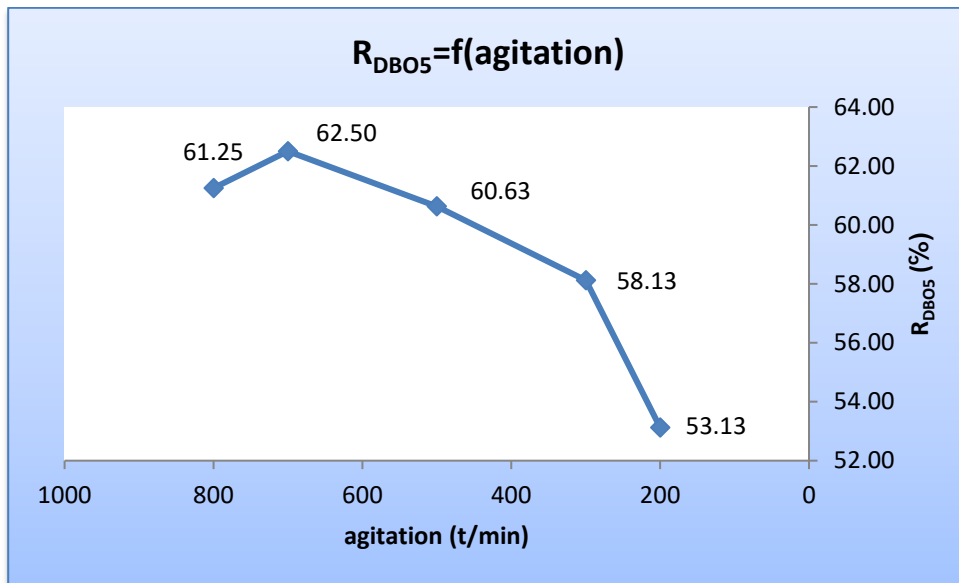
الشكل-38: تأثير سرعة التحريك على مردود الطلب الكيميائي للأوكسجين

قيمة DCO قبل المعالجة و التي تساوي 219.9 ملغ O<sub>2</sub>/ل، تبين أن المياه قليلة التلوث، لأن قيمتها ليست في المجال [300 – 1000 ملغ O<sub>2</sub>/ل] وفق تصنيف المياه الملوثة الواردة في المقالة [21]. من خلال النتائج المتحصل عليها يتضح أن مردود امتزاز الملوثات يزداد من 48.79% إلى 58.98% مع زيادة سرعة التحريك بين 200-700 دورة/دقيقة ، و يرجع السبب على أن سرعة التحريك تعمل على مزج كل الملوثات المتواجدة في المياه المستعملة مع حبيبات الطين، مما يسمح بزيادة احتمالية التماس لسطح الطين مع هذه الملوثات و بتالي منح فرص أكثر لحدوث الامتزاز بين الملوثات و سطح الطين، مما يزيد من مردود الامتزاز، لكن عند سرعة 800 دورة/دقيقة تراجع مردود الامتزاز تراجعاً طفيفاً إلى 57.34% و قد يعود السبب في ذلك انه عند هذه السرعة من التحريك بدأ عملية الإنتزاز تحدث وهذا راجع إلى توليد مقاومة تمنع تثبيت هذه الملوثات على سطح الطين [19 ، 20].

## II-1-2- تأثير سرعة الرج على الطلب الحيوي للأوكسجين DBO<sub>5</sub>:

الجدول-24: تأثير سرعة التحريك على تخفيض الطلب الحيوي للأوكسجين

الماء المعالج					الماء قبل المعالجة	
800	700	500	300	200	-	سرعة الرج (دورة/د)
62	60	63	67	75	160	الطلب الحيوي للأوكسجين (ملغ/ل)
61.25	62.50	60.63	58.13	53.13	-	المردود %



الشكل-39: تأثير سرعة التحريك على مردود الطلب الحيوي للأوكسجين

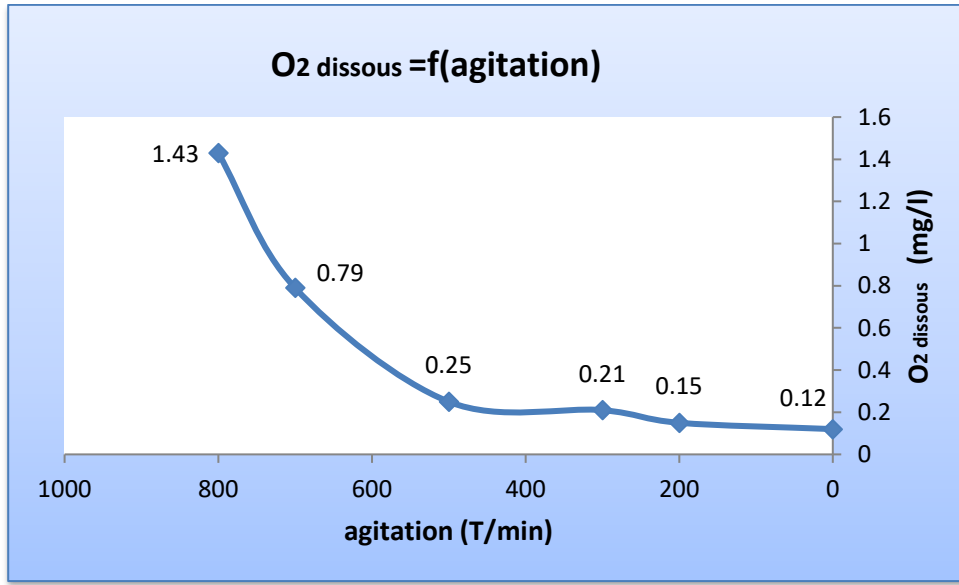
توحي قيمة DBO<sub>5</sub> قبل المعالجة و التي تساوي 160 ملغ O<sub>2</sub>/ل ، أن المياه ملوثة ، لأن قيمتها داخل المجال [150-500 ملغ O<sub>2</sub>/ل] وفق تصنيف المياه الملوثة الواردة في المقالة [21]. من خلال ما ورد في النتائج المبينة في الجدول (24) و الممثلة بالشكل (39) ، فإن مردود إزالة المواد العضوية القابلة لتحلل الحيوي تزداد من 53.13%-62.50% بزيادة سرعة الرج من 200-700 دورة/دقيقة ، و هذا يعزى إلى أن معدل الامتزاز يتم التحكم فيه بمعدل انتشار المذاب داخل

جسيمات [18] ، أي زيادة إمكانية التماس بين الملوثات و سطح الطين مما يزيد من عملية الامتزاز، و ينخفض عند السرعة 800 دورة/الدقيقة انخفاضا طفيفاً إلى 61.25% ، و هذا راجع لتوليد مقاومة تمنع تثبيت هذه الملوثات على سطح الطين [19] فيقل الامتزاز عندها.

### II-1-3- تأثير سرعة الرج على الأوكسجين المنحل DO:

الجدول-25: تأثير سرعة التحريك على كمية الأوكسجين المنحل

الماء المعالج					الماء قبل المعالجة	سرعة الرج (دورة/د)
800	700	500	300	200	-	
1.43	0.79	0.25	0.21	0.15	0.12	الأوكسجين المنحل (ملغ/ل)



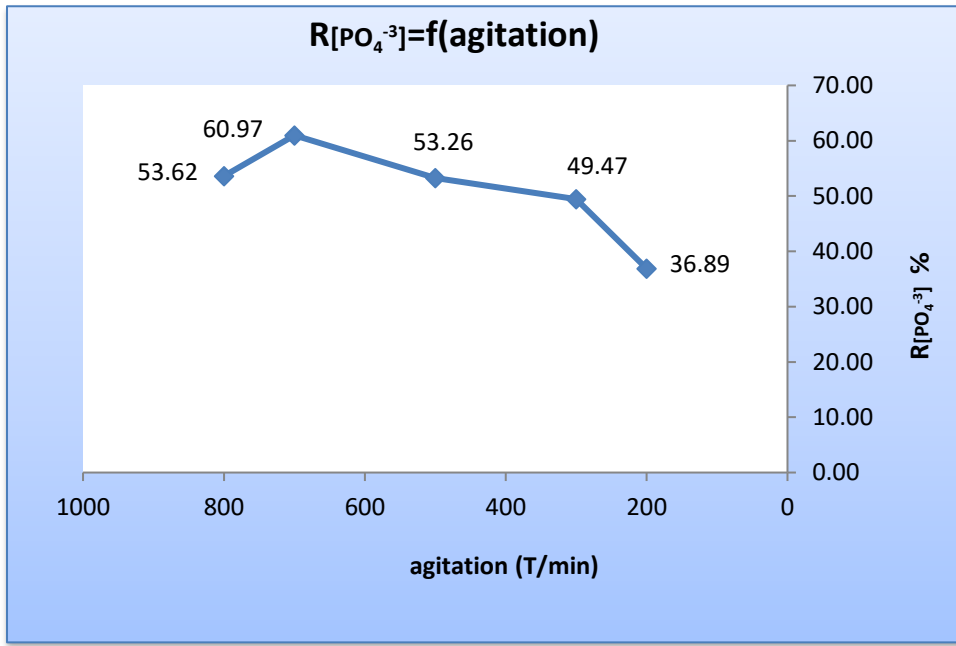
الشكل-40: تأثير سرعة التحريك على كمية الأوكسجين المنحل

تظهر النتائج المتحصل عليها و المبينة في الشكل(40) ، إنّ زيادة سرعة التحريك من 800-200 دورة/دقيقة أدت إلى زيادة الأوكسجين المنحل 1.43-0.12 ملغ/ل، هذه الزيادة راجعة لزيادة امتزاز الملوثات على الطين [17]، بسبب تماس هذه الملوثات على أسطح الطين، ويفسر هذا من خلال الفرضية القائلة بأن معدل الامتزاز يتم التحكم فيه بمعدل انتشار المذاب داخل جسيمات ، و كون معامل نقل الكتلة الخارجية أعلى بالنسبة لمعدلات التحريك الأعلى [18].

### II-1-4- تأثير سرعة الرج على امتزاز أرثو فسفور $PO_4^{3-}$ :

الجدول-26: تأثير سرعة التحريك على إزالة أرثو فسفور

الماء المعالج					الماء قبل المعالجة	سرعة الرج (دورة/د)
800	700	500	300	200	-	
3.91	3.29	3.94	4.26	5.32	8.43	أرثو فسفور (ملغ/ل)
53.62	60.97	53.26	49.47	36.89	-	المردود %



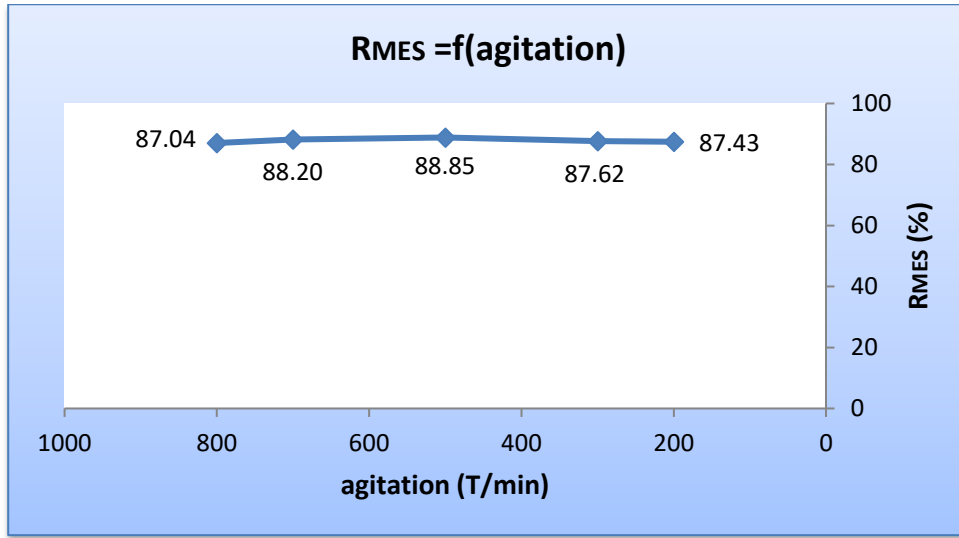
الشكل-41: تأثير سرعة التحريك على مردود إزالة أرثو فسفور

حسب النتائج المتحصل عليها، فإن مردود الإزالة يتزايد بين 36.89% - 60.07% في مجال سرعة التحريك بين 700-200 د/د وهذا راجع لزيادة في التماس بينه وبين سطح الطين مما زاد من عملية الامتزاز و بالتالي زيادة في المردود كما يمكن القول إن سرعة التحريك تعزز من إزالة أرثو فسفور [22] ويرجع ذلك إلى تفريق الجزيئات الممتزة في المحلول المائي الذي يؤدي إلى تقليل حدود نقل الكتلة و قد يزيد من سرعة الجسيمات ، مما يؤدي إلى زيادة نسب إزالة المغذيات [23]، يعزي الانخفاض في المردود حتى 53.62%، عند سرعة التحريك 800 د/د ، كما ذكرنا في الفقرات السابقة فان الزيادة في سرعة الرج تعمل على تفريق أرثو فسفور من سطح الطين وهذا ما يعرف بعملية الإنترزاز، و هذا راجع لتوليد قوة مقاومة تمنع تثبيت هذا الأخير على سطح الطين .

## II-1-5- تأثير سرعة الرج على إزالة المواد العالقة MES:

الجدول-27: تأثير سرعة الرج على إزالة المواد العالقة

الماء المعالج					الماء قبل المعالجة	
800	700	500	300	200	-	سرعة الرج (دورة/د)
20.1	18.3	17.3	19.2	19.5	155.1	المواد العالقة (ملغ/ل)
87.04	88.20	88.85	87.62	87.43	-	المردود %



الشكل-42: تأثير سرعة التحريك على مردود إزالة المواد العالقة

تعطي قيمة MES الابتدائية و المقدرة بـ 155.1 ملغ/ل صورة على أن هته المياه ملوثة، وفق التصنيف الوارد في المقال [21]، حيث مجال التلوث محصور بين 100-400 ملغ/ل. من خلال النتائج المتحصل عليها و المبينة في الشكل (42) ، يتبين أن سرعة التحريك تلعب دوراً في تحسين مردود إزالة المواد الصلبة العالقة ، حيث الزيادة الطفيفة في المردود من 87.43% إلى 88.85% في مجال سرعة التحريك من 200 إلى 500 دورة/دقيقة ، و يعزا السبب إلى إزالة كمية من الملوثات الممتازة على أسطح عينة الطين المدروسة ، وهذا راجع كون التحريك يعمل على زيادة التماس بين الماز و الممتاز، كما يمكن القول أنه من خلال زيادة سرعة الخلط ، يتم تقليل مقاومة طبقة السطح وبالتالي ، يتم توصيل الجسيمات بسهولة و امتصاصها على سطح الممتازات ، والسبب الآخر هو أن سرعة التحريك المتزايدة تؤدي إلى تصادم بين الجسيمات ، حيث يسحق هذه الاصطدام الجسيمات وتكسرهما إلى جسيمات أصغر مما يسهل دخول هذه الجسيمات إلى مسامات الممتاز بسهولة أكبر [24] و من جهة أخرى فإن الإفراط في زيادة سرعة التحريك تبدأ عملية الإنتراز تحدث وهذا راجع إلى توليد مقاومة تمنع تثبيت هذه الملوثات على سطح الطين [19 ، 20 ، 25]، و هذا ما يظهر عند سرعتين 700-800 دورة/دقيقة حيث انخفض المردود إزالة المواد العالقة انخفاضاً طفيفاً إلى 88.20% و 87.04%.

## II-1-6 – تحديد الشرط الأمثل لإزالة الملوثات بتأثير سرعة الرج:

و وفقاً لنتائج المتحصل عليها لتأثير سرعة التحريك كان مردود الأوكسجين المذاب يزداد بازدياد سرعة التحريك و الطلب الكيميائي و الحيوي للأوكسجين و الأورثو فسفور كان أحسن مردود عند 700 د/د كما هو مبين في الفقرات السابقة ، باستثناء مردود إزالة المواد العالقة فكان أحسن مردود عند 500 دورة في الدقيقة، و انخفض انخفاضاً طفيفاً عند 700 د/د و ازداد انخفاضاً عند 800 د/د ، ومنه نعتبر السرعة المثلى لتحريك لتحسين مردود إزالة الملوثات من مياه الصرف الصحي هي 700 د/د ، و التي أعطت نتائج مقبولة .

## II-2- تأثير زمن التماس:

في هذه العملية نقوم بتثبيت كل من كتلة الماز و سرعة الرج و الأس الهيدروجيني و درجة الحرارة و نغير من زمن التماس وفق ما هو مدون في الجدولين أدناه :

سرعة الرج (دورة/دقيقة)	زمن التماس (دقيقة)	الكتلة المضافة (غ)	الأس الهيدروجيني	درجة الحرارة (م°)
700	×	1	0.4±7.5	1±25

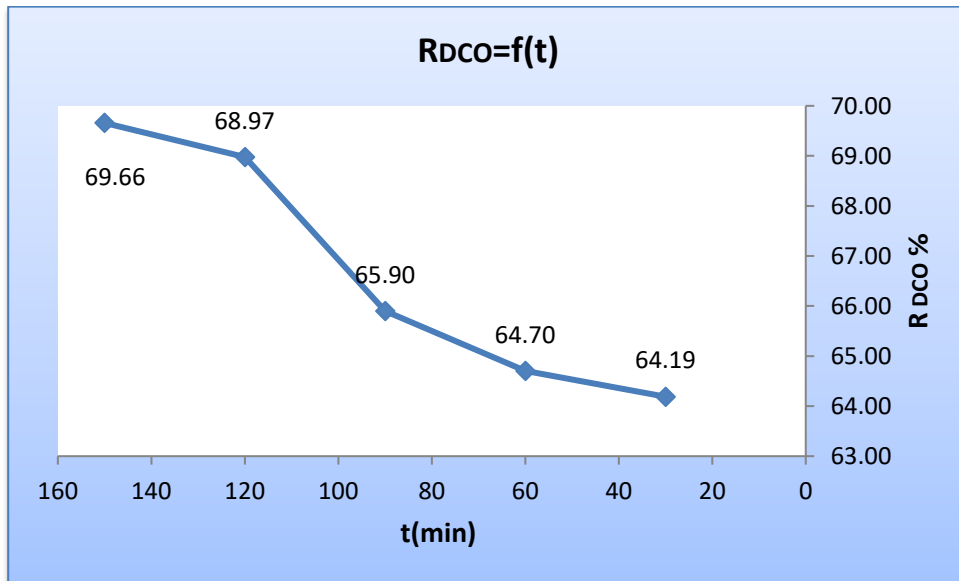
رقم العينة	1	2	3	4	5
زمن التماس (دقيقة)	30	60	90	120	150

تم اختيار الأزمنة التي تسمح بتماس عينة الطين مع الملوثات العضوية، بالاستناد إلى ما ورد في بعض المقالات البحثية [23 ، 24].

## II-2-1- تأثير زمن التماس على الطلب الكيميائي للأوكسجين DCO :

الجدول-28: تأثير زمن التماس على تخفيض الطلب الكيميائي للأوكسجين

الماء المعالج					الماء قبل المعالجة	زمن التماس (دقيقة)
150	120	90	60	30	-	
71	72.6	79.8	82.6	83.8	234	الطلب الكيميائي للأوكسجين (ملغ/ل)
69.66	68.97	65.90	64.70	64.19	-	المردود %



الشكل-43: تأثير زمن التماس على مردود الطلب الكيميائي للأوكسجين

قيمة DCO قبل المعالجة و التي تساوي 234 ملغ O<sub>2</sub>/ل ، تبين أن المياه ملوثة نسبياً، لأن قيمتها قريبة في المجال [300-1000 ملغ O<sub>2</sub>/ل] وفق تصنيف المياه الملوثة الواردة في المقالة [21].

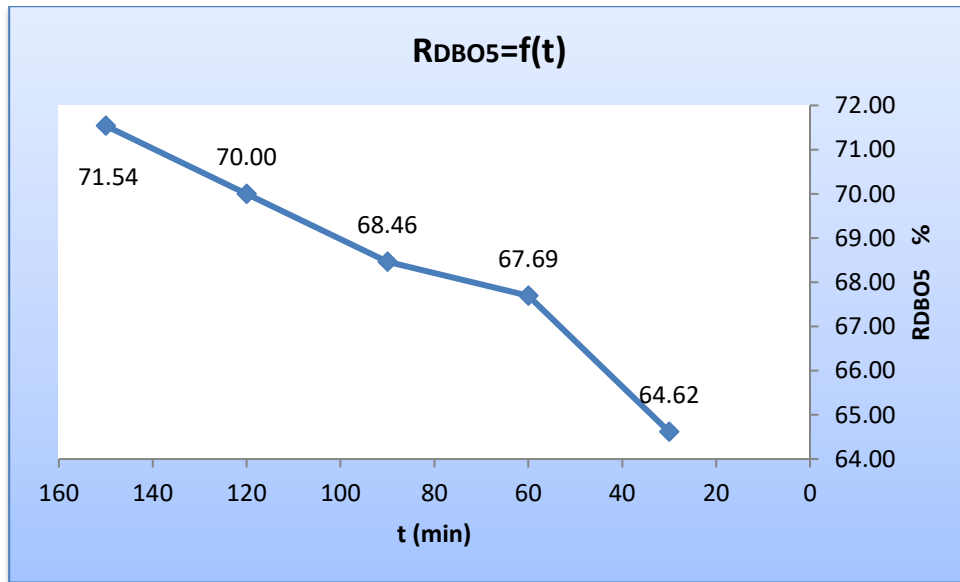
من خلال النتائج المتحصل عليها و الموضحة في الشكل (43) ، يتضح أن مردود تخفيض الطلب الكيميائي للأوكسجين يزداد بصورة بطيئة من 64.19% - 65.90% في المجال بين 30-90 دقيقة و يرتفع بصورة واضحة بين المدتين 90-120 دقيقة من 65.90% إلى 68.97% و يواصل الارتفاع

ببطي إلى 69.66% حيث كان من المتوقع حدوث حالة اتزان بين الماز و الممتز في مرحلة ما ، وفق ما أظهرته النتائج السابقة لبعض الباحثين [32 ، 24 ، 26 ، 27] على سبيل الذكر لا الحصر أن مردود إزالة الطلب الكيميائي للأوكسجين يتزايد إلى أن يثبت عند بلوغه حالة الاتزان بين الماز و الممتز لكن هذه النتائج طبقت في محاليل مائية، لكن في هذه الحالة فإن مردود الإزالة يواصل ارتفاعه ، يعزي عدم الثبات في مردود الإزالة لعمل البكتيريا المتبقية في الماء و التي تواصل هضم الملوثات العضوية مما يزيد نسبياً من مردود الإزالة لطلب الكيميائي للأوكسجين و لا يبقيه ثابتاً .

## II-2-2- تأثير زمن التماس على الطلب الحيوي للأوكسجين $DBO_5$ :

الجدول-29: تأثير زمن التماس على تخفيض الطلب الحيوي للأوكسجين

الماء المعالج					الماء قبل المعالجة	زمن التماس (دقيقة)
150	120	90	60	30	-	
37	39	41	42	46	130	الطلب الحيوي للأوكسجين (ملغ/ل)
71.4	70.00	68.46	67.69	64.62	-	المردود %



الشكل-44: تأثير زمن التماس على مردود الطلب الحيوي للأوكسجين

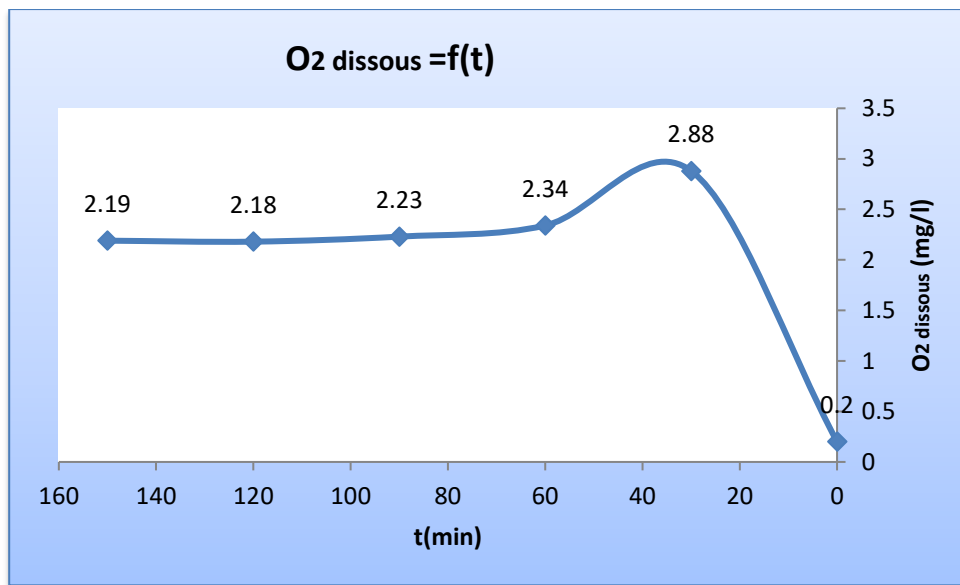
قيمة  $DBO_5$  قبل المعالجة و التي تساوي 130 ملغ  $O_2$ /ل ، توحى أن المياه ملوثة نسبياً ، لأن قيمتها قريبة من المجال [150 - 500 ملغ  $O_2$ /ل] وفق تصنيف المياه الملوثة الوردية في المقالة [21]. من خلال النتائج المتحصل عليها في تأثير زمن التماس على تخفيض مردود الطلب الحيوي للأوكسجين تبين من الشكل (44) أن مردود الإزالة يتزايد بنسب متباينة من 64.62% حتى 67.69% بين المدتين 30 - 60 دقيقة ، ثم يواصل الزيادة ببطء من 67.69% - 71.54% في الزمن من 60 - 150 دقيقة و الذي كان من المفروض أن يثبت المردود بعد زمن حيث يحدث التوازن بين الماز و الممتز، وقد تعزى هذه الزيادة لوجود فارق زمني مما يسمح للبكتيريا المتبقية في الماء بالعمل و هضم كمية من الملوثات العضوية.

تبدي المعادن الطينية تصرفا إيجابيا اتجاه امتزاز الملوثات العضوية في المياه المستعمل ، و تظهر معالم زيادة الامتزاز بزيادة وقت التماس بين الملوثات و أسطح المعادن الطينية ، كما بينت مجموعة من الدراسات البحثية التي قام بها الباحثون مثل عطية جمال[19]، هيمانشي باتيل [28] ،على أن الزيادة في وقت التماس تعطي فرصة لتوفير مواقع أكثر فاعلية لإمتزاز للملوثات مما يزيد من مردود الإزالة .

### II-2-3- تأثير زمن التماس على الأوكسجين المنحل DO:

الجدول-30: تأثير زمن التماس على كمية الأوكسجين المنحل

الماء المعالج					الماء قبل المعالجة	زمن التماس (دقيقة)
150	120	90	60	30	-	
2.19	2.18	2.23	2.34	2.88	0.2	الأوكسجين المنحل (ملغ/ل)



الشكل-45: تأثير زمن التماس على كمية الأوكسجين المنحل

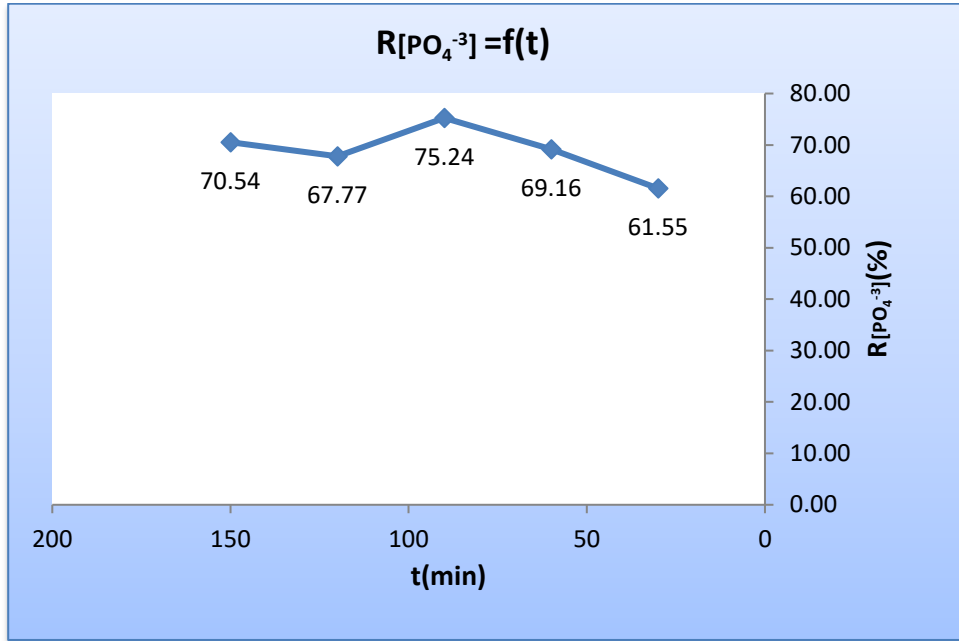
من خلال النتائج المدونة في الجدول(30) و الموضحة في الشكل(45) ، يتبين أن كمية الأوكسجين تزداد عند الزمن 30 دقيقة ، لكنه يتناقص بقيم صغيرة بين الزمن 150-60 دقيقة ، وهذا غير ما كان متوقع حيث كنا نتوقع زيادة كمية الأوكسجين، لأن كمية الأوكسجين المنحل تتناسب عكساً مع تركيز الطلب الكيميائي للأوكسجين[26] ، أي كلما أزيلت أكبر كمية من الملوثات من المياه المستعملة زادت كمية الأوكسجين، ومنه يمكن القول أنه بزيادة وقت التماس بين الملوثات و أسطح الطين تزداد عملية الامتزاز فتقل الملوثات عندها مما يزيد من كمية الأوكسجين ، و يرجع السبب الانخفاض أن زيادة مدة التماس تتيح للبكتيريا وقت أطول فتعمل هذه الأخيرة على استهلاك الأوكسجين من أجل هضم الملوثات العضوية .



II-2-4- تأثير زمن التماس على امتزاز أرثو فسفور  $PO_4^{-3}$  :

الجدول-31: تأثير زمن التماس على تخفيض كمية أرثو فسفور

الماء المعالج					الماء قبل المعالجة	
150	120	90	60	30	-	زمن التماس (دقيقة)
2.13	2.33	1.79	2.23	2.78	7.23	أرثو فسفور (ملغ/ل)
70.54	67.77	75.24	69.16	61.55	-	المردود %



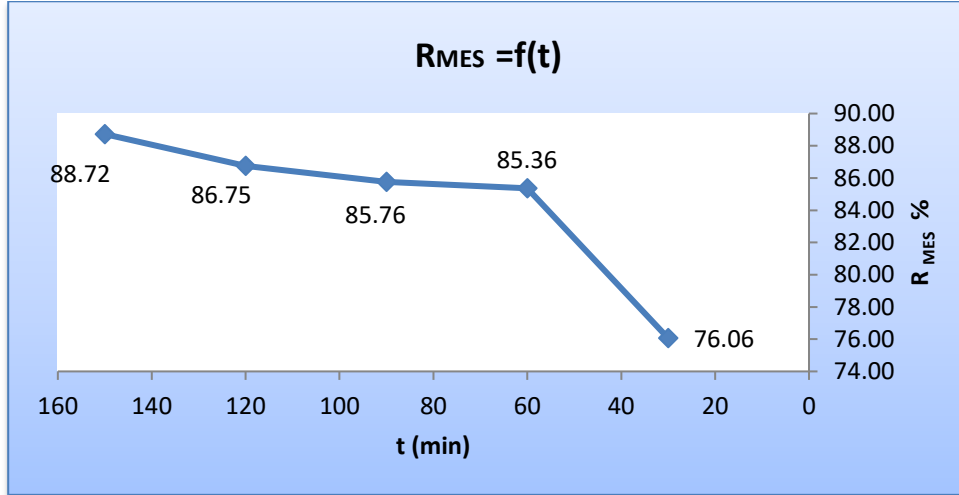
الشكل-46: تأثير زمن التماس على مردود أرثو فسفور

من خلال ما حصلنا عليه من النتائج و المبينة في الشكل (46) يتضح انه عند الزيادة في مدة التماس من 30 – 90 دقيقة بين الملوثات الفوسفورية في المياه العادمة و أسطح الطين يزداد مردود الإزالة من النسبة 61.55% - 75.24% ثم ينخفض إلى النسبة 67.77% عند 120 دقيقة و يعاود الارتفاع عند الزمن التماس 150 دقيقة حيث تصبح النسبة عندها 70.54% يعزى هذا إلى تأثير طبيعة الممتزاز ومواقع الامتصاص المتوفرة على معدل امتزاز الفوسفات وتتضمن آلية نقل المذاب إلى المادة الصلبة وفق الانتشار عبر الفيلم السائل حول الجسيمات الممتزة والانتشار من خلال المسام إلى مواقع الامتزاز الداخلية ، في المراحل الأولية لامتصاص الفوسفات ، يكون تدرج التركيز بين الفيلم ومواقع المسام المتاحة كبيراً ، وبالتالي يكون معدل الامتصاص أسرع ، ينخفض معدل الامتصاص في المراحل المتأخرة من الامتزاز على الأرجح بسبب انتشار البطيء لأيونات المذاب في الجزء الأكبر من مسامات الممتز [22، 23].

## II-2-5- تأثير زمن التماس على إزالة المواد العالقة MES:

الجدول-32: تأثير زمن التماس على إزالة المواد العالقة

الماء المعالج					الماء قبل المعالجة	
150	120	90	60	30	-	زمن التماس (دقيقة)
57	67	72	74	121	505.5	المواد العالقة (ملغ/ل)
88.72	86.75	85.76	85.36	76.06	-	المردود %



الشكل-47: تأثير زمن التماس على مردود المواد العالقة

قيمة MES الابتدائية و المقدرة بـ 505.5 ملغ/ل ، تعطي صورة على أن هذه المياه ملوثة، وفق التصنيف الوارد في المقال [21]، حيث مجال التلوث محصور بين 100-400 ملغ/ل . من خلال النتائج المتحصل عليها والمبينة في الجدول (32) ، و الشكل (47) ، حيث ارتفع مردود تخفيض المواد العالقة من الفترة 30 دقيقة إلى 150 دقيقة من النسبة 76.06% إلى 88.72% ، و كان هناك شبه استقرار بين المديتين 60 و 90 دقيقة ، و المتوافقة مع النتائج المتحصل عليها لكل من عطية جمال [19] و محمد السعيد [24].

أن مردود المواد العالقة يزداد بزيادة وقت التماس بين الطين و المياه العادمة، وقد يرجع السبب كون الطين لا يعمل فقط كمتاز ، ولكن أيضا كالمخثر ، يجعل الجزيئات تتكتل إلى جزيئات كبيرة بحيث يمكن الاحتفاظ بها من قبل الممتزاز [24].

## II-2-6 – تحديد الشرط الأمثل لإزالة الملوثات بتأثير زمن التماس:

و وفقاً لنتائج المتحصل عليها لتأثير زمن التماس كان ازدادت قيمة الأوكسجين المذاب عند 30 دقيقة ثم بدأت تنخفض بمرور الزمن انخفاضاً طفيفاً، أما الطلب الكيميائي و الحيوي للأوكسجين فيتزايد بزيادة زمن التماس أما الأورثو فسفور كان أحسن مردود عند 90 دقيقة كما هو مبين في الفقرات السابقة، وإن مردود الإزالة للمواد العالقة في تزايد مع شبه استقرار بين 60 و 90 دقيقة ، ومنه نعتبر الزمن الأمثل

لتحسين مردود إزالة الملوثات من مياه الصرف الصحي هو 90 دقيقة و الذي أعطى نتائج مقبولة ، حيث كان مردود الإزالة عنده:

$$R_{PO_4^{3-}}= 75.24\%, R_{MES}=85.76\%, R_{DCO}=65.90\%, R_{DBO_5}=68.46\%, O_{diss}=2.23 \text{ mg/l}$$

### II-3- تأثير الكتلة المضافة:

في هذه العملية نقوم بتثبيت كل من سرعة الرج و زمن التماس و الأس الهيدروجيني و درجة الحرارة و نغير من كتلة الماز المضافة وفق ما هو مدون في الجدولين أدناه :

سرعة الرج (دورة/دقيقة)	زمن التماس (دقيقة)	الكتلة المضافة (غ)	الأس الهيدروجيني	درجة الحرارة(م°)
700	90	×	0.4±7.5	1±25

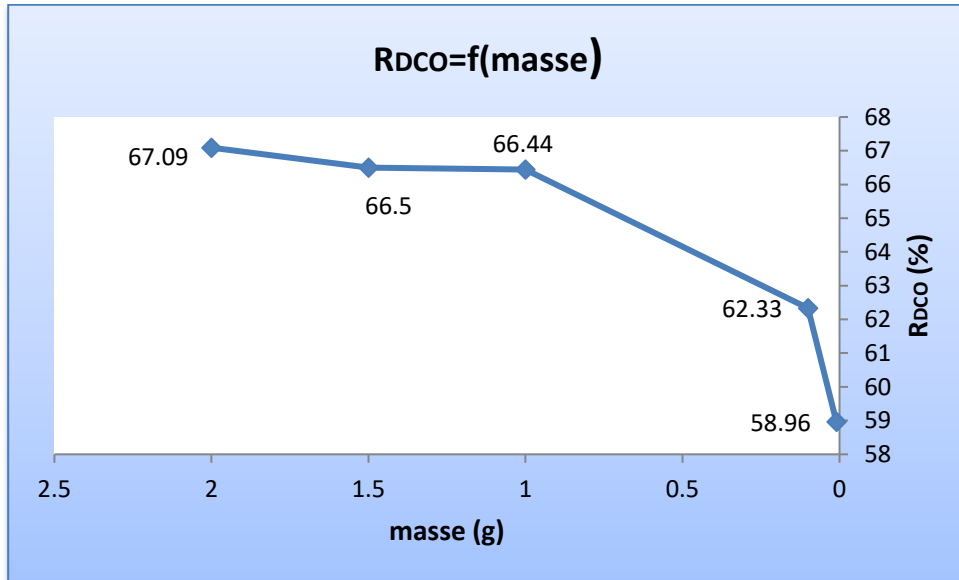
رقم العينة	1	2	3	4	5
الكتلة المضافة ( غ )	0.01	0.1	1	1.5	2

كتل الطين المختارة لإجراء لمعرفة القيمة المثلى للإمتزاز اختيرت وفق ما ورد في المراجع [27، 28].

### II-3-1- تأثير الكتلة المضافة على الطلب الكيميائي للأوكسجين DCO :

الجدول-33: تأثير الكتلة المضافة على الطلب الكيميائي للأوكسجين

الماء المعالج					الماء قبل المعالجة	
2	1.5	1	0.1	0.01	-	الكتلة المضافة (غ)
96.1	97.8	98	110	121	292	الطلب الكيميائي للأوكسجين (ملغ/ل)
67.09	66.50	66.44	62.33	58.96	-	المردود %



الشكل-48: تأثير الكتلة المضافة على مردود الطلب الكيميائي للأوكسجين

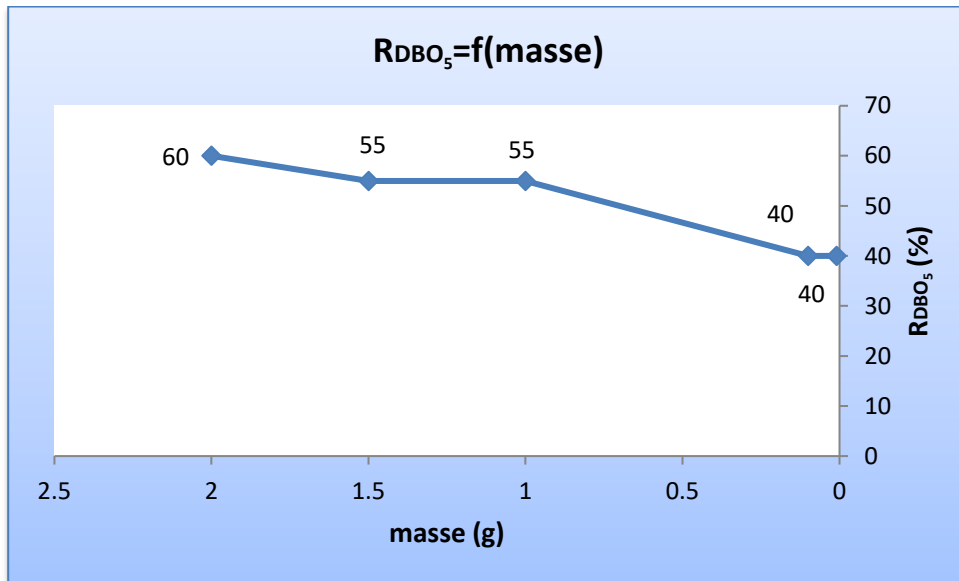
تبين قيمة DCO قبل المعالجة و التي تساوي 292 ملغ  $O_2$ /ل ، أن المياه ملوثة نسبياً، لأن قيمتها قريبة من المجال [300-1000 ملغ  $O_2$ /ل] وفق تصنيف المياه الملوثة الواردة في المقالة [21].

تظهر النتائج الواردة في الشكل (48) ، أن مردود الإزالة للملوثات يزداد من 58.96% إلى 66.44% بزيادة كتلة الممتز من 0.01غ إلى 1غ ومع ذلك ، فإن الزيادة الإضافية في كمية الممتز من 1غ-2غ يؤدي فقط إلى زيادة طفيفة في الكمية الممتزة من 66.44% - 67.04% ، ويمكن تفسير الزيادة الحادة الأولية في الامتزاز على أنها زيادة في مواقع الامتزاز المتاحة على السطح الممتز بالنسبة إلى تركيز الملوثات [19]، ويمكن أن يكون التأثير الأقل للزيادة في كتلة الطين ، في المدى الأعلى نتيجة لتجميع الجسيمات الممتز [29]، إن زيادة كتلة الممتز، قد تكون سبب تجميع الجزيئات الممتزة التي تؤدي إلى انخفاض في المساحة السطحية الفعالة [30] قد تعطي إمكانية تشكيل الكتل بحجم أكبر و ذلك بتكتل حبيبات الطين بعضها ببعض ، وبالتالي زيادة مقاومة انتشار الجسيمات بداخل الممتز، يؤدي إلى زيادة غير فعالة أو انخفاض طفيف في الكمية الممتزة من المواد الملوثة لكل غرام من الممتز .

### II-3-2- تأثير الكتلة المضافة على الطلب الحيوي للأوكسجين $DBO_5$ :

الجدول-34: تأثير الكتلة المضافة على الطلب الحيوي للأوكسجين

الماء المعالج					الماء قبل المعالجة	
2	1.5	1	0.1	0.01	-	الكتلة المضافة (غ)
40	45	45	60	60	100	الطلب الحيوي للأوكسجين (ملغ/ل)
60	55	55	40	40	-	المردود %



الشكل-49: تأثير الكتلة المضافة على مردود الطلب الحيوي للأوكسجين

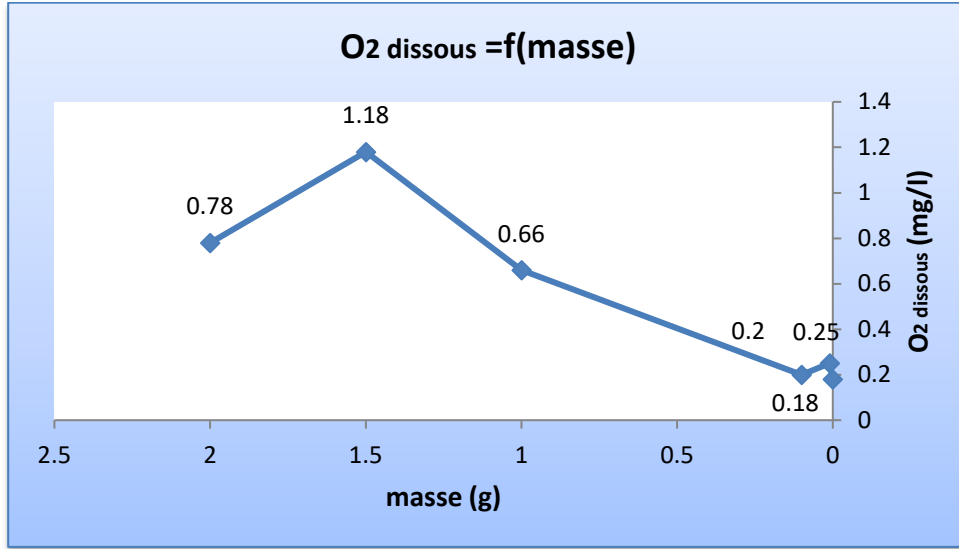
تبين قيمة  $DBO_5$  قبل المعالجة و التي تساوي 100 ملغ  $O_2$ /ل ، أن المياه قليلة التلوث، لأن قيمتها بعيدة نسبياً عن المجال [150 - 500 ملغ  $O_2$ /ل] وفق تصنيف المياه الملوثة الواردة في المقالة [21]. تبين النتائج الموضحة في الشكل (49) ، أن زيادة كتلة الماز من 0.01غ-2غ تزيد من امتزاز الملوثات العضوية القابلة لتحلل الحيوي من 40% - 60% ، وهذا يرجع لزيادة مساحة سطح الماز [19]، كما ذكر سابقاً فإن زيادة كتلة الماز تعمل على تكتل جزيئاته [29] ، مما يقلل نسبياً من مساحة السطح الخاصة

بالإمتزاز [30] لكن يظهر أن هذا التكتل لا يؤثر بصورة واضحة على امتزاز الملوثات العضوية القابلة للتحلل و قد يرجع السبب أن هذه الملوثات كبيرة الحجم والتي تمتز على الأسطح الطينية دون المسامات.

### II-3-3- تأثير الكتلة المضافة على الأكسجين المنحل DO:

الجدول-35: تأثير الكتلة المضافة على الأكسجين المنحل

الماء المعالج					الماء قبل المعالجة	الكتلة المضافة (غ)
2	1.5	1	0.1	0.01	-	
0.78	1.18	0.66	0.20	0.25	0.18	الأكسجين المنحل (ملغ/ل)



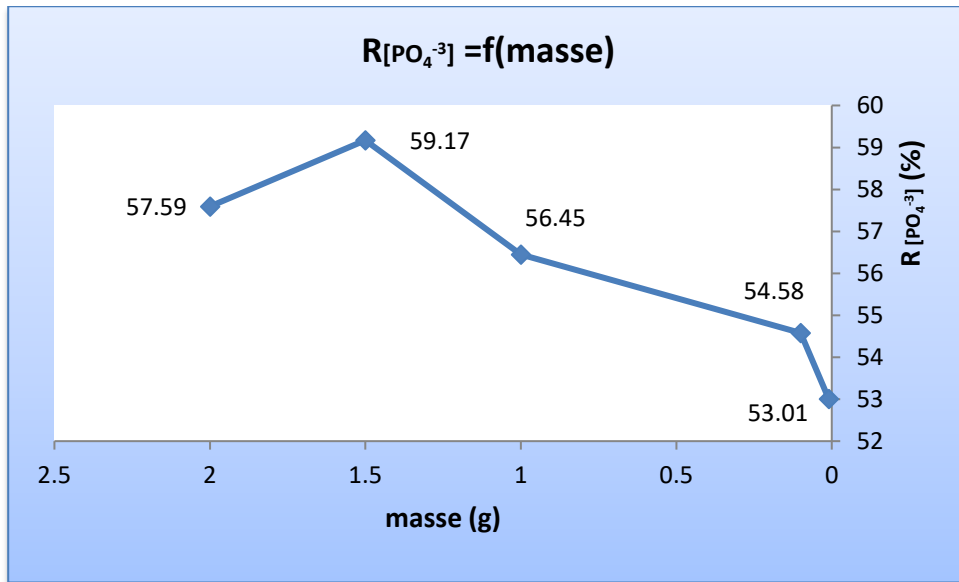
الشكل-50: تأثير الكتلة المضافة على تخفيض مردود الأكسجين المنحل

تظهر النتائج المتحصل عليها لتأثير الكتلة المدونة في الجدول (35) و الموضحة بالشكل (50) ، أن زيادة كمية الأوكسجين المنحل من 0.25 ملغ/ل إلى 1.18 ملغ/ل تعود لزيادة في الكتلة من 0.5 غ إلى 1.5 غ لأن الزيادة في كتلة الممتز تعمل على زيادة مساحة السطح مما يزيد من فرصة امتزاز الملوثات العضوية القابلة لتحلل المستهلكة للأوكسجين، فينقص الطلب على الأوكسجين المنحل في الماء هذا من جهة و من جهة أخرى نقصان هذه الملوثات تقلل من تشبع المياه مما يسمح بانحلال كمية أكبر من الأوكسجين، أما الانخفاض في كمية الأوكسجين عند الكتلة 2g إلى 0.78 mg/l قد يعود إلى تكتل حبيبات الطين بعضها ببعض مما يقلل نسبياً مساحة السطح، فيؤثر هذا سلباً على كمية الأوكسجين المنحل [29].

### II-3-4- تأثير الكتلة المضافة على امتزاز أرثو فسفور $PO_4^{3-}$ :

الجدول-36: تأثير الكتلة المضافة على تخفيض كمية أرثو فسفور

الماء المعالج					الماء قبل المعالجة	الكتلة المضافة (غ)
2	1.5	1	0.1	0.01	-	
2.96	2.85	3.04	3.17	3.28	6.98	أرثو فسفور (ملغ/ل)
57.59	59.17	56.45	54.58	53.01	-	المردود %



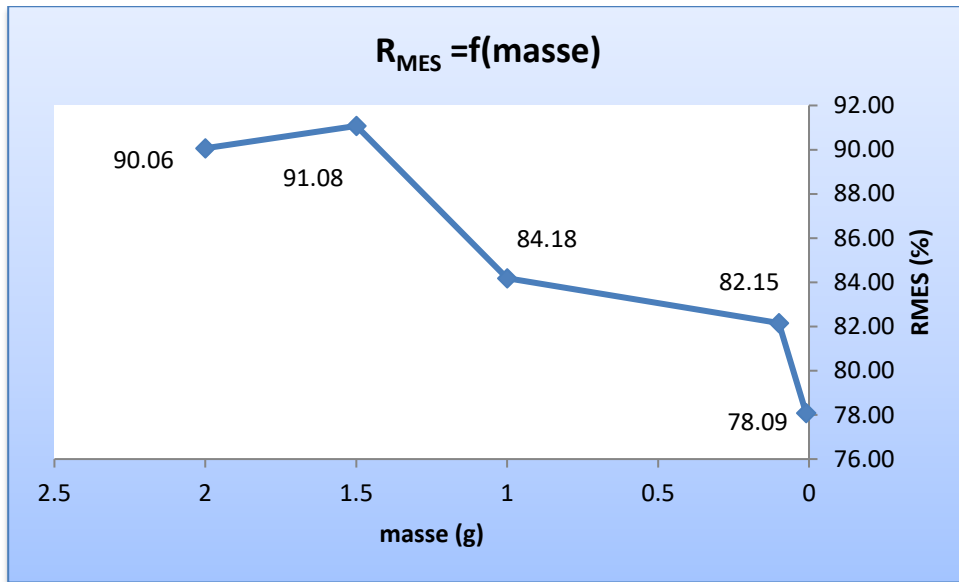
الشكل-51: تأثير الكتلة المضافة على مردود امتزاز أرثو فسفور

من خلال النتائج المتحصل عليها و الممثلة في الشكل (51) ، يتبين أن زيادة كتلة الماز من 0.01غ- 1.5غ تزيد من مردود امتزاز أرثو فسفور من 53.01% - 59.17% ، و هذا راجع لزيادة مساحة السطح المخصصة للإمتزاز مما يدل على أن الامتزاز يعتمد على توافر مواقع الربط للفوسفات [31] ، إن الانخفاض الحادث عند إضافة الكتلة 2غ من الممتز يعمل على تكثف حبيبات الطين مما يقلل من مساحة السطح نسبياً و فتقلل عندها مسامات الممتز ، وهذا يقلل ولو جزئياً من توغل الأورثو فسفور بين المسامات فينخفض عندها مردود الإزالة ليصبح مساويا 57.59%.

### II-3-5- تأثير الكتلة المضافة على إزالة المواد العالقة MES:

الجدول-37: تأثير الكتلة المضافة على إزالة المواد العالقة

الماء المعالج					الماء قبل المعالجة	
2	1.5	1	0.1	0.01	-	الكتلة المضافة (غ)
49	44	78	88	108	493	المواد العالقة (ملغ/ل)
90.06	91.08	84.18	82.15	78.09	-	المردود %



الشكل-52: تأثير الكتلة المضافة على مردود إزالة المواد العالقة

تعطي قيمة MES الابتدائية و المقدرة بـ 493 ملغ/ل صورة على أن هته المياه ملوثة، وفق التصنيف الوارد في المقال [21]، حيث مجال التلوث محصور بين 100-400 ملغ/ل .

من خلال النتائج المتحصل عليها و الممثلة في الشكل (52) ، يتبين أن زيادة كتلة الماز من 0.01غ- 1.5غ تزيد من مردود امتزاز المواد العالقة من 78.09% - 91.08%، و هذا راجع لزيادة مساحة السطح المخصصة للإمتزاز مما يدل على أن الامتزاز يعتمد على توفير المواقع النشطة [19]، إن الانخفاض الحادث عند إضافة الكتلة 2غ من الممتز يعمل على تكثف حبيبات الطين مما يقلل من مساحة السطح نسبياً [29 ، 30]، فينخفض عندها مردود الإزالة ليصبح مساويا 90.06% .

### II-3-6 – تحديد الشرط الأمثل لإزالة الملوثات بتأثير الكتلة المضافة:

من خلال النتائج المتحصل عليها لتأثير الكتلة المضافة يظهر أن قيمة الأوكسجين المذاب تتزايد حتى 1.18 ملغ/ل بزيادة الكتلة إلى 1.5غ ثم تنخفض عند الكتلة 2غ، أما الطلب الكيميائي و الحيوي للأوكسجين فيتزايد بزيادة الكتلة، في ما يخص الأورثو فسفور كان أحسن مردود عند الكتلة المضافة 1.5غ كما هو مبين في الفقرة السابقة، ومردود الإزالة للمواد العالقة فكان أحسن مردود عند الكتلة المضافة 1.5غ ومنه نعتبر الكتلة الأمثل لتحسين مردود إزالة الملوثات من مياه الصرف الصحي هي 1.5غ و التي أعطت نتائج مقبولة ، حيث كان مردود الإزالة عندها :

$$R_{PO_4^{3-}}=59.17\%, R_{DCO}=66.50\%, R_{MES}=91.08\%, R_{DBO_5}=55\%, O_{diss}=1.18 \text{ mg/l}$$

## II-4- تأثير الأس الهيدروجيني:

في هذه العملية نقوم بتثبيت كل من كتلة الماز و زمن التماس و سرعة الرج و درجة الحرارة و نغير من الأس الهيدروجيني وفق ما هو مدون في الجدولين أدناه:

سرعة الرج (دورة/دقيقة)	زمن التماس (دقيقة)	الكتلة المضافة (غ)	الأس الهيدروجيني	درجة الحرارة (م°)
700	90	1.5	×	1±25

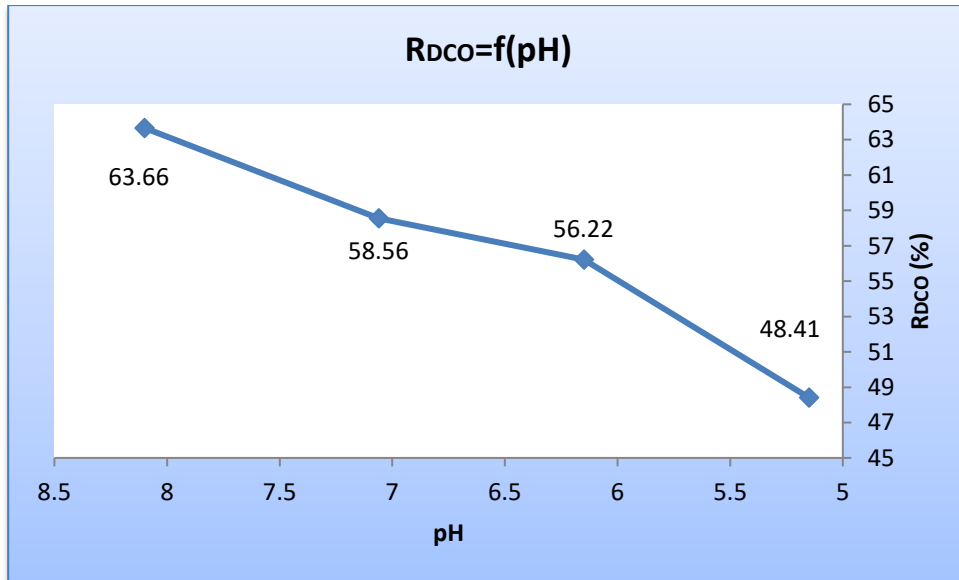
رقم العينة	1	2	3	4
الأس الهيدروجيني	5.15	6.15	7.06	8.1

اعتمدت قيم الأس الهيدروجيني المختارة لتحديد القيمة المثلى لتأثيرها على الامتزاز وفق ما ورد في المقالات البحثية [24,31,32,33,36].

## II-4-1- تأثير الأس الهيدروجيني على الطلب الكيميائي للأوكسجين DCO :

الجدول-38: تأثير الأس الهيدروجيني على تخفيض الطلب الكيميائي للأوكسجين

الماء المعالج				الماء قبل المعالجة	
8.1	7.06	6.15	5.15	7.45	الأس الهيدروجيني pH
121	138	145.8	171.8	333	الطلب الكيميائي للأوكسجين (ملغ/ل)
63.66	58.56	56.22	48.41	-	المردود %



الشكل-53: تأثير الأس الهيدروجيني على تخفيض مردود الطلب الكيميائي للأوكسجين

قيمة DCO قبل المعالجة و التي تساوي 333 ملغ O<sub>2</sub>/ل ، تبين أن المياه ملوثة، لأن قيمتها ضمن المجال [300-1000 ملغ O<sub>2</sub>/ل] وفق تصنيف المياه الملوثة الواردة في المقالة [21].



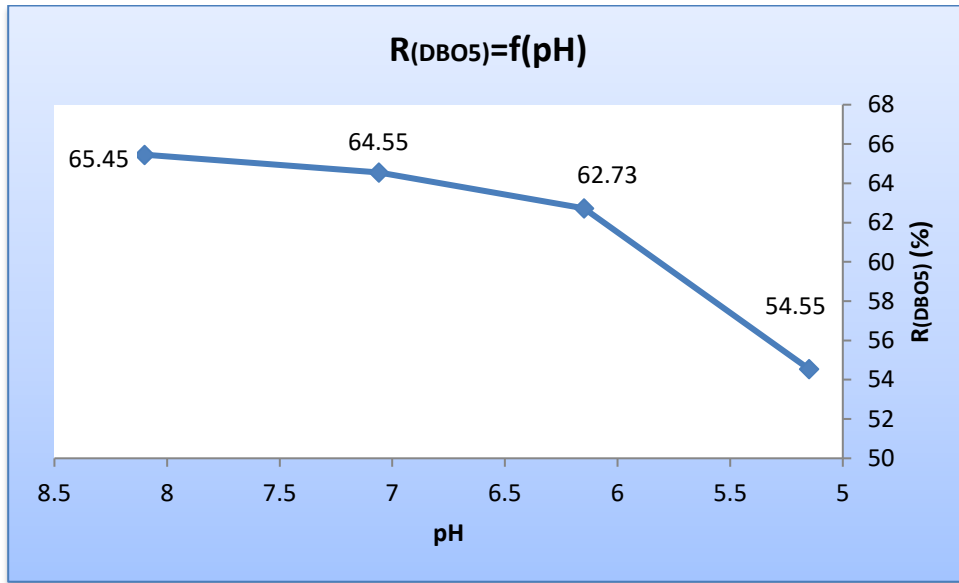
من خلال النتائج المتحصل عليها و الموضحة في الشكل (53) ، يتضح أن زيادة الأس الهيدروجيني من 8.1-5.15 تعمل على زيادة نسبة إزالة الطلب الكيميائي للأوكسجين من 48.41% - 63.66% ، وهذه النتائج تتوافق مع كل من عطية جمال [19] و محمد السعيد [24].

يعد الرقم الهيدروجيني من أهم العوامل المؤثرة على أي عملية امتزاز [33]، ومن المعروف أن الرقم الهيدروجيني للمحلول هو معلمة مهمة تؤثر على خصائص الماز و الممتز بالإضافة إلى عملية الامتزاز في المحاليل المائية [34]، ويعزى ذلك إلى حقيقة أن هيكل الكريستال هو خاصية لسطح الرئيسي و يؤثر على شحنة السطح و المواقع التفاعلية التي تقع أساسا على سطح الحواف ، والتي تحدد كذلك عملية الامتزاز، تكمن الشحنة المتغيرة لكل من المعادن الطينية أساسا من تفكك Al-OH و Si-OH الموجودان في الحواف المكسورة ، عند درجة حموضة أعلى ، يحمل سطح الطين المزيد من الشحنات السالبة [35] هذا من جهة و من جهة أخرى يتأثر الممتز (الملوثات) بالرقم الهيدروجيني حيث تتفكك المجموعات الوظيفية إلى شحنات سالبة و أخرى موجبة تمتز على المواقع النشطة [19].

## II-4-2- تأثير الأس الهيدروجيني على الطلب الحيوي للأوكسجين $DBO_5$ :

الجدول-39: تأثير الأس الهيدروجيني على تخفيض الطلب الحيوي للأوكسجين

الماء المعالج				الماء قبل المعالجة	
8.1	7.06	6.15	5.15	7.45	الأس الهيدروجيني pH
38	39	41	50	110	الطلب الحيوي للأوكسجين (ملغ/ل)
65.45	64.55	62.73	54.55	-	المردود %



الشكل-54: تأثير الأس الهيدروجيني على تخفيض مردود الطلب الحيوي للأوكسجين.

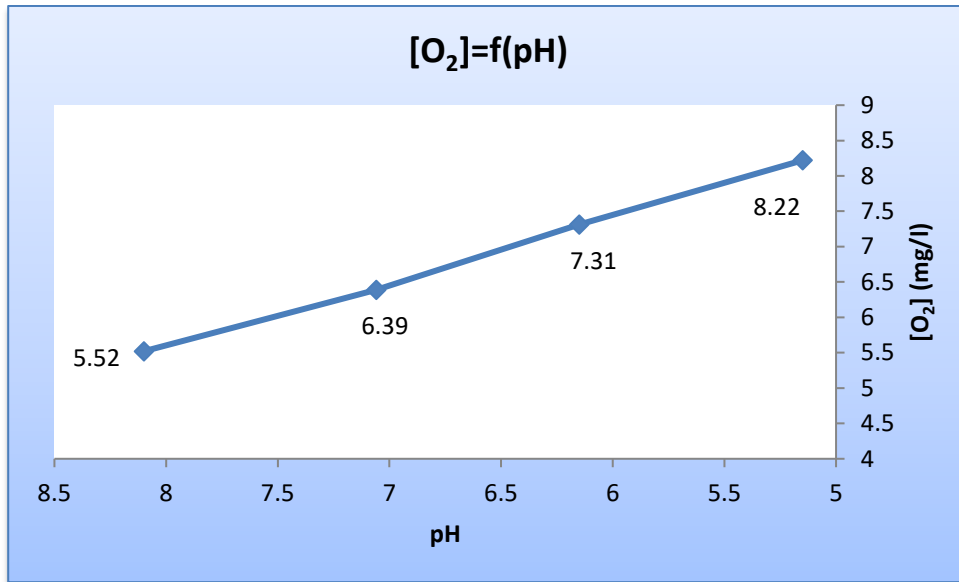
توحي قيمة  $DBO_5$  قبل المعالجة و التي تساوي 110 ملغ  $O_2$ /ل، أن المياه ملوثة نسبياً، لأن قيمتها قريبة من المجال [15].- 500 ملغ  $O_2$ /ل] وفق تصنيف المياه الملوثة الواردة في المقالة [21].

تعمل الزيادة في الأس الهيدروجيني من 5.15 – 8.1 وفق النتائج المتحصل عليها في الجدول (39) و المبينة في الشكل (54) على زيادة مردود التخفيض (الامتزاز) للطلب الحيوي للأوكسجين من 54.55% إلى 65.45% ، ويعزي السبب إلى أن معظم الملوثات القابلة للتحلل و المستهلكة للأوكسجين هي ملوثات عضوية تشمل على سبيل الذكر لا الحصر بروتينات و أمينات و الأحماض العضوية و غيرها، هذه الملوثات تتأثر بالأس الهيدروجيني للمحلول ، حيث تتفكك المجموعات الوظيفية لها إلي شحنات سالبة و أخرى موجبة تمتاز على المواقع النشطة [19]، بالإضافة إلى ذلك فسطح الطين كما ذكر في الفقرة السابقة يتأثر هو بدوره بالأس الهيدروجيني ، مما يؤثر عمليا على عملية الامتزاز .

### II-3-4- تأثير الأس الهيدروجيني على الأوكسجين المنحل DO:

الجدول-40: تأثير الأس الهيدروجيني على كمية الأوكسجين المنحل

الماء المعالج				الماء قبل المعالجة	الأس الهيدروجيني pH
8.1	7.06	6.15	5.15	7.45	
5.52	6.39	7.31	8.22	0.61	الأوكسجين المنحل (ملغ/ل)



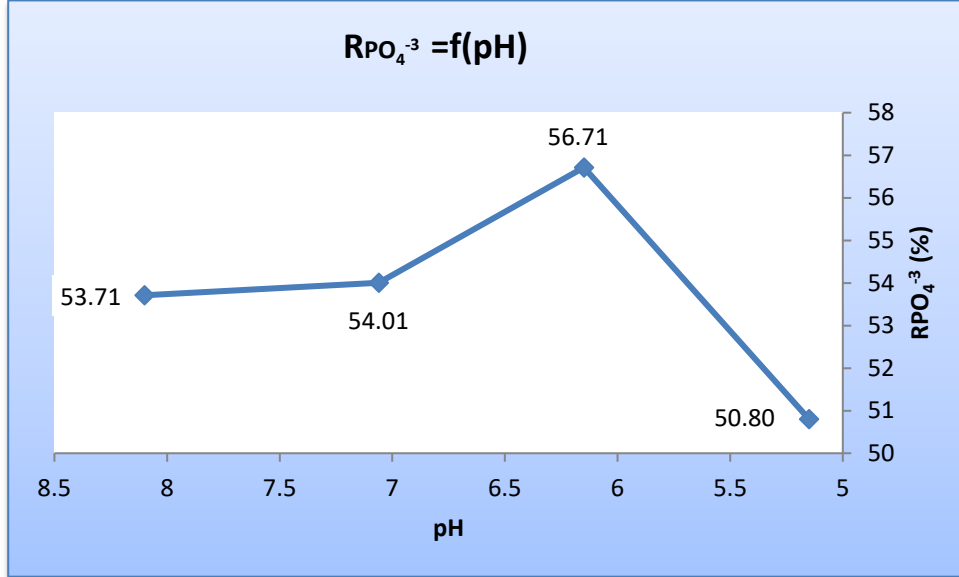
الشكل-55: تأثير الأس الهيدروجيني على كمية الأوكسجين المنحل

من خلال النتائج المبينة في الجدول (40) ، والموضحة في الشكل (55) ، يتبين أن زيادة الأس الهيدروجيني من 5.15-8.1 يعمل على تقليل من كمية الأوكسجين المنحل و لو جزئيا من 5.52-8.22 ملغ/ل، و قد يعزى السبب في ذلك لزيادة التعكير و هذا راجع إلى تشتت الطين مما يبقي عالقا في الوسط المائي [32] ، هذا الأخير يعمل على تقليل كمية الأوكسجين المنحل، هذا التشتت يعمل بدوره على تخفيض مردود المواد العالقة.

II-4-4- تأثير الأس الهيدروجيني على امتزاز أرثو فسفور  $PO_4^{3-}$  :

الجدول-41: تأثير الأس الهيدروجيني على تخفيض كمية أرثو فسفور

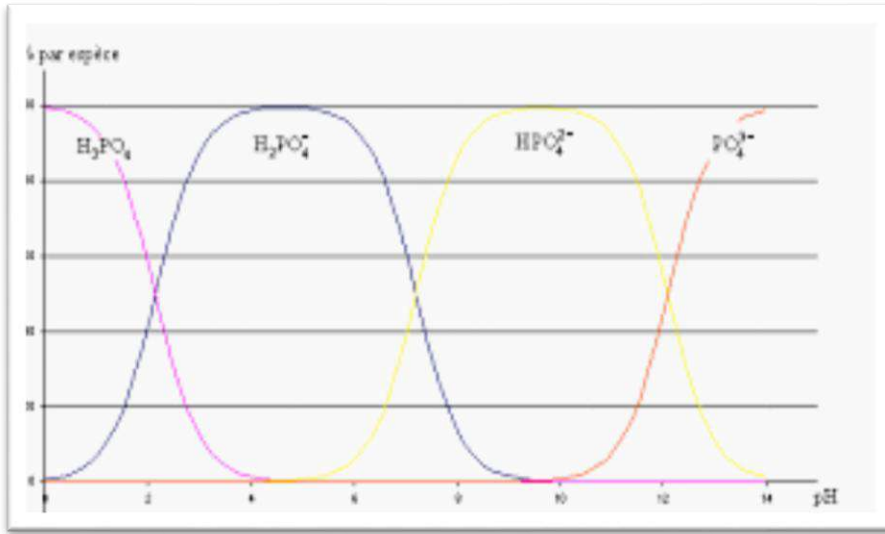
الماء المعالج				الماء قبل المعالجة	
8.1	7.06	6.15	5.15	7.45	الأس الهيدروجيني pH
4.62	4.59	4.32	4.91	10	أرثو فسفور (ملغ/ل)
53.71	54.01	56.91	50.80	-	المردود %



الشكل-56: تأثير الأس الهيدروجيني على مردود امتزاز أرثو فسفور

من خلال النتائج الموضحة في الشكل(56)، نلاحظ أن الأس الهيدروجيني يؤثر و لو نسبيا على عملية الامتزاز فتكون نسبة الامتزاز للأرثو فسفور في تزايد من 50.80% إلى 56.71% بين قيم الأس الهيدروجيني 5.15- 6.15، و ينخفض بعد ذلك من 56.71% - 53.71% في مجال أكبر من 6.15 حتى 8.1، يوضح الشكل(56A) توزيع أصناف الفوسفات كدالة pH [37]، حيث يبين أن أيون الفوسفات ( $PO_4^{3-}$ ) يسود في الظروف الأساسية القوية وأيون هيدروجينو فوسفات ( $HPO_4^{2-}$ ) وهو الشكل السائد في الظروف الأساسية الضعيفة ، أما أيون ثنائي هيدروجينو فوسفات ( $H_2PO_4^-$ ) فيسود في ظروف حمضية ضعيفة ، وحمض الفسفوريك ( $H_3PO_4$ ) فيكون هو الشكل الرئيسي في الظروف الحمضية بشدة لذا يُعد الـ pH معلمة مسيطرة مهمة في تحديد آلية إزالة الفسفور السائدة ، وكذلك الأنواع الأيونية الموجودة في المحلول هي المسؤولة عن آلية معينة [38]، وقد أثبتت الأبحاث السابقة أن زيادة درجة الحموضة يؤدي إلى انخفاض امتزاز الفوسفات [39]، عندما يحتوي المحلول على أس هيدروجيني أعلى، فإن سطح الطين يحمل المزيد من الشحنات السالبة التي تعمل على زيادة تنافر أنواع الفوسفات السالبة الشحنة في المحلول، وبالتالي ينتج عنها قدرة امتصاص أقل ، مما يخلق تنافر إلكتروستاتيكي بين أيونات الفوسفات وجزيئات السطح سالبة الشحنة [37] .

إن عدد المواقع السطحية النشطة يلعب دورا هاما في عملية الامتزاز الفوسفاتية، و كذلك نوع وعدد أنواع الفوسفات هو عامل مهم آخر يؤثر على ظاهرة الامتزاز، ومن المعروف أن الفوسفور القابل لذوبان الكلي في مياه العادمة موجود بأشكال مختلفة من الفوسفات العضوية و غير العضوية، لا يقتصر الامتزاز فقط على أشكال وأحجام مختلفة من أنواع الفوسفات ولكن تفاعلات التحلل تؤثر أيضا عليه، بالإضافة إلى ذلك في حالة الفوسفات غير العضوي تكون عملية الامتداد أكثر تعقيداً لأن التحلل المائي قد يتأثر أيضاً بالتأثيرات التحفيزية للسطوح المعدنية، من ناحية أخرى قد يعتمد امتزاز الفوسفات العضوي على بعض الاختلافات الهيكلية مثل العدد و مجموعة متنوعة من المجموعات الوظيفية وعدد من مجموعات الفوسفات في جزيء [36].

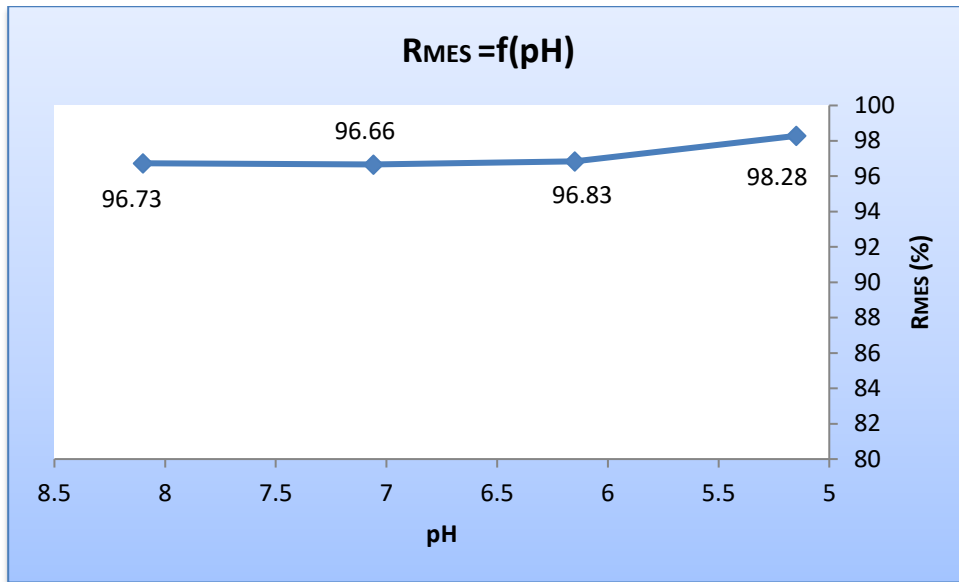


الشكل-57: توزيع أصناف الفوسفات كدالة pH

## II-4-5- تأثير الأس الهيدروجيني على إزالة المواد العالقة MES:

الجدول-42: تأثير الأس الهيدروجيني على إزالة المواد العالقة.

الماء المعالج				الماء قبل المعالجة	
8.1	7.06	6.15	5.15	7.45	pH الأس الهيدروجيني
15.8	16.1	15.3	8.3	482.7	المواد العالقة (ملغ/ل)
96.73	96.66	96.83	98.28	-	المردود %



الشكل-58: تأثير الأس الهيدروجيني على مردود إزالة المواد العالقة

تعطي قيمة MES الابتدائية و المقدرة بـ 482.7 ملغ/ل صورة على أن هته المياه ملوثة، وفق التصنيف الوارد في المقال [21]، حيث مجال التلوث محصور بين 100-400 ملغ/ل.

تظهر النتائج الموضحة في الشكل (58)، عن تناقص مردود الإزالة للمواد العالقة من 98.28% -96.66% بزيادة قيمة الأس الهيدروجيني من 5.15-7.06، ويمكن أن يعزى ذلك إلى النشاط العالي

للوظائف الأمينية حيث تصبح عالية الكاتيونات عند قيم الرقم الهيدروجيني هته، أدى وجود أيونات  $H^+$  في المحلول إلى خفض شحنة السطح السالبة للجسيمات بسبب الطبيعة الحمضية للمحلول مما أدى إلى جزيئات ترتبط بالتجمعات الذاتية [40]، في الرقم الهيدروجيني 8.1، يصبح متضاعف إلكتروني سالبة الشحنة وهذا يقيد التكتل إلى الأنواع محايدة في الماء فقط وذلك بسبب جاذبية الكهربائية الساكنة [41].

تحتوي بعض المواد العالقة على مجموعات وظيفية قادرة على تكوين مركبات معقدة مع المعادن، يتم عادة إزالة المواد الصلبة العالقة من خلال الترسيب أو الترشيح، ومع ذلك، فإن بعض الجسيمات الغروية المعلقة مستقرة جدا في الماء ولا يمكن أن تستقر في حين أن الآخرين قادرون على المرور من خلال مرشح بسبب حجم صغير، وبالتالي من الصعب إزالتها [42]، تم رصد تأثير الرقم الهيدروجيني على شحن المركبات العضوية النيتروجينية [43]، حيث تتأثر كثافة الشحنة للمجموعات الأمينية من الرقم الهيدروجيني وتؤثر على ثوابت تفككها (pKa) [44]، من جهة أخرى تعمل الزيادة في الأس الهيدروجيني على تشتت الطين [32]، مما يبقيها عالقة، هذه الكمية تعمل على تخفيض المردود.

**II-4-6 - تحديد الشرط الأمثل لإزالة الملوثات بتأثير الأس الهيدروجيني:**

من خلال النتائج المتحصل عليها لتأثير الأس الهيدروجيني يظهر أن قيمة الأوكسجين المذاب يتناقص من 5.32- 8.22 mg/l ، بزيادة الأس الهيدروجيني في المجال 5.15- 8.1 ، أما الطلب الكيميائي و الحيوي للأوكسجين فيتزايد بزيادة الأس الهيدروجيني حيث وصلت النسبة المئوية على الترتيب 63.66% - 65.45% ، في ما يخص الأورثو فسفور كان أحسن مردود 56.91% عند الأس الهيدروجيني 6.15 كما ثم ينخفض بعدها ليصل 53.71% عند 8.1 ، ومردود الإزالة للمواد العالقة فيتناقص في مجال ضيق لا يتعدى 1.55% ، ومنه نعتبر الأس الهيدروجيني الأمثل لتحسين مردود إزالة الملوثات من مياه الصرف الصحي بالتركيز على مردود الإزالة لكل من الطلب الحيوي و الكيميائي كقياس هو 8.1 ، أخذين يعين الاعتبار مردود التخفيض للبقية باعتبارها مقبولة ، و كانت النتائج المتحصل عليها عند هذا الأس الهيدروجيني(8.1) كتالي :

$$R_{PO_4^{3-}}=53.71\% , R_{DCO}=63.66\% , R_{MES}=96.73\% , R_{DBO_5}=65.45\% , O_{diss}=5.32 \text{ mg/l}$$

**II-5-5- تأثير درجة الحرارة:**

في هذه العملية نقوم بتثبيت كل من كتلة الماز و زمن التماس و الأس الهيدروجيني و سرعة الرج و غير من درجة الحرارة وفق ما هو مدون في الجدولين أدناه:

سرعة الرج (دورة/دقيقة)	زمن التماس (دقيقة)	الكتلة المضافة (غ)	الأس الهيدروجيني	درجة الحرارة (م°)
700	90	1.5	8.1	×

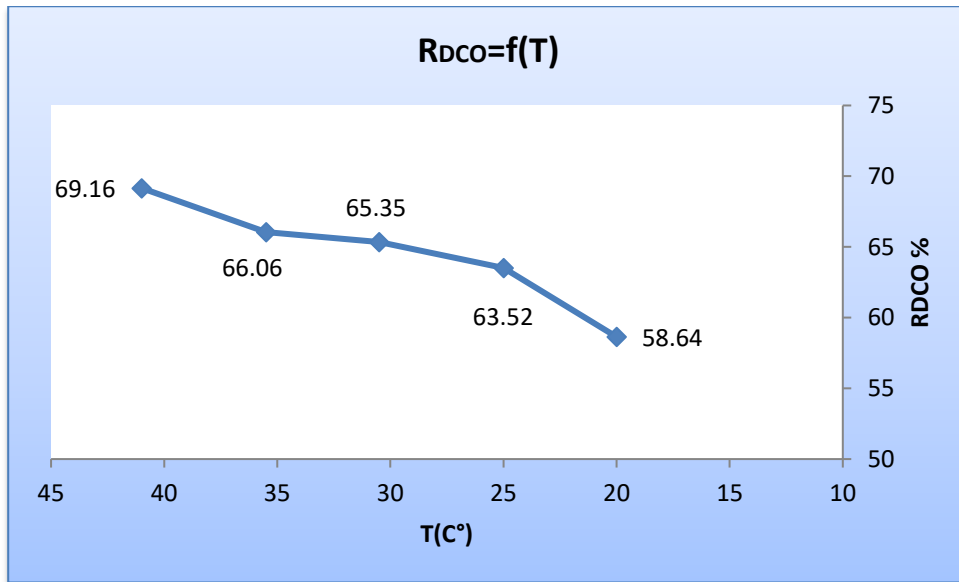
رقم العينة	1	2	3	4	5
درجة الحرارة (م°)	20	25	30.5±0.5	35±0.5	41±1

بالاستناد لقيم درجات الحرارة الواردة في المقالات البحثية [45،38،43] ، على سبيل الاختيار لا الحصر تم اختيار درجات الحرارة المطبقة من أجل تحديد القيمة المثلى لعملية الامتزاز.

**II-5-1- تأثير درجة الحرارة على الطلب الكيميائي للأوكسجين DCO :**

الجدول-43: تأثير درجة الحرارة على تخفيض الطلب الكيميائي للأوكسجين

الماء المعالج					الماء قبل المعالجة	
41±1	35±0.5	30.5±0.5	25	20	-	درجة الحرارة (م°)
60.7	66.8	68.2	71.8	81.4	196.8	الطلب الكيميائي للأوكسجين (ملغ/ل)
69.16	66.06	65.35	63.52	58.64		المردود %



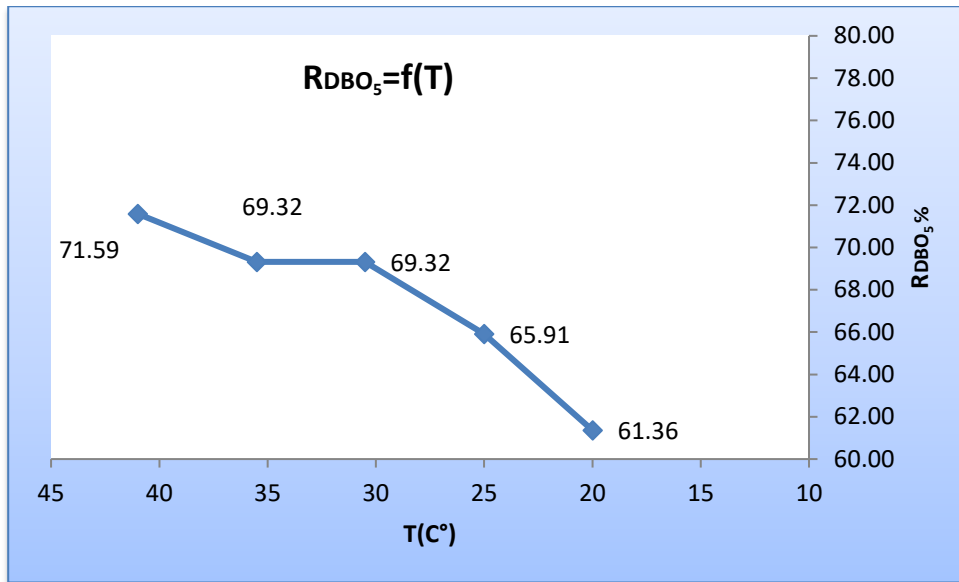
الشكل-59: تأثير درجة الحرارة على تخفيض مردود الطلب الكيميائي للأوكسجين

قيمة DCO قبل المعالجة و التي تساوي 196.8 ملغ /O<sub>2</sub>/ل ، تبين أن المياه قليلة التلوث ، لأن قيمتها أقل من ما ورد في المجال [300- 1000 ملغ/O<sub>2</sub>/ل] وفق تصنيف المياه الملوثة الوردية في المقالة [21]. من خلال النتائج المتحصل عليها و الموضحة في الشكل (59) ، يتبين أن زيادة درجة الحرارة من 20-41°م تعمل على زيادة امتزاز الملوثات المتواجدة في المياه العادمة حيث يزداد مردود الإزالة من 58.64% -69.16%، هذه النتائج متوافقة مع ما تحصل كل من عطية جمال ، هيمانشو باتيل [19، 28]. درجة الحرارة هي واحدة من أهم العوامل في عملية الامتزاز، يمكن أن تؤثر درجة الحرارة على عملية الامتزاز ، سواء الحركية والديناميكا الحرارية، من المعروف أن زيادة درجة الحرارة تزيد من معدل انتشار الجزيئات الممتزة عبر الطبقة الخارجية والحدود و في المسام الداخلية للجسيمات الممتصة ، وذلك بسبب انخفاض لزوجة المحلول، و بالتالي فإن التغيير في درجة الحرارة سوف يغير قدرة توازن المادة الممتزة لمتزمت معين [46]، بصورة أخرى يكون لدرجة الحرارة تأثيران رئيسيان على عملية الامتزاز . تؤدي زيادة درجة الحرارة إلى زيادة معدل انتشار الجزيئات الممتزة على سطح المادة الماصة ، مما يقلل من مقاومة انتقال الكتلة في الطور السائل نتيجة لانخفاض لزوج محلول، و كذلك الزيادة في درجة الحرارة تعزز أيضاً قدرة اتزان الامتزاز، خاصةً إذا كانت المعالجة الكيميائية هي آلية التحكم [47] .

## II-5-2- تأثير درجة الحرارة على الطلب الحيوي للأوكسجين DBO<sub>5</sub>:

الجدول-44: تأثير درجة الحرارة على تخفيض الطلب الحيوي للأوكسجين

الماء المعالج					الماء قبل المعالجة	
41±1	35±0.5	30.5±0.5	25	20	-	درجة الحرارة (م°)
25	27	27	30	34	88	الطلب الحيوي للأوكسجين (ملغ/ل)
71.59	69.32	69.32	65.91	61.36		المردود %



الشكل-60: تأثير درجة الحرارة على تخفيض مردود الطلب الحيوي للأوكسجين

توحي قيمة  $DBO_5$  قبل المعالجة و التي تساوي 88 ملغ  $O_2$ /ل ، أن المياه قليلة التلوث، لأن قيمتها خارج المجال [150 - 500 ملغ/ل] وفق تصنيف المياه الملوثة الوردية في المقالة [21].

النتائج المتحصل عليها لتأثير درجة الحرارة على إزالة الملوثات العضوية القابلة لتحلل و المستهلكة للأوكسجين و المحددة بالطلب الحيوي للأوكسجين ( $DBO_5$ ) و الممثلة في الشكل (60) ، حيث مردود الإزالة يزداد بوتيرة طفيفة من 61.36% - 71.59% في مجال درجة حرارة بين 20-41 م°، هذه النتائج تؤكد ما تحصل عليه الباحثين وفق المرجع [19، 28، 47، 48] على سبيل الذكر لا الحصر.

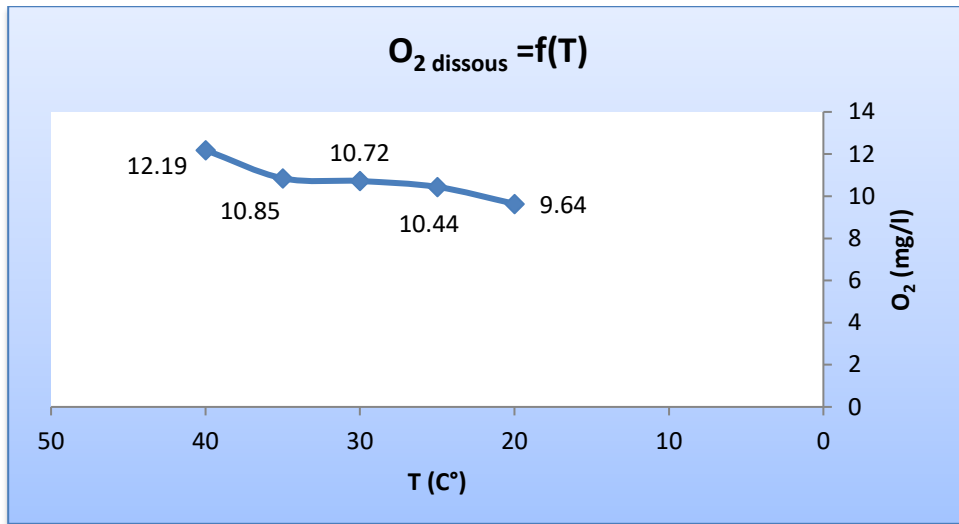
تحسين قدرة الامتزاز قد يكون بسبب زيادة معدل انتشار الجزيئات كثف عبر طبقة الحدود الخارجية والداخلية مسام الجسيمات الممتصة ، بسبب انخفاض لزوجة المحلول [48]، كما أن الزيادة في قدرة الامتزاز مع زيادة في درجة الحرارة قد يكون بسبب احتمال حدوث زيادة في المسامية وفي إجمالي حجم المسام من المميزات بزيادة عدد المواقع النشطة لامتصاص ، وكذلك زيادة في حركة جزيئات ، تشير الزيادة في قدرة الامتزاز للطين عن طريق رفع درجة الحرارة إلى وجود آلية امتزاز الكيميائي ، حيث يزداد عدد الجزيئات التي تحصل على طاقة كافية للخضوع للتفاعل الكيميائي مع الطين [45].

### II-3-5- تأثير درجة الحرارة على الأكسجين المنحل DO:

الجدول-45: تأثير درجة الحرارة على كمية الأكسجين المنحل

الماء المعالج					الماء قبل المعالجة	
41±1	35±0.5	30.5±0.5	25	20	-	درجة الحرارة (م°)
12.19	10.85	10.72	10.44	9.64	0.90	الأكسجين المنحل (ملغ/ل)





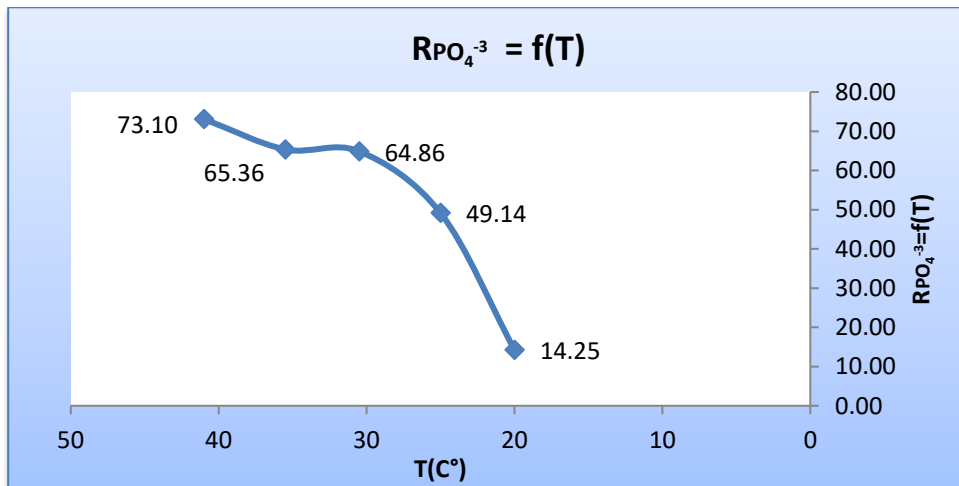
الشكل-61: تأثير درجة الحرارة على مردود كمية الأوكسجين المنحل

النتائج المدونة في الجدول (45) و الموضحة في الشكل (61) ، تبين أن كمية الأوكسجين المنحل تزداد من 9.64 – 12.19 mg/l بزيادة درجة الحرارة من 20- 41 م°، لأن الامتزاز يزداد بزيادة درجة الحرارة هذا يعني انخفاض الملوثات العضوية و غير العضوية المستهلكة للأوكسجين، مما يزد نسبة الأوكسجين في الماء ، من المتعارف عليه أن نسبة الأوكسجين تنقص بارتفاع درجة الحرارة، لكن وفق مراحل هذه التجربة فإن كمية الأوكسجين تم قياسها بعد إجراء عملية التركيز لمدة ساعة (أي بعد حدوث التوازن الحراري للعينة بعد المعالجة مع حرارة المخبر) من أجل فصل الطين و الملوثات الممتزة عليه.

#### II-4-5- تأثير درجة الحرارة على امتزاز أرثو فسفور $PO_4^{3-}$ :

الجدول-46: تأثير درجة الحرارة على امتزاز أرثو فسفور

الماء المعالج					الماء قبل المعالجة		
41±1	35±0.5	30.5±0.5	25	20	-	-	درجة الحرارة (م°)
2.19	2.82	2.86	4.14	6.98	8.14	-	أرثو فسفور (ملغ/ل)
73.10	65.36	64.86	49.14	14.25	-	-	المردود %



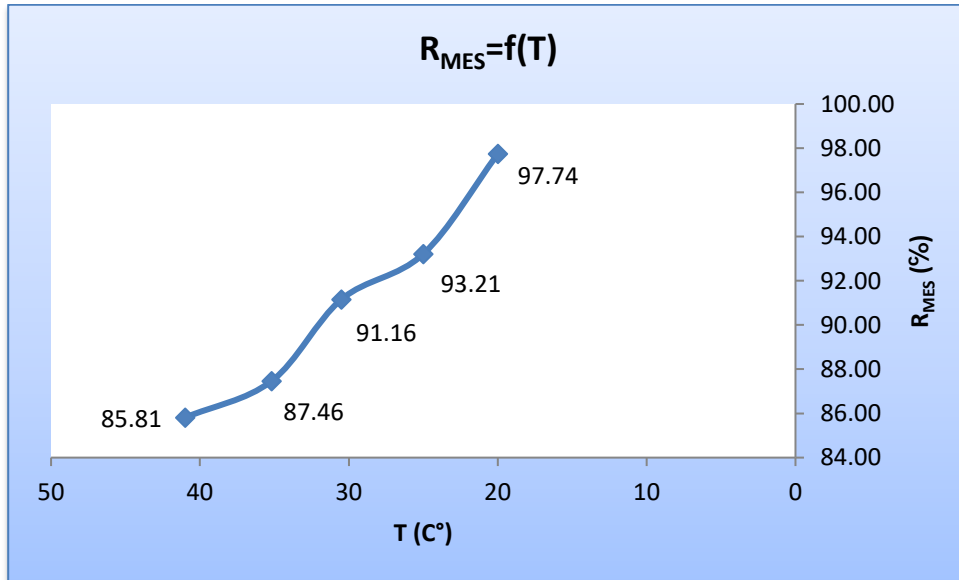
الشكل-62: تأثير درجة الحرارة على مردود امتزاز أرثو فسفور

وفق لنتائج المتحصل عليها في الجدول (46) و المبينة في الشكل (62) ، إن الزيادة في درجة الحرارة في المجال 20- 41 م°، تعمل على تحسين مردود الإزالة لأرثوفسفور من 14.25%-73.10%، مما يدل على أن إمتزاز الفسفور ماص للحرارة، و هذا ما يؤكد (Weiwei Huang et al) في مقاله ، أنه بسبب الطبيعة الماصة للحرارة لامتصاص الفوسفات على ا لطين الأحمر (RM)(red mud) ، فإن ارتفاع درجة الحرارة سيزيد من قدرة الامتزاز [39].

## II-5-5- تأثير درجة الحرارة على إزالة المواد العالقة MES:

الجدول-47: تأثير درجة الحرارة على إزالة المواد العالقة

الماء المعالج					الماء قبل المعالجة	
41±1	35±0.5	30.5±0.5	25	20	-	درجة الحرارة (م°)
69	61	43	33	11	486.3	المواد العالقة (ملغ/ل)
85.81	87.46	91.16	93.21	97.74		المردود %



الشكل-63: تأثير درجة الحرارة على مردود إزالة المواد العالقة

تعطي قيمة MES الابتدائية و المقدرة بـ 486.3 ملغ/ل صورة على أن هته المياه ملوثة ، وفق التصنيف الوارد في المقال [21] ، حيث مجال التلوث محصور بين 100-400 ملغ/ل .

وفق النتائج المتحصل عليها في الجدول (47) و المبينة في الشكل (63) ، تظهر أن مردود الإزالة للمواد العالقة يتناقص من 97.74% إلى 85.81% كلما رفعنا في درجة الحرارة من 20-41م°، و هذا عكس ما كان متوقع وفقا لما ورد في الفقرات السابقة لتأثير درجة الحرارة على الامتزاز، كان من المتوقع أن مردود الإزالة للمواد العالقة يتزايد مع ارتفاع درجة الحرارة، لكن النتائج المتحصل عليها تظهر عكس ذلك حيث أن مردود الإزالة للمواد العالقة يتناقص كلما رفعنا في درجة الحرارة ، قد يعود هذا الانخفاض في المردود إلى بقاء كميات من حبيبات الطين معلقة و التي تساهم في زيادة وزن ورقة الترشيح بعد

المعالجة و هذه الأخيرة تدخل في حساب المردود ، قد يعزي بقاء حبيبات الطين معلقة و التي تزداد بزيادة درجة الحرارة ،على انه كلما زدنا من درجة الحرارة تنقص لزوجة المحلول و هذا بدوره يعمل على تحرير حركة الجزيئات (أي تزداد العشوائية ، و بصورة أخرى يرتفع مقدار الأنثروبي  $\Delta S$ ) ، الزيادة في حركة الجزيئات تعمل على عدم السماح للحبيبات الطين بالتجمع من جهة و تعليقها في المحلول لفترة أطول.

## II-5-6 – تحديد الشرط الأمثل لإزالة الملوثات بتأثير درجة الحرارة:

نتائج تأثير درجة الحرارة تظهر أن قيمة الأوكسجين المذاب تزداد من 9.64- 12.16 ملغ/ل بزيادة درجة الحرارة في المجال 20-41م°، أما الطلب الكيميائي و الحيوي للأوكسجين فيتزايد بزيادة درجة الحرارة حيث كان المردود على الترتيب %69.16، %71.59، أما الأورثو فسفور كان أحسن مردود له %73.10 عند درجة الحرارة 41م°، ومردود إزالة المواد العالقة يتناقص من %97.74 عند 20م° إلى %85.81 عند 41م°، ومنه نعتبر 41م° كدرجة حرارة مثلي لتحسين مردود إزالة الملوثات ،وكانت النتائج عند هذه الدرجة :

$$R_{-PO_4^{3-}}=73.10\% , R_{DCO}=69.16\% , R_{MES}=85.81\% , R_{DBO_5}=71.59\% , O_{diss}=12.19 \text{ mg/l}$$

## المراجع باللغة الأجنبية:

- [1] D. L. Bish , R. B. Von Dreele , "Rietveld refinement of non-hydrogen atomic positions in kaolinite Localit Keokuk, Iowa , USA Note: clay" , Clays and Clay Minerals 37, 289-296 (1989) .
- [2] A. F. Gualtieri , "Accuracy of XRPD QPA using the combined Rietveld-RIR method Locality:Napoli, Italy", Journal of Applied Crystallography 33, 267-278 , (2000)..
- [3] R. M. Hazen , L. W. Finger , R. J. Hemley, H. K. Mao , "High-pressure crystal chemistry and amorphization of alpha- quartz Locality: synthetic Sample : P = 1 bar", Solid State Communications 72, 507-511 , (1989) .
- [4] jana madejova' , etienne balan and sabine petit , Applicational of vibrational spectroscopy to the characterization of phyllosilicates and other industrial minerals , EMU notes in mineralogy , V9,chapter 6 ,pp184-198 , (2011)
- [5] V. Nikita . Chukanov, Infrared spectra of mineral species: Extended library, Springe Geochemistry/Mineralogy ,V 462 , pp 473- 494 , (2014).
- [6]preeti sagar nayak , b . k . singh , Instrumental characterization of clay by XRF XRD and FTIR , Indian Academy of Sciences , Sci , Vol. 30, No. 3, pp. 235–238 , (2007) .
- [7] J . Bhaskar. Saikia , Gopalakrishnarao Parthasarathy, Fourier Transform Infrared Spectroscopic Characterization of Kaolinite from Assam and Meghalaya, Northeastern India, J. Mod. Phys , vol 1, pp 206-210 , (2010)
- [8] S . El Kasmi , M. Zriouil , M. Ahmamou , N. Barka , Physico-chemical and mineralogical characteriz of clays collected from Akrach region in Morocco , J. Mater. Environ. Sci.V 7. (10) pp 3767-3774 ,( 2016).
- [9] A. H. Dewan , S. Mustafi , M. Ahsan , M. S. Ullah , Investigation on physical properties of patia clay (Chittagong) Bangladesh , Bangladesh J. Sci. Ind. Res. 49(4),pp 255-26 ( 2014).
- [10] A. Qlihaa , S. Dhimni , F. Melrhaka , N. Hajjaji , A. Srhiri , Caractérisation physico-chimique d'une argile Marocaine [Physico-chemical characterization of a morrocan clay] , J . Mater. Environ. SciV 7 (5) , pp 1741-1750 ,(2016) .
- [11] S.K. Jou , N.A.N.N. Malek , Characterization and antibacterial activity of chlorhexidine loaded silver-kaolinite , Applied Clay Science 127–128 , pp 1–9 ,(2016).
- [12] U. Kuila , M. Prasad , Specific surface area and pore-size distribution in clays and shales EAGE 61 , pp341–362 , (2013) .
- [13] C.O. Mgbemena , & al , Characterization of kaolin intercalates of oleochemicals derived from rubber seed (Hevea brasiliensis) and tea seed (Camelia sinensis) oils , Journal of King Saud University – Sci , 25, pp149–155, (2013) .
- [14] Joann E. Welton , SEM Petrology Atlas , The American Association of Petroleum Geologist Tulsa , Oklahoma 74101, U.S.A. pp47-53 ,(2003) .
- [15] B.A. goodman , N. warasith , production of specialized mineral products from modified kaolins , in clays and clay minerals , NOVA sciencf publishers , Inc ,pp249 , (2014).
- [16] F. Bergaya , et al, Cation and Anion Exchange , Handbook of Clay Science , Ch 2.11 pp345 , (2013) .
- [17] S.Guiza , M. Bagane , Étude cinétique de l'adsorption du rouge de Congo sur une bentonite , Revue des Sciences de l'Eau 26.1.pp39-51 , (2013).
- [18] Mc. gordon , B.J. murad , A. altemimi, External mass transfer during the adsorption of Various pollutants onto activated carbon , Water Res , V 20 , pp435-442 , (1986) .

- [19] D. Atia ,et al , elimination of organic pollutants from urban wastewater by illite kaolinite local clay from south-east of algeria ,ciência e técnica vitivinícola, Vol. 33 n. 7, pp20 , (2018).
- [20] Rani . Devi , R.P. Dahiya , COD and BOD removal from domestic wastewater generated in decentralised sectors , Bioresource Technology , 99 pp344–349 , (2008) .
- [21]F. Rejsek , Analyse des eaux aspects réglementaires et techniques , CRDP d'aquitaine ISBN2-86617-420-8 , pp5 , (2002).
- [22] N .A . Mohd Salim, A . Ajit , A. Naila , A Ziad Sulaiman , Potential of Red Mud as an Adsorbent for Nitrogen and Phosphorous Removal in the Petrochemical Industry Wastewater , Int J Water Wastewater Treat 4(1), pp8 . dx.doi.org/10.16966/2381-5299.151 ,(2018) .
- [23] A. M.baraka , sorptive removal of phosphate from wastewater using activated red mud Aust . J. Basic & Appl . Sci, 6(10) , pp 500-510 , (2012) .
- [24] M. Said , et al ,Removal of COD , TSS and colour from palm oil mill effluent (POME) using Montmorillonite , Desalination and Water Treatment , pp1-8 , (2015).
- [25] A.L. Ahmad , et al, Residual oil and suspended solid removal using natural adsorbents chitosan , bentonite and activated carbon : A comparative study , Chemical Engineering Journal ,V 108 , pp 179–185 , (2005).
- [26] S. Eturki , et al , Treatment of rural wastewater by infiltration percolation process using sand-clay fortified By pebblesDesalination and Water Treatment , 49 , pp 65–73 , (2012) .
- [27] Syafalni , A. Rohana ,I. Abustan , A. Nadiah , M. Ibrahim ,Wastewater treatment using bentonite , the Combinations of bentonite-zeolite , bentonite-alum , and bentonitelimestone as adsorbent and coagulant, international journal of environmental sciences,V 4, no 3 pp387 , (2013)
- [28] H. Patel , R.T. Vashi , COD and BOD Removal from Textile Wastewater using Natural Materials , International Journal of Applied Environmental Sciences,Volume 5 , Number 2 pp. 179–188 , (2010) .
- [29] Adel A. El-Zahhar , Gamil A. Al-Hazmi ,Organically modified clay for adsorption of petroleum hydrocarbons , Eur. Chem. Bull , 4(2) , pp 87-91 , (2015) .
- [30] S. Nandita , A. N. M. Fakhruddin , Removal of phenol from aqueous solution using rice straw as adsorbent , Appl Water Sci , pp 04 ,(2015) .
- [31] j. pradhan , et al , Adsorption of Phosphate from Aqueous Solution Using Activated Red Mud , journal of colloid and interface science , 204, pp 169–172 , (1998) .
- [32] T. Z. liu , et al , Bentonite Adsorption & Coagulation Treatment of Recycled Fiber Pulping Wastewater , Engineering , V 5 , pp314-320 , (2013) .
- [33] F.M.S.E. El-Dars , et al , Reduction of COD in water-based paint wastewater using three types of activatedcarbon , Desalination and Water Treatment , pp1-12 , (2013) .
- [34]Shivkumar S. Prajapati , et al , Removal of Phosphate Using Red Mud: An Environmentally Hazardous Waste By-Product of Alumina Industry, Hindawi Publishing CorporationAdvances in Physical Chemistry,Volume 2016,pp4 ,(2016) .
- [35] H. Fang , et al , Phosphorus adsorption onto clay minerals and iron oxide with consideration of heterogeneous particle morphology , Science of the Total Environment 605–606 , pp 357–367 ,(2017)
- [36] HS. Altundogan , F. T.umen , Removal of phosphates from aqueous solutions by using bauxite II: the activation Study , Journal of Chemical Technology and Biotechnology , V 78 pp 824–833 , (2003) .

- [37] K.A. Krishnan , A . Haridas, Removal of phosphate from aqueous solutions and sewage using natural and surface modified coir pith , *Journal of Hazardous Materials* ,V 152 , pp 527–535 , (2008) .
- [38] Raghad F. ALmilly , mohanned . H. hasan , Waste Water Treatment by Liquid Solid Adsorption Using Calcined Sand-Clay Mixture Adsorbent , *IJCPE Vol.18 No.2* , pp69-81 (2017) .
- [39] W. Huang , et al , Phosphate removal from wastewater using red mud , *Journal of Hazardous Materials* ,V 158, pp 35–42 , (2008) .
- [40] OP .Sahu , PK . Chaudhari , Review on Chemical treatment of industrial waste water. *J Appl Sci Environ Manag* , 17(2) , pp 241–257 , (2013).
- [41] Y. Shin , C. Su , Y. Shen , Dispersion of aqueous nano-sized alumina suspensions using cationic Polyelectrolyte *Mater Res Bull* 41, pp 1964–1971 , (2006) .
- [42] Esther Mbuci Kinyua , et al , Clarification of colloidal and suspended material in water using triethanolamine modified maize tassels , *Environ Sci Pollut Res* , pp05 , (2015).
- [43] N.I. Kairi , J. Kassim, The effect of temperature on the corrosion inhibition of mild steel in 1M HCl solution by Curcuma Longa Extract. *Int J Electrochem Sci* 8,pp 7138–7155 (2013).
- [44] P. Sorlier , A. Denuzière , C. Viton, A. Domard , Relation between the degree of acetylation and the electrostatic properties of chitin and chitosan. *Biomacromolecules* 2(3), pp765–772 , (2001) .
- [45] A. A. masad al-wahbi , et al , removal of methylene blue from aqueous solutions using yemen bentonite , *Diyala Journal of Engineering , Sciences* , Vol 04 , No 01, (2011).
- [46] Ya-Li , Song , “Removal of acid brown 348 dye from aqueous solution by ultrasound irradiated exfoliated graphite” , *Indian Journal of Chemical Technology* , Vol 15 , pp 443-448 (2008).
- [47] A. Kurniawan , et al , Utilization of rarasaponin natural surfactant for organo bentonite preparation : Application for methylene blue removal from aqueous effluent . *Microporous Mesoporous Mater* , 142 , pp 184-193, (2011).
- [48] S. Wang , Z.H. Zhu , Effects of acidic treatment of activated carbons on dye adsorption *Dyes and Pigments* ,V 75 , pp306-314 , (2007) .

الخلاصة العامة

## الخلاصة العامة

تدرس هذه الأطروحة إشكالية طرحت بشكل واسع في المجال البحثي و التي تكمن في معالجة المياه العادمة التي تشمل الكثير من الملوثات و استغلالها في المجال الزراعي أو حتى الصناعي أو إرجاعها للطبيعة تفاديا لتلوث البيئة، و سعيًا منا لإيجاد طريقة اقتصادية تمكننا من ذلك فكرنا في استغلال مورد هام تزخر به منطقة تقرت و المتمثل تربتها التي تشمل نسبة عالية من الطين و الذي يستعمل كمنز لجل الملوثات.

✓ كخطوة أولى بدأنا بدراسة قوام التربة حيث تبين أنها تحوي %52 من الطين ، و سعيًا منا لتحديد الطبيعة المعدنية لهذا الطين قمنا بفصله عن الأجزاء الأخرى من مكونات التربة ، و تم إجراء مجموعة من الاختبارات و تتمثل في التحليل بالأشعة السينية و مطيافية الأشعة تحت الحمراء و توضيحًا لمرفولوجية العينة المدروسة استعملنا المجهر الإلكتروني الماسح ، وبتحليل نتائج هذه الاختبارات تبين أن عينة الطين المدروسة تتكون من الأيليت بصفة غالبية و بصورة أقل من الكاولينيت و أثار من الكوارتز، و تبين باختبار تقنية BET أن لهذا الخليط المعدني سطح نوعي معتبر يساوي 113.7622 م<sup>2</sup>/غ ، كما أثبت تحديد سعة التبادل الكاتيوني أنها تساوي 20 ملي مكافئ/100 ملغ ، هذه الخصائص تؤهله لأن يستعمل كمنز جيد للملوثات المتواجدة في المياه العادمة .

✓ كخطوة ثانية في هذا العمل تم دراسة مجموعة من العوامل المؤثرة على الامتزاز و تكمن في تأثير كل سرعة الرج و زمن التماس و الأس الهيدروجيني و كذلك كتلة الماز المستعمل و المتمثلة في عينة الطين المصفي و المنقي و تأثير درجة الحرارة.

✓ من خلال النتائج التجريبية التي أجريت على قدرة امتزاز عينة الطين المدروسة للملوثات العضوية و غير العضوية في المياه العادمة المجمعة في محطة معالجة المياه المستعملة التابعة لديوان الوطني لتطهير لمنطقة تقرت ، و المتمثلة في العوامل المؤثر السابقة ، تمكننا من تحديد الشروط المثلى المتمثلة في سرعة الرج 700 دورة/الدقيقة ، زمن التماس 90 دقيقة ، الكتلة المضافة للطين 1.5 غ ، الأس الهيدروجيني 8.1 ، درجة الحرارة 41م° (تعتبر هذه الدرجة من الحرارة خارج مجال الدرجة المسموح بها و هي 30م° وفق معايير الجزائرية للمياه الموجهة للري الفلاحي لذا ينصح بعد إجراء المعالجة تبريد المياه قبل تحويها للسقي) ، التي تسمح بتحسين مردود الإزالة لهذه الملوثات حيث بلغ مردود إزالة الطلب الكيميائي للأوكسجين (DCO) 69.16%، الطلب الحيوي للأوكسجين (DBO<sub>5</sub>) 71.59%، الأثر فوسفور (PO<sub>4</sub><sup>-3</sup>) 73.10% المواد العالقة (MES) 85.81% الأوكسجين المنحل (O<sub>dissous</sub>) 12.19 ملغ/ل.

✓ أعطت عينة الطين نتائج مرضية إذا تمت مقارنتها بنتائج بحثية سابقة أجراها عطية جمال [ 19 ضمن مراجع الباب الرابع] حيث مساحة السطح النوعي وسعة التبادل الكاتيوني لعينة الطين التي درسها هي 110.786 م<sup>2</sup>/غ ، 20.41 ملي مكافئ/100 غ، فتحصل على الشروط المثلى و المتمثلة

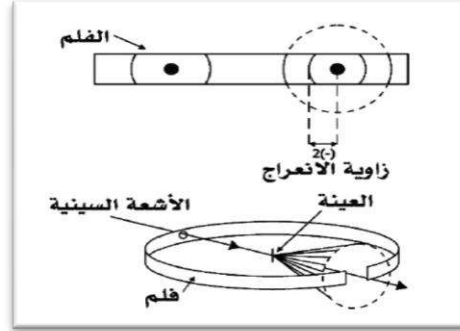
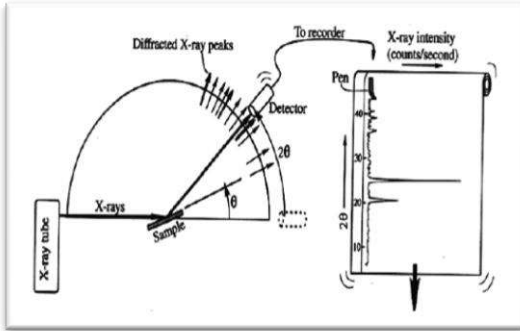


## الخلاصة العامة

بالكتلة المضافة 3.33 غ/ل ، الأس الهيدروجيني 8.5 ، درجة الحرارة 30م° ، سرعة الرج 625 دورة في الدقيقة ، زمن التماس 150 دقيقة ، فكان مردود الإزالة لكل من DCO ، DBO<sub>5</sub> ، MES على الترتيب 86% ، 71.76% ، 52.17%.

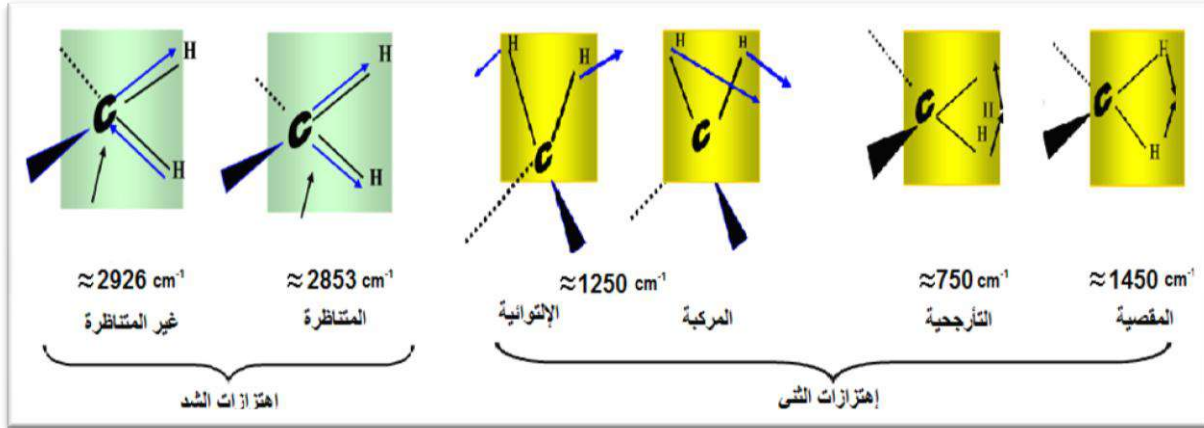
- ✓ يمكننا تحسين مردود الإزالة لملوثات المياه العادمة و ذلك بإجراء مجموعة من التقنيات تسمح بزيادة قدرة الامتزاز لهذا الطين ، و وفقا لدراسات الحديثة التي أجريت لهذا الغرض يمكن أن نضع بين أيديكم مجموعة من الاقتراحات بمثابة توصيات لإتمام هذه الدراسة و المتمثلة في:
- تغيير الخصائص الفيزيوكيميائية و ذلك بتنشيطه باستعمال أحماض أو قواعد، أو بالتسخين عالي درجة الحرارة لتحسين مساحة السطح النوعي قصد زيادة قدرة الامتزاز.
  - إضافة مواد تساعد على عملية التخثير و التليد كأكسيد الحديد أو الألمنيوم و غيرها.
  - توسيع مجال الدراسة لرقع جغرافية أخرى في الصحراء الجزائرية لاستغلال هذا المنجم.

الملحق

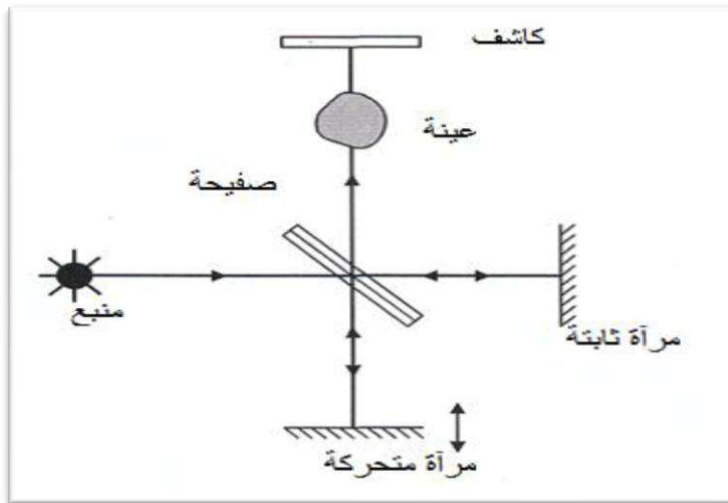


الشكل-26: طيف الانعراج باستخدام العداد أو الكاشف المتحرك [9]

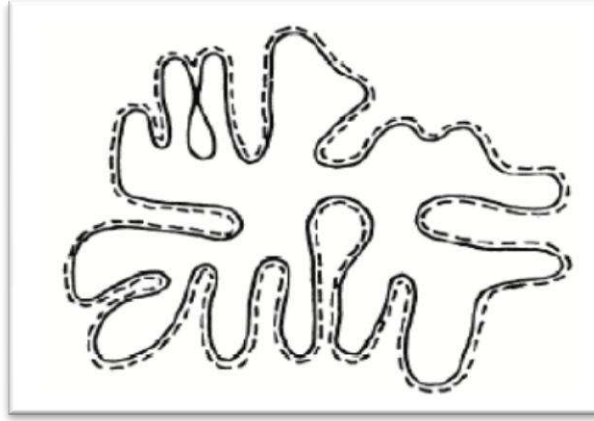
الشكل-25: مخروط الانعراج باستخدام شريط تسجيل حساس (فيلم) [8]



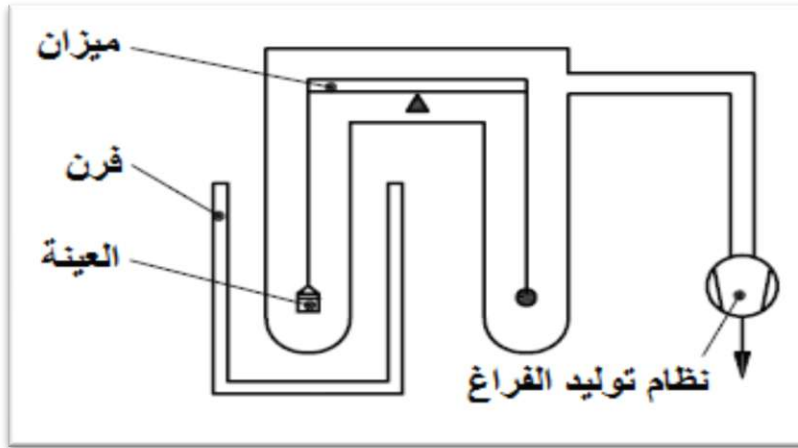
الشكل-27: مختلف الإهتزازات الحادثة عند إمتصاص الأشعة تحت الحمراء [9]



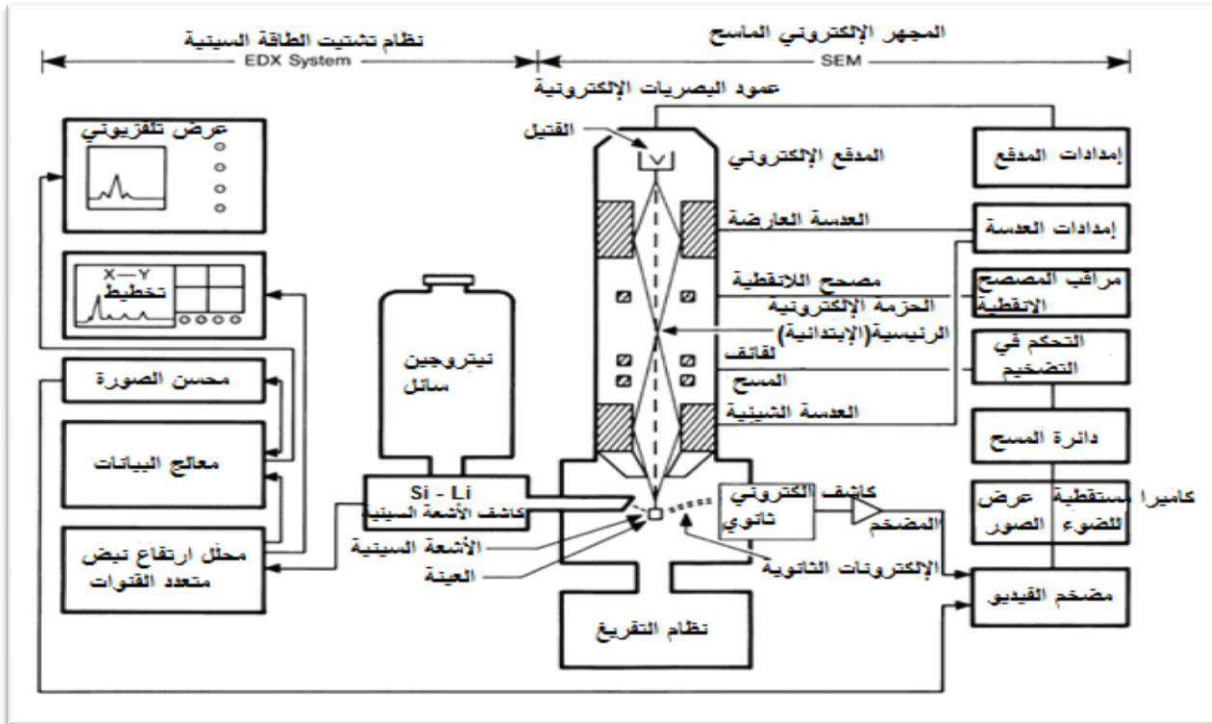
الشكل-28: رسم توضيحي لمسار الأشعة في جهاز FTIR [9]



الشكل-29: المقطع العرضي للجسيم مع السطح المكتشفة بطريقة الإدمصاص الموضحة بالخط المنقط [13]

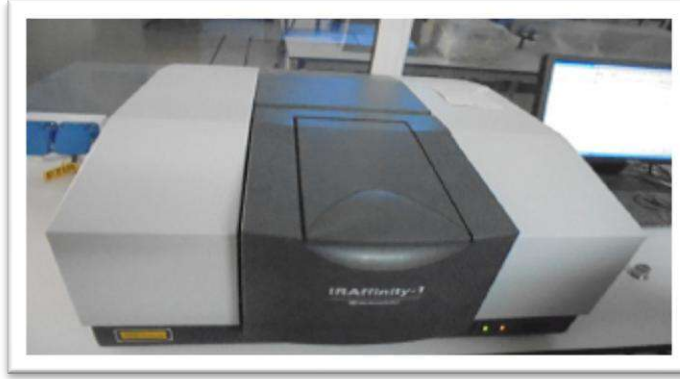


الشكل- 30: مراقبة الثقل النوعي الحراري والتفريغ [14]



الشكل- 31: رسم تخطيطي للمجهر الإلكتروني الماسح و نظام تشتيت الطاقة السينية [16]

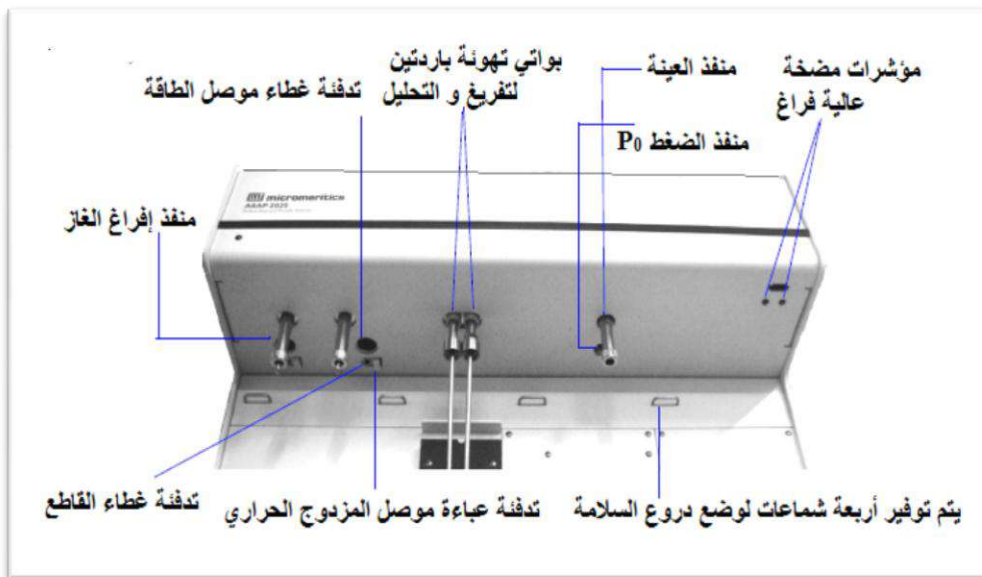
الصور



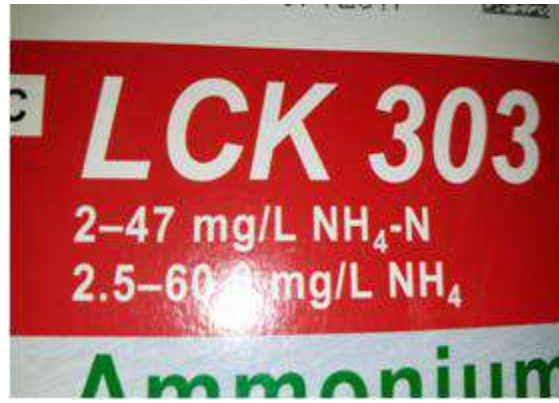
الصورة-11: جهاز الأشعة تحت الحمراء المستعمل في الدراسة



الصورة-12: الجهاز المستعمل لتحديد مساحة السطح النوعي بطريقة (BET).



الصورة-13 : مكونات الجهاز المستخدم لحساب مساحة السطح النوعي [15]



الصورة-14: ترميز كاشف الأمونيوم المستعمل



الصورة-15: مراحل الكشف باستخدام الكاشف

الفصل الثاني

ملاحق الباب الثالث

الصور



الصورة-19: حافظة العينات تحت التبريد



الصورة-20: حاضنة DBO<sub>5</sub>



الصورة-21: التجهيزات المستعملة في  $DBO_5$



الصورة-22: جهاز DR3900



الصورة-23: كواشف DCO المستعملة



الصورة-24: طريقة ضبط قراءة جهاز DR3900



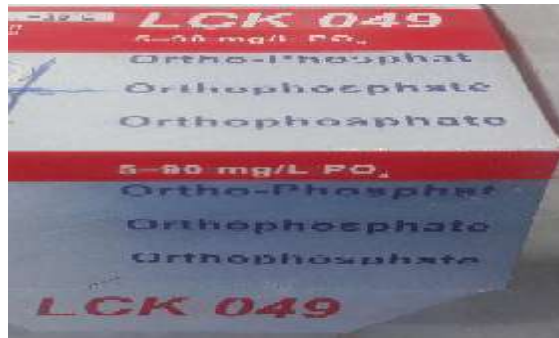
الصورة-25: قراءة النتيجة من الجهاز



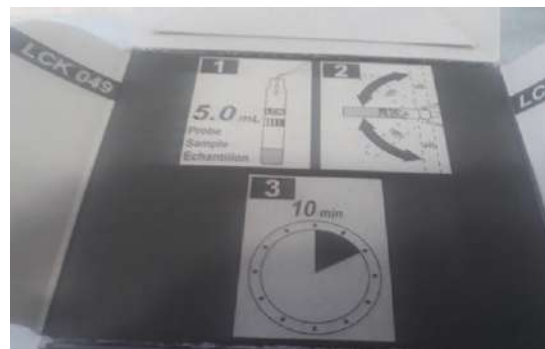
الصورة- 26: 1- الجهاز المستعمل لقياس الأوكسجين المنحل

2- الجهاز المستعمل لقياس الناقلية

3- الجهاز المستعمل لقياس الأس الهيدروجيني



الصورة- 27: الكاشف  $PO_4^{-3}$  المستعمل



الصورة- 28 : بروتوكول الكشف باستعمال LCK049



الجدول

الجدول-12: شروط حفظ العينات. [20]

Parameter	EPA-Approved Method	Method Detection Limit	Minimum Reporting Limit (mg/L)	Accuracy (% Rec.)	Precision (RPD)	Completeness	Preservation	Volume	Container	Holding Time
Bacteria, (total fecal coliform)	SM9221 or 9222	1 FC/100 ml	1 FC/100 ml	NA	NA	85-100%	Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> <sup>a</sup>	100 ml	Sterile plastic	6 Hours
Biological Oxygen Demand (BOD <sub>5</sub> )	EPA405.1 or SM5210B	2 mg/L	2 mg/L	80-120	<30%	85-100%	4°C	1L	Plastic	48 Hours
Chemical Oxygen Demand (COD)	EPA 410 or SM5220	Lab Control Chart	5 mg/L	85-115	<20%	85-100%	Analyze immediately or add H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> to pH <2	125 ml	Plastic	28 days
Chlorine, Total residual	EPA330.1-330.5 or SM4500	0.1 mg/L	0.1 mg/L	NA	<30%	85-100%	N/A	NA	NA	Do in the field

Parameter	EPA-Approved Method	Method Detection Limit	Minimum Reporting Limit (mg/L)	Accuracy (% Rec.)	Precision (RPD)	Completeness	Preservation	Volume	Container	Holding Time
Dissolved Oxygen	EPA 360.2 or SM4500	0.05 mg/L	0.05 mg/L	85-115	<30%	85-100%	N/A	300 ml	Plastic	Do in the field
Total Nitrogen (ammonia, nitrate, nitrite, TKN)	SM 4500 or EPA350 series	0.06 mg/L	0.06 mg/L	70-130	<30%	85-100%	Analyze immediately or add H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> to pH <2 Cool to 4°C	500 ml	Plastic or Glass	28 days
pH	EPA150.1	0.1 standard units	0.1 standard units	0.1 pH units	0.1 pH units	85-100%	N/A	NA	NA	Do in the field
Total Phosphate or o-Phosphate	EPA 365 series or SM4500	0.01 mg/L	0.01 mg/L	70-130%	<30%	85-100%	Analyze immediately or add H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> to pH <2 Cool to 4°C	100 ml	Plastic or Glass	48 hours
Specific	EPA120.1 or	0.07	0.07 uS/cm	85-115%	10%	85-100%	NA	N/A	Plastic,	Do in the

Parameter	EPA-Approved Method	Method Detection Limit	Minimum Reporting Limit (mg/L)	Accuracy (% Rec.)	Precision (RPD)	Completeness	Preservation	Volume	Container	Holding Time
Conductance	SM2510B	uS/cm							glass	field
Total Organic Carbon	EPA 415.1 or SM5310	1 mg/L	1 mg/L	85-115%	<20%	85-100%	Cool to 4°C, add HCl, H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> or H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> to <pH2	125 ml	Amber Glass	28 days
Turbidity	EPA180.1 or SM2130B	01. NTUs	01. NTUs	85-115%	<20%	85-100%	Cool to 4°C	100 ml	Plastic or Glass	48 h. or do in the field
Temperature °C	EPA170.1 or SM2550B	0.1 °C	0.1 °C	90-110%	<10%	85-100%	N/A	N/A	N/A	Analyze in field
Total Suspended Solids	EPA 160 series or SM2540	0.2 mg/L	4 mg/L	85-115%	<20%	85-100%	Cool 4°C	1 L	Plastic or glass	7 days
Total Settleable	EPA 160.5 or SM2540	0.2 ml/L/hr	0.2 ml/L/hr	85-115%	<20%	85-100%	Cool 4°C	1 L	Imhoff cone	Analyze as soon

Parameter	EPA-Approved Method	Method Detection Limit	Minimum Reporting Limit (mg/L)	Accuracy (% Rec.)	Precision (RPD)	Completeness	Preservation	Volume	Container	Holding Time
Solids										as possible
Total Recoverable Metals	EPA 200 series or SM 3100 series	See specific metal	See specific metal	See specific metal	<20%	85-100%	Add HNO <sub>3</sub> to <pH 2 except for Hg and Cr VI	100 ml	Plastic	28 days
Volatile Organic Compounds (VOCs)	SM 8260B or 6400	See specific VOC	See specific VOC	See specific VOC	<20%	85-100%	Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> to pH<2	40 ml	Special 40 ml glass vial	14 days