

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

Université Kasdi Merbah Ouargla
Faculté des Sciences Appliquées
Département : Génie Civil et Hydraulique
Ref :.....



جامعة قاصدي مرباح ورقلة
كلية العلوم التطبيقية
قسم: الهندسة المدنية والري
المرجع:.....

أطروحة مقدمة لنيل شهادة
دكتوراه علوم في : الهندسة المدنية
تخصص : هندسة مدنية
من إعداد الطالب : مخلوفي نبيل

المساهمة في دراسة نزع الحديد على شكل محلول باستعمال الطرق
الفيزيوكيميائية لمياه الشرب في الجنوب الجزائري (حالة مدينة إيزي)
CONTRIBUTION A L'ETUDE D'ELIMINATION DU
FER EN SOLUTION PAR DES PROCEDES PHYSICO-
CHIMIQUES. APPLICATION A DES EAUX DE
BOISSON DE SUD D'ALGERIE
(CAS DE LA VILLE D'ILLIZI)

نوقشت يوم : 10 ديسمبر 2020

أمام لجنة المناقشة :

رئيسا	جامعة قاصدي مرباح - ورقلة	استاذ التعليم العالي	بوطوطاو جمال
مناقشا	جامعة حمة لخضر - الوادي	استاذ التعليم العالي	غمري علي
مناقشا	جامعة محمد خيضر - بسكرة	استاذ التعليم العالي	قرقازي سعدي
مناقشا	جامعة حمة لخضر - الوادي	أستاذ محاضر (أ)	خشانة سليم
مناقشا	جامعة قاصدي مرباح - ورقلة	أستاذ محاضر (أ)	سقاوي سفيان
مشرف ومقررا	جامعة قاصدي مرباح - ورقلة	أستاذ محاضر (أ)	كاتب سمير

شكر وتقدير

إن الحمد و الشكر لله عز وجل الذي وفقني في إنجاز هذه البحث و أتقدم بجزيل الشكر و العرفان للأستاذ الفاضل كاتب سمير الذي كان بوصلتي في عالم البحث العلمي والمشرف على استقامته, الذي لم يبخل بتوجيهاته ونصائحه علي.

كما أتوجه بالشكر إلى الأستاذ الفاضل بوطوطا و جمال على رئاسته
للجنة المناقشة

و أشكر الأساتذة الافاضل عمري علي , قرقازي سعدية , و خشانة سليم على تحملهم عناء السفر من أجل مناقشة هذا البحث و أشكر الأستاذ الفاضل سقاي سفيان على قبوله مناقشة هذا البحث. وشكر خاص لمدير مخبر هندسة المياه والبيئة في المناطق الصحراوية الأستاذ الفاضل مصيطفى عمار والأستاذ باوية قيس على دعمهم لي من أجل إتمام هذا البحث.

والشكر موصول إلى مدير و عمال مخبر محطة معالجة المياه المستعملة
بولاية إليزي

وعمال مخبر محطة نزع الحديد لولاية إليزي كل باسمه
وزملائي بمخبر هندسة المياه والبيئة في المناطق الصحراوية
وفي الأخير أشكر كل من ساعدني من قريب أو من بعيد لإتمام هذا
البحث

الإهداء

أهدي هذا العمل إلى الجيش المعنوي الذي ساهم في اكتمال هاته الرسالة,
بداية بمن أشرفت بين يديها لا أفقه شيئاً و ها أنا على أبواب الدكتوراه أُمي
الغالية حفظها الله.

إلى الروح التي غادرتني و زرعنتي على الدرب لأصل اليوم أبي رحمه الله.

إلى سندي في الحياة إخوتي الأعزاء.

إلى زوجتي العزيزة التي كانت وما زالت سندي وسر قوتي.

إلى ثمرتي في الأرض وروحي التي تعيش خارج جسدي ابنتي رؤيا أمد الله

في عمرها.

إلى كل أساتذة قسم الهندسة المدنية والري بجامعة ورقلة وإلى جميع

الأصدقاء الذين تسعهم ذاكرتي ولا تسعهم مذكرتي.

إلى كل من دعمني من قريب أو من بعيد عائلتي وأصدقائي وزملاء عملي.

ملخص:

تعتبر المياه الجوفية المصدر الأساسي للمياه في الجنوب الجزائري، حيث تزود هذه المياه مدينة إيليزي بالمياه الصالحة للشرب، وتمتاز هذه الأخيرة بإرتفاع تركيز الحديد الذي يفوق تركيزه القيمة الموصى بها من طرف المنظمة العالمية للصحة (0.3 مغ/ل)، وهذا راجع لطبيعة الطبقات المائية الجوفية وخاصة طبقة الديفونيان السفلى، تمتاز مياه هذه الطبقة بدرجة عكارة عالية، وذلك راجع لترسب الحديد الثلاثي الناتج من تأكسد الحديد الثنائي في الماء، بسبب وجود الحديد في المياه الجوفية العديد من المشاكل، كتهور الجودة واللون وإنسداد القنوات وتآكلها.

تم تنفيذ هذا العمل للمساهمة في دراسة نزع الحديد المنحل في الماء عن طريق تطبيق الطرق الفيزيائية المتمثلة في الأكسدة بالشلالات التي قدمت مردودية تخفيض فاقت 93%، و بأكثر من 90 % بالفحم النشط التجاري و 98% بالفحم النشط المحضر من نواة التمر (الغرس)، والطريقة الكيميائية التي أعطت كذلك مردودية تتجاوز 97 % بالمعالجة بالجير، و 99 % بالمعالجة بالكلور.

كلمات مفتاحية : المياه الجوفية ، الأكسدة بالشلالات ، الفحم النشط ، الجير ، الكلور ، الحديد الثنائي، الديفونيان السفلى.

ABSTRACT:

Groundwater is the main source of water in southern Algeria, as these water supplies the city of Illizi with potable water, and the latter is characterized by a high iron concentration whose exceeds the value recommended by the World Health Organization (0.3 mg/l), and this is due to the nature of the aquifers. Especially the lower Devonian layer, the water of this layer is characterized by a high degree of turbidity, due to the precipitation of triple iron resulting from the oxidation of iron (II) in the water. The presence of iron in the groundwater causes many problems, such as deterioration of quality and color, blockage of channels and corrosion.

This work was carried out to contribute to the study of dissolved iron in water by applying the physical methods of oxidation by cascades that provided a reduction yield of more than 93%, and by more than 90% with commercial active carbon and 98% with activated carbon prepared from date core (gharse), And the chemical method, which also gave yields exceeding 97% by lime treatment, and 99% by chlor.

Key words: groundwater, oxidation by cascades, activated carbon, lime, chlor, iron (II), lower Devonian.

RESUME :

Les eaux souterraines sont la principale source d'eau dans le sud de l'Algérie, car cette eau alimente la ville d'Illizi en eau potable, et cette dernière se caractérise par une forte concentration en fer dont la concentration dépasse la valeur recommandée par l'Organisation mondiale de la santé (0,3 mg/l), et ceci est dû à la nature des aquifères. En particulier la couche du Dévonien inférieur, l'eau de cette couche se caractérise par un degré élevé de turbidité, dû à la précipitation du fer triple résultant de l'oxydation du fer (II) dans l'eau.

Ces travaux ont été menés pour contribuer à l'étude d'élimination de fer dissous dans l'eau en appliquant les méthodes physiques d'oxydation par cascades qui ont fourni un rendement de réduction de plus de 93%, et de plus de 90% avec du charbon actif commercial et 98% avec du charbon actif préparé à partir de noyaux de dattes (gharse), Et la méthode chimique, qui a également donné des rendements supérieurs à 97% par traitement à la chaux, et 99% par chloration.

Mots clés: eaux souterraines, oxydation par cascades, charbon actif, chaux, chlore, fer (II), Dévonien inférieur.

الفهرس

..... الملخص	
..... قائمة الجداول	
..... قائمة الأشكال	
..... المختصرات	
..... المقدمة	01

القسم النظري

الفصل الأول : خصائص منطقة الدراسة (إيزي)

..... تمهيد	05
..... 1. الإطار الجغرافي لمنطقة الدراسة	05
..... 2. الخصائص الهيدرولوجية	06
..... 1.2 درجة الحرارة	06
..... 2.2 التساقطات	07
..... 3.2 الرطوبة الجوية	08
..... 4.2 سرعة الرياح	09
..... 5.2 التبخر	10
..... 6.2 التشميس	11
..... 3. الخصائص الهيدروجيولوجية لمنطقة الدراسة	12
..... 1.3 طبقة الكامبرو-أردوفيزيان (Cambro-ordovicien)	12
..... 2.3 طبقة الديفونيان (Dévonien)	12
..... 3.3 طبقة الكاربونيفار (Carbonifère)	12
..... 4.3 المركب النهائي (طبقة الميوبليوسان و طبقة التيرونيان)	13
..... 5.3 طبقة التداخل القاري	13
..... 6.3 طبقة انفيرو-فلي (Inféro-Flux)	13
..... الخلاصة	14

الفصل الثاني : عموميات حول عنصر الحديد

16	تمهيد
16	1 العناصر المنحلة في الماء
17	2 العناصر غير المرغوب فيها
18	3 العناصر السامة
20	4 الخصائص الفيزيوكيميائية للحديد
20	1.4 خصائص الحديد الفيزيائية
21	2.4 خصائص الحديد الكيميائية
22	3.4 أهم إستخدامات مركبات الحديد
22	4.4 أهمية الحديد
22	1.4.4 أهمية الحديد بالنسبة للنبات
22	2.4.4 أهمية الحديد بالنسبة لجسم الإنسان
23	5.4 استقرار أيون الحديد في الماء
23	الخلاصة

الفصل الثالث : الطرق الفيزيائية والكيميائية لنزع الحديد الثنائي في مياه الشرب

25	تمهيد
25	1 الأكسدة الفيزيائية
25	1.1 الأكسدة بالتهوية بالشلالات (cascade)
25	2.1 الإمتزاز على الفحم النشط
26	2.1 إزالة الحديد بدون ترسيب (تهوية – ترشيح)
26	3.1 إزالة الحديد مع الترسيب (تهوية – ترسيب - ترشيح)
27	2 الأكسدة الكيميائية
27	1.2 الأكسدة بالأكسجين
28	2.2 الأكسدة بالكلور
29	3.2 الأكسدة بواسطة برمنغنات البوتاسيوم
29	4.2 الأكسدة بواسطة ثاني أكسيد الكلور
30	5.2 الأكسدة بواسطة الأوزون (O ₃)

30	..... التبادل الأيوني	3
31	..... (Osmose Inverse) التناضح العكسي	4
32	..... المعالجة بالترسيب بالجير	5
32	..... المعالجة البيولوجية	6
33	..... الخلاصة	

القسم التطبيقي

الفصل الرابع : المنهج التجريبي

36	..... تمهيد	
36	..... الأجهزة المستعملة في العمل التجريبي	1
40	..... تحضير العينات	2
40	..... تحضير محلول الحديد	3
41	..... تحضير محلول الجير	4
41	..... تحضير الفحم النشط	5
42	..... معايرة شوارد الحديد الثنائية	6
43	..... الخلاصة	

الفصل الخامس : الدراسة الهيدروكيميائية لأبار المياه الجوفية بمدينة إليزي

45	..... تمهيد	
45	..... طريقة العمل	1
46	..... الخصائص الفيزيوكيميائية لمياه الأبار المستغلة	2
46	..... درجة الحرارة	1.2
47	..... الأس الهيدروجيني	2.2
48	..... الناقلية الكهربائية	3.2
48	..... العسرة الكلية	4.2
49	..... الكبريتات	5.2
49	..... الأكسجين المذاب	6.2
50	..... بعض العناصر الأساسية	7.2

52	التوجهات الكيميائية لمياه الأبير المدروسة	8.2
53	العناصر الغير مرغوب فيها	9.2
53	الحديد	1.9.2
54	الخلاصة	

الفصل السادس : النتائج والتحليل

56	نمهيذ	
56	المعالجة الفيزيائية	I
56	المعالجة بالتهوية بالشلالات	1.I
61	المعالجة بالفحم النشط	2.I
61	المعالجة بالفحم النشط المحضر من نواة التمر	1.2.I
61	تأثير زمن الرج	1.1.2.I
62	تأثير كمية الفحم النشط المحضر	2.1.2.I
65	تأثير سرعة الرج	3.1.2.I
66	تأثير طبيعة الوسط (حامضي – قاعدي)	4.1.2.I
67	دراسة الاتزان الحراري (isotherme d'adsorption)	5.1.2.I
70	المعالجة بالفحم النشط التجاري	2.2.I
70	تأثير زمن الرج	1.2.2.I
71	تأثير كمية الفحم النشط التجاري	2.2.2.I
74	تأثير سرعة الرج	3.2.2.I
76	تأثير طبيعة الوسط (حامضي – قاعدي)	3.2.2.I
77	دراسة الاتزان الحراري (isotherme d'adsorption)	5.2.2.I
79	المعالجة الكيميائية	II
79	المعالجة بالجير	1.II
79	تأثير كمية الجير	1.1.II
83	تأثير سرعة الرج	2.1.II
85	تأثير زمن الترسيب	3.1.II
87	تأثير طبيعة الوسط (حامضي – قاعدي)	4.1.II
89	المعالجة بالكلور	2.II

89	..... تأثير كمية الكلور	1.2.II
92	..... تأثير سرعة الرج	2.2.II
94	..... تأثير زمن الترسيب	3.2.II
96	..... تأثير طبيعة الوسط (حامضي – قاعدي)	4.2.II
98	..... تطبيق طرق نزع الحديد على مياه منطقة إليزي	III
108	..... الخلاصة	
110	..... الخاتمة	
113	..... المراجع	

قائمة الجداول

07	درجات الحرارة المتوسطة (2008-2019).....	الجدول 01
07	المتوسطة للتساقطات من (2008 – 2019).....	الجدول 02
08	الرطوبة الجوية المتوسطة (2008-2019).....	الجدول 03
09	سرعة الرياح (م/ثا) المتوسطة للفترة (2008-2019).....	الجدول 04
10	متوسط درجة التبخر المسجلة للفترة (2008-2019).....	الجدول 05
11	متوسط درجة التشميس المسجلة للفترة (2008-2019).....	الجدول 06
13	خصائص الطبقات المائية المستغلة في منطقة اليزي.....	الجدول 07
20	تراكيز أهم العناصر الكيميائية المسموح بها في المياه الصالحة لشرب.....	الجدول 08
21	بعض صفات الفيزيائية للحديد.....	الجدول 09
27	تفاعلات الأكسدة لـ 1 (مغ/ل) من Fe^{2+} ومعدل المعالجة النظري.....	الجدول 10
28	العناصر الألزما والمنتجة لأكسدة 1 (مغ/ل) من الحديد بالأكسجين.....	الجدول 11
28	العناصر الألزما والمنتجة لأكسدة 1 (مغ/ل) من الحديد بالكور.....	الجدول 12
29	العناصر الألزما والمنتجة لأكسدة 1 (مغ/ل) من الحديد بالبرمنغنات البوتاسيوم.....	الجدول 13
30	العناصر الألزما والمنتجة لأكسدة 1 (مغ/ل) من الحديد بثاني أكسيد الكلور.....	الجدول 14
40	بعض الخصائص الكيميائية لمركب كبريتات الحديد الثنائي المستعمل.....	الجدول 15
41	بعض الخصائص الكيميائية للجير المستعمل.....	الجدول 16
45	الخصائص الهيدروجيولوجية لأبار طبقة الديفونيان المستغلة في منطقة الدراسة.....	الجدول 17
59	نتائج المسجلة في نظام نزع الحديد بمحطة إيزي.....	الجدول 18
61	تأثير زمن الرج على تخفيض الحديد بالفحم النشط المحضر.....	الجدول 19
63	تأثير كمية الفحم النشط المحضر على تخفيض الحديد.....	الجدول 20
64	تأثير سرعة الرج على تخفيض الحديد بالفحم النشط المحضر.....	الجدول 21
66	نتائج تأثير PH الوسط على تخفيض الحديد بالفحم النشط المحضر.....	الجدول 22
70	ثوابت نموذج فراندليتس و لانجمير للمعالجة بالفحم النشط المحضر.....	الجدول 23
70	تأثير زمن الرج على تخفيض الحديد بالفحم النشط التجاري.....	الجدول 24
72	تأثير كمية الفحم النشط التجاري على تخفيض الحديد.....	الجدول 25
74	تأثير سرعة الرج على تخفيض الحديد بالفحم النشط التجاري.....	الجدول 26

76	.....	الجدول 27	نتائج تأثير PH الوسط على تخفيض الحديد بالفحم النشط التجاري.....
79	.....	الجدول 28	ثوابت نموذج فراندليتش و لانجمير للمعالجة بالفحم النشط التجاري
81	.....	الجدول 29	النتائج المتحصل عليها بواسطة المعالجة بالجير
84	.....	الجدول 30	نتائج تأثير سرعة الرج على مردودية تخفيض الحديد بالجير
86	.....	الجدول 31	نتائج تأثير زمن الترسيب على مردودية تخفيض الحديد بالجير.....
88	.....	الجدول 32	نتائج تأثير الأس الهيدروجيني للوسط على تخفيض الحديد بالجير.....
90	.....	الجدول 33	النتائج المتحصل عليها بالمعالجة بالكلور
93	.....	الجدول 34	نتائج تأثير سرعة الرج على مردودية تخفيض الحديد بالكلور
95	.....	الجدول 35	نتائج تأثير زمن الترسيب على مردودية تخفيض الحديد بالكلور
97	.....	الجدول 36	نتائج تأثير الأس الهيدروجيني للوسط على تخفيض الحديد بالكلور.....
98	.....	الجدول 37	نتائج مقارنة تطبيق الطرق التجريبية على مياه منطقة اليزي

قائمة الاشكال

06	..... الموقع الجغرافي لولاية اليزي	الشكل 01
07	..... درجة الحرارة المسجلة خلال الفترة (2008-2019)	الشكل 02
08	..... كمية التساقطات المسجلة خلال الفترة (2008-2019)	الشكل 03
09	..... الرطوبة الجوية المسجلة خلال الفترة (2008-2019)	الشكل 04
10	..... متوسط سرعة الرياح الشهرية المسجلة خلال الفترة (2008-2019)	الشكل 05
11	..... متوسط درجة التبخر المسجلة خلال الفترة (2008-2019)	الشكل 06
12	..... متوسط ساعات التشميس المسجلة خلال الفترة (2008-2019)	الشكل 07
14	..... مقطع طولي لأحد أبار الطبقة اليفونية في حوض إيزي	الشكل 08
25	..... مخطط إستقرار الحديد في الماء عند 25 درجة مئوية	الشكل 09
28	..... الأكسدة بالتهوية بالشلالات (cascade)	الشكل 10
32	..... التبادل الأيوني	الشكل 11
33	..... راتينج التبادل الأيوني	الشكل 12
34	..... التناضح العكسي	الشكل 13
35	..... البكتيريا الحديدية المسؤولة عن المعالجة البيولوجية	الشكل 14
35	..... محطة إزالة الحديد بيولوجيا	الشكل 15
36	..... ميزان الكتروني حساس	الشكل 16
37	..... جهاز رج وتسخين	الشكل 17
37	..... جهاز مطياف الأشعة فوق البنفسجية	الشكل 18
38	..... جهاز متعدد العناصر Multiparamètre	الشكل 19
38	..... جهاز قياس العكارة (Turbidimètre)	الشكل 20
39	..... طاحن (هراس)	الشكل 21
39	..... فرن التجفيف	الشكل 22
40	..... فرن الحرق	الشكل 23
41	..... مراحل تحضير الفحم النشط من نواة التمر الغرس	الشكل 24
41	..... معايرة شوارد الحديد الثنائية بجهاز مطياف الأشعة فوق البنفسجية	الشكل 25
46	..... تموضع الأبار المستغلة في منطقة إيزي	الشكل 26
47	..... تغيرات قيم درجات الحرارة المتوسطة لمياه الأبار المدروسة	الشكل 27

47	تغيرات قيم الأس الهيدروجيني PH للأبار المدروسة	الشكل 28
48	تغيرات قيم الناقلية الكهربائية لمختلف الأبار المدروسة	الشكل 29
49	تغيرات قيم العسرة الكلية لمختلف الأبار المدروسة	الشكل 30
49	تغيرات قيم الكبريتات لمختلف الأبار المدروسة	الشكل 31
50	تغيرات قيم الأكسجين المذاب لمختلف الأبار المدروسة	الشكل 32
50	تغيرات قيم عنصر الكالسيوم لمختلف الأبار المدروسة	الشكل 33
51	تغيرات قيم عنصر المغنيزيوم لمختلف الأبار المدروسة	الشكل 34
51	تغيرات قيم الصوديوم لمختلف الأبار المدروسة	الشكل 35
51	تغيرات قيم عنصر البيكربونات لمختلف الأبار المدروسة	الشكل 36
52	مخطط بايبر للمياه المدروسة لمختلف الأبارمنطقة اليزي	الشكل 37
53	مخطط شويلر-بيركالوف للمياه المدروسة لمختلف الأبارمنطقة اليزي	الشكل 38
54	تغيرات قيم الحديد الثنائي لمختلف الأبارمنطقة اليزي	الشكل 39
54	تغيرات قيم العكارة لمختلف الأبارمنطقة اليزي	الشكل 40
57	مخطط محطة نزع الحديد لولاية إيزي	الشكل 41
57	شلاطات التهوية لمحطة نزع الحديد بإيزي	الشكل 42
58	أحواض الترسيب لمحطة نزع الحديد بإيزي	الشكل 43
58	أحواض الترشيح (بالرمل) لمحطة نزع الحديد بإيزي	الشكل 44
58	خزانات التجميع وغرفة الضخ لمحطة نزع الحديد بإيزي	الشكل 45
59	تغيرات تركيز الحديد خلال مراحل المعالجة بمحطة نزع الحديد بإيزي	الشكل 46
60	تغيرات العكارة خلال مراحل المعالجة بمحطة نزع الحديد بإيزي	الشكل 47
62	تأثير زمن الرج على تخفيض الحديد بالفحم النشط المحضر (CAP)	الشكل 48
63	تأثير كمية الفحم النشط المحضر على تخفيض الحديد	الشكل 49
63	تأثير كمية الفحم النشط المحضر على العكارة	الشكل 50
65	تأثير سرعة الرج على تخفيض الحديد بالمعالجة بالفحم النشط المحضر	الشكل 51
65	تأثير سرعة الرج على العكارة بالمعالجة بالفحم النشط المحضر	الشكل 52
66	تأثير الأس الهيدروجيني للوسط على تخفيض الحديد بالفحم النشط المحضر	الشكل 53
67	تأثير الأس الهيدروجيني للوسط على العكارة بالمعالجة بالفحم النشط المحضر	الشكل 54
69	نموذج الاتزان الحراري للانجمامير (Isotherme Longmuier)	الشكل 55

69	..... نموذج الاتزان الحراري لفراندليتش (Isotherme Freundlich)	الشكل 56
71	..... تأثير زمن الرج على تخفيض الحديد بالفحم النشط التجاري	الشكل 57
73	..... تأثير كمية الفحم النشط التجاري على تخفيض الحديد	الشكل 58
73	..... تأثير كمية الفحم النشط التجاري على العكارة	الشكل 59
75	..... تأثير سرعة الرج على تخفيض الحديد بالمعالجة بالفحم النشط التجاري	الشكل 60
75	..... تأثير سرعة الرج على العكارة بالمعالجة بالفحم النشط التجاري	الشكل 61
76	..... تأثير الأس الهيدروجيني للوسط على تخفيض الحديد بالمعالجة بالفحم التجاري	الشكل 62
77	..... تأثير الأس الهيدروجيني للوسط على العكارة بالمعالجة بالفحم النشط التجاري	الشكل 63
78	..... نموذج الاتزان الحراري لفراندليتش (Isotherme Freundlich)	الشكل 64
78	..... نموذج الاتزان الحراري للانجمير (Isotherme Longmuier)	الشكل 65
79	..... تغيرات تركيز الحديد بدلالة كمية الجير	الشكل 66
80	..... تغيرات العكارة بدلالة كمية الجير	الشكل 67
81	..... تغيرات الناقلية الكهربائية بالمعالجة بالجير	الشكل 68
81	..... تغيرات الأس الهيدروجيني بالمعالجة بالجير	الشكل 69
83	..... تغيرات تركيز الحديد بدلالة سرعة الرج بالمعالجة بالجير	الشكل 70
83	..... تغيرات العكارة بدلالة سرعة الرج بالمعالجة بالجير	الشكل 71
85	..... تغيرات تركيز الحديد بدلالة زمن الترسيب بالمعالجة بالجير	الشكل 72
85	..... تغيرات العكارة بدلالة زمن الترسيب بالمعالجة بالجير	الشكل 73
87	..... تأثير الأس الهيدروجيني للوسط على تركيز الحديد بالمعالجة بالجير	الشكل 74
87	..... تأثير الأس الهيدروجيني للوسط على العكارة بالمعالجة بالجير	الشكل 75
89	..... تغيرات تركيز الحديد بالمعالجة بالكلور	الشكل 76
89	..... تغيرات العكارة بالمعالجة بالكلور	الشكل 77
90	..... تغيرات الناقلية الكهربائية بالمعالجة بالكلور	الشكل 78
90	..... تغيرات الأس الهيدروجيني بالمعالجة بالكلور	الشكل 79
92	..... تغيرات تركيز الحديد بدلالة سرعة الرج بالمعالجة بالكلور	الشكل 80
92	..... تغيرات العكارة بدلالة سرعة الرج بالمعالجة بالكلور	الشكل 81
94	..... تطور تركيز الحديد بدلالة زمن الترسيب بالمعالجة بالكلور	الشكل 82
94	..... تغيرات العكارة بدلالة زمن الترسيب بالمعالجة بالكلور	الشكل 83

95	تأثير الأس الهيدروجيني للوسط على تركيز الحديد بالمعالجة بالكلور	الشكل 84
96	تأثير الأس الهيدروجيني للوسط على العكارة بالمعالجة بالكلور	الشكل 85
98	تغيرات تركيز الحديد بإستعمال (الجير ، الكلور ، الفحم المحضرو التجاري) في مياه بئر عين كرس	الشكل 86
98	تغيرات تركيز الحديد بإستعمال (الجير ، الكلور ، الفحم المحضرو التجاري) في مياه بئر 105	الشكل 87
99	تغيرات تركيز الحديد بإستعمال (الجير ، الكلور ، الفحم المحضرو التجاري) في مياه بئر منطقة النشاطات	الشكل 88
99	تغيرات تركيز الحديد بإستعمال (الجير ، الكلور ، الفحم المحضرو التجاري) في مياه بئر 102	الشكل 89
100	تغيرات تركيز الحديد بإستعمال (الجير ، الكلور ، الفحم المحضرو التجاري) في مياه بئر بلباشير	الشكل 90
100	تغيرات تركيز الحديد بإستعمال (الجير ، الكلور ، الفحم المحضرو التجاري) في مياه بئر سيدي بوصلاح	الشكل 91
101	تغيرات العكارة بإستعمال (الجير ، الكلور ، الفحم المحضرو التجاري) في مياه بئر عين كرس	الشكل 92
101	تغيرات العكارة بإستعمال (الجير ، الكلور ، الفحم المحضرو التجاري) في مياه بئر 105	الشكل 93
102	تغيرات العكارة بإستعمال (الجير ، الكلور ، الفحم المحضرو التجاري) في مياه بئر منطقة النشاطات	الشكل 94
102	تغيرات العكارة بإستعمال (الجير ، الكلور ، الفحم المحضرو التجاري) في مياه بئر 102	الشكل 95
103	تغيرات العكارة بإستعمال (الجير ، الكلور ، الفحم المحضرو التجاري) في مياه بئر بلباشير	الشكل 96
103	تغيرات العكارة بإستعمال (الجير ، الكلور ، الفحم المحضرو التجاري) في مياه بئر سيدي بوصلاح	الشكل 97
104	تغيرات الأس الهيدروجيني بإستعمال (الجير ، الكلور ، الفحم المحضرو التجاري) في مياه بئر عين كرس	الشكل 98
104	تغيرات الأس الهيدروجيني بإستعمال (الجير ، الكلور ، الفحم المحضرو التجاري) في مياه بئر 105	الشكل 99

105	تغيرات الأس الهيدروجيني بإستعمال (الجير ، الكلور، الفحم المحضرو التجاري) في مياه بئر منطقة النشاطات.....	الشكل 100
105	تغيرات الأس الهيدروجيني بإستعمال (الجير ، الكلور، الفحم المحضرو التجاري) في مياه بئر 102.....	الشكل 101
106	تغيرات الأس الهيدروجيني بإستعمال (الجير ، الكلور، الفحم المحضرو التجاري) في مياه بئر بلباشير.....	الشكل 102
106	تغيرات الأس الهيدروجيني بإستعمال (الجير ، الكلور، الفحم المحضرو التجاري) في مياه بئر سيدي بوصلاح.....	الشكل 103

المختصرات

ANRH	Agence national des ressource hydrique	الوكالة الوطنية للموارد المائية
CAI	Charbon active Industrielle	الفحم النشط التجاري
CAP	Charbon active préparé	الفحم النشط المحضر
CE	Conductivité électrique	الناقلية الكهربائية
CI	Complexe Intercalaire	مركب التداخل القاري
CT	Complexe Terminale	المركب النهائي
OMS	Organization mondiale de la santé	المنظمة العالمية للصحة
ONM	Office national de la météorologie	الديوان الوطني للأرصاد الجوية
pH	Potential d'Hydrogène	الأس الهيدروجيني
T.F.T	Tin Foui Tabenkourt	تين فوي تابنكورت

المقدمة

المقدمة:

تعتبر المياه الجوفية من بين المصادر الأساسية لتلبية احتياجات الجنوب الجزائري عموماً ومنطقة اليزي على الخصوص بالمياه الصالحة للشرب، إلا أنه توجد بعض المناطق توجد بمياهها تراكيز عالية من الأملاح المعدنية كـ (SO_4^{2-} ، Mg^{2+} ، Fe^{2+} ، F^-)، مما يطرح إشكال كبير من حيث إستغلالها كمنبع لتزويد بالمياه، ويستوجب معالجتها للوصول إلى الحد المسموح به وفق المواصفات العالمية (OMS)، ومعايير السوق الأوروبية المشتركة أو المعايير الوطنية.

وتعد مياه منطقة إيزي غنية بطبقة مياه جوفية تحوي تركيز عالية من الحديد المذاب تصل 408.4 مغ/ل [1]، وهذا راجع لطبيعة صخور الطبقة المستغلة (طبقة الديقونيان السفلى) [2]، مما خلق عدة مشاكل منها تآكل القنوات وانسدادها [3]، ارتفاع نسبة العكارة [4] وتغير اللون وذوق المياه [5]، وكذلك اهتراء المنشآت الهيدروليكية [4] [3].

الهدف من هذه البحث، تطبيق عدة طرق لنزع أيون الحديد وتخفيض نسبته إلى النسبة الموصى بها 0.3 (مغ/ل) [6] [7]، حيث نجد أن العديد من الباحثين قد قاموا بإجراء الكثير من الاعمال من أجل تخفيض تركيز الحديد بطرق عديدة منها التخفيض بطريقة بيولوجية [8]، واستعمال التخثير [9]، والترشيح الغشائي [10]، وكذلك على الفحم النشط المحضر من مواد عدة من بينها جوز الهند و الجوز [11] و الصنوبر [12] وقشور الفول السوداني [13].

ولقد قمنا في هذا البحث بتطبيق طرق فيزيائية (الفحم النشط المحضر من نواة التمر، والفحم النشط التجاري)، والكيميائية (الجير، و الكلور) على الماء المقطر و مياه أبار منطقة إيزي، من أجل معرفة العوامل المؤثرة على مردودية تخفيض الحديد، وكذلك تبيين الموارد الطبيعية الموجودة في الجنوب الجزائري، و قسمت هذه الدراسة إلى قسمين ، قسم نظري وآخر تطبيقي.

القسم النظري، قسم إلى ثلاثة فصول:

الفصل الأول : حيث نبين فيه أهم خصائص منطقة الدراسة (بلدية اليزي)، وأنواع الطبقات المائية المستغلة لتزويد بمياه الشرب ؛

الفصل الثاني : نشير إلى أهم العناصر المنحلة في المياه وعموميات حول عنصر الحديد ؛

الفصل الثالث : نلخص فيه أهم الطرق الفيزيائية والكيميائية لنزع الحديد المنحل في الماء ؛

والقسم التطبيقي، كذلك قسم إلى ثلاثة فصول :

الفصل الرابع : يبرز أهم الخصائص الهيدروكيميائية لمياه الأبار المستغلة ؛

الفصل الخامس : نبين فيه الأجهزة والطرق التجريبية المستخدمة في عملية نزع الحديد فيزيائيا وكيميائيا؛

وفي الأخير نتطرق في الفصل السادس بتحليل أهم النتائج التجريبية المتوصل إليها مخبريا وكذلك تطبيقها على مياه المنطقة.

القسم النظري

الفصل الأول

خصائص منطقة الدراسة
(ولاية إيزي)

تمهيد

تعتبر ولاية إليزي من أهم ولايات الجنوب الجزائري، والتي تتربع على مساحة تمثل تسعة أعشار المساحة الإجمالية للجزائر، ومن خلال هذا الأطار سوف نقدم لمحة على طبيعة المنطقة الجغرافية، وكذلك الخصائص الهيدرولوجية وطبيعة المناخ بها، وأنواع الطبقات المائية المستغلة في التزويد بالمياه الصالحة للشرب.

1. الإطار الجغرافي لمنطقة الدراسة

تقع ولاية إليزي في أقصى الجنوب الشرقي من الجزائر، وتتربع على مساحة قدرها 284618 كيلومتر مربع، ويبلغ عدد سكانها 70313 نسمة حسب آخر الإحصائيات (سنة 2018) [3]، موزعة على 06 بلديات. ويحدها ثلاثة دول على شريط حدودي بحوالي 1256 كم، على النحو التالي:

✓ تونس في الشمال الشرقي، على بعد حوالي 37.43 كم

✓ ليبيا من الشرق، بحوالي 1006 كم

✓ النيجر من الجنوب، بحوالي 213 كم

داخل الوطن، تحدها كلا من :

✓ ولاية تمنراست من الغرب

✓ ولاية ورقلة من الشمال، حيث تعتبر أقرب ولاية بمسافة حوالي 1052 كم.

مدينة إليزي الرئيسية مقسمة إلى ست بلديات، كما هو موضح في الشكل (01) وهما:

✓ برج عمر ادريس

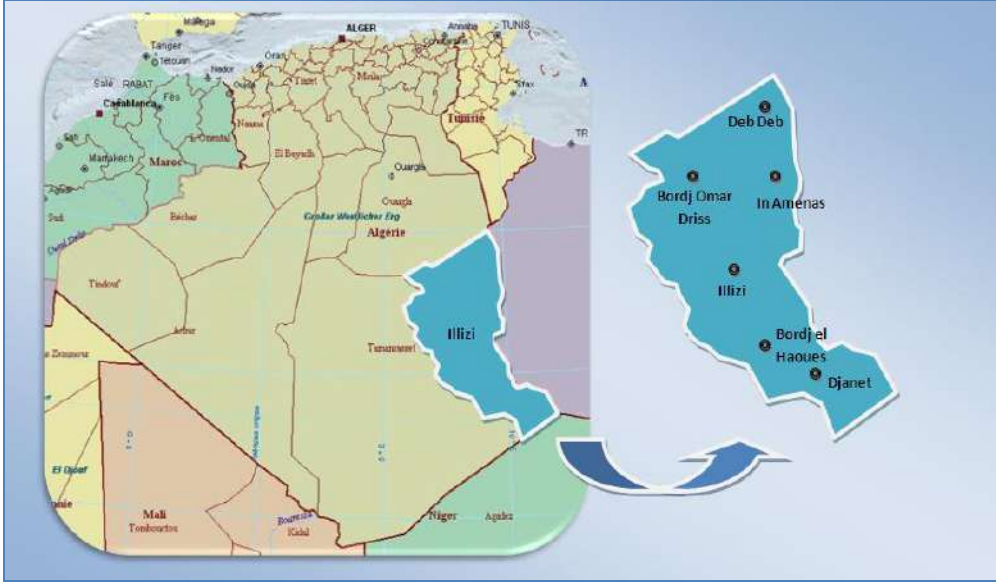
✓ الدبداب

✓ عين أمناس

✓ إليزي

✓ جانت

✓ برج الحواس



الشكل 01. الموقع الجغرافي لولاية إليزي

2. الخصائص الهيدرولوجية

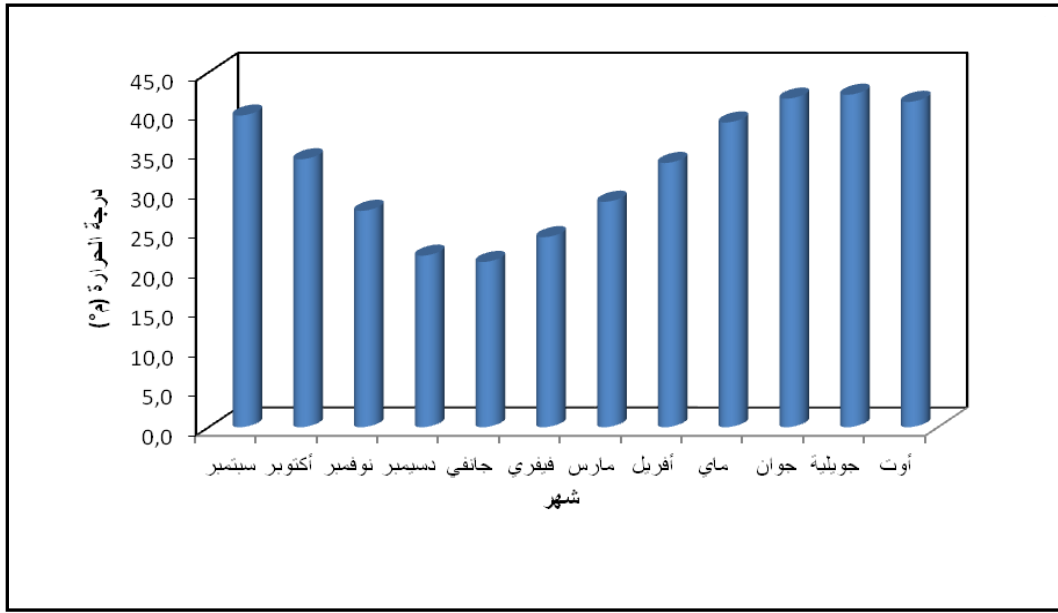
تخضع مدينة إليزي لمناخ جاف وحار ، يتميز بدرجة حرارة عالية تؤدي إلى تبخر عالي للمياه وهطول أمطار ضئيل ، مما يسبب الجفاف. وسوف نشير لبعض المعطيات المستقاة من الديوان الوطني للأرصاد الجوية ONM (محطة إليزي) ، للفترة الممتدة من سنة 2008 إلى 2019م [14]

1.2 درجة الحرارة

يعتبر عامل الحرارة من العوامل المهمة، وخاصة عندما يتفاعل مع العوامل المناخية الأخرى، فهو يحدد طبيعة المناخ في المنطقة.

أين نلاحظ أن منطقة الدراسة تتسم بفترتين فصل صيف حار وجاف وفصل شتاء بارد، بحيث من خلال البيانات الشهرية المسجلة في الأشهر الثلاثة جوان، جويلية و أوت، نلاحظ أن هذه الأخيرة هي الأكثر حرارة (41.3 م° إلى 42.2 م°)، من ناحية أخرى فإن الأشهر الأكثر برودة هي: ديسمبر وجانفي وفيفري (21 م° إلى 24.1 م°).

توضح النتائج المبينة في الجدول (01)، درجات الحرارة المتوسطة لأشهر السنة من (2019-2008).



الشكل 02. درجة الحرارة المسجلة خلال الفترة (2008-2019)

الجدول 01. درجات الحرارة المتوسطة (2008-2019)

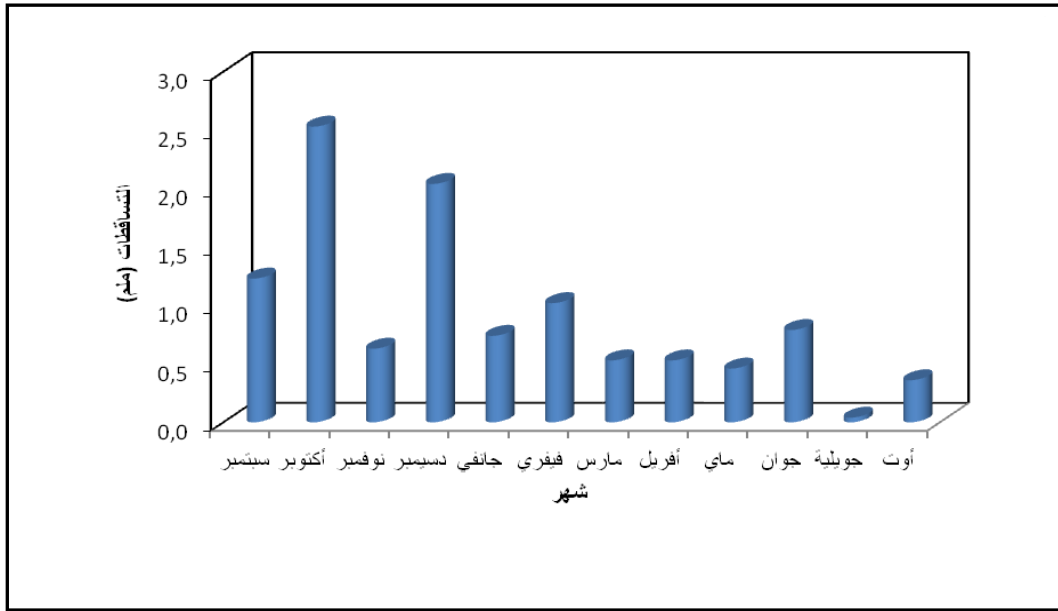
الشهر	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	جانفي	فيفري	مارس	أفريل	ماي	جوان	جويلية	أوت
درجة الحرارة (°م)	39.5	34	27.4	21.8	21	24.1	28.6	33.5	38.6	41.7	42.2	41.3

2.2. التساقطات

من خلال تحليل المعطيات الخاصة بشدة التساقطات المطرية ، نجد أنها منخفضة جدا وذات طبيعة عشوائية وغير منتظمة حيث تكون أقل من 1 مم في فصل الصيف تتراوح من (0.00 إلى 0.4 مم) ، وتسجل أعلى قيمة خلال شهري سبتمبر و أكتوبر على التوالي 1.2 مم و 2.5 مم، والجدول رقم 02 يعطي بعض القيم المتوسطة للتساقطات من (2008 – 2019).

الجدول 02 . المتوسطة للتساقطات من (2008 – 2019)

الشهر	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	جانفي	فيفري	مارس	أفريل	ماي	جوان	جويلية	أوت
تساقطات (مم)	1.2	2.5	0.6	2.0	0.7	1.00	0.5	0.5	0.5	0.8	0.00	0.4



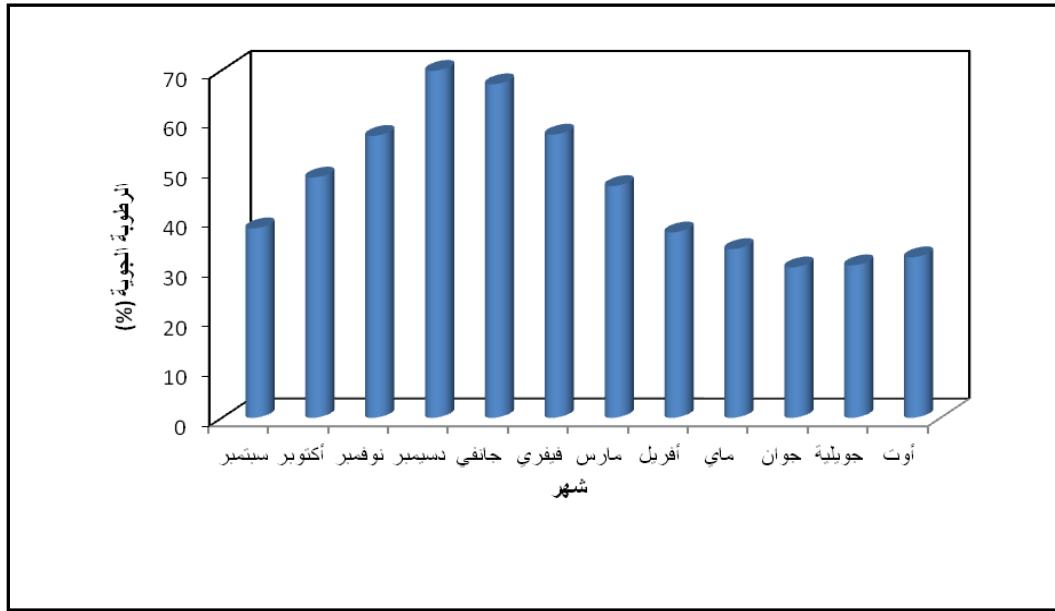
الشكل 03. كمية التساقطات المسجلة خلال الفترة (2008-2019)

3.2. الرطوبة الجوية

النتائج الخاصة بالرطوبة الجوية خلال الفترة 10 سنوات الأخيرة مقدمة في الجدول (03) التالي

الجدول 03. الرطوبة الجوية المتوسطة (2008-2019)

الشهر	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	جانفي	فيفري	مارس	أفريل	ماي	جوان	جويلية	أوت
الرطوبة (%)	38	48	57	70	67	57	47	37	34	30	31	32



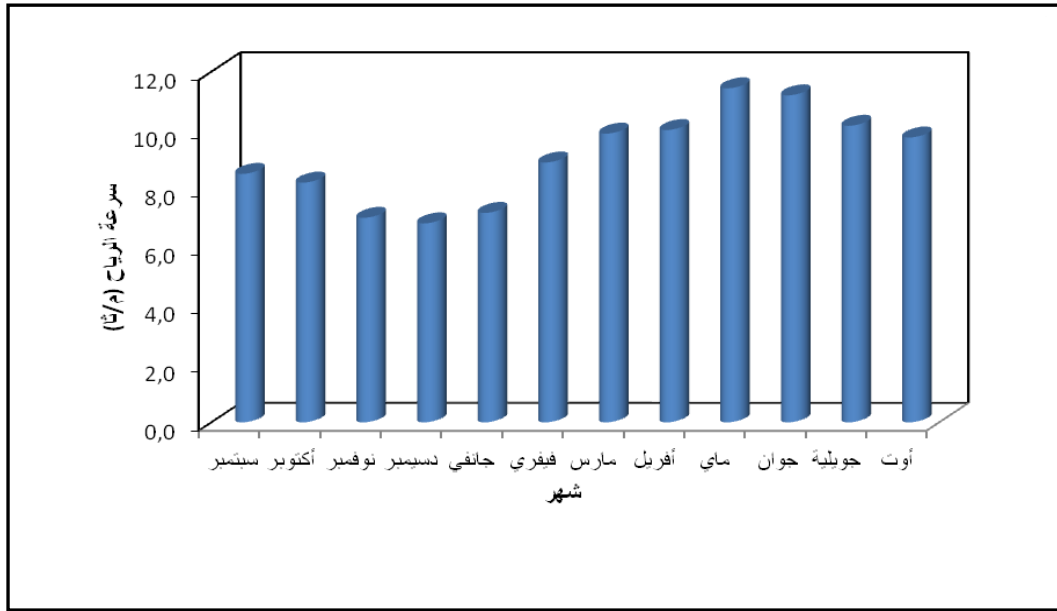
الشكل 04. الرطوبة الجوية المسجلة خلال الفترة (2008-2019)

4.2. سرعة الرياح

تكون الرياح خفيفة إلى معتدلة بشكل عام وأكثرها تواتراً هي تلك التي تكون من الجنوب الشرقي والشرق. غالباً ماتكون هذه الرياح مسؤولة عن الزوابع الرملية التي تحد بدورها من الرؤية وتجعل الهواء غير قابل للتنفس وتشل النشاطات على مستوى الولاية، وتعتبر كذلك عامل أساسي في تغيير خصائص المناطق الصحراوية والصحراء، حيث نلاحظ أن رياح السيريكو القوية تكون في فترة الجفاف بمعدل سرعة 10م/ثا، في حين في فترة البرد تكون الرياح هادئة من الغرب والشمال الغربي. تهب الرياح القوية خلال أشهر مارس وأفريل وماي ويمكن أن تصل سرعتها إلى 11.4 م / ثا. والنتائج موضحة في الجدول (04) التالي.

الجدول 04. سرعة الرياح (م/ثا) المتوسطة للفترة (2008-2019)

الشهر	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	جانفي	فيفري	مارس	أفريل	ماي	جوان	جويلية	أوت
سرعة الرياح (م/ثا)	8.5	8.2	7.0	6.8	7.2	8.9	9.9	10	11.4	11.2	10.1	9.8



الشكل 05. متوسط سرعة الرياح الشهرية المسجلة خلال الفترة (2008-2019)

5.2. التبخر

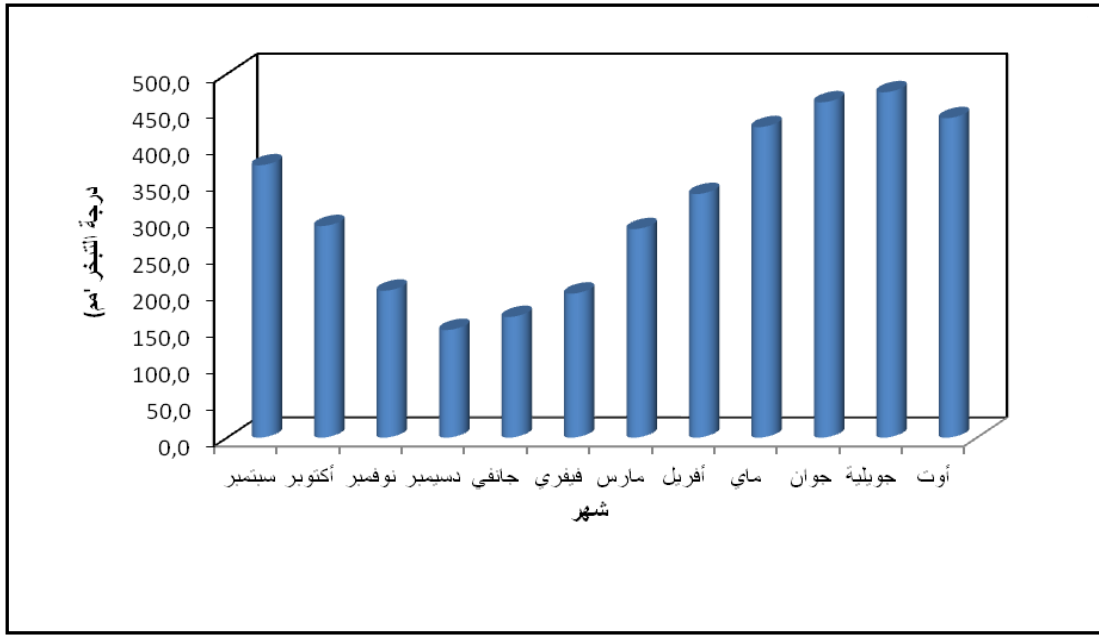
يعتمد التبخر على العوامل المناخية كدرجة الحرارة وسرعة الرياح، حيث نسجل في منطقة إليزي

فترتين: (الشكل 06)

- فترة الصيف من مايو إلى سبتمبر بحد أقصى 474.6 ملم في جويلية.
- فترة الشتاء وخلال فترة البرودة من أكتوبر إلى أبريل بحد أدنى 147.9 ملم في شهر ديسمبر.

الجدول 05. متوسط درجة التبخر المسجلة للفترة (2008-2019)

الشهر	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	جانفي	فيفري	مارس	أفريل	ماي	جان	جويلية	أوت
درجة التبخر (مم)	374.3	290.8	201.9	147.9	165.8	197.9	286.6	334.8	426.7	460.8	474.6	439



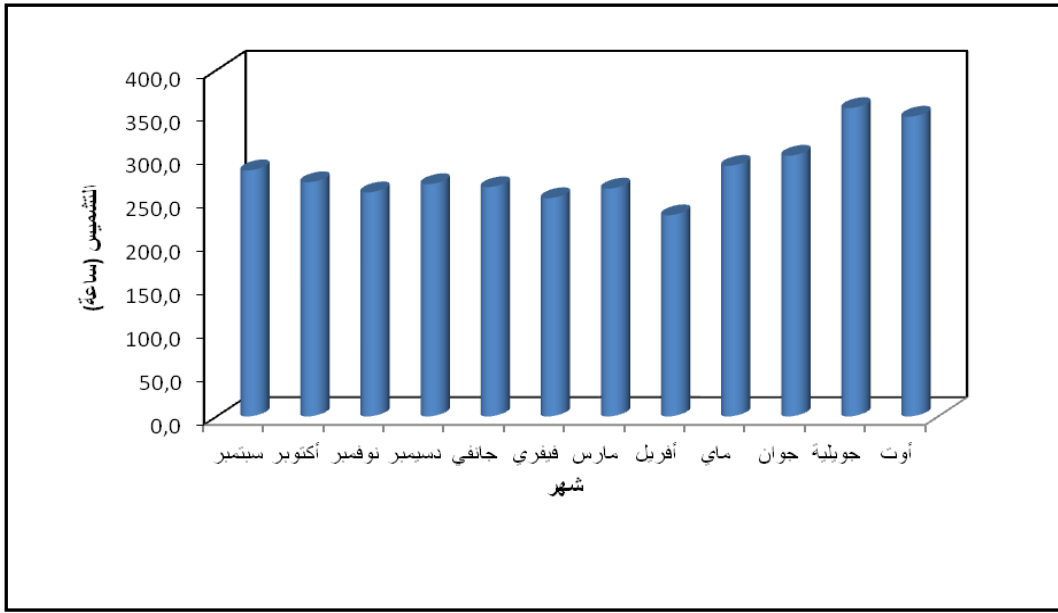
الشكل 06. متوسط درجة التبخر المسجلة خلال الفترة (2008-2019)

6.2. التشميس

بشكل طبيعي من فصل تختلف ساعات التشميس لأخر وفقا للمواسم ودرجة الحرارة، في المتوسط، تستمر 10 ساعات في اليوم، لكنها تظل مرتفعة للغاية خلال السنة. متوسط ضوء الشمس اليومي: (8-9) ساعات شتاء و (10-12) ساعة في الصيف. يمثل الجدول (06) المتوسطات الشهرية لدرجة التشميس خلال الفترة (2008-2019) (الشكل 07).

الجدول 06. متوسط درجة التشميس المسجلة للفترة (2008-2019)

الشهر	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	جانفي	فيفري	مارس	أفريل	ماي	جوان	جويلية	أوت
التشميس (سا)	356	270	258	268	264	252	263	232	289	301	356	346



الشكل 07. متوسط ساعات التشميس المسجلة خلال الفترة (2008-2019)

3. الخصائص الهيدروجيولوجية لمنطقة الدراسة

تتميز جيولوجيا المياه في منطقة إيزي بالعديد من تكوينات طبقات المياه الجوفية، والمتمثلة في :

3.1. الطبقة الكمبروأوردوفيسينية (Cambro-ordovicien)

عدد الآبار بها هو 27 بئر منها 18 بئر فقط مستغلة (09 آبار للفلاحة، 05 للمياه الصالحة للشرب و 04 بئر للإستعمال المختلط)، بأعماق مختلفة من 140 م إلى 400 م، وبتدفق 10 إلى 35 لتر/ثا.

2.3. الطبقة الديفونية السفلى (Dévonien)

تتراوح أعماقها من 250 م إلى 1700 م، بتدفقات م 5 إلى 32 ل/ثا، وعددها 36 بئر منها 17 في الخدمة و 12 غير مستغلة.

3.3. الطبقة الكاربونيفيرية (Carbonifère) :

تتميز بأعماق مختلفة من 800 م إلى 1100 م في منطقة عين أمناس، وبمجموع آبار مقدر بـ 38 بئر، وبيئر واحد ببرج عمر ادريس.

4.3. المركب النهائي (CT) (طبقة الميوبليوسان و طبقة التيرونيان)

تمتاز بعمق يتراوح من 160م إلى 400م على التوالي، بعدد إجمالي يقدر بـ 33 بئر.

5.3. طبقة التداخل القاري (CI)

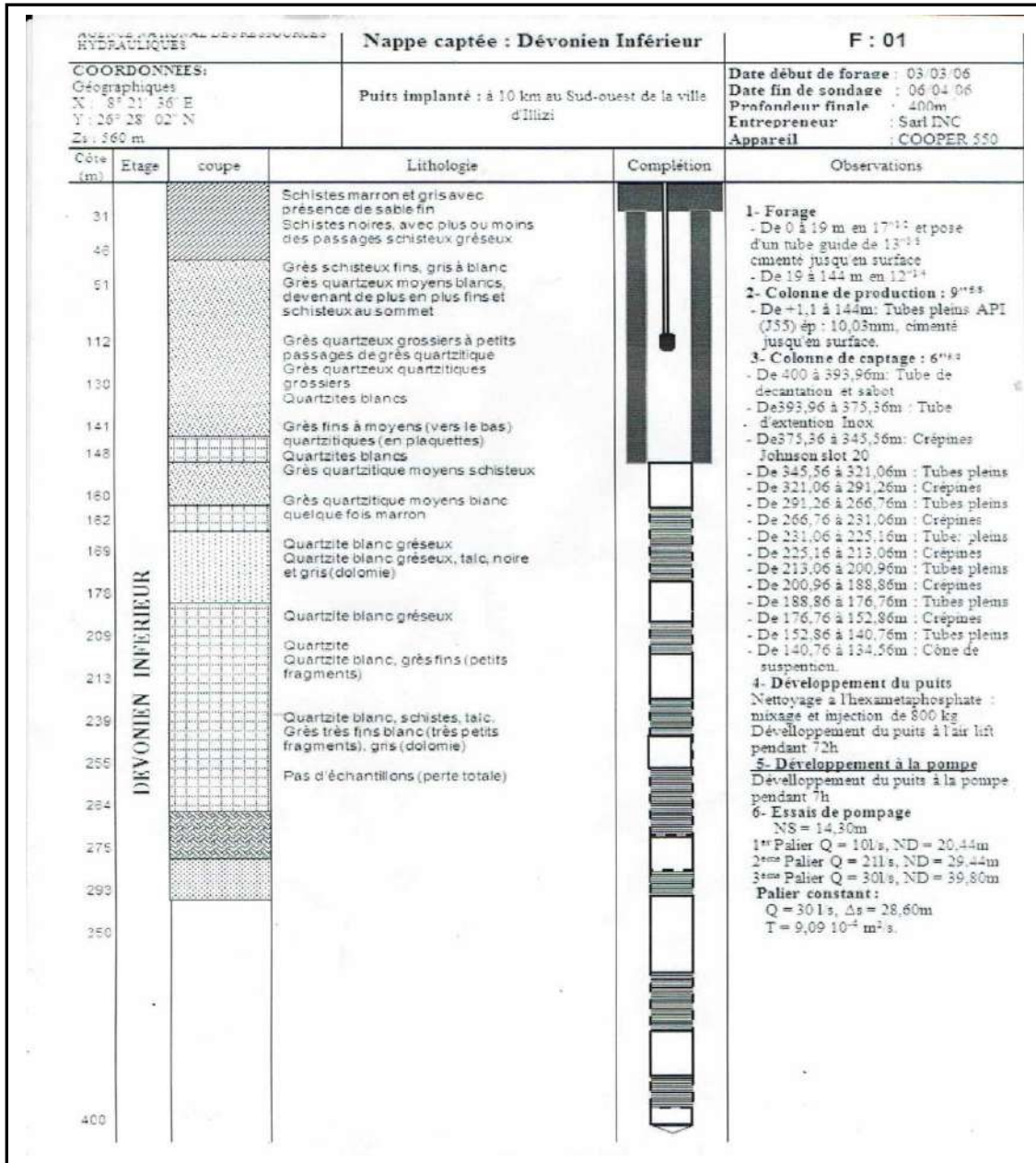
فتصل لعمق متوسط 400 م إلى 500 م بتيافتي (T.F.T) و برج عمر ادريس و أوهانت، و 800 م إلى 1200 م برود النص و شمال الدباب، بعدد أبار 152 مبئر منها 101 فقط مستغلة.

6.3. طبقة انفيرو-فلي (الطبقة الغرينية تسمى مد البحر) (Inféro-Flux)

حيث تتوزع على أربع 04 مناطق هي واد اليزي، واد جانت، برج الحواس وإهرير، والتي تعتبر مياهها ذات نوعية جيدة. وتلخص مجموع الطبقات المائية الأساسية المستغلة في منطقة إيزي في الجدول (07) وكذا توضع هذه الطبقات في الشكل (08).

الجدول 07 : خصائص الطبقات المائية المستغلة في منطقة إيزي [02]

الرقم	إسم الطبقة المائية	الموقع	العمق (م)
01	Cambro-ordovicien	عين الكم – جانت - تارات	400 - 140
02	Dévonien inférieur	اليزي - لحدب لعراش	1700 - 250
03	Carbonifère	عين امناس - اوهانت	1100 – 800
04	continental Intercalaire (C.I)	دباب - برج عمر ادريس	1200 – 400
05	Complexe Terminal (C.T)	برج عمر ادريس	400 – 160
06	(Inféro-Flux)	التعبئة المجارى الوديان	70 - 15



الشكل 08. مقطع طولي لأحد آبار الطبقة الديفونية في حوض إليزي [02]

الخلاصة

في هذا الفصل قمنا بتقديم لمحة عن منطقة الدراسة، وكذلك بعض الخصائص الهيدرولوجية الرئيسية كدرجة الحرارة والرطوبة وغيرها من العوامل المناخية، حيث تمتاز منطقة إليزي بمناخ جاف وحر صيفا وشتاء بارد، وتساقطات قليلة، نجد أن طبقة الديفونيان السفلى تعتبر المصدر الأساسي للمياه الجوفية المستغلة لتزويد مدينة إليزي بالمياه الصالحة للشرب.

الفصل الثاني

عموميات حول عنصر الحديد

تمهيد

في هذا الفصل نتطرق إلى أهم العناصر المنحلة في الماء، وكذا معرفة الخصائص الفيزيوكيميائية اللازمة للمياه الصالحة للشرب حسب المنظمة العالمية للصحة، ثم دراسة عنصر الحديد ومعرفة خصائصه الفيزيوكيميائية، وكذا آثاره على جسم الإنسان والنباتات.

1. العناصر المنحلة في الماء

يعتبر الماء عنصر أساسي في الحياة، وله العديد من المصادر منها الجوفية والسطحية وغيرها...، وللمياه الصالحة للشرب عدة خصائص نذكر منها :

الكالسيوم (Ca^{2+})

يتغير تركيز الكالسيوم بمدى تواجد الصخور الجبسية والكلسية، و يتراوح تركيزه في المياه بين 2 و 8 مغ/ل، و قد يصل في المناطق الكلسية إلى 120مغ/ل، نذكر أن التركيز المسموح به في مياه الشرب هو 200(مغ/ل). من آثار عدم التقيد بهذه المعايير هو الإصابة بأمراض الأوعية. [15] [06]

المغنيزيوم (Mg^{2+})

يرجع وجود المغنيزيوم في المياه إلى انحلال الصخور الكربونية المشكلة للمجرى المائي ، غير أن تركيزه عادة أقل من تركيز الكالسيوم ، و قد حدد التركيز المسموح به حسب معايير المنظمة العالمية للصحة (OMS) في مياه الشرب بـ 150 (مغ/ل). [16]

الصوديوم (Na^{+})

تشكل شوارده نسبة % 2.83 من تركيز القشرة الأرضية، ويمتاز بدرجة انحلالية عالية في الماء، لذا فهو يتواجد في جميع أنواع المياه السطحية والجوفية. حدد التركيز المسموح به في المياه الصالحة للشرب، حسب المنظمة العالمية للصحة (OMS) بـ 100(مغ/ل). [06]

البوتاسيوم (K^+)

يدخل البوتاسيوم في تركيبة القشرة الأرضية، مما يفسر وجوده في كل أنواع المياه الطبيعية، فهو يمثل ما نسبته % 2.59، إلا أن نسبته في المياه السطحية أقل من نسبة الصوديوم وقد يعود ذلك إلى تخزينه في التربة بشكل جيد. التركيز المسموح به في مياه الشرب حسب النظام الأوروبي (CE) هو 12 (مغ/ل). [06]

الكلورور (Cl^-)

الكلور من العناصر الدائمة في المياه الطبيعية، بجميع أنواعها ويوجد بتراكيز متفاوتة. ولقد حددت المنظمة العالمية للصحة (OMS) التركيز المسموح به في مياه الشرب بـ 100 (مغ/ل). [16]

2. العناصر غير المرغوب فيها

هذه العناصر، إن وجدت يجب أن يكون تركيزها ضعيف جدا في مياه الشرب، ووجودها هو مؤشر على التلوث ونذكر منها :

الفليورور (F^-)

من أكثر العناصر كهرو سلبية والأقل انتشارا في الطبيعة. يصادف بحالة فلزات الفلورسبار (CaF_2)، الفلور أباتيت ($Ca_{10}F_2(PO_4)_6$) والكريوليت (Na_3AlF_6)، حددت المنظمة العالمية للصحة تركيز الفليورور بدلالة درجة الحرارة السنوية المتوسطة للجو والماء بين 0.8 و 1.5 مغ/ل. [06]

الحديد (Fe^{2+})

يرجع تواجد الحديد في الماء إلى انحلال المركبات الحديدية المكونة للتربة، في الشروط العادية للمياه السطحية ($PH = 5.5 \text{ à } 5.8$) يكون الحديد على شكل (Fe^{2+}) ، غير أن خاصيته السريعة للتأكسد فقد يتحول إلى (Fe^{3+}) و يترسب على شكل هيدروكسيد الحديد الثلاثي ($Fe(OH)_3$). وعليه بالنسبة للإنسان فإن الحديد يعتبر عنصر ضروريا لبناء الجسم و عليه يجب إستهلاك ما بين 1 و 2 ملغ يوميا. [06] [15]

المنغنيز (Mn^{2+})

نتيجة انحلال الصخور، تحتوي المياه الطبيعية على أملاح المنغنيز. من المنظور البيئي، يعتبر المنغنيز عنصرا ساما للأسماك عند التركيز 1200 مغ/ل من مركب ($MnCl_2$) أو كبريتات المنغنيز 2400 مغ/ل. أما البرمغونات، رغم سموميتها العالية، إلا أنها من حسن الحظ غير ثابتة في الوسط المائي. [16]

الفوسفات (PO_4^{3-})

الفوسفات مادة مغذية للنبات، غير أن ارتفاع تركيزه إلى أكثر من 60 مغ/ل يؤدي إلى تغيير في بنية بعض النباتات، أما ارتفاعه في مياه الشرب فيؤدي إلى حالة تقيؤ واسهال عند الإنسان. المصدر الطبيعي للفوسفات يعود إلى تفكك المواد الحية، ذوبان الأملاح الفوسفاتية، الأسمدة، المنظفات، الصناعات الكيميائية. يتواجد الفوسفات في الماء بأشكال مختلفة، حسب درجة الـpH. المياه الطبيعية. [16]

النترات (NO_3^-)

من أهم مصادر النترات هو تحلل المواد العضوية و مياه الصرف الزراعي و الصحي. غير أن له أعراض خطيرة على صحة الأطفال الرضع ، حيث استهلاك المياه ذات تركيز أعلى من 46 (مغ/ل) يسبب إختناق نتيجة تحول النترات إلى نترت داخل الجهاز الهضمي. [06]

النترت (NO_2^-)

تمثل شوارد النترت مرحلة انتقالية بين النترات وشوارد الأمينيوم (NH_4^+) ضمن عملية الأكسدة والإرجاع. بيئيا، يعتبر تواجد NO_2^- في مياه الشرب مسبب لحالات إنخفاض الضغط الدموي عند الكبار ونقص الأوكسجين في الدم عند الأطفال الرضع. [06]

3. العناصر السامة

وجودها في الماء ضار بالصحة، لذا يجب الحرص على أن لا تزيد نسبتها على القيم المبينة في الجدول (08) و إن أمكن انعدامها. من أهمها نذكر:

الرصاص (Pb^{2+})

عنصر سام للإنسان، حيث استهلاك واحد ملي غرام منه يوميا لفترة طويلة يؤدي إلى الموت المفاجئ. حددت نسبته في المياه الصالحة للشرب، حسب المنظمة العالمية للصحة (OMS) بـ 0.01 مغ/ل. بالإضافة إلى مركبات الذبال المنحلة، تعتبر التربة المصدر الطبيعي للرصاص في المياه السطحية، إلا أن مصدره الأساسي يرجع إلى مياه الصرف الصناعي (صناعة المتفجرات، صناعة الأصبغة، صناعة رباعي إيثيل الرصاص). [16]

الكروم (Cr^{2+})

يتواجد الكروم في المياه السطحية نتيجة النفايات الصناعية. تختلف صيغ الكروم في المياه باختلاف مصادرها، فهناك الشوارد البسيطة (Cr_3^+)، (Cr_6^+ و الشوارد المعقدة، $Cr_2O_7^{2-}$. CrO_4^{2-} . CrO_2^{2-}) (CrO_3^{3-})، و نظرا لسُموميته فقد حدد تركيزه بـ 0.05 (مغ/ل). [16]

الكاديوم (Cd^{2+})

تواجهه في المياه السطحية راجع إلى فضلات المصانع (التعدين، الأصبغة...)، وله تأثيرات خطيرة على الإنسان والحيوانات المائية، حيث تكفي جرعة بـ 0.4 غ لقتل الإنسان. [06]

جدول 08 . تراكيز أهم العناصر الكيميائية المسموح بها في المياه الصالحة لشرب [34] [33] [16]

الخاصية أو العنصر	الوحدات المستعملة	النظام العالمي (OMS)	النظام الجزائري
الدليل الهيدروجيني	/	8.5 - 6.5	9 - 6.5
الناقلية الكهربائية	$\mu\text{S}/\text{cm}$	1250	2800
القساوة	$^{\circ}\text{F}$	20	50
الكالسيوم Ca^{2+}	مغ/ل	200	200
المغنيزيوم Mg^{2+}		150	150
الصوديوم Na^{2+}		-	200
البوتاسيوم K^{+}		12	12
الألمنيوم Al^{3+}		0.2	0.2
الكبريتات SO_4^{2-}		500	400
الكلورور Cl^{-}		250	500
النترات NO_3^{-}		44	50
النترت NO_2^{-}		-	0.1
الأمونيوم NH_4^{+}		-	0.5
البروم Br^{4+}		-	0.01
الكروم Cr^{2+}		0.05	0.05
النحاس Cu^{2+}		2	2
الفلورور F^{-}		1.5	1.5
الحديد Fe^{2+}		0.1	0.3
الزئبق Hg^{2+}		0.006	0.006
الفوسفات PO_4^{3-}		-	0.5
الرصاص Pb^{2+}		0.01	0.01
الزنك Zn^{2+}		3	5
المنغنيز Mn^{2+}		0.4	0.05
الكاديوم Cd^{2+}	0.003	0.003	

4. الخصائص الفيزيوكيميائية للحديد

1.4. خصائص الحديد الفيزيائية

الحديد كغيره من المعادن يملك خصائص فيزيائية يمكن تلخيصها كالتالي :

- يعتبر واحد من المعادن الصلبة، سطحه لامع وناعم اللمس.
- ذو موصلية كهربائية وحرارية عالية.
- عندما يكون الحديد نقياً، يكون ليناً، لذا تضاف له عناصر كالكاربون ومعادن أخرى كالكروم والنيكل لتصلبه.

- يقبل السحب والطرق .
 - يمتاز بارتفاع درجة الإنصهار و الغليان .
 - يتمتع بخواص مغناطيسية عالية ، نظرا لوجود أربع إلكترونات فردية في طبقاته السطحية الخارجية
 - تصنع منه السبائك، كسبائك الحديد الصلب والنيكل وسبائك الحديد الصلب والكروم.
 - تفاعله مع الأكسجين بطيء، لكن إذا كان الحديد مختلطاً بعناصر أخرى (أي السبائك والحديد الصلب) فإنه يكون عرضةً للتآكل بتفاعله مع الهواء الرطب، ويتكون الصدأ، لذا للحفاظ عليه من الصدأ يتم وضع طبقة عازلة كالدهان أو الزيوت.
 - يتفاعل بدرجات بسيطة جداً مع اللامعادن كالكلور والأكسجين، في الظروف العادية، لكن بالتسخين يكون التفاعل شديداً .
 - معدن قابل للتشكيل بالصب في القوالب.
- ويكون عنصر الحديد وهو في حالته المعدنية المترابطة و النقية أبيض ذو بريق رمادي ، وهو يتميز بإنجذابه للمغناطيس مثل: النيكل و الكوبالت بالمقارنة مع المعادن الأخرى . [17]

الجدول 09. بعض الخصائص الفيزيائية للحديد

الخاصية	القيمة
التسمية	Fe
الوزن الذري (غ)	55.845
العدد الذري	26
الكثافة (غ/سم ³)	7.874
درجة الغليان (م°)	2750
درجة الانصهار (م°)	1535
نصف القطر الذري A	1026

2.4. خصائص الحديد الكيميائية

- من بين الخواص الكيميائية التي يجدر التطرق لها هي مايلي :
- يتفاعل الحديد مع الحموضة المخففة، مكونا ما يسمى بأكسيد الحديد المغناطيسي.
 - يتفاعل الحديد مع الهالوجينات مثل البروم ، الفلور ، اليود ، الكلور ، ويتفاعل بكثرة مع الكبريت ، الكربون ، السيليكون ، الفسفور .
 - يصدأ بسرعة عند تعرضه بصورة مباشرة للماء و الهواء الرطب بوجود الأكسجين و ثاني أكسيد الكربون مكونا بذلك طبقة من أكسيد الحديد ذات اللون المحمر.
 - قابليته للاحتراق مع تواجد الأكسجين، مُكوِّناً بذلك أكسيد الفيروسوفريك.

- يمكن الاستفادة منه بوجود النحاس في تكوين دارة كهربائية يمر فيها تيار كهربائي. [17]

3.4. أهم إستخدامات مركبات الحديد

- نستطيع الإستفاد من الحديد الحر عن طريق استخدامه مع الفحم في صناعة الترانزستور.
- يمكن إضافة كلور الحديد الثلاثي أثناء معالجة مياه المجاري، و ذلك من أجل سحب الأوكسجين من المياه، ويستخدم كلور الحديد في صناعة الأصبغة وفي الطب كمخثر للدم لإيقاف النزيف.
- تعتبر كبريتات الحديدي من المواد المخثرة، حيث يتم استخدام هذه المادة في وحدات معالجة المياه الملوثة خلال مرحلة المعالجة الكيميائية، فبعد التخلص من المواد الملوثة الثقيلة بعمليات الترسيب يلجأ إلى إضافة كبريتات الحديدي مع مادة تسمى (كاتيونيك بولي فلوكي لاننت) ومع الصودا الكاوية (للتعديل) من أجل تخثر المعلقات وبالتالي يصبح التخلص منها أسهل. [17]

4.4. أهمية الحديد

1.4.4. أهمية الحديد بالنسبة للنبات

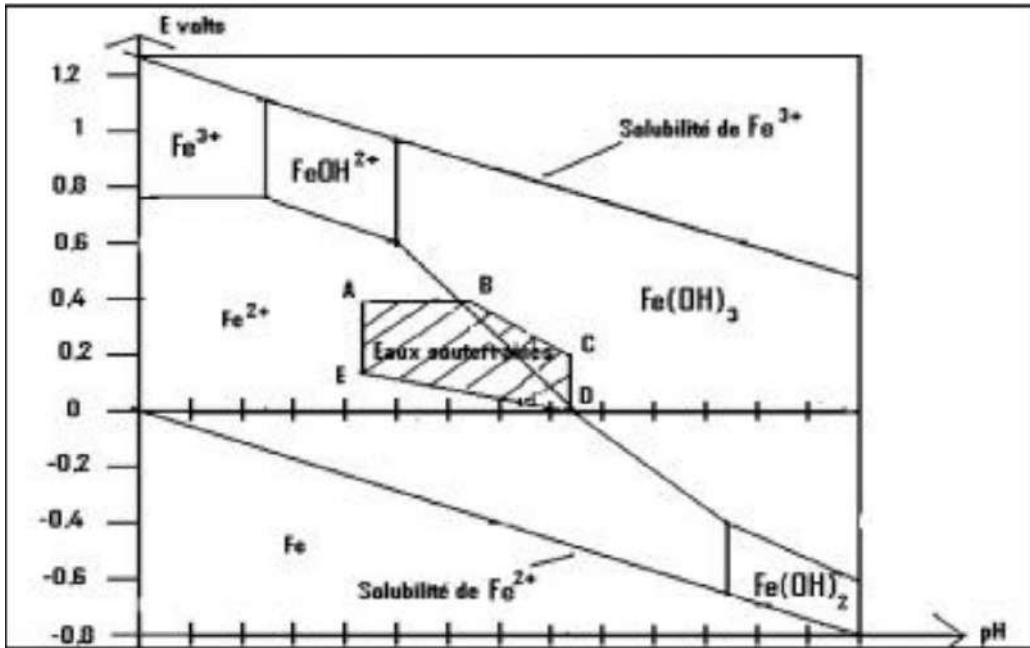
يعتبر الحديد أهم عنصر من العناصر الصغرى اللازمة للنمو فهو بمثابة محفز لعدد من العمليات البيولوجية كعملية التنفس، وعملية التركيب الضوئي حيث يلعب الحديد دورا أساسيا في تكوين الكلوروفيل وكذلك تحويل النتروجين الذائب في الأوراق إلى بروتين والذي بدوره يحمي الكلوروفيل من أشعة الشمس. وأعراض نقص الحديد لدى النبات، تظهر بالأوراق الحديثة أولا بإصفرارها، وفي مرحلة متأخرة تصفر الأوراق بكاملها بحيث يؤدي النقص الشديد إلى موت النبات.

2.4.4. أهمية الحديد بالنسبة لجسم الإنسان

- يدخل الحديد في تركيب هيموغلوبين الدم و إنتاج الكريات الحمراء، حيث تقدر كميته في الجسم بغرامين اثنين، كما يمد الجسم بالأوكسجين ويقوي المناعة.
- ثمة مركبات عضوية للحديد، كالميوغلوبين (خضاب العضل) وهو بروتينات يدخل في تركيبها الأوكسجين والحديد ويدخل في تركيب الألياف العضلية؛ والسيتوكروم (خضاب الخلية)، والنيتروجينيز وهو إنزيم يسهم في تثبيت النيتروجين.
- نقص الحديد يؤثر على وظائف الجسم المختلفة بدء من وظائف الدماغ و إنتهاء بجهاز المناعة وخاصة فقر الدم.

5.4. إستقرار أيون الحديد في الماء

يعتمد استقرار الحديد في الماء بشكل كبير على الأس الهيدروجيني (pH) وإمكانات الأكسدة في الماء، و الشكل (09) لمخطط بوربايكس (Pourbaix)، يظهر أنه عند الأس الهيدروجيني للمياه الجوفية (الجزء المهدر ABCDE)، يجب تحويل الحديد الثنائي (Fe^{2+}) إلى حديد ثلاثي (Fe^{3+}) عن طريق الأكسدة، حيث نجد أن التهوية كافية لهذا الغرض ليستقر في هذا المجال $Fe(OH)_3$ والذي يمكن إزالتها بسهولة عن طريق الترشيح. [18]



شكل 09 : مخطط إستقرار الحديد في الماء عند 25 درجة مئوية (P.Mouchet.formation APTEN.2004)

الخلاصة

في هذا الفصل حاولنا التطرق لأهم العناصر المنحلة في المياه الصالحة للشرب، وكذلك التعريف بعنصر الحديد وجميع خصائصه الفيزيائية والكيميائية، وأهميته بالنسبة لجسم الإنسان وكذلك النباتات.

الفصل الثالث

الطرق الفيزيائية والكيميائية
لنزع الحديد الثنائي في مياه
الشرب

تمهيد

يعتبر الحديد من العناصر غير مرغوب بها في المياه الصالحة للشرب بحيث يمكن أن يؤثر على صحة الإنسان إذا تجاوز القيمة الموصى بها من طرف المنظمة العالمية للصحة OMS والتي تقدر بـ 0.3 مغ/لتر، ولهذا تم البحث وتطوير عدة طرق فيزيائية وكيميائية وبيولوجية من طرف الباحثين من أجل تخفيض نسبة عنصر الحديد في المياه، والتي سوف نتطرق إليها في هذا الفصل.

1. الأكسدة الفيزيائية

وتكون، هذه الطريقة بإضافة وضخ الأكسجين في المياه التي تحوي كمية مرتفعة من عنصر الحديد الغير مرغوب فيه بطريقة فيزيائية بحتة وبدون تدخل كيميائي.

1.1 الأكسدة بالتهوية بالشلالات (cascade)

تسمح عملية التهوية بمزج الهواء بالماء مما يحفز عملية الأكسدة، تتبع هذه العملية قوانين تبادل الغازات والسوائل. تعتبر التهوية أول مراحل المعالجة من خلال الأكسدة. [19]

هذه التهوية ضرورية في حالة نقص الأكسجين في الماء من أجل السماح بـ :

- أكسدة العناصر المختزلة، مثل الأيونات الحديدية.
- زيادة محتوى الأكسجين في الماء (تحسين تذوق، وتجنب تآكل الأنابيب المعدنية عن طريق التشكيل طبقة واقية)
- إزالة الغازات غير المرغوب فيها (H_2S ، ثاني أكسيد الكربون الحر).

2.1 الإمتزاز على الفحم النشط

الفحم النشط (charbon active)، هو عبارة عن مادة صناعية من ألياف الكربون، تحضر إنطلاقاً من المواد النباتية والحيوانية، أين يتم تحضيره في درجة حرارة تتراوح من 100 إلى 170 م°، تليها عملية التفحيم في درجة حرارة تصل 500 م°، ثم تنشط هذه المادة العضوية بطريقة فيزيائية في درجات حرارة مرتفعة (750 – 1000 م°)، في وجود مؤكسد (الهواء، بخار الماء و ثاني أكسيد الكربون)، وبطريقة كيميائية بواسطة غسل المادة المفحمة بحمض الفسفور (H_3PO_4) أو كلور الزنك ($ZnCl_2$) أو هيدروكسيد البوتاسيوم (KOH) ، من أجل زيادة حجم المسامات وتوسيعها [06].

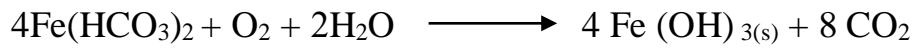
نجد العديد من الأبحاث، قد أجريت من أجل إزالة الحديد من المياه، بواسطة الفحم النشط المحضر من الصنوبر [12]، قشور الفول السوداني [13] وكذلك جوز الهند وقشور الجوز [11].



شكل 10. الأكسدة بالتهوية بالشلالات (cascade)

2.1. إزالة الحديد بدون ترسيب (تهوية – ترشيح)

تكون ، هذه الطريقة في المياه التي تتعدى تركيز الحديد بها 5 – 10 مغ/لتر ولا توجد بها المواد الغير مرغوب بها كالكارارة والمنغنيز [20]، حيث يتم أكسدة الحديد الثنائي Fe^{2+} وتحوله إلى الحديد الثلاثي [32] بفعل الأكسجين الناتج من التهوية .
حسب المعالجة التالية :



3.1. إزالة الحديد مع الترسيب (تهوية – ترسيب - ترشيح)

تتم هذه الطريقة على القيام بإضافة عملية الترسيب بين مرحلة التهوية والترشيح وهذا خلال حالات محددة والتي من بينها:

- كمية الحديد مرتفعة وتتعدى 10 ملغ/ل مما ينتج عنه كميات كبيرة من الراسب.
- وجود اللون الواضح، العكارة وغيرها من العوامل. [20]

2. الأكسدة الكيميائية

تتم عملية الأكسدة الكيميائية بعدة مؤكسدات والتي منها الكلور الحر، برمنغنات البوتاسيوم، الأوزون و ثاني أكسيد الكلور وغيرها.

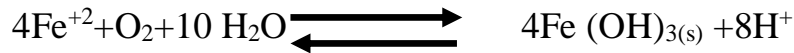
وتستند حركية، هذه التفاعلات على العديد من العوامل والتي من بينها: الأس الهيدروجيني، تركيز وكمية المؤكسد، درجة الحرارة. وفي الجدول (11) نلخص بعض التفاعلات الكيميائية لبعض المؤكسدات المستخدمة.

الجدول 10. تفاعلات الأكسدة لـ 1 (مغ/ل) من (Fe²⁺) ومعدل المعالجة النظري [21] [07]

معدل المعالجة النظري لأكسدة 1 (مغ) من الحديد (Fe)	معادلة التفاعل	المؤكسد
0.14 مغ O ₂	$2\text{Fe}^{2+} + 1/2 \text{O}_2 + 5\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 2\text{Fe}(\text{OH})_{3(s)} + 4\text{H}^+$	الأكسجين (O ₂)
0.64 مغ Cl ₂	$2\text{Fe}^{2+} + \text{HOCl} + 5\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 2\text{Fe}(\text{OH})_{3(s)} + \text{Cl}^- + 5\text{H}^+$	الكلور
0.94 مغ KMnO ₄	$3\text{Fe}^{2+} + \text{MnO}_4^- + 7\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 3\text{Fe}(\text{OH})_{3(s)} + \text{MnO}_2 + 5\text{H}^+$	برمنغنات البوتاسيوم (KMnO ₄)
1.20 مغ ClO ₂	$\text{Fe}^{2+} + \text{ClO}_2 + 3\text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{Fe}(\text{OH})_{3(s)} + \text{ClO}_2^- + 3\text{H}^+$	ثاني أكسيد الكلور (ClO ₂)
0.43 مغ O ₃	$2\text{Fe}^{2+} + \text{O}_3 + 5\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 2\text{Fe}(\text{OH})_{3(s)} + \text{O}_2 + 4\text{H}^+$	الأوزون (O ₃)

1.2. الأكسدة بالأكسجين

عملية أكسدة الحديد بالأكسجين تحدث حسب التفاعل التالي:



نتيجة التفاعل، يتم إنتاج أيون الهيدروجين (H⁺) الذي يميل بدوره للقلوية مما يؤدي لخفض الأس الهيدروجيني (pH)، مما يقلل سرعة التفاعل.

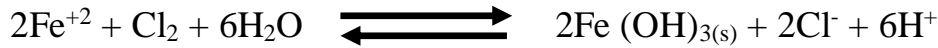
الجدول 11. العناصر اللازمة والمنتجة لأكسدة 1 (مغ/ل) من الحديد بالأكسجين

العنصر	الحديد (Fe)
الأكسجين O ₂ (مغ)	0.14
أيون الهيدروجين (H ⁺) (مغ/ل)	0.036
القلوية المستهلكة (CaCO ₃) (مغ/ل)	1.8

حسب (ستيم) Stumm و (لي) Lee (1961)، فإن حركية أكسدة الحديد بالأكسجين تكون حسب الأس الهيدروجيني، فمن أجل الوصول لسرعة تفاعل مقبولة يجب أن لا يقل الأس الهيدروجيني عن 7، فمثال ذلك أن أكسدة الحديد بالأكسجين عند الأس الهيدروجيني 7.25 تكون أكبر 4 مرات منه عند 6.5. [32]

2.2. الأكسدة بالكلور

تفاعلات أكسدة الحديد بالكلور تتم حسب التفاعلات التالية :



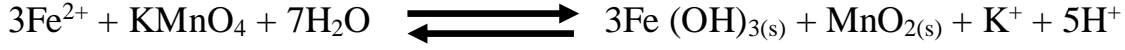
الجدول 12. العناصر اللازمة والمنتجة لأكسدة 1 (مغ/ل) من الحديد بالكلور

العنصر	الحديد (Fe)
الأكسجين Cl ₂ (مغ)	0.64
أيون الهيدروجين (H ⁺) (مغ/ل)	0.054
القلوية المستهلكة (CaCO ₃) (مغ/ل)	2.70

حسب (وايت) White (1972)، أكسدة الحديد بالكلور تتم بشكل فوري (المركبات الغير عضوية)، عند الأس الهيدروجيني من 4 إلى 10، عكس المركبات الكيميائية التي يشكلها الحديد مع المركبات الدبالية تكون الأكسدة بطئية جدا. [32]

3.2. الأكسدة بواسطة برمنغنات البوتاسيوم

تتم أكسدة الحديد بواسطة برمنغنات البوتاسيوم وفق التفاعل التالي :



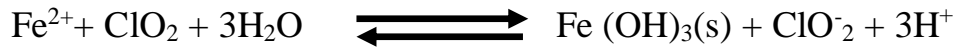
الجدول 13. العناصر اللازمة والمنتجة لأكسدة 1 (مغ/ل) من الحديد بالبرمنغنات البوتاسيوم

العنصر	الحديد (Fe)
الأكسجين Cl ₂ (مغ)	0.94
أيون الهيدروجين (H ⁺) (مغ/ل)	0.030
القلوية المستهلكة (CaCO ₃) (مغ/ل)	1.5

وعملياً، تكون كمية برمنغنات البوتاسيوم KMnO₄ المطلوبة لأكسدة الحديد أقل من تلك التي يتم حسابها نظرياً وفق المعادلة الكيميائية ، ويفسر ذلك بتكوين MnO₂ ، الذي يعمل على الأرجح كمحفز. عند تغير الأس الهيدروجيني بين 6 و 9 ، تكون سرعة التفاعل الأكسدة أسرع من تلك التي تكون بواسطة الكلور. [32]

4.2. الأكسدة بواسطة ثاني أكسيد الكلور

تتم عملية أكسدة الحديد بواسطة ثاني أكسيد الكلور حسب التفاعل التالي :



أكسدة الحديد بواسطة ثاني أكسيد الكلور يكون سريع جداً عند الأس الهيدروجيني pH الذي يفوق 7 (يفضل أن يكون أكبر من 8).

الجدول 14. العناصر اللازمة والمنتجة لأكسدة 1 (مغ/ل) من الحديد بثنائي أكسيد الكلور

العنصر	الحديد (Fe)
الأكسجين ClO ₂ (مغ)	1.21
أيون الهيدروجين (H ⁺) (مغ/ل)	0.054
القلوية المستهلكة (CaCO ₃) (مغ/ل)	2.69

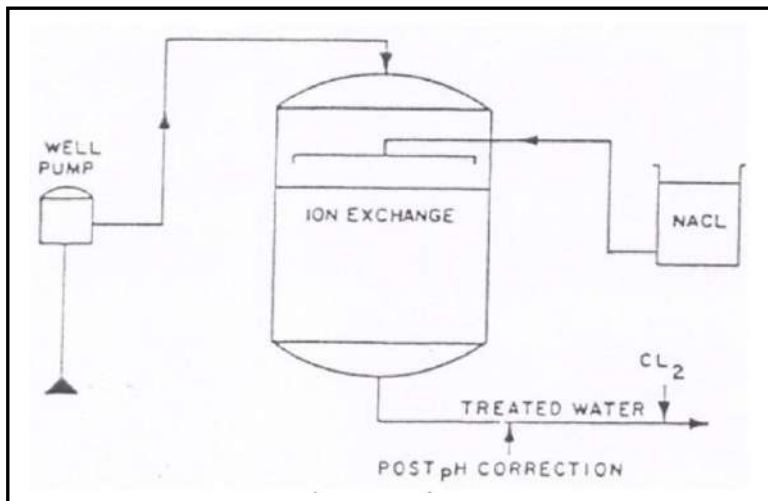
5.2. الأكسدة بواسطة الأوزون (O₃)

الأوزون هو مؤكسد قوي يمكن استخدامه لأكسدة الحديد ، بالأخذ في عين الاعتبار الآثار الجانبية غير المرغوب فيها الناتجة عن ذلك، تتسبب أكسدة الحديد في تكوين راسب يمكن أن يلتصق بفقاعات الهواء المعالج بالأوزون ، والتي تنتج رغوة على سطح الماء. [32]

3. التبادل الأيوني

التبادل الأيوني، تتميز حبيباتها بأنها غير قابلة للذوبان في الماء ،والذي يحمل في تركيبه الجزيئي على الحامضية (H⁺) او القاعدية (OH⁻) القابلة لتبادل مع الأيونات الموجبة او السالبة الموجودة في جزيئاتها ،دون حدوث تغيير ظاهري في خصائصها الفيزيائية [06]،تستخدم هذه التقنية في المياه التي يكون فيها تركيز الحديد الثنائي ضعيف [32] وخالية من الأكسجين والعوامل المؤكسدة الأخرى [22] لتفادي تشكيل الراسب مما يؤدي الى انسداد عمود الراتنج، لازالة الحديد تستخدم رتجات اصطناعية و اضافة الصوديوم NaCl.

حسب التفاعلات التالية :



شكل 11 . التبادل الأيوني [23]

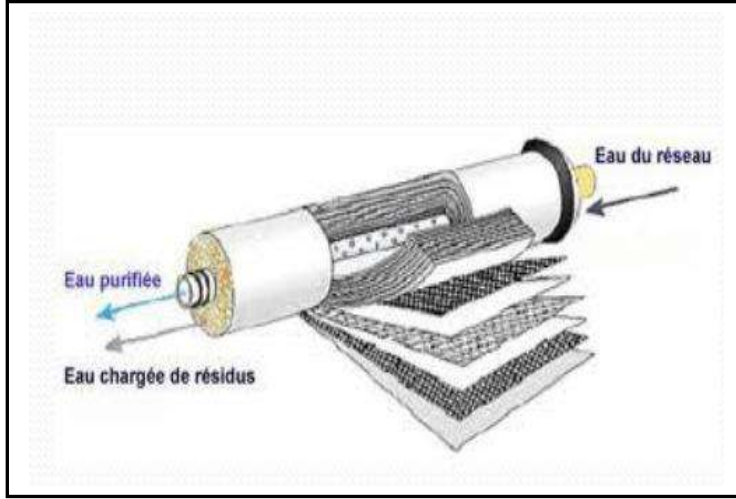


شكل 12 . راتينج التبادل الأيوني [19]

4. التناضح العكسي (Osmose Inverse)

التناضح العكسي، هو الانتقال العكسي للماء العذب من المحلول الأكثر تركيزا إلى المحلول الأقل تركيزا. عند وضع سائلين بتركيزين مختلفين مفصولين بغشاء، فإننا نلاحظ انتقال جزيئات السائل عبر مسامات الغشاء إلى الحيز ذي التركيز المرتفع (ظاهرة الحلول)، ويعود ذلك إلى نزعة المحاليل في كمونها الكيميائي. عمليا الماء الأقل تركيزا يمتلك كمونا كيميائيا أعلى مولدا ما يسمى بالضغط الحلول، وتستمر إلى أن نحصل على توازن في الكمون الكيميائي ويدعى بالضغط الأسموزي.

بتطبيق ضغط أعلى من الضغط الأسموزي على المحلول الملحي، تتم عملية فصل الماء العذب عن محلول ملحي [06] شكل 13. حيث أن عملية نزع الحديد عن طريق التناضح العكسي تتم بعد عملية الأكسدة الكاملة للحديد. [19] [10]

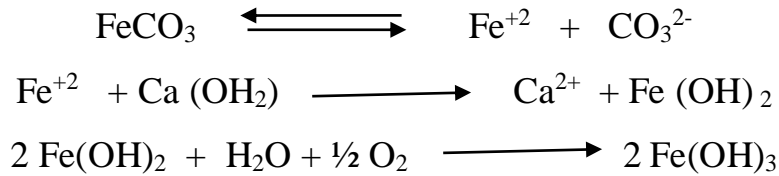


شكل 13 . التناضح العكسي [19]

5. المعالجة بالترسيب بالجير

تعتمد، هذه الطريقة على تشكيل مركبات غير قابلة للذوبان، حيث يتم ترسيبها بعد عملية التخثير [06]. وتطبق، هذه الطريقة عادة في المياه الطبيعية التي لا تتعدى التركيز 4 مغ/لتر ودرجة القلوية عالية [24] والأس الهيدروجيني pH ما بين 6.5 و9.5 [32]، ضمن هذه الشروط أيون الحديد يكون بشكل كربونات.

حسب التفاعلات التالية :



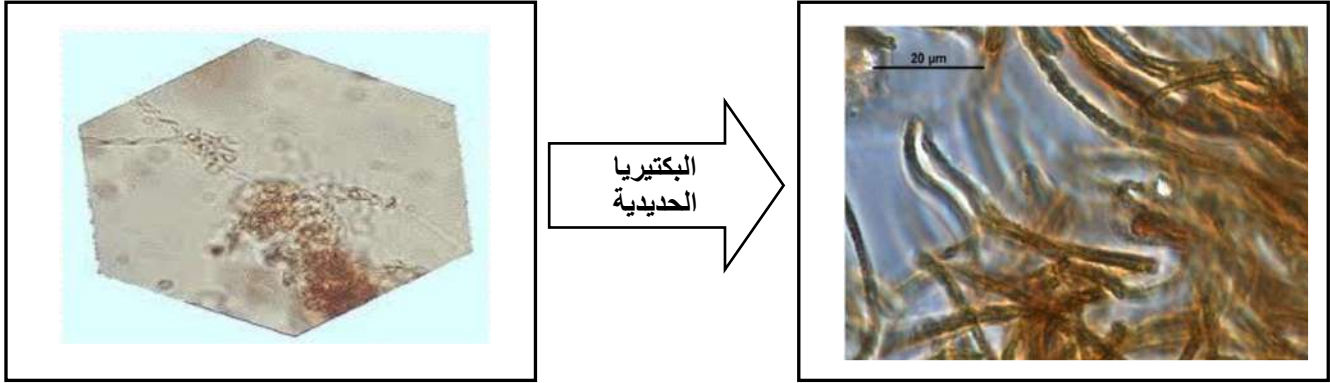
6. المعالجة البيولوجية

تتم عملية إزالة الحديد بيولوجيا في بيئة هوائية، مما يؤدي إلى أكسدة الحديد من خلال جمع مراحل الأكسدة والترشيح في جهاز واحد بمساعدة الكائنات الحية الدقيقة (البكتيريا الحديدية)، حيث تسمح بأكسدة الحديد الثنائي وتحويله إلى راسب الحديد الثلاثي، في ظل ظروف معينة كالأس الهيدروجيني من (5 إلى 7.5) ودرجة الحرارة و الأوكسجين. [32]

ويجدر الذكر أنه توجد بعض العوامل التي يجب معالجتها مسبقا والتي تعمل على تثبيط عمل البكتيريا الحديدية والتي منها:

- وجود H₂S.

- وجود الأمونيا.
- وجود بعض المعادن الثقيلة، مثل الزنك.
- الظروف المحتملة لدرجة الحموضة . [19]



شكل 14. البكتيريا الحديدية المسؤولة عن المعالجة البيولوجية [19]



شكل 15. محطة إزالة الحديد بيولوجيا [19]

الخاتمة

من خلال هذا الفصل قمنا بالتطرق لطرق الفيزيائية والكيميائية لنزع الحديد، حيث تمثلت الطرق الفيزيائية بالتهوية بالشلالات في حين الطرق الكيميائية اعتمدت على إضافة بعض المؤكسدات كالأكسجين والكلور والأوزون وغيرها، وكذلك تتم المعالجة الحديد بالتبادل الأيوني والتناضح العكسي، وتستعمل الطرق البيولوجية أحيانا، ويجدر الإشارة أن، هذه التقنيات والطرق يعتمد تطبيقها على خصائص المياه و بالأساس تركيز الحديد، والأس الهيدروجيني.

القسم التطبيقي

الفصل الرابع

المنهج التجريبي

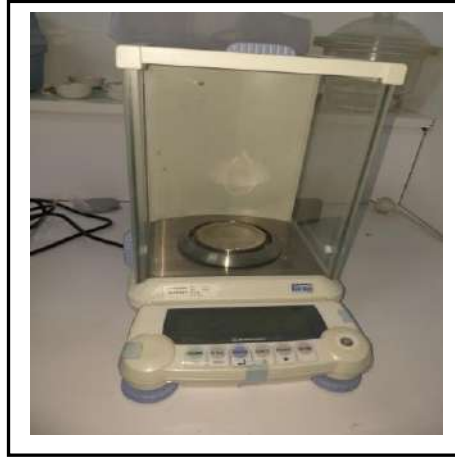
تمهيد

في هذا الفصل قسمنا الأعمال التجريبية إلى مرحلتين، كمرحلة أولى قمنا بالتجارب على المياه المحضرة مخبريا في مخبر هندسة الماء والبيئة في المناطق الصحراوية (LGEES)، بمركز البحث العلمي بجامعة قاصدي مرباح، بتركيز مماثلة لتلك الموجودة في منطقة الدراسة، وفي المرحلة الثانية قمنا بتطبيق تلك التقنيات والنتائج المتوصل إليها مخبريا، على المياه الخام لمنطقة إليزي والتي أجريت في المخبر الخاص بمحطة معالجة المياه لولاية إليزي.

1. الأجهزة المستعملة في العمل التجريبي

- ميزان رقمي حساس

قمنا باستخدام ميزان رقمي، تصل دقته إلى أربعة أرقام بعد الفاصلة العشرية (0.0000)، من نوع OHAUS و UniBloc لوزن كتل العينات.



شكل 16. ميزان الكتروني حساس

- جهاز رج وتسخين

يعتبر جهاز الرج المغناطيسي، من الأجهزة المخبرية المهمة التي تساهم في ضمان تجانس المحلول من حيث الوسط و/أو درجة الحرارة، وفي تجاربنا المخبرية قمنا بإستعمال جهاز الرج من نوع VELB et SR LAB (الشكل 17).



شكل 17 . جهاز رج وتسخين

- جهاز مطياف الأشعة فوق البنفسجية

من بين الأجهزة المخبرية المهمة في التجارب، هو جهاز المطياف الأشعة فوق البنفسجية من نوع DR 6000، و DR 3900 من أجل معايرة شوارد الحديد الثنائية.



شكل 18 . مطياف الأشعة فوق البنفسجية

- جهاز متعدد العناصر (MultiParametre)

ولقد إستخدمنا هذا الجهاز، من أجل قياس كل من الأس الهيدروجيني، وكذلك الناقلية الكهربائية من نوع HANNA HI 9829.



شكل 19. جهاز متعدد العناصر Multi paramètre

- جهاز قياس العكارة

تتعلق العكارة، عموماً بالمواد الذائبة في الماء، ومن أجل قياس قيمتها في المخبر، قمنا باستخدام أجهزة من نوع SensIon و Milwaukee.



شكل 20. جهاز قياس العكارة (Turbidimètre)

- طاحن (هراس)

يستخدم الطاحن، عموماً من أجل طحن عينات الأنوية بأقطار مختلفة ، حيث استعملنا هراس من نوع

RetSch



شكل 21. طاحن (هراس)

- فرن التجفيف

من أجل تجفيف عينات أنوية تمر الغرس، في 105م° قمنا باستخدام فرن تجفيف من نوع

.MEMMERT



شكل 22. فرن التجفيف

- فرن الحرق

من أجل حرق العينات الخاصة بالفحم المحضر من نواة تمر الغرس، قمنا بإستخدام فرن من نوع

.PROTHERM



شكل 23. فرن الحرق

2. تحضير العينات

1.2. تحضير محلول الحديد

تم تحضير العينات محلول الحديد الثنائي، إنطلاقاً من مركب مسحوق كبريتات الحديد الثنائية ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)، حيث قمنا بإذابة 1 غ منه في ماء مقطر بقيمة 500 ملل، ونقوم بعملية الرج السريع لمدة 3 دقيقة بسرعة 200 (دورة/دقيقة)، ثم نقوم بتخفيض سرعة الرج إلى 60 (دورة/دقيقة) (رج ضعيف) لمدة 15 دقائق، لناخذ فيما بعد كمية من هذا المحلول الأم وقدرها 2 ملل، وتوضع في دورق يحوي ماء مقطر بسعة 250 ملل، وبعد المعايرة نجد أن تركيز الحديد يساوي 3.41 (مغ/ل)، وهو التركيز الذي سوف تتم معالجته بالطرق التي سوف نتطرق لها في الفصل القادم، والجدول (15) يبين بعض الخصائص الكيميائية لمسحوق كبريتات الحديد الثنائية.

الجدول 15. بعض الخصائص الكيميائية لمركب كبريتات الحديد الثنائي المستعمل

الشوائب (%)				التركيز	الوزن الجزيئي	الصيغة الكيميائية
Mn	Cl ⁻	Pb ²⁺	Fe ²⁺			
0.1	0.3	0.3	0.2	99 %	278.01	FeSO ₄ ·7H ₂ O

2.2. تحضير محلول الجير

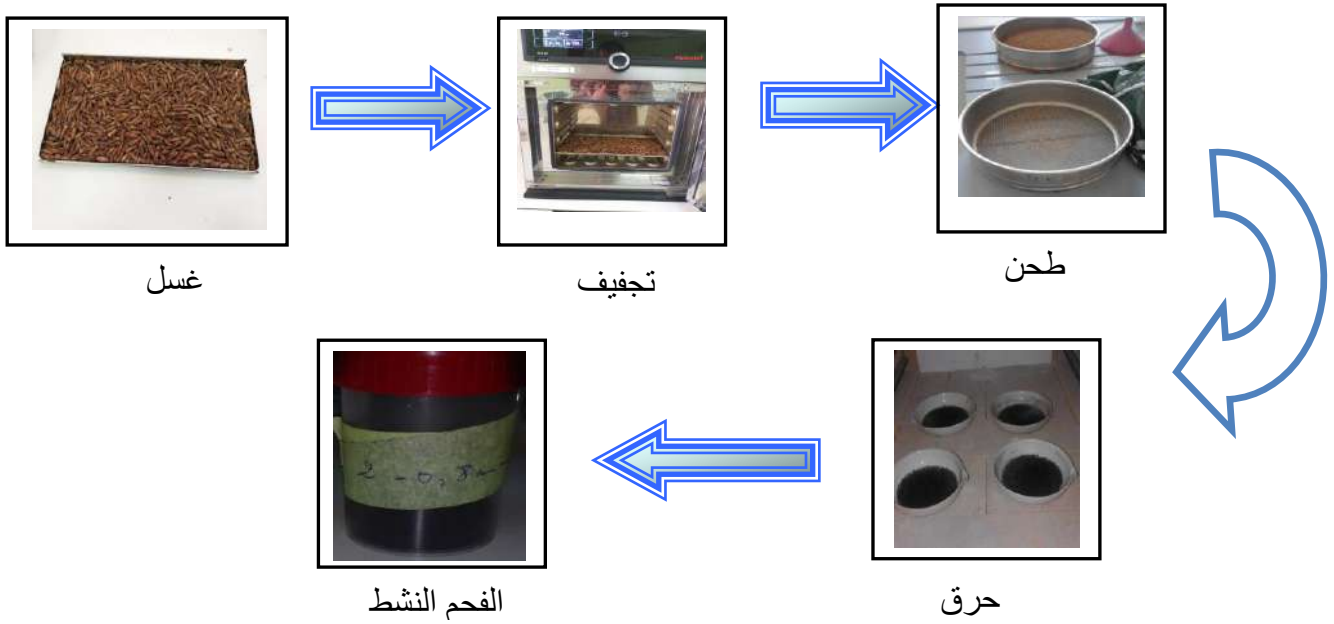
قمنا بتحضير محلول الجير، إنطلاقاً من الجير المذكور خصائصه الكيميائية في الجدول (16)، حيث قمنا بإذابة 5 غ منه في ماء مقطر بقيمة 500 ملل، ونقوم بعملية الرج السريع لمدة 5 دقيقة بسرعة 200 (دورة/دقيقة)، ثم نقوم بتخفيض سرعة الرج إلى 60 (دورة/دقيقة) (رج ضعيف) لمدة 60 دقيقة، وهذا لتترك مجال أكبر من الذوبان الجيد للجير وإنحلاله في الماء، نأخذ كميات مختلفة من المحلول الأم للجير المحضر وهذا حسب الكمية الجير المراد إضافتها لتفاعل (100،75،50،25،15،10 مع)، ونأخذ (5،3.75،2.5،1.25،0.75،0.5 ملل) على التوالي.

الجدول 16. بعض الخصائص الكيميائية للجير المستعمل

الشوائب (%)				التركيز	المرجع	المنف
So ₄ ²⁻	Cl ⁻	Pb ²⁺	Fe ²⁺			
0.05	0.03	0.002	0.03	97 %	22296294	Prolabo

3.2. تحضير الفحم النشط

أخذ كمية من نواة التمر (نوع الغرس)، ثم نقوم بغسلها بماء الحنفية بشكل جيد وهذا عدة مرات ثم بالماء المقطر، لنقوم بعد ذلك بعملية تجفيف العينات في فرن التجفيف عند درجة حرارة 105 م° ولمدة 24 ساعة، نقوم بطحن العينات في الهراس ، ونغربلها بعد ذلك بالغربال، بحيث تكون العينات الماخوذة بقطر يتراوح بين 0.5- 2 مم، وبعد إذا نقوم بحرق العينات في فرن الحرق بدرجة حرارة 600 م° ولمدة ساعة واحدة، ونسمي هذه العملية بالكربنة الفيزيائية، والشكل (24) يوضح مراحل عملية تحضير الفحم النشط من نواة التمر الغرس. [06]



شكل 24. مراحل تحضير الفحم النشط من نواة التمر الغرس

4.2. معايرة شوارد الحديد الثنائية

بعد ضبط جهاز مطياف الأشعة فوق البنفسجية لعنصر الحديد، يعدل صفر الجهاز بوضع أنبوبة بقيمة 10 ملل تحتوي على الماء المقطر في الجهاز، والضغط على زر الصفر ثم نأخذ أربينة بقيمة 25 ملل من الماء المراد معايرته، و إضافة كيس من الكاشف الخاص بالحديد الثنائي إلى العينة المراد معايرتها، ترج العينة لمدة ثلاثة دقائق، ثم نأخذ كمية قدرها 10 ملل ونقوم بمعايرتها في الجهاز، ويضغط على تعليمة Read لقراءة تركيز الحديد على الشاشة الشكل 25 .



الشكل 25. معايرة شوارد الحديد الثنائية بواسطة جهاز مطياف الأشعة فوق البنفسجية

الخلاصة

في المنهج التجريبي الذي إتبعناه في هذه الدراسة، قمنا بتحضير مياه مخبرية بتركيز من الحديد مماثلة لتلك التي في منطقة إليزي، و كذلك قمنا بتحضير الفحم النشط من نواة التمر (الغرس).

الفصل الخامس

دراسة هيدروكيميائية لأبار المياه
الجوفية بمدينة إيزي

تمهيد

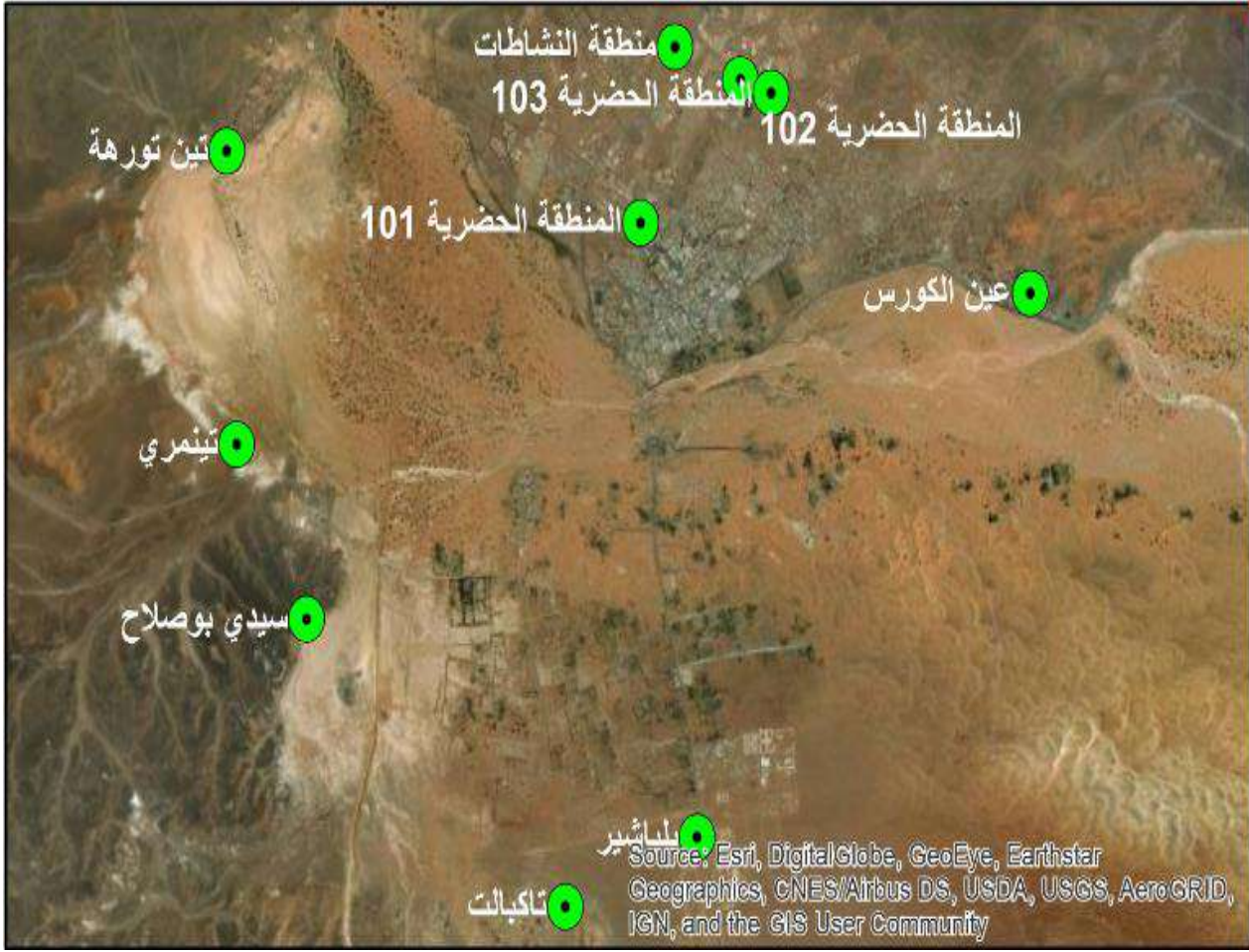
في هذا الفصل تتمحور دراستنا، حول تحديد مختلف تراكيز العناصر الفيزيوكيميائية لعشرة (10) أبار جوفية مستغلة في منطقة إليزي، للتزويد بالمياه الصالحة للشرب، مع تحديد التوجه الكيميائي باستخدام مخططات بايبر (Piper) و شويلر- بيركلوف (Schéoller Berkaloff) .

1. طريقة العمل

تعتمد طريقة العمل على أخذ عينات من مياه الأبار الجوفية المستغلة، وذلك مع إحترام شروط حفظ العينات حسب الطرق العلمية المتبعة، مع تحديد موقع هذه الأبار بواسطة جهاز GPS والنتائج التي تم جمعها ملخصة في الجدول (17).

الجدول 17. الخصائص الهيدروجيولوجية لأبار طبقة الديفونيان السفلى المستغلة في منطقة الدراسة [02]

رقم	إسم البئر	الأحداثيات			طبقة جيولوجية	العمق (م)	المستوى الستاتيكي (م)	المستوى الديناميكي (م)	الملاحظة
		Z	Y	X					
F1	Zhun 102	588	26°30'51"	8°28'59"	الديفونيان السفلى	400	46	70	مستغل
F2	منطقة النشاطات	571	26°30'58"	8°28'36"	الديفونيان السفلى	355	17	35	مستغل
F3	Zhun 101	591	26°30'18"	8°28'26"	الديفونيان السفلى	400	44	80	مستغل
F4	عين الكرس	575	26°30'13"	8°30'10"	الديفونيان السفلى	400	34	90	مستغل
F5	تاكبات	562	26°27'47"	8°28'03"	الديفونيان السفلى	375	47	95	مستغل
F6	تين تورها	567	26°30'34"	8°26'16"	الديفونيان السفلى	250	10	95	مستغل
F7	سيدي بوصول	572	26°27'46"	8°28'03"	الديفونيان السفلى	372	10	20	مستغل
F8	تينمري	556	26°29'29"	8°26'19"	الديفونيان السفلى	348	9	8	مستغل
F9	بلباشير	557	26°27'43"	8°28'36"	الديفونيان السفلى	312	41	87	مستغل
F10	Zhun 103	584	26°30'48"	8°29'09"	الديفونيان السفلى	440	45	72	مستغل



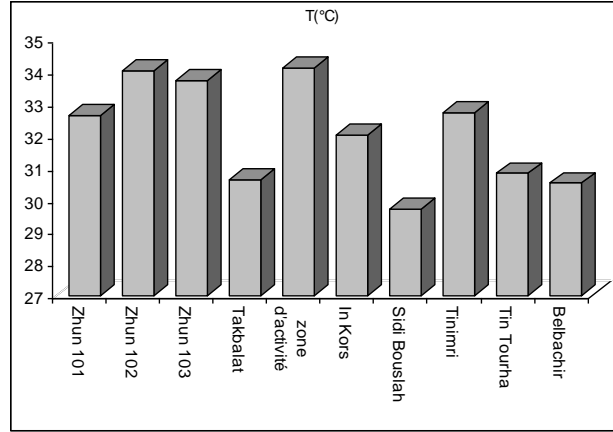
الشكل 26. تموضع الأبار المستغلة في منطقة إيزي

2. الخصائص الفيزيوكيميائية لمياه الأبار المستغلة

نلخص بعض الخصائص الفيزيوكيميائية لمياه الأبار المدروسة كالتالي

1.2. درجة الحرارة :

درجة حرارة الماء هي من أهم العوامل. هذا لأنها تؤثر على خواصه الفيزيائية والكيميائية ، على وجه الخصوص كثافته ، لزوجته ، قابلية ذوبان غازاته (خاصة الأكسجين) وسرعة التفاعلات الكيميائية والكيميائية الحيوية [25] في منطقة الدراسة ، أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها أن درجة الحرارة هذه لا تقدم تباينات كبيرة من بئر إلى أخرى (الشكل 27) ، بحد أدنى 29 درجة مئوية (بئر سيدي بوصول) وكحد الأقصى 34.1 درجة مئوية (منطقة النشاط).

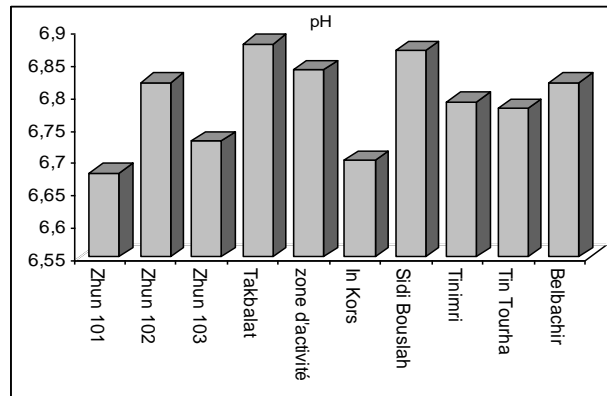


شكل رقم 27. تغيرات قيم درجات الحرارة المتوسطة لمياه الأبار المدروسة

2.2. الأس الهيدروجيني

يعتمد الأس الهيدروجيني على أصل الماء، والطبيعة الجيولوجية لطبقة المائية ومنطقة مستجمعات المياه المارة [27] [26]. تحدد هذه الخاصية عددًا كبيرًا من التوازن الفيزيائي الكيميائي بين الماء وثاني أكسيد الكربون الذائب والكربونات والبيكربونات التي تشكل محاليل مخزنة في معظم المياه الطبيعية، يتراوح الأس الهيدروجيني عادة بين 6 و 8.5، بينما في المياه الفاترة يتراوح الأس الهيدروجيني بين 5 و 9.

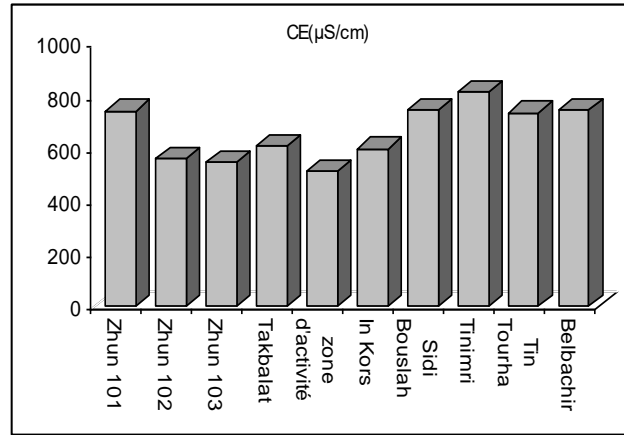
في حالة منطقة الدراسة، لا تظهر قيم الأس الهيدروجيني لمياه طبقة المياه الجوفية اختلافات ملحوظا، بحد أدنى 6.68 عند بئر 101 وحد أقصى 6.88 في بئر (تاكبالت) (الشكل 28) مما يدل على قلوية طفيفة من المتوسط.



شكل رقم 28. تغيرات قيم الأس الهيدروجيني pH للأبار المدروسة

3.2. الناقلية الكهربائية

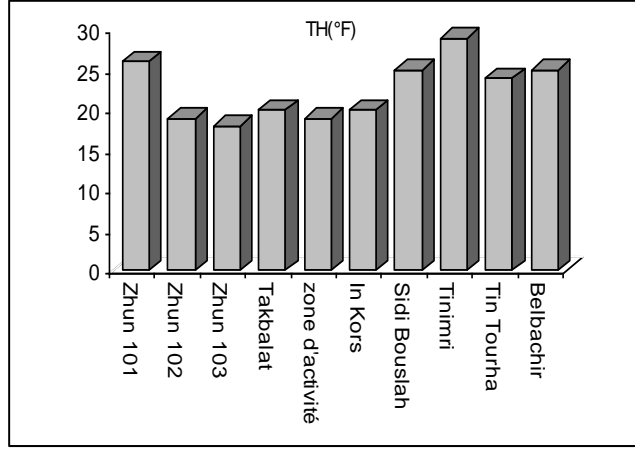
الناقلية الكهربائية للماء هو ناقلية عمود الماء بين قطبين من المعدن (البلاتينيوم) بمساحة سطح 1 سنتيمتر مربع ويفصل بينهما 1 سنتيمتر. وحدة قياس الناقلية هي سيمنس على المتر. تعطي الناقلية الكهربائية فكرة عن تمعدن الماء وبالتالي فهي علامة جيدة على أصل الماء [25]. في الواقع ، فإن قياس الناقلية يجعل من الممكن تقدير كمية الأملاح الذائبة في الماء ، وبالتالي تمعدنها. تعتمد الناقلية الكهربائية على شحنات المواد العضوية الداخلية والخارجية ، وتوليد الأملاح بعد التحلل والتمعدن وأيضًا مع ظاهرة التبخر التي تركز هذه الأملاح في الماء ، كما تختلف أيضًا وفقًا للطبقة الجيولوجية لطبقة المائبة. تتراوح القيم المسجلة خلال فترة الدراسة من 511 $\mu\text{S/cm}$ إلى 814 $\mu\text{S/cm}$ ، والحد الأدنى المسجل في بئر منطقة النشاط والحد الأقصى المسجل في بئر تينمري (الشكل 29).



شكل رقم 29. تغيرات قيم الناقلية الكهربائية لمختلف الآبار المدروسة

4.2. العسرة الكلية

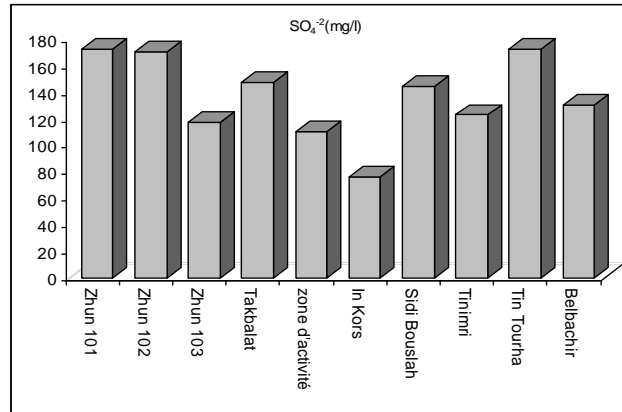
يتم إنتاج العسرة الكلية للمياه بواسطة أملاح الكالسيوم والمغنيزيوم التي تحتوي عليها. حيث يتميز بين العسرة الكربونية التي تتوافق مع محتوى الكربونات والبيكربونات من الكالسيوم والمغنيزيوم والعسرة غير الكربونية. يتم قياس العسرة بواسطة مقياس العسرة المعبر عنه (F°)؛ ينتج بشكل أساسي عن ملامسة المياه الجوفية بتكوينات صخرية، الكالسيوم مشتق من هجوم ثاني أكسيد الكربون المذاب بالصخور الكلسية (الدولوميت) أو من الذوبان في صورة كبريتات في الجبس. تعتمد عسرة المياه الطبيعية على التركيب الجيولوجي للتربة. في العينات التي تم تحليلها (الشكل 30) ، نجد أن أغلبية العينات ضمن الحدود المسموح بها وفق النظام الجزائري.



شكل رقم 30. تغيرات قيم العسرة الكلية لمختلف الأبار المدروسة

5.2. الكبريتات

الكبريتات (SO_4^{2-}) تأتي من الجريان السطحي أو التسلل في تربة الجبس. كما أنها ناتجة عن نشاط بعض أنواع البكتيريا (كلوروثيوبكتيريا ، رودوثيوبكتيريا ،..... إلخ). يمكن لهذا النشاط أكسدة كبريت الهيدروجين السام (H_2S) إلى كبريتات [25] وفقاً لنتائج العينات التي تم تحليلها (الشكل 31) ، تظل القيم المسجلة أقل من قيمة الدليل 400 مغ/ل للمقاييس الجزائرية فيما يتعلق بنوعية المياه المخصصة لإنتاج مياه الشرب.

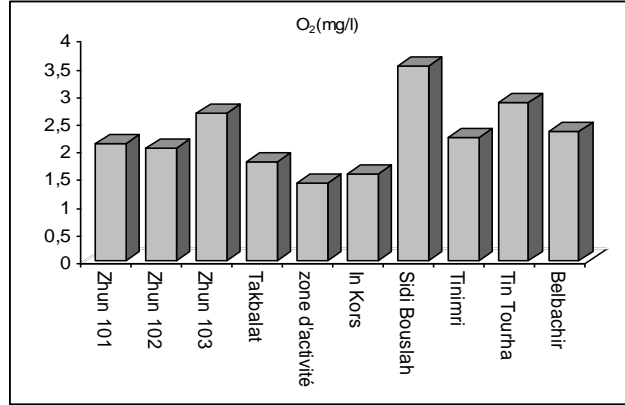


شكل رقم 31. تغيرات قيم الكبريتات لمختلف الأبار المدروسة

6.2. الأكسجين المذاب

لأكسجين المذاب (O_2) مهم للغاية لأنه يفسر حالة العديد من الأملاح المعدنية وتدهور المواد العضوية [30]، حيث يلعب دوراً رئيسياً في أكسدة الملوثات، وأخيراً عن طريق تبادل الهواء والماء بالنسبة لجميع

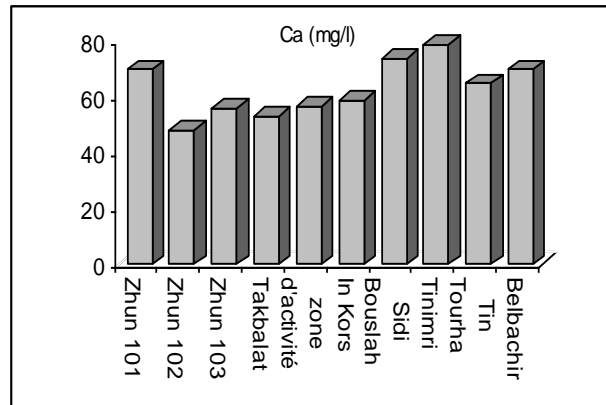
العينات، يقدم الأكسجين المذاب اختلافات كبيرة من نقطة إلى أخرى ، حيث يتراوح من 1.35 إلى 3.97 خلال فترة الدراسة (الشكل 32)، يعتبر الأكسجين المذاب مقياس مهم يجب مراعاته ، لأنه يوفر معلومات عن حالة البئر، ومن ناحية أخرى يعزز نمو الكائنات الحية الدقيقة التي تؤدي إلى تدهور المواد العضوية بشكل عام، فإن قيم الأكسجين المذاب المنخفضة تحفز تطوير الجراثيم المسببة للأمراض.



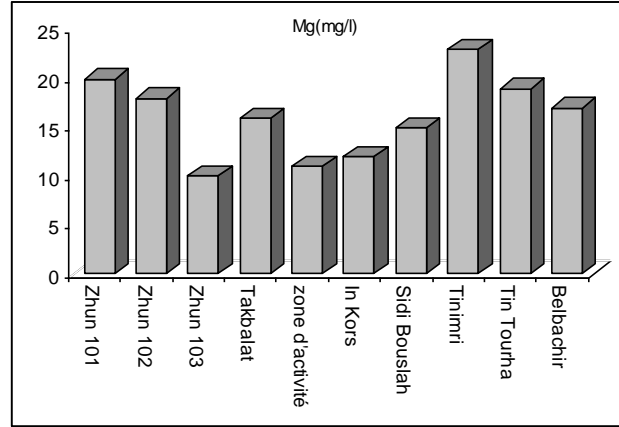
شكل رقم 32. تغيرات قيم الأكسجين المذاب لمختلف الأبار المدروسة

2.7 بعض العناصر الأساسية

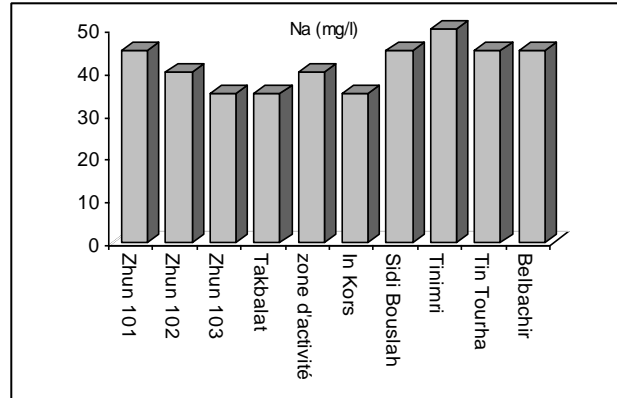
توضح كل من الأشكال (33) (34) (35) (36) تركيز كل من الصوديوم والكالسيوم والمغنيزيوم والبيكربونات المسجلة في الأبار المدروسة في منطقة إليزي.



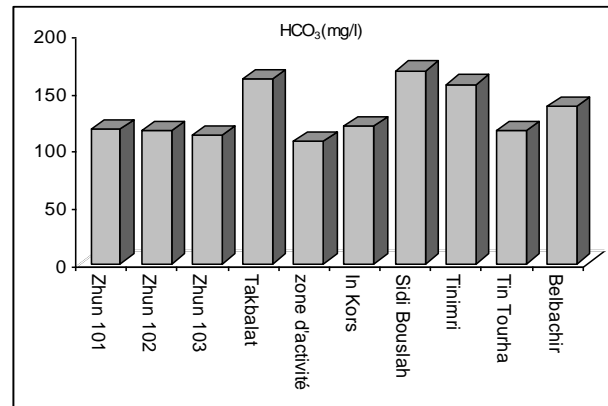
شكل رقم 33. تغيرات قيم عنصر الكالسيوم لمختلف الأبار المدروسة



شكل رقم 34. تغيرات قيم عنصر المغنيزيوم لمختلف الأبار المدروسة



شكل رقم 35. تغيرات قيم الصوديوم لمختلف الأبار المدروسة

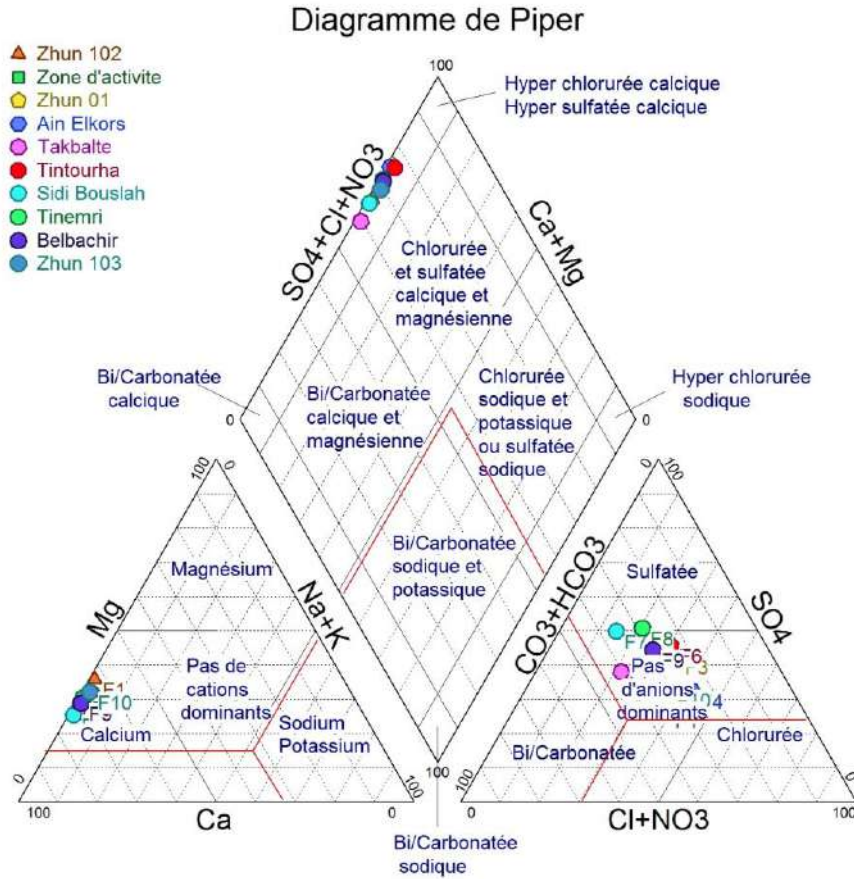


شكل رقم 36. تغيرات قيم عنصر البيكربونات لمختلف الأبار المدروسة

8.2 التوجهات الكيميائية للمياه الأبار المدروسة

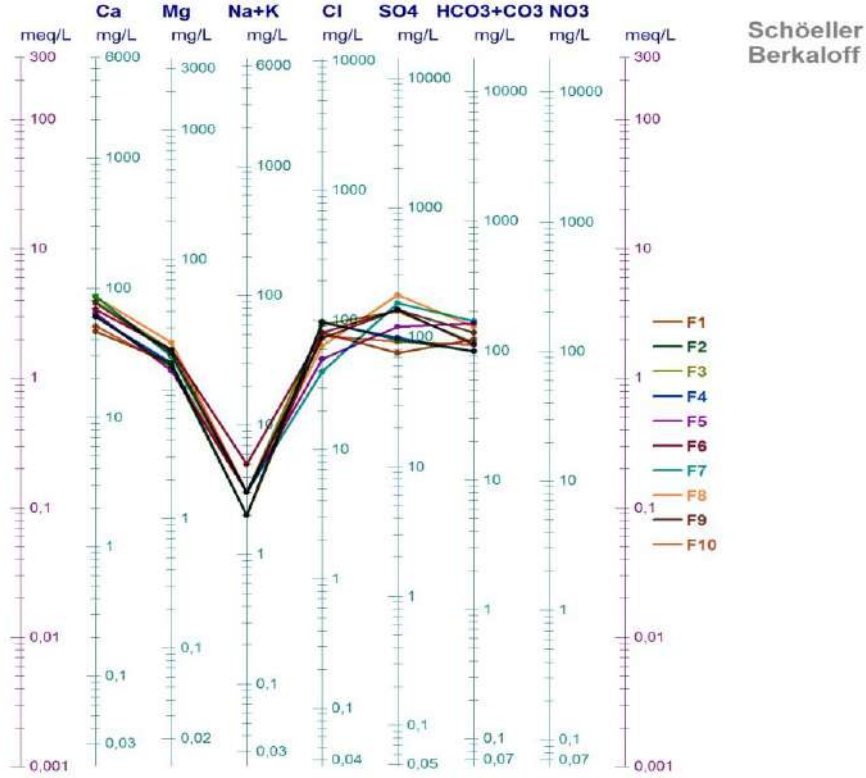
استخدمنا مخطط بايبر (Diagramme de Piper) (الشكل 37) الذي يمثل التوجه الكيميائي لمجموعة من عينات المياه (meq/l). وهي تتألف من مثلثين يسمحان بتمثيل الوجه الكاتيوني والوجه الأنيوني ومن معين يساعد على تحديد السحنات الكيميائية لمياه المنطقة.

نلاحظ أن جميع العينات لا تمتلك شاردة سالبة مهيمنة ، في حين ان كل العينات تحتوي على الكالسيوم كشاردة موجبة مهيمنة. كما يلاحظ من المخطط أن كل العينات تتسم بالكلوريد، كبريتات، كالسيوم و مغنيزيوم كتوجه كيميائي.



شكل رقم 37. مخطط بايبر للمياه المدروسة لمختلف الأبار منطقة إيزي

يتيح مخطط شويلر-بيركالوف (Diagramme de scheoller Berkaloff) (الشكل 38) تمثيل الخصائص الكيميائية للعديد من المياه. يتم تمثيل كل عينة بخط مكسور. يظهر تركيز كل عنصر كيميائي بخط عمودي على مقياس لوغاريتمي. يتكون الخط المكسور عن طريق ربط جميع النقاط التي تمثل العناصر الكيميائية المختلفة عند تقاطع الخطوط ، يتم تمييز التغير في السطوح الكيميائية.



شكل رقم 38. مخطط شويلر-بيركالوف للمياه المدروسة لمختلف الأبار منطقة إيزي

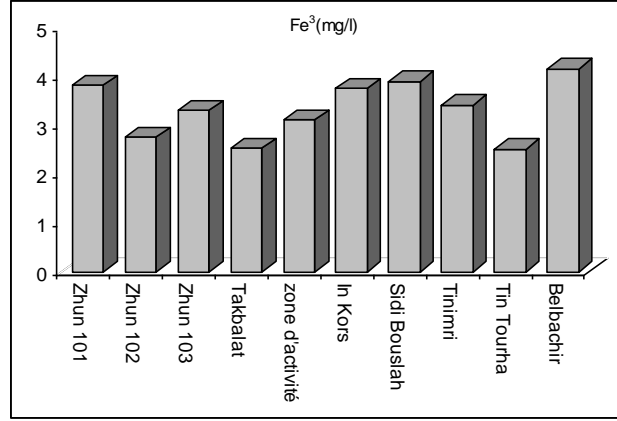
وفقاً لمخطط شويلر-بيركالوف (الشكل 38) ، فإن الشوارد السائدة هي كبريتات الكالسيوم والمغنيزيوم ، والكاتيونات السائدة هي $Ca^{2+} > Mg^{2+} > Na^{+}$ ، والأيونات السائدة هي $SO_4 > HCO_3 > Cl$ في مخطط شولر بيركالوف ، يظهر التشابه بين العينات بشكل كبير على الرغم من التركيزات المختلفة ، حيث يتم تقديم العينات التي لها علاقة وراثية بخطوط متوازية. أما بالنسبة للعينات المدروسة ، فإنها تقدم تشابهاً بين كل طرف من الأطراف. هذا التشابه يؤكد ما توصلنا إليه سابقاً من خلال مخطط بايبر حيث وجدنا توجهاً كيميائياً واحد لكل العينات المدروسة.

10.2. العناصر الغير مرغوب فيها

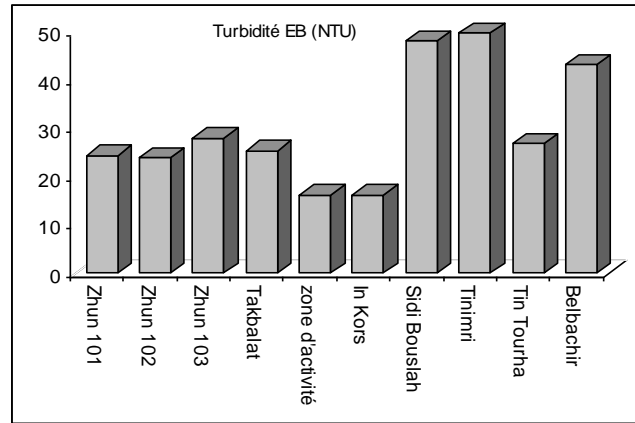
1.10.2 الحديد

الحديد عنصر غني إلى حد ما في الصخور في شكل السيليكات وأكاسيد وهيدروكسيدات، والكربونات والكبريتات. الحديد قابل للذوبان على شكل أيون (Fe^{2+}) ولكنه غير قابل للذوبان في حالة (Fe^{3+}) ، يترسب الحديد المذاب في وسط مؤكسد ، خاصة في مصادر ومخارج الأنابيب.

إن وجود الحديد في الماء يمكن أن يعزز انتشار سلالات معينة من البكتيريا التي ترسب الحديد و تعزز تآكل الأنابيب [30]، تتراوح مستويات الحديد الثنائي في منطقة الدراسة من 2.51 ملغ/لتر إلى 4.16 ملغ/لتر (الشكل 39)، وتركيز الحديد في المنطقة أكبر من المعيار الموصى به.



شكل رقم 39. تغيرات قيم الحديد الثنائي لمختلف الأبار منطقة إليزي



شكل رقم 40. تغيرات قيم العكارة لمختلف الأبار منطقة إليزي

ونلاحظ وجود عكارة عالية تصل إلى 50 NTU الشكل (40) بسبب أكسدة الحديد إلى الحديد الثلاثي والذي يشكل راسب من لون الصدأ.

الخلاصة

يمكننا أن نصنف مياه مدينة إليزي على أنها مياه عذبة إلى حد ما، حسب الخصائص الهيدروكيميائية المدروسة، مع ملاحظة تركيز مرتفع لعنصر الحديد، الذي يسبب لون الصدئ ويساهم في تلون المرافق الصحية والملابس باللون الأحمر.

الفصل السادس

النتائج والتحليل

تمهيد

تجدر الإشارة إلى أنه ومن خلال الدراسة الهيدروكيميائية لنوعية مياه الأبار المستغلة في منطقة الدراسة، وجدنا أن تركيز الحديد يصل إلى 2.62 مغ/ل (بئر بلباشير) حيث يفوق المعايير العالمية (0.3 مغ/ل) الموصى بها.

وعليه في هذا الفصل قمنا بتطبيق طرق معالجة فيزيوكيميائية :

❖ أولاً: طريقة فيزيائية بمتابعة محطة نزع الحديد الموجودة حالياً و التي تعمل بنظام التهوية بالشلالات، والمعالجة بالفحم النشط المحضر من نواة التمر (الغرس)، وكذلك الفحم النشط التجاري.

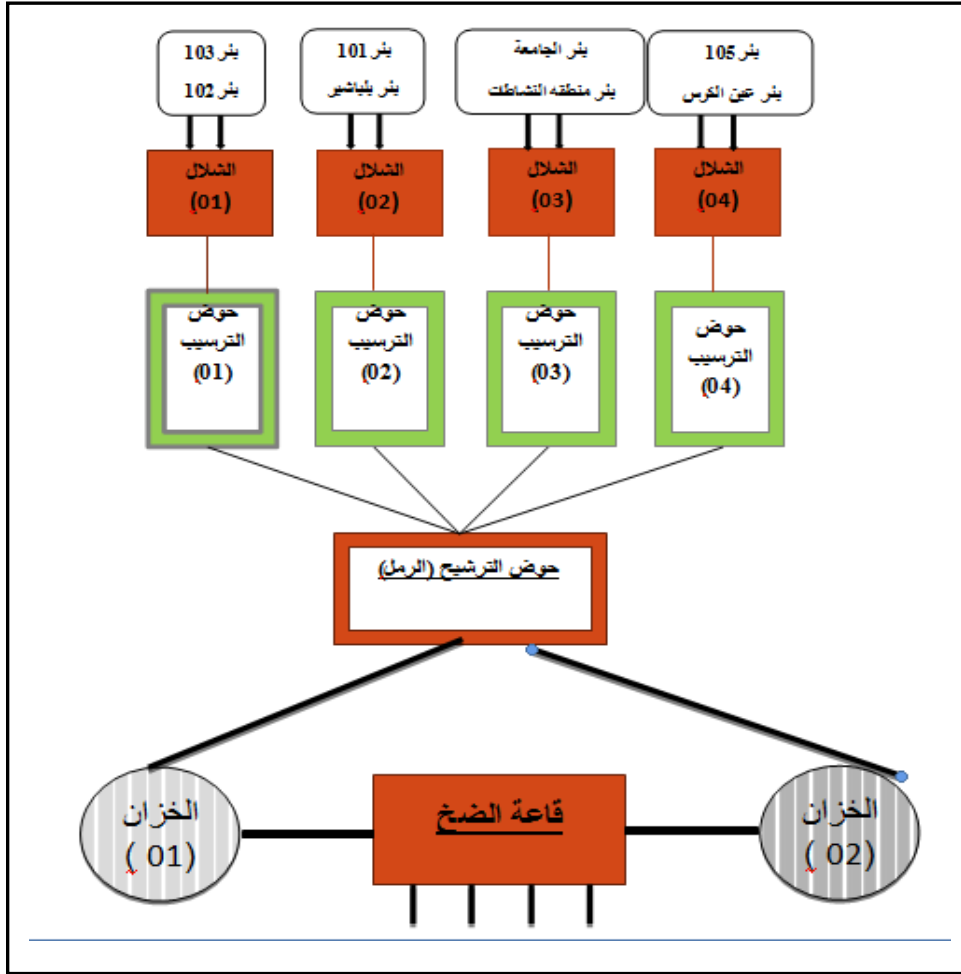
❖ ثانياً : طريقة كيميائية تمثلت في المعالجة بالجير و المعالجة بالكلور.

حيث قسم البحث إلى جزئين، بدأت قمنا بالمعالجة على المياه المحضرة مخبرياً باستعمال الماء المقطر بتركيز 3.41 (مغ/ل) وهو تركيز مماثل في منطقة الدراسة، ثم قمنا بتطبيق تلك الطرق على المياه الخام ودراسة مردودية التفاعل.

I. المعالجة الفيزيائية

I.1. المعالجة بالتهوية بالشلالات

في المعالجة بالشلالات، قمنا بمتابعة محطة المعالجة الموجودة حالياً بمنطقة إليزي (Station du déferrisation)، التي تعمل بطريقة الأكسدة بالشلالات (Cascade)، و المبين مخططها في الشكل (41).



الشكل 41. مخطط محطة نزع الحديد لولاية إبيزي



الشكل 42. شلالات التهوية لمحطة نزع الحديد بإبيزي



الشكل 43. أحواض الترسيب لمحطة نزع الحديد باليزي



الشكل 44. أحواض الترشيح (بالرمل) لمحطة نزع الحديد باليزي

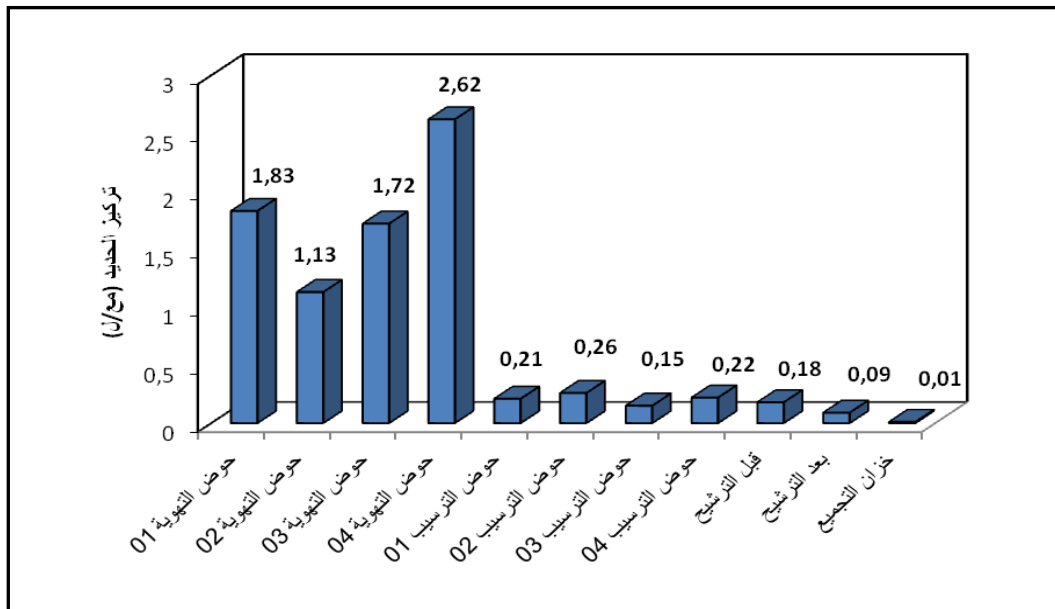


الشكل 45. خزانات التجميع وغرفة الضخ لمحطة نزع الحديد باليزي

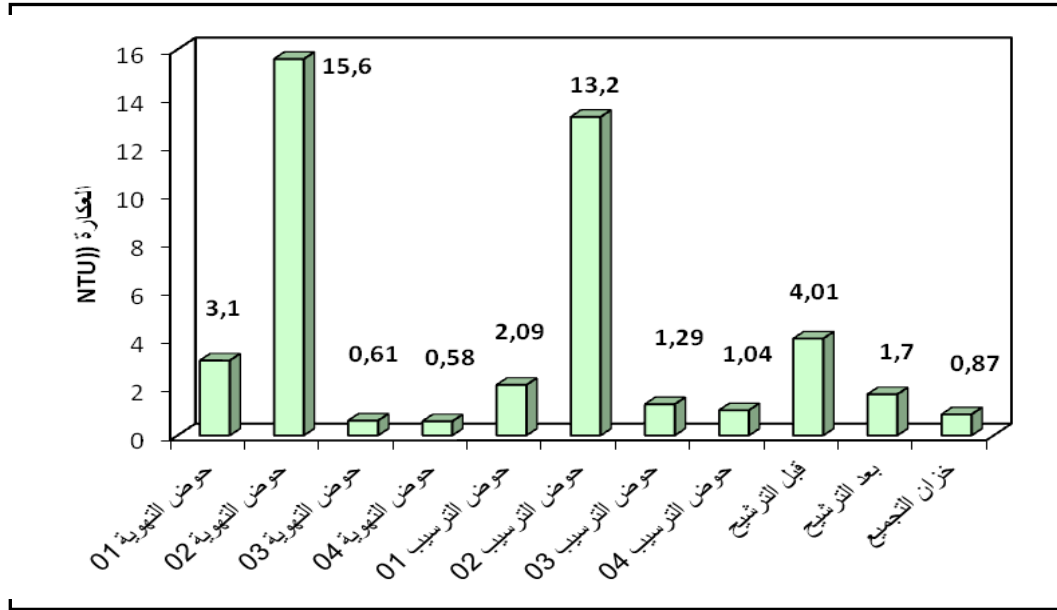
النتائج المتوصل إليها مبينة في الجدول التالي :

الجدول 18. نتائج المسجلة في نظام نزع الحديد بمحطة إليزي

العينة	الأبار المستغلة	تركيز الحديد (مغ/ل)	العكارة (NTU)
الشلال (01)	Zhun 103	0.94	3.22
	Zhun 102	1.93	0.84
الشلال (02)	Zhun 101	1.13	15.6
	بلباشير الجامعة	1.72	0.61
الشلال (03)	منطقة النشاطات	2.18	0.43
	Zhun 105	2.85	0.56
الشلال (04)	عين الكرسي	0.21	2.09
	حوض الترسيب (01)	0.26	23.8
حوض الترسيب (02)	0.15	1.29	
حوض الترسيب (03)	0.22	1.04	
حوض الترسيب (04)	0.18	4.01	
قبل الترشيح	0.09	1.7	
بعد الترشيح	0.01	0.87	
خزانات التجميع (إضافة الكلور)			



الشكل 46. تغيرات تركيز الحديد خلال مراحل المعالجة بمحطة نزع الحديد بإليزي



الشكل 47. تغيرات العكارة خلال مراحل المعالجة بمحطة نزع الحديد بالييزي

من خلال نتائج الجدول (18)، نلاحظ أن تركيز الحديد في أحواض التهوية للمياه الخام القادمة من الآبار المستغلة لتزويد المحطة والمبينة في الشكل (46)، يفوق تركيزه 0.3 (مغ/ل). ليساوي (1.83، 1.13، 1.72، 2.62 مغ/ل) في الأحواض الأربعة على الترتيب. وبعد ذلك تنتقل تلك المياه إلى أحواض الترسيب الأربعة الموالية لتسجل القيم (0.21، 0.26، 0.15، 0.22 مغ/ل) على الترتيب.

حيث نجد أنه عند بداية حوض الترشيح كانت قيمة الحديد تساوي 0.18 (مغ/ل)، لتصبح عند نهايته تساوي 0.09 (مغ/ل)، لتتجمع بعد ذلك في خزانات التجميع و تساوي 0.01 (مغ/ل) وهذا بعد إضافة الكلور. ومنه نقول أن نظام الأكسدة الطبيعية بواسطة الشلالات يقدم مردودية عالية للمعالجة تصل 93.35%.

أما فيما يخص الشكل (47)، الذي يمثل تغير العكارة في نظام المعالجة بالمحطة في كل من أحواض التهوية والترسيب وأحواض الترشيح وفي الأخير توجه إلى خزانات التجميع، حيث سجلت قيمة العكارة في أحواض التهوية أكبر قيمة لها 3.1 NTU، وهذا راجع لتأكسد الحديد بالأكسجين بواسطة الشلالات، لتصل في نهاية النظام إلى قيمة 0.87 NTU، ويرجع التناقص في العكارة للمرشحات الرملية الموجودة.

2.I. المعالجة بالفحم النشط

الفحم النشط هو عبارة عن مركب يتميز بتركيبته المسامية، ويستعمل في المعالجة وامتصاص الغازات وكذا المواد الغير مرغوب فيها والمركبات الثقيلة كالحديد وغيره. وفي هذه التجارب قمنا بإستعمال نوعين من الفحم النشط (فحم نشط محضر من نواة ثمرة الغرس و فحم نشط تجاري).

1.2.I. المعالجة بالفحم النشط المحضر من نواة التمر

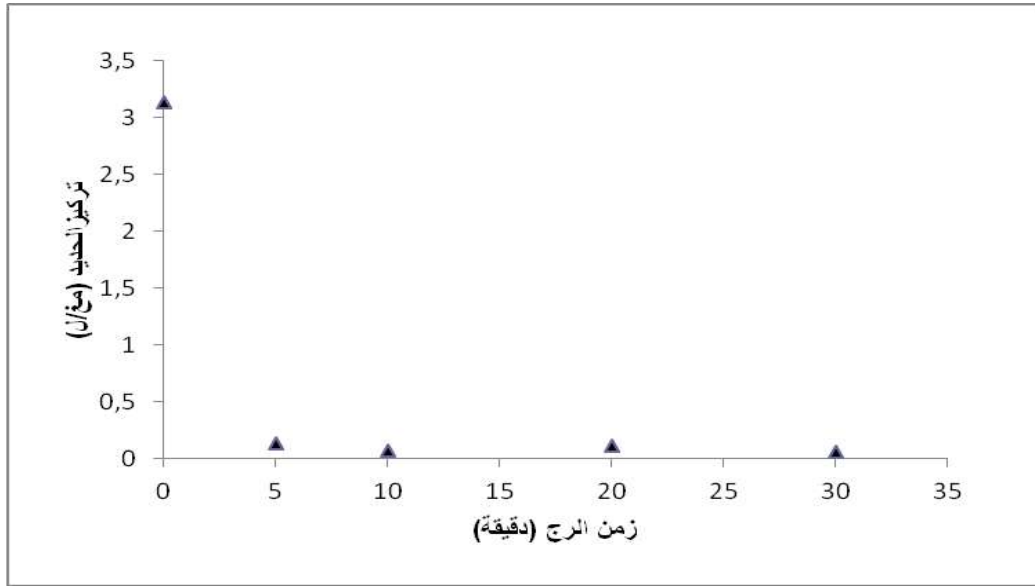
سوف نقوم بدراسة جميع الجوانب (سرعة الرج، كمية الفحم النشط المضاف، الأس الهيدروجيني للوسط)، التي يمكن أن تؤثر على مردودية تخفيض الحديد في المياه.

1.1.2.I. تأثير زمن الرج

تم تحضير عينة المياه في المخبر تحتوي على الحديد الثنائي بتركيز 3.41 مغ/ل في دورق بسعة 1 لتر، وأضيف إليه 1 غ من الفحم النشط المحضر (CAP)، خلال عملية الرج بسرعة 60 دورة/دقيقة ولمدة (30) دقيقة، نقوم بأخذ عينات وترشيحها في ورق ترشيح نفاذيته أقل من 0.45µm، خلال فترات زمنية (30،20،10،5 دقيقة)، ثم نعاير أيونات الحديد الثنائية. النتائج المتحصل عليها مسجلة في الجدول 19.

الجدول 19. تأثير زمن الرج على تخفيض الحديد بالفحم النشط المحضر

العينة	المحلل الام	العينة الأولى	العينة الثانية	العينة الثالثة	العينة الرابعة
زمن الرج (دقيقة)	0	05	10	20	30
تركيز الحديد (مغ)	3.14	0.14	0.07	0.12	0.06
المردودية (%)	0	95.89	97.95	96.48	98.24



شكل 48. تأثير زمن الرج على تخفيض الحديد بالفحم النشط المحضر (CAP)

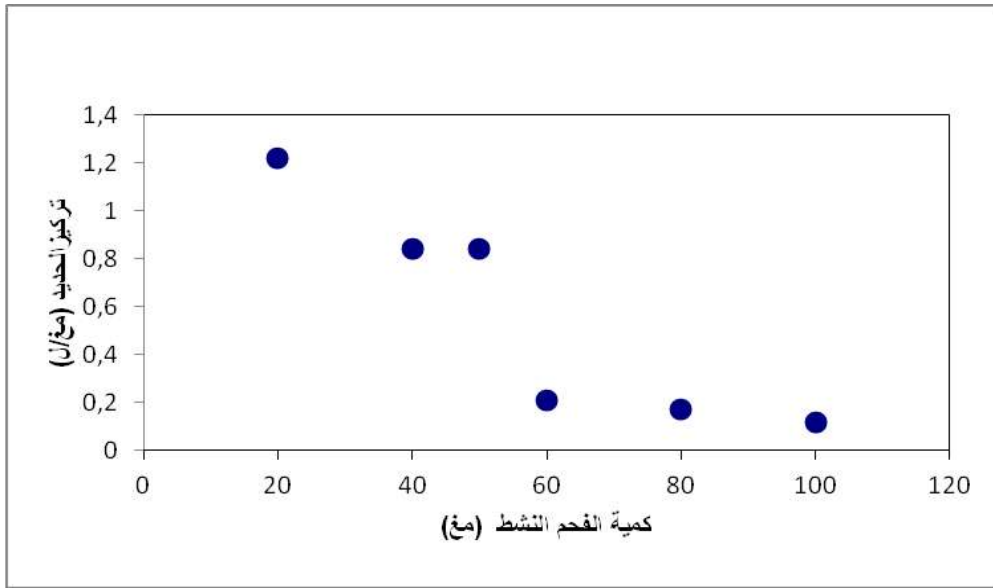
من خلال النتائج المبينة في الجدول 19 والشكل 48، عملية إمتزاز الحديد الثنائي على الفحم النشط المحضر من نواة تمر الغرس، تتم بشكل سريع وهذا خلال مدة (5) دقائق الأولى من زمن التلامس، لتعطي مردودية تصل 95.89%، حيث انخفض تركيز أيون الحديد من 3.41 مغ/ل إلى 0.14 مغ/ل، ونلاحظ كذلك أنه بزيادة زمن الرج فإن مردودية الامتزاز غير منتظمة ولم تتغير بشكل كبير حتى نصف ساعة، ونفسر هذا بوصول النظام إلى التوازن، ومنه نستنتج أن زمن الرج الكافي للإمتزاز هو (05) دقائق.

2.1.2.I. تأثير كمية الفحم النشط المحضر

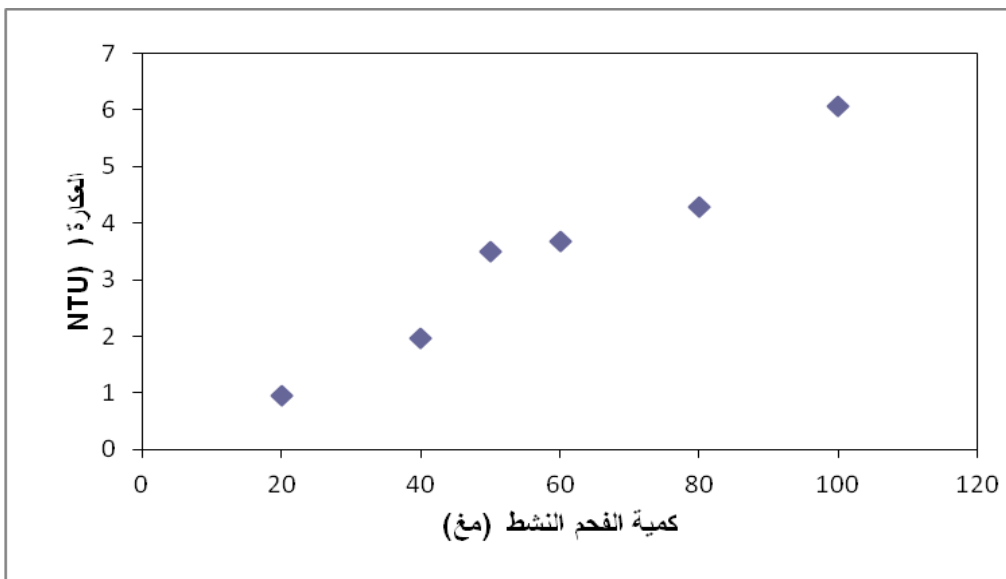
في هذه التجارب قمنا بتحضير ستة (06) عينات من المياه بدورق بسعة 250 ملل، وأضيف إليها كميات مختلفة من الفحم النشط المحضر من نواة التمر (CAP)، وقمنا بعملية الرج لمدة (05) دقائق، ثم الترشيح بمرشح نفاذيته أقل من 0.45µm، ثم نعاير أيونات الحديد الثنائية بواسطة جهاز مطياف الأشعة فوق البنفسجية DR6000، والنتائج مسجلة في الجدول 20.

الجدول 20. تأثير كمية الفحم النشط المحضر على تخفيض الحديد

العينة السادسة	العينة الخامسة	العينة الرابعة	العينة الثالثة	العينة الثانية	العينة الأولى	المحلل الأم	العينة
100	80	60	50	40	20	0	الفحم النشط المحضر (مغ)
0.12	0.17	0.21	0.84	0.84	1.22	3.14	الحديد الثنائي (مغ/ل)
6.06	4.28	3.67	3.5	1.96	0.96	0.06	العكارة (NTU)
96.84	95.01	93.84	75.37	75.37	64.22	0	المردودية (%)



شكل 49. تأثير كمية الفحم النشط المحضر على تخفيض الحديد



شكل 50. تأثير كمية الفحم النشط المحضر على العكارة

من خلال النتائج المسجلة في الجدول (20) والشكل (49) لقيم تخفيض الحديد، نلاحظ أنه كلما زادت كمية الفحم النشط المحضر من نواة التمر الغرس، تزداد نسبة تخفيض الحديد لتعطي مردودية بقيمة 93.84 % في العينة الرابعة وحيث كمية الفحم النشط (CAP) المضافة هي 60 مغ، وتستمر في التناقص الى غاية 0.12 مغ/ل في العينة السادسة، أين كمية الفحم تساوي 100 مغ، ويفسر ذلك بوجود مواقع فعالة على سطح الكربون والمتاحة لأيون الحديد.

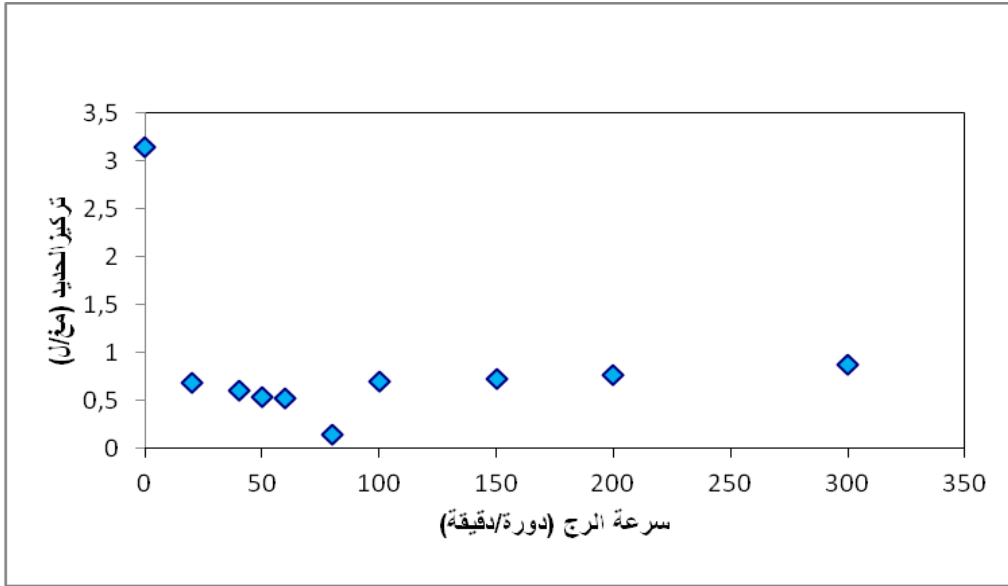
أما بالنسبة لشكل (50) الذي يمثل تأثير كمية الفحم النشط المحضر المضاف على العكارة، نلاحظ أن هناك علاقة طردية، حيث أنه كلما قمنا بزيادة (CAP) تزداد نسبة العكارة لتصل أعلى نسبة في العينة (06) بقيمة NTU 6.06، عند اضافة 100 مغ من الفحم، ويفسر هذا بزيادة كمية المواد العالقة في الماء.

3.1.2.I. تأثير سرعة الرج

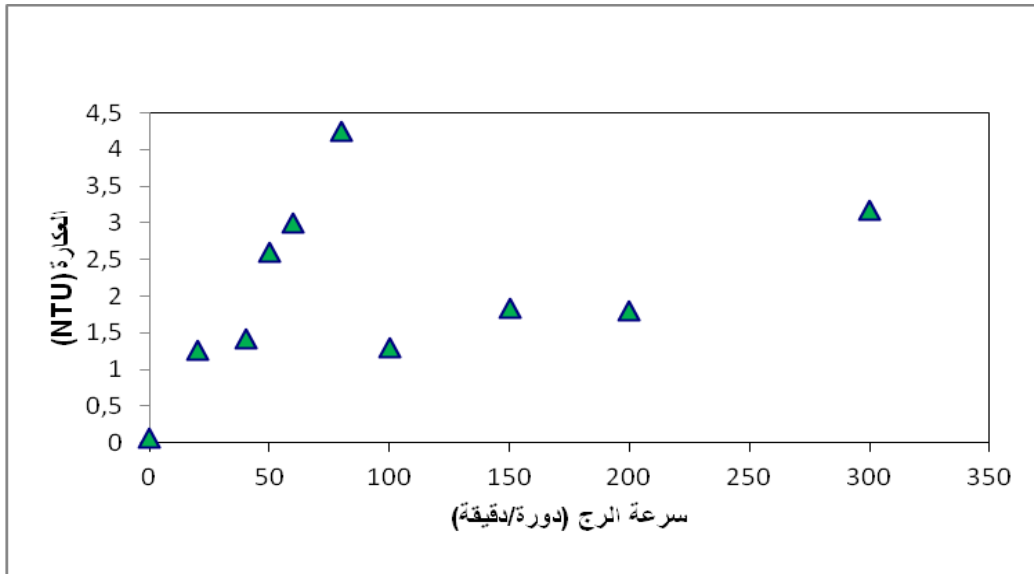
من أجل دراسة تأثير سرعة الرج، قمنا بتحضير تسعة عينات سعة كل واحدة 250 ملل، وبتركيز الحديد 3.41 (مغ/ل)، وطبقت عليها الشروط المستخلصة السابقة، حيث قمنا بتثبيت قيمة الفحم النشط المضافة (60 مغ)، وزمن الرج (05 دقيقة)، وتغيير سرعة الرج (20،40،50،60،80،100،150،200،300) دورة/دقيقة) ، والجدول (21) يلخص جميع النتائج المتحصل عليها.

الجدول 21. تأثير سرعة الرج على تخفيض الحديد بالفحم النشط المحضر

العينة	العينة الأولى	العينة الثانية	العينة الثالثة	العينة الرابعة	العينة الخامسة	العينة السادسة	العينة السابعة	العينة الثامنة	العينة التاسعة
سرعة الرج (دورة/دقيقة)	20	40	50	60	80	100	150	200	300
تركيز الحديد (مغ/ل)	0.69	0.6	0.53	0.52	0.14	0.7	0.73	0.77	0.87
العكارة (NTU)	1.27	1.42	2.6	3	4.25	1.3	1.84	1.8	3.17
المردودية (%)	79.77	82.40	84.46	84.75	95.89	79.47	78.59	77.42	74.49



شكل 51. تأثير سرعة الرج على تخفيض الحديد بالمعالجة بالفحم النشط المحضر



شكل 52. تأثير سرعة الرج على العكارة بالمعالجة بالفحم النشط المحضر

من الجدول (21) والشكل (51) لقيم تخفيض الحديد بدلالة سرعة الرج، نلاحظ أنه كلما زادت سرعة الرج تزداد نسبة تخفيض الحديد، لتعطي أعلى قيمة للمردودية 95.89 % في العينة الخامسة (05) حيث السرعة تساوي 80 دورة/دقيقة، ثم تعود كمية الحديد المخفض لتزايد وبالتالي نقص المردودية، وهذا راجع لحدوث عملية انتزاز (عملية عكسية لعملية الامتزاز) مما يؤدي لطرد المادة الممتزة عن سطح الفحم النشط المحضر.

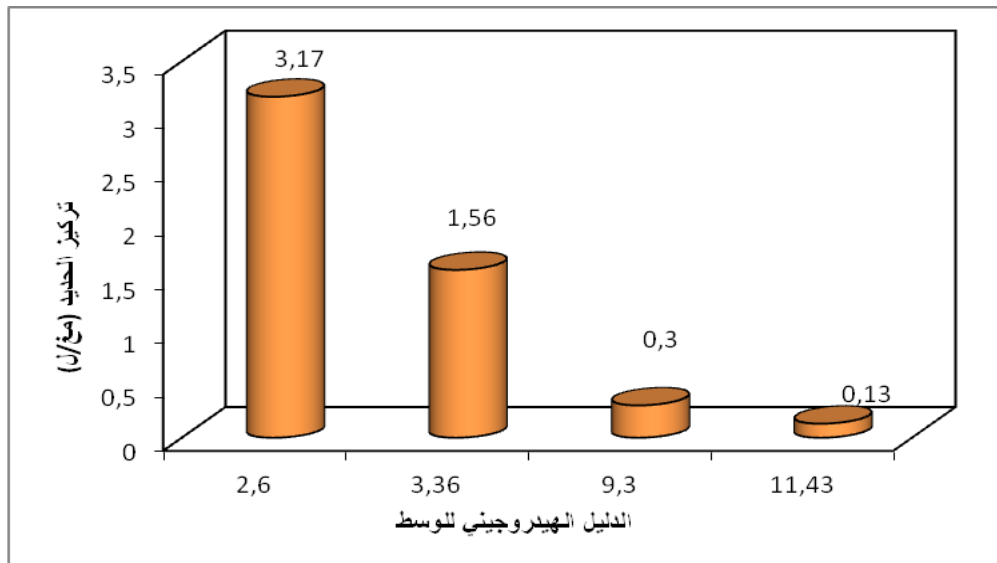
أما بالنسبة لشكل (52) الذي يمثل تأثير سرعة الرج على العكارة، نلاحظ أنه كلما زادت سرعة الرج تزداد نسبة العكارة لتصل أعلى قيمة في العينة (05) بقيمة NTU 4.25 عند السرعة 80 دورة/دقيقة، وتعود للانخفاض في العينات الموالية. من خلال نتائج تخفيض الحديد أن السرعة الكافية للرج هي 80 (دورة/دقيقة).

4.1.2.I تأثير طبيعة الوسط (حامضي – قاعدي)

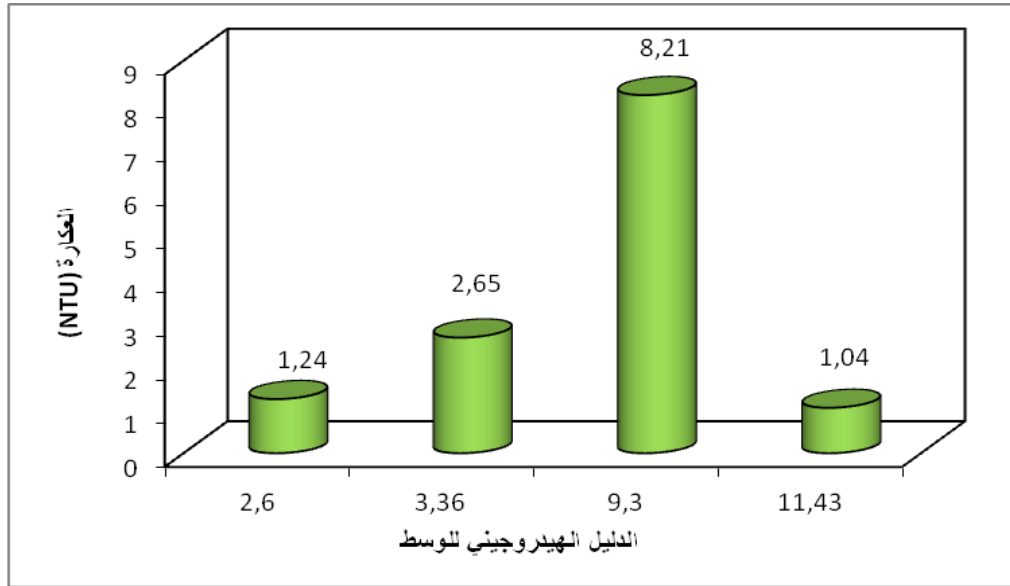
من أجل دراسة تأثير الأس الهيدروجيني للوسط على مردودية تخفيض الحديد، قمنا بتحضير (04) أربعة عينات ذات pH دليل هيدروجيني مختلف (2.6، 3.36، 9.3، 11.43) وجرى تحضير هذه الأوساط المختلفة عن طريق إضافة حمض الكلور HCL و قاعدة هيدروكسيد الصوديوم NaOH ، وبعد تثبيت الشروط المثالية لتفاعل والمستنتجة سابقا (كمية الفحم النشط المحضر 60 مغ، سرعة الرج 80 دورة/دقيقة، زمن الرج 05 دقائق)، وهذا من أجل إيجاد الوسط المثالي لإعطاء أكبر مردودية لتفاعل (الأس الهيدروجيني المثالي)، النتائج المتحصل عليها ملخصة في الجدول 22.

الجدول 22. نتائج تأثير pH الوسط على تخفيض الحديد بالفحم النشط المحضر

العينة	العينة الأولى	العينة الثانية	العينة الثالثة	العينة الرابعة
الأس الهيدروجيني للوسط	2.6	3.36	9.3	11.43
تركيز الحديد (مغ/ل)	3.17	1.56	0.3	0.13
العكارة (NTU)	1.24	2.65	8.21	1.04
المردودية (%)	7.04	54.25	91.20	96.19



شكل 53. تأثير الأس الهيدروجيني للوسط على تخفيض الحديد بالمعالجة بالفحم النشط المحضر



شكل 54. تأثير الأس الهيدروجيني للوسط على العكارة بالمعالجة بالفحم النشط المحضر

من خلال الجدول 22 وكل المنحنى (53)، نلاحظ أنه عند قيم الأس الهيدروجيني للوسط pH منخفض، تكون نسبة تخفيض الحديد منخفضة ومنه نقص مردودية التفاعل كما في العينة الأولى والثانية (1 و 2)، ويفسر هذا بمنافسة أيون الهيدروجين لأيون الحديد على المواقع الفعالة على سطح الفحم النشط، أما في العينة الثالثة والرابعة (3 و 4)، نلاحظ أن قيم الحديد (0.3 مغ/ل و 0.13 مغ/ل) ضمن المجال المسموح به وهذا بسبب ترسب الحديد على شكل حديد ثلاثي لوجود شوارد (OH⁻).

من خلال المنحنى (54)، نلاحظ أن نسبت العكارة تزداد مع زيادة الاس الهيدروجيني للوسط، حيث تغيرة من NTU 1.24 إلى NTU 8.21 وهذا راجع لترسب الحديد.

مما سبق نستنتج أن الوسط المثالي لامتزاز الحديد الثنائي هو الوسط ذو الأس الهيدروجيني (pH < 7).

5.1.2.I دراسة الإلتزان الحراري (Isotherme d'Adsorption)

تمت دراسة الإلتزان الحراري من طرف العديد من الباحثين، من أجل معرفة بين كمية المادة الممتزة في وحدة كتلة من الماز، وتركيز المادة الممتزة في المحلول [17]، وعليه تمت دراسة كل من نموذج فريندليتش (Freundlich)، ونموذج لانجمير (Langmuier).

وتحسب كمية المادة الممتزة انطلاقا من العلاقة التالية :

$$X = (C_0 - C_e) \cdot V \quad [31]$$

C_0 : التركيز الابتدائي للمتز في المحلول (مغ/ل)

C_e : التركيز النهائي للمتز في المحلول (مغ/ل)

V : حجم المحلول (لتر).

X : كتلة المادة الممتزة (مع)

نموذج الاتزان الحراري لفريندليتش (Isotherme Ferundlich)، أقترح سنة 1924 ويستخدم للأنظمة الغير مثالية والتي تحوي أسطح غير متجانسة، ويعبر عن الأمتزاز جيد ضمن التراكيز المخففة. ونكتب العلاقة الخاصة به كالتالي :

$$\text{Log } Q_e = (1/n)\text{Log } C_e + \text{Log } K_f \quad [31]$$

K_f : ثابت فراندليتش مؤشر سعة الامتزاز للمادة الممتزة

N : ثابت يعبر عن شدة الإمتزاز

Q_e : يمثل سعة الإمتزاز

في حين أن نموذج الاتزان الحراري لانجمير (Isotherme Longmuier)، يفترض أن أقصى إمتزاز يحصل بتشبع الطبقة الأولية بأيونات المذاب، كذلك أن مواقع الإمتزاز تكون متطابقة و كل موقع نشط يمتز وحدة واحدة فقط. ونكتب العلاقة الخطية لانجمير كالتالي :

$$C_e/Q_e = C_e/Q_m + (1/(bQ_m)) \quad [31]$$

B : ثابت لانجمير

Q_m : الكمية اللازمة لتغطية السطح بالكامل بطبقة واحدة من المادة الممتزة (mg / g)

ويتميز نموذج لانجمير بثابت معامل الاتزان (الفصل) R_L :

$$R_L = 1/(1+b.C_0) \quad [31]$$

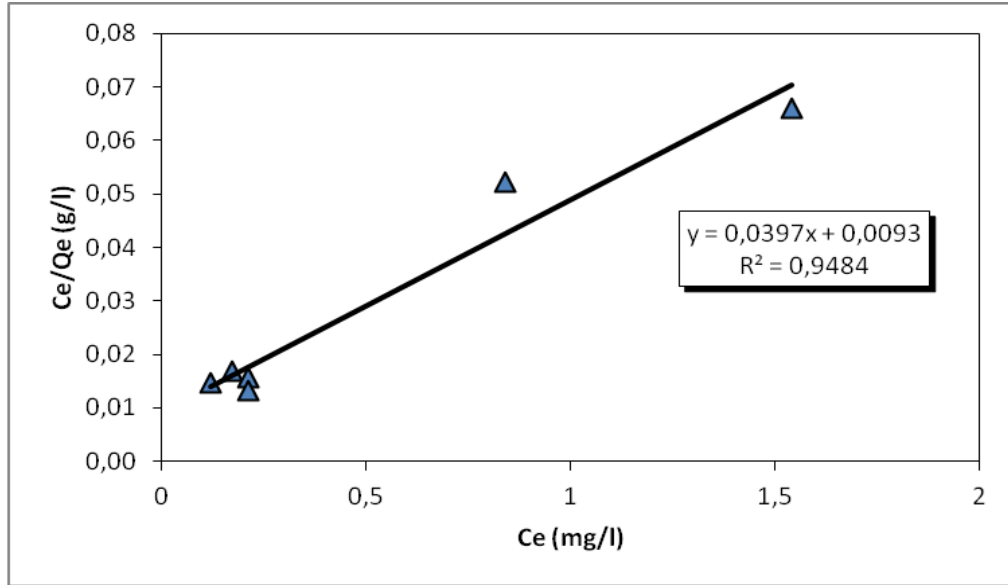
$R_L = 0$: تفاعل غير عكسي

$0 < R_L < 1$: تفاعل ملائم ترموديناميكيا

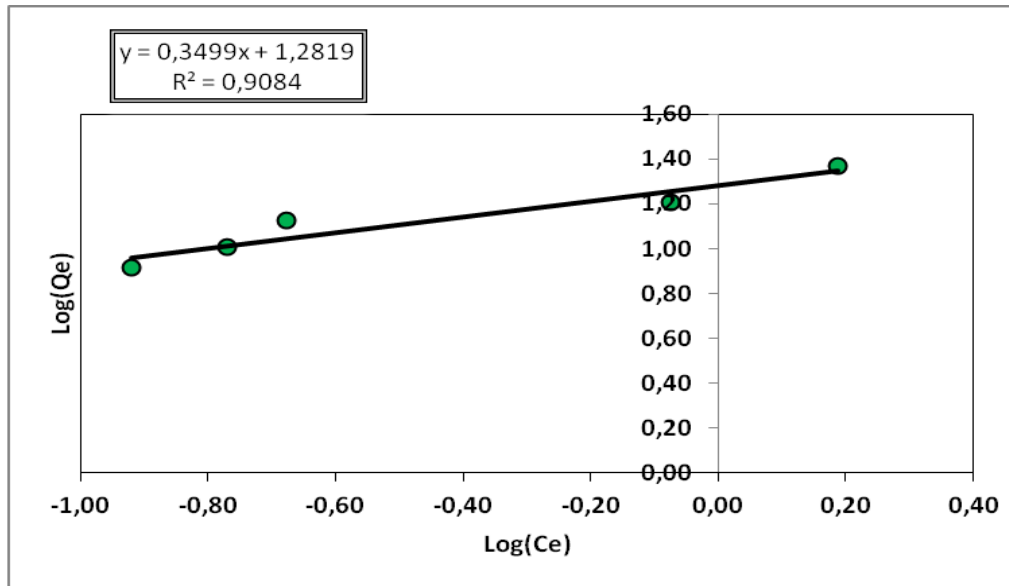
$R_L = 1$: إمتزاز خطي

$R_L > 1$: التفاعل غير ملائم ترموديناميكيا

النتائج المتحصل عليها من دراسة نموذجي الاتزان الحراري ممثلة في الشكلين (55) و (56)



شكل 55. نموذج الاتزان الحراري للانجمير (Isotherme Longmuier)



شكل 56. نموذج الاتزان الحراري لفراندليتس (Isotherme Freundlich)

من خلال شكلي الاتزان الحراري لكل من نموذجي لانجمير و فراندليتس على التوالي، نجد أن معامل الترابط R^2 أكبر في نموذج لانجمير منه في نموذج فراندليتس، حيث يساوي 0.9484 و 0.9084 على التوالي، ونجد كذلك $RL = 0.5559$ ، مما يعني أن التفاعل ملائم ترموديناميكيا، جميع ثوابت نموذجي الإمتزاز ملخصة في الجدول 23.

الجدول 23. ثوابت نموذج فراندليثش ولأنجمير للمعالجة بالفحم النشط المحضر

القيمة	ثابت الإيزان	نوع الإيزوتارم
0.2342	b	لانجمير
107.526	Q_m (مغ/غ)	
0.9484	R^2	
0.5559	R_L	
2.8579	n	فريندليثش
19.1381	K_f	
0.9084	R^2	

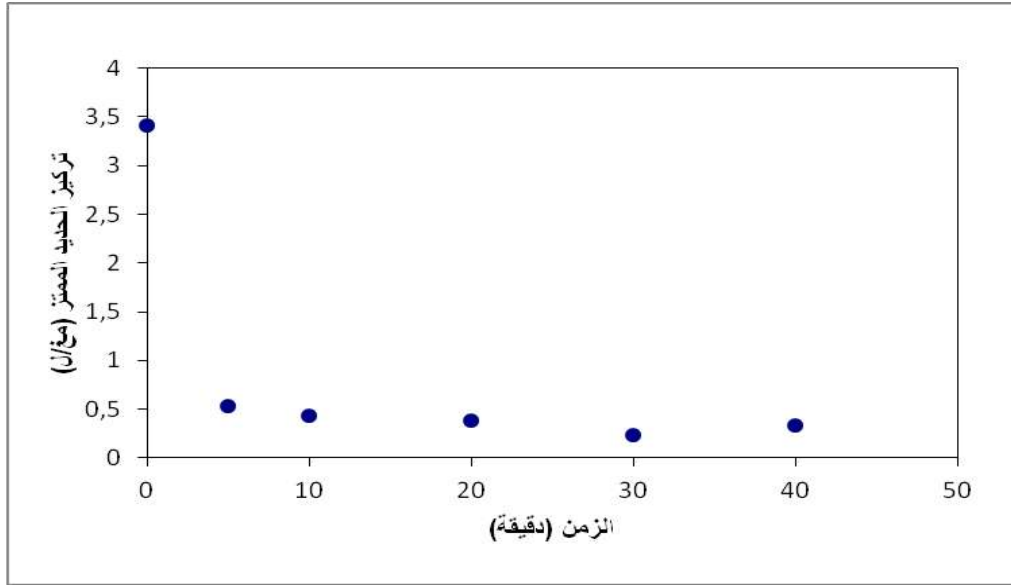
2.2.I. المعالجة بالفحم النشط التجاري

1.2.2.I. تأثير زمن الرج

تم تحضير عينة من المياه في المخبر، تحتوي على الحديد الثنائي بتركيز 3.41 مغ/ل في ورق بسعة واحد لتر، وأضيف إليه 1 غ من الفحم النشط التجاري (CAI)، خلال عملية الرج بسرعة 60 دورة/دقيقة ولمدة (40) دقيقة، نقوم بأخذ عينات وترشيحها في ورق ترشيح نفاذيته أقل من $0.45\mu m$ ، خلال فترات زمنية (40، 30، 20، 10، 5 دقيقة)، ثم نقوم بالمعايرة. النتائج المتحصل عليها مسجلة في الجدول 24.

الجدول 24. تأثير زمن الرج على تخفيض الحديد بالفحم النشط التجاري

العينة	العينة الابتدائية	العينة الأولى	العينة الثانية	العينة الثالثة	العينة الرابعة	العينة الخامسة
زمن الرج (دقيقة)	0	05	10	20	30	40
تركيز الحديد (مغ)	3.41	0.53	0.44	0.38	0.24	0.33
المردودية (%)	00	84.46	87.10	88.86	92.96	90.32



شكل 57. تأثير زمن الرج على تخفيض الحديد بالفحم النشط التجاري

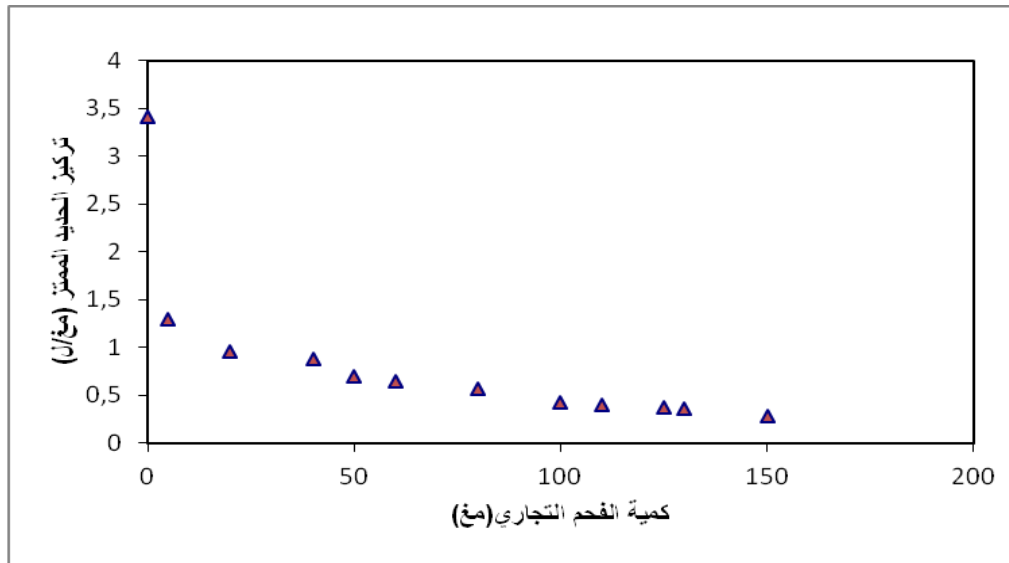
من خلال النتائج المبينة في الجدول 24 والشكل 57 نلاحظ أن عملية إمتزاز الحديد الثنائي على الفحم النشط التجاري CAI، تتزايد مع مرور الزمن لتصل القيمة 0.24 (مغ/ل) في العينة الرابعة (04)، وهذا عند الدقيقة 30، في حين أنه في العينة الخامسة (05) تساوي 0.33 مغ/ل، ومنه نستنتج أن الزمن المثالي لرج والذي يعطي أكبر مردودية في فترة زمنية مقدرة بـ 30 دقيقة.

2.2.2.I. تأثير كمية الفحم النشط التجاري

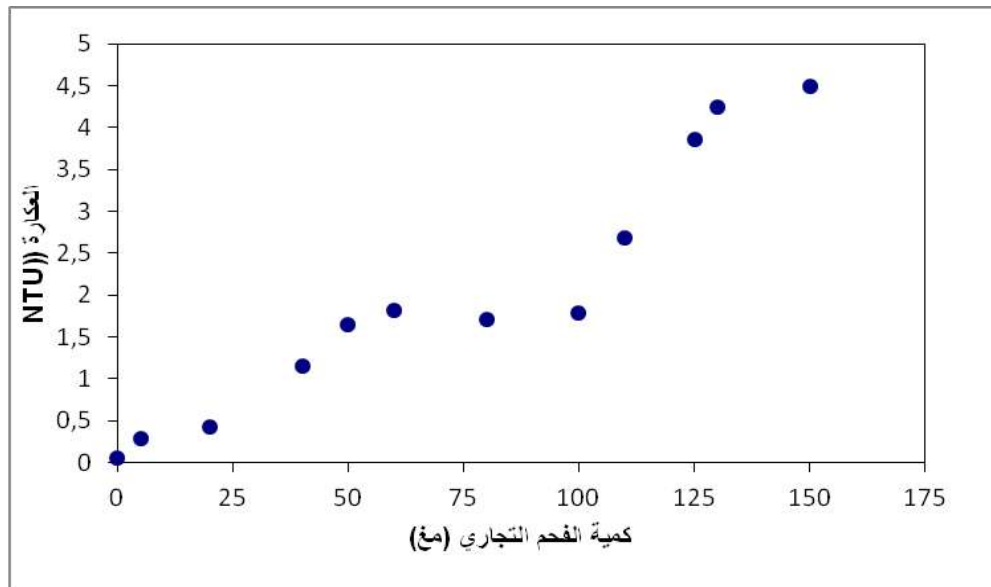
في هذه التجربة قمنا بتحضير إحدى عشرة (11) عينة من المياه بدوارق بسعة 250 ملل، وأضيفت إليها كميات مختلفة من الفحم النشط التجاري (CAI)، وقمنا بعملية الرج لمدة (30) دقائق، ثم الترشيح بمرشح نفاذيته أقل من $0.45\mu\text{m}$ ، ثم نعاير أيونات الحديد، والنتائج مسجلت في الجدول 33.

الجدول 25. تأثير كمية الفحم النشط التجاري على تخفيض الحديد

العينة	الابتدائي	الأولى	الثانية	الثالثة	الرابعة	الخامسة	السادسة	السابعة	الثامنة	التاسعة	العاشرة	الحادية عشرة
(مغ) (CAD)	00	05	20	40	50	60	80	100	110	125	130	150
الحديد الثنائي (مغ/ل)	3.14	1.29	0.96	0.88	0.7	0.65	0.56	0.42	0.4	0.37	0.36	0.28
العكارة (NTU)	0.06	0.28	0.42	1.15	1.65	1.82	1.71	1.78	2.69	3.86	4.25	4.49
المردودية (%)	00	62.17	71.85	74.19	79.47	80.94	83.58	87.68	88.27	89.15	89.44	91.79



شكل 58. تأثير كمية الفحم النشط التجاري على تخفيض الحديد



شكل 59. تأثير كمية الفحم النشط التجاري على العكارة

من خلال النتائج المسجلة في الجدول (25) والشكل (58) لقيم تخفيض الحديد بدلالة كمية الفحم النشط التجاري المضاف، نجد أنه كلما زادت كمية الفحم التجاري CAI، تزداد نسبة تخفيض الحديد (تناسب طردي) لتعطي أعلى مردودية بقيمة 91.79 مع في العينة الحادية عشرة (11) وكمية الفحم النشط (CAI) المضافة 150 مع، ويفسر ذلك بزيادة عدد المواقع الفعالة على السطوح الخاصة بأيون الحديد بزيادة كمية الفحم التجاري.

أما بالنسبة لشكل (59) الذي يمثل تأثير كمية الفحم النشط التجاري المضاف على العكارة، نجد أنه كلما قمنا بزيادة (CAI) تزداد نسبة العكارة لتصل أعلى نسبة في العينة الحادية عشرة (11) بقيمة 4.25 NTU عند قيمة 150 مع من الفحم التجاري، وهذا راجع لنقص ترشيح الفحم بورق الترشيح المستخدم، لأن الفحم عبارة عن مسحوق.

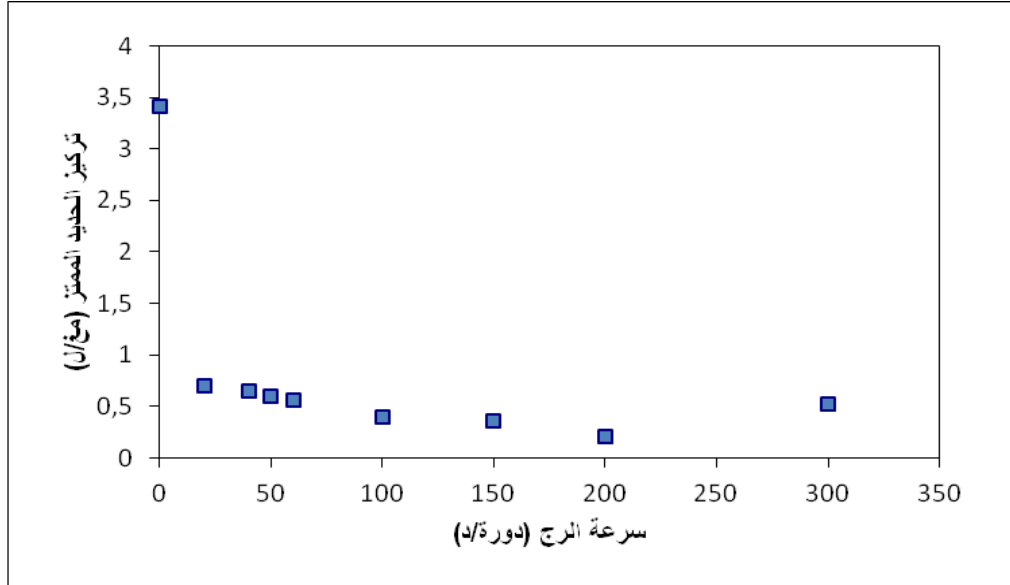
ومن خلال مراجعة النتائج التجريبية المتحصل عليها، نجد أن قيمة الفحم النشط التجاري التي يجب إضافتها من أجل تخفيض نسبة الحديد في المياه من القيمة 3.41 (مغ/ل)، إلى القيمة الموصى بها من طرف منظمة الصحة العالمية هي 150 (مغ/ل).

3.2.2.1. تأثير سرعة الرج

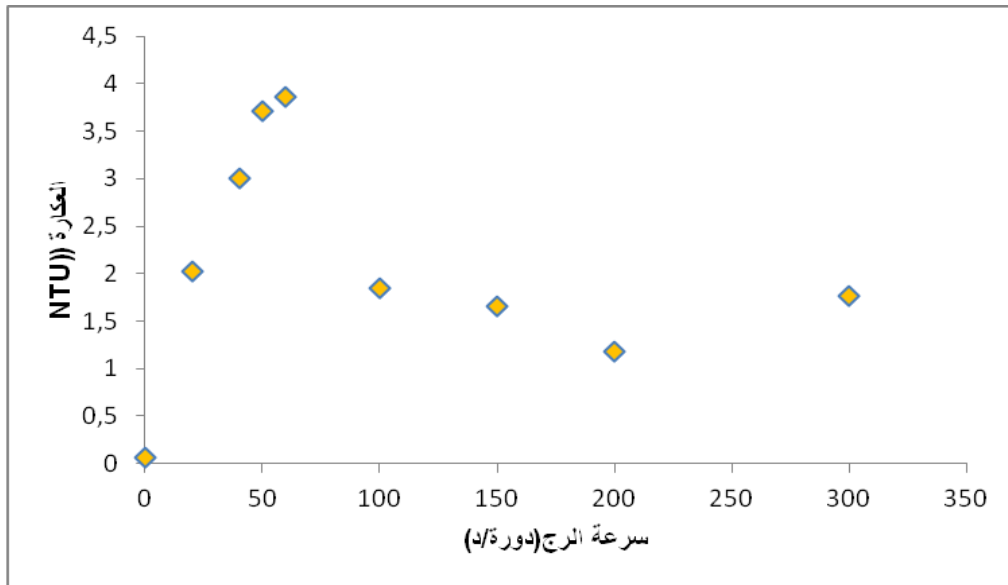
قمنا بتحضير ثمانية (08) عينات سعة كل واحدة 250 ملل، وبتركيز الحديد 3.41 (مغ/ل)، وطبقت عليها الشروط المستخلصة السابقة، حيث قمنا بتثبيت قيمة الفحم النشط التجاري (150 مغ)، وزمن الرج (30 دقيقة)، وتغيير سرعة الرج (20،40،50،60،100،150،200،300 دورة/دقيقة)، والجدول (26) يلخص جميع النتائج المتحصل عليها.

الجدول 26. تأثير سرعة الرج على تخفيض الحديد بالفحم النشط التجاري

العينة	العينة الإبتدائية	العينة الأولى	العينة الثانية	العينة الثالثة	العينة الرابعة	العينة الخامسة	العينة السادسة	العينة السابعة	العينة الثامنة
سرعة الرج (دورة/دقيقة)	00	20	40	50	60	100	150	200	300
تركيز الحديد (مغ/ل)	3.41	0.7	0.65	0.6	0.56	0.4	0.36	0.21	0.52
العكارة (NTU)	0.06	2.02	3.01	3.71	3.86	1.85	1.66	1.18	1.76
المردودية (%)	00	79.47	80.94	82.40	83.58	88.27	89.44	93.84	84.75



شكل 60. تأثير سرعة الرج على تخفيض الحديد بالمعالجة بالفحم النشط التجاري



شكل 61. تأثير سرعة الرج على العكارة بالمعالجة بالفحم النشط التجاري

من الجدول (26) والشكل (60) لقيم تخفيض الحديد بدلالة سرعة الرج، نجد أنه كلما زادت سرعة الرج تزداد نسبة تخفيض الحديد، لتعطي 0.21 (مغ/ل) كأعلى قيمة للمردودية 93.84 % في العينة السابعة (07) حيث السرعة تساوي 200 دورة/دقيقة، ثم تبدأ نقص مردودية تخفيض الحديد عند إجتياز عتبة 200 دورة/دقيقة، وعند القيمة 300 دورة/دقيقة بـ 0.52 (مغ/ل)، وهذا راجع لحدوث عملية انتزاز، كلما زادت سرعة الرج تنفصل الروابط بين أيونات الحديد والمواقع الفعالة.

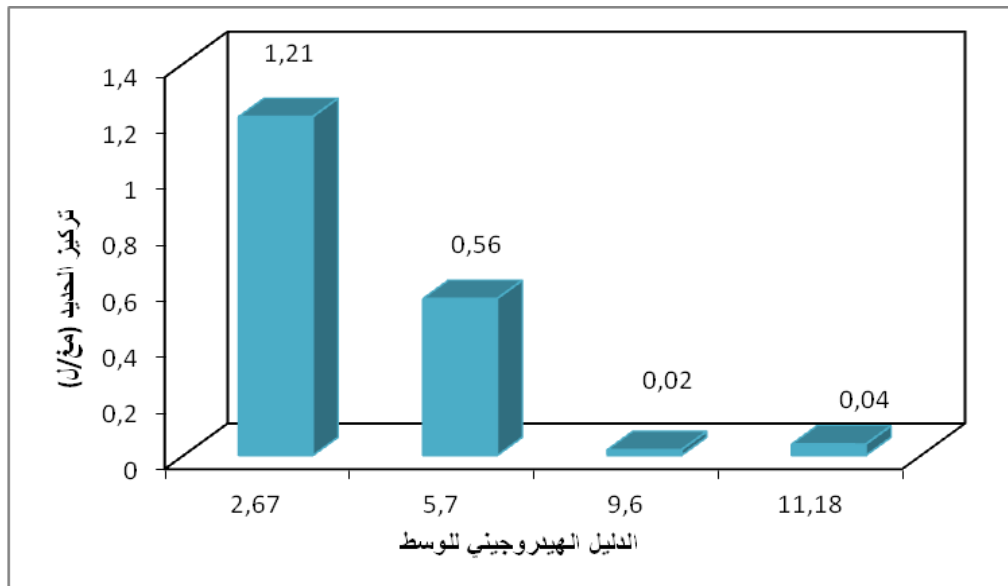
أما بالنسبة لشكل (61) نجد أن العكارة تتغير بتغير سرعة الرج، أين تغيرة قيم العكارة في العينات من NTU 2.02 إلى NTU 3.86، ومما سبق نستنتج أن السرعة اللازمة للرج هي 200 (دورة/دقيقة).

4.2.2.I. تأثير طبيعة الوسط (حامضي – قاعدي)

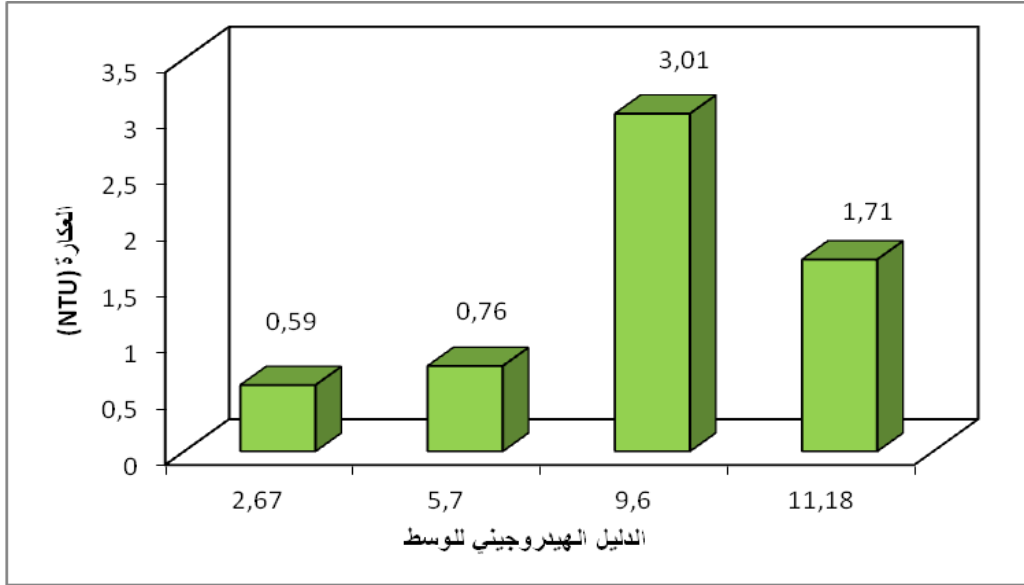
قمنا بتحضير أربعة (04) عينات ذات pH دليل هيدروجيني مختلف (2.67، 5.7، 9.6، 11.18)، وجرى تحضير هذه الأوساط المختلفة عن طريق إضافة حمض قوي HCL و قاعدة NaOH ، وبعد تثبيت الشروط المثالية لتفاعل والمستنتجة سابقا، (كمية الفحم النشط التجاري 150 مغ، سرعة الرج 200 دورة/دقيقة، زمن الرج 30 دقائق)، نقوم بأخذ العينات وترشيحها في ورق ترشيح نفاذيته أقل من 0.45µm. النتائج المتحصل عليها ملخصة في الجدول 27.

الجدول 27. نتائج تأثير pH الوسط على تخفيض الحديد بالفحم النشط التجاري

العينة	العينة الأولى	العينة الثانية	العينة الثالثة	العينة الرابعة
الأس الهيدروجيني للوسط	2.67	5.7	9.6	11.18
تركيز الحديد (مغ/ل)	1.21	0.56	0.02	0.04
العكارة	0.59	0.76	3.01	1.71
المرودية (%)	64.52	83.58	99.41	98.83



شكل 62. تأثير الأس الهيدروجيني للوسط على تخفيض الحديد بالمعالجة بالفحم النشط التجاري



شكل 63. تأثير الأس الهيدروجيني للوسط على العكارة بالمعالجة بالفحم النشط التجاري

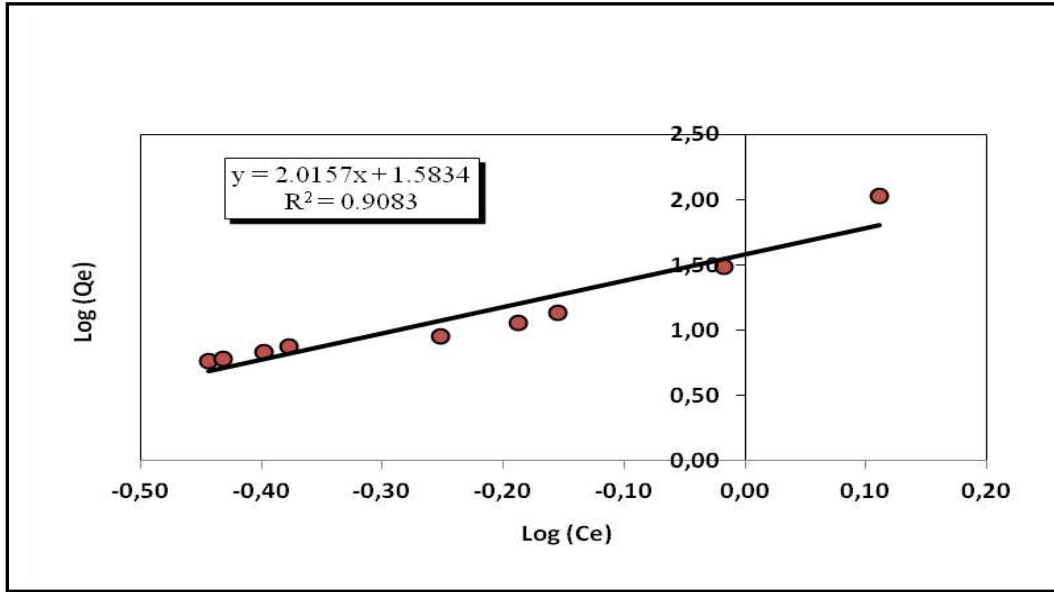
من خلال الجدول 27 والشكل (62)، نجد أنه كلما زادت قيمة الأس الهيدروجيني للوسط تزداد نسبة تخفيض الحديد، حيث سجلت قيم ضئيلة لمردودية التخفيض الحديد في العينات ذات pH (2.67، 5.7) على التوالي (0.56، 1.21)، ويفسر ذلك بمنافسة أيون الهيدروجين لأيون الحديد على المواقع الفعالة في سطح الفحم، في حين عند الإنتقال نحو القلوية نلاحظ أن المردودية تسجل أعلى قيم لها (98.83، 99.41%) بقيم (0.02 (مغ/ل) و 0.04 (مغ/ل)) على الترتيب.

أما في الشكل (63)، نجد أن قيم العكارة تتزايد كلما اتجه الأس الهيدروجيني للوسط نحو الوسط القاعدي، ليسجل أعلى قيمة له 3.01 في العينة الثالثة (03) (pH=9.6)، وأقل قيمة في العينة الأولى 0.59 NTU.

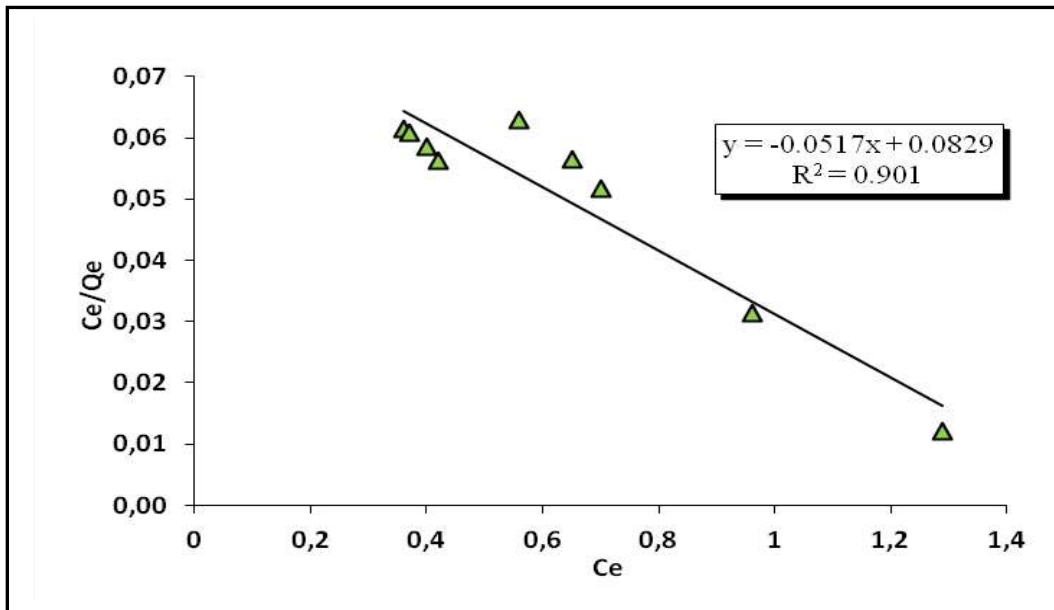
من خلال النتائج المتوصل إليها في التجارب السابقة، نستنتج أن الوسط الملائم لامتزاز الحديد الثنائي هو الوسط ذو الأس الهيدروجيني (pH < 7).

5.2.2.I دراسة الاتزان الحراري (Isotherme d'Adsorption)

قمنا من أجل دراسة الاتزان الحراري، دراسة نوعين من النماذج، نموذج فراندليش (Isotherme Freundlich) ونموذج لانجمير (Isotherme Langmuier)، من أجل معرفة طبيعة وشكل الإمتزاز وهذا من خلال معامل الارتباط المستنتج من كل نموذج.



شكل 64. نموذج الاتزان الحراري لفرانديتش (Isotherme Freundlich)



شكل 65. نموذج الاتزان الحراري للانجمير (Isotherme Longmuier)

من خلال الشكلين (64) و(65) ، الاتزان الحراري لكل من فراندليتش ولانجمير، نلاحظ أن معامل الترابط R^2 في نموذج فراندليتش و نموذج لانجمير متقاربين جدا، حيث يساوي 0.9083 و 0.901 على التوالي، ومنه يمكننا القول أن الامتزاز ذو طبقات متعددة (Adsorption de type multicouche)، و الجدول 28 يلخص ثوابت نموذج فراندليتش ولانجمير المستنتجة.

الجدول 28. ثوابت نموذج فراندليتش و لانجمير للمعالجة بالفحم النشط التجاري

القيمة	ثابت الإيزان	نوع الإيزوتارم
1.6035	b	لانجمير
12.0627	Q_m (مغ/غ)	
0.901	R^2	
0.1546	R_L	
0.4961	n	فراندليتش
38.3177	K_f	
0.9083	R^2	

II. المعالجة الكيميائية

إستخدمنا العديد من الطرق الكيميائية لنزع الحديد، التي من بينها ال معالجة بالجير، بالكور، بالفحم النشط (المحضر من نواة التمر الغرس وكذا الفحم النشط التجاري).

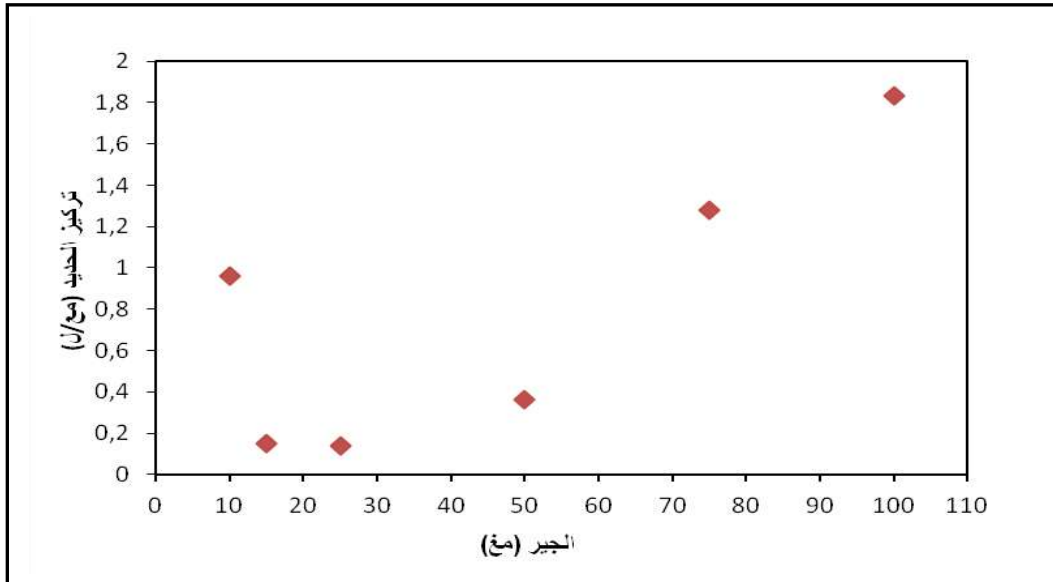
1.II. المعالجة بالجير

1.1.II. تأثير كمية الجير

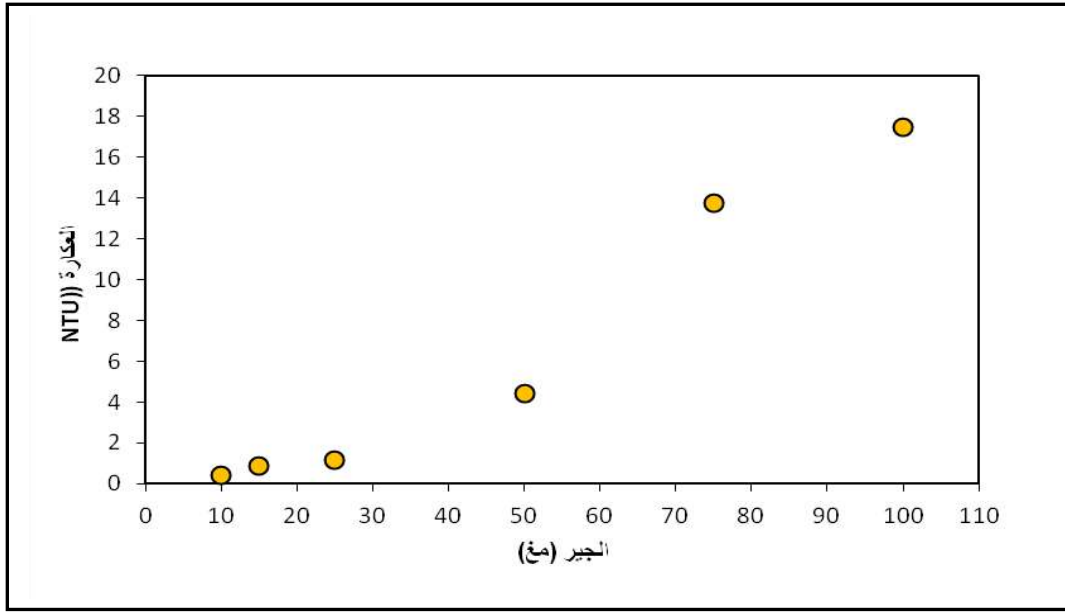
تمت عملية تحضير العينات في المخبر عن طريق إضافة مادة كبريتات الحديد الثنائية الى الماء المقطر ليتم الحصول على عينات بتركيز 3.41 مغ/ل من الحديد الثنائي بحجم 250 ملل، ونقوم باضافة تراكيز مختلفة من الجير (10،15،25،50،75،100 مغ)، ثم الرج لمدة 30 دقيقة بسرعة 60 دورة /دقيقة، نفصل الراسب من كل عينة عن طريق الترشيح بورق الترشيح نفاذيته أقل من $0.45 \mu m$ ، ثم نعاير أيون الحديد الثنائي بواسطة جهاز مطياف الأشعة فوق البنفسجية DR6000، والنتائج المتحصل عليها مبينة في الجدول 29.

الجدول 29 : النتائج المتحصل عليها بواسطة المعالجة بالجير

العينة	العينة	العينة	العينة	العينة	العينة	العينة	العينات
سادسة	خامسة	رابعة	ثالثة	ثانية	أولى	الإبتدائية	
100	75	50	25	15	10	00	الجير (مغ) Ca(OH)_2
1.83	1.28	0.36	0.14	0.64	0.96	3.41	الحديد الثنائي Fe^{2+} (مغ/ل)
17.48	13.72	4.44	1.19	0.86	0.43	0.06	العكارة (NTU)
46.33	92.46	89.44	95.89	95.60	71.85	00	المردودية (%)



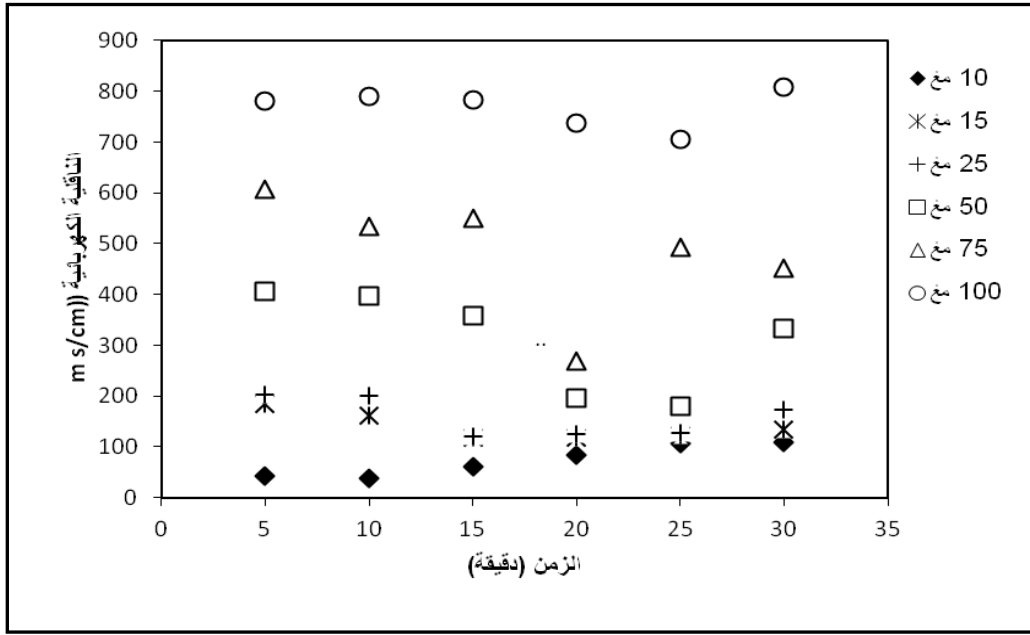
شكل 66 : تغيرات تركيز الحديد بدلالة كمية الجير



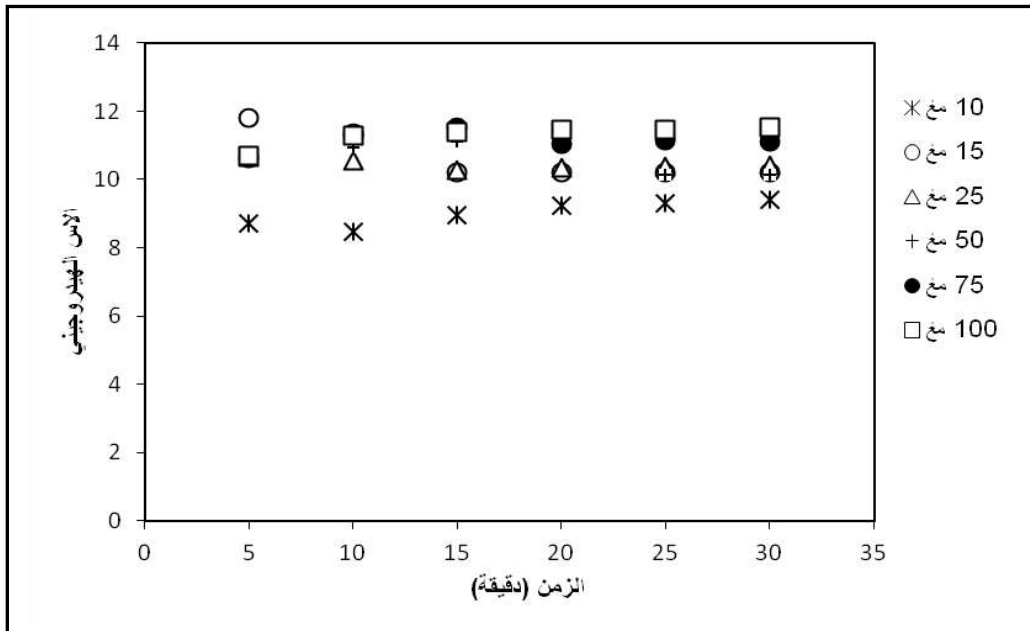
شكل 67. تغيرات العكارة بدلالة كمية الجير

من الجدول 29 و المنحنى 66، نلاحظ أن كمية الحديد المترسب تتناسب عكسا مع كمية الجير المضافة في العينات الثلاث الأولى لتصل الى القيمة أقل من 0.3 مغ/ل، حيث سجلت أعلى قيمة للمردودية 95.89 % عند العينة 03 أين كانت كمية الجير تساوي 25 مغ حيث إنخفض تركيز أيون الحديد من 3.41 مغ إلى 0.14 مغ، كما نفسر إرتفاع تركيز الحديد بعد العينة الثالثة باضافة قيم معتبرة من الجير الذي يحتوي على عنصر الحديد ضمن تركيبته كما هو مبين في الجدول 17.

أما بالنسبة للعكارة فهناك (الشكل 67) تناسب طردي مع كمية الجير المضافة، لأن العكارة تتعلق بكمية المواد الذائبة في المياه.



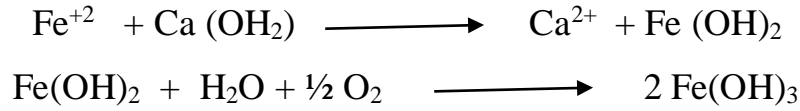
شكل 68. تغيرات الناقلية الكهربائية بالمعالجة بالجير



شكل 69. تغيرات الأس الهيدروجيني بالمعالجة بالجير

من تغير الناقلية الكهربائية، في الشكل 68 للمعالجة بالجير ، بكميات مختلفة (10 مغ إلى 100 مغ) مع عينات الماء بدلالة الزمن، نلاحظ أن الناقلية الكهربائية ترتفع مباشرة بعد إضافة الجير وهذا راجع لزيادة تركيز كل من الكالسيوم (Ca^{2+}) و الهيدروكسيد (OH^-) الناتجين من ذوبان الجير. حيث أنه من خلال توازن النظام بعد 20 دقيقة من زمن تفاعل الماء مع الجير، يعطينا مؤشر على نهاية التفاعل وترسيب الحديد.

بالنسبة لتغيرات الأس الهيدروجيني في الشكل 69، نلاحظ أن هناك علاقة طردية بين نسبة الجير المضافة وقيمة pH الوسط الناتج، حيث ان قيمة pH تزداد من 8.29 إلى 11.54 حسب قيمة الجير المضافة على التوالي (10مغ، 15مغ، 25مغ، 50مغ، 75مغ، 100مغ) وهذا راجع لتفاعل الماء مع الجير وارتفاع قلوية الماء لزيادة أيونات الهيدروكسيد (OH⁻) حسب المعادلة التالية :

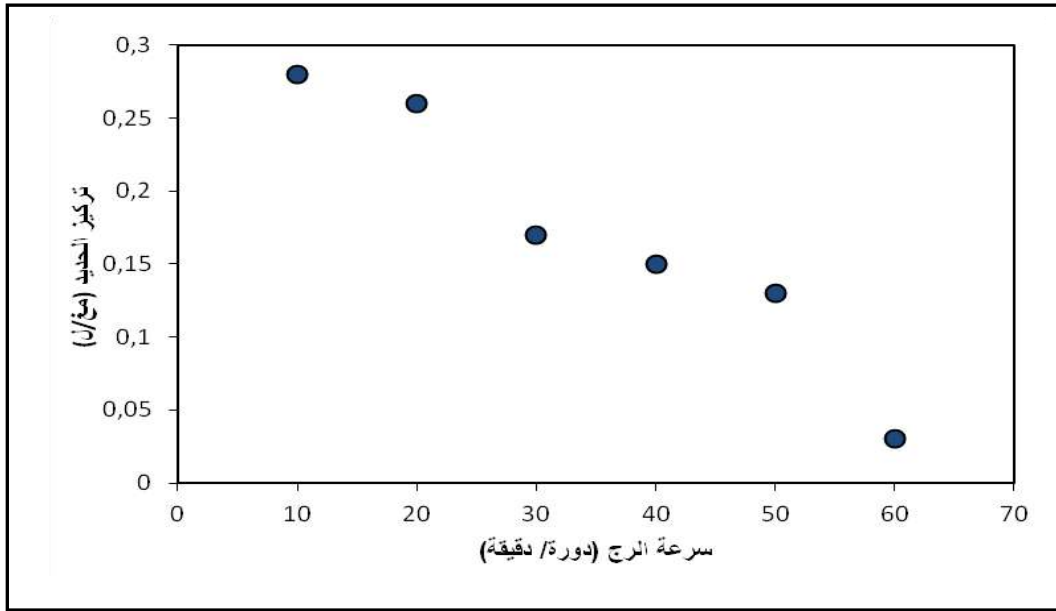


2.1.II. تأثير سرعة الرج

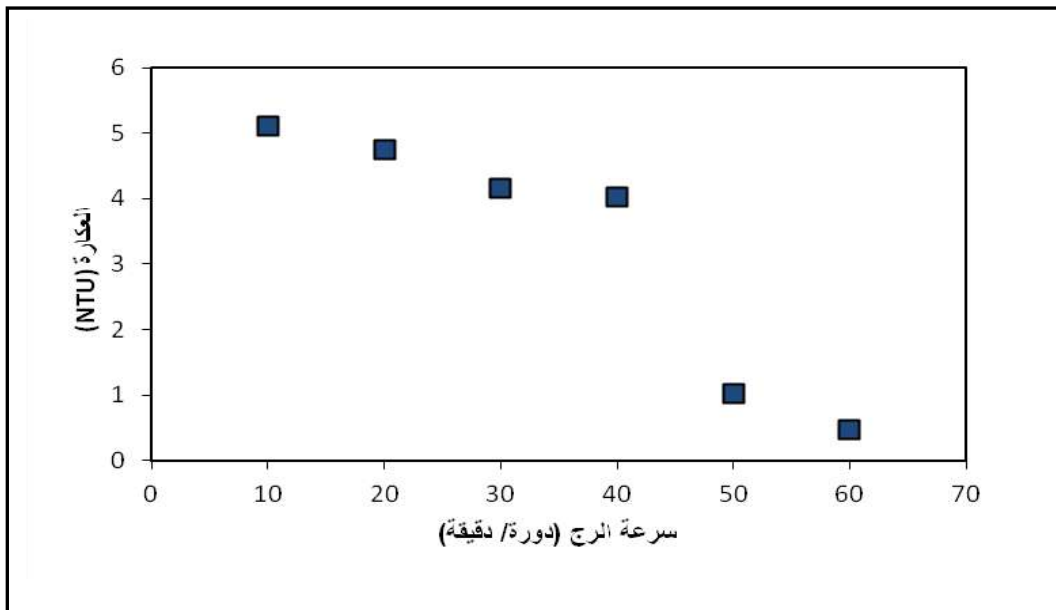
من أجل تحديد تأثير سرعة الرج على مردودية تخفيض الحديد، قمنا بتحضير (06) ست عينات وهذا بتثبيت كمية الجير المضافة عند القيمة 25 مغ وكذا زمن الرج 20 دقيقة، وتغيير سرعة الرج الضعيف (10، 20، 30، 40، 50، 60) دورة /دقيقة)، وهذا من أجل إيجاد سرعة الرج التي تعطي أكبر مردودية للتفاعل، النتائج المتحصل عليها ملخصة في الجدول 30.

الجدول 30. نتائج تأثير سرعة الرج على مردودية تخفيض الحديد بالجير

العينة	العينة الأولى	العينة الثانية	العينة الثالثة	العينة الرابعة	العينة الخامسة	العينة السادسة
سرعة الرج (دورة/دقيقة)	10	20	30	40	50	60
تركيز الحديد (مغ/ل)	0.28	0.26	0.17	0.15	0.13	0.03
العكارة (NTU)	5.11	4.75	4.15	4.02	1.02	0.46
المردودية (%)	91.79	92.38	95.01	95.60	96.19	99.12
الأس الهيدروجيني pH	9.10	9.18	9.31	9.99	9.9	10.31



شكل 70. تغيرات تركيز الحديد بدلالة سرعة الرج بالمعالجة بالجير



شكل 71. تغيرات العكارة بدلالة سرعة الرج بالمعالجة بالجير

تعتبر سرعة الرج من أكبر العوامل المساعدة في عملية التلبد حيث أنها تتيح أكبر مجال للتلامس بين الجزيئات مما يساعد في الترسيب.

فمن خلال الجدول 30 وقراءة المنحنيات (70،71)، وبمتابعة تغيرات تركيز الحديد و العكارة بدلالة سرعة الرج، نلاحظ أن هناك تناسب عكسي بين سرعة الرج وتركيز أيون الحديد.

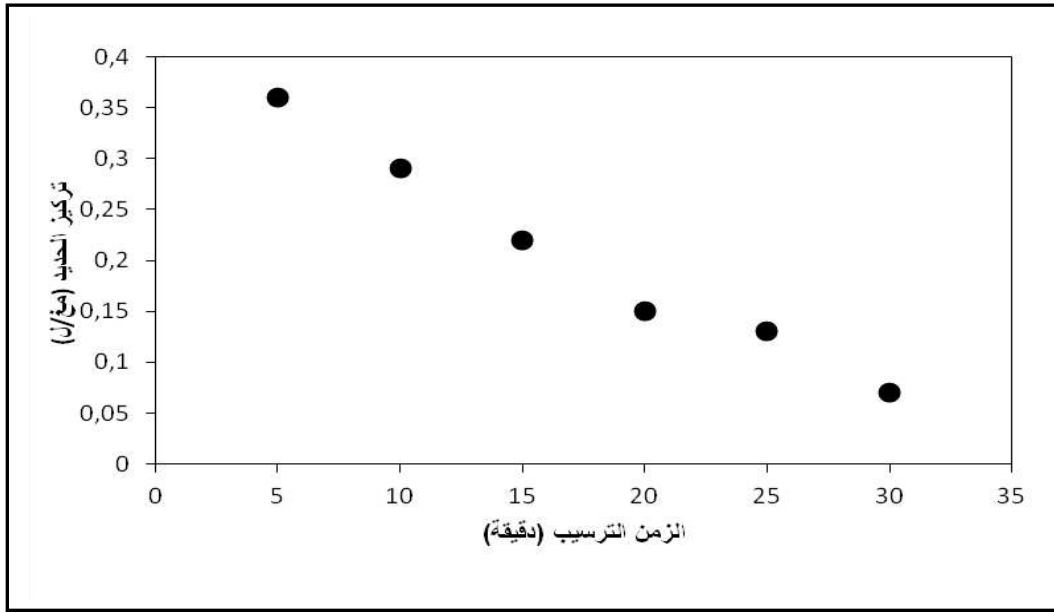
لنلاحظ أن هناك إنخفاض في الحديد والعاكارة، كلما زادت قيمة سرعة الرج، فنحصل على أكبر مردودية تساوي 99.12 % في العينة السادسة (06)، حيث إنخفض تركيز الحديد من 3.41 مغ/ل إلى 0.03 مغ/ل. ولكن بالرجوع لقيم كل من العاكارة و الأس الهيدروجيني، نجد أن قيمة سرعة الرج التي تعطي مردودية تخفيض عنصر الحديد مقبولة و تحقق تلك الشروط هي 20 دورة/دقيقة.

3.1.II. تأثير زمن الترسيب

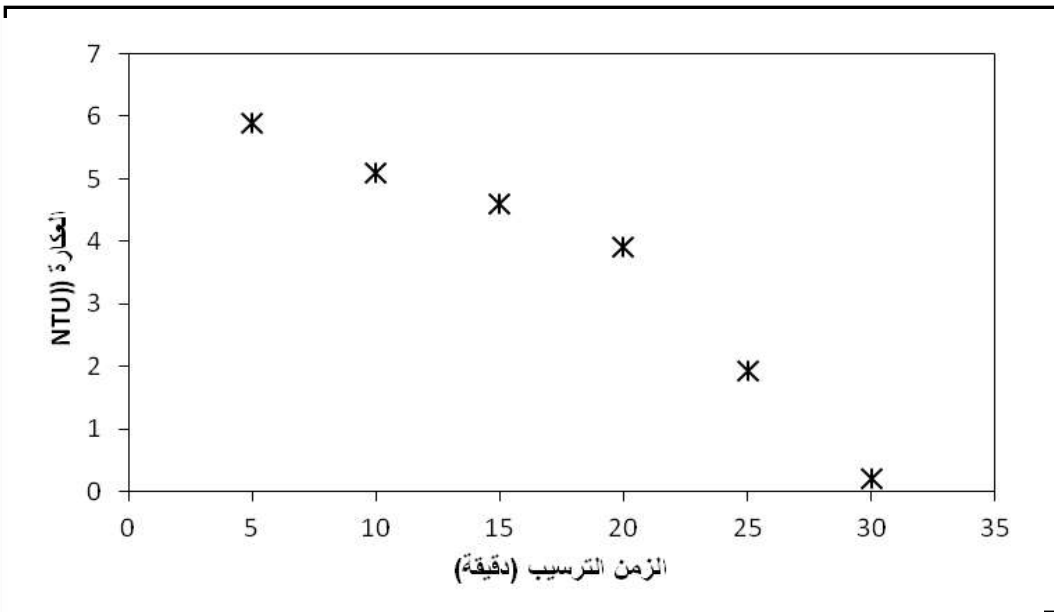
لمعرفة زمن الترسيب المثالي لتخفيض الحديد، قمنا بتحضير (06) عينات، حيث ثبتنا الشروط المثالية لتفاعل والمستنتجة سابقا (كمية الجير المضافة، زمن الرج، سرعة الرج) (25 مغ/ل)، 20 دقيقة، 20 دورة/دقيقة) على التوالي، ونقوم بتغيير زمن الترسيب بمعدل زمني قدره 05 دقائق (15، 10، 05، 30، 25، 20 دقيقة)، ثم نقوم بالترشيح في مرشح نفاذيته أقل من 0.45 µm، ونعاير أيونات الحديد، النتائج المتحصل عليها ملخصة في الجدول 31.

الجدول 31. نتائج تأثير زمن الترسيب على مردودية تخفيض الحديد بالجير

العينة السادسة	العينة الخامسة	العينة الرابعة	العينة الثالثة	العينة الثانية	العينة الأولى	العينة
30	25	20	15	10	05	زمن الترسيب
0.07	0.13	0.15	0.22	0.29	0.36	تركيز الحديد (مغ/ل)
0.2	1.92	3.92	4.61	5.01	5.9	العاكارة (NTU)
97.95	96.19	95.60	93.55	91.50	89.44	المردودية (%)
9.26	8.99	8.32	8.66	8.35	8.31	الأس الهيدروجيني pH



شكل 72. تغيرات تركيز الحديد بدلالة زمن الترسيب بالمعالجة بالجير



شكل 73. تغيرات العكارة بدلالة زمن الترسيب بالمعالجة بالجير

من خلال النتائج الممثلة في الشكل (72)، نلاحظ أن هناك تناسب طردي بين تخفيض الحديد وزمن الترسيب، حيث أنه مع زيادة زمن الترسيب تزداد كمية تخفيض الحديد بالجير، لتسجل أعلى مردودية 97.95% بقيمة 0.07 (مغ/ل) عند العينة السادسة (06) خلال 30 دقيقة.

أما تغير العكارة والمبينة في الشكل (74)، فنجد أن هناك علاقة تناسب عكسي بين العكارة و زمن الترسيب، حيث سجلت أعلى قيمة لها في العينة الأولى (01) بـ 5.9 و أقل قيمة في العينة السادسة (06) بـ 0.2 مغ، ونفسر ذلك بزيادة ترسب الحديد مع مرور الزمن.

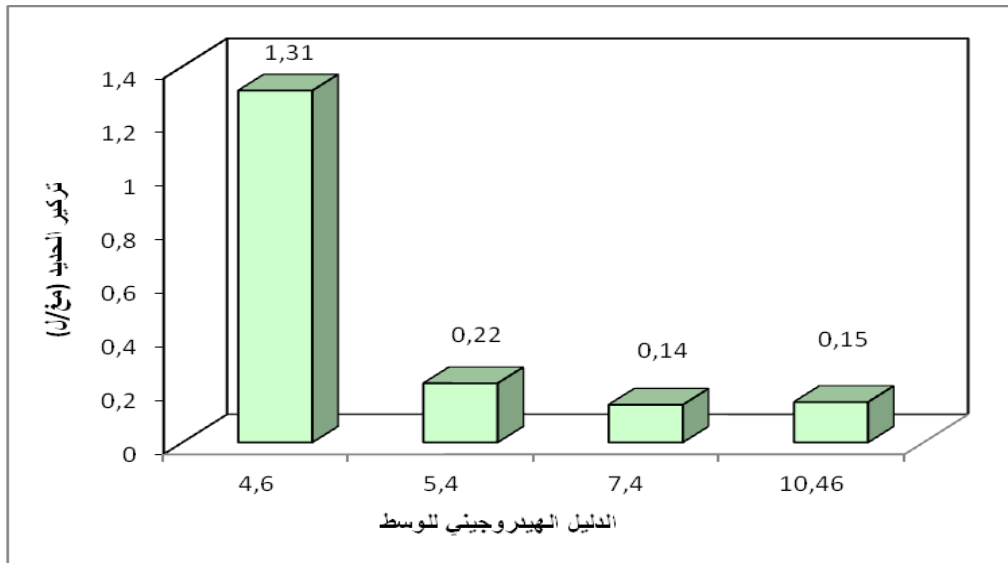
أما زمن الترسيب المثالي لتخفيض الحديد فقدر بـ 10 دقائق لأن قيمة الحديد توافقت مع المعايير العالمية (0.29 مغ/ل > 0.3 مغ/ل) ، وكذلك الأس الهيدروجيني والعكارة ضمن المجال المسموح به.

II.4.1. تأثير طبيعة الوسط (حامضي – قاعدي)

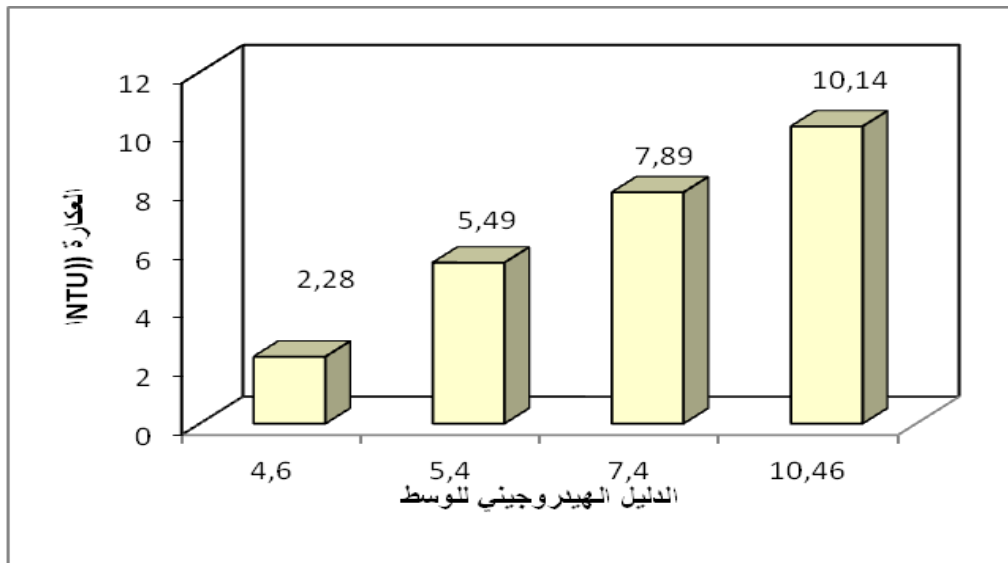
من أجل تحديد تأثير الأس الهيدروجيني للوسط على مردودية تخفيض الحديد، قمنا بتحضير (04) أربع عينات ذات pH دليل هيدروجيني مختلف (4.6، 5.4، 7.4، 10.46) وجرى تحضير هذه الأوساط المختلفة عن طريق إضافة حمض قوي HCL و قاعدة NaOH ، وهذا بتثبيت الشروط المثالية لتفاعل (كمية الجير 25 (مغ/ل)، سرعة الرج 20 دورة/دقيقة، زمن الرج 20 دقيقة مدة الترسيب 10 دقيقة)، النتائج المتحصل عليها ملخصة في الجدول 32.

الجدول 32. نتائج تأثير الأس الهيدروجيني للوسط على تخفيض الحديد بالجير

العينة	العينة الأولى	العينة الثانية	العينة الثالثة	العينة الرابعة
pH الوسط قبل المعالجة	4.6	5.4	7.4	10.46
الحديد (مغ/ل)	1.31	0.22	0.14	0.15
العكارة (NTU)	2.28	4.49	7.89	9.14
المردودية (%)	52	93.54	95.89	95.60



شكل 74. تأثير الأس الهيدروجيني للوسط على تركيز الحديد بالمعالجة بالجير



شكل 75. تأثير الأس الهيدروجيني للوسط على العكارة بالمعالجة بالجير

بعد تحليل النتائج المسجلة في الجدول 32 وكل من المنحنيات (74 و 75)، نجد أن تركيز الحديد سجل أكبر قيمة له 1.31 مغ/ل و العكارة 2.28 في العينة الأولى pH الوسط يساوي 4.6، في حين أنه كلما زادت قيمة pH نجد أن مردودية تخفيض الحديد تزداد لتصل إلى 95.89%، عند العينة الثالثة (03) والتي قيمة pH الوسط يساوي 7.40 حيث سجلت قيمة الحديد والعكارة على التوالي (0.14 مغ/ل، 7.89 NTU). وتفسر النتائج المتحصل عليها بأنه في الوسط الحامضي ($pH > 5.5$) خاصية التخثر تكون بطيئة مما يؤثر على نسبة تخفيض الحديد، وبدوره على سرعة الترسيب والذي يؤثر على العكارة التي تكون هي كذلك

ضعيفة، في حين أنه كلما إتجهنا نحو الوسط ذو الأس الهيدروجيني القاعدي تكون هناك شوارد هيدروكسيد (OH^-) عالية مما يحفز تأكسد الحديد بسرعة الذي يترسب على شكل هيدروكسيد الحديد الثلاثي مما يؤدي إلى ارتفاع نسبة العكارة.

مما سبق نستنتج أن القيمة المثلى للأس الهيدروجيني هي 7.4 التي توافق مجال ترسب الحديد $(5.5 < \text{PH} < 7.5)$.

2.II. المعالجة بالكلور

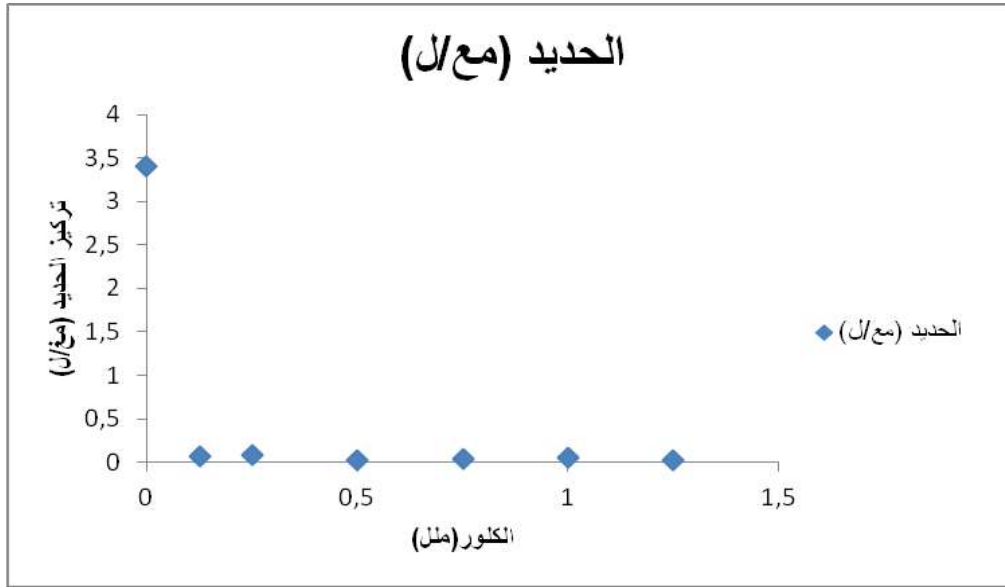
في معالجة وتخفيض الحديد في المياه عن طريق المعالجة بالكلور، قمنا بإستخدام هيبوكلوريت الصوديوم (NaOCl)، حيث هذا الأخير يحتوي على الكلور بنسبة 12%.

1.2.II. تأثير كمية الكلور

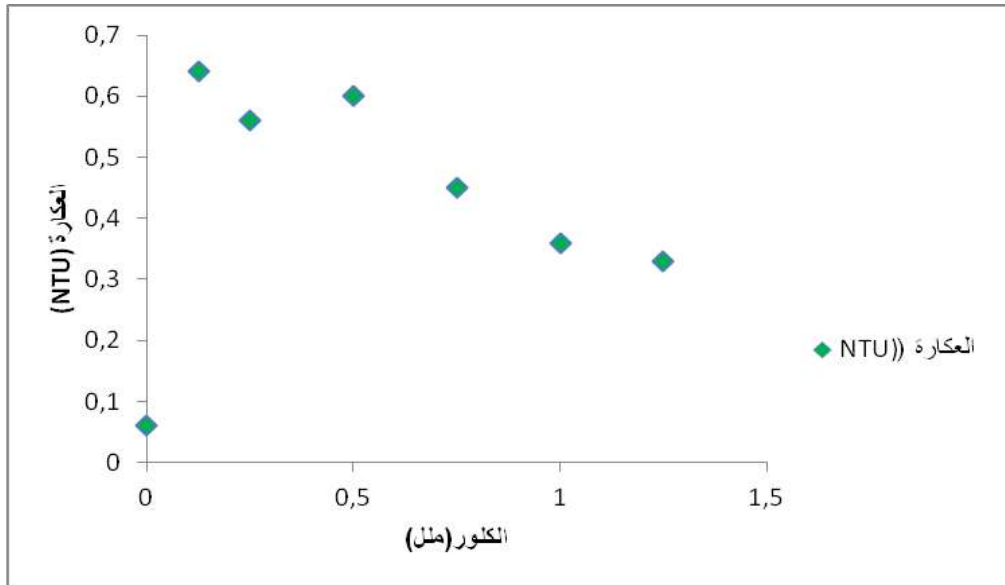
حضرت العينات مخبرياً، في دوارق بسعة 250 ملل وبتراكيز حديد 3.41 مغ/ل من الحديد الثنائي، ثم نقوم باضافة كميات مختلفة من هيبوكلورايت الصوديوم (1.25، 0.75، 0.5، 0.25، 0.125 ملل)، نقوم بعملية الرج لمدة 30 دقيقة وفي سرعة رج تقدر بـ 60 دورة /دقيقة، نفصل الراسب من كل عينة عن طريق الترشيح بورق الترشيح نفاذيته أقل من $0.45 \mu\text{m}$ ، ثم نقوم بالمعايرة والنتائج المتحصل عليها مبينة في الجدول 33.

الجدول 33. النتائج المتحصل عليها بالمعالجة بالكلور

العينة	العينة الإبتدائية	العينة الأولى	العينة الثانية	العينة الثالثة	العينة الرابعة	العينة الخامسة	العينة السادسة
هيبوكلوريد الصوديوم (NaOCl)	00	0.125	0.25	0.5	0.75	1	1.25
الحديد الثنائي Fe^{2+} (mg/l)	3.41	0.07	0.08	0.03	0.04	0.06	0.03
العكارة (NTU)	0.06	0.64	0.56	0.6	0.45	0.36	0.33
المردودية (%)	00	97.95	97.65	99.12	98.83	98.24	99.12



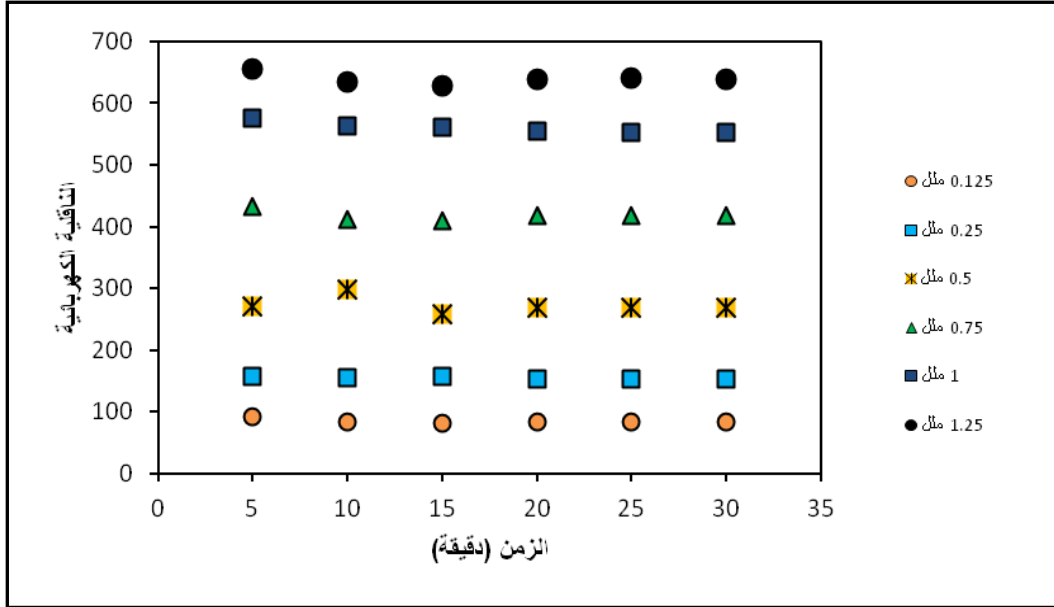
شكل 76. تغيرات تركيز الحديد بالمعالجة بالكلور



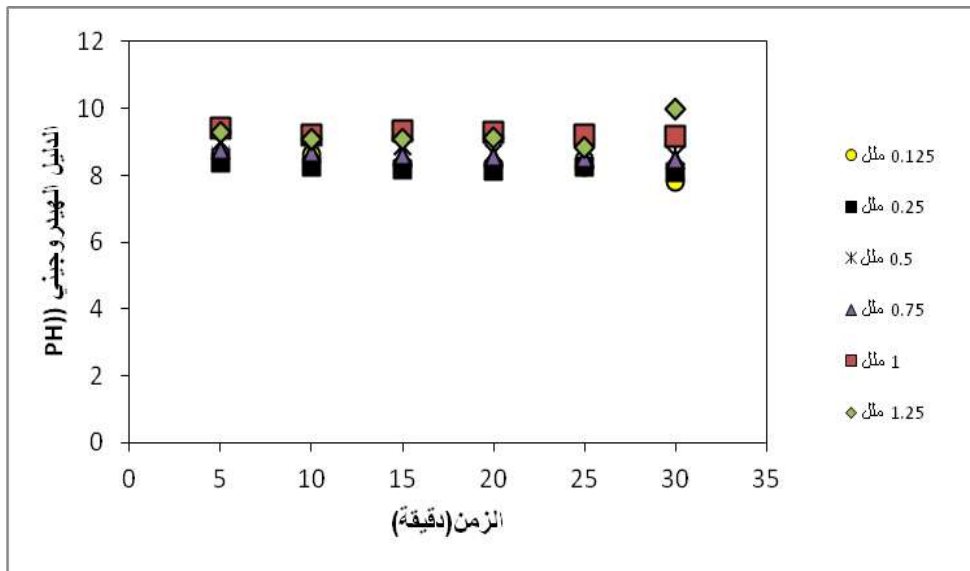
شكل 77. تغيرات العكارة بالمعالجة بالكلور

من خلال الجدول (33) وكذا قراءة المنحنى 76، نلاحظ أن نسبة تخفيض الحديد تختلف من عينة إلى أخرى حسب كمية الكلور المضافة، لتسجل أعلى نسبة في العينة (الثالثة والسادسة) بـ 99.12%، وبما أن الكلور يعتبر من المؤكسدات القوية، فعند إضافة 0.125 ملل منه نجد أن قيمة الحديد تساوي 0.07 (مغ/ل)، بمرادوية تساوي 97.95%.

نلاحظ خلال الشكل 75، أن هناك تناسب عكسي بين العكارة و كمية الكلور المضافة، وهذا راجع لتشكل رواسب للحديد تنزع بالترشيح، وقد لوحظ أن عينات المياه تصبح أكثر نقاوة عند إضافة الكلور. من خلال ماسبق نستنتج أن كمية الكلور اللازمة لتخفيض 3.14 مغ من أيون الحديد الى القيم المسموح بها هي 0.125 ملل.



شكل 78. تغيرات الناقلية الكهربائية بالمعالجة بالكلور



شكل 79. تغيرات الأس الهيدروجيني بالمعالجة بالكلور

من خلال تتبع التغيرات في الناقلية الكهربائية والأس الهيدروجيني، في كل من الأشكال 78 و 79 لتفاعل الكلور المضاف، بكميات مختلفة مع عينات الماء بدلالة زمن التفاعل من 0 دقيقة إلى 30 دقيقة، نلاحظ أن الناقلية الكهربائية ترتفع مباشرة بعد إضافة الكلور، لتستقر بعد مرور فترة زمنية تقارب 20 دقيقة، مما يقدم لنا مؤشر على نهاية التفاعل وترسيب الحديد.

بالنسبة لتغيرات الأس الهيدروجيني، نلاحظ أن هناك ارتفاع في قيم الأس الهيدروجيني حيث تغيرت القيم ضمن المجال (من 7.8 إلى 9.98) حسب كمية الكلور المضاف، وهذا يرجع لتشكل شوارد (OH⁻) كما هو مبين في معادلة التفاعل.

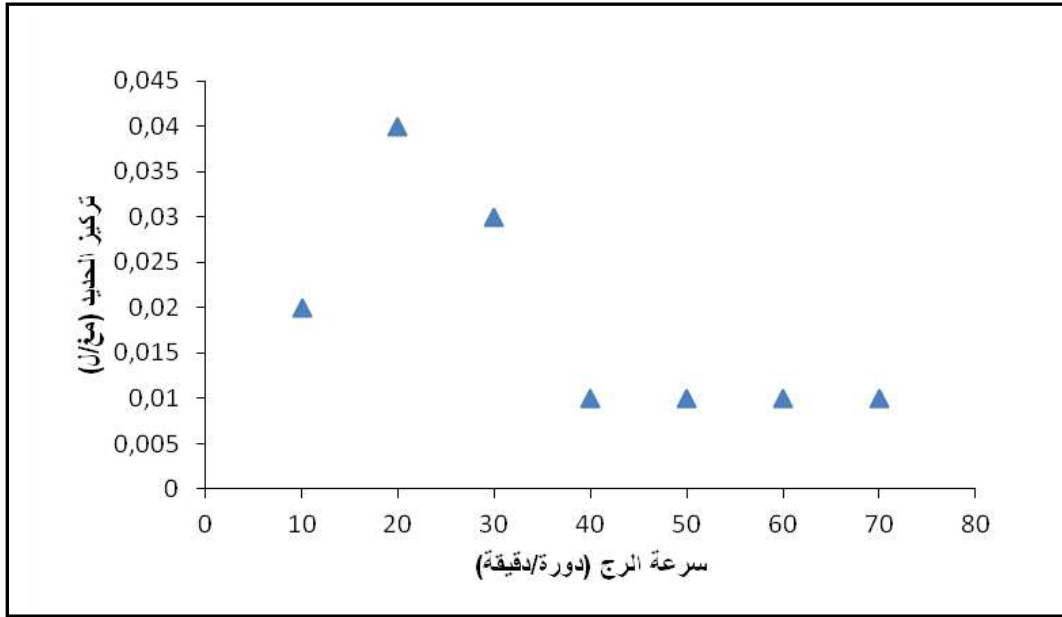


II.2.2. تأثير سرعة الرج

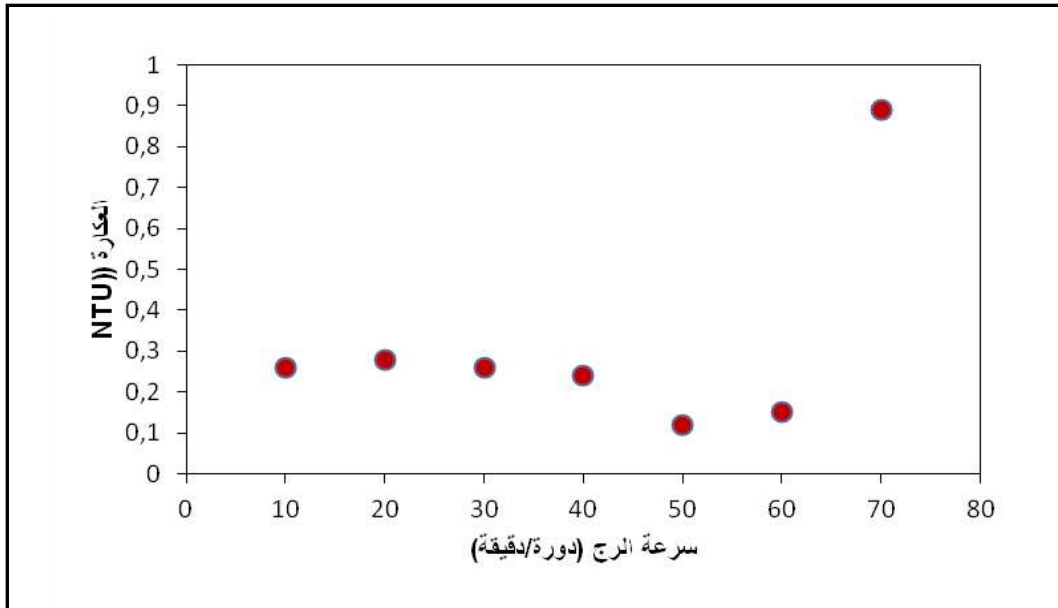
من أجل تحديد تأثير سرعة الرج على مردودية تخفيض الحديد، قمنا بتحضير سبعة (07) عينات وهذا بتثبيت كمية الكلور عند القيمة 0.125 ملل، وكذا زمن الرج 20 دقيقة، وتغيير سرعة الرج الضعيف (10، 20، 30، 40، 50، 60، 70) دورة /دقيقة، ونقوم بالمعايرة بجهاز مطياف الأشعة فوق البنفسجية، النتائج المتحصل عليها ملخصة في الجدول 34.

الجدول 34. نتائج تأثير سرعة الرج على مردودية تخفيض الحديد بالكلور

العينة	العينة الأولى	العينة الثانية	العينة الثالثة	العينة الرابعة	العينة الخامسة	العينة السادسة	العينة السابعة
سرعة الرج (دورة/دقيقة)	10	20	30	40	50	60	70
تركيز الحديد (مغ/ل)	0.02	0.04	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01
العكارة (NTU)	0.26	0.28	0.26	0.24	0.12	0.15	0.89
المردودية (%)	99.4	98.8	99.1	99.7	99.7	99.7	99.7



شكل 80. تغيرات تركيز الحديد بدلالة سرعة الرج بالمعالجة بالكlor



شكل 81. تغيرات العكارة بدلالة سرعة الرج بالمعالجة بالكlor

تعتبر سرعة الرج من أكبر العوامل المهمة في أكسدة الحديد حيث تتيح أكبر مجال لتلامس بين الجزيئات مما يساعد في عملية الأكسدة، وعليه من خلال الجدول 34 وقراءة المنحنى (80، 81) لكل من تطور تركيز الحديد و العكارة بدلالة سرعة الرج، نلاحظ أن نسبة تخفيض عنصر الحديد تتغير بنسبة طفيفة جدا بتغير

سرعة الرج، حيث سجلت أكبر قيمة لتخفيض الحديد في العينة الرابعة (04) بـ 0.01 (مغ/ل) وبمردودية 99.7% عند السرعة 40 دورة/دقيقة، لتستقر عند هذه القيمة في باقي العينات، أما العكارة فتتغير بتغير السرعة من 0.12 إلى 0.89.

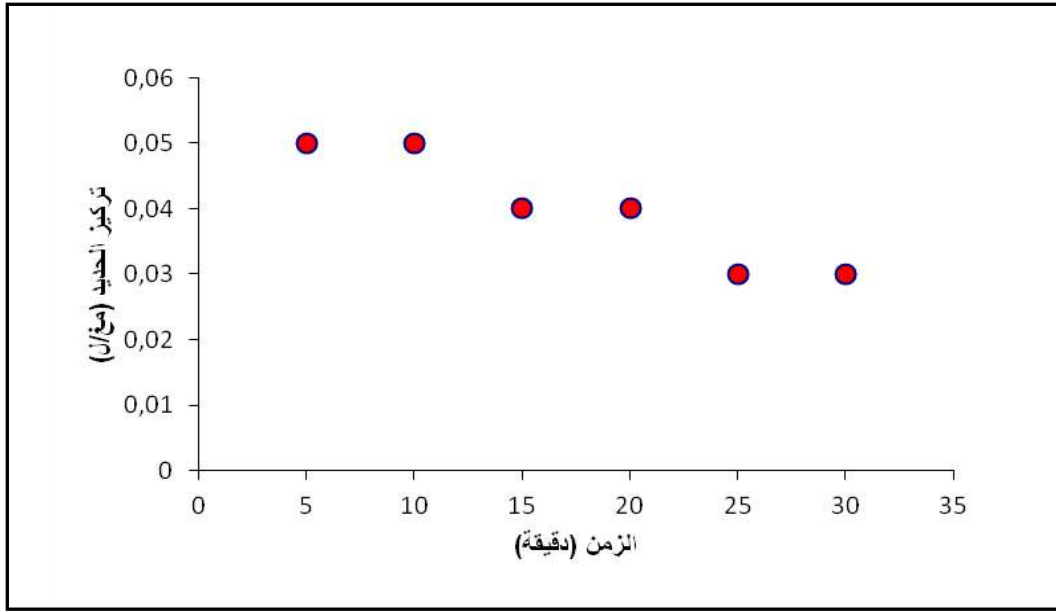
من خلال النتائج السابقة نجد أن السرعة المثالية للرج هي 10 دورة/دقيقة التي أعطت أعلى مردودية تخفيض تساوي 99.4%.

II.3.2. تأثير زمن الترسيب

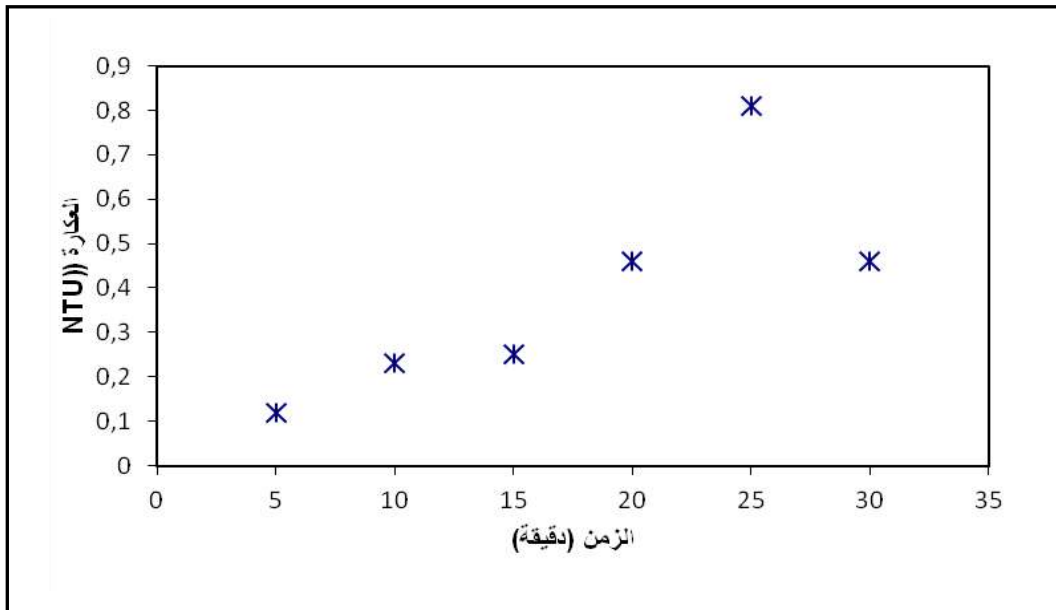
لمعرفة زمن الترسيب المثالي لتخفيض الحديد، قمنا بتحضير ستة (06) عينات وهذا بتثبيت كمية الكلور عند القيمة 0.125 ملل، و زمن الرج 20 دقيقة، سرعة الرج الضعيف 10 دورة/دقيقة، ونقوم بتغيير زمن الترسيب (05،10،15،20،25،30) دقيقة، وأخير نقوم بالترشيح في مرشح نفاذيته أقل من μm 0.45، ونعاير أيونات الحديد، النتائج المتحصل عليها ملخصة في الجدول 35.

الجدول 35. نتائج تأثير زمن الترسيب على مردودية تخفيض الحديد بالكلور

العينة السادسة	العينة الخامسة	العينة الرابعة	العينة الثالثة	العينة الثانية	العينة الأولى	العينة
30	25	20	15	10	05	زمن الترسيب
0.03	0.03	0.04	0.04	0.05	0.05	تركيز الحديد (مغ/ل)
0.46	0.81	0.46	0.25	0.23	0.12	العكارة (NTU)
99.12	99.12	98.83	98.83	98.53	98.53	المردودية (%)



شكل 82. تغيرات تركيز الحديد بدلالة زمن الترسيب بالمعالجة بالكلور



شكل 83. تغيرات العكارة بدلالة زمن الترسيب بالمعالجة بالكلور

من خلال النتائج الممثلة في الشكل (82)، نلاحظ أن إنخفاض تركيز الحديد بدلالة زمن الترسيب ضعيف، حيث سجل أقل قيمة 0.03 (مغ/ل) و أكبر قيمة 0.05 (مغ/ل)، بمرادوية تساوي 99.12% و 98.53% على التوالي، ومنه نستنتج أن زمن الترسيب في هذه التجربة لا يؤثر على طريقة المعالجة بالكلور، وهذا راجع إلى قوة المؤكسد المستعمل، ومنه نأخذ أقل قيمة للزمن وهي 05 دقائق.

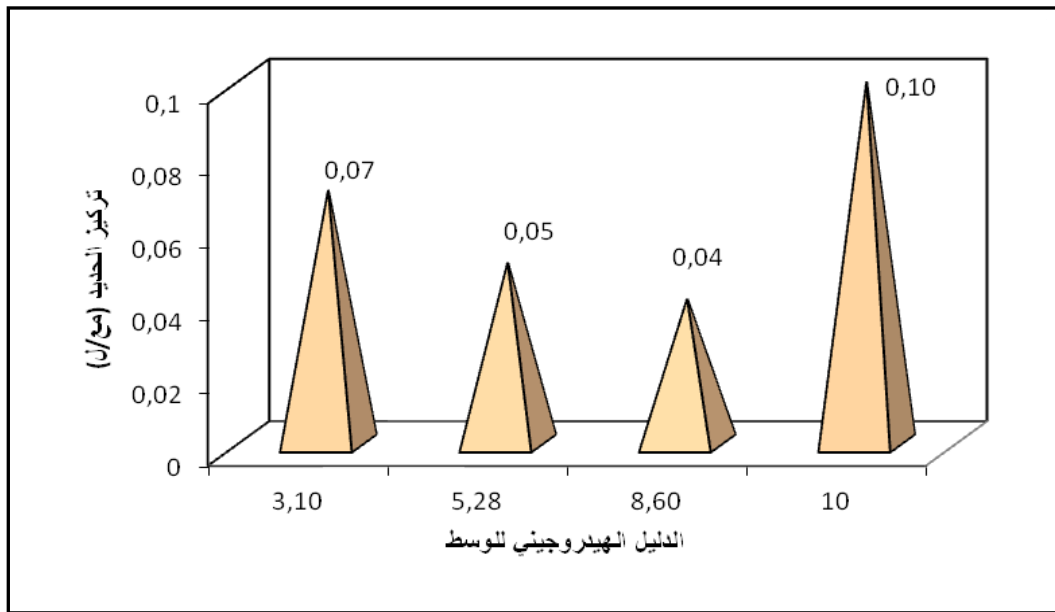
أما تغير العكارة والمبينة في الشكل (83)، فتتغير حسب زمن الترسيب تبعاً لزيادة نسبة تخفيض الحديد، لتسجل العكارة أعلى قيمة في العينة الخامسة (05) بقيمة 0.81 وأقل قيمة 0.12 في العينة الأولى (01).

II.4.2. تأثير طبيعة الوسط (حامضي – قاعدي)

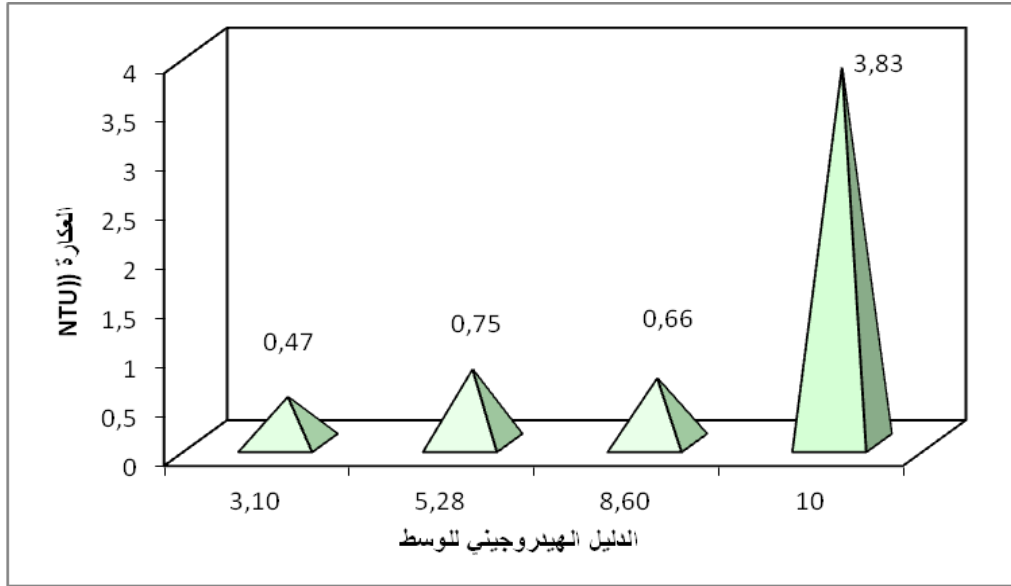
لدراسة تأثير الأس الهيدروجيني للوسط على تخفيض الحديد، قمنا بتحضير (04) أربعة عينات ذات pH دليل هيدروجيني مختلف (3.10، 5.28، 8.6، 10) وجرى تحضير هذه الأوساط المختلفة عن طريق إضافة حمض قوي HCL و قاعدة NaOH ، وهذا بعد تثبيت الشروط المثالية للتفاعل المستخلصة سابقاً (كمية الكلور المضافة 0.125 (مغ/ل)، سرعة الرج 10 دورة/دقيقة، زمن الرج 20 دقيقة مدة الترسيب 05 دقيقة)، النتائج المتحصل عليها ملخصة في الجدول 36.

الجدول 36. نتائج تأثير الأس الهيدروجيني للوسط على تخفيض الحديد بالكلور

العينة	العينة الأولى	العينة الثانية	العينة الثالثة	العينة الرابعة
pH الوسط	3.10	5.28	8.6	10
الحديد (مغ/ل)	0.07	0.05	0.04	0.1
العكارة (NTU)	0.47	0.75	0.66	3.83
المردودية (%)	97.95	98.53	98.83	97.07

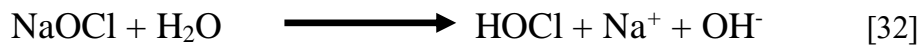


شكل 84. تأثير الأس الهيدروجيني للوسط على تركيز الحديد بالمعالجة بالكلور



شكل 85. تأثير الأس الهيدروجيني للوسط على العكارة بالمعالجة بالكلور

من خلال الشكل (84) لتغير تخفيض الحديد بعد إضافة الكلور بدلالة الأس الهيدروجيني للوسط، نلاحظ أن الحديد يتأكسد في الوسط دليل هيدروجيني منخفض pH من 3 إلى 5، حيث كانت النتائج (0.07، 0.05) (مغ/ل) في الوسط (3.10، 5.28) على التوالي، ويبقى إنخفاض الحديد مستمر في الوسط ذو pH أكبر من 7 (8.6، 10) حيث إنخفض عنصر الحديد بالقيم التالية على التوالي (0.04 و 0.1 مغ/ل)، ويرجع هذا لتأكسد الحديد وتحوله إلى حديد ثلاثي.



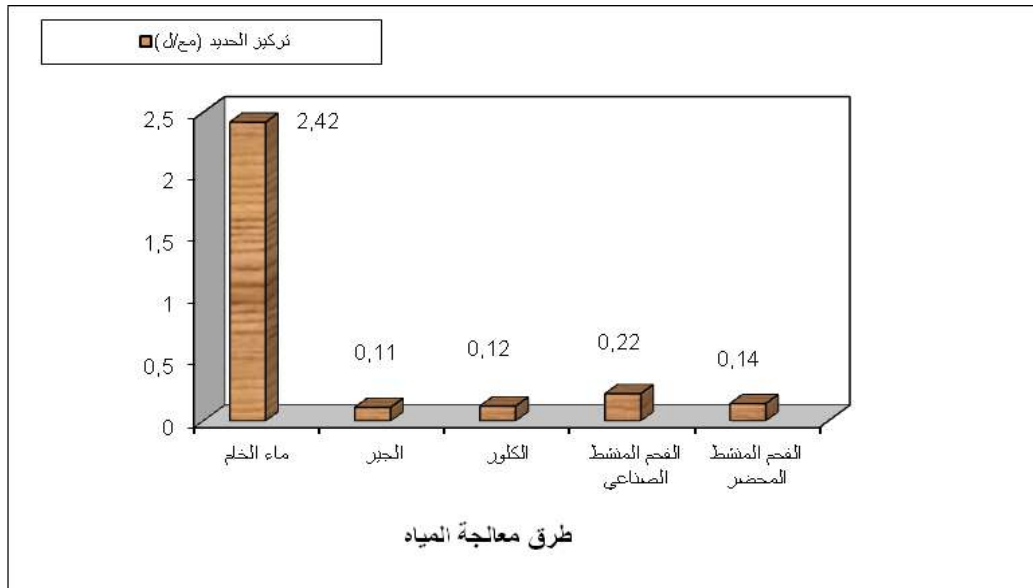
من خلال الشكل (85)، نلاحظ أن قيمة العكارة تتغير بتغير طبيعة الوسط (حامضي - قاعدي)، حيث نلاحظ أنه كلما ارتفعت قيمة الأس الهيدروجيني تزداد قيمة العكارة، هذه الأخيرة الناتجة من تأكسد الحديد وترسبه.

III. تطبيق طرق نزع الحديد على مياه منطقة إيزي

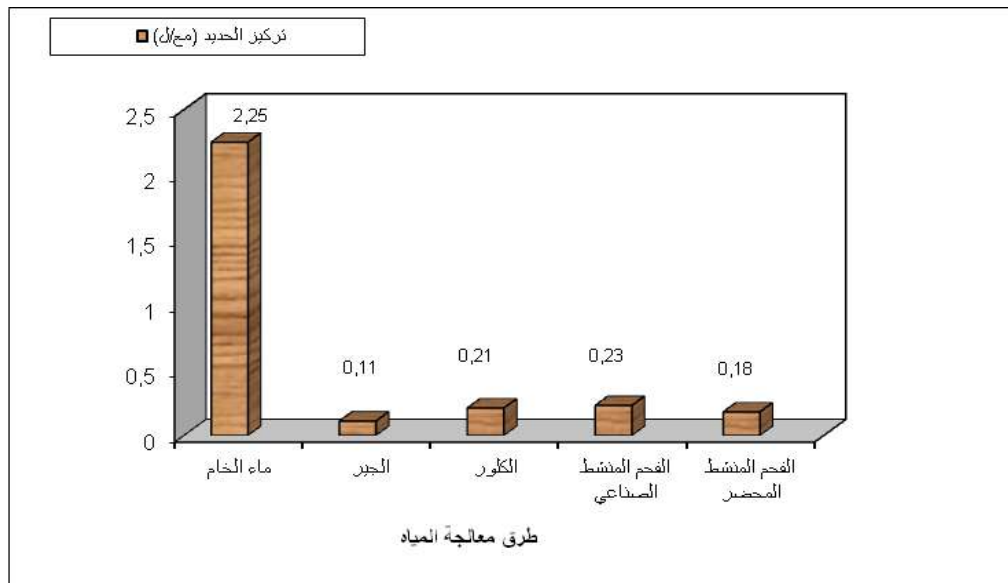
من خلال الدراسة التجريبية السابقة بإستعمال الماء المقطر، و بعد تحديد الشروط المثلة لتخفيض الحديد بالطرق المطبقة في هذا البحث (المعالجة بالجير، المعالجة بالكلور، المعالجة بالفحم النشط المحضر من نواة التمر الغرس، المعالجة بالفحم النشط التجاري)، قمنا بتطبيق هذه النتائج على مياه آبار إيزي (بئر عين الكرس، بئر Zhun 105، بئر منطقة النشاطات، بئر Zhun 102، بئر بلباشير، بئر سيدي بوصلاح).

الجدول 37. نتائج تطبيق طرق نزع الحديد على مياه منطقة إيزي

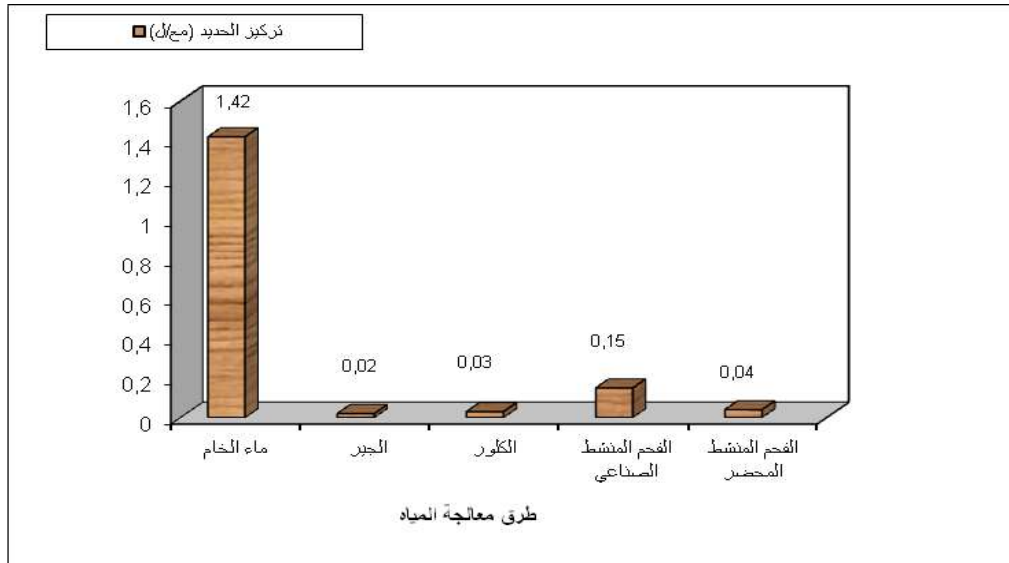
بنر سيدي بوصلاح	بنر بلباشير	بنر Zhun 102	بنر منطقة النشاطات	بنر Zhun 105	بنر عين الكرس	طريقة المعالجة	معايرة
1.21	2.62	1.81	1.42	2.25	2.42	الابتدائي	الحديد (مغ/ل)
0.23	0.07	0.25	0.02	0.11	0.11	الجير	
0.01	0.01	0.27	0.03	0.21	0.12	الكلور	
0.01	0.25	0.23	0.15	0.23	0.22	CAI	
0.12	0.03	0.21	0.04	0.18	0.14	CAP	
4.19	2.49	0.87	0.86	0.59	3.3	الابتدائي	العكارة (NTU)
21.4	17.5	2.55	49	38.1	57.8	الجير	
6.05	6.83	4.13	2.93	4.06	21.6	الكلور	
1.82	0.99	1.13	1.01	0.76	1.85	CAI	
4.3	3.88	5.05	3.95	4.5	5.01	CAP	
7.17	7.15	7.22	7.23	7.39	7.22	الابتدائي	الأس الهيدروجيني pH
8.23	8.37	9.08	9.64	9.19	8.66	الجير	
7.42	7.68	7.67	7.69	7.66	7.66	الكلور	
7.79	7.71	7.83	7.63	7.62	7.66	CAI	
7.68	7.82	7.84	7.76	7.73	8.45	CAP	



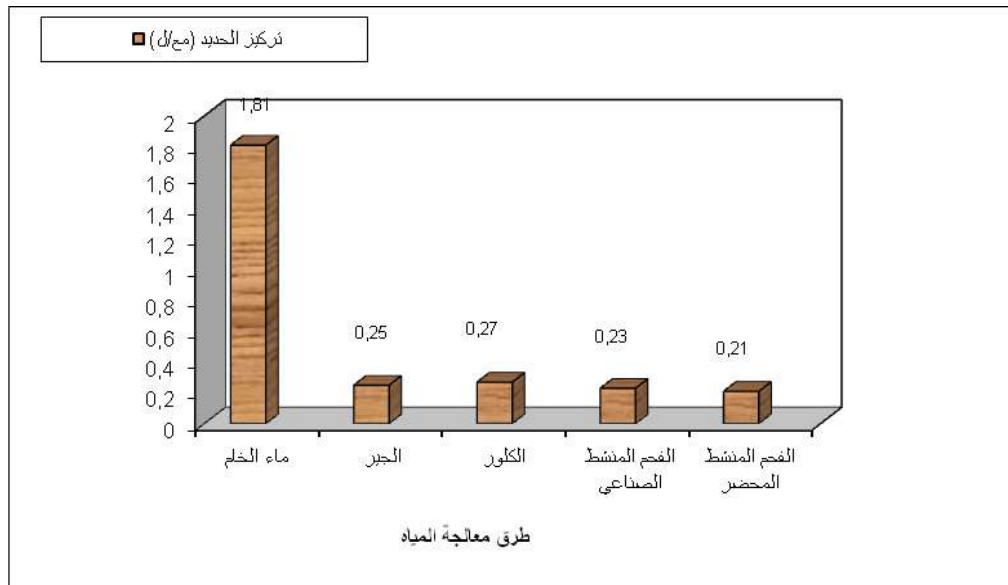
شكل 86 . تغيرات تركيز الحديد بإستعمال (الجير ، الكلور، الفحم المحضرو التجاري) في مياه بئر عين كرس



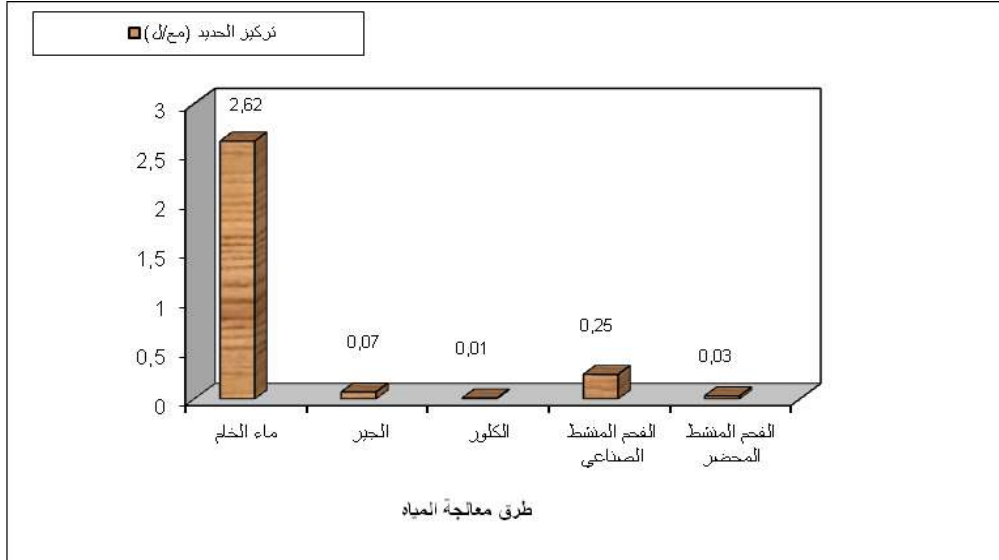
شكل 87 . تغيرات تركيز الحديد بإستعمال (الجير ، الكلور، الفحم المحضرو التجاري) في مياه بئر Zhun 105



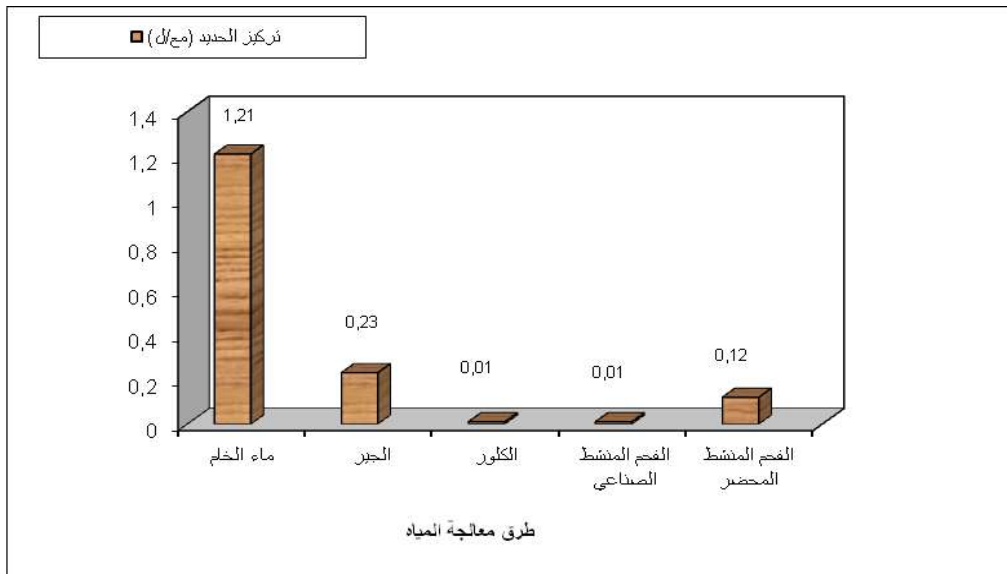
شكل 88 . تغيرات تركيز الحديد بإستعمال (الجير ، الكلور ، الفحم المحضرو التجاري) في مياه بئر منطقة النشاطات



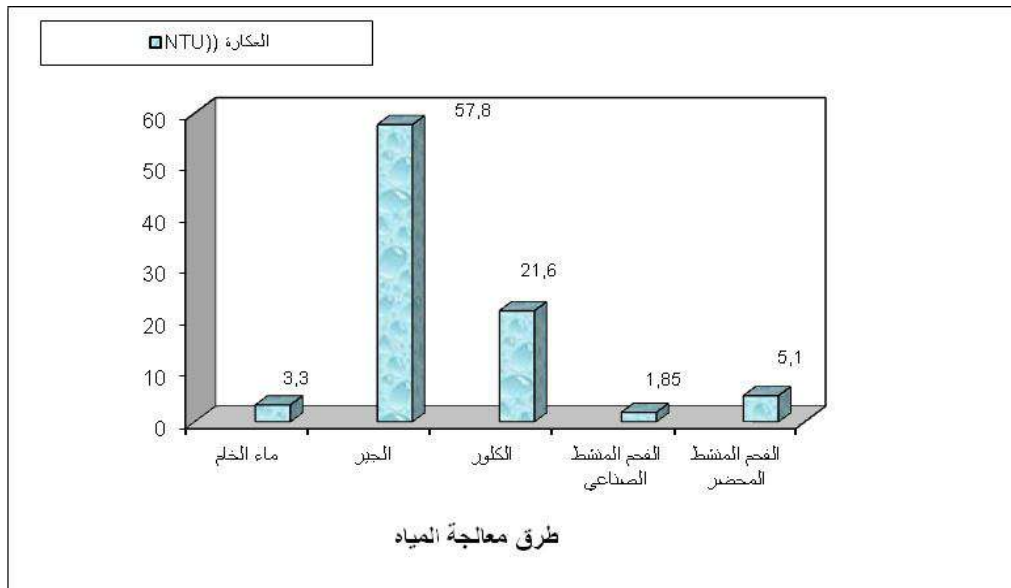
شكل 89 . تغيرات تركيز الحديد بإستعمال (الجير ، الكلور ، الفحم المحضرو التجاري) في مياه بئر Zhun 102



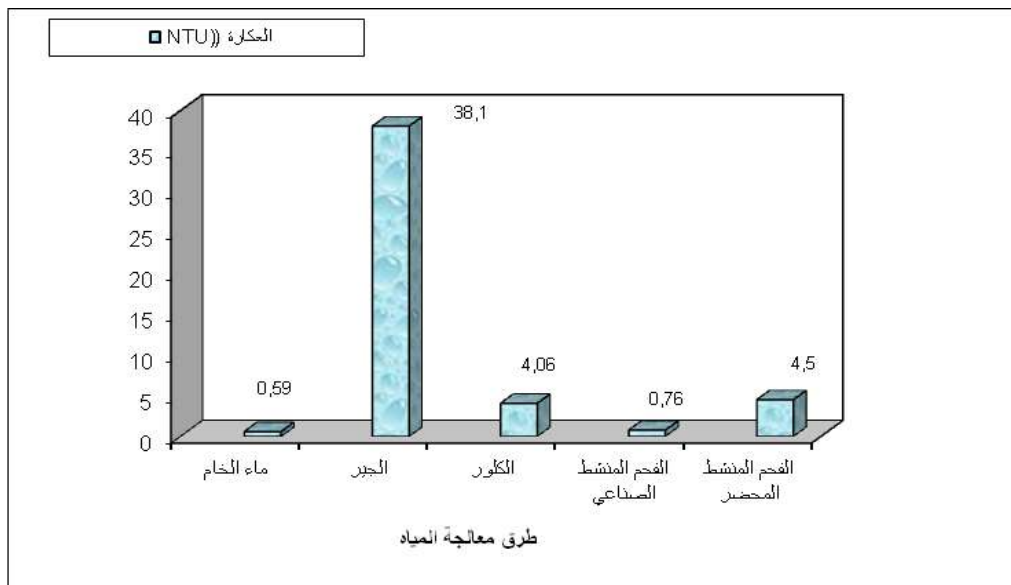
شكل 90 . تغيرات تركيز الحديد بإستعمال (الجير ، الكلور، الفحم المحضو التجاري) في مياه بئر بلباشير



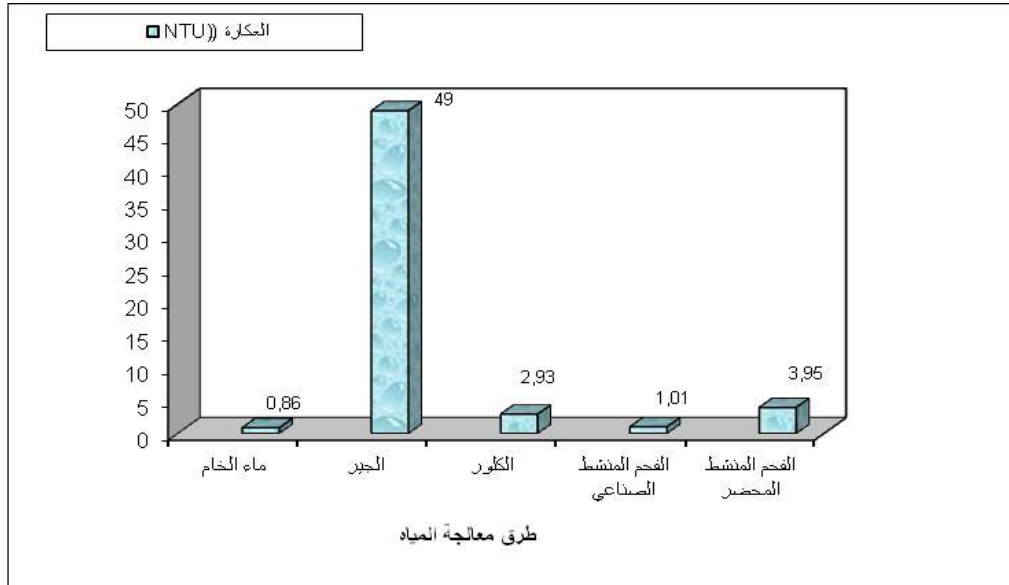
شكل 91 . تغيرات تركيز الحديد بإستعمال (الجير ، الكلور، الفحم المحضو التجاري) في مياه بئر سيدي بوصلاح



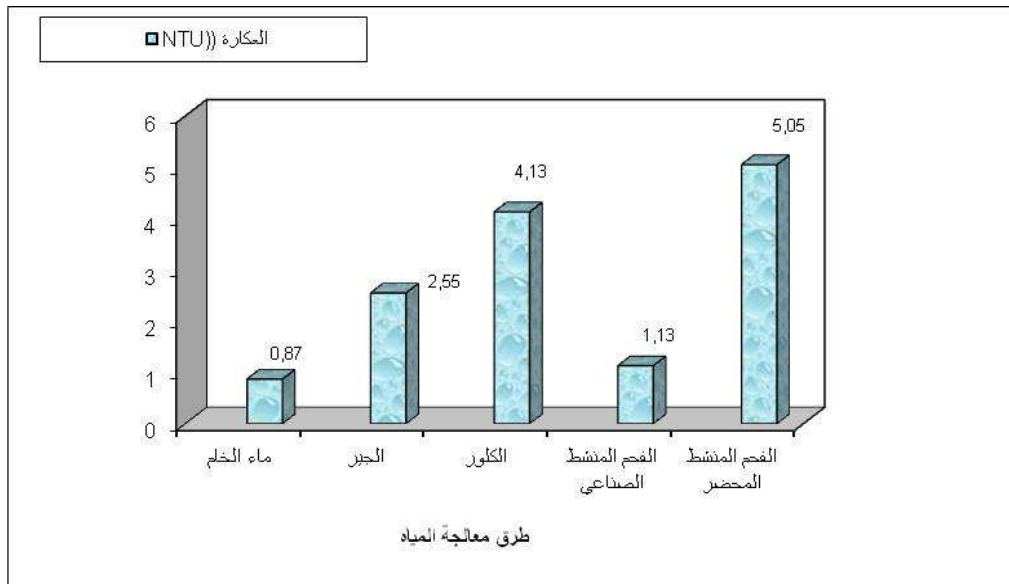
شكل 92 . تغيرات العكارة باستخدام (الجير ، الكلور ، الفحم المحضرو التجاري) في مياه بئر عين كرس



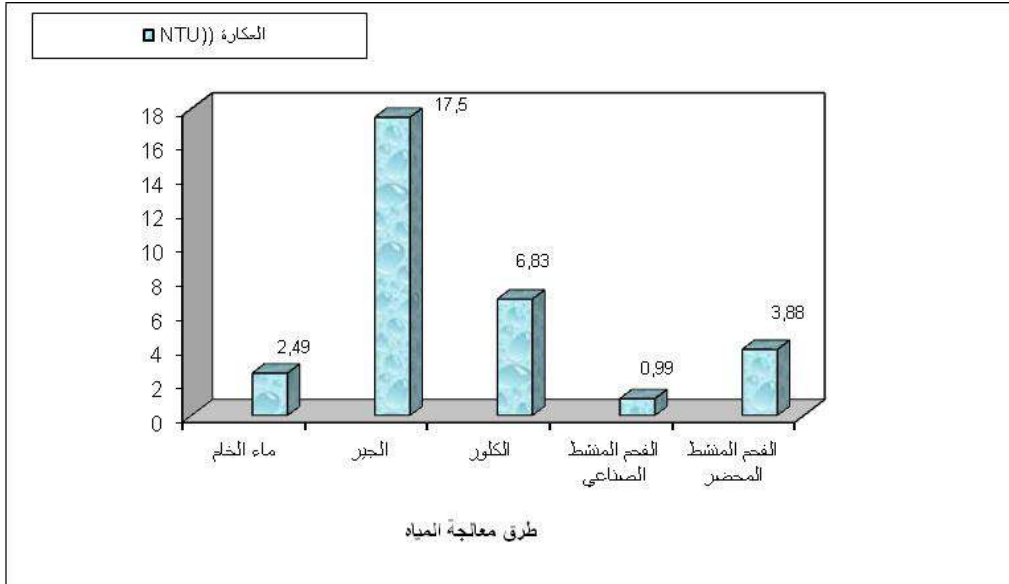
شكل 93 . تغيرات العكارة باستخدام (الجير ، الكلور ، الفحم المحضرو التجاري) في مياه بئر Zhun 105



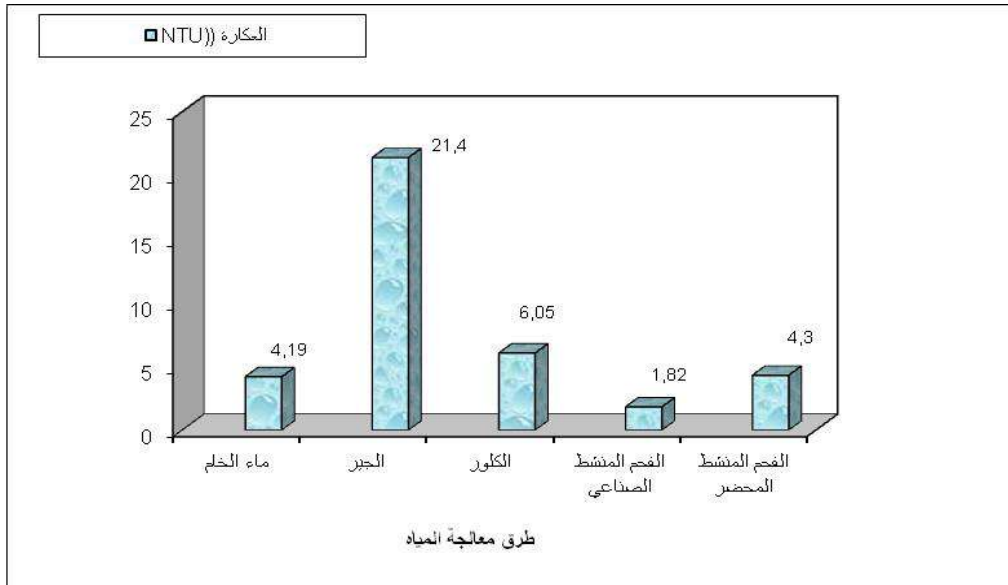
شكل 94 . تغيرات العكارة بإستعمال (الجير ، الكلور، الفحم المحضرو التجاري) في مياه بئر منطقة النشاطات



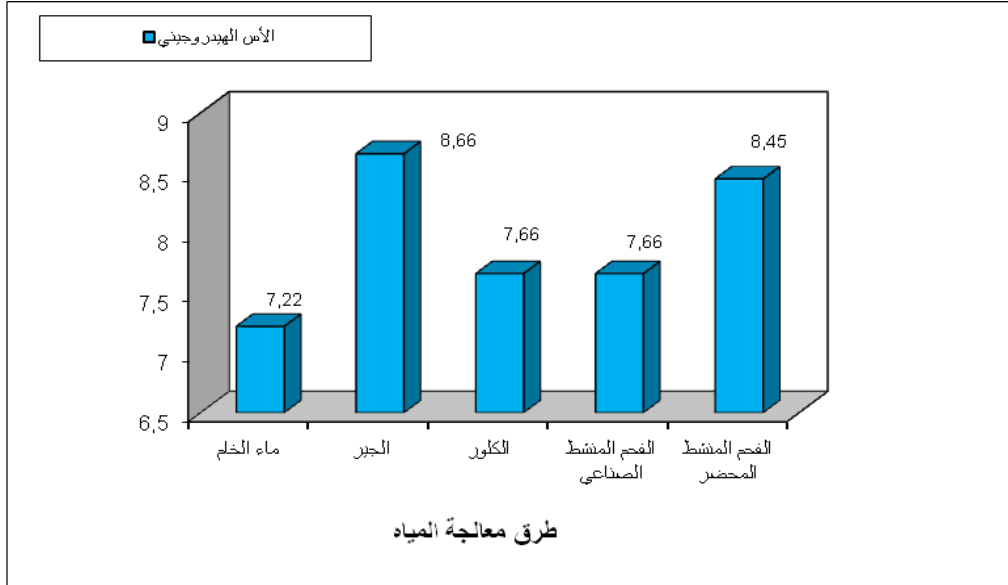
شكل 95 . تغيرات العكارة بإستعمال (الجير ، الكلور، الفحم المحضرو التجاري) في مياه بئر Zhun 102



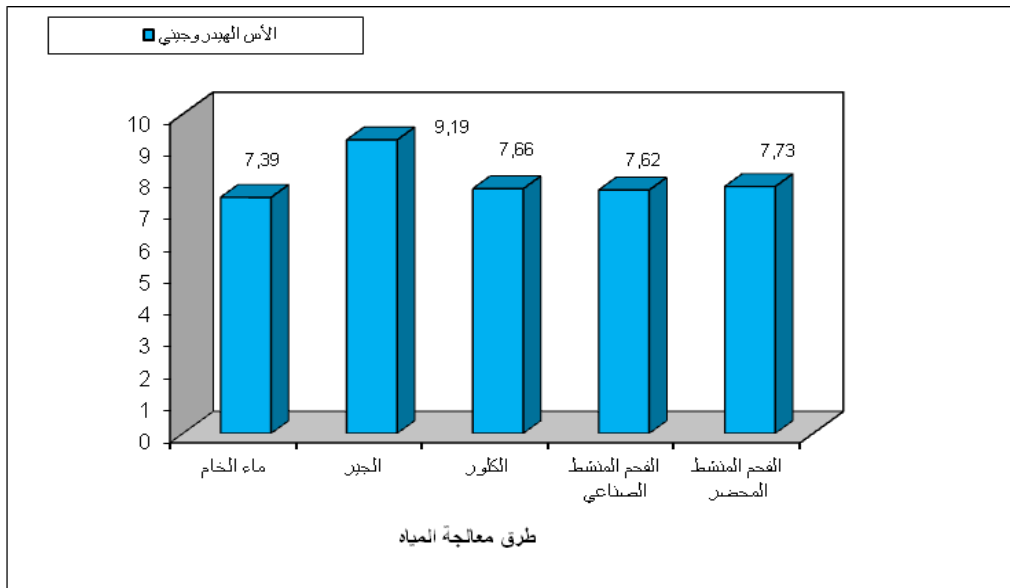
شكل 96 . تغيرات العكارة بإستعمال (الجير ، الكلور، الفحم المحضرو التجاري) في مياه بئر بلباشير



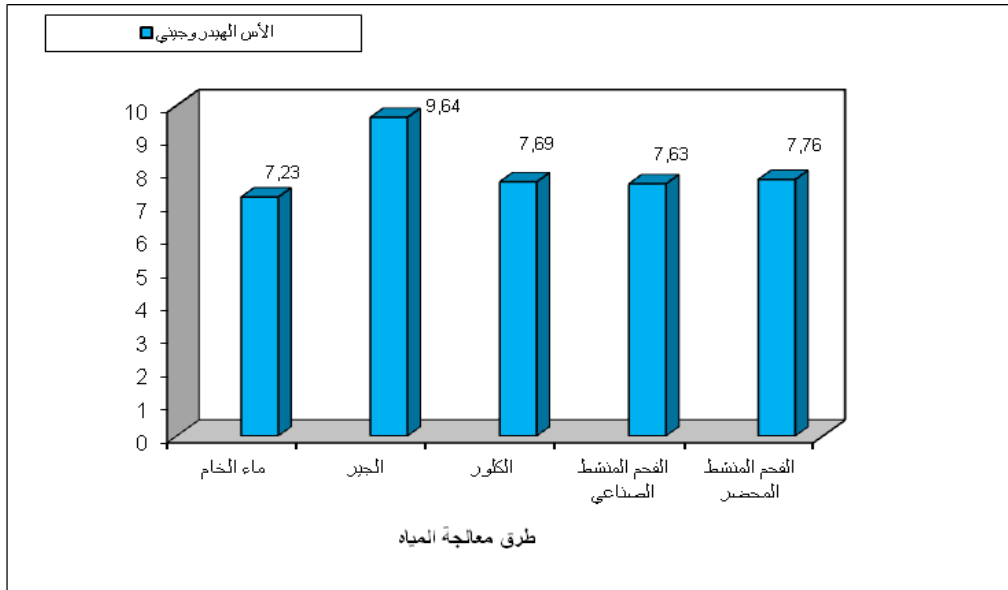
شكل 97 . تغيرات العكارة بإستعمال (الجير ، الكلور، الفحم المحضرو التجاري) في مياه بئر سيدي بوصلاح



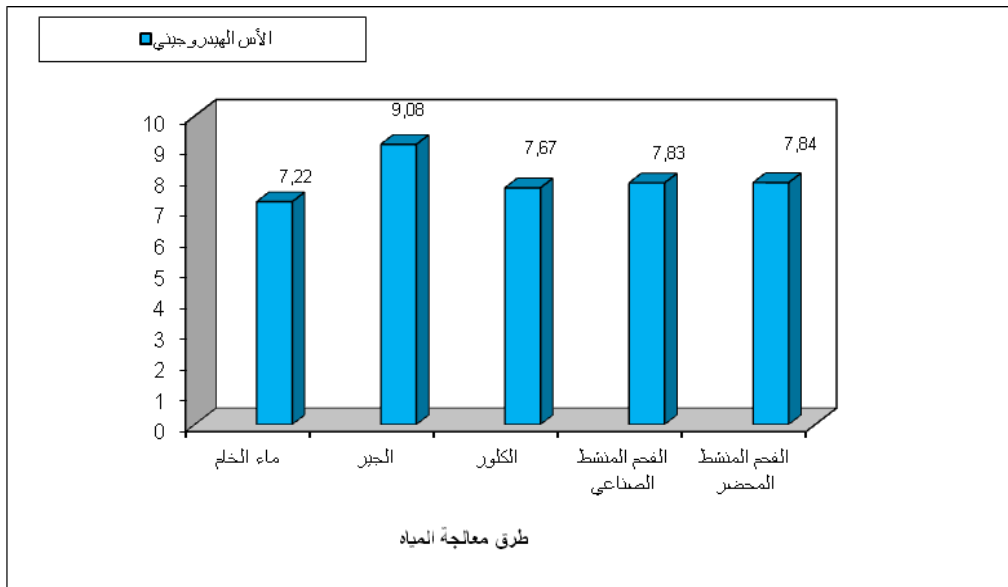
شكل 98 . تغيرات الأس الهيدروجيني بإستعمال (الكلور، الفحم المحضرو التجاري) في مياه بئر عين كرس



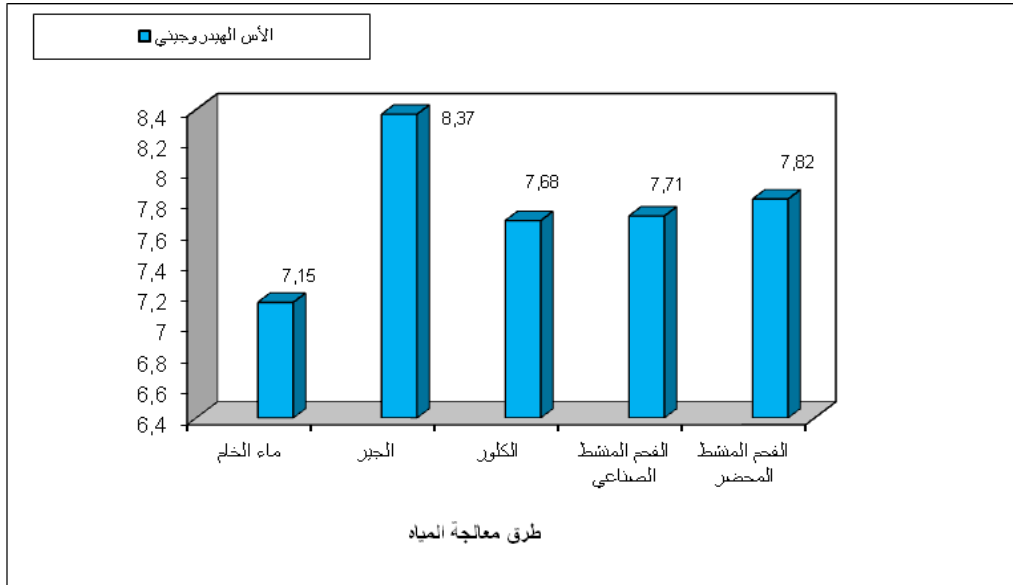
شكل 99 . تغيرات الأس الهيدروجيني بإستعمال (الكلور، الفحم المحضرو التجاري) في مياه بئر Zhun 105



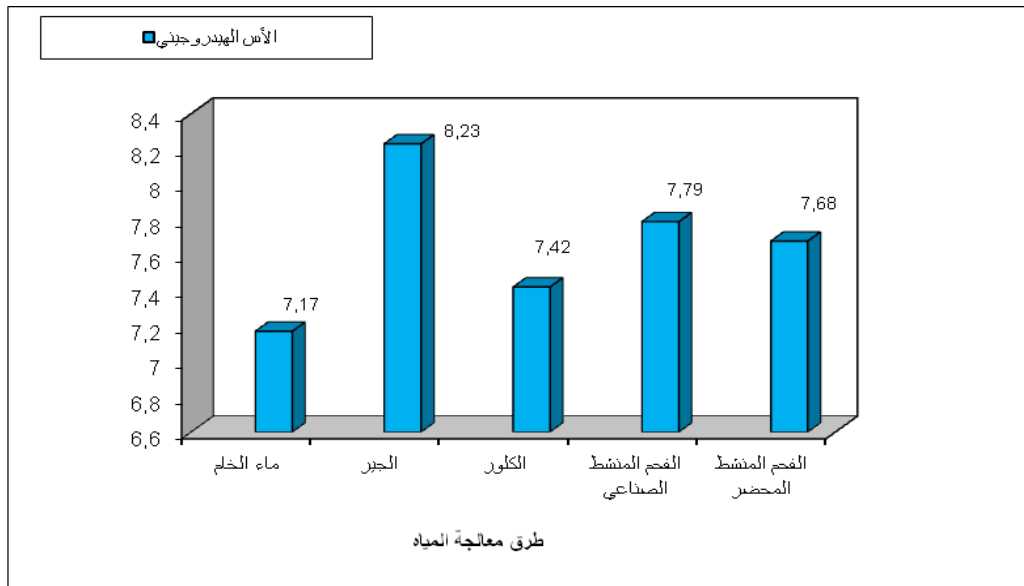
شكل 100 . تغيرات الأس الهيدروجيني بإستعمال (الجير ، الكلور، الفحم المحضو التجاري) في مياه بئر منطقة النشاطات



شكل 101 . تغيرات الأس الهيدروجيني بإستعمال (الجير ، الكلور، الفحم المحضو التجاري) في مياه بئر Zhun 102



شكل 102 . تغيرات الأس الهيدروجيني باستعمال (الكلور ، الجير ، الفحم المحضرو التجاري) في مياه بئر بلباشير



شكل 103 . تغيرات الأس الهيدروجيني باستعمال (الكلور ، الجير ، الفحم المحضرو التجاري) في مياه بئر سيدي بوصلاح

من خلال نتائج المسجلة في الجدول 37، نلاحظ أن جميع الطرق المطبقة على آبار منطقة إليزي قد أعطت نتائج جيدة، حيث تم تخفيض معدل تراكيز المياه الخام للحديد من 1.34 مغ/ل إلى غاية 0.09 (مغ/ل)، بمرودودية تساوي 93.35 % بطريقة المعالجة بالتهوية بالشلالات، أما العكارة فقد خفضت من 15.6 NTU كقيمة قصوى في المياه الخام إلى 1.7 NTU بعد المعالجة، و هي ضمن المجال المسموح به ($5 < \text{NTU}$).

و بالمعالجة بالفحم النشط المحضر، كان مردود تخفيض عنصر الحديد يفوق 98 %، أين سجلنا أعلى انخفاض لتركيز أيون الحديد من 2.62 مغ/ل إلى 0.03 مغ/ل في بئر بلباشير بنسبة 98.85 %، وتغيرت قيمت العكارة والأس الهيدروجيني في جميع الآبار حسب القيم التالية (3.88 إلى 5.05)، (68.7 إلى 8.45) على التوالي.

أما المعالجة بالفحم النشط التجاري، فقد وصلت مردودية تخفيض عنصر الحديد إلى 90.46 % في بئر بلباشير، وتراوحت قيم العكارة ما بين (0.76 إلى 1.85)، والأس الهيدروجيني من (7.62 إلى 7.83)، في جميع الآبار وتعتبر هاته القيم مقبولة.

وسجلت المعالجة الكيميائية بالجير، مردود يفوق 97 %، حيث إنخفض تركيز الحديد من 2.62 مغ/ل إلى 0.07 مغ/ل بنسبة 97.33 % ببئر بلباشير، وتراوح الأس الهيدروجيني ما بين (7.42 و 7.68) و هي موافقة للمعايير ($6.5 < \text{pH} < 8.5$) في معظم الآبار، في حين نجد أن قيمة العكارة كبيرة في معظم الآبار و التي فاقت القيم المسموح بها 5 NTU.

كما نلاحظ خلال المعالجة بالكلور، أن نسبة المعالجة قاربت 100 %، حيث انخفض تركيز ايون الحديد من 2.62 مغ/ل الى 0.01 مغ/ل في بئر بلباشير بنسبة 99.62 %، مع زيادة طفيفة في قيم الأس الهيدروجيني، والعكارة لتبقى ضمن المجال المسموح به من طرف المنظمة العالمية للصحة.

الخلاصة

في هذا الفصل قمنا بتطبيق الطرق الفيزيائية و الكيميائية لنزع الحديد على مياه منطقة إليزي، حيث تمثلت الطريقة الفيزيائية في الأكسدة الطبيعية بالشلالات (CASCADE)، والامتزاز بالفحم النشط التجاري والفحم النشط المحضر من نواة التمر الغرس، في حين قمنا كذلك بتطبيق الطرق الكيميائية بواسطة المعالجة بالجير و الكلور، ومن خلال مقارنة النتائج المتوصل إليها مع النتائج المخبرية توصلنا إلى تعيين العوامل التي تؤثر على التفاعلات كالأس الهيدروجيني وسرعة الرج وزمن الرج ووقت الترسيب وكمية المادة المضافة.

الختامة

الخاتمة:

من خلال الدراسة الهيدروكيميائية لمياه الشرب بمدينة إليزي، تبين أن تركيز أيون الحديد مرتفع جداً، حيث يصل تركيزه إلى 4.408 مغ/ل ، وبذلك يفوق قيم المنظمة العالمية للصحة (0.3 مغ/ل)، كما نشير أن جميع الآبار المستغلة في وسط المدينة هي مياه الجوفية لطبقة الديفونيان السفلى (Dévonien inférieur) التي تمثل 60 % من مياه الولاية.

قمنا كمرحلة أولى في بداية هذا البحث، بتطبيق عدة طرق (الجبر، الكلور، الفحم النشط المحضر و التجاري) لنزع الحديد في الماء المقطر، الذي يحوى 3.41 مغ/ل من أيون الحديد، من أجل تحديد الشروط المثلى (سرعة الرج ، زمن الرج ، الأس الهيدروجيني ، كمية المادة المضافة و زمن الترسيب).

بتطبيق هذه الشروط على مياه آبار مدينة إليزي (عين الكرس، Zhun 105، منطقة النشاطات، Zhun 102، بلباشير، سيدي بوصلاح)، نلاحظ أن طريقة المعالجة بالتهوية بالشلالات قد أعطت مردودية تصل 93 % ، حيث قدرت نسبة الحديد بعد المعالجة بـ 0.09 مغ/ل، أما العكارة قدرت بـ 1.7 NTU و هي ضمن المجال المسموح به ($NTU > 5$).

و بالمعالجة بالفحم النشط المحضر، كان مردود تخفيض عنصر الحديد يفوق 93.35 % في جل الآبار، حيث انخفض تركيز ايون الحديد من 2.62 مغ/ل إلى 0.03 مغ/ل في بئر بلباشير بنسبة 98.85 % ، في حين كانت كل من العكارة والاس الهيدروجيني ضمن القيم المسموح بها حسب المنظمة العالمية للصحة، تعتبر هذه الطريقة المثلى و الغير مكلفة والتي تمكننا من معالجة المياه الغنية بالحديد وكذلك من خلالها يمكننا تثمين الموارد الطبيعية التي يزخر بها جنوبنا الكبير.

أما المعالجة بالفحم النشط التجاري، فقد فاقت النتائج عتبة 90 % في جميع الآبار ، وكذلك العكارة والأس الهيدروجيني كانا ضمن القيم المسموح بها، غير أن تكلفة المعالجة واحد متر مكعب عالية ، نظراً لسعر الفحم النشط التجاري في الأسواق.

أما المعالجة بالجبر، سجلت مردودية تفوق 97 % كقيمة عظمى في بئر بلباشير على سبيل الذكر، والأس الهيدروجيني تروح ما بين (7.15 و 7.39)، و هي موافقة لمعايير مياه الشرب (6.5 < PH < 8.5) ، وقد فاقت قيم العكارة التراكيز المسموح بها من طرف المنظمة العالمية للصحة بشكل ملفت للإنتباه، مما يستوجب معالجة تكميلية تعتمد بشكل أساسي على المرشحات الرملية السريعة.

كما نلاحظ خلال المعالجة بالكلور، أن نسبة تخفيض أيونات الحديد تفوق 99% في معظم مياه الآبار المستغلة، حيث نسجل انخفاض تركيز ايون الحديد من 2.62 مع/ل الى 0.01 مع/ل في بئر بلباشير بنسبة 99.62%، أما قيم الأس الهيدروجيني والعمارة كانت ضمن المجال المسموح به من طرف المنظمة العالمية للصحة مع تسجيل ارتفاع طفيف في قيمها.

لتفادي الإصابة ببعض المشاكل الصحية كالسرطان نتيجة ارتباط الكلور مع بعض المركبات العضوية الموجودة في الماء، نتجنب استخدام مادة الكلور بشكل مفرط.

المراجع

المراجع باللغة الأجنبية :

- [1] **Kateb Samir et al. (2018)**. Experimental Study Iron Removal Groundwater South Of Algeria (Illizi). J Research Journal Of Pharmaceutical, Biological And Chemical Sciences. P43-51
- [2] **ANRH Ouargla. (2017)**. Données Des Forages Et Leur Caracteristiques.
- [3] **ONS (2018)**، Office National des Statistiques، Algeria in a few figures
- [4] **Kateb Samir**. Déferrisation des eaux souterraine de sud Algérie (2017). Edition universitaire européennes.
- [5] **G. K. Khadse·P. M. Patni·P. K. Labhasetwar1 (2015)**.Removal Of Iron And Manganese From Drinking Water Supply. Sustain. Water Resour. Manag. P157–165
- [6] **Baouia kais (2018)**. Distribution et analyse des ions fluor dans l'eau potable et les aliments les plus importants consommé dans le sud de l'Algérie: la région de Ouargla comme modèle. Thèse doctorat.
- [7] **Achour.S et al.(2017)**. Le Fer et le manganèse dans les eaux naturelles et procédés d'oxydation chimique. cas des eaux Algériennes. Larhyss Journal، ISSN 1112-3680، N°32، Pp. 139-154
- [8] **Saroj K.Sharma, Branislav Petrusovski And Jan C.Schippers (2005)**، Biological Iron Removal From Groundwater، Journal Of Water Supply Research And Technology. P239-247
- [9] **Doggaz Amira et al.** Iron Removal From Waters By Electrocoagulation: Investigations Of The Various Physicochemical Phenomena Involved. Separation And Purification Technology Dsorption.P217-225
- [10] **Sedira Nora (2013)**.Etude De L'adsorption Des Métaux Lourds Sur Charbon Actif Issu De Noyaux De Dattes.These Magister
- [11] **Ahmad Bin Jusoha , et al ،(2005)**، Study On The Removal Of Iron And Manganese In Groundwater By Granular Activated Carbon، Desalination،P347–353
- [12] **Rodier J. (1984)**. Analysis Of The Water. Dunod Collection، 7th Edition. Lavoisier (Publisher)، Paris، France، 1153 P
- [13] **Mohamed E.Goher Et Al (2015)**،Removal Of Aluminum، Iron And Manganese Ions From Industrial Water Using Granular Actived Carbon And Amberlite Ir-120h، J 41،155-164
- [14] **ONM.(2019)**. (Office Nationale De La Météorologie) Ouargla. Données Météorologiques De La Région De Illizi Série (2008-2019)
- [15] **Nasser Al-Hayek (1989)**، Water Pollution and Purification, University Press, Algérie
- [16] **Baouia kais (2003)**. Traitement de la dureté de l'eau de la couche alpine. Une analyse expérimentale et la possibilité d'exploiter les résultats dans la région de Oued Righ. Mémoire Magister

- [17] **Tariq Ismail Kakheya**, Élément de fer, sa qualité, ses composés, ses utilisations, Université Al-Baath, Société syrienne de chimie.
- [18] **Claude Cardot (2002)**. Le traitement de l'eau. Procédés physico-chimique et biologique cours et problème résolus. France. P 159-165
- [19] **Bessedik Madani. (2012)**.Taitement De L'eau II. Univ-tlemcen.
- [20] **KETTAB A. (1989)**, Traitement Des Eaux, Les Eaux Potables, Office Des Publications Universitaires Place Centra Ben Aknoun- Alger. P 98-101
- [21] **Mansoor Ahmad(2012)**.Iron And Manganese Removal From Groundwater. University Of Oslo.
- [22] **John F. Mcpeak And Harold L. Aronovitch Hungerford, Terry, Inc Clayton, N.J.** Iron In Water And Processes For Its Removal. 21st Annual Liberty Bell Corrosion Course September 22, 1983 Philadelphia, Pennsylvania
- [23] **Jean-Jacques Dewost, Eurochlore .** Élimination Du Fer Et Du Manganèse Dans L'eau Potable: Les Avantages Du Dioxyde De Manganèse .L'eau, L'industrie, Les Nuisances - N° 358.
- [24] **Lei Chen, Junjie Zhang, and Xilai Zheng .(2016)**. Coupling Technique For Deep Removal Of Manganese And Iron From Potable Water, Environmental Engineering Science Volume 33, P261-269
- [25] **HCEFLCD,(2006)**: High Commission For Water And Forest And The Fight Against Desertification. Study On Fish Farming At The Almassira Dam; CR Dar CHAFAAI; Circle Of ELBROUGE; Province Of Settati; 201p
- [26] **Drissa Bamba Et Al(2009)**, Etudes Comparées Des Méthodes De Préparation Du Charbon Actif, Suivies D'un Test De Dépollution D'une Eau Contaminée Au Diuron, J. Soc. Ouest-Afr. Chim 028 ; 41 - 52
- [27] **Bermond R., Vuichaard R., (1973)**. The Water Quality Parameters. Documentation Française, Paris, 179p
- [28] **Donald Ellis (1998)**.Enlèvement Du Fer Et Du Manganèse de L'eau Souterraine Par Oxydation et Par Microfiltration. Bibliothèque Canada National
- [29] **HCEFLCD,(2007)**,Haut Commissariat Aux Eaux Et Forêt Et La Lutte Contre La Désertification. Etude Diagnostique De La Zone Humide AL Massira- Faija, Cercle D'el Brouj Et Cercle De Settati (Maroc), 242p
- [30] **Guillemin C., Roux J., (1992)**. La Pollution Des Eaux Souterraines. Manuels Et Méthodes N° 23, Ed. Brgm, 1-25
- [31] **Khaled Moftah Mohammed et al. (2017)**. Une étude de l'adsorption d'ions trivalents de fer et de cuivre (II) à partir de leurs solutions aqueuses à l'aide de poudre d'écorce d'orange. Première conférence annuelle sur les théories et applications des sciences fondamentales et biologiques. Université de Misurata, Libye.

- [32] **Raymond Desjardins**. Le Traitement Des Eaux .2^e Edition Revue Et Améliorée. P205
- [33] **OMS (1985)**, Critères d'hygiène de l'environnement 36, fluor et fluorures, Genève.
- [34] **Journal officielle N°13. (2014)**.les Normes Algérienne pour les eaux de consommation humaine.
- [35] **A. Nait-Merzoug, A. Benjaballah, O. Guellati (2016)**, Préparation et caractérisation d'un charbon actif a base d'un déchet agricole, Icemaep2016, Octobre 30-31, 2016, Constantine, Algérie.
- [36] **A. Peron**, Description géologique de l'Algérie pour servir de guide aux géologues dans l'Afrique française. Paris
- [37] **A.G. Tekerlekopoulou, I.A. Vasiliadou, D.V. Vayenas (2006)**. Physico Chemical and Biological Iron Removal from Potable Water. Biochemical Engineering Journal. P 74–83
- [38] **Aptel, P., P. Moulin, F. Quemeneur (2002)**, Cahier Du CFM No. 2, Issn 2.84107-766-7. Saha. S, Water Research 27 (8) (1993) 1347-1350.
- [39] **Atherthon T. And J. Goss (1981)**. Low Turbidity Water From Fast Processes. Water Eng. Manage., Vol.40 No.3, Pp. 128-129.
- [40] **Béehir Ben Thayer, Khalifa Riahi Et Houda Boudhraa. (2007)**. "Élimination De La Turbidité Par Oxygénation Et Filtration Successives Des Eaux De La Station De Sfax (Sud De La Tunisie)." Revue Des Sciences De L'eau 204.355–365
- [41] **Benamraoui Faouzia(2014)**,Élimination Des Colorants Cationiques Par Des Charbons Actifs Synthétisés A Partir Des Résidus De L'agriculture.These Magister. Ufas (Algerie).
- [42] **Berland J.M. And C. Juery(2002)**. Membrane Processes For Water Treatment. Technical Document, FNDAE, No 14, Ministry Of Agriculture, Food, Fisheries And Rural Affairs, Direction De l'Espace Rural Et De La Forêt, France,71 P.
- [43] **Bouchard C., P. Kouadio, D. Ellis, M. Rahni, R. Lebrun.(2000)** ,“Membrane Processes And Their Applications In The Production Of Drinking Water”, Vector Environment Vol.33 No.4, Pp.28-38.
- [44] **Bourgeois, J. C., Walsh, M. E, Gagnon, G. A. 2004** .Comparison of process options for treatment of water treatment residuals streams.Journal of Environmental Engineering and Science, Volume 3, Issue 6, November 2004 pages 477–484
- [45] **Bunker, D. Q., Jr Edzwald, J. K., Dahlquist, J, Gillberg, L.(1995)**.Pretreatment considerations for dissolved air flotation: Water type, coagulants and flocculation. Flight 31 N3, P63-71.
- [46] **Catherine AYRAL(2009)**, Elimination de polluants aromatiques par oxydation catalytique sur charbon actif. Thèse Doctorat, Université De Toulouse
- [47] **Cartherine Lessar (1999)**.Etude pilote sur l'enlèvement du fer et du manganèse des eaux souterraines: Étude du cas de la Ville de Sainte-Mari. Bibliothèque Canada national.

- [48] **Conseil général de Seine-et-Marne**. Fiche Technique sur le traitement de l'eau potable n°3 Le traitement du fer et du manganèse
- [49] **Danka Barloková, Ján Ilavský (2010)**. Removal of Iron and Manganese from Water Using Filtration by Natural Materials. Polish J. of Environ. Stud. Vol. 19, P1117-1122
- [50] **Dussart B. (1966)**. Limnology: Study Of Continental Waters. Gauthier- Villars, Ed., Paris.
- [51] **Elena Fernandez Ibañez (2002)**, Etude De La Carbonisation Et L'activation De Précurseurs Végétaux Durs Et Mous. These Doctorat, Université De Neuchâtel
- [52] **Elssaidi, M.A. Almathnani, A.M. Aishah, R.M. (2009)**. Removal Of Some Heavy Metals From Water Using Some Plant Residues. The 3 Rd National Conference Of Basic Science Aljabal. Algharbi University –Libyia.
- [53] **Ernesto De La Torre Chauvin (2015)**. Préparation De Charbon Actif A Partir De Coques De Noix De Palmier A Huile Pour La Récupération D'Or Et Le Traitement D'Effluents Cyanurés. These Doctorat. Université Catholique De Louvain
- [54] **Fadi AL MARDINI (2008)**, Etude De L'adsorption Du Pesticide Bromacil Sur Charbon Actif En Poudre En Milieu Aqueux Effet Compétiteur Des Matières Organiques Naturelles, These Doctorat
- [55] **Ferguson, C.; Logsdon, G.S.; Curley, D. (1995)**. Comparison Of Dissolved Air Flotation And Direct Filtration, Water Science And Technology, C.31, N.3-4, P.113-124.
- [56] **FESTY Et AL. (2003)**. Water Quality. Tec & Doc Edition, P. 37
- [57] **G.K. Khadse, V.W. Lande, S.P. Andey And P.K. Labhasetwar (2013)**, Performance Of Up-Flow Roughing Biofilter In Iron Removal From Groundwater, International Journal Of Water Resources And Arid Environments, ISSN 2079-7079. P09-14
- [58] **Graeme J. And J. Jameson (1999)**. Hydrophobicity And Floc Density In Induced-Air Flotation For Water Treatment. Colloids Surf. In Physicochem. Eng. Asp, Vol 30 N. 2-3 , P.269-281
- [59] **H. Askri Et Al**. Geology Of Algeria Contribution From Sonatrach Exploration Division, Research And Development Centre And Petroleum Engineering And Development Division
- [60] **Harrat N., Achour S. (2010)**. Pollution Physico-Chimique Des Eaux De Barrage De La Région D'el Tarf. Impact Sur La Chloration. N° 08, June 2010, Pp. 47-54.
- [61] **HCEFLCD (2007)**, Haut Commissariat Aux Eaux Et Forêt Et La Lutte Contre La Désertification. Etude Diagnostique De La Zone Humide AL Massira- Faija, Cercle D'el Brouj Et Cercle De Settat (Maroc), 242p
- [62] **Health Canada (2003)**. Guidelines For Canadian Drinking Water Quality: Turbidity. Supporting Documentation. Prepared By The Federal-Provincial-Territorial Committee On Drinking Water, Ottawa, Ontario, 36 Pp

- [63] Iron And Manganese Removal Handbook. Second Edition. American Water Works Association
- [64] **Jie Yun, Yan Zhang, Yashu Yuan, Nana Wu, Zhen Fang, Qinghui Fan .(2015).**Study On Removal Of Iron And Manganese From Groundwater With Resin. 5th Int Conf (ICADME 2015).
- [65] **K.H. Choo, H.B. Lee, And S.J. Choi.(2005).**Iron And Manganese Removal And Membrane Fouling During Uf In Conjunction With Prechlorination For Drinking Water Treatment, Journal Of Membrane Science, 267 Issn (1-2), P 18-26.
- [66] **Kateb Samir, Mekhloufi Nabil, Baouia Kais,Zegaite Rachid.(2018).**Experimental Study Of The Oxidation Of Ferrous Iron In Water Southern Algeria (Illizi). Revue Scientifique Et Technique. Ljee N°32&33.
- [67] L'élimination Du Fer Et Du Manganèse Dans L'eau Destinée A La Consommation Humaine. Memotec N° 16. Revision A. Page 1
- [68] **M A Hossain, F Ishaque, M A R Sarker, S P Ritu2 And S Rashid .(2016).**Evaluation Of Low Cost Filter Column To Remove From Drinking Water. J. Sylhet Agril. Univ. P263-270. Issn: 2308-1597
- [69] **M.Lopoukhine.(1999).**Le Traitement Du Fer Et Du Manganèse Dans Les Eaux Minérale.Rap .Brgm R40566.
- [70] **Marechal A, M. Aumond And G. Ruban (2001).** Implementation Of Turbidimetry To Assess Wastewater Pollution. La Houil Blanc, N°5 (August 2001), Pp. 81-86.
- [71] **Margarita Isaeva,Natasha Montes Castro. (2011).** Water Treatment For The Removal Of Iron And Manganese
- [72] **Md. Golam Rasul, Imtiaz Ahmed, Md. Iqbal Hossain1 (2015),** Safe Drinking Water: Effect Of Granular Activated Carbon Bed Characteristics On Iron Removal From Water , Chemical Engineering Research Bulletin 18, 2072-9510
- [73] **Mohammed Modu Aji, Babagana Gutti And Bitrus K. Highina(2015),** Application Of Activated Carbon In Removal Of Iron And Manganese From Alau Dam Water In Maiduguri. Columan J.Life Sci. Vol17.P35-39. 0972-0847
- [74] **Nabil Mekhloufi et al, (2019),**Study Of The Physico-Chemical Quality Of The Groundwater Of The Lower Devonian Aquifer In The Illizi Region (Algeria), J Fundam Appl Sci. 2020, 12(1S), 378-391, ISSN 1112-9867.
- [75] **Norherdawati Kasim,Abdul Wahab Mohammad And Siti Rozaimah Sheikh Abdullah (2016).**Performance Of Membrane Filtration In The Removal Of Iron And Manganese From Malaysia's Groundwater. Membrane Water Treatment, Vol. 7, P 277-296
- [76] **Norzila Othman, Syazwani Mohd Asharuddin(2013).** Cucumis Melo Rind As Biosorbent To Remove Fe(Ii) And Mn(Ii) From Synthetic Groundwater Solution. Advanced Materials Research Vol. 795 (2013) Pp 266-271

- [77] **Nouzha Bouziane.(2007)**، Elimination Du Mercaptobenzothiazole Par Voie Photochimique Et Par Adsorption Sur La Bentonite Et Le Charbon Actif En Poudre.These Magister، Universite Mentouri De Constantine.
- [78] **Philippe Charles (2006)**.Elimination Catalytique Du Fer Et Du Manganèse Pour La Production D'eau Potable. Etude Financée Par L'agence De L'eau Seine Normandie
- [79] **Ruiti Manel And Bechir Ben Thayer (2015)**، Elimination Du Fer Par Procédés D'oxydation Et D'adsorption Sur Charbon De Pin D'alep، International Journal Of Innovation And Applied Studies،Issn2028-9324 Vol. 10، P 694-700
- [80] **S. Hazourli، M. Ziati، A. Hazourli Et M. Cherifi (2007)**، Valorisation D'un Résidu Naturel Ligno-Cellulosique En Charbon Actif - Exemple Des Noyaux De Dattes، Revue Des Energies Renouvelables Icrend-07 Tlemcen. P187 – 192
- [81] **Sarnia Achour، Leïla Youcef، Saadia Guergazi** .Qualité Physico-Chimique Des Eaux Souterraines Et Superficielles Du Sahara Septentrional Oriental Algerien. L'eau، L'industrie، Les Nuisances – N°311
- [82] **Saroj Kumar Sharma (2001)**، Adsorptive Iron Removal From Groundwater، These Doctorat
- [83] **SASS (2003)**. Système Aquifere Du Sahara Sepentrional.1er Edition. Rap De Synthèse.
- [84] **Sonede (Société Nationale D'exploitation Et De Distribution Des Eaux) (1999)** Statistical Report. Statistical Division، Directorat Of Planning And Développement، Tunis، Tunisia، 23 P.
- [85] **UNDP، 2009**،United Nations Development Programme
- [86] **UNESCO.(1972)**.Etude Des Resource En Eau Du Sahara Septentrional. United Nations Educational Scientific And Cultural Organization، Rapport Final (Eress Project: Study Of The Northern Sahara Water Resources) ، Paris
- [87] **Worlanyo Kwadjo Siabi (2003)**، Potential Of Activated Carbon For Manganese And Iron Removal، 29th Wedc International Conference ، Abuja، Nigeria .

2. المراجع باللغة العربية :

- [88] **امال أمين محمد عايديه.** (2019). طرق حديثة لتنقية المياه الملوثة من عنصر الحديد باستخدام كاشفات طبيعية بتقنية النانو تكنولوجي. السجل العلمي للملتقى التاسع عشر لأبحاث الحج والعمرة والزيارة.جامعة أم القرى.السعودية
- [89] **كمرشو عباس.** (2017). " إستعمال كربون نشط محضر من مشتقات نخيل التمر (نواة تمرت دقلة نور) في معالجة المياه المستعملة الحضرية. دراسة مقارنة" مذكرة دكتوراة ، كيمياء تحليلية ومراقبة المحيط ، قاصدي مرباح ورقلة.
- [90] **محمد علي فرج (1990)**، الهندسة الصحية، جامعة الإسكندرية.

[91] معن العظمة (2003)، مبادئ تحليلية المياه المالحة، ص 37-166

[92] علي يوسف عكاشة. عقاب محمد حواس. استخدام موارد البيئة في إزالة الحديد و المنغنيز من المياه. جامعة المرقب ليبيا.