

جامعة قاصدي مرباح ورقلة
كلية العلوم التطبيقية
قسم هندسة طرائق



مذكرة

ماستر أكاديمي

قسم: علوم وتكنولوجيا

كلية: هندسة طرائق

تخصص: هندسة طرائق للبيئة

من إعداد الطالبات:

بالتيب سهى

تمرني رجاء

بعنوان:

تحسين إزالة الكلورير من المياه الصالحة للشرب (تقرت)
بإستخدام الصبار (Cactus) و بتطبيق منهجية تصميم
التجارب (CCD)

أمام لجنة المناقشة المكونة من:

رئيسا	جامعة قاصدي مرباح ورقلة	أستاذ محاضر أ	د. بن عبد السلام سولاف
مناقش	جامعة قاصدي مرباح ورقلة	أستاذ محاضر ب	د. أكشيش زينب
مؤطرا	جامعة قاصدي مرباح ورقلة	أستاذ محاضر أ	د. لسود رضا

الموسم الجامعي: 2021/ 2022



الإهداء

أهدي هذه الأطروحة لأعز الناس في حياتي.

هذا العمل مكرس لوالدي العزيز ، دفعني دائماً وحفزني في دراستي. أمل أن يقدر هذه الأطروحة كدليل على امتنان الفتاة التي طالما حليت من أجل خلاص روحها.

إلى أمي العزيزة ، فإن أجمل علامة تقدير يمكنني تقديمها لها هو نجاحي ، أنت سبب عيشي ، شكراً لك على دعمك وتشجيعك بدونك ، لا أستطيع أن أحصل على وصل.

إلى أخواتي العزيزات ، الذين وقفوا بجانبني شكري وثنائي لكم كنتم سندي وورزاح ظهري في هذه الحياة .

إلى أخي ، ذراعي اليمنى، إذا كان لكل نساء العالم أخ مثلك فستكون الحياة المثالية، يحميك الله ، شكراً لك .

صديقاتي ، أشكركم على وجودكم معي ، أشكركم على مشاركتي دموعي ، وتقلبات مزاجي ، وأفراحي.





شكر

بادئ ذي بدء ، نود أن نشكر الله عز وجل الذي منحنا القوة والصبر لإنجاز هذا العمل المتواضع.

سيكون من الصعب جدًا بالنسبة لنا أن نشكر الجميع لأنه بفضل مساعدة العديد من الأشخاص تمكينا من إكمال هذه الأطروحة.

ثانيًا ، نود أن نشكر السيد لسود رضا ، الدكتور في جامعة قاصدي مرباح ورقلة الذي أشرفنا عليها طوال هذه الأطروحة والذي

جعلنا نشارك حدسه الاعم ، ونود أن نشكره أيضًا على لطفه وتواجده الدائم وعلى الكثير من التشجيعات التي قدمها لنا.

يسعدنا أن نعمل تحت إشرافه لأنه بالإضافة إلى دعمه العلمي، كان دائمًا موجودًا لدعمنا وإسداء النصع. شكرًا لك لإظهار مفاتيح

النجاح لنا.

نشكر الأساتذة المشرفين بعد أن منحونا شرف قبول تقييم رسالتنا، فقد تشرفنا أيضًا بمشاركتكم في لجنة التحكيم الخاصة بيها.

شكر خاص جدا لرئيس مركز البحث العلمي ميلاني عبد الناصر لمساعدته الثمينة في منحنا الإذن بدخول مركز البحث العلمي مما

سهل علينا الكثير من العمل وهو ما سمح لنا بتنفيذ جزء كبير من هذه الأطروحة.

دون أن ننسى أن نشكر جميع مهندسي المختبر الذين جعلوا عملنا أسهل من خلال تزويدنا بجميع المواد والمنتجات اللازمة.

أخيرًا، أصدقائنا الأعزاء، شكرًا جزيلًا لكم على كل المساعدة والدعم الذي

قدمتموه.





ملخص

نظرا لفعاليتها، وفرتها، قلة ثمنها وعدم تلويثها للبيئة فإن استعمال مواد التخثر الطبيعية (الندف العشبية) قد سجل إنتشارا واسعا في مجال معالجة المياه. تهدف هذه الدراسة إلى معالجة المياه الصالحة للشرب بإستخدام مسحوق الصبار كمخثر طبيعي مرة بتجفيفه وأخرى بإستخدامه على حالته الأصلية، بإستخدام طريقة التخثر والتلبد. ومن أجل الحصول على نموذج رياضي يحاكي بدقة التجربة، فقد تم تطبيق منهجية سطح الاستجابة (RSM) وخطة Central Composite Design (CCD)، عن طريق دراسة متغيرين (pH,m) لأجل إزالة أكبر قيمة من الكلور في الماء. بتطبيق الشروط التجريبية المثلى على المسحوق الأول (pH(7.27 و m(3.11) تم تقليص قيمة الكلور إلى 182.25 ملغ/لتر مع الحصول على قيم مرتفعة لكل من R^2 و R^2_{Adj} حيث بلغت 99.96% و 99.94% على التوالي. في حين أنه تم تخفيض الكلور بإستعمال المسحوق الثاني إلى 97.65 ملغ/لتر عند (pH(7.49 و m(0.17) مع الحصول على قيم مرتفعة لكل من R^2 و R^2_{Adj} حيث بلغت 99.99% و 99.96% على التوالي. لقد أظهرت هذه النتائج على القدرة الكبيرة لمسحوق الصبار على إزالة الكلور من الماء.

الكلمات المفتاحية: المياه الصالحة للشرب، مسحوق الصبار، التخثر، التلبد، التحسين، سطح الاستجابة.

Résumé

Grace à son efficacité, sa disponibilité, son faible coût, l'utilisation des coagulants naturels (flocs végétaux) s'est largement répandue dans le domaine du traitement des eaux par coagulation et floculation. Afin d'obtenir un modèle mathématique qui peut prédire correctement le taux d'élimination des Chlores de l'eau potable, la méthodologie de surface de réponse (RSM) couplée avec le plan CCD a été appliqué. En appliquant les conditions expérimentales optimales, pH (7,49) et m (0,17g/L), une réduction importante des chlores de 97,65 mg/l a été aboutie, avec des valeurs proches de 1 pour R^2 et R^2_{Adj} . Ces résultats ont montré la grande capacité de la poudre de cactus à éliminer le chlore de l'eau.

Mots clés : eau potable, poudre de cactus, coagulation, floculation, optimisation, RSM.

Abstract

Due to its effectiveness, availability and low cost, the use of natural coagulants (vegetable floc) has become widespread in the field of water treatment by coagulation and flocculation. In order to obtain a mathematical model to predict correctly the dechlorination rate of drinking water, the Response Surface Methodology (RSM) combined with the central composite design was applied. By applying the optimal experimental conditions, pH (7.49) and m (0.17 g/L), a significant decrease in chlorine of 97.65 mg/L was obtained, with values close to 1 for R^2 and R^2_{Adj} . These results demonstrated the considerable ability of Cactus powder to remove chlorine from water.

Key words: drinking water, Cactus powder, coagulation, flocculation, optimisation, RSM.

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

قال تعالى:

هُوَ الَّذِي أَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً لَكُمْ
مِنْهُ شَرَابٌ وَمِنْهُ شَجَرٌ فِيهِ تُسَيِّفُونَ
تَبْيِطُ لَكُمْ بِهِ الْأَرْضَ وَالزَّيْتُونَ وَالنَّخِيلَ
وَالْأَعْنَابَ وَمِنْ كُلِّ الثَّمَرَاتِ إِنَّ فِي
ذَلِكَ لَآيَةً لِقَوْمٍ يَتَفَكَّرُونَ ﴿١٦٤﴾

الفهرس

الصفحة	العنوان
	قائمة الجداول
	قائمة الصور
	قائمة الإختصارات
13	المقدمة العامة
	الجزء الأول: الجزء النظري
	عموميات حول المياه الصالحة للشرب
16	مقدمة
16	I-1- عموميات حول المياه
16	I-1-1- الماء
16	I-1-2- مياه الشرب
17	I-2- أصناف مياه الشرب
17	I-2-1- المياه المعدنية
17	I-2-2- مياه الينابيع
17	I-2-3- مياه الحنفية
17	I-3- مصادر المياه
17	I-3-1- مياه سطحية
18	I-3-2- المياه جوفية
18	I-4- حجم الجسيمات في المياه الطبيعية
18	I-5- خصائص مياه الشرب
18	I-5-1- الخصائص الحسية
19	I-5-2- الخصائص الفيزيائية
20	I-5-3- الخصائص الكيميائية
22	I-6- تلوث المياه
23	I-6-1- المعايير المتعلقة بالتلوث
24	I-6-2- المعلمات غير المرغوب فيها
24	I-6-3- الملوثات البيولوجية
25	I-6-4- الملوثات الكيميائية
25	I-6-5- المركبات السامة
26	I-7- مصادر التلوث
26	I-7-1- المنظفات
26	I-7-2- الملوثات المشعة
26	I-7-3- التلوث المنزلي
26	I-8- عواقب التلوث
26	I-9- معايير جودة مياه الشرب
26	I-9-1- المعيار
27	I-9-2- فائدة المعايير
27	I-9-3- معايير جودة المياه الصالحة للإستهلاك البشري

الفهرس

29	خاتمة
عموميات حول نبات الصبار و عملية التخثر/التلبد	
31	مقدمة
31	1-II- أصل الصبار والتوزيع الجغرافي
32	2-II- التصنيف المنهجي للصبار
32	3-II- الوصف النباتي لصبار
32	4-II- أنواع الصبار
34	5-II- معالجة المياه عن طريق التخثر / التلبد
35	6-II- أنواع التخثر
35	7-II- أنواع التلبد
36	8-II- العوامل التي تؤثر على التخثر والتلبد
36	9-II- نظرية الطبقة المزدوجة
37	خاتمة
تصميم التجارب (PE)	
39	مقدمة
39	1-III- تعريف تصميم التجارب (PE)
39	2-III- المنهجية التجريبية
41	3-III- كلمات مفتاحية
41	1-3-III- العامل (facteur)
41	2-3-III- الإجابة (Réponse)
41	3-3-III- مصفوفة التجربة (Matrice d'expérience)
42	4-3-III- التفاعل (Effet)
42	5-3-III- خطة التجربة (Plan d'expérience)
42	4-III- إختيار التصميم التجريبي للدراسة
43	5-III- خطة سطح الاستجابة (RSM)
44	1-5-III- الخطط المركبة (CCD)
45	2-5-III- خطط Box-Behnken (BBD)
46	6-III- تحسين النتائج (Optimisation)
46	1-6-III- تحليل خطة سطح الاستجابة (ANOVA)
46	2-6-III- القيمة P
46	3-6-III- الانحراف المعياري S
46	4-6-III- عدم تطابق P أو غير ملائم (LOF)
46	5-6-III- معامل التحديد R ²
46	6-6-III- المعدل R ² _{adj}
47	7-6-III- المتوقع R ² _{Prévu}
47	7-III- التحليل البياني للنتائج
48	خاتمة
الجزء الثاني: الجزء التطبيقي	

الفهرس

العمل التجريبي	
50	مقدمة
51	1-IV- تحضير المخثر الطبيعي- الصبار
51	2-IV- مخطط التحضير العام للتخثر الحيوي /الندف الحيوي
52	3-IV- الآلات المستخدمة
53	4-IV- المواد و الأدوات
53	5-IV- تحضير المحاليل
54	6-IV- البروتوكول التجريبي
54	1-7-IV- الطريقة الأولى (صبار مجفف طبيعيا)
57	2-7-IV- الطريقة الثانية (مسحوق الصبار مجفف على درجة حرارة 105)
58	خاتمة
النتائج و المناقشات	
60	مقدمة
60	1-V- نتائج إزالة الكلور باستخدام مسحوق الصبار المجفف طبيعيا
60	1-1-V- تحليل خطة سطح الاستجابة (ANOVA)
61	2-1-V- القيمة P
62	3-1-V- التحليل الإحصائي للنتائج
64	4-1-V- تحليل الرسوم البيانية (Analyse graphique)
66	5-1-V- التحسين و التحقق من صحة النتائج
67	2-V- نتائج إزالة الكلور باستخدام مسحوق الصبار المجفف بالفرن
68	1-2-V- تحليل خطة سطح الاستجابة (ANOVA)
68	2-2-V- القيمة P
69	3-2-V- التحليل الإحصائي للنتائج
71	4-2-V- تحليل الرسوم البيانية (Analyse graphique)
74	5-2-V- التحسين و التحقق من صحة النتائج
74	3-V- مقارنة النتائج
75	4-V- التحقق التجريبي
75	خاتمة
77	خاتمة عامة
مراجع	

القوائم

قائمة الجداول :

الصفحة	العنوان	الجدول	
19	العلاقة بين التمدن والتوصيل الكهربائي	الجدول-1	الفصل I
21	تصنيف المياه حسب العسر الكلي	الجدول-2	
27	معايير جودة المياه الصالحة للشرب للاستهلاك البشري (الأمر التنفيذي رقم 11-125 من 22 مارس 2011)	الجدول-3	
32	التصنيف المنهجي للصبان	الجدول-1	الفصل II
33	انواع الصبان	الجدول-2	
50	التحاليل الفيزيوكيميائية 2022	الجدول-1	الفصل IV
52	الاجهزة المستخدمة	الجدول-2	
53	المواد و الادوات	الجدول-3	
54	مجال المتغيرات	الجدول-4	
54	مصفوفة التجربة لتحسين جودة المياه الموجهة للشرب	الجدول-5	
58	جدول يوضح الشروط التجريبية (للصان المجفف في الفرن)	الجدول-6	
60	مصفوفة التجارب لمسحوق الصبان (مجفف طبيعيا)	الجدول-1	الفصل V
61	تحليل التباين (ANOVA)	الجدول-2	
61	عرض قيمة P	الجدول - 3	
67	مصفوفة التجارب لمسحوق الصبان (مجفف بالفرن)	الجدول-4	
68	تحليل التباين ANOVA	الجدول-5	
68	عرض قيمة P (الصبان المجفف)	الجدول-6	
69	عرض قيمة P بعد إزالة (m*m)	الجدول-7	
74	مقارنة النتائج	الجدول-8	
75	التحقق التجريبي	الجدول-9	

القوائم

قائمة الصور و المخططات:

الصفحة	العنوان	الصورة	
31	نبات الصبار	الصورة-1	الفصل II
37	نظرية الطبقة المزدوجة (1:الطبقة الثابتة, 2:الطبقة المنتشرة)	الصورة-2	
44	رسم توضيحي لسطح الإستجابة	الصورة-1	الفصل III
45	رسم توضيحي للخطة المركبة لعاملين	الصورة-2	
45	رسم توضيحي لخطة Box-Behnken لثلاثة عوامل	الصورة-3	
51	مسحوق الصبار	الصورة - 1	الفصل IV
55	تعديل قيمة PH	الصورة - 2	
56	قياس وزن مسحوق الصبار(المخثر)	الصورة - 3	
56	العينات المحضرة	الصورة-4	
56	الترشيح باستخدام مضخة شفط هوائية	الصورة - 5	
57	قياس نسبة الكلور	الصورة-6	
62	مخطط باريتو للكلور	الصورة-1	الفصل V
63	مخطط الاحتمالات العادية	الصورة-2	
63	تقديم القيم المتبقية	الصورة-3	
64	رسم بياني للمؤثرات إزالة الكلور	الصورة-4	
65	مخطط تفاعل للكلور	الصورة-5	
65	مخطط كنتوري لمنحنى الإستجابة ISO	الصورة-6	
66	رسم تخطيطي للسطح ثلاثي الأبعاد للكلور	الصورة-7	
67	منحنى تحسين مردود الإزالة للكلور	الصورة-8	
70	مخطط باريتو للكلور (مسحوق مجفف)	الصورة- 9	
70	مخطط الاحتمالات العادية	الصورة - 10	
71	تقديم القيم المعدلة	الصورة-11	
71	رسم بياني للمؤثرات إزالة الكلور	الصورة-12	
72	مخطط تفاعل للكلور (مجفف طبيعيا)	الصورة-13	
73	مخطط كنتوري منحنى الاستجابة ISO	الصورة-14	
73	رسم تخطيطي للسطح ثلاثي الابعاد للكلور	الصورة-15	
74	منحنى تحسين المحاكاة	الصورة-16	

الصفحة	العنوان	المخطط	
40	المنهجية التجريبية	المخطط-1	الفصل III
52	مخطط العام لتحضير المخثر الحيوي	المخطط-1	الفصل IV

القوائم

قائمة الإختصارات :

الإختصار	المعنى
OMS	منظمة الصحة العالمية
PH	الرقم الهيدروجيني
CE	التوصيل الكهربائي
TDS	الاملاح الذائبة
TH	الصلابة الكلية + بالفرنسية
TCa	عيار الكالسيوم
TMg	عيار المغنسيوم
CMA	اقصى تركيز مقبول
NV	مستوى توجيهي
D	ثابت العزل الكهربائي للوسيط
E	الفولط التطبيقية
V	لزوجة السوائل
P	الطاقة المنقولة بواسطة الشفرات
C	معامل السحب للشفرات السطحية (= 1.8)
A	منطقة النصل
ρ	كثافة الماء (كجم / م ³)
V	سرعة دوران النصل مقارنة بسرعة الماء
ANOVA	تحليل خطة سطح الاستجابة
CCD	خطة مركبة مركزية
PE	خطة تجريبية
NTU	وحدة قياس التعكر

مقدمة عامة

الماء هو أحد الموارد الطبيعية المتجددة على الأرض، وأهم ما يميزه كعنصر كيميائي هو ثباته فالكميات الموجودة منه على الأرض هي نفسها منذ مئات السنين، ويعتبر موردا أساسيا في حياة الإنسان وأي تغيير ينطوي في بعض الأحيان ينتج عنه مخاطر لا رجعة فيها، تعتبر سلامة مياه الشرب قضية مهمة في جميع أنحاء العالم، منطقة واد ريغ (تقرت) غنية بالمياه الجوفية لكنها غير صالحة للإستهلاك بسبب إحتوائها على نسب عالية من الكلور والسولفات و البوتاسيوم ... تتجاوز القيم المعمول بها من قبل المنظمة العالمية للصحة .

تتم معالجة هذه المياه بعد إستخراجها من الآبار في محطات معالجة المياه، التي تستخدم مواد كيميائية في معظم الأحيان. وتعتبر هذه الأخيرة من المواد الضارة للإنسان و البيئة مع مرور الوقت، بالإضافة إلى تكلفتها العالية و عدم توفرها. فأصبح الوعي العالمي المتزايد بالقضايا البيئية يعمل كقوة دافعة وراء الإهتمام بإستخدام الموارد الخضراء كمنتجات قيمة لمعالجة المياه لأن هذا لا يمكن أن يقلل فقط من الأضرار و التهديدات التي يتعرض لها النظام البيئي ولكن أيضا لتحسين المسار نحو عصر التقنيات النظيفة و البيئة المستدامة، نسلط الضوء في دراستنا هذه على معالجة المياه الصالحة للشرب لمنطقة واد ريغ ولاية تقرت، باستخدام الصبار كمخثر طبيعي، الذي يتواجد بكثرة في المنطقة.

تم تقسيم العمل إلى جزئين :

الجزء الأول : وهو الجزء النظري يحتوي على ثلاثة فصول: سنتطرق في الفصل الأول إلى عموميات حول المياه الصالحة للشرب، وفي الفصل الثاني نقدم نظرة عامة حول نبات الصبار و عملية التخثر/لتلبد، أما في الفصل الثالث التطرق لعموميات حول الخطط التجريبية.

الجزء الثاني : وهو الجزء التطبيقي، ويحتوي على فصلين، يوضح الفصل الرابع الطريقة المستخدمة في معالجة المياه الصالحة للشرب بإستخدام المخثر الطبيعي، ويعرض الفصل الخامس النتائج المتحصل عليها ومناقشتها.



الجزء النظري

الفصل I

عموميات حول المياه الصالحة
للشرب

مقدمة

لم تعد قضية الحفاظ على الماء بين أفراد المجتمع هامشية، حيث أن ترشيد إستهلاك المياه أصبح خيارا إستراتيجيا لبلد يفتقر إلى الموارد الطبيعية والمياه وندرة الأمطار وإحتياجات المياه الجوفية، والتي غالبا ما تكون غير متجددة، و لهذا فإن المجتمع مطالب بكل فئاته بترشيد إستهلاك المياه. هذا الفصل سيتم التطرق إلى العموميات حول المياه وأهم خصائصها، كما سنعطي نظرة على أبرز الملوثات و مصادر التلوث، و نعرض أهم المعايير التي يجب التقيد بها من اجل أن يكون الماء صالح للإستهلاك البشري.

I-1- عموميات حول المياه

I-1-1- الماء

هو اسم يطلق على الحالة السائلة لمركب الهيدروجين و الأكسجين له تركيب كيميائي خاص يحتوي على أجسام متناهية الصغر تسمى جزيئات وكل جزيء من هذه الجزيئات يتكون من أجسام أخرى تسمى ذرات، وهوسائل عديم اللون والرائحة والمذاق مع درجة حموضة متعادلة، وهو مذيب ممتاز يستخدم في تكوين غالبية الكائنات الحية، وموجود في كل مكان في الطبيعة[1].

I-2-1- مياه الشرب

هي المياه التي يمكن شربها حيث تكون موافقة للمعايير الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية حسب منظمة الصحة العالمية، إنه ماء خالي من الجراثيم المسببة للأمراض (البكتيريا والفيروسات) والكائنات الطفيلية، لأن المخاطر الصحية المرتبطة بهذه الكائنات الدقيقة كبيرة، تختلف إمكانية الوصول إليها من منطقة إلى أخرى بسبب الظواهر المناخية والجغرافية والإقتصادية، هذا يمكن أن يدفع الناس إلى إستخدام مياه ذات جودة مشكوك فيها، يتم توفير مياه الشرب إما من المياه الجوفية من خلال الهياكل مثل الآبار والينابيع، أو من المياه السطحية عبر خزانات المياه أو السدود مع نقل المياه عبر شبكة من الأنابيب[2].

I-2- أصناف مياه الشرب

I-2-1- المياه المعدنية

لا يمكن أن تكون المياه المعدنية الطبيعية إلا من مصادر جوفية، و تكون محمية من أي خطر للتلوث، وصحية ميكروبيولوجيا منذ البداية، لا تتأثر بأي تلوث من أصل بشري، تكمن

السمة الرئيسية للمياه المعدنية الطبيعية في نقائها الأصلي، وهو مطلب تنظيمي، تتمتع المياه المعدنية الطبيعية بتركيب فيزيائي-كيميائي مستقر يمكن أن يسمح بالإعتراف بها على أنها ذات خصائص مواتية لصحة الإنسان، يتم التعرف على المياه المعدنية الطبيعية من خلال ثلاثة معايير رئيسية: عدم وجود أي معالجة أو إضافة للمنتجات الكيميائية، ونقاوتها، وتركيب معدني محدد ومستقرة تماما.

I-2-2- مياه الينابيع

مياه الينابيع مثل المياه المعدنية الطبيعية من أصل جوفي وصحية ميكروبيولوجيا، ومحفوظة من أي تلوث بشري، ومناسبة للإستهلاك البشري دون معالجة أو إضافة. على عكس المياه المعدنية الطبيعية، فإن تركيبها غير مستقر بشكل منهجي، تستوفي مياه الينابيع نفس معايير الصالحة للشرب مثل مياه الحنفية.

I-2-3- مياه الحنفية

هي مياه الشرب الموزعة عن طريق شبكة من الأنابيب من مناطق التجميع، حيث يتم سحب المياه الخام، إلى المستخدمين النهائيين، مروراً بمركز معالجة وخزان واحد أو أكثر. غالباً ما تأتي المياه الخام من المياه الجوفية (الجوفية) أو المياه السطحية (الأنهار والبحيرات والجداول).

I-3- مصادر المياه

I-3-1- مياه سطحية

هي مياه الأنهار والجداول والبحيرات والمستنقعات و البرك، مصدر المياه السطحية في الغالب هو مياه الأمطار والثلوج، أما البحيرات فهي تحوي الماء العذب على مدار السنة.

I-3-2- المياه جوفية

هي المياه الموجودة تحت سطح الأرض، سواء تلك الموجودة في المناطق المشبعة (هي المنطقة المملوءة فراغاتها بالكامل بالمياه) أو غير مشبعة (هي المنطقة الواقعة مباشرة تحت سطح الأرض وتحتوي المواد الجيولوجية المكونة لها المياه والهواء في الفراغات الفاصلة بين حبيبات التربة).

I-4- حجم الجسيمات في المياه الطبيعية

توجد الجسيمات دائما في المياه الطبيعية بشكل عام وفي المياه السطحية على وجه الخصوص, هذه جزيئات من أصل معدني أو عضوي أو بيولوجي, وتتراوح أحجامها بين بضعة أجزاء من مئات الميكرومتر وبضعة ملليمترات, يشير مصطلح "الغرويات" أو "الجسيمات الغروية" إلى الجسيمات المعلقة التي يتراوح حجمها من حوالي 0.01 ميكرومتر إلى بضعة ميكرومتر, تلك التي يكون حجمها أكبر تسمى بالأحرى "المادة المعلقة", الحد الفاصل بين الفئتين ليس دقيقا لأنه يعتمد على طريقة تحديد المواد الصلبة العالقة (الترسيب, والطررد المركزي, والترشيح), قد تعتمد الطريقة من جانبها بالإضافة إلى حجم وطبيعة الجسيمات, الكثافة والشكل [3].

I-5- خصائص مياه الشرب

I-5-1- الخصائص الحسية

يجب تقييم هذه الخصائص المختلفة في وقت أخذ العينات: قد تختفي بعض الروائح، على سبيل المثال، أثناء النقل، أو قد يتغير مظهر العينة أثناء التخزين (مظهر التلوين، والرواسب،...).

أ- اللون

كون الماء لا لون له إلى درجة صفائه وشفافيته فالماء النقي لا لون له وشفاف، وسبب تلوث الماء هو وجود المواد العضوية وغير العضوية على شكل مذاب أو معلق, إضافة إلى ذلك العمليات الصناعية التي تنتج مخلفات ومواد ذائبة و معلقة تؤثر في لون الماء

ب- الرائحة والطعم

هناك علاقة وثيقة بين جانبي الذوق والشم, حيث أن المادة التي تسبب رائحة معينة في الماء غالبا ما تؤدي إلى طعم معين ولكن هناك مواد معدنية تسبب طعم دون رائحة.

I-5-2- الخصائص الفيزيائية

■ درجة الحرارة

تلعب درجة حرارة الماء دورا مهما في قابلية ذوبان الأملاح والغازات, تزداد معدلات التفاعلات الكيميائية والبيوكيميائية حسب درجة الحرارة بمعامل 2 إلى 3 بزيادة درجة الحرارة بمقدار 10 درجات مئوية, بمجرد زيادة درجة حرارة الماء يتم تسريع نشاط التمثيل الغذائي

للكائنات المائية، تتأثر قيمة هذه المعاملات بدرجة الحرارة المحيطة وأيضا بأي تصريفات لمياه الصرف الصحي الساخنة.

▪ الرقم الهيدروجيني [pH]

يتم تحديد الرقم الهيدروجيني لقياس حموضة المحلول من خلال التعبير $\text{pH} = -\log H^+$ حيث (H^+) هو نشاط أيون الهيدروجين H^+ في المحلول، يتم تكييف الأرصدة الفيزيائية والكيميائية بواسطة الأس الهيدروجيني، يتدخل مع عوامل أخرى مثل الصلابة والقلوية ودرجة الحرارة، وعادة ما تتراوح بين 7.2 و 7.6، يزيد الرقم الهيدروجيني المنخفض من خطر وجود المعادن في شكل أيوني أكثر سمية [4].

▪ الموصلية (النقلية)

الموصلية الكهربائية للماء هي توصيل عمود من الماء بين قطبين معدنيين بمساحة 2 سم ومفصولة عن بعضهما البعض بمقدار 1 سم، بشكل عام يعتبر الوضع خاصا أو غير طبيعي فوق 2000 ميكروثانية / سم، موصلية مائية أكبر من 1500 ثانية / سم يصنف الماء على أنه صعب الاستخدام، في الجدول (I-1) نوضح العلاقة بين التمدن و التوصيل الكهربائي.

الجدول I-1: العلاقة بين التمدن والتوصيل الكهربائي

التوصيل الكهربائي	معدل التمدن
$CE < 100 \mu\text{s} / \text{cm}$	تمدن منخفض جد
$100 < C.E < 200 \mu\text{s} / \text{cm}$	تمدن ضعيف
$200 < C.E < 333 \mu\text{s} / \text{cm}$	تمدن متوسط
$333 < C.E < 666 \mu\text{s} / \text{cm}$	زيادة التمدن المتوسط
$666 < C.E < 1000 \mu\text{s} / \text{cm}$	تمدن كبير
$C.E > 1000 \mu\text{s} / \text{cm}$	تمدن عالي

▪ الملوحة

تعتبر الملوحة عاملا بيئيا خاصا بالمحيطات (ولكن أيضا للتربة) والتي تميز محتواها من الملح (NaCl) والأملاح الأخرى الذائبة في الماء، علاوة على ذلك فإن أي تعديل غير مناسب للملوحة بفعل الإنسان يمكن أن يكون له تأثير هائل على الأحياء المائية المعنية [5].

■ مستوى الأملاح الذائبة (TDS)

الأملاح الأكثر تأكلا هي الكلوريدات، تحتوي المياه معتدلة الملوحة على نسب متغيرة و متزايدة تلوث المياه السطحية والجوفية بسبب الانسكابات بشكل عام، ما يصل إلى 100 ملجرام من الكلوريدات لكل لتر، لا تظهر المياه ذات الصلابة المتوسطة أي تأثير تآكل ملموس، يزداد التآكل بسرعة نحو 1ملغ/لتر من الكلوريدات، وتدمير المعادن والحديد والفولاذ المقاوم للصدأ الذي يتم تدميره في ستة أشهر بواسطة الماء البارد عند 1ملجرام من كلوريد الصوديوم لكل لتر [6].

■ العكارة

تعبر العكارة بشكل عام عن قياس درجة الصفاء لعينة الماء لتقدير مدى خلوها من المواد الغروية والمعلقة مثل الطين والمواد العضوية، ويعتمد قياس العكارة على مسار الضوء خلال عينة الماء ووحدة قياسها هي (NTU) Nephlemtric Turbidity Unit [6].

I-5-3- الخصائص الكيميائية

■ الأكسجين المذاب

يقيس الأكسجين المذاب تركيز الأكسجين في الماء، ترتبط قابلية ذوبانه بعدة عوامل معينة: درجة الحرارة والضغط الجوي والملوحة وأيضا اعتمادا على أصل الماء، يمكن أن تحتوي المياه السطحية على كميات كبيرة نسبيا قريبة من التشبع، تحتوي المياه العميقة عادة على بضعة ميليغرام في اللتر يتم التعبير عنه في ملغ/لتر [7].

■ المواد الصلبة العالقة

تشكل جميع الجسيمات المعدنية أو العضوية في المياه الطبيعية أو الملوثة [7]، تنشأ المواد الصلبة العالقة بشكل أساسي من منطقة تجمع المياه تحت تأثير التآكل الطبيعي، والمخلفات العضوية (حطام النبات، وما إلى ذلك) والعوالق، لذلك فإن طبيعة المواد الصلبة العالقة غالبا ما تكون معدنية ومعدلاتها منخفضة نسبيا باستثناء فترات فيضان الأنهار، لا تخلو المياه الطبيعية أبدا من المواد المعلقة ويسمح بمحتوى أقل من 30 ملغ/لتر.

■ الصلابة الكلية أو العسرة (TH)

يتم إكتشافها بشكل أساسي من خلال أنها تمنع الماء والصابون من تكوين الرغوة بشكل أو بآخر، يقاس بمجموع التركيزات بدرجات الكالسيوم والمغنيسيوم ويعبر عنها بالعنوان الهيدرومتر (TH)، وحدة العنوان الهيدرومتر هي مول لكل لتر [9]. يمكن تقسيم TH (الصلابة الكلية) إلى TCa (عسرة كلسيه) و TMg (عسرة مغنيسيوم):

$$TH = TCa + TMg$$

تصنف المياه اعتماداً على صلابتها الكلية، حسب المؤشرات الموضحة في الجدول (2-I):

الجدول 2-I: تصنيف المياه حسب العسر الكلي

الصلابة الكلية (TH)	خصوصية المياه
0-6	ماء خفيف جداً
6-15	مياه عذبة
15-30	ماء عسر متوسط
أكثر 30	ماء عسر جداً

■ كلوريات

توجد الكلوريدات في جميع المياه بتركيزات متفاوتة، يمكن أن يكون لها عدة أصول:

✓ الترشيح خلال التضاريس المالحة.

✓ تسرب مياه البحر إلى المياه الجوفية.

✓ الأنشطة البشرية والصناعية.

إن التواجد المفرط للكلوريدات في مياه الإمداد يجعلها أكالة لشبكات التوزيع ومضرة بالنباتات، يمكن اعتبار التقلب الشديد للكلوريدات بمرور الوقت بمثابة مؤشر للتلوث [10].

■ الكالسيوم

الكالسيوم عنصر قلوي أرضي واسع الانتشار في الطبيعة، وخاصة في صخور الحجر الجيري، وهو المكون الرئيسي لعسر الماء، الكالسيوم بشكل عام هو العنصر المهيمن في مياه الشرب، فهو موجود بشكل أساسي على شكل كربونات الهيدروجين وبكميات أقل في شكل كبريتات، كلوريات، إلخ. يتم قياسه بطريقة القياس المعقد ويجب ألا يتجاوز محتواه 350 ملغ/لتر في مياه الشرب [10].

■ الصوديوم

الصوديوم عنصر يختلف تركيزه في الماء من منطقة إلى أخرى، بالنسبة للجرعات المقبولة من الصوديوم في الماء لا توجد قيمة حدية معيارية ومع ذلك فإن المياه التي تحتوي على نسبة عالية جداً من الصوديوم تصبح قليلة الملوحة وتتخذ مذاقاً غير محبب [11].

▪ البوتاسيوم

يبلغ محتوى البوتاسيوم في المياه الطبيعية حوالي 10 إلى 15 ملغ/لتر، في هذا التركيز لا يسبب البوتاسيوم أي عيوب على صحة الأفراد، تختلف عتبة إدراك التذوق وفقا للمستهلك [11].

▪ مادة عضوية

تتكون المواد العضوية التي يحتمل وجودها في الماء من منتجات تطل من أصل حيواني أو نباتي، يتم إنتاجها تحت تأثير الكائنات الحية الدقيقة، سليات المواد العضوية هو تعزيز مظهر الذوق السيئ الذي يمكن زيادته بالكلور، المياه الغنية بالمواد العضوية يشتهب في تلوثها جرثوميا أو كيميائيا [6].

▪ الأمونيوم (NH_4^+)

يمكن أن تكون بعض المياه العميقة غنية بالنيتروجين الأموني دون أن تكون ملوثة بالضرورة في هذه الحالة قد يأتي الأمونيوم (NH_4^+) من نزع النتروجين الكيميائي الحيوي بسبب محركات الكائنات الحية الدقيقة، من ناحية أخرى إذا تم العثور على الأمونيوم في المياه السطحية (نهر أو بحيرة) أو في المياه الجوفية فيجب البحث عن مصدرها في فضلات الحيوانات، بشكل عام يتم تحويل الأمونيا بسرعة إلى حد ما إلى نترات عن طريق الأوكسدة، يشير وجود مستويات عالية من نيتروجين الأمونيا في الماء عموما إلى حدوث تلوث حديث عن طريق تطل المواد العضوية في هذه المرحلة يخشى التلوث [6].

6-I- تلوث المياه

يعرف تلوث المياه بأنه أي تغيير غير مواتي في الخصائص الطبيعية (بيولوجية أو فيزيائية - كيميائية)، ويقصد به حدوث أي تغيير في صفات وخواص الماء الذي من شأنه أن يؤثر سلبا على صحة ونشاط الإنسان أو الكائنات الحية الأخرى.

I-6-1- المعايير المتعلقة بالتلوث

أ- مركبات النيتروجين

▪ نيتروجين الأمونيا (NH_4^+)

نيتروجين الأمونيا شائع في المياه السطحية، ينشأ من المواد النباتية والحيوانية العضوية في المجاري المائية، تحدث نترتة أيونات الأمونيوم في بيئة هوائية ضعيفة، بشكل عام يتم تحويل

الأمونيوم بسرعة إلى حد ما إلى نترات و نترت عن طريق الأكسدة البكتيرية, الأمونيوم في حد ذاته ليس ضارا عندما يزداد الرقم الهيدروجيني [12].

▪ النترت (NO_2^-)

يرجع وجودها إما إلى الأكسدة البكتيرية للأمونيا أو إلى تقليل النترات, إنها تمثل فقط مرحلة وسيطة ويمكن أن تتأكسد بسهولة إلى نترات (كيميائيا وبكتريا). غالبا ما تشير التركيزات العالية من النترت إلى وجود مواد سامة [13].

▪ النترات (NO_3^-)

تأتي النترات الموجودة بشكل طبيعي في المياه بشكل كبير من جريان المياه على الأرض التي تشكل منطقة مستجمعات المياه, تحتوي المياه الطبيعية غير الملوثة بشكل عام على عدد قليل من النترات, يمكن أن تأتي النترات في الماء من مصادر غير مباشرة أو مباشرة في المخلفات السائلة الغنية بالنيتروجين العضوي (بروتينات, أحماض أمينية, يوريا, إلخ) [12], يتم تحويل الجزيئات أو لا إلى امونيوم (NH_4^+) والذي يتأكسد بعد ذلك إلى نترت ثم إلى نترات تحت تأثير بكتيريا النترجة, عمليات الأكسدة هذه التي تسمى أيضا "النترجة" حساسة جدا لوجود المواد السامة (المعادن ومبيدات الآفات) ودرجات الحرارة المنخفضة.

ب- الفوسفات

يمكن أن تكون أيونات الفوسفات الموجودة في المياه السطحية أو في المياه الجوفية ذات أصل طبيعي: تحلل المواد العضوية, أو ترشيح المعادن, أو أيضا بسبب التصريفات الصناعية, المنزلية, الأسمدة. في غياب إمدادات الأكسجين لا يوجد الفوسفات إلا بكميات ضئيلة في المياه الطبيعية, ويتم إدخالها في المياه السطحية (الأنهار والبحيرات) عن طريق المياه العادمة التي غالبا ما تكون تنقيتها غير كافية [13].

ت- الكبريتات:

توجد في شكل مغنيزيوم أو كبريتات الكالسيوم في الماء, يمكن أن يسبب اضطرابات في الجهاز الهضمي (خاصة عند الأطفال) و إعطاء الماء طعما غير سار, توصي المعايير الأمريكية للكبريتات بحد أقصى مقبول للتركيز 200 مع/لتر وأقصى تركيز مسموح به يبلغ 400 مع/لتر (SO_4^{2-}), تم اعتماد هذه القيمة الأخيرة البالغة 400 مع/لتر أيضا من قبل منظمة الصحة العالمية [14].

ث- السيليكا

توجد السيليكا في الماء إما في حالة مذابة أو في حالة غروانية, يمكن أن تحتوي مياه المناطق الجرانيتية على عدة عشرات من الملي غرام لكل لتر (14).

I-6-2- المعلمات غير المرغوب فيها

أ- الحديد

يمكن أن تحتوي المياه السطحية على ما يصل إلى 0.3 ملغ/لتر من الحديد، والذي يمكن أن يكون ناتجا من ترشيح الأرض المتقاطعة أو التلوث الصناعي, في توزيع المياه غالبا ما يأتي من تآكل أنابيب الإمداد, من المؤكد أن الحديد الموجود في الماء ليس له أي عيب من الناحية الفيزيولوجية ولكنه يؤثر على الجودة الحسية للماء (طعم ولون ونكهة سيئة) عند المستويات العالية جدا [13].

ب- الألمنيوم

كمية الألمنيوم المحتمل وجودها في مياه الشرب ليست سامة للسكان, تشير توجيهات المجتمعات الأوروبية إلى أن محتوى الألمنيوم في الماء المخصص للاستهلاك البشري هو 0.05 ملغ/لتر و CMA يبلغ 0.2 ملغ/لتر [13].

ت- المنغنيز

يشكل طبقة سوداء على الأنابيب والتي عندما تنفجر تعطي الماء مظهرا غير جذاب, من وجهة نظر محلية له عيب حتى بكميات صغيرة (0.1 ملغ/لتر) [13].

I-6-3- الملوثات البيولوجية

■ المنظمات الحرة

الكائنات الحية الحرة الرئيسية الموجودة في الماء هي: العوالق واللافقاريات الكبيرة والكائنات الحية الدقيقة, و تنقسم هذه إلى:

- ✓ الكائنات الحية الدقيقة في المياه السطحية.
- ✓ الكائنات الحية الدقيقة في المياه النظيفة.
- ✓ الكائنات الحية الدقيقة المسؤولة عن بعض الأذواق والروائح.

أ- البكتيريا المسببة للأمراض

تكون مسؤولة عن معظم الأمراض المعدية التي تصيب المناطق شبه الإستوائية في إفريقيا: الكوليرا، وحمى التيفود، و الدوسنتاريا، والتهاب المعدة والأمعاء، وأمراض الإسهال، إلخ. بشكل عام تنتقل إلى الإنسان من خلال الجهاز الهضمي المرتبط باستهلاك المياه الملوثة، تلعب البكتيريا المسببة للأمراض دورا حاسما في التلوث البيولوجي للمياه الجوفية من المراحيض [16].

ب- الفيروسات

تنتقل الفيروسات من خلال البراز عبر الجهاز الهضمي. يمكن أن يحتوي جرام واحد من البراز على ما يصل إلى 109 جزيئات من الفيروسات المعدية [16]. خمس مجموعات من الفيروسات المسببة للأمراض من وجهة النظر الصحية وهي مسؤولة عن أمراض مثل شلل الأطفال والتهاب السحايا والتهاب الكبد المعدي، إلخ.

I-4-6- الملوثات الكيميائية

تعتبر بعض العناصر الكيميائية الموجودة في الماء مفيدة بل وضرورية لصحة الإنسان بتركيزات منخفضة ولكن يمكن أن تصبح سامة عند إمتصاصها بكميات كبيرة جدا، وهي تشمل الأملاح المعدنية والمركبات السامة.

I-5-6- المركبات السامة

تكون معدنية أو عضوية، المركبات المعدنية السامة هي في الأساس: معادن ثقيلة، معادن ذات أصل زراعي، معادن ذات أصل صناعي.

أ- مبيدات حشرية

هي منتجات تستخدم لمحاربة الكائنات الحية الضارة بالصحة العامة أو التي تهاجم الموارد النباتية أو الحيوانية اللازمة للأغذية البشرية أو الصناعية أو للحفاظ على البيئة، تصنف المبيدات حسب إستخداماتها على النحو التالي: المبيدات الحشرية، مبيدات الفطريات، مبيدات القوارض، مبيدات الأعشاب.

I-7- مصادر التلوث

I-1-7- المنظفات

يظهر تأثير إستخدام المنظفات في:

✓ ظهور طعم الصابون.

✓ تكون الرغوة التي تبطن عملية التنقية الطبيعية أو الإصطناعية.

✓ إبطاء نقل وتفكك الأكسجين في الماء، حتى في حالة عدم وجود رغوة [8].

I-7-2- الملوثات المشعة

يعد تلوث المياه السطحية بالمواد المشعة مشكلة خطيرة بشكل متزايد بسبب تشغيل المفاعلات، واستخدام النظائر المشعة في الطب والصناعة. [16].

I-7-3- التلوث المنزلي

يعتبر التلوث المنزلي فوق كل شيء عضوي (شحوم، نفايات عضوية)، ويمكن أن يكون أيضا كيميائيا (مساحيق الغسيل، والمنظفات، والمنتجات المستخدمة في الحدايق، وما إلى ذلك)، بالإضافة إلى مياه الصرف الصحي المنزلية التقليدية، ومياه غسل الشوارع والأسواق والمحلات التجارية والمباني المدرسية والمستشفيات.

I-8- عواقب التلوث

ينتج عن تلوث المياه الكثير من الأمراض و التأثيرات السلبية على البيئة و الكائنات الحية نذكر منها:

- المواد السامة والمعادن الثقيلة سامة للحياة المائية.
- يؤدي الفسفور والنيتروجين إلى زيادة المغذيات في المجاري المائية.
- الفسفور عنصرا يحد من نمو النباتات.
- القولونيات البرازية ومسببات الأمراض تشارك في التلوث الجرثومي. [17]

I-9- معايير جودة مياه الشرب

I-9-1- المعيار

تم إنشاؤه وفقا للحد الأدنى أو المتوسط أو التنظيم أو المعيار القياسي, يجعل من الممكن مقارنة الموقف فيما يتعلق بقيمة العتبة وتحديد الشروط المقبولة.

I-9-2- فائدة المعايير

- فائدة المعايير التي وضعت من قبل كل سلطة صحية وطنية تتمثل في:
 - تحديد العناصر التي من المحتمل أن تضر بالصحة أو تسبب مشاكل للمستهلك.

- تحديد الحد الأقصى المسموح به للتركيز، والذي لا ينبغي تجاوزه، ومستوى إرشادي يتوافق مع المستوى الثاني من الجودة الذي يكون من المرغوب تحقيقه.

I-9-3- معايير جودة المياه الصالحة للإستهلاك البشري

يتم تقييم جودة المياه الصالحة للإستهلاك البشري حسب المرسوم التنفيذي رقم 11-125 المؤرخ في 22 مارس 2011، و هذا ما يوضحه الجدول (I-3) :

الجدول I-3: معايير جودة المياه الصالحة للشرب للإستهلاك البشري (الأمر التنفيذي رقم 11-125 من 22 مارس 2011)

القيمة الحدية	الوحدات	العناصر	مجموعة العناصر
0.2	ملغ/لتر	الومينيوم	الكيميائية
0.5	ملغ/لتر	امونيوم	
0.7	ملغ/لتر	الباريوم	
1	ملغ/لتر	البورون	
0.3	ملغ/لتر	اجمالي الحديد	
1.5	ملغ/لتر	الفلورير	
50	ميكرو غرام/لتر	المنغنيز	
50	ملغ/لتر	النترات	
0.2	ملغ/لتر	نيتريت	
5	ملغ/لتر O ₂	الاكسدة	
5	ملغ/لتر	الفسفور	
0.5	ميكرو غرام/لتر	اكريلاميد	
20	ميكرو غرام/لتر	الانتيمون	
100	ميكرو غرام/لتر	الفضة	
10	ميكرو غرام/لتر	الزرنينخ	
3	ميكرو غرام/لتر	الكاديوم	
50	ميكرو غرام/لتر	اجمالي الكروم	
2	ملغ/لتر	النحاس	
70	ميكرو غرام/لتر	سيانيد	
6	ميكرو غرام/لتر	الزئبق	
70	ميكرو غرام/لتر	نيكل	
10	ميكرو غرام/لتر	الرصاص	
10	ميكرو غرام/لتر	السييلينيوم	
5	ملغ/لتر	الزنك	
0.2	ميكرو غرام/لتر	الهيدروكربونات اجمالي متعدد الحلقات العطرية (H.P.A) فلورانتين، بنزو (4,3) فلورانتين، بنزو (1,12) فلورانتين، بنزو (3,4) بيرين، بنزو (1,12) بيرين، اندينو (1,2,3-cd) بيرين، بنزو (3,4) بيرين.	
10	ميكرو غرام/لتر	الهيدروكربونات الذاتية المستقلب و المستخرجة مع CCl ₄	
0.5	ميكرو غرام/لتر	الفينولات	

10	ميكرو غرام/لتر	البنزين	
700	ميكرو غرام/لتر	التولوين	
300	ميكرو غرام/لتر	اينثيل بنزين	
500	ميكرو غرام/لتر	اكسيلين	
100	ميكرو غرام/لتر	ستايرين	
0.2	ملغ/لتر	سطح الاستجابة يتفاعل مع ازرق المثيلين	
0.4	ميكرو غرام/لتر	ايبكلوروهيدرين	
1..0	ميكرو غرام/لتر	ميكروسيستين	
0.1	ميكرو غرام/لتر	مبيدات الافات حسب المادة الفردية -الكلور العضوي الثابت، الفوسفات العضوي والكربونات، مبيدات الاعشاب، مبيدات الفطريات، باستثناء الالديرين و الديليديرين.	
0.03			
0.5	ميكرو غرام/لتر	مبيدات الافات	
10	ميكرو غرام/لتر	برومات	
5	ملغ/لتر	كلور	
0.07	ملغ/لتر	كلوريت	
100	ميكرو غرام/لتر	تيرهاوميثان الكلوروفورم، ثنائي بروموكلوروميثان، بروموكلوروميثان	
0.3	ميكرو غرام/لتر	كلوريد الفينيل	
30	ميكرو غرام/لتر	1,2- ثنائي كلوروميثان	
1000	ميكرو غرام/لتر	1,2- ثنائي كلورو بنزين	
300	ميكرو غرام/لتر	4,1- ثنائي كلورو بنزين	
20	ميكرو غرام/لتر	ثلاثي كلورو ايثيلين	
40	ميكرو غرام/لتر	رباعي كلورو ايثيلين	
15	Picocurie/l	جسيمات الفا	النويدات المشعة
4	Millirems/an	جسيمات بيتا	
100	Bequerel/l	التريتيوم	
15	ميكرو غرام/لتر	اليورانيوم	
01	mSv/an	الجرعة الاجمالية الارشادية (DTI)	
15	Mg/l Platine	اللون	المعايير الحسية
5	NTU	التعكر	
4	Taux dilution	الرائحة عند 12 درجة مئوية	
4	Taux dilution	النكهة عند 25 درجة مئوية	
500	ملغ/لتر من الكلوس	القلوية	المعايير الفيزيائية-الكيميائية فيما يتعلق بالتركيب الطبيعي للمياه
200	ملغ/لتر من الكلوس	الكالسيوم	
500	ملغ/لتر	الكلوريدات	
≥ 6.5 و ≤ 9	وحدة pH	تركيز ايونات الهيدروجين	
2800	مليسيمناس/لتر	الموصلية عند 20 درجة مئوية	
200	ملغ/لتر من الكلوس	صلابة	
12	ملغ/لتر	البوتاسيوم	
1500	ملغ/لتر	بقايا جافة	
200	ملغ/لتر	الصوديوم	
400	ملغ/لتر	الكبريتات	
25	درجة	درجة الحرارة	

خاتمة

لا يزال الحصول على مياه الشرب مصدر قلق كبير في إفريقيا ولاسيما في المناطق الريفية, وفقا لمنظمة الصحة العالمية يموت آلاف الأشخاص يوميا بسبب الأمراض المنقولة عن طريق المياه, بسبب ارتفاع تكلفة معالجة المياه في البلدان الفقيرة و النامية جعل توفير إمدادات المياه النظيفة ومعالجة المياه أمرا صعبا.

الفصل II

عموميات حول الصبار

و

عملية التخثر/ التلبد

المقدمة

من المتوقع أن تكون مواد التخثر / التلبد المستندة إلى النبات تقدما كبيرا في تكنولوجيا معالجة المياه نظرا لسلامتها وقابليتها للتحلل البيولوجي وتوافرها، على عكس مصافي المياه الكيميائية الإصطناعية مثل الأملاح والألمنيوم والحديد والبوليمرات العضوية التي يزعم أنها تهدد نظامنا البيئي، إما من خلال بقاياها في المياه المعالجة أو من خلال الحمأة التي تولدها، وفي هذا الفصل سوف نلقي نظرة عامة على نبات الصبار وإستعمالاته، و نتطرق كذلك إلى شرح عملية التخثر/التلبد و أنواع المخثرات.

II-1- أصل الصبار والتوزيع الجغرافي

الصبار الاسم العلمي (Cactus)، معظم أنواع الصبار تعيش في الظروف والبيئات الصحراوية [22]، موطنها الأصلي على الحدود بين الهند و باكستان و نيبال، تزرع على نطاق واسع في بلدان أخرى بما في ذلك آسيا و إفريقيا و أمريكا الجنوبية و الوسطى، توجد في ثلاث قارات وفي العديد من البلدان الاستوائية أو حتى في المناطق القاحلة (إفريقيا، شبه الجزيرة العربية، جنوب شرق آسيا، جزر المحيط الهادئ و أمريكا الجنوبية، في هذه البلدان يتم استخدامها كمصنع طبي و غذائي [21]، يمكنها أن تتحمل درجات حرارة تصل إلى 48 درجة في الظل، تحتوي بشكل أساسي على الماء (80 إلى 95%) والألياف (1 إلى 2%) والبروتين (0.5-1%) والكربوهيدرات (3-7%) [20].



الصورة II-1: نبات الصبار

II-2- التصنيف المنهجي للصبار

يتم تصنيف المنهجي لنبات الصبار كما هو موضح في الجدول (II-1):

الجدول II-1: التصنيف المنهجي للصبار

النباتات	المملكة
القرونفلونات	الفرع
القرنفليات	تحت الفرع
ثنائيات الفلقة	الفئة
حقيقيات الأوراق	الفئة الفرعية
الصبار	أسرة
الصبارية	الجنس

II-3- الوصف النباتي لصبار

ينتمي الصبار للفصيلة الصبارية، ويعتبر من النباتات عديمة الساق أو ذات ساق قصيرة وتنمو بطول 60-100 سم وذلك يعادل (24-39 إنش) منشره. تمتاز بأوراق عريضة، ذهبية ذات لون أخضر، مع وجود بعض الاختلافات إذ تظهر نقط بيضاء على الجزء العلوي والسفلي لسطح الساق (24)، حافة الورق مسننة ذات أسنان بيضاء وتزدهر نبتة الصبار بالصيف حيث تظهر الزهور على الشوك بشكل متدل بطول لا يتجاوز 90 سم أي ما يعادل (35 إنش) [22].

II-4- أنواع الصبار

تتعدد أنواع الصبار التي يتم زراعتها في المنازل، أو الحدائق من أجل المنظر الطبيعي، أو الفوائد العديدة التي تحملها، وفيما يلي يظهر الجدول (II-2) بعض أنواع نبات الصبار [23]

الجدول II-2 : أنواع الصبار

الوصف	مورفولوجيا (المظهر)	الاسم
<p>يتميز هذا النوع بخصائصه العلاجية المتعددة، والتي كانت سببا في شعبيته الكبيرة من بين الأنواع الأخرى من نبات الصبار، حيث يعمل الجل المستخرج من قص أوراقه على التئام الجروح الناتجة عن الحرق بطريقة سريعة، كما أنه مفيد في حل مشاكل الشعر والجلد المختلفة.</p>		<p>صبار بربادنسيس ميلر</p>
<p>واحد من نبات الصبار الذي يتم زراعتها في حدائق المنازل، حيث يتميز بأوراقه الخضراء المائلة للزرقة والمحاطة بأسنان حمراء، ما يضيفي شكلا جذابا عندما تتلون الأوراق باللون الأرجواني تحت ضوء الشمس.</p>		<p>الصبار العربي</p>
<p>يحمل الجل المستخرج من هذا النوع من الصبار فوائد عديدة، حيث يستخدم في صناعة المراهم المستخدمة للحروق، ومنتجات العناية بالبشرة، كما يتم استخدامه في صناعة بعض المكملات الغذائية.</p>		<p>صبار فيروكس</p>
<p>يطلق عليه صبار برومي، ويعد واحدا من أكثر أنواع الصبار شهرة بغرض الزينة للون أوراقه الأخضر، وزهوره الليمونية التي تشبه الشموع.</p>		<p>صبار الثعبان</p>

II-5- معالجة المياه عن طريق التخثر / التلبد

في معالجة المياه، يعتبر التخثر والتلبد من العلاجات التي تهدف إلى تحسين إزالة الجسيمات العالقة من خلال عمليات الترسيب والترشيح. تعمل هذه العلاجات على تعزيز تراكم الجزيئات الغروية في مجاميع كبيرة وكثيفة، تحدث في خطوتين رئيسيتين وهما زعزعة إستقرار الجسيمات وتصادم الجسيمات المزعزعة للإستقرار لتشكيل مجاميع كبيرة، زعزعة الإستقرار والتجمع ظواهر فيزيائية كيميائية، يتضمن الفصل عن طريق الترسيب والترشيح ظواهر فيزيائية بشكل أساسي، زعزعة الإستقرار هي العملية التي يتم من خلالها تعديل الجسيمات المستقرة المعلقة بطريقة تمنحها إمكانية الالتصاق معا أو حتى ربط نفسها بالدعم، عن طريق إضافة الكواشف الكيميائية المناسبة التي تقلل أو تقضي على قوى التنافر، يقال بعد ذلك إن النظام غير مستقر، بعد ذلك يتم ملامسة الجسيمات المزعزعة لإستقرار عن طريق التحريض الميكانيكي الخارجي، وتصادمات مواتية لتكوين الكتل والركام وبالتالي، فإن زعزعة الإستقرار والتجمع يتطلبان إثارة خارجية لتعزيز إختلاط الطور وتعزيز الإصطدامات، تتمثل الممارسة في تنفيذ تسلسلين من التحريض: التحريض السريع الذي يعزز إختلاط الكواشف وزعزعة إستقرار الجسيمات، وهي مرحلة من التحريض البطيء لتعزيز الإصطدامات بين الجسيمات غير المستقرة وبالتالي تسبب تراكمها. في الكيمياء الغروانية، يشير التخثر والتلبد مباشرة إلى نمط معين من عدم الإستقرار، وهكذا فإن التلبد هو العملية التي تظهر بها الكتل الأولى في نظام غير مستقر، هذه الكتل ليست كثيفة للغاية وعموما لا تترسب إذا تم دمج هذه الكتل عن طريق التجميع وأصبحت أكثر كثافة، فإننا نتحدث عن الركام وطريقة الحصول عليها تسمى التخثر، لذلك يشير التلبد إلى تكوين مجاميع صغيرة من الجسيمات الأولية وتخثر نمو وإعادة هيكلة هذه الكتل إلى كتلات كثيفة يمكن فصلها عن طريق الترسيب، من ناحية أخرى في معالجة المياه، ترتبط المصطلحات المستخدمة بين التخثر وزعزعة إستقرار النظام في وجود التحريض السريع والتلبد مع تراكم الجزيئات غير المستقرة تحت التحريض البطيء.

II-6- أنواع التخثر

• التخثر الكيميائي

تتكون عملية التخثر من إضافة الألمنيوم أو الحديد إلى الماء وتسمى هذه المواد بالتخثر ولها شحنة موجبة، وهذه الشحنة من مادة التخثر تحيد الشحنة السالبة للجسيمات الذائبة والمعلقة في الماء، عندما يحدث هذا التفاعل ترتبط الجسيمات ببعضها البعض أو تتخثر، فإن الجسيمات الأكبر أو الأثقل تجلس في قاع مصدر المياه وتسمى هذه عملية الترسيب [24].

• التخثير الكهربائي

هو طريقة بديلة لفصل التلبد عن طريق التخثر والتي تسمح بتكوين الكاتيونات المعدنية في الموقع عن طريق التحليل الكهربائي، وينتج عن هذا التركيز أنواع غروانية قريبة من القطب الموجب، ثم تتفاعل الكاتيونات المتخثرة مع الجسيمات الغروية سالبة الشحنة و السماح بتحييد شحنتها و إستقرارها [24].

• التخثر الحيوي

التخثر الحيوي هو تقنية جديدة لجمع الجسيمات الدقيقة للغاية ويختلف عن العمليات المعروفة مثل الإمتصاص الحيوي والتراكم البيولوجي والتحول الأحيائي، في التخثر الحيوي تكون الجسيمات صغيرة جدا وصلبة، بالنسبة للعمليات الأخرى تذوب المعادن وتمتاز الأيونات أو تتراكم.

II-7- أنواع التلبد

• التلبد بالجريان الأفقي أو الكلاسيكي

يتم تحريض مجموعة من الطاقة التي يجب أن تنتقل عبر الشفرات للحصول على تدرج السرعة، وتعطى بالمعادلة التالية:

$$P = \frac{1}{2} A \rho V^3 C_D \dots\dots\dots (1)$$

• التلبد في مسار الحمأة

يتدفق الماء لأعلى وهذا يحافظ على غطاء الحمأة في حالة تعليق ويؤدي بدوره إلى تصادم الجسيمات بسبب التركيز العالي للجسيمات في هذه المنطقة.

II-8- العوامل التي تؤثر على التخثر والتلبد

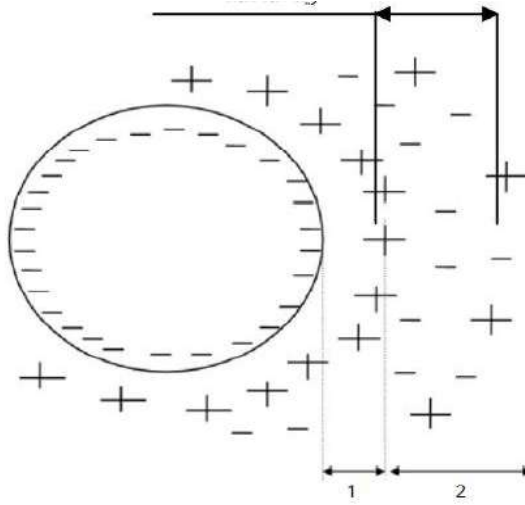
لتحسين عملية التخثر والتلبد، يجب مراعاة المتغيرات ذات الصلة مثل الأس الهيدروجيني وجرعة التخثر ودرجة الحرارة وسرعة الخلط.

- ✓ **الأس الهيدروجيني:** للرقم الهيدروجيني تأثير أساسي على التخثر , لوحظ أن إضافة مادة التخثر غالبا ما يغير درجة حموضة الماء [25].
- ✓ **جرعة التخثر:** لا يمكن تحديد كمية الكاشف بسهولة، إلا بعد عدة تجارب بحيث يمكن تحديد جرعة التخثر المثلى وخلطها باستخدام إختبار، تؤدي الجرعات الزائدة من مواد التخثر إلى إعادة التصاق الجزيئات وتزيد من تكاليف التشغيل، بينما تؤدي الجرعات غير الكافية إلى عدم كفاية جودة المياه المعالجة [25].
- ✓ **التعكر:** يؤثر التعكر على حسن سير عملية التخثر اعتمادا على منطقة تعكر معينة، يجب أن تتبع الزيادة في تركيز الجسيمات زيادة في جرعة التخثر [25].
- ✓ **معدل التحريض:** عند إضافة مادة التخثر إلى الماء، يجب إجراء تقليب سريع لتفريق المحلول وتجانسه، حيث أن التحريض الشديد يمنع تراكم الجزيئات، بينما يؤدي التحريض المطول المنتظم إلى زعزعة إستقرار نظام المحلول. يقوم بتجميع وكسر الروابط بين مادة التخثر و سطح الجسيمات [26].

II-9- نظرية الطبقة المزدوجة

يفترض نموذج الطبقة المزدوجة ترتيب الأيونات في طبقتين متميزتين بالقرب من الجسم، وهذا ما يسمى نظرية الطبقة المزدوجة [27]. يفترض أن تكون الطبقة الأولى صلبة وتتكون من أيونات (رطبة أو غير رطبة) متصلة بسطح الجسم. تسمى أيضا بالطبقة الثابتة أو الطبقة القاسية سمكها منخفض، الطبقة الأخرى الأكثر سمكا تسمى الطبقة المنتشرة الصورة (II-2)، وتتكون من أيونات (أيونات مشتركة وأيونات مضادة) يتم تحديد توزيعها من خلال التفاعلات الكهروستاتيكية مع سطح الجسم وآليات الإنتشار المرتبطة بالتحريض الحراري. يميل هذا الإنتشار إلى إستعادة التوازن الأيوني بين الطبقة المنتشرة والمحلل، يطلق على المستوى الذي يفصل بين الطبقة الثابتة والطبقة المنتشرة مستوى **ستيرن**، ينتج عن توزيع الأيونات هذا تباينا فالجهد الكهربائي كدالة للمسافة من السطح. تعرف زيتا بأنها القدرة على مستوى القص الذي يفصل طبقات السوائل المرتبطة بالمادة الصلبة عن باقي محلول.

$$(2).....Z = \frac{DV}{4\pi IE}$$



الصورة II-2: نظرية الطبقة المزدوجة (1: الطبقة الثابتة, 2: الطبقة المنتشرة) [37]

خاتمة

تعتبر مواد التخثر الطبيعية أكثر إستدامة و صداقة للبيئة مقارنة بالمخثرات الكيميائية, كما يمكن إستخدامه على نطاق واسع في معالجة المياه العكرة و الموجهة للشرب.

الفصل III

تصميم التجارب (PE)

مقدمة

يواجه المجرّب بغض النظر عن مجال دراسته، المشكلة الصعبة دائما وهي التنظيم الأمثل لاختباراته، بأقل وقت و تكلفة لحل مشكلته، تصميم التجارب يثبت أنه أكثر فعالية من الأساليب المعتادة لإجراء التجارب، أي أنه يسمح بذلك لتحقيق نفس النتائج مع عدد أقل من التجارب و ضمان المجرّب مزيد من اليقين والدقة في النتائج المتوقعة [28].

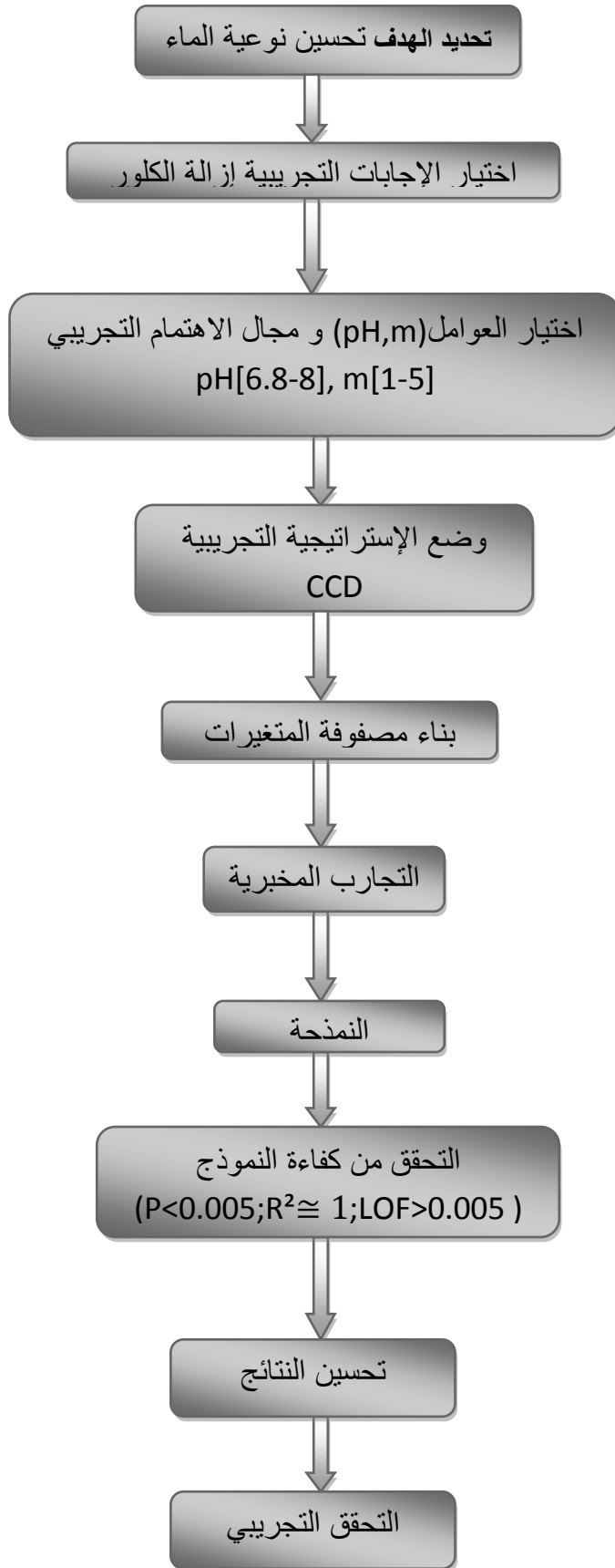
في هذا الفصل، سنقوم بتقديم وشرح منهجية تصميم التجارب و تبيان أهميته في مجال البحث العلمي.

III-1- تعريف تصميم التجارب (PE)

يتم تطبيق تصميم التجارب في مجالات الصناعة المختلفة بهدف إستخراج المعلومات المقابلة للهدف المحدد مسبقا، تصميم التجارب الخاصة بهم هي طريقة لتخطيط أو تنظيم التجارب العلمية وتهدف إلى الحصول على أقصى قدر من المعلومات مع الحد الأدنى من التجارب و التطبيق، يستعمل في العديد من المجالات : علم الزراعة، علم الأحياء، الحساب العددي، الكيمياء، الإلكترونيات، التسويق، الميكانيكا، الفيزياء [29].

III-2- المنهجية التجريبية

تعتبر تصاميم التجارب إستراتيجية من أجل الوصول إلى إستنتاجات سليمة وكافية بطريقة فعالة وإقتصادية، إتبعنا في تصميمنا المراحل الموضحة في المخطط (III-1) وكان الهدف منه تحسين نوعية الماء، اخترنا إزالة الكلور كإجابة تجريبية له، بناء على تجارب سابقة وتجارب في المختبر وجدنا أن pH و m هما العوامل المؤثرة، إعتقادا على ذلك قمنا بإختيار المجالات المناسبة (pH[6.8-8],m[1-5])، ثم إختيار خطة CCD les plan composites كإستراتيجية تجريبية، بعد بناء مصفوفة المتغيرات ثم أجرينا التجارب مخبريا، بعدها قمنا بالنمذجة والتحقق من كفاءة النموذج (P<0.005 ;R²≈ 1 ;LOF) و تحسين النتائج، أخيرا نقوم بالتحقق التجريبي من أجل إعتقاد هذا التصميم كنموذج مثالي.



مخطط III-1: المنهجية التجريبية

III-3 - كلمات مفتاحية

III-3-1 - العامل (facteur)

العامل هو أي سلسلة من العناصر من نفس الطبيعة تكيف الظاهرة قيد الدراسة, يمكن أن يكون العامل نوعيا أو كيميا, مستمرا أو متقطعا, يمكن التحكم فيه أو لا يمكن السيطرة عليه.

- تتم دراسة العوامل المضبوطة فعليا أثناء التجربة.
- العوامل الخارجة عن السيطرة هي مصدر الاختلافات لأنها تعتبر في كثير من الأحيان مخلفات عشوائية [30].

III-3-2 - الإجابة (Réponse)

هي الكميات المدروسة أو كمية المخرجات كجزء من عمليات التحسين, يحدد المرء وظائف القيد التي تحدد التجارب وليس الحجم المدروس, يسعى للحصول على أفضل القيم القابلة للتحقيق, يمكن أن تكون وظائف الهدف وقيود إستجابة معينة أو مجموعة من ردود النظام قيد الدراسة [31].

III-3-3 - مصفوفة التجربة (Matrice d'expérience)

هي عنصر رياضي يمثل جميع التجارب التي يتعين إجراؤها, تكون دائما مكتوبة في شكل مشفر, يتكون من N من الصفوف المقابلة لعدد التجارب وأعمدة k المقابلة لعدد المتغيرات [32].

III-3-4 - التفاعل (Effet)

يعتمد تأثير أحد العوامل على القيمة التي يأخذها عامل آخر, ينتج عن ذلك تفاعل بين العاملين [30].

III-3-5 - خطة التجربة (Plan d'expérience)

تتوافق خطة التجريب مع "ترجمة" مصفوفة التجارب إلى مصفوفة يمكن إستخدامها مباشرة من قبل المجرب لأن المتغيرات سيتم التعبير عنها كمتغيرات طبيعية. يجب تحليل خطة التجربة بعناية لمعرفة ما إذا كانت جميع التجارب مجدية و خالية من المخاطر [32].

III-4- إختيار التصميم التجريبي للدراسة

مبدأ هذا الإختيار هو إختيار الخطة الأكثر ربحية، وتقديم أقل عدد ممكن من التجارب للحصول على أكبر قدر ممكن من المعلومات، هناك أنواع عديدة من التجارب المصممة ويمكن أن يكون إختيار أحدها أمرا صعبا، يعتمد هذا الإختيار على الهدف الثابت، وطرق التحليل المستخدمة، والقيود التجريبية، والموارد، والسلوك المدروس (المرتبط بالعوامل والمتغيرات ذات الأهمية) والخبرة المتاحة، تم تصميم الخطط "المعتادة" لتطبيق على أنظمة حقيقية، والتي يمكن أن تكون التجارب الخاصة بها باهظة الثمن وصعبة الإعداد، والغرض الرئيسي منها هو إنشاء توزيع للخبرات يملأ المجال التجريبي بأفضل طريقة [34]. [33].

III-5- خطة سطح الاستجابة (RSM)

تهدف هذه التقنية إلى تحديد الاختلافات في وظيفة الإستجابة بطريقة كمية فيما يتعلق بالعوامل المؤثرة الهامة، تحتوي على مستويين فقط من الدراسة لكل عامل والنماذج الرياضية المستخدمة من الدرجة الأولى (مع أو بدون تفاعلات) فيما يتعلق بكل عامل، هذه الخطط هي الأكثر إستخداما لأنها تسمح بفحص العوامل، تحتوي على مستويين فقط من الدراسات لكل عامل والنماذج بسيطة لكنها كافية، يوجد عدة أنواع من خطط الدرجة الثانية:

Les plans composites (CCD), les plans de Box-Behken(BBD), les plans de Doehlert.

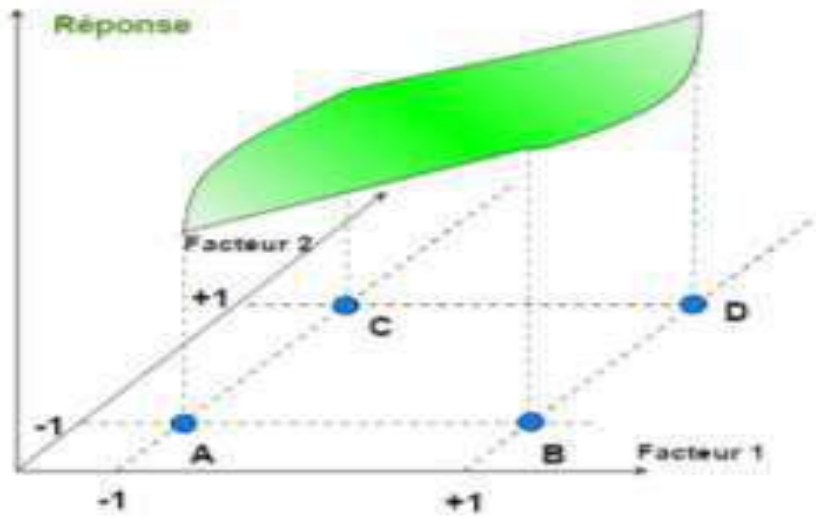
النموذج الرياضي المفترض المستخدم مع تصميمات سطح الإستجابة هو نموذج من الدرجة الثانية:

❖ لعاملين:

$$y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + a_{12}x_1x_2 + a_{11}x_1^2 + a_{22}x_2^2 + e$$

❖ لثلاثة عوامل:

$$y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3 + a_{12}x_1x_2 + a_{13}x_1x_3 + a_{23}x_2x_3 + a_{11}x_1^2 + a_{22}x_2^2 + a_{33}x_3^2 + e$$

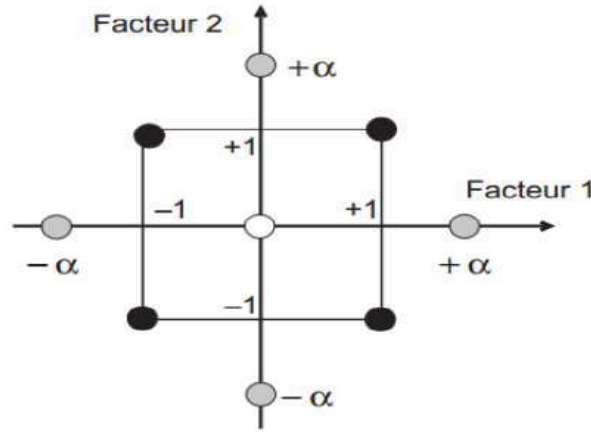


الصورة III-1: رسم توضيحي لسطح الإستجابة

III-5-1- الخطط المركبة (CCD)

الخطط المركبة تصلح جيدا للكشف المتسلسل للدراسة، الجزء الأول من الدراسة عبارة عن تصميم عاملي كامل أو كسري تكمله نقاط في المركز للتحقق من صحة نموذج (شروط الدرجة الأولى وشروط التفاعل). إذا كانت اختبارات التحقق إيجابية (الإستجابة المقاسة في مركز المجال تساوي إحصائيا الإستجابة المحسوبة في نفس النقطة) تنتهي الدراسة عادة، ولكن إذا كانت سلبية يتم إجراء إختبارات إضافية لإنشاء نموذج من الدرجة الثانية، يتم تمثيل التجارب الإضافية من خلال نقاط الخبرة الموجودة على محاور الإحداثيات ونقاط مركزية جديدة تسمى النقاط الموجودة على محاور الإحداثيات بنقاط النجوم، لذلك تتكون الخطط المركبة من ثلاثة أجزاء:

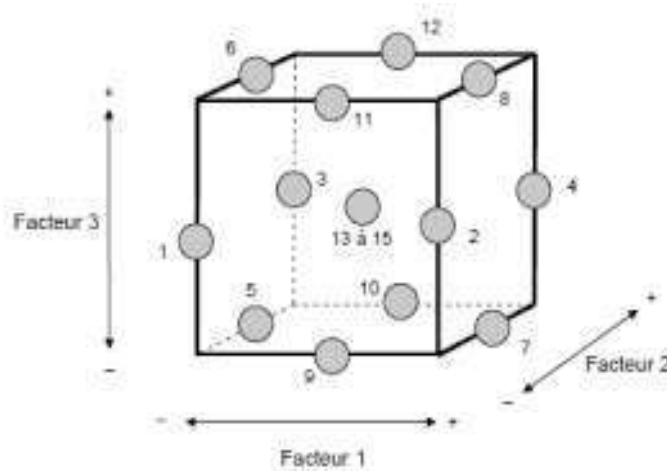
- **الخطة العاملية (plan factoriel):** وهي خطة عاملة كاملة أو جزئية ذات مستويين (+1, -1) حسب العوامل، النقاط التجريبية موجودة في رؤوس مجال الدراسة.
- **المستوي النجمي (plan en étoile):** تقع نقاط المستوى النجمي (+a, -a) على المحاور وهي بشكل عام تقع جميعها على نفس المسافة من مركز مجال الدراسة.
- **نقاط في وسط منطقة الدراسة (Les points au centre)** يتم دائما التخطيط للنقاط التجريبية تقع في وسط مجال الدراسة وهذا كذلك بالنسبة للخطط عاملي من تصاميم النجوم [38].



الصورة III-2: رسم توضيحي للخطة المركبة لعاملين

III-5-2- خطت (BBD) Box-Behnken

هذه الخطط التي تسمح بإنشاء نماذج من الدرجة الثانية مباشرة، جميع العوامل لها ثلاثة مستويات: -1 , 0 و $+1$ ، هذه الخطط سهلة التنفيذ ولها خاصية التسلسل، إن خطة Box-Behnken لثلاثة عوامل مبنية على مكعب لأربعة عوامل، تم بناء هذا المستوى على مكعب مفرط رباعي الأبعاد، نضع ملف نقاط تجريبية ليست عند رؤوس المكعب أو المكعب الزائد، ولكن في منتصف الحواف أو في وسط الوجوه (المربعات) أو في وسط المكعبات، ينتج عن هذا الحكم توزيع جميع النقاط التجريبية بالتساوي المسافة من مركز مجال الدراسة، اعتماداً على عدد الأبعاد، يتم إضافة النقاط في وسط منطقة الدراسة.



الصورة III-3: رسم توضيحي لخطة Box-Behnken لثلاثة عوامل

III-6- تحسين النتائج (Optimisation)

III-6-1- تحليل خطة سطح الاستجابة (ANOVA)

تحليل تصميم سطح الإستجابة يسمى تحليل التباين, عادة ما يتم إختصار اسمها ك ANOVA, تتمثل ميزة تحليل التباين في القدرة على إختبار تأثير العوامل بطريقة مطلقة على الإختلافات في إستجابة معينة [31].

III-6-2- القيمة P

أهم إحصائية في تحليل جدول التباين هي قيمة P يمكن أن تأخذ هذه القيمة قيما فقط بين 0 و 1, إذا كانت أقل من 0.05 فإننا نستنتج أن التأثير مهم, وإذا كان أقل من 0.01 من الممكن أن نستنتج أن العامل مهم للغاية [29].

III-6-3- الانحراف المعياري S

يمثل S الانحراف المعياري بين قيم البيانات والقيم المجهزة. يتم قياس S بوحدات الإستجابة (Minitab).

III-6-4- عدم تطابق P أو غير ملائم (LOF)

يقارن إختبار عدم الملائمة التباين حول النموذج مع الإختلاف الخالص في الملاحظات المكررة, قام هذا الإختبار بقياس مدى كفاية النماذج المختلفة بناء على تحليل سطح الإستجابة.

III-6-5- معامل التحديد R²

يترجم هذا المعامل مساهمة النموذج في إستعادة تباين الإستجابة الملحوظة. بحكم التعريف, فإن معامل التحديد ينتمي إلى المجال التالي:

$$0 \leq R^2 \leq 1$$

III-6-6- المعدل R²_{adj}

نحدد بنفس الطريقة معامل التحديد المعدل R²_{adj} بإعتباره جزءا من الإختلافات في الإستجابة التي يشرحها النموذج وحده [29].

III-6-7- المتوقع $R^2_{Prévu}$

يجعل من الممكن تحديد قدرة النموذج على التنبؤ بالملاحظات الجديدة. كلما زادت قيمة $R^2_{Prévu}$ المتوقعة، زادت القدرة التنبؤية للنموذج، وتتراوح قيمة $R^2_{Prévu}$ المتوقعة بين 0 و 100%. قد تكون قيمة $R^2_{Prévu}$ المتوقعة أقل بكثير من R^2_{adj} علامة على تعديل النموذج [36].

III-7- التحليل البياني للنتائج

• منحنيات ISO-response وأسطح الإستجابة

يتم إستغلال النموذج الذي تم التحقق من صحته بشكل بياني من خلال رسم منحنيات إستجابة iso في 2D للقيام بذلك، نختار في كل مرة متغيرين للدراسة، يتم إصلاح مستويات Variables الأخرى (على سبيل المثال بمتوسط قيمتها)، بإضافة بعد ثالث إلى الرسم البياني لمنحنيات الإستجابة iso، للإشارة إلى قيم الإستجابة، نحصل على سطح إستجابة يوضح تطور الإستجابة وفقا لمستويات العاملين [29].

• رسم تخطيطي للسطح ثلاثي الأبعاد

يعرض الرسم التخطيطي للسطح ثلاثي الأبعاد عرضا ثلاثي الأبعاد للسطح. مثل المخططات الكنتورية، فهي تساعد في إنشاء قيم الإستجابة المرغوبة وظروف التشغيل. يمكن أن تعطي المخططات السطحية ثلاثية الأبعاد صورة أوضح لسطح الإستجابة من المخططات الكنتورية [36].

• خط هنري (Ligne d'Henri)

يعد خط هنري مفيدا للتحقق من الحالة الطبيعية للبيانات، إنها تقنية رسومية لتقييم ما إذا كانت هذه البيانات يتم توزيعها بشكل طبيعي أم لا، المتبقي هو الفرق بين القيمة المرصودة والقيمة المتوقعة من الإنحدار، إذا كانت النقاط قريبة من خط مستقيم، يقال إن البيانات يتم توزيعها بشكل طبيعي، تعتبر خطوط هنري مفيدة في تقييم الحالة الطبيعية لملف البيانات، حتى عندما يكون عدد الملاحظات صغيرا جدا [29].

• الرسم البياني لدانيال (Le graphique de Daniel)

يسمح لك بإختبار الحالة الطبيعية لتوزيع قيم التأثيرات بيانياً، لهذا يتم رسم قيمها على محور الإحداثي، بينما تعطي الإحداثيات مقياساً للإحتمالات بتوزيع طبيعي (يتم الحصول عليها من خلال تحويل مقياس خطي منتظم للقيم باستخدام دالة التوزيع الطبيعي المعكوس) [31].

• رسم تخطيطي لتأثيرات تفاعلات العوامل على التحويل

تستخدم مخططات التفاعل عادة لتصور التفاعلات أثناء ANOVA، حيث يعتمد تأثير عامل واحد على مستوى عامل آخر، فكلما زاد الإختلاف في المنحدر بين السطور زادت درجة التفاعل [30].

• مخطط باريتو (Diagramme de Pareto)

مخطط باريتو هو أداة رسومية فعالة للغاية للتحليل والتواصل وإتخاذ القرار، يأتي في شكل مدرج تكراري مفرز مع تراكم لمنحنى تراكمي.

خاتمة

تعتبر تصاميم التجارب إستراتيجية موجهة لتخطيط التجارب من أجل الحصول على إستنتاجات سليمة وكافية بطريقة فعالة وإقتصادية، يعتمد تصميم منهجية التجارب على حقيقة أن التجربة المنظمة بشكل مناسب ستؤدي في كثير من الأحيان إلى تحليل إحصائي بسيط نسبياً وتفسير النتائج .



الجزء التطبيقي

الفصل IV

العمل التجريبي

مقدمة

منطقة واد ريغ (تقرت) غنية بالمياه الجوفية لكنها بمكوناتها الحالية غير صالحة للإستهلاك، المياه التي قمنا بإستعمالها في دراستنا هي مياه مستخرجة من محطة واد ريغ (تقرت)، وقد قمنا بأخذ عينات من آبار عين الصحراء(2)، بعد الإطلاع على التحاليل التي قامت بها المحطة لهذه المياه لحظنا إرتفاع في نسبة الكلور و البوتاسيوم و السلفات.... تتجاوز القيم التي أوصت بها منظمة الصحة العالمية. في هذه الدراسة سلطنا الضوء على تخفيض إزالة الكلور من الماء بإستعمال المخثر الطبيعي: مسحوق الصبار المجفف طبيعيا و المجفف بالفرن، في الجدول (1-IV) الموالي يوضح مختلف التحاليل الفيزيوكيميائية الخاصة بالماء محل المعالجة في دراستنا.

الجدول 1-IV: التحاليل الفيزيوكيميائية [37].2022

معايير مياه الشرب		التركيز خام	الوحدات	العناصر
الحد الأقصى	الحد الأدنى			
30	-	50	°C	درجة الحرارة
8.5	7.5	7.14	-	الأس الهيدروجيني
1000	-	2950	ميكروسيمنس/سنتم	الموصلية عند 20°C
0.4	-	-	NTU	التعكر
500	-	1300	ملغ/لتر	مجموعة الصلابة
0.6	0.3	1.6	%	الملوحة
600	300	1977	ملغ/لتر	الأملاح الذائبة
150	50	128	ملغ/لتر	القلوية
400	-	620	ملغ/لتر	السلفات
20	-	280	ملغ/لتر	البوتاسيوم
200	-	-	ملغ/لتر	الصوديوم
200	-	145.6	ملغ/لتر	الكالسيوم
200	-	58	ملغ/لتر	سيليكات
150	-	1045.4	ملغ/لتر	المغنيزيوم
500	-	1520	ملغ/لتر	الكلور
0.6	0.2	-	ملغ/لتر	الكلوريد
0.3	-	0.43	ملغ/لتر	الحديد
2000	-	2092	ملغ/لتر	البقايا الجافة عند 105°C

1-IV- تحضير المخثر الطبيعي- الصبار

أولا تم تقطيع نبات الصبار إلى شرائح صغيرة وتركت لتجف في الظل لمدة أسبوع, بعدها تم طحن الصبار الجاف حتى يصبح على شكل مسحوق. ومن جهة أخرى تم تجفيف عينة أخرى من المسحوق في الفرن لمدة 15 دقيقة على درجة حرارة م^o105.



ب- مجفف طبيعيا

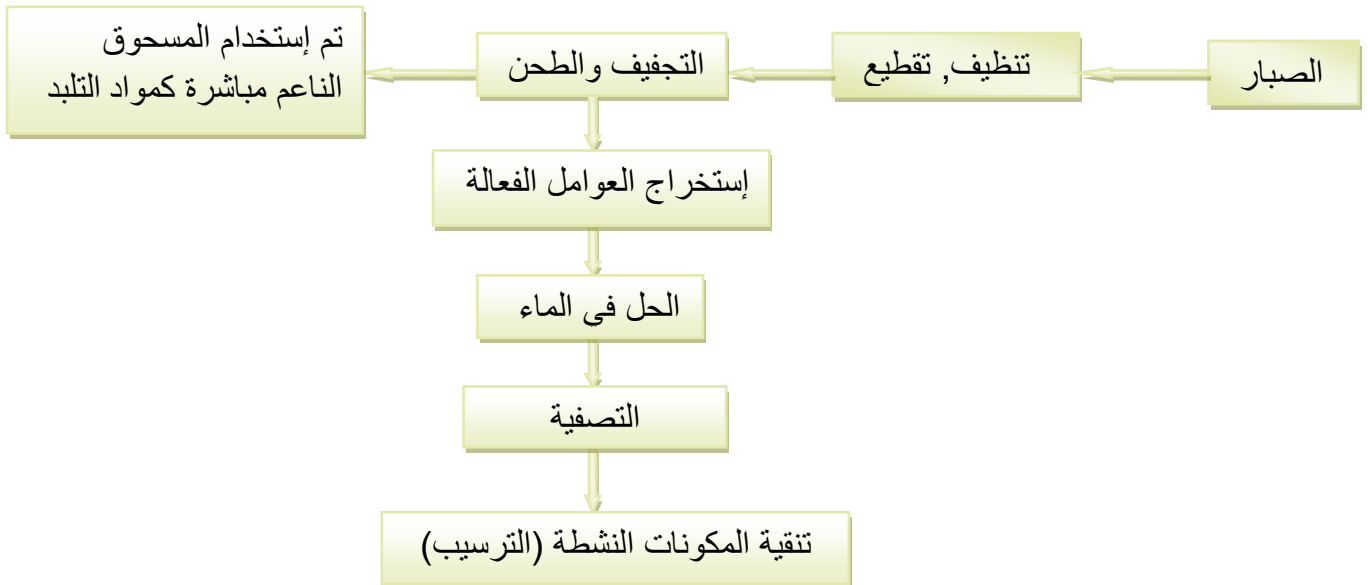


أ- مجفف بالفرن

صورة 1-IV: مسحوق الصبار

2-IV- مخطط التحضير العام للتخثر الحيوي /الندف الحيوي

فيما يلي مخطط التحضير العام للتخثر الحيوي/الندف الحيوي:



المخطط (1-IV): مخطط العام لتحضير المخثر الحيوي

3-IV- الآلات المستخدمة

الأجهزة المخبرية المستعملة في إنجاز هذا العمل التجريبي موضحة في الجدول (2-IV):

الجدول 2-IV: الاجهزة المستخدمة

إستخدامها	اسم الآلة	الآلة
قياس قيمة pH	MULTI – PARAMETR جهاز متعدد الخصائص	
جهاز قياس كمية الكلور	TITRINO PLUS	
جهاز الخلط	THERMO SCIENTIFIC مخلاط كهربائي	
الترشيح	مضخة شفط هوائية	
وزن العينات	ميزان	

الخط	مخلاط مغناطيسي	
تجفيف	فرن	

4-IV- المواد و الأدوات

يوضح الجدول (3-IV) الأدوات و المواد المستعملة في إنجاز التجارب

الجدول 3-IV: المواد والأدوات

الأدوات	المواد
يبشر (500 ملل, 50 ملل) حوالة عياريه (500 ملل) سحاحة حامل أوراق الترشيح دورق ترشيح قمع	NaOH NaAg HNO ₃ مسحوق الصبار ماء مقطر الماء المستعمل للمعالجة

5-IV- تحضير المحاليل

- **محلول NaOH:** قمنا بتحضير المحلول بتركيز 0.4 مول / لتر وذلك بإذابة 8 جرام من NaOH في 500 ملل من الماء المقطر.
- **محلول NaAg:** قمنا بتحضير المحلول بإذابة 8.5 جرام من NaAg في 500 ملل من الماء المقطر.

IV-6- البروتوكول التجريبي

IV-6-1- الطريقة الأولى (صبار مجفف طبيعيا)

❖ **المرحلة الأولى :** بعد الإطلاع على العديد من البحوث العلمية السابقة التي لها صلة بموضوع مذكرتنا تم إختيار المتغيرين الأكثر تأثيرا على فعالية المعالجة و هما pH و كتلة مسحوق الصبار. و بعد إجراء عدة تجارب أولية على بعض عينات الماء المختارة للمعالجة, قمنا بتحديد قيمة المتغيرات ضمن المجال الموضح في الجدول (4-IV) كالتالي:

الجدول 4-IV: مجال المتغيرات

العامل	المستوى -1.4	المستوى -1	المستوى 0	المستوى +1	المستوى +1.4
pH	5.8	6.8	7.4	8	9
m	0	1	3	5	6

تم إختيار المخطط (Central Comosite design (CCD) بغرض نمذجة التجارب المخبرية وذلك بإستخدام برنامج Minitab19. و بما أننا نستعمل في هذه التجربة متغيرين إثنين فقط pH و m(g), ينتج لدينا 13 تجربة. مصفوفة التجربة الناتجة موضحة في الجدول (5-IV).

الجدول 5-IV: مصفوفة التجربة لتحسين جودة المياه الموجهة للشرب

عدد التجارب	pH	M
1	-1	-1
2	+1	-1
3	-1	+1
4	+1	+1
5	-1.4	0
6	+1.4	0
7	0	-1.4
8	0	+1.4
9	0	0
10	0	0
11	0	0
12	0	0
13	0	0

❖ المرحلة الثانية

قبل البدء في هذه المرحلة نقوم بإعادة قياس قيمة pH و الكلور قبل المعالجة وهي: $pH = 6.8$, $Cl = 530 \text{ mg/l}$.

✓ الخطوة الأولى

- تعديل قيمة pH بإستعمال محلول NaOH كما موضح في الصورة (2-IV):

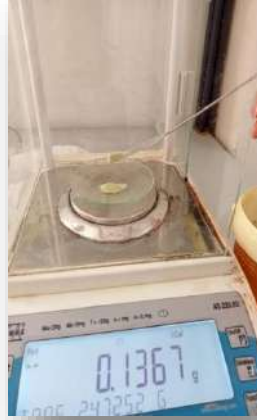


الصورة 2-IV: تعديل قيمة pH

✓ الخطوة الثانية

- قياس وزن المخثر لكل عينة

قمنا بإستعمال نصف الكمية لكل 500 ملل من الماء، و إستخدمنا الميزان الحساس في هذه الخطوة كما هي موضحة في الصورة (3-IV):



الصورة 3-IV: قياس وزن مسحوق الصبار (المخثر)

✓ الخطوة الثالثة

• تحضير العينات:

بعد وضع كل كتلة مخثر في العينة المناسبة وفق الجدول (5-IV)، ثم نقوم بخلط العينات بجهاز THERMO SCIENTIFIC في مرحلتين:

- المرحلة الأولى سريعة: 180 دورة في الدقيقة مدة 3 دقائق.
- المرحلة الثانية بطيئة: 40 دورة في الدقيقة مدة 20 دقيقة.

ثم تترك العينات 24 ساعة، بعدها نقوم بترشيح العينات باستخدام مضخة شفط هوائية و أوراق الترشيح كما هيا موضحة في الصور (4-IV), (5-IV):



الصورة 5-IV: الترشيح باستخدام مضخة شفط هوائية



الصورة 4-IV: العينات المحضرة

✓ الخطوة الرابعة

• القياسات:

بعد الترشيح قمنا بقياس نسبة الكلور باستخدام جهاز TITRINO PLUS كما هو موضح في الصورة (6-IV) و ذلك بإتباع البروتوكول التالي:

أخذنا 30 ملل من كل عينة و إضافة 2 ملل من HNO_3 و وضعه في الجهاز الذي يقوم بإضافة NaAg مع الخلط بعد ذلك نقوم بقراءة قيمة الكلور.



الصورة 6-IV: قياس نسبة الكلور

IV-6-2- الطريقة الثانية (مسحوق الصبار مجفف على درجة حرارة 105)

في هذه الطريقة نقوم بإتباع نفس مراحل الطريقة الأولى مع تغيير المسحوق المستعمل فقط

يوضح الجدول (6-IV) عدد التجارب و شروطها التجريبية من pH و m(g) لكل عينة, من أجل دراسة فعالية الصبار المجفف في الفرن في إزالة الكلور في معالجة المياه.

الجدول IV-6: جدول يوضح الشروط التجريبية (للصبار المجفف في الفرن)

N°	m (g)	pH
1	1.00000	6.80000
2	1.00000	8.00000
3	5.00000	6.80000
4	5.00000	8.00000
5	3.00000	6.55147
6	3.00000	8.24853
7	0.17157	7.40000
8	5.82843	7.40000
9	3.00000	7.40000
10	3.00000	7.40000
11	3.00000	7.40000
12	3.00000	7.40000
13	3.00000	7.40000

خاتمة

بعد تطبيق النتائج التجريبية المذكورة في هذا الفصل تم الحصول على العديد من المخرجات والنتائج (منحنيات , قيم إحصائية...), سيتم تفسيرها في الفصل الموالي.

الفصل V

النتائج و المناقشات

مقدمة

سنناقش في هذا الفصل نتائج التحسين والنمذجة للنتائج التجريبية المتحصل عليها بعد تطبيق خطة les plan composites(CCD) لإزالة الكلور من الماء بإستخدام مسحوق الصبار.

V-1- نتائج إزالة الكلور بإستخدام مسحوق الصبار المجفف طبيعيا

يمثل الجدول(V-1) نتائج قياس قيمة الكلور للعينات, حيث نلاحظ إنخفاض في قيمته خاصة في العينات التي لها نفس الشروط التجريبية (9,10,11,12,13).

الجدول V-1: مصفوفة التجارب لمسحوق الصبار (مجفف طبيعيا)

N°	pH	m (g)	Cl (mg/l)
1	6.80000	1.00000	438.32
2	8.00000	1.00000	526
3	6.80000	5.00000	410
4	8.00000	5.00000	466.2
5	6.55147	3.00000	306.4
6	8.24853	3.00000	414.4
7	7.40000	0.17157	579.1
8	7.40000	5.82843	525.8
9	7.40000	3.00000	189.42
10	7.40000	3.00000	190.2
11	7.40000	3.00000	185.2
12	7.40000	3.00000	186.16
13	7.40000	3.00000	182.2

V-1-1- تحليل التباين (ANOVA)

تم التعبير عن ملائمة نموذج متعدد الحدود التربيعي بواسطة معامل التحديد (R^2) ، من أجل ملائمة نموذج ما، يجب أن يكون معامل الارتباط 0.80 على الأقل, مع العلم أنه كلما زادت قيمة R كلما كان النموذج مثاليا مما يدل مبدئيا على أن النموذج المتحصل عليه يمثل بشكل ملائم القيم التجريبية, نلاحظ من نتائج تحليل التباين الموضحة في الجدول (V-2) أن قيم معاملات التحديد $R^2 = 99.96\%$ و $R^2_{ADJ} = 99.94\%$ و $R^2_{Prév} = 99.83\%$ عالية وتتجاوز 85% , أي يمكننا القول مبدئيا أن النموذج ملائم.

يظهر تحليل التباين ANOVA أيضا عدم ملائمة نتيجة الإختبار (Lack of fit; lof), و التي يمكن إستخدامها لدراسة مدى ملائمة النموذج بصفة عامة. تشير قيمة F لذات المعيار و البالغة 0.28 هي أكبر 0.05 و التي تدل على أن نتيجة الإختبار إيجابية, مما يدل على ملائمة النموذج المختار.

الجدول V-2: تحليل التباين (ANOVA)

S	R ²	R ² (ajust)	R ² (prév)
3.77910	99.96%	99.94%	99.83%

V-1-2- القيمة P

تم عرض قيم P في الجدول (3-V) لكل عنصر، يفترض أن تكون قيم P داخل 0.05 مهمة، بينما لا تعتبر الحدود فوق 0.05 مهمة [30], إستخدمنا قيم P كمؤشر إحصائي لتقييم شروط النموذج المهمة وفقا لـ ANOVA الجدول (3-V), تشير قيمة $P=0.000$ إلى أن النموذج مهم له دلالة إحصائية. جميع التأثيرات المقدره لنموذج إزالة الكلور مهمة مع $P<0.05$, تتم كتابة معادلة كفاءة إزالة الكلور من المياه الجوفية المثلى للنموذج على النحو التالي.

$$CL=13385 - 3528.4 \text{ pH} - 237.4 \text{ m} + 243.91 \text{ pH}*\text{pH} + 45.958 \text{ m}*m - 6.56 \text{ pH}*m \quad (1-V)$$

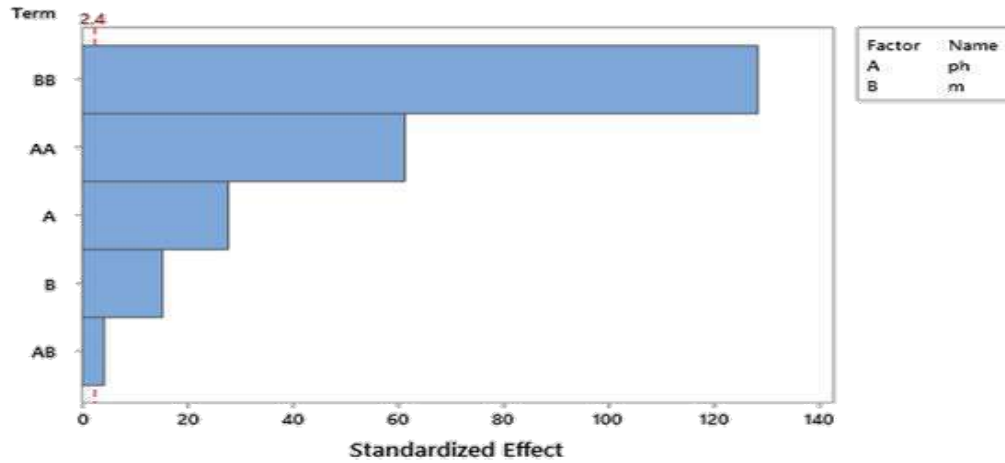
الجدول V-3: عرض قيمة P

التأثيرات	قيمة P
Model	0.000
Linear	0.000
pH	0.000
M	0.000
Square	0.000
pH*pH	0.000
m*m	0.000
2-Way Interaction	0.004
pH*m	0.004
Error	
Lack-of-Fit	0.285
Pure Error	
Total	

V-1-3- التحليل الإحصائي للنتائج

✓ مخطط باريتو (Diagramme de Pareto)

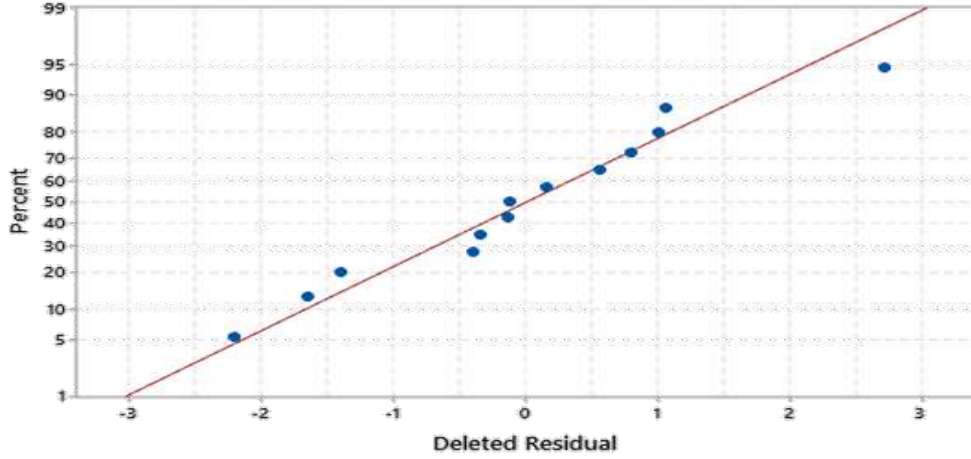
يحتوي على قراءة وتنظيم واضح للقيم المطلقة لتأثيرات التحليل الإحصائي لنتائج إزالة الكلور الموجودة من أكبر تأثير إلى أصغر تأثير, كما يتضمن الرسم البياني خط أحمر للإشارة إلى تأثيرات ذات دلالة إحصائية, يعتمد الخط المرجعي على مستوى الأهمية (α) تتقاطع أشربة العوامل هذه مع الخط α , حسب مخطط باريتو الموضح في الصورة (V-1) نلاحظ أن كل التأثيرات المرتبطة بالمتغيرات الخاصة بالنموذج تتقاطع مع الخط المرجعي عند 2.4, مما يدل على أن التأثيرات التالية: A(pH), B(m), BB (m*m), AB(pH*m), AA(pH*pH) ذات دلالة إحصائية .



الصورة V-1: مخطط باريتو لإزالة الكلور

✓ رسم بياني للإحتمالية العادية للمخلفات (Diagramme de probabilité normale)

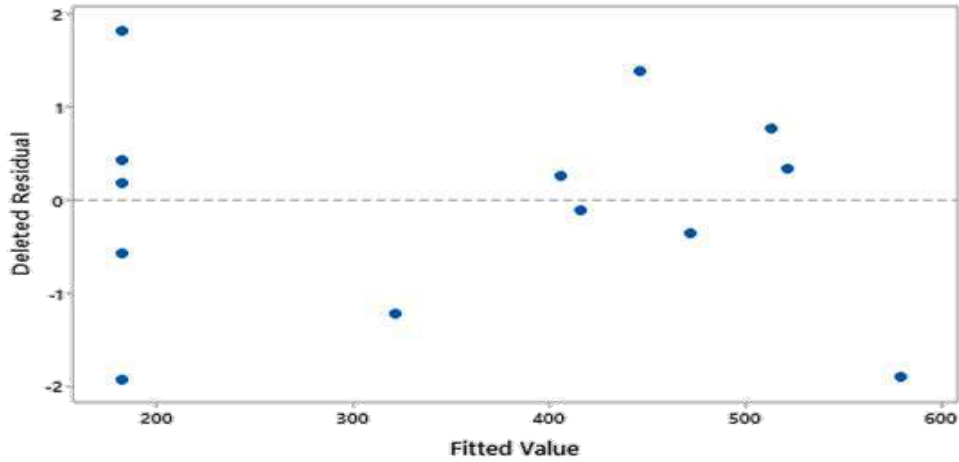
نلاحظ في الصورة (V-2) أن النقاط تتوزع على شكل خط مستقيم فهذا يعني أن البقايا يتم توزيعها بشكل طبيعي, مما يدل على تنبأ النموذج الدقيق لإزالة الكلور من المياه.



الصورة V-2: مخطط الإحتمالات العادية

✓ القيم المتبقية (Les valeurs ajustée)

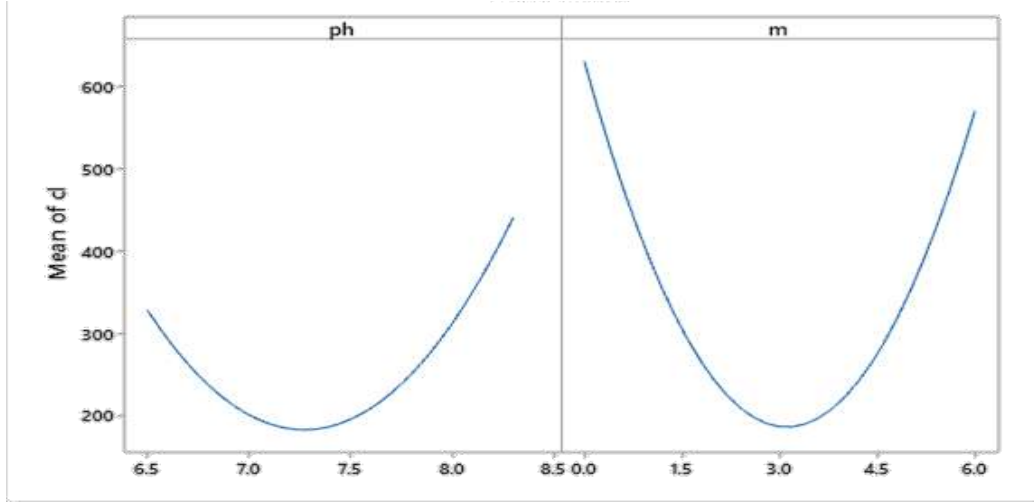
هي الإختلافات بين القيم المتوقعة للإستجابة (إزالة الكلور) والقيم المرصودة, يتم إستخدامها لتقييم تدهور النموذج, يجب أن يتم توزيع المخلفات بشكل عشوائي ولها تباين ثابت يوضح مؤامرة المخلفات مقابل القيم المجهزة حيث نلاحظ في الصورة (V-3) أن جميع النقاط كانت بين 2 و -2 ولا تحتوي على قيم خارجية مما يشير إلى أن المخلفات مستقلة.



الصورة V-3: تقديم القيم المتبقية (Les valeurs ajustée)

V-1-4- تحليل الرسوم البيانية (Analyse graphique)

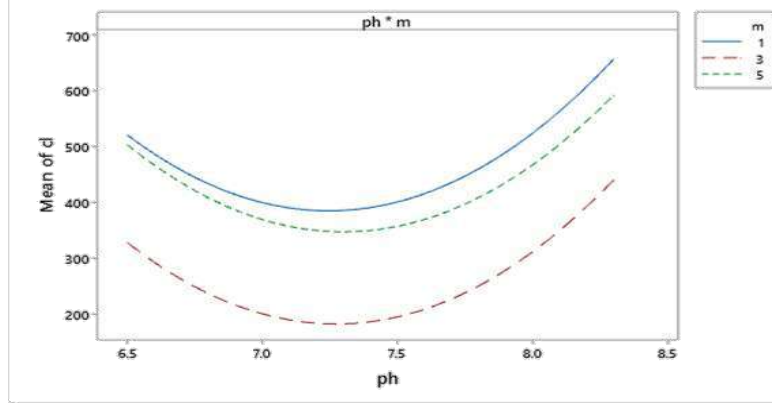
تشير الرسوم البيانية الموضحة في الصورة (V-4) إلى التأثيرات الإيجابية للمتغيرات (pH و كتلة مسحوق الصبار) على معدل الإستجابة (إزالة الكلور من الماء), حيث نلاحظ من هذه البيانات أن أفضل إزالة للكلور عند $pH=7.4$ و $m=3$.



الصورة V-4: رسم بياني للمؤثرات إزالة الكلور

✓ الرسم البياني للتفاعل (Graphique des interactions)

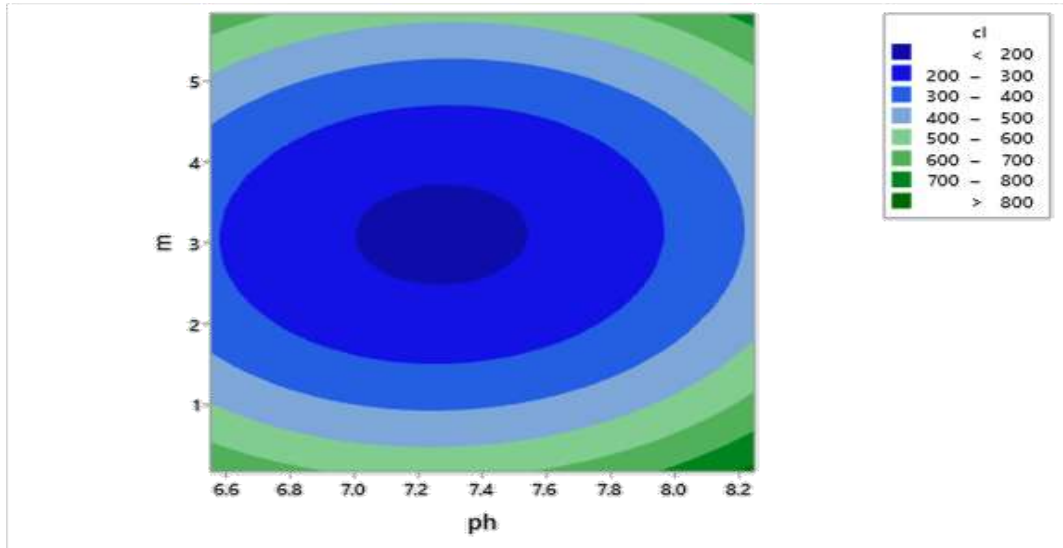
يوضح التفاعل الذي يساهم في قيمة أفضل, المخططات في الصورة (V-5) توضح الخطوط, حيث كلما زاد الاختلاف في المنحدر بين الخطوط زادت درجة التفاعل, نلاحظ أن درجة التفاعل في إزالة الكلور أفضل عندما تكون $pH=7.4$ و $m=3$, مما يؤكد أن هذه المتغيرات لها تأثير إيجابي على التفاعل كما ذكرنا سابقا.



الصورة V-5: مخطط تفاعل للكلور

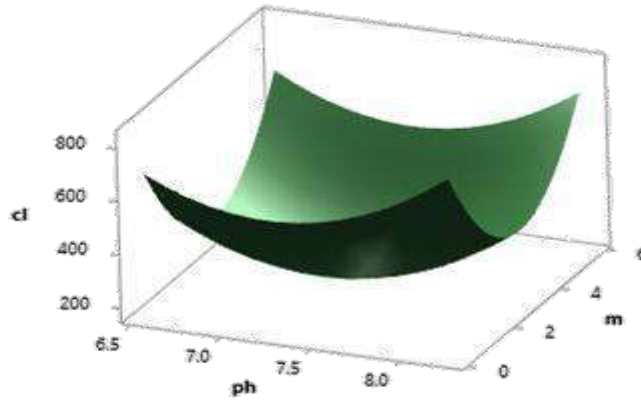
✓ المخطط الكنتوري (Graphique de contour)

يمنحنا هذا المخطط الموضح في الصورة (V-6) أفضل منطقة إزالة للكلور, في كل مرة يصبح اللون أخضر داكن تكون إزالة الكلور منخفضة جدا, تمثل المنطقة الزرقاء الداكنة معدل إزالة مرتفع جدا, مما يدل على أن أفضل إزالة للكلور تكون في هذه المنطقة.



الصورة V-6: مخطط كنتوري لمنحنى الاستجابة ISO

✓ يتم استخدام الصورة (7-V) للتحقق مما إذا كان هناك حد أقصى لإزالة الكلور يتم تقديمه على أنه إنحناء ثلاثي الأبعاد, نلاحظ أن نموذج الدرجة الثانية الذي تم تطويره في دراستنا من أجل تحسين جودة المياه و إزالة أفضل للكلور هو الإختيار الصحيح, يمثل التفاعل بين (pH , m), حيث أن المنطقة البيضاء تمثل القيمة المثلى لهذين العاملين pH=7.4 و m=3.

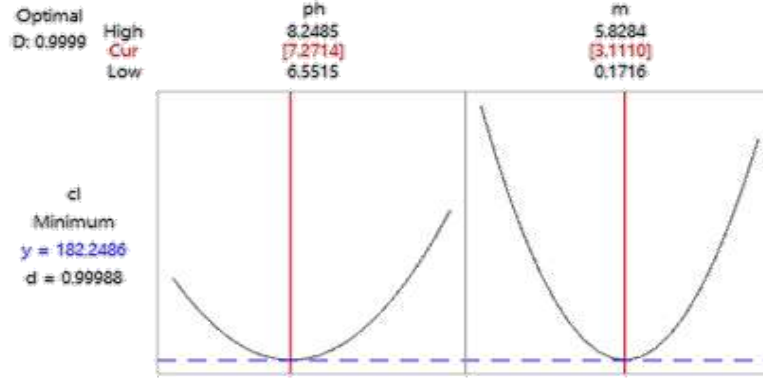


الصورة 7-V: رسم تخطيطي للسطح ثلاثي الأبعاد للكلور

V-1-5- التحسين و التحقق من صحة النتائج

في هذه الخطوة, تم تحسين معدل إزالة الكلور باستخدام محسن الإستجابة لبرنامج Minitab19 من خلال تشغيل برنامج التحسين, كان الحد الأقصى لمعدل الإزالة الذي تم الحصول عليه 182.24 ملجم/لتر, يوضح الشكل (8-V) نتائج التحسين و الشروط المثلى التي تم الحصول عليها:

pH= 7.2714 و m= 3.1110 مع قيمة الرغبة (La désir) في إزالة الكلور تساوي 0.99.



الصورة V-8: منحنى تحسين مردود الإزالة للكلور

V-2- نتائج إزالة الكلور باستخدام مسحوق الصبار المجفف بالفرن

يمثل الجدول (V-4) نتائج قياس قيمة الكلور للعينات باستخدام مسحوق الصبار المجفف بالفرن, حيث نلاحظ إنخفاض في قيمته خاصة في العينات التي لها نفس الشروط التجريبية (9,10,11,12,13).

الجدول V-4: مصفوفة التجارب لمسحوق الصبار (مجفف بالفرن)

N°	pH	m (g)	Cl (mg/l)
1	6.80000	1.00000	260.1
2	8.00000	1.00000	200.2
3	6.80000	5.00000	404.2
4	8.00000	5.00000	370.23
5	6.55147	3.00000	437.4
6	8.24853	3.00000	375
7	7.40000	0.17157	100
8	7.40000	5.82843	324.47
9	7.40000	3.00000	215.82
10	7.40000	3.00000	216.7
11	7.40000	3.00000	214.12
12	7.40000	3.00000	214.44
13	7.40000	3.00000	213.45

V-2-1- تحليل التباين (ANOVA)

نتائج تحليل التباين موضحة في الجدول (V-5), نلاحظ أن قيم معاملات التحديد $R^2=99.99\%$ و $R^2_{Adj}=99.98\%$ و $R^2_{Prév}=99.92\%$ عالية وتتجاوز 85% , مما يدل مبدئياً على أن النموذج المتحصل عليه يمثل بشكل ملائم القيم التجريبية.

الجدول V-5: تحليل التباين ANOVA

S	R ²	R ² (ajust)	R ² (prév)
1. 86	99.99%	99.98%	99.92%

V-2-2- القيمة P

تم عرض قيم P في الجدول (V-6) لكل عنصر، يفترض أن تكون قيم P داخل 0.05 مهمة، بينما لا تعتبر الحدود (m*m) فوق 0.05 مهمة، يظهر تحليل ANOVA أيضا عدم ملائمة نتيجة الاختبار (LOF), تشير قيمة F البالغة $0.439 < 0.05$ إلى أن الإختلال مهما بالنسبة للخطأ الخالص.

الجدول V-6: عرض قيمة P (الصبار المجفف)

Source	Valeurs -P
Model	0.000
Linear	0.000
pH	0.000
M	0.000
Square	0.000
pH*pH	0.000
m*m	0.025
2-Way Interaction	0.000
pH*m	0.000
Error	
Lack-of-Fit	0.439
Pure Error	
Total	

بعد إزالة التأثير غير المعنوي (m*m) تظهر قيم P كما يوضح الجدول التالي (V-7), حيث نلاحظ أن جميع المعلمات المقدرة لهذا النموذج مهمة مع $P < 0.05$.

الجدول V-7: عرض قيمة P بعد إزالة (m*m)

Source	Valeur -P
Model	0.000
Linear	0.000
pH	0.001
M	0.000
Square	0.000
pH*Ph	0.000
Error	
Lack-of-Fit	0.157
Pure Error	
Total	

تتم كتابة معادلة كفاءة إزالة الكلور V-2 من المياه الجوفية المثلى للنموذج الجديد على النحو التالي :

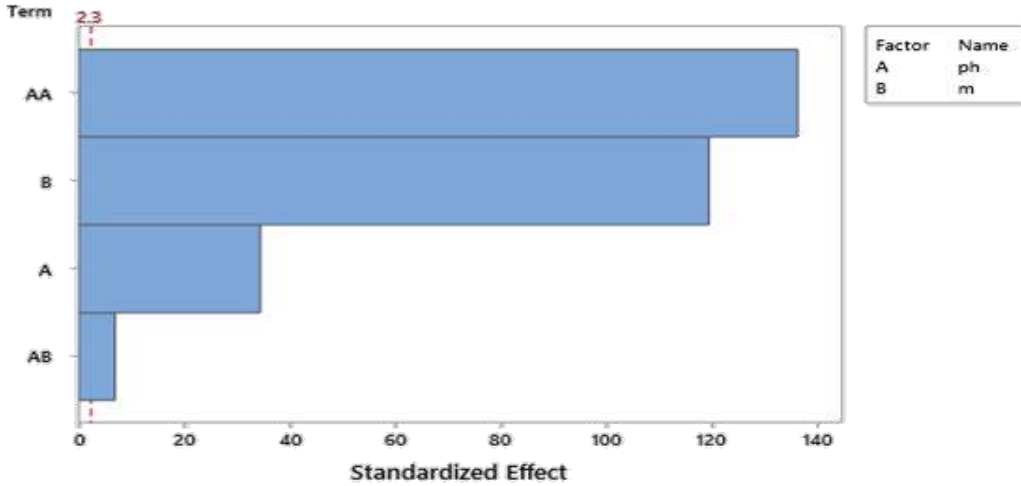
$$Cl = 15054 - 3988.7pH - 0.50m + 265.85pH * pH + 5.402pH * m (2-V)$$

$$cl=15054-3988.7pH-0.50m+265.85pH*pH+5.402pH*m$$

V-2-3- التحليل الإحصائي للنتائج

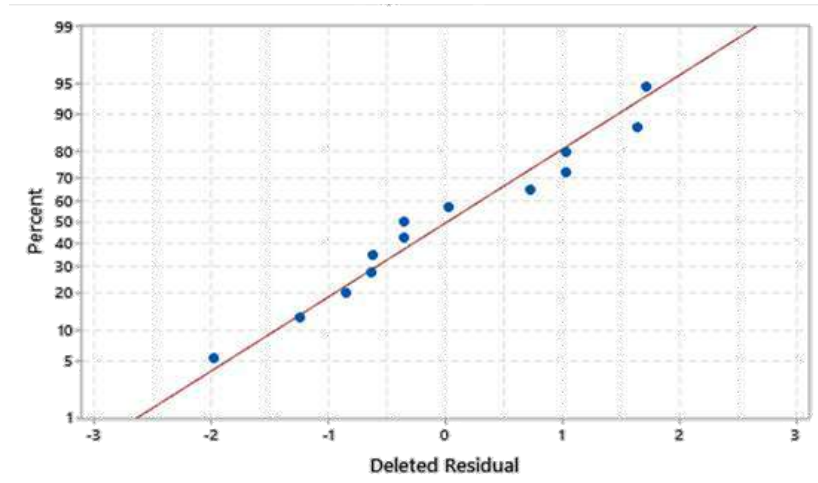
✓ مخطط باريتو (Diagramme de Pareto)

يحتوي على قراءة وتنظيم واضح للقيم المطلقة لتأثيرات التحليل الإحصائي لنتائج إزالة الكلور الموجودة من أكبر تأثير إلى أصغر تأثير، حسب مخطط باريتو الموضح في الصورة (V-9) نلاحظ أن كل التأثيرات المرتبطة بالمتغيرات الخاصة بالنموذج تتقاطع مع الخط المرجعي عند 2.3، مما يدل على أن التأثيرات التالية: $B(m)$, $AA(pH*pH)$, $AB(pH*m)$, $A(pH)$ ذات دلالة إحصائية.



الصورة 9-V: مخطط باريتو للكلور (مسحوق مجفف)

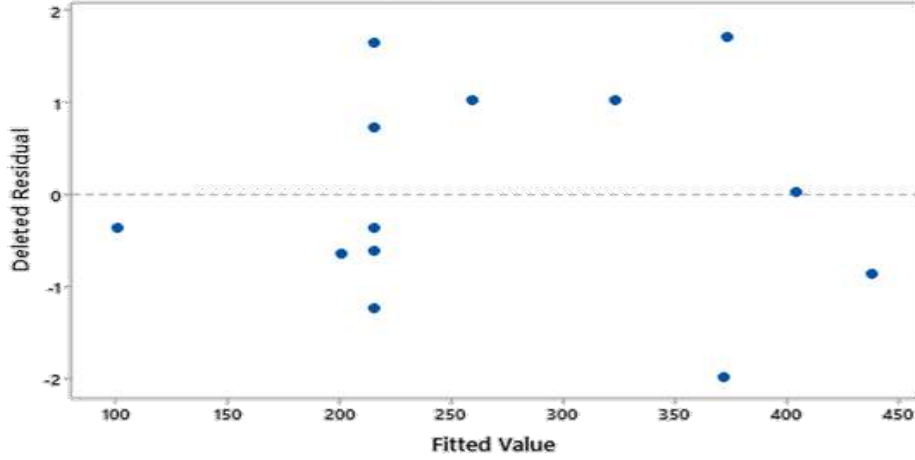
✓ رسم بياني للاحتتمالية العادية للمخلفات (Diagramme de probabilité normale)
 نلاحظ في الصورة (10-V) أن النقاط تتوزع على شكل خط مستقيم فهذا يعني أن البقايا يتم توزيعها بشكل طبيعي , مما يدل على تنبأ النموذج الدقيق.



الصورة 10-V: مخطط الاحتمالات العادية (Diagramme de probabilité normale)

✓ القيم المتبقية (Les valeurs ajustée)
 هي الاختلافات بين القيم المتوقعة للإستجابة (إزالة الكلور) والقيم المرصودة, يتم إستخدامها لتقييم تدهور النموذج, نلاحظ في الصورة (11-V) أنه يتم توزيع المخلفات بشكل عشوائي ولها تباين ثابت

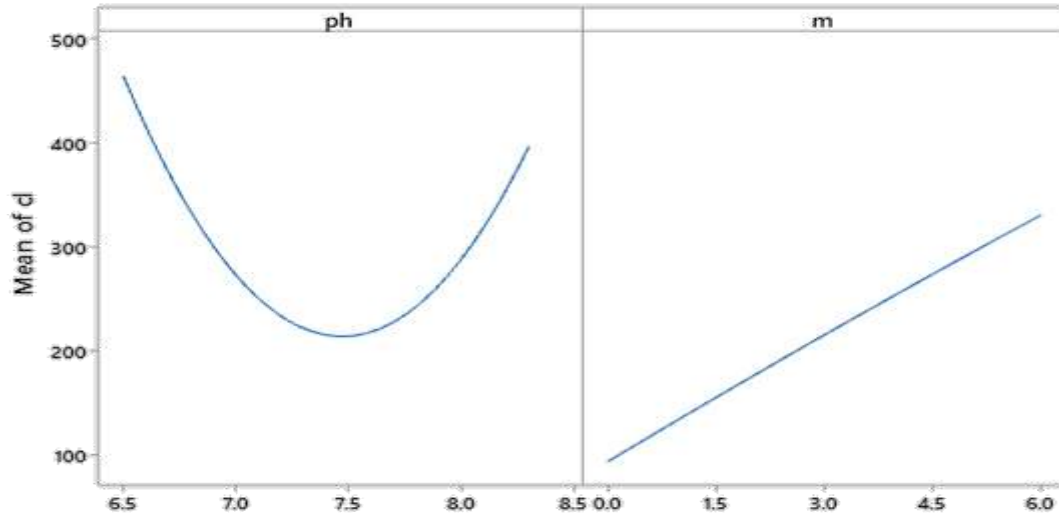
حيث أن جميع النقاط كانت بين 2 و -2 ولا تحتوي على قيم خارجية مما يشير إلى أن المخلفات مستقلة.



الصورة V-11 : تقديم القيم المعدلة

V-2-4- تحليل الرسوم البيانية (Analyse graphique)

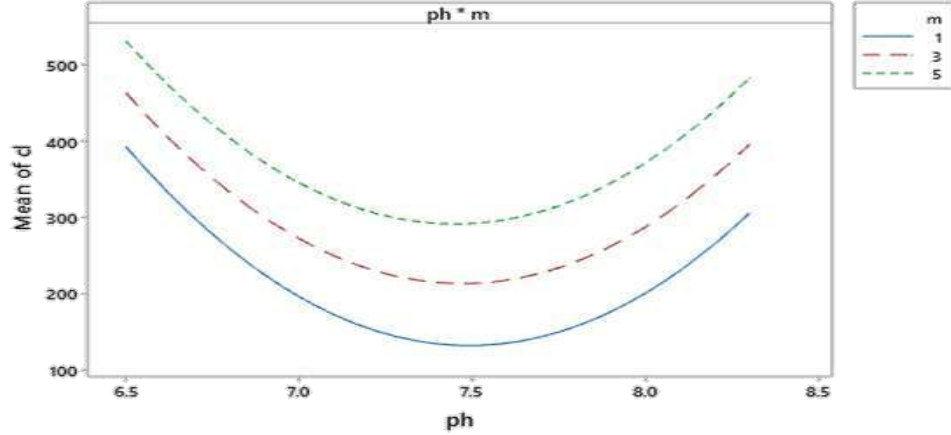
الرسوم البيانية الموضحة في الصورة (V-12) تبين التأثيرات الإيجابية للمتغيرات (pH و كتلة مسحوق الصبار) على معدل الاستجابة (إزالة الكلور من الماء), حيث نلاحظ من هذه البيانات أن أفضل إزالة للكلور عند $pH=7.4$ و $0 < m < 1$.



الصورة V-12: رسم بياني للمؤثرات إزالة الكلور

✓ الرسم البياني للتفاعل (Graphique des interactions)

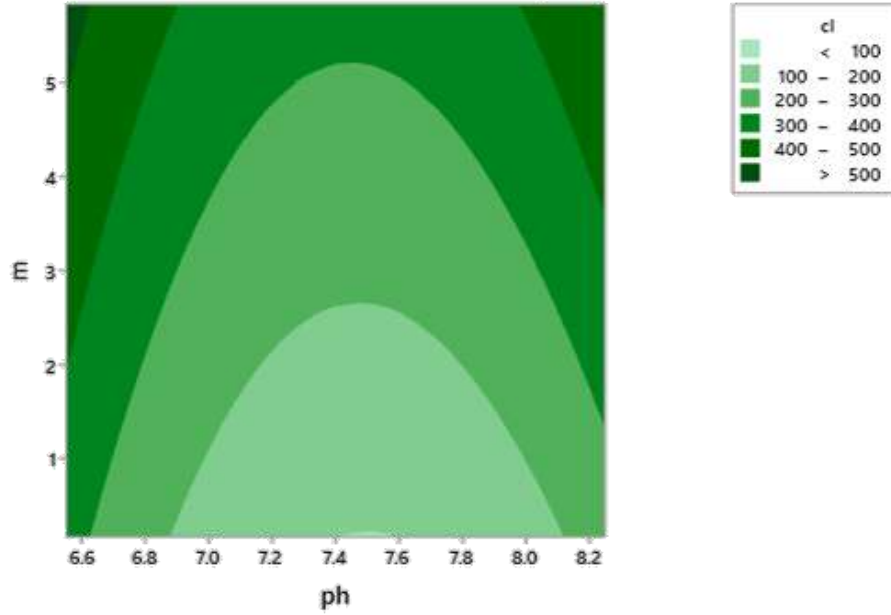
يوضح التفاعل الذي يساهم في قيمة أفضل, المخططات في الصورة (V-13) توضح الخطوط, حيث كلما زاد الاختلاف في المنحدر بين الخطوط زادت درجة التفاعل, حيث نلاحظ أن درجة التفاعل في إزالة الكلور أفضل عندما تكون $pH=7.4$ و $m=1$, مما يؤكد أن هذه المتغيرات لها تأثير إيجابي على التفاعل كما ذكرنا سابقا.



الصورة V-13: مخطط تفاعل للكلور (مجفف طبيعيا)

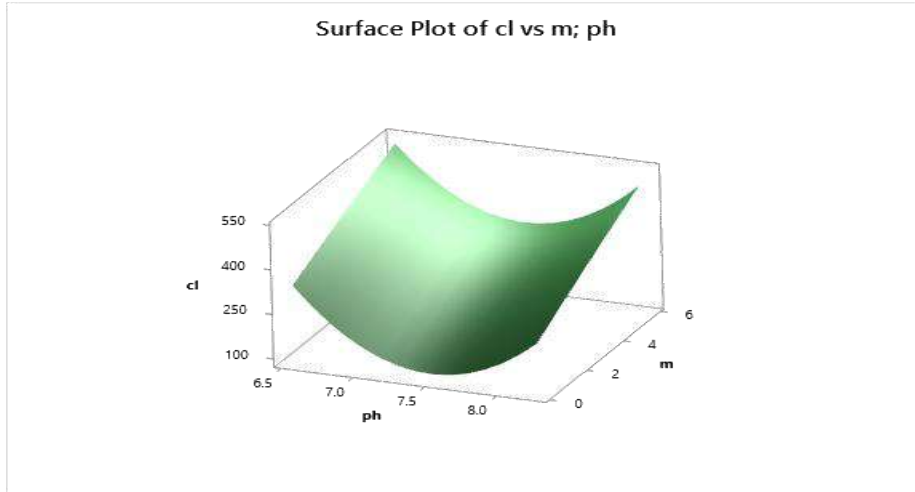
✓ المخطط الكنتوري (Graphique de contour)

المخطط الموضح في الصورة (V-14) أفضل منطقة إزالة للكلور, في كل مرة يصبح اللون أخضر داكن تكون إزالة الكلور منخفضة جدا, تمثل المنطقة الخضراء الفاتحة معدل إزالة مرتفع جدا, مما يدل على أن أفضل إزالة للكلور تكون في هذه المنطقة.



الصورة V-14: مخطط كنتوري منحنى الاستجابة ISO

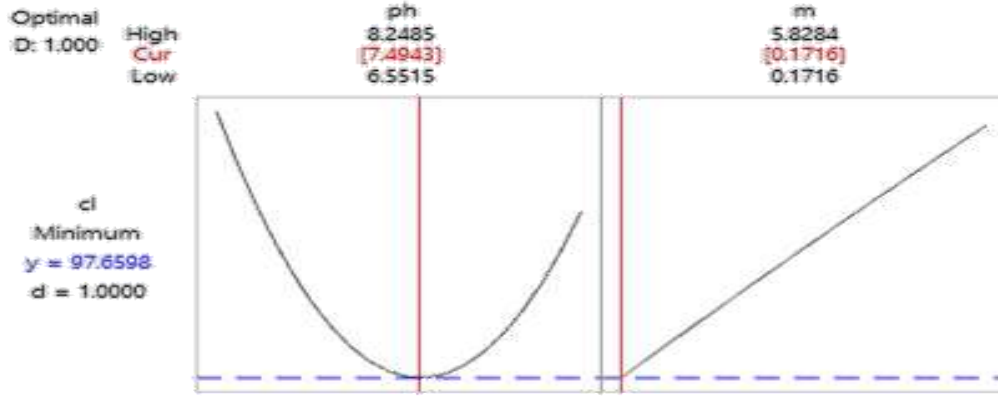
✓ من الصورة (V-15) نتحقق مما إذا كان هناك حد أقصى لإزالة الكلور يتم تقديمه على أنه إنحناء ثلاثي الأبعاد, نلاحظ أن نموذج الدرجة الثانية الذي تم تطويره في دراستنا من أجل تحسين جودة المياه و إزالة أفضل للكلور هو الاختيار الصحيح, يمثل التفاعل بين (pH, m) , حيث أن المنطقة البيضاء تمثل القيمة المثلى لهذين العاملين.



الصورة V-15: رسم تخطيطي للسطح ثلاثي الأبعاد للكلور

V-2-5- التحسين و التحقق من صحة النتائج

✓ في هذه الخطوة, تم تحسين معدل إزالة الكلور بإستخدام محسن الإستجابة لبرنامج Minitab19 من خلال تشغيل برنامج التحسين, يوضح الشكل (V-16) نتائج التحسين والشروط المثلى التي تم الحصول عليها هي : $pH=7.4943$ و $m=0.171$ مع قيمة الرغبة في إزالة الكلور تساوي 1.



الصورة V-16: منحنى تحسين المحاكاة

V-3- مقارنة النتائج

الجدول (V-8) التالي يوضح المقارنة بين فعالية الطريقتين المدروستين لإزالة الكلور بإستخدام مسحوق الصبار, حيث نلاحظ أن النتائج متقاربة, لكن كانت أفضل نتائج إزالة للكلور بإستعمال مسحوق الصبار المجفف في الفرن جيدة مقارنة بمسحوق الصبار المجفف طبيعياً.

الجدول V-8 : مقارنة النتائج

	مسحوق صبار طبيعي	مسحوق صبار مجفف
R^2	99.96	99.99
RAdj	99.94	99.98
LOF	0.2	0.157
pH	7.27	7.49
m(g/l)	3.11	0.17

V-4- التحقق التجريبي

بعد مقارنة النتائج و إختيار نموذج إزالة الكلور بمسحوق الصبار المجفف بالفرن كأفضل نموذج قمنا بالتحقيق التجريبي له, النتائج التجريبية موضح في الجدول (V-9), حيث بلغت نسبة إزالة الكلور % 81.13 وهي نسبة جيدة إذا يمكننا أن نقول أن هذا النموذج فعال.

الجدول V-9: التحقق التجريبي

الشروط التجريبية		قيمة إزالة الكلور نموذجيا	قيمة إزالة الكلور مخبريا
pH	M	97.65 ملغ/لتر	100 ملغ/لتر
7.49	0.17 ملغ/لتر		

خاتمة

من خلال النتائج المتحصل عليها و المقارنة بين فعالية مسحوق الصبار المجفف طبيعيا و المجفف بإستخدام الفرن في معالجة المياه الصالحة للشرب بطريقة التخثر/التلبد, لاحظنا أن نتائج الإزالة كانت جيدة, إلا أن أفضل إزالة للكلور تم الحصول عليها بإستخدام مسحوق الصبار المجفف بالفرن.



خاتمة عامة

تعتبر مواد التخرثر الطبيعية أكثر صداقة للبيئة و إستدامة مقارنة بالمخثرات الكيميائية, يمثل إستخدامها تطورا حيويا في تكنولوجيا البيئية المستدامة, أجريت هذه الدراسة التجريبية لتحسين جودة معالجة المياه الصالحة للشرب بإستعمال المخثرات الحيوية حيث إستخدما مسحوق الصبار كمخثر, بغرض مقارنة فعالية الصبار في إزالة الكلور من الماء تم إجراء التجارب بإستخدام مسحوق الصبار المجفف طبيعيا و مسحوق الصبار المجفف في الفرن, و قد أظهرت هذه الدراسة أن معدل إزالة الكلور كان بنسبة 81.13 % بإستعمال المسحوق المجفف في الفرن, وهي نسبة إزالة معتبرة تقع تحت قيمة المعايير المعتمدة من طرف منظمة الصحة الدولية و المحددة قيمتها في الجريدة الرسمية بأقل من 500 ملغ/لتر.

أكدت النتائج التي تم الحصول عليها فعالية مسحوق الصبار كمخثر طبيعي في إزالة الكلور, كان من المفروض خلال هذا العمل دراسة تأثير هذا المخثر على إزالة أو التقليل من العناصر الأخرى الموجودة في الماء الموجه للشرب بنسبة خارجة عن المعايير المعتمدة و التي تقلل من جودته مما يجعله غير صحي تماما عند إستهلاكه, إلا أن نقص الإمكانيات و المواد التي تستخدم في الدراسة حالت دون ذلك.

في الأخير, كتوصيات فإننا نحث طلبة التخرج و الباحثين على تكثيف الجهود من أجل تطوير إستخدام هذا النبات في معالجة مياه الشرب الجوفية للمنطقة, بدراسة عناصر أخرى معكرة و مدى تأثيرها على صحة المواطن, و تكوين نموذج مشترك يسمح بتحديد دقيق للشروط التجريبية المثلى التي تضمن تحقيق إزالة قصوى للعناصر المعكرة للماء بإعتباره ثروة وطنية.

المراجع

- [1] -BERNARD C, « Introduction à l'étude de la médecine expérimentale », 2007, édition BiblioBazaar.
- [2] -Rapport sur la surveillance de la qualité de l'eau potable en Algérie, 2008, INSTITUT NATIONAL DE SANTE PUBLIQUE.
- [3]- ARTICLE (Auteur(s) : Jean-Claude BOEGLIN Date de publication : 10 janv. 20010.
- [4] -DEGREMONT, (2005). « Mémento technique de l'eau », Deuxième Edition Tom1.
- [5] -DESIARDINS RAYMOND., (1990). « Le traitement des eaux éme ED de l'Ecole Polytechnique de Montréal ».
- [6] -DERWICHE. et al ., (2010) « Caractéristique physico-chimique des eaux de la nappe alluviale du haut Sebou en aval de sa confluence avec oued Fès », Larhyss Journal, n°08, Juin, 101-112.
- [7] -DEGREMONT., (1989) « Mémento technique de l'eau », 8 éme Edition.
- [8] -Dajoz, R (2006). Précis d'écologie.2eme édition paris : Dunod.63p .
- [9] -GUENTRI S., RAHMANIA F., (2015). « Contribution à la connaissance de la remontée et la pollution des eaux ». Edition : universitaires européennes. P.28.
- [10] -H. TARDATH et J.P. BEAUDRY., (1984) « chimie des eaux, les griffons d'argile ».
- [11]- HOFFMANN F., AULY T., MEYER A-M., (2014). L'eau. Edition : Confluence p.43. éme édition: Dunod, Paris.
- [12] -Kadiri (2005). Analyse urbaine de la ville de Bou ssaàda, mémoire d'ingéniorat EPAU.
- [13] -HOFFMANN F., AULY T., MEYER A-M., (2014). L'eau. Edition : Confluence p.43. éme édition: Dunod, Paris.
- [14] -H. TARDATH et J.P. BEAUDRY., (1984) « chimie des eaux, les griffons d'argile ».
- [15] -Kaabeche, M (1990). Les groupements végétaux de la région de Bou ssaàda(Algéria). Essai de synthèse sur végétation steppique de Maghreb.thèse de doctorat.Université de paris sud, Center d'assai , 104p.
- [16] -M. TARDAT-HENRY., (1984). « Chimie des eaux », 1ere édition griffon d'argile INC.

المراجع

- [17] -Metahri, M. (2012) Elimination simultanée de la pollution azotée phosphatée des eaux usées traitées, par des procédés mixtes. Cas de la STEP Est de la ville de tizi-Ouzou. Thèse de Doctorat, Université Mouloud Mammerie, Tizi-Ouzou, 5 p : 148.
- [18] -Malo T: Effet de la fertilisation sur la croissance et la production de *Moringa oleifera* local et *Moringa oleifera* PKM-I dans la Région des Cascades (Burkina Faso). Mémoire de fin de cycle Institut du Développement Rural Université Polytechnique de Bobo Dioulasso: 2014.
- [19] - Prakash MJ, Manikandan S (2012) Response surface modeling and optimization of process parameters for aqueous extraction of pigments from prickly pear (*Opuntia ficus-indica*) fruit. *Dyes Pigments* 95:465–472. <https://doi.org/10.1016/j.dyepig.2012.06.007>
- [20] -Ginestra G, Parker ML, Bennett RN, Robertson J, Mandalari G, Narbad A, Lo Curto RB, Bisignano G, Faulds CB, Waldron KW (2009) Anatomical, chemical, and biochemical characterization of cladodes from prickly pear [*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.]. *J Agri Food Chem* 57(21):10323–10330. <https://doi.org/10.1021/jf9022096>
- [21] -Pierre Boutigne, Association Française des Amateurs de Cactées Succulentes et Xérophytes , 2014
- [22]- Anne Dumas, *Les plantes et leurs symboles*, Éditions du Chêne, coll. « Les carnets du jardin », 2000, 128 p. (ISBN 2-84277-174-5, BNF 37189295).
- [23]-<https://www.gardenloversclub.com/houseplants/alo-vera/different-types-of-alo-plants> (21:05 ,15/4/2022).
- [24] -Traitement des eaux conventionnel : coagulation et filtration.
- [25] -J. P. Beaudry, « Traitement des eaux, Ed. Le Griff on d'argile INC, Canada. P27-41, 1984.
- [26] -Fatima Moussaoui, « Essais du traitement des lixiviats de la décharge de Wilaya de Saida par coagulation – floculation ». Mémoire d'ingénieur en chimie industrielle, option : génie de l'environnement, université de Saida, 2009.
- [27] -Van de Ven, T. G. (1989). *Colloidal hydrodynamics*. Academic press.
- [28] <http://archives.umc.edu.dz/bitstream/handle/123456789/7464/KIM5151.pdf?sequence=1> (10.30 ,27/4/2022).

- [29] -Bouzaouit Nadia : Optimisation de la synthèse enzymatique d'esters de sucres par la méthodologie e plans d'expériences. 145p. Thèse de doctorat: Chimie organique, Université Annaba :2016.
- [30]-Kimouche, Karima : Etude de quelques plans d'expériences associées aux surfaces de réponse. These de doctorat. université mentouri Constantine; 2008.
- [31]-Viver Stéphane : Stratégies d'optimisation par la méthode des plans d'expériences et Application aux dispositifs électrotechniques modélisés par éléments dinais, Thèse de Doctorat Génie Electrique Université des Sciences et Technologies de Lille .2002.
- [32] -Iboukhoulef Hamida :Traitement des margines des huileries d'olive par les procédés d'oxydation avancée bases sur le système Fenton-like (H_2O_2/Cu) . Thèse de doctorat : Chimie des matériaux. université mouloud mammeri, tizi-ouzou. 2014.
- [33]-Gaëtan Blondet : Système à base de connaissances pour le processus de plan d'expériences numériques. Thèse présentée pour l'obtention du grade de Docteur de l'UTC. université de Technologie de Compiègne.2017.
- [34]-Goupy J. "Pratiquer les plans d'expériences", Dunod. Paris, 2005
- [35]-Mokdad Ramdania : Déclin de potentiel sur la surface de matériaux granulaires isolants thèse Doctorat en Génie Electrique. Université de 08 Mai 1945 Guelma 2012.
- [36]-Lessoued Redha : Modelisation et optimisation de la dépollution des lixiviats , Thèse de Doctoral, Ecole Nationale Polytechnique , Génie chimique Algérie, 2018
- [37]-ADE (Touggourt);eau brute: Ain Sahra 2, Fiche d'analyses physico-chimique 2022 .
- [38]-Abu Amr, S.S., Aziz, H.A., Bashir, M.J.K.2014 Application of response surface methodology (RSM) for optimization of semi-aerobic landfill leach ate treatment using ozone 2014, DOI: 10.1007/s13201-014- 0156.