

جامعة قاصدي مرباح ورقلة

كلية الرياضيات و علوم المادة

قسم الكيمياء

رقم الترتيب :.../.../.../...



السنة : 2024/2023

رسالة محاضرة لنيل شهادة الدكتوراه ل.م.د.

تخصص: كيمياء البيئة

من إعداد : حجاج محمد العيد

تحسين النوعية الميكروبيولوجية للمياه المنقاة باستخدام مرشح رملي (حالة محطة البحيرة المهواة سعيد عتبة)

نوقشت علنا يوم : 2024/01/09

أمام لجنة المناقشة المكونة من :

رئيسا	جامعة قاصدي مرباح ورقلة	استاذ التعليم العالي	محمد الاخضر بالفار
مناقشا	المدرسة العليا للاستاذة - ورقلة	استاذ التعليم العالي	العابد ابراهيم
مناقشا	جامعة تامنغست	استاذ محاضر (أ)	بلعالم محمدعبدالقادر
مناقشا	جامعة قاصدي مرباح ورقلة	استاذ محاضر (أ)	باوية قيس
مشرفا	جامعة قاصدي مرباح ورقلة	استاذ التعليم العالي	كاتب سمير
مساعد مشرفا	جامعة قاصدي مرباح ورقلة	استاذ التعليم العالي	بوزيان مباركة

الإهداء

أهدي ثمرة هذا الإنجاز إلى:
الذين وصى الله بهما إحسانا والذي،
الذين كانوا دائماً مصدر إلهامي ودعمي.
وإلى الذين تقرر بهم الأعين زوجتي وأولادي.
وإلى الذين تشد بهم الآزار إخواني وأخواتي الأعزاء،
هذا الإهداء يعبر عن امتناني وحبّي لكم جميعاً،
فأنتم جزء لا يتجزأ من رحلتي ونجاحي.

كلمة شكر

الحمد لله أولاً و آخراً الذي وفقني و هياً لي الظروف التي مكنتني من إنجاز هذه الاطروحة
إنه لمن دواعي العرفان بالجميل أن أتقدم بجزيل الشكر و العرفان إلى أساتذتي الافاضل الدكتور كاتب
سمير الأستاذ محاضر بجامعة ورقلة على قبوله الاشراف على هذه المذكرة و الاستاذة الدكتورة بوزيان
مباركة أستاذ التعليم العالي بجامعة ورقلة المشرف المساعد على توجيهاهتما و نصائحهما و مساعدتهما
لي خلال مراحل إنجاز هذه الاطروحة . - كما يسرني أن أتقدم بجزيل الشكر و التقدير إلى الاستاذ
الدكتور محمد الاخضر بالفارأستاذ التعليم العالي بجامعة ورقلة على قبوله ترأس لجنة المناقشة .
- كما أتوجه بالشكر الخالص إلى الأستاذ الدكتور العابد ابراهيم , أستاذ التعليم العالي المدرسة العليا
للاستاذة - ورقلة

على قبوله المشاركة في لجنة المناقشة.

-كما أتوجه بالشكر الخالص إلى الدكتور بلعالم محمدعبدالقادر, دكتور بجامعة تامنغاست على قبوله
المشاركة في لجنة المناقشة.

- كما أتوجه بالشكر الخالص إلى الدكتور باوية قيس, دكتور بجامعة ورقلة على قبوله المشاركة
في لجنة المناقشة.

-أتقدم بخالص الشكر والامتنان إلى كل من ساهم في إنجاز هذا العمل البحثي خاصة الاساتذة : العابد
ابراهيم وشراي رضا وبن عريمة زين العابدين و لعماري رشيد على تقد يمهم يد المساعدة.

- أرغب في تقديم خالص شكري وامتناني لجميع أعضاء مختبر الاشغال العمومية وحدة ورقلة الذين
ساهموا بفعالية في إنجاز هذا البحث.

- شكراً لفريق العمل في مختبر مركز البحث والتطوير سوناطراك بحاسي مسعود على التفاني والتفاعل
البناء الذي أثر بشكل إيجابي على جودة هذا العمل البحثي.

كما أتوجه بالشكر إلى عمال الديوان الوطني للتطهير محطة سعيدعتبة بورقلة و أخص بالذكر كل من
مخلوفي اسماعيل مسؤول المحطة والاخ حجاج الخير و التقني السامي بالمخبر و كل المهندسين
والعمال .

- كما أشكر جميع أعضاء مختبر الجزائرية للمياه بورقلة الذين قدموا يد المساعدة.

- أتوجه بالشكر الجزيل إلى الأسرة والأصدقاء الذين كانوا دعمًا لا يضاهاى في كل مرحلة من مراحل هذا التحدي الكبير.

- شكراً جزيلاً لكل الذين قدموا دعمهم ومشورتهم خلال رحلتي البحثية.

- كما لا يفوتني أن أتقدم بجزيل الشكر إلى كل أفراد العائلة كبيراً و صغيراً إخوتي وإخواتي الأعزاء. كما أتقدم بجزيل الشكر إلى كل الاصدقاء و الله المستعان و عليه التكلان.

قائمة الأشكال

28	مخطط لخصائص مياه الصرف الصحي	1.1
30	تلوث المياه	2.1
39	شكل توضيحي للخطوات المتبعة في معالجة مياه الصرف الصحي	3.1
	الشكل مجموعة المناخل المستخدمة في تحديد أقطار الرمال المطلوبة	1.2
48	بتقنية التحليل بالمناخل	
49	شكل الكربون المنشط في المرشحات	2.2
50	شكل السيراميك في المرشحات	3.2
51	شكل خليط أوساط الترشيح في المرشحات	4.2
57	ترشيح الرمي البطيء	5.2
60	ترشيح الرمي السريع	6.2
76	الخريطة الجغرافية لورقلة	1.4
	التصوير الفوتوغرافي للعرض التقديمي لمحطة معالجة المياه المستعملة	2.4
77	سعيد عتبة بورقلة	
78	إعداد التجربة	3.4
79	مخطط يوصف التدرج الحبيبي للتربة بمعرفة Cu	4.4

83	صورة لجهاز انعراج الأشعة السينية المستعمل في دراسة العينات	5.4
84	MES جهاز لقياس	6.4
87	اجهزة قياس الطلب الكيميائي على الأكسجين (D.C.O)	7.4
89	اجزة قياس الطلب الحيوي على الأكسجين (DBO5)	8.4
90	التحديد الكهربائي للناقلية والملوحة والحرارة	9.4
91	مقياس معامل التوصيل	10.4
92	تحديد الأوكسجين المذاب	11.4
	(F: دقيق، M: متوسط، C: خشن) (تراكمي) وتوزيع حجم الحبيبات في	1.5
101	التربة وفقًا للمعيار P18-560 NF و P18-560 NF	101
104	نمط XRD الممثل لعينات الرمل الثلاثة.	2.5
106	جسيمات الرمل المستخدمة قبل وبعد الاختبارات	3.5
106	التركيب العنصري للأنواع الثلاثة من الرمل	4.5
107	الارتباط بين سمك الرمل ومعدل التدفق (أ) والتصريف الوارد (ب).	5.5
	تغير سرعة الترشيح اعتمادًا على ارتفاع الرمل / Ln (سرعة الترشيح) =	6.5
108	(Ln f) (سمك الرمل)	108
109	تأثير سمك الرمل على درجة الحرارة والحموضة في عمليات الترشيح	7.5
111	تغير تركيز COD ونسبة إزالته باعتبارها وظيفة من سمك الرمل	8.5
113	تغير تركيز BOD5 ونسبة إزالته بالنسبة المئوية باعتبار سمك الرمل.	9.5
113	إزالة الجسيمات الكلية المعلقة (TSS) باعتبار سمك الرمل.	10.5
115	تغير معدل إزالة النيتريت (-NO ₂) والنترات (-NO ₃) باعتبار ارتفاع الرمل	11.5
116	نتائج التحاليل البكتيرية للمياه الخام والمحضرة من مدينة ورقلة	12.5
122	مخطط تصفية المياه بالمرشح الرملي	1.6

قائمة الجداول

27	المؤشرات القياسية المحددة لخصائص مياه الصرف الصناعي	1.1
29	قيم الحد الأقصى لمعالم صرف نفايات الوحدات الصناعية	2.1
29	أبعاد الجسيمات بدلالة زمن ترسيبها [16]	3.1
35	الملوثات الموجودة في مياه الصرف الصحي وأهميتها	4.1
	متوسط نسبة ازالة بعض الملوثات الموجودة في مياه الصرف الصحي	5.1
43	باستخدام وسائل المعالجة المختلفة	
44	مراحل المعالجة	6.1
51	منظومة اوساط مخلوطة مستخدمة في فلاتر الترشيح	1.2
	كفاءة إزالة الممرضات في مرشح الرمال البطيء تم الإبلاغ عنها في	2.2
57	الدراسات المتعددة	
102	المعلومات الفيزيائية للأنواع الثلاثة من الرمل	1.5
102	معلومات الكيمائية والمعدنية للأنواع الثلاثة من الرمل	2.5
105	التركيب العنصري للأنواع الثلاثة من الرمل	3.5
108	قيم المعاملات 'أ' و 'ب' لثلاثة أنواع من الرمل	4.5

5.5	قيمة المعايير الإرشادية للنترات والنيترات في مياه صرف سعيدي عتبة
115	قبل وبعد الترشيح باستخدام الأنواع الثلاثة من فلاتر الرمل.

المحتويات

12	المقدمة العامة
16	1 المياه المستعملة واثرها على البيئة
16	1.1 المياه المستعملة
16	1.1.1 المقدمة
16	2.1.1 اقسام المياه المستعملة
16	1.2.1.1 المياه المستعملة
17	2.2.1.1 المياه المنزلية
17	3.2.1.1 المياه الصناعية
18	4.2.1.1 مياه الأمطار
18	5.2.1.1 المياه الفلاحية
19	3.1.1 مياه الصرف الصحي
19	1.3.1.1 خصائص مياه الصرف الصحي
27	2.1 تلوث المياه
28	1.2.1 ملوثات الماء
30	1.1.2.1 مصادر تلوث المياه

32	اشكال التلوث المائي	2.1.2.1	
34	تقنيات معالجة المياه المستعملة		3.1
34	تمهيد	1.3.1	
37	أهمية معالجة مياه الصرف الصحي	2.3.1	
37	إشكالية مياه الصرف	3.3.1	
38	مراحل المعالجة	4.3.1	
38	المعالجة التمهيدية	1.4.3.1	
39	المرحلة الاولى	2.4.3.1	
40	المرحلة الثانوية (المعالجة البيولوجية)	3.4.3.1	
43	المرحلة الثالثة (المعالجة الثالثة)	4.4.3.1	
45			2 المرشحات
45	المقدمة	1.2	
45	تعريف	2.2	
47	أوساط الترشيح	3.2	
47	الرمل	1.3.2	
48	الكربون المنشط	2.3.2	
49	السيراميك	3.3.2	
50	الأوساط المخلوطة	4.3.2	
51	العوامل المؤثرة على أداء الترشيح	4.2	
52	آلية الترشيح	5.2	
53	الترشيح الرملي البطئ	1.5.2	
57	الترشيح الرملي السريع	2.5.2	

61	.....	تحديد زمن عمل المرشح	6.2
62	.....	المشاكل	7.2
64		الدراسات السابقة	3
64	.....	تعريف الدراسات السابقة	1.3
64	.....	أهمية نتائج الدراسات السابقة	2.3
65	.....	المرشحات الرملية	3.3
66	.....	الدراسات السابقة	4.3
75		الجانب العملي	4
75	.....	مقدمة	1.4
75	.....	موقع الدراسة	2.4
76	.....	تقديم محطة التصفية	3.4
77	.....	الطرق والادوات	4.4
77	.....	الجهاز التجريبي للمرشح	1.4.4
78	.....	تحضير الرمل المستعمل	2.4.4
78	.....	تحضير العينات	1.2.4.4
78	.....	التحليل الحبيبي	2.2.4.4
79	.....	الكتلة الحجمية الظاهرية	3.2.4.4
80	.....	الكتلة الحجمية المطلقة	4.2.4.4
80	.....	المسامية (n):	5.2.4.4
81	.....	معامل النفاذية K	6.2.4.4
81	.....	التحليل الفيزيوكيميائي للرمل	3.4.4

81	الناقلية الكهربائية	1.3.4.4
81	دليل الهيدروجين pH	2.3.4.4
82	DRX	3.3.4.4
83	MEB-EDX	4.3.4.4
84	المواد المعلقة (M.E.S)	5.3.4.4
85	المتبقي الجاف (sec Résidu)	6.3.4.4
86	الطلب الكيميائي على الأكسجين (D.C.O)	7.3.4.4
87	الطلب الحيوي على الأكسجين (DBO5)	8.3.4.4
	التحديد الكهربائي للتوصيلية، والملوحة	9.3.4.4
89	والحرارة	
90	تحديد قيمة ال pH	10.3.4.4
91	تحديد الأوكسجين المذاب	11.3.4.4
92	تحديد كمية النتريت NO2	12.3.4.4
93	تحديد كمية النترات NO3	13.3.4.4
94	الوسائط البكتولوجية	4.4.4
95	طريقة التخفيف العشرية – الاماهة	1.4.4.4
96	تعداد البكتريا	2.4.4.4
	اختبار الكشف وعد بكتريا القولون الكلية	3.4.4.4
96	والبرازية	
	الكشف عن الخلايا البكتيرية النامية بوسط	4.4.4.4
97	Shubert	

5.4.4.4	اختبار كشف وعد البكتريا السباحية الكلية	
98	و البرازية	
100		5 مناقشة النتائج
100	مقدمة	1.5
100	الخواص الفيزيوكيميائية والمورفولوجية للرمال	2.5
100	التحليل الحبيبي	1.2.5
102	المعلومات الفيزيائية للرمل	2.2.5
102	المعلومات الكيميائية للرمل	3.2.5
103	DRX	4.2.5
105	تحليل المعادن MEB-EDX	5.2.5
107	التركيب العنصري للأنواع الثلاثة من الرمل	1.5.2.5
107	تحليل النتائج التجريبية	3.5
107	تأثير أنواع الرمل وسمكها على تصريف الدخول	1.3.5
	تأثير أنواع الرمل وسمكها على درجة الحرارة وقيمة	2.3.5
109	الحموضة في عمليات الترشيح	
	تأثير أنواع فلاتر الرمل وسمكها على إزالة الطلب الكيميائي	3.3.5
111	للاوكسجين (COD)	
	تأثير أنواع فلاتر الرمل وسمكها على إزالة الطلب البيولوجي	4.3.5
112	للاوكسجين (BOD)	
	تأثير أنواع فلاتر الرمل وسمكها على إزالة الجسيمات الكلية	5.3.5
113	المعلقة	
114	تأثير أنواع فلاتر الرمل وسمكها على إزالة النترات والنيترت.	6.3.5

116	مراقبة الجودة البكتيرية	7.3.5	
119	إمكانية استخدام مياه الصرف المحسنة بواسطة فلاتر الرمل	4.5	
120	خلاصة	5.5	
121	الدراسة الاقتصادية	6	
121	مقدمة	1.6	
122	المنشآت في محطة المعالجة	2.6	
122	حوض الترسيب	1.2.6	
123	حوض الترشيح	2.2.6	
123	حوض التجميع	3.2.6	
123	تصميم هياكل محطة المعالجة	3.6	
123	حوض الترسيب	1.3.6	
123	سرعة الترسيب	1.1.3.6	
124	حجم حوض الترسيب	2.1.3.6	
125	حساب مساحة حوض الترسيب	3.1.3.6	
125	الخزان الترسيبي	4.1.3.6	
125	حوض الترشيح	2.3.6	
126	حساب هيدروليكي لفلتر الرمل	3.3.6	
127	حوض الترشيح	4.3.6	
127	تقدير متر مكعب من الماء	4.6	
131	الخاتمة		

134

المراجع

135

الملاحق

المقدمة العامة

تؤثر ندرة المياه اليوم على حوالي خمس سكان العالم، ومن المتوقع أن تزداد خلال السنوات القادمة [1]. إن حوالي 90% من مياه الصرف الصحي المنتجة في العالم تترك دون معالجة مما يتسبب في تلوث واسع النطاق لموارد المياه الطبيعية [2]

مياه الصرف الصحي هي أي مياه تتأثر نوعيتها سلباً بسبب التأثير البشري. نتيجة للأنشطة الصناعية أو المنزلية أو الزراعية أو التجارية. وفي معنى آخر: " مياه الصرف الصحي هي أي مزيج من الأنشطة الصناعية أو المنزلية أو الزراعية أو التجارية، ومياه الأمطار " [3]. تحتوي على كمية كبيرة من الملوثات الكيميائية والبيولوجية والفيزيائية بتركيزات مختلفة.

إن معالجة مياه الصرف الصحي عنصر أساسي للتنمية المستدامة، ويؤثر بشكل كبير على صحة الناس وسلامتهم في جميع أنحاء العالم، لذا فإن الحاجة ماسة لترشيد استخدام المتاح من هذه الموارد المائية وبشكل خاص في الدول التي تعاني شحاً وندرة في الموارد المائية المتاحة بها، نظراً لأن معظم أراضيها تعتبر مناطق القاحلة وشبه القاحلة التي تتسم بانخفاض الأمطار، لذا فقد تنامت أهمية معالجة وإعادة استخدام مياه الصرف الصحي و اتجاهات معظم دول العالم إلى التخطيط، لإعادة استخدام مياه الصرف بعد معالجتها.

تعتبر أنظمة معالجة مياه الصرف الصحي المثقلة بالأعباء مع حجم لا مثيل له من توليد المياه العادمة مشكلة خطيرة، ويتم التعامل معها مع التطوير التكنولوجي. تتطلب التقنيات المتاحة [4]،، مثل خنادق الأكسدة، البحيرات المهواة، والمرشح المتقطر، والبرك المنشطة،

والبحيرات ، [5].

الترشيح هو طريقة فيزيائية لإزالة الجزيئات العالقة في سائل مثل الماء. يمكن إزالة الملوثات من السائل عندما تلتصق بمرشح الرمل أو بالجزيئات التي تم التقاطها مسبقًا. الترشيح باستخدام الرمل شائع لتصفية مياه الشرب ومعالجة مياه الصرف الصحي [6]. يستخدم الترشيح الرملي البيولوجي على نطاق واسع لإزالة هذا المعدن من المياه الجوفية، منذ ذلك الحين هي تكنولوجيا فعالة من حيث التكلفة وصديقة للبيئة يلغي إضافة المواد الكيميائية [7-10].

تناول الدراسة المساهمة في تقييم جودة المياه المعالجة من محطة معالجة مياه الصرف الصحي في سعيد عتبة ورقلة ، في إطار استخدامها في ري المساحات الخضراء بورقلة، نقترح تزويد هاته المساحات بمياه الصرف الصحي الصادرة من محطة معالجة المياه سعيد عتبة بعد معالجتها بتقنية الترشيح باستعمال المرشح الرملي تم التركيز في هذه الأطروحة على اخذ العينات في تقييم وتوصيف نوعية المياه المعالجة. بالإضافة لاستخدامات تكنولوجيا الترشيح بالرمل، التي تكلفتها منخفضة وسهولة التشغيل. من أجل ضمان جودة جيدة من حيث الخواص الفيزيائية والكيميائية والميكروبيولوجية للمياه المعالجة، وللمحد من استخدام الكلور بكميات كبيرة أثناء التطهير، تم إجراء إعادة تدوير للمياه المعالجة عبر مرشحات رمل محلية الصنع. تتضمن التجربة تقدير نسبة الانخفاض باستناد إلى المعايير البكتيريولوجية والفيزيائية للتلوث. وفي نهاية الدراسة قمنا بدراسة الجدوى الاقتصادية للمرشحات الرملية على مستوى هذه المنطقة .

تطرقنا في هاته الأطروحة الى ستة فصول:

الفصل الأول : المياه المستعملة واثرها على البيئة، يحتوي هذا الفصل على الجانب النظري للمياه المستعملة ويتكون من : المياه المستعملة ، تلوث المياه و تقنيات معالجة المياه المستعملة. الفصل الثاني: المرشحات، يحتوي هذا الفصل على الجانب النظري للمرشحات ويتكون

من :

أوساط الترشيح، العوامل المؤثرة على أداء الترشيح، آلية الترشيح، تحديد زمن عمل المرشح والمشاكل.

الفصل الثالث: الدراسات السابقة، يحتوي هذا الفصل على اهم الاعمال المنجزة في استعمال المرشح الرملي لمعالجة المياه المستعملة ويتكون من:
تعريف الدراسات السابقة، أهمية نتائج الدراسات السابقة، المرشحات الرملية والدراسات السابقة.

الفصل الرابع: الطرق والادوات، يحتوي هذا الفصل على الجانب العملي ويتكون من:
تقديم منطقة الدراسة، تقديم محطة التصفية، البرتوكول التجريبي، تحضير الرمل المستعمل، تحضير العينات، التحليل الحبيبي، الكتلة الحجمية الظاهرية، الكتلة الحجمية المطلقة، المسامية، معامل النفاذية، التحليل الفيزيوكيميائي للرمل، الناقلية الكهربائية، دليل الهيدروجين DRX، MEB-EDX، الجهاز التجريبي للمرشح، الخصائص الفيزيوكيميائية لمياه الصرف، المواد المعلقة (M.E.S)، تحضير الفلاتر باستخدام الماء المقطر، ترشيح العينة المتبقي الجاف، الطلب الكيميائي على الأكسجين (D.C.O)، الطلب الحيوي على الأكسجين (DBO5)، التحديد الكهربائي للتوصيلية والملوحة والحرارة، تحديد قيمة ال pH، تحديد الأوكسجين المذاب، تحديد كمية النترت NO₂، تحديد كمية النترات، NO₃ الوسائط البكتريولوجية، الكشف عن الخلايا البكتيرية النامية بوسط Shubert، اختبار كشف وعد البكتريا السباحية الكلية و البرازية، الاختبار التأكيدي.

الفصل الخامس: مناقشة النتائج، يحتوي هذا الفصل على الجانب العملي ويتكون من:
الخواص الفيزيوكيميائية والمورفولوجية للرمال، المعلمات الكيميائية للرمل، تحليل المعادن، تحليل النتائج التجريبية، تأثير أنواع الرمل وسمكها على تصريف الدخول، تأثير أنواع الرمل وسمكها على درجة الحرارة وقيمة الحموضة في عمليات الترشيح، تأثير أنواع فلاتر

الرمل وسمكها على إزالة الطلب الكيميائي للأكسجين (COD)، تأثير أنواع فلاتر الرمل وسمكها على إزالة الطلب البيولوجي للأكسجين (DBO5)، تأثير أنواع فلاتر الرمل وسمكها على إزالة الجسيمات الكلية المعلقة، تأثير أنواع فلاتر الرمل وسمكها على إزالة النترات والنيترت، مراقبة الجودة البكتيرية، إمكانية استخدام مياه الصرف المحسنة بواسطة فلاتر الرمل، الاستنتاج.

الفصل السادس: الدراسة الاقتصادية، يحتوي هذا الفصل على الجانب العملي ويتكون

من :

المنشآت في محطة المعالجة، تصميم هياكل محطة المعالجة، حساب هيدروليكي لفلتر

الرمل، حوض الترشيح تقدير متر مكعب من الماء .

باب 1

المياه المستعملة واثرها على البيئة

1.1 المياه المستعملة

1.1.1 المقدمة

المياه المستعملة عموما هي المياه المخلفة من المناطق السكنية والصناعية والفلاحية و أيضا مياه الأمطار التي تشكل في مجموعها المياه المصروفة التي تخرج من المدن .

2.1.1 اقسام المياه المستعملة

1.2.1.1 المياه المستعملة

هي عبارة عن خليط مركب من المواد المعدنية و العضوية الناتجة من : مياه المراحيض و المطابخ والحمامات والمرشات ، ومياه غسل المساحات المنزلية، وتلك المركبات تشكل لنا ما يسمى بالمواد المنحلة و المواد العالقة و العضويات الحية. [11]

2.2.1.1 المياه المنزلية

هي عبارة عن خليط مركب من المواد المعدنية و العضوية الناتجة من : مياه المراحيض و المطابخ والحمامات والمرشات ، ومياه غسل المساحات المنزلية، وتلك المركبات تشكل لنا ما يسمى بالمواد المنحلة و المواد العالقة و العضويات الحية.

3.2.1.1 المياه الصناعية

ممياه الصرف الصناعي هي التدفق الناتج عن نشاطات ترتبط بتصنيع المواد الاولية وتنتج مياه الصرف الصناعية من الغسيل، الطبخ، التبريد، التسخين، الاستخلاص extraction ، التفاعل بين المواد، الفصل، أو النقل، المرفوضات السائلة الملقاة... يمكن افتراض أن حوالي 85 إلى 95 بالمائة من المياه المستخدمة في العمليات المختلفة ستصبح مياه صرف.. وتحتوي مياه الصرف الصناعي عادةً قليلاً من مياه الصرف المنزلي الناتجة من العمالة الموجودة في المصانع أو مياه الأمطار من ساحات المعامل.[12-14] الجدول اسفله يعطي المؤشرات القياسية المحددة لخصائص مياه الصرف الصناعي. يجب أن يعتمد استخدام المياه الصناعية على معدلات استخراج المياه المستدامة التي يتم تحديدها وتقييمها بشكل مناسب. تم تطوير عدة طرق تقييم لتقييم استدامة استخدام الموارد الصناعية (المائية). ويتزايد الضغط على إمدادات المياه في العالم بسبب تغير المناخ، وارتفاع معدلات النمو السكاني في جميع أنحاء العالم، وانتشار بعض الحروب الإقليمية بين الدول. والنتيجة هي زيادة الطلب وانخفاض جودة المياه. وتتفاقم هذه الضغوط بسبب الطلب الواسع النطاق على مياه الشرب والري والنمو الحضري والتنمية الصناعية [13]

4.2.1.1 مياه الأمطار

مياه الأمطار تسقط عموماً ملوثة بسبب الملوثات الموجودة في هواء المناطق الصناعية تكون ملوثة بدرجة قوية في الأماكن التي بها مصانع كيميائية كثيرة أو حينما تسقط على الأرض، فمنها ما يسقط على الأراضي الزراعية ومنها ما يسقط على الطرقات وسطوح المنازل، وبالتالي فهي عامل من عوامل إيصال الرمال إلى شبكات الصرف. تجد مياه الأمطار طريقها إلى شبكة مواسير الصرف عن طريق البوعات الشوارع حاملة معها بعض المواد العالقة مما قد تجده أمامها على الأسطح و الشوارع و الطرقات [15]

إن المميزات المرفولوجية للمنطقة جعلتها تتأثر بالمياه الناتجة عن الأمطار، وعلى الرغم من قلتها خاصة في فصل الشتاء، نظراً لهشاشة التربة وقلّة نسبة الغدار بها، فإن الأمطار تؤثر عليها بطريقة مباشرة، من خلال بروز برك مائية والتغيرات المفاجآت في مستويات الأرض مساهمة بذلك في تفاقم المشكل إذ أنه 2000000م³/سنة من مياه الأمطار تنفذ سنوياً إلى الطبقة السطحية الجوفية. في عالم تبلغ نسبة المياه فيه ثلاثة أرباع من مياه سطحية وجوفية توجد إشكالية كبيرة تعاني منها المناطق الحضرية و هي تلوث المياه مما يستدعي معالجة المياه الملوثة وذلك بإعادة تنقيتها لحماية البيئة المستقبلية و الاقتصاد.

5.2.1.1 المياه الفلاحية

وتتمثل المياه الفلاحية في مخلفات مياه السقي الزائدة عن حاجة النبات ويتم صرفها عن طريق الخنادق كما تعتبر أحد مصادر التلوث والمتمثلة خصوصاً في الأسمدة التي بدورها غنية بالازوت (N) و النترات (NO₃⁻) والفوسفور (P) ... الخ وينجم عن افراطها تمرر بها في المياه الجوفية او السطحية [16].

3.1.1 مياه الصرف الصحي

هي المياه العادمة التي استخدمت من طرف الإنسان في مختلف المجالات تكون هذه المياه ملوثة بواسطة مواد تغير من خصائصها الكيميائية أو تغير من طبيعتها مما يجعلها غير صالحة للإنسان أو الحيوانات أو النباتات أو الكائنات التي تعيش في البحار والمحيطات [17-18].

تعتبر مياه الصرف الصحي من الأسباب المؤدية والمساهمة في استفحال و بروز هذه الظاهرة من خلال مظاهرها، الممثلة في تلوث مياه الطبقة الجوفية وارتفاع منسوب الطبقة الحرة، ففي مجال الدراسة توجد 26000م³/اليوم من مياه الصرف الصحي منها 12000م³/اليوم تنتج عن شبكة الصرف العمومية (40% مرتبطة بالشبكة بطريقة مقبولة و36% مرتبطة بالشبكة بطريقة غير مقبولة) تؤدي في الكثير من الأحيان إلى تسربات، و13000م³/اليوم من مياه الصرف غير مرتبطة أساسا بشبكة الصرف الصحي ما يسمى بالصرف الأحادي [19] ،

1.3.1.1 خصائص مياه الصرف الصحي

1. الخصائص الفيزيائية

تشمل اللون والرائحة ودرجة الحرارة ودرجة العكارة، والمحتويات غير المذابة، ومنها المواد الصلبة العالقة والزيوت والشحوم. وتصنف المواد الصلبة إلى مواد صلبة عالقة ومواد صلبة ذائبة ومواد صلبة عضوية متطايرة وغير عضوية ثابتة

(أ) اللون ولمذاق والرائحة

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

يأتي المذاق والرائحة المنفرة للمياه من جراء التلوث بالكيماويات الصناعية ، ويأتي أيضا من نواتج العمليات الحيوية التي تقوم بها الطحالب ونواتج تحلل البقايا النباتية، كما أن هناك مواد عضوية طبيعية تعطى هذا التأثير، وقد تنشأ الرائحة والمذاق من تفاعل الكلور مع المواد العضوية أثناء عمليات المعالجة. وتعتبر الرائحة والمذاق من المؤشرات علي حدوث بعض أشكال التلوث أو سوء التشغيل لوحدات المعالجة. يختلف الاحساس بمذاق الكلور لدى الناس، فالعديد يشعر بمذاق الكلور عند تركيز 0.2 مجم/لتر، بينما يشعر بعض الناس بمذاق احادي كلورامين عند تركيز 0.48 مجم/لتر [20]، والبعض يشعر بمذاق للكلور عند 1 مجم/لتر كلور تكون هناك - تركيز 0.3 مجم/ لتر [21] ، وعندما يصل تركيز كلور الى المدى من 0.6 رائحة غير مقبولة لبعض الناس (15)، وعلي الرغم من أن الكلور يقلل من العديد من مشاكل المذاق والرائحة من خلال أكسدة المركبات المسببة لتلك الخصائص، إلا أنه يتفاعل مع المواد العضوية مسببا مشاكل مذاق ورائحة أخري جديدة. عند تكون ثنائي كلورامين أو ثلاثي كلورامين تظهر رائحة شديدة. وهناك روائح تنشأ من تفاعل الكلور مع الفينول إن وجد في المياه. وهناك نواتج ثانوية لعملية التطهير بالكلور مثل الكلوروفورم الذي يعطي رائحة عندما يصل تركيزه الى 0.1 مجم/لتر، [20] والبروموفورم الذي يعطي رائحة عند تركيز 0.3 مجم/لتر. ليس لجرعات الكلور المستخدمة في تطهير مياه الشرب تأثير سلبي علي صحة الإنسان والحيوان، وقد بنيت القيمة الدليلية للحد الأقصى المسموح من الكلور الكلي في مياه الشرب (5 مجم/لتر) علي أساس أن الحد

(ب) العكارة

هي تقليل و انخفاض شفافية المحلول، بسبب وجود المواد الصلبة المعلقة او المواد الغروانية والتي تسبب تشتت الضوء الساقط وانعكاسه و إضعافه، بدلاً من نفوذه

بشكل خطوط مستقيمة، وكلما كانت شدة تشتت الضوء كبيرة، كانت العكارة كبيرة [22-23]، وعادة تكون الوحدة القياسية للعكارة NUT [23] وهي تكافئ عددياً [24] وان عكارة قيمتها (1 NUT) تكافئ احتواء لتر من الماء على واحد ملغ 1 من مادة الفورمازين [25]

(ج) درجة الحرارة

تكون درجة حرارة مياه الصرف الصحي أعلى قليلاً من درجة حرارة الجو المحيط بسبب وجود المخلفات الأدمية و بسبب صرف مخلفات صناعية على الشبكة. ودرجة الحرارة تأثير واضح علي نشاط البكتريا سواء الهوائية أو اللاهوائية، فزيادة الحرارة تزيد من النشاط البكتيري وذلك إلي درجة حرارة معينة يأخذ بعدها النشاط البكتيري في التناقص والهبوط. وبالتالي فإن ارتفاع درجة الحرارة يسهم في الإسراع بتحلل وتكسير المواد الصلبة العضوية، كما تزداد في هذه الظروف كمية الأجسام الدقيقة الصغيرة المتحللة والتي تكون معلقة داخل المياه، مسببة تزايد عكارة المياه. درجة حرارة مياه الصرف الصحي مهمة في المقام الأول لأنه يؤثر على الحياة المائية والبيولوجية في الجسم المتلقي ماء. ارتفاع درجات الحرارة يقلل من ذوبان الأكسجين المذاب في الماء [26]

(د) المواد الصلبة الكلية

هي مجموع كميات المواد الصلبة العالقة، والذائبة. [27] تعتبر المواد الصلبة العالقة الكلية (TSS) واحدة من الملوثات الرئيسية التي تساهم في تدهور جودة المياه ، مما يساهم في ارتفاع تكاليف معالجة المياه، [28].

• المواد الصلبة العالقة

يشار عادة إلى المواد الصلبة غير الذائبة في المياه، بمصطلح المواد الصلبة

العالقة

- تتكون المواد العالقة من الطمي، والطين، والمواد العضوية، والطحالب، والبكتيريا، والفطريات، والمعادن.
- تحتوي على نسبة كبيرة من المواد العضوية، قد تسبب تعفن مما يؤدي إلى نقص في كمية الأكسجين المذاب.
- تتسبب في حدوث رغوة في الغلايات، وتكون قشور على المعدات.
- تسبب العكارة، ويمكن أن تسد خطوط أنابيب نقل المياه، والمكونات الداخلية للمعدات.
- يمكن أن تترسب في المبادلات الحرارية، والغلايات. لا تمثل مثل هذه المواد مشكلات جسيمة، حال معالجتها والتخلص منها بترشيحها.

• المواد الصلبة الذائبة

- تركيز المواد الصلبة الذائبة يعد من أحد أهم المعايير لتحديد مدى ملائمة المياه للاستخدامات الصناعية.
- تتكون المواد الصلبة الذائبة بشكل رئيسي من بيكربونات، وكربونات، وكبريتات، وكلوريدات، ونترات كل من الكالسيوم، والمغنيسيوم، والصوديوم، والبوتاسيوم، مع آثار الحديد والمنغنيز.
- يعد السيليكا عنصر مهم من المواد الصلبة الذائبة. يتواجد الفلوريد بتركيزات منخفضة جدا.
- يعد الفوسفات مكون للمواد الصلبة الذائبة في الغلايات. المواد الصلبة الذائبة في المياه غير مرغوب فيها للاستخدامات الصناعية، حيث تعد من العوامل الرئيسية لتكوين القشور والرواسب.
- التركيزات المرتفعة منها يساعد على تسريع عمليات التآكل، وتكوين الرغوى في الغلايات

• الغازات الذائبة

تحتوي مياه الصرف الصحي على بعض الغازات الذائبة والتي تتوقف على حالة المياه إن كانت قديمة أو طازجة وكذلك على مقدار التلوث الموجود بها، ومن أمثلة هذه الغازات [29-28]

- غاز الأكسجين بنسب مختلفة خلال مراحل المعالجة المختلفة ويتوقف ذلك على قدم مياه الصرف الصحي.
- غاز ثاني أكسيد الكربون وهو أحد نواتج تحلل المواد العضوية بواسطة البكتريا.
- غاز كبريتيد الهيدروجين ويتواجد بوفرة عند التفاعلات اللاهوائية وهو ناتج عمليات اختزال المواد العضوية الكبريتي
- غاز الأمونيا الحر الناتج عن تحلل وهضم المواد العضوية النيتروجينية كالبروتينات واليوريا بتأثير البكتريا.
- غاز النيتريت NO₂ والناتج عن أكسدة الأمونيا خلال عملية النترة وعن عمليات اختزال النترات NO₃.
- غاز النيتروجين والناتج من عمليات اختزال النترات خلال عمليات (عكس النترة).

• الناقلية الكهربائية

- المياه النقية ليس لها القدرة على توصيل التيار الكهربائي.
- ذوبانية الاملاح في المياه يسبب خاصية التوصيل الكهربائي للمياه.
- خاصية التوصيل الكهربائي تعد مقياسا لكمية الأملاح الذائبة في الماء [28-29]

[29]

• المواد العالقة

تمثل المواد غير الذائبة و الموجودة في مياه الصرف و تضم المواد العضوية و المعدنية و يرمز لها ب: MES أي Matière en suspension يعبر عنها ب: ملغ/ل. القيمة القصوى للمواد العالقة لا تتجاوز 35 ملغ / ل لكي نستطيع رميها في المحيط بدون خطورة أما إذا تجاوزتها تصبح خطر على المحيط فيجب معالجة هذه المياه حسب) المرسوم التنفيذي رقم 06-141 المؤرخ في 19 افريل 2006 [27]

• رقم الأس الهيدروجيني pH

يتميز الماء بقدرته على السلوك كحمض أو كقاعدة في التفاعلات الكيميائية. يستخدم رقم الأ الهيدروجيني لقياس درجة حموضة أو قلوية السائل. هناك استخدامات معينة يلزم أن يكون فيها المياه في مدى معين من رقم الأ الهيدروجيني

2. الخصائص الكيميائية

(أ) اختبار الطلب البيولوجي الكيميائي على الأكسجين

وهو عبارة عن كمية الأوكسجين المستهلكة من طرف الكائنات الحية الدقيقة الهوائية لتحليل أو تفكيك المادة العضوية مع استهلاك الأوكسجين المنحل، يتم تقدير كمية الأوكسجين المفقود بحساب، DBO5 فكلما زاد الطلب البيوكيميائي للأوكسجين، DBO5 كلما كانت نسبة المواد العضوية كبيرة أي زيادة نسبة تلوث المياه القذرة [27]

كما يمكن تلخيص أهدافه بما يلي:

تحديد كمية المواد العضوية الممثلة والقابلة للتحلل.

معرفة قدرة الوسط على القيام بعملية التنقية الذاتية.

تحديد درجة التلوث العضوي.

معدل DBO5 في المياه المستعملة المنزلية (150–500 ملغ/ل)

(ب) اختبار الطلب الكيميائي على الأكسجين

يعرف بأنه مقدار الأكسجين المستهلك من أجل أكسدة كيميائية للمواد العضوية المسببة لتلوث المياه لكل واحد لتر من المياه، هذه لا تتأثر بفعل الكائنات الحية الدقيقة وغير قابلة للتحلل البيولوجي ومثال ذلك المواد السيليلوزية. ومن أجل أكسدة هذه المواد تستعمل مؤكسدات قوية مثل ثاني كرومات البوتاسيوم، وبقياس DCO يمكن الحصول على نتائج سريعة، كما أن هذه العملية لا تحتاج إلى حضن العينات [27]

3. معايير أخرى

(أ) النترات

توجد في المياه الجوفية وذلك بسبب سوء نظمة الصرف الصحي، إذ المسافة الفاصلة بين حفرة 50 وفق توصيات منظمة m التفتيش والبئر، قل من المسافة الآمنة لانتشار الملوثات، (على الأقل الصحة العالمية [30] ، كذلك فإن اهتراء شبكات الصرف، يؤدي إلى تسرب مياه الصرف إلى المياه الجوفية [31]، باضافة إلى انحلال الأسمدة الأزوتية والمبيدات الحشرية، التي يمكن ن تصل مع الماء ال ارشح إلى المياه الجوفية [32]، باضافة إلى المطر الحامضي . عادة تحتوي مياه الصرف الصحي المنزلية على شوائب عضوية وغير عضوية، ومواد صلبة عالقة، وعناصر مغذية، وبكتيريا مسببة للأمراض، وميكروبات أخرى. ومن بين كل ذلك، تعتبر أشكال النيتروجين مؤشرات هامة لمعرفة مدى معالجة مياه الصرف الصحي المنزلية [33]،

(ب) النترت

تمثل شوارد النترت مرحلة انتقالية من شوارد النترات وشوارد الأمونيوم ضمن عملية الأكسدة والإرجاع لهما، وذلك فإن شوارد النترت المتواجدة في الوسط المائي ناتجة عن إرجاع النترات أو عن أكسدة شوارد الأمونيوم ولا يوجد مصدر طبيعي للنترت [34]

(ج) أرتوفوسفات

ينشأ الفوسفات في المياه السطحية من مصدر طبيعي ومصدر صناعي كالأسمدة، المنظفات الصناعية تتواجد شوارد الفوسفات في الماء بأشكال مختلفة تبعاً لقيمة pH الوسط، حيث تكون المياه الطبيعية ذات pH بين (5-8) تحتوي شوارد الفوسفات أحادية وثنائية الهيدروجين ($H_2PO_4^-$, HPO_4^{2-})، يعتبر الفوسفات المنحل في مياه الري مادة مغذية للنباتات غير أن ارتفاع نسبته أكثر من 60 ملغ/ل يؤدي إلى تغير في بنية بعض النباتات كما أن الأسماك تتغذى بالفوسفات المنحل في المياه، [34]

(د) المعادن الثقيلة

تؤثر العناصر الثقيلة تأثيراً سلبياً على الصحة العامة والحياة المائية وتمثل مصادرها في الأنشطة الصناعية، وصرف المياه العادمة إلى المياه العذبة، أهم هذه العناصر: الزرنيخ - الكاديوم - الكروم - الرصاص - الزئبق - النيكل. في الوضع الحالي في جميع أنحاء العالم، تحتوي نوعية المياه التي تصرفها المطاعم والفنادق ومختلف المواقع التجارية لبيع المواد الغذائية على مستويات مختلفة من الملوثات. هذه الجودة الرديئة للمياه المصرفة هي نتيجة لسوء إدارة مياه الصرف الصحي الناتجة عن الأغذية. ويتم تصريف هذه الملوثات إما عن قصد أو عن طريق الخطأ إلى البيئة، حيث يتم إطلاقها بشكل مباشر أو غير مباشر في خطوط الصرف الصحي العامة وساحات التخلص من النفايات والخزانات، [35]

جدول 1.1: المؤشرات القياسية المحددة لخصائص مياه الصرف الصناعي

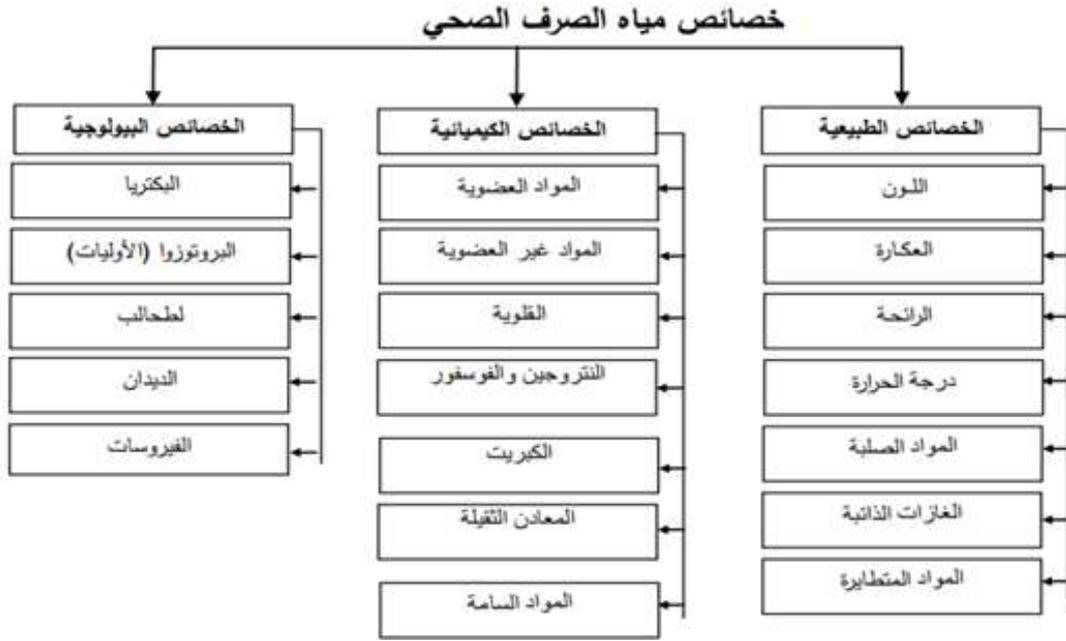
العنصر	مصادره
(As) الزرنيخ	مبيد حشري - مشتقات البترول والفحم - المنظفات
(Cd) الكادميوم	طلاء المعادن - البويات - مثبت البلاستيك - صناعة البطاريات
(Cr) الكروم	طلاء المعادن - الصلب الذي لا يصدأ - مصانع الطوب
(Pb) الرصاص	احتراق الوقود والفحم - مصانع إنتاج الحديد والصلب
(Hg) الزئبق	لمبيدات - صناعة المعادن - الترمومترات - تصنيع البوليمرات
(Ni) النيكل	احتراق البترول والفحم - صناعة السبائك - طلاء المعادن

4. الخصائص البيولوجية

الخصائص البيولوجية للمياه للحياة المائية والفيروسات الموجودة في الماء. تتأثر نوعية المياه بشكل كبير بهذه الخصائص. فالطحالب، على سبيل المثال، تسبب الطعم والرائحة. بعض أنواع الطحالب تسد المرشحات الرملية وينتج البعض الآخر نموًا لزجًا يسبب إزعاجًا على المعدات والدبابات والدبابات جدران الخزان [36] علاوة على ذلك، تنتج بعض الطحالب الدقيقة مواد سامة قوية ضارة بالكائنات الحية [37]. الحياة الميكروبيولوجية في الماء مثل البكتيريا والفيروسات والطفيليات، يمكن أن تسبب أمراضًا مختلفة [38] تعتبر بيئة مياه الصرف الصحي بيئة مثالية لنمو الفيروسات والبكتيريا والأوالي. الأغلبية غير ضارة، لكن مياه الصرف الصحي تحتوي أيضًا على كائنات دقيقة مسببة للأمراض [39-40].

2.1 تلوث المياه

تلوث المياه هو تغير فيزيائي أو كيميائي في نوعية المياه، بطريق مباشر أو غير مباشر، ويؤثر سلبيًا على الكائنات الحية، ويجعل المياه غير صالحة للاستخدام ويؤثر تلوث الماء تأثيرًا كبيرًا في حياة



شكل 1.1: مخطط لخصائص مياه الصرف الصحي

الفرد والأسرة والمجتمع ، فالمياه مطلب حيوي للإنسان وسائر الكائنات الحية ، فالماء قد يكون سببا رئيسا في إنهاء الحياة إذا كان ملوثا .

1.2.1 ملوثات الماء

تنقسم المواد التي يمكن لها تلويث المياه إلى عدة مجموعات، وكل منها يضم عدد من المكونات لها خصائص أو تأثيرات معينة على نوعية الماء

1. المواد العالقة :

هي المواد الغير المنحلة في الماء ويمكن فصلها بعملية الترشيح أو الترسيب او التخثير عموما يمكن تقسيم المواد العالقة إلى قسمين وذلك حسب ابعاد جسيماتها :

(أ) جسيمات كبيرة الحجم نسبيا وتتوضع بشكل كبير دون إضافة أي م ن الكواشف الكيميائية وذلك ليتم التخلص منها دون إجراء عملية الترسيب الأولي .

(ب) جسيمات دقيقة بطيئة الترسب ولذلك تجرى لها عملية التكتل قبل إدخالها في

جدول 2.1: قيم الحد الأقصى لمعالم صرف نفايات الوحدات الصناعية

المقاييس	القيمة
درجة الحرارة	30 °C
pH	8.5-6.5
المواد العالقة	30 mg/l
الطلب الحيوي للأوكسجين	30 mg/l
الطلب الكيميائي للأوكسجين	90 mg/l
الأزوت	50 mg/l
الفوسفات	2 mg/l
الزنك	2 mg/l
الكروم	0.1 mg/l
المنضفات	1 mg/l
الزيوت والدهون	20 mg/l
الأكسجين المنحل	2-5 mg/l
النترت	0.1 mg/l

جدول 3.1: أبعاد الجسيمات بدلالة زمن ترسيبها [16]

نوع الجسيمات	الحصى	الرمل	الرمل الناعم	الغضار	البكتيريا	الغرونيات
ابعاد الجسيمات (ملم)	10	1	0.1	0.01	0.001	0.0001
زمن الترسيب من أجل 1م	1 ثا	10 ثا	2 د	2 سا	8 أيام	2 سنة

حوض الترسيب و الجدول رقم 3.1 يعطي فكرة عن الزمن اللازم لترسيب بعض الجسيمات العالقة حسب قانون فيك (FEICK) .

(ج) المواد المنحلة أو العالقة الغروانية : وهي مواد منحلة في الماء وتمثل في البروتينات والمنظفات (صابون - غسول ... الخ).

2. العضويات الحية

وتتمثل في الفيروسات والبكتيريا الأوليات (وحيدة الخلية) وتتواجد بشكل كبير جدا في المياه المستعملة المنزلية ، ونتيجة للتنوع الجرثومي في المياه القذرة لا يمكن حصرها كلها ، كما نشير أن كل نوع من هذه الجراثيم لا تنشط إلا بتوفر شروط معينة لنموها كدرجة الحرارة - درجة الرطوبة - الوسط الغذائي ... الخ. وغالبا ماتشكل معالجة مياه الصرف الصحي في المناطق الريفية والزراعية مشكلة كبيرة؛ ذلك أن هذه المياه المتأتية من

المجتمعات الريفية تتطلب معالجة متكاملة ومراقبة حتى يتسنى تصريفها بشكل منتظم من دون أضرار بيئية ملموسة. تحتوي مياه الصرف الصحي على مجموعة كبيرة ومتنوعة من الكائنات الحية الدقيقة، يسبب بعضها عدة أمراض خطيرة للإنسان والحيوان والنبات، في حين أن غالبيتها غير ضارة بل يمكن أن تكون نافعة وتُستعمل أداةً مهمة وفعالة لتطهير المياه. [42-41]

1.1.2.1 مصادر تلوث المياه

ففي بعض الأحيان قد يكون التلوث ناتج عن الطبيعة نفسها، كما هو الحال في حالات ثوران البراكين وتكاثر الطحالب. بيد أن السبب الرئيسي في معظم حالات تلوث المياه يعود إلى النشاط البشري عندما يكون مصدر تلوث المياه غير معروف أو التلوث غير معروف تأتي من مصدر واحد منفصل يُعرف بالتلوث غير النقطي مصادر التلوث [43]. من الصعب للغاية السيطرة عليها وقد تأتي من مصادر مختلفة مثل مبيدات الآفات والأسمدة والنفايات الصناعية وما إلى ذلك [44].



شكل 2.1: تلوث المياه

يعد التلوث من مصدر غير محدد هو السبب الرئيسي لتلوث المياه [45-46]. عندما تدخل

الملوثات الموجودة على الأرض إلى الماء تسبب الأجسام تحت الأرض تلوث المياه الجوفية. عند البراز تصل المياه التي تحتوي على مسببات الأمراض إلى تحت الأرض مما يجعلها غير صالحة الشرب. قد تحتوي المياه الجوفية الملوثة الممرضة على فيروسات، البروتوزوا والبكتيريا وناذرًا في بعض الحالات بيض الديدان الطفيلية. استهلاك هذه المياه يسبب أمراض مثل الإسهال والكوليرا [47-48]. يمكن أيضًا أن يؤدي الاستخدام المفرط لأسمدة النترات يتسبب في تلوث المياه بسبب استخدام كمية قليلة جدًا من النترات عن طريق النباتات يتراكم معظمها في التربة التي تصل لاحقًا إلى المياه الجوفية بالترشيح وتلوثها [49-50] مياه جوفية الملوثة بمستويات عالية من الفلورايد تسبب مشاكل الأسنان والهيكل العظمي [51-52].

وتوجد العديد من التصنيفات المستخدمة لتقسيم مصادره ملوثات المياه، -ويمكن

تقسيمها إلى

1. الملوثات الزراعية

ويمكن أن تتسبب عمليات الزراعة مثل استخدام المبيدات الحشرية والأسمدة والتخلص من روث الأغنام وحرث الأرض في تلوث المياه، وتحتوي الكثير من هذه المواد على النيتروجين والفوسفور، وإذا تم نقلها إلى البحيرات والجداول من خلال الجريان السطحي لمياه الأمطار، فإنها يمكن أن تؤدي إلى زيادة نمو الطحالب وتسميم المياه وغيرها من المشاكل البيئية الأخرى.

2. الملوثات الطبيعية

وتشمل الجوف، المعادن الذائبة، تحلل المواد النباتية، والجريان السطحي للأملاح والكيميائيات. [53-54]

3. الملوثات الناتجة عن مياه الصرف الصحي غير المعالجة

تؤثر ندرة المياه اليوم على حوالي خمس سكان العالم، ومن المتوقع أن تزداد خلال السنوات

القادمة. إن حوالي 90% من مياه الصرف الصحي المنتجة في العالم تترك دون معالجة مما يتسبب في تلوث واسع النطاق لموارد المياه الطبيعية [54-53]

2.1.2.1 اشكال التلوث المائي

1. التلوث كيميائية

إنها تأتي من نفايات مصانع الكيماويات الضارة فهي مادة وهو منتج ثانوي أثناء عملية التصنيع وأيضاً يلعب دوراً كبيراً في تلويث المسطحات المائية [55-57]. كيماويات خطيرة قد تكون النفايات في صورة صلبة أو سائلة أو غازية. الخصائص التي تجعل المواد خطرة قابلة للتآكل، الاشتعال، السمية والتفاعل [56]. لقد بدأت مع بداية الثورة الصناعية [57]. لا يمكن معالجة المواد الكيميائية للنفايات الصناعية إلا باستخدام خاص بمحطات معالجة النفايات لا يمكن معالجتها عن طريق معالجة مياه الصرف الصحي نباتات [54].

2. التلوث البيولوجي

يُعتبر التلوث الحيوي أو البيولوجي من أقدم صور التلوث التي عرفها الإنسان، ويقصد بالتلوث البيولوجي للماء وجود كائنات حية مرئية أو غير مرئية بالعين المجردة نباتية كانت أو حيوانية في البيئة المائية العذبة أو المالحة – السطحية أو الجوفية. وتنتج الملوثات من الكائنات الممرضة في الغالب، أو عن طريق غير مباشر عن طريق اختلاطها بماء صرف صحياً وزراعي. ويؤدي وجود هذا النوع من التلوث، إلى الإصابة بالعديد من الأمراض، لذا يجب عدم استخدام هذه المياه في الاغتسال وأ في الشرب، بعد تعريضها للمعاملة بمواد التطهير المختلفة، مثل الكلور والأوزون والأشعة فوق البنفسجية والترشيح بالمرشحات الميكانيكية وغيرها من نظم المعالجة والتنقية. كما قد يوجد داخل البيئة المائية مراحل (أطوار) دقيقة (بويضات – يرقات – أطوار معدية) من دورة حياة بعض الكائنات

النباتية أو الحيوانية مثل بعض الطفيليات كالبلهارسيا والدودة الكبدية وديدان القناة الهضمية و ، كذلك الحشرات مثل البعوض وغيره ، كما تعد بعض نواتج أيض أنواع من الكائنات الحية الدقيقة و إفرازاتها من الملوثات ذات الأثر السمي كما في بعض أنواع الطحالب و البكتيريا و الفطريات. يشمل التلوث البيولوجي الملوثات الحيوية مثل البكتيريا المسببة للأمراض والفيروسات الطفيليات. ومصادر هذه الملوثات هي فضلات الإنسان والحيوان. يتم نقلهم إلى المياه عند اختلاطها بمياه الصرف الصحي أو مياه الصرف الزراعي مما يسبب إصابة الإنسان بها العديد من الأمراض مثل الكوليرا. لذلك يجب استخدام المعقمات مثل الكلور للقضاء على هذه الملوثات في مياه الشرب [58-59]

3. التلوث الفيزيائي

ددخول أو وجود مواد أو قوى ضارة في البيئة تسبب إتلاف للبيئة وعملياتها بسبب تأثيرها المادي كما يحدث عن طريق الإهتزاز والتغير الحراري أو الإشعاع الإلكتروني مغناطيسي. وينتج عن تغيير المواصفات القياسية للماء ، عن طريق تغير درجة حرارته أو ملوحته ، او ازدياد المواد العالقة به ، سواء كانت من أصل عضوي أو غير عضوي كما ان التلوث الفيزيائي الناتج عن ارتفاع درجة الحرارة يكون في غالب الاحوال ، قريب من المسطحات المائية مما ينتج عنه ازدياد درجة الحرارة ، ونقص الاكسجين ، فيؤدي إلى موت الكائنات الحية في هذه الاماكن [60]. .

4. التلوث الاشعاعي

ومصدر هذا التلوث يكون غالبا ، عن طريق التسرب الاشعاعي من المفاعلات النووية ، أو عن طريق التخلص من النفايات ، في البحار والمحيطات . وهذا النوع من انواع تلوث الماء لا يحدث أي تغيير في صفات الماء الطبيعية ، مما يجعله أكثر الانواع خطورة ، حيث تمتصه الكائنات الحية وتتراكم فيها ، ثم تنتقل إلى الإنسان ، أثناء تناول هذه الاحياء ، فتحدث

فيه العديد من التأثيرات الخطيرة ، منها الخلل والتحويلات التي تحدث في الجينات الوراثية

[61]

3.1 تقنيات معالجة المياه المستعملة

1.3.1 تمهيد

محطات معالجة المياه العادمة ليست حديثة وإنما برزت الحاجة إليها منذ عقود طويلة. حيث أنشئت أنظمة الصرف الصحي وأنظمة المعالجة وصدرت التشريعات البيئية اللازمة لحماية الصحة العامة خلال القرن التاسع عشر بسبب الصرف المستمر للمياه الملوثة الخام في المسطحات المائية، والبحار، والأنهار، وإلى الأراضى، مما أدى إلى انتشار التلوث بشدة وتدهورت الصحة العامة وتفشت الأمراض ظهرت أول محطة معالجة في العالم عام 1885 في بريطانيا، ثم تبعتها الولايات المتحدة الأمريكية والتي تطورت فيها محطات المعالجة تباعا لما يلي:

1. تأسيس محطة تجريبية لوضع معايير مياه الصرف الصحي في ولاية ماساسوستش عام

1866.

2. إنشاء أول محطة معالجة بيولوجية بنظام الفلتر الرملي عام 1887.

3. أنشئت أول محطة مرشحات بيولوجية عام 1901،

4. واستخدمت طريقة المعالجة بنظام أحواض التهوية لأول مرة عام 1909.

5. استخدم الكلور في عمليات تعقيم المياه عام 1914 .

6. أنشئت أول محطة تعمل بالحمأة المنشطة عام 1916.

ومع ازدياد مستويات المعالجة ظهرت الحاجة إلى المعالجة الإضافية للحمأة والتخلص منها:

جدول 4.1: الملوثات الموجودة في مياه الصرف الصحي وأهميتها

الملوثات	التأثير
قد تؤدي إلى ترسب الحمأة وتوليد ظروف لاهوائية إذا تم صرف مياه الصرف الصحي غير المعالجة في البيئة المائية. والمواد العالقة بكثرة تعيق أنظمة الري في حالة استخدام المياه المعالجة في الري والزراعة، وفي بعض حالات وجود تركيزات عالية من المواد العالقة تقلل من كفاءة تطهير وتعقيم المياه المعالجة وذلك لحجمها كثير من المواد المرصدة.	المواد العالقة الصلبة
وتشمل المركبات العضوية التي يمكن أن تتحلل عن طريق مليات البيولوجية المختلفة مثل التي تتم بتأثير الكائنات الدقيقة ومن أمثلة تلك المركبات البروتينات والدهون والكربوهيدرات. الع ولو تركت هذه المركبات أو تسربت للبيئة المائية تؤدي إلى استهلاك واستنزاف الأكسجين الذائب وربما إلى التحلل الذاتي للأشجار والمسطحات المائية الصغيرة، وعند نقص ونضوب الأكسجين تبدأ التفاعلات اللاهوائية داخل المياه مسببة روائح كريهة وتزداد الجراثيم ومسببات الأمراض الأخرى.	المواد العضوية القابلة للتحلل البيولوجي
وهي الكائنات الدقيقة وغير الدقيقة والتي يؤدي تراكمها أو وجودها نفسه في مياه الصرف الصحي إلى الإصابة بالأمراض سواء للإنسان أو للحيوان أو للنبات داخل البيئة، وتشمل البكتيريا والفطريات والطحالب والفيروسات والديدان وبعض الطفيليات.	الكائنات الحية المسببة للأمراض
تقاوم طرق المعالجة التقليدية لمياه الصرف الصحي، وتضم العوامل ذات الفعالية السطحية والفينولات والمبيدات الزراعية الثانوية وهذه المواد غير قابلة للتحلل بيولوجيا وتحتاج إلى معالجة كيميائية وفيزيائية لإزالتها، حيث أنها تقاوم طرق المعالجة التقليدية، وتراكم هذه المواد يسبب ضررا شديدا بالبيئة. وقد تشمل تلك المواد أيضاً بعض أنواع المنظفات الصناعية والتي هي مواد خافضة للتوتر السطحي وهي عبارة عن جزيئات عضوية كبيرة ولها قابلية ضعيفة للذوبان وهي تسبب الرغوة في محطات معالجة مياه الصرف الصحي والصناعي وفي المياه السطحية التي يتم صرف المياه إليها.	المواد العضوية الشديدة المقاومة للتحلل
تنتج من الأنشطة التجارية والصناعية، وهي تسبب سمية شديدة وتلوثاً كبيراً وذلك في حالة إعادة استخدام المياه المحتوية على تركيزات معينة منها، ولذلك ينصح بعدم استخدام المياه المحتوية على العناصر الثقيلة في الري والزراعة ويجب إزالتها من مياه الصرف الصحي قبل إعادة استخدامها.	المعادن الثقيلة
تضم الكالسيوم والصوديوم والكبريتات، ويجب إزالة هذه المكونات لإمكانية إعادة استخدام مياه الصرف الصحي.	المكونات الذائبة غير العضوية
وهي عناصر لازمة لنمو النبات والحيوان وكثير من الكائنات الحية الدقيقة ولو بنسب ضئيلة. ومن أهمها النيتروجين والفسفور والتي عند وصولها للبيئة المائية كالأنهار والبحيرات تؤدي إلى نمو الطحالب غير المرغوب فيها، وأيضا وجودها بتركيزات عالية يسبب استنفاد الأكسجين الذائب في المياه وموت بعض الكائنات المائية كالأسماك نتيجة للاختناق، ولو تسربت للأرض تسبب تلوثا للمياه الجوفية.	المغذيات

- استخدام طرق المعالجة بنظام الهضم الحراري المنفصل، والهضم الغازي عام، 1920.
- استخدام طرق المعالجة بنظام المرشحات الفراغية عام. 1921.
- استخدام طرق حرق الحمأة عام. 1930.

أصبحت تكنولوجيا معالجة مياه الصرف شائعة الاستخدام وصدرت التشريعات اللازمة

لتصميمات محطات ووحدات المعالجة في الفترة 1935-1955.

ظهرت برك التثبيت، وخنادق الأكسدة، والبرك العادية، والتهوية المطولة، والتثبيت بالتلمس، والمرشحات ذات المعدل العالي والبطيء، كما ظهرت وحدات المعالجة المدمجة في الفترة 1940-1950.

تطورت طرق المعالجة واستخدام تكنولوجيا الطفو لفصل المواد الصلبة في الفترة

1950-1960.

- ظهرت برك التثبيت المهواة، والأقراص البيولوجية الدوارة، والمعالجة الفيزيائية والكيميائية، والمناخل الميكروسكوبية، والهضم الهوائي للحمأة، وعمليات نزع الفوسفور والنيتروجين عام 1960 .

- وضع التشريعات اللازمة لحماية المصادر المائية من التلوث عام 1965 ، وتم وضع معايير خاصة للمياه الناتجة من عمليات المعالجة المختلفة طبقا للاستخدامات النهائية تبعا لمصدر التصريف، أو كيفية إعادة الاستخدام، سواء في عمليات الري، أو في الاستخدامات الصناعية أو تصريفها على المسطحات المائية.

في العقود الأخيرة حدث تطور تكنولوجي كبير في مجال معالجة مياه الصرف، وتضمن تطور أساليب التحكم بالحمأة المنشطة، وتحسين كفاءة عمليات نزع الفوسفور والنيتروجين بيولوجيا، كما تم زيادة فهم سلبيات وعيوب عمليات الترسيب الثانوي، وبرزت الحاجة إلى دم طرق الترسيب والتهوية معال لحمأة المنشطة.

كما تم استخدام الهاضمات ذات الشكل الدائري لتثبيت الحمأة للمحطات الكبيرة. بدأ شيوع استخدام تقنية الأغشية في محطات المعالجة كأحدث ثورة تكنولوجية خلال العقدين الأخيرين. استعمل أول نظام أغشية بدائي لمعالجة مياه الصرف، وهو ما يعرف بنظام "Dorr-Oliver" عام 1960 في فرنسا، واستمرت الأبحاث حتى بدايات عام 1990 ثم بدأ التوسع لهذا النظام في أوروبا الغربية، والولايات المتحدة الأمريكية، واليابان). [28]

2.3.1 أهمية معالجة مياه الصرف الصحي

ندرة المياه العذبة مشكلة متنامية في جميع أنحاء العالم. ونتيجة لذلك، من المتوقع أن يتم استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة بشكل متزايد لري المحاصيل الغذائية [62]. نوعية المياه المعالجة تحظى بمياه الصرف الصحي بأولوية عالية مع زيادة إعادة استخدام مياه الصرف الصحي في المناطق القاحلة [63]. وبالتالي، فإن تقنيات معالجة مياه الصرف الصحي المستدامة والفعالة من حيث التكلفة تكتسب أهمية متزايدة. الأساسية مبدأ معالجة مياه الصرف الصحي البلدية في المدن والمجتمعات الكبيرة هو جمع ونقل مياه الصرف الصحي إلى مياه الصرف الصحي المركزية محطات المعالجة (WWTP) القادرة على معالجة كميات كبيرة من مياه الصرف الصحي [64]

3.3.1 إشكالية مياه الصرف

الماء عنصر كيميائي ثابت، وهو ضروري لحياة الإنسان لكنه هش بيئياً فهو يتلوث بسرعة لأنه وسط مساعد على تجمع ونمو الكثير من الملوثات العضوية والمعدنية ناجمة عن الاستعمالات المنزلية والصناعية إن أهمية الماء وقلة مصادره خاصة في بلادنا تستدعي ضرورة استرجاعه، هذه الضرورة تطرح عدة إشكاليات وتحديات نظراً لما سبق ذكره. مشاكل عدم وجود شبكات لتجميع مياه الصرف الصحي ref,

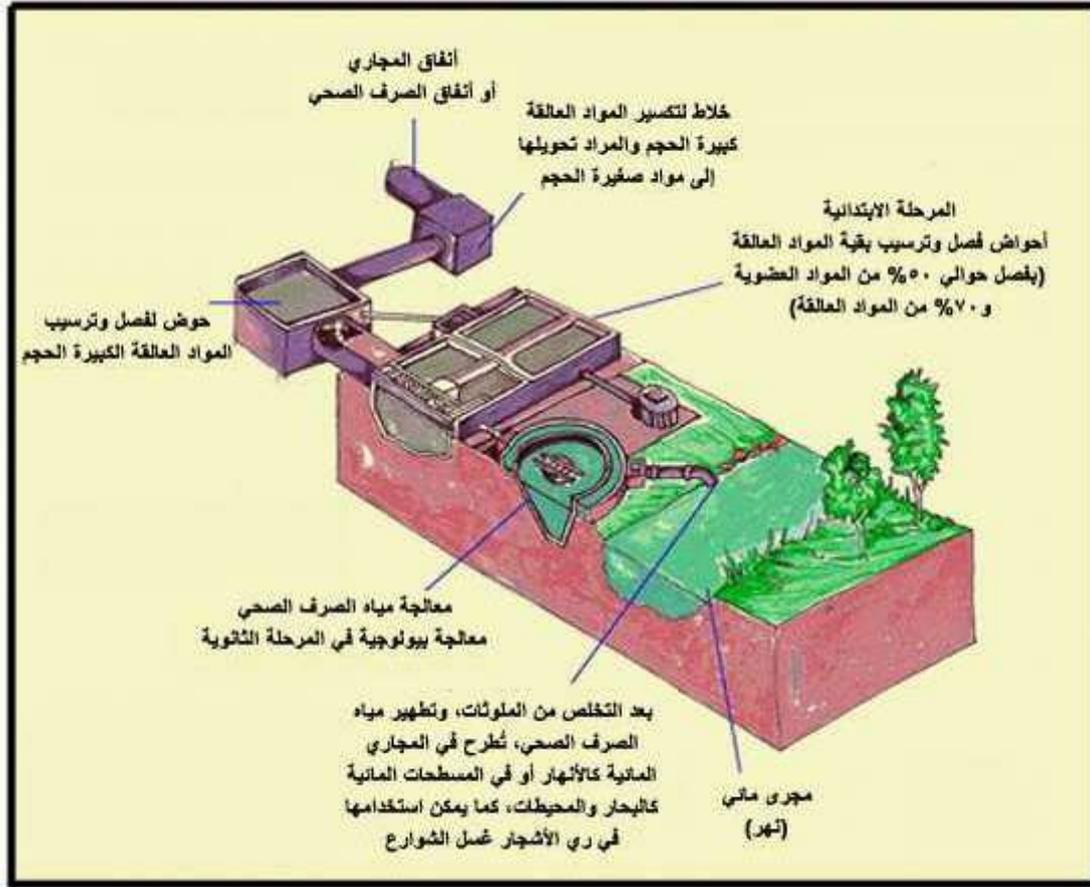
- تلوث المجاري المائية السطحية والمياه الجوفية.
- نمو وتكاثر الذباب والبعوض. معاناة الأهالي من مشاكل الصرف الصحي من المنازل وأعمال الكسح.
- تأثير الأحماض الناتجة من التفاعلات البيولوجية علي أساسات المنشآت.
- عدم الاستفادة من مياه الصرف الصحي بعد معالجتها وإعادة استخدامها.
- عدم الاستفادة من الرواسب الناتجة من وحدات معالجة مياه الصرف الصحي، وذلك بعد معالجتها.
- تلوث البيئة المحيطة (مياه - تربة - هواء - نباتات - حيوان).

4.3.1 مراحل المعالجة

عندما تتلوث المياه وتصبح إزالة التلوث ضرورية، يجب اختيار أفضل طريقة للتنقية للوصول إلى أهداف إزالة التلوث (على النحو الذي يحدده التشريع). تتكون عملية التطهير بشكل عام من عدة خطوات متتالية كما هو موضح في الشكل 3.1 [66-69].

1.4.3.1 المعالجة التمهيدية

تتكون المعالجة المسبقة من إزالة الجزيئات الصلبة (العائمة) وجميع العالقة المواد من النفايات السائلة. هذه مرحلة ما قبل المعالجة، والتي يمكن تنفيذها باستخدام ولا غنى عن الوسائل الميكانيكية أو المادية، قبل تصور العلاج الثانوي لأن التلوث الجسيبي (مثل، SS والغرويات، والدهون، وما إلى ذلك) سوف يعيق العلاج في وقت لاحق، جعلها أقل كفاءة أو إتلاف معدات إزالة التلوث. مادة كيميائية أولية قد تكون هناك حاجة أيضًا إلى معالجة مثل الأكسدة لتدمير السيانيد وتخفيض الكروم، (VI) وضبط الرقم الهيدروجيني، والتخفيض المسبق للحمل



شكل 3.1: شكل توضيحي للخطوات المتبعة في معالجة مياه الصرف الصحي

العضوي العالي. على سبيل المثال النفايات السائلة من مصانع الورق يحتوي على كميات وفيرة من SS مثل الألياف والحشو والمواد الصلبة [66,70-71]. النفايات السائلة من النسيج تتميز المطاحن بدرجة حموضة متغيرة جداً على الرغم من أنها غالباً ما تكون قلوية وتحتوي على نسبة عضوية عالية [69]

2.4.3.1 المرحلة الاولى

1. طرق المعالجة الفيزيائية أو الميكانيكية

هي طرق المعالجة التي تعتمد على القوى الطبيعية والفيزيائية، وكانت هذه الطرق هي أول الطرق المستخدمة في معالجة مياه الصرف ومازالت، وتشمل العديد من العمليات، وأهمها عمليات الفصل والتصفية، والترسيب، والفلترية "الترشيح"، والترويب، والتعويم أو الطفو

وعمليات فصل الزيوت، والترويق، والتهوية اللازمة للمعالجة البيولوجية) ويتم من خلالها إزالة المواد الصلبة العالقة (SS) والمواد العائمة [72]

2. طرق المعالجة الكيميائية

تشتمل طرق المعالجة الكيميائية لمياه الصرف الصناعي على إضافة كيماويات، وتعتمد على حدوث تفاعلات كيميائية من أجل التخلص من أو تحويل الملوثات إلى مواد يسهل فصلها، ومن أكثر الطرق الكيميائية شيوعاً في هذا المجال، الترسيب، والامتزاز [73]

3.4.3.1 المرحلة الثانوية (المعالجة البيولوجية)

لقد تم استخدام العمليات البيولوجية لأكثر من 100 عام في معالجة المواد العضوية والمواد الغذائية، ومياه الصرف الصحي المنزلية والبلدية الحاملة للملوثات الدقيقة. للتعامل مع هذه المياه العادمة، تعد الطرق البيولوجية إحدى الطرق الواعدة لذلك التعامل مع تطبيقات المجموعات البكتيرية لإزالة/تحويل الملوثات إلى منتجات أقل ضرراً مثل ثاني أكسيد الكربون والماء والميثان الغازي ([74-76]). عادةً ما يتم تنفيذ هذه العمليات البيولوجية في أنظمة مصممة ومدارة خصيصاً للمفاعلات الحيوية. خلال هذه العمليات، تتحلل المواد القابلة للتحلل (الغروية أو الذائبة) الموجودة في مياه الصرف الصحي يتم تحويلها إلى أجزاء صغيرة صديقة للبيئة للمواد [77]. وقد تكون بعض هذه المواد في أشكال غازية التي يمكن أن تتسرب إلى الغلاف الجوي، بينما تتولد الكتلة الحيوية أثناء عملية التحويل/ يمكن إزالة عملية الإزالة بشكل فعال من خلال التسوية المناسبة وحدة مثل خزان الترسيب الثانوي. على طول هذا، لإزالة النيتروجين و يتم استخدام الفوسفور من مياه الصرف الصحي والتركيبات الهوائية واللاهوائية [78-79]. تقليدياً، يتم استخدام طريقتين لمعالجة مياه الصرف الصحي البلدية، أي المعالجة الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية/الطبيعية. وبين هذه البيولوجية تتمتع أنظمة المعالجة بمزاياها الخاصة مثل التكلفة المنخفضة والصديقة للبيئة، عند مقارنتها بالعمليات الفيزيائية والكيميائية باهظة

الثلث وغير المستدامة [80]. علاوة على ذلك، فقد تم استخدام طرق معالجة مياه الصرف الصحي البيولوجية وقد ثبت أنها أكثر فعالية من حيث التكلفة من الأنظمة الفيزيائية والكيميائية الهندسية. على نطاق واسع، يتم تصنيف أنظمة معالجة مياه الصرف الصحي البيولوجية في ما يلي طرق:

1. الأنظمة الهوائية واللاهوائية

2. الأنظمة الطبيعية والهندسية.

الحمأة المنشطة :

تُشير إلى وحدة معالجة تتكون من مُفاعل مُتعدد العُرف، والذي يَستخدم الكائنات الحيّة الدقيقة المُركزة لتحلل المواد العضوية، وإزالة المُغذيات من مياه الصرف؛ وذلك من أجل إنتاج تدفقات سائلة خارجة عالية الجودة. وللحفاظ على الظروف الهوائية، ولإبقاء الحمأة النشطة مُعلّقة، فإن إمدادات الأكسجين المُستمرة والمنتظمة مطلوبة. إلى جانب هذا التخفيض المرضي للمواد العضوية الملوثة ومسببات الأمراض، وينتج النظام المياه لأغراض الري. طريقة معالجة مياه الصرف الصحي البيولوجية تعليق الكتلة الحيوية البكتيرية. (الحمأة المنشطة) هي المسؤولة عن إزالة الملوثات. إلى جانب ذلك إزالة المواد الكربونية العضوية. من الواضح أن الكثير من تكوينات عملية الحمأة المنشطة المختلفة لها تطورت خلال السنوات. [81-83]

يُمكن استخدام العديد من التجهيزات المختلفة لعملية الحمأة المنشطة لضمان مزج وتهوية مياه الصرف جيداً في حوض التهوية، ويُمكن القيام بعملية التهوية والمزج عن طريق ضخ الهواء أو الأكسجين إلى الخزّان، أو باستخدام أجهزة التهوية السطحية. تُؤكسد الكائنات الحية الدقيقة الكربون العضوي الموجود في مياه الصرف، مما يؤدي إلى إنتاج خلايا جديدة، وثاني أكسيد الكربون والماء. على الرغم من أن البكتيريا الهوائية هي الكائنات الحية الأكثر تواجدًا داخل المُفاعل، فإن البكتيريا الاختيارية [84-85] Bacterial Facultative -بالإضافة لبعض الكائنات الحية الأكبر- ممكن أن تتواجد. التكوين الفعلي لمحتوى المُفاعل يعتمد على التصميم،

والبيئة، وخصائص مياه الصرف.الندف)تكتات من جزيئات الحمأة النشطة(التي تكونت في حوض التهوية، يُمكن إزالتها في المرؤق الثانوي، وذلك عن طريق الترسيب الطبيعي المُعتمد على الجاذبية الأرضية. يتم إعادة تدوير جزء من هذه الحمأة من المرؤقات إلى المُفاعل مرة أخرى. يُمكن تصريف التدفقات السائلة الخارجة أو مُعالجتها في مُنشأة مُعالجة ثلاثية إذا لزم الأمر لاستخدامها فيما بعد [87-86]

1. الإيجابيات

- مقاومة للأحمال العضوية والهيدروليكية المفاجئة.
- يُمكن تشغيلها على نطاق كبير من مُعدّلات الأحمال العضوية والهيدروليكية.
- تخفيض كبير للأكسجين الحيوي BOD ، ومسببات الأمراض بنسبة تصل إلى 99%.
- إمكانية الإزالة الكبيرة للمُغذيات.
- يُمكن تعديلها لتلبية المواصفات والحدود الخاصة بالتصريف.

2. السلبيات

- استهلاك الطاقة مرتفع، وهناك حاجة إلى مصدر دائم للكهرباء.
- تكاليف رأس المال والتشغيل كبيرة.
- تتطلب أن يقوم بأعمال التشغيل والصيانة أفرادًا ذا خبرة.
- عُرضة لمشاكل كيميائية وميكروبيولوجية (ميكروحيوية) مُعقدة .
- قد لا تكون جميع الأجزاء والمواد متوفرة محليًا.
- تتطلب خبرة في التصميم والإنشاء.
- الحمأة والتدفقات السائلة الخارجة تتطلب مزيدًا من المُعالجة و/أو التصريف بشكل مُناسب.

4.4.3.1 المرحلة الثالثة (المعالجة الثالثة)

تشير المعالجة الثلاثية إلى مرحلة إضافية من معالجة النفايات السائلة المعالجة بيولوجيًا، اعتمادًا على الاستخدامات المقصودة. يمكن تصميم هذه الخطوة لإزالة العناصر الغذائية (إذا لم تتم إزالتها في خطوة المعالجة الثانوية)، والكائنات المسببة للأمراض، والمركبات غير القابلة للتحلل، والمعادن الثقيلة، والمواد الصلبة الذائبة غير العضوية المتبقية والمواد الصلبة العالقة، أو حتى CEC (الملوثات الدقيقة). وبهذه الطريقة، تستوفي النفايات السائلة النهائية معيارًا أكثر صرامة من ذلك الذي يتم تحقيقه فقط من خلال المعالجة الثانوية، مما قد يسمح بإعادة استخدام النفايات السائلة في مواقف معينة. يمكن استخدام العديد من عمليات المعالجة الثلاثية اعتمادًا على الغرض، وبعض العمليات الأكثر استخدامًا هي ما يلي: عمليات الفصل الغشائي (الترشيح الدقيق، والترشيح الفائق، والتناضح العكسي)، والامتزاز (الكربون المنشط)، والتبادل الأيوني، والتطهير (الكلورة)، [88-90]

انظر جدول متوسط نسبة إزالة بعض الملوثات الموجودة في مياه الصرف الصحي،

باستخدام وسائل المعالجة المختلفة

جدول 5.1: متوسط نسبة إزالة بعض الملوثات الموجودة في مياه الصرف الصحي باستخدام وسائل المعالجة المختلفة

معالجة متقدمة باستخدام			معالجة ثانوية عملية الحماية المحفزة	معالجة ابتدائية	الطريقة
أكسدة كيميائية وتناضح عكسي	امتصاص كربوني بعد التبادل الأيوني	المرشحات الرملية				عنصر الإزالة
100	98	88	83	38	الأكسجين
100	100	99	91	53	المواد العالقة الصلبة
100	100	80	70	18	نتروجين الأمونيا
100	100	83	60	27	الفوسفور
100	100	90	89	34	الكربون العضوي
100	97	94	94	65	الزيوت والدهون
100	100	97	90	31	العكر

الجدول التالي يلخص المراحل

جدول 6.1: مراحل المعالجة

نوع المعالجة	وحدات العمليات او التشغيل	مراحل المعالجة
فيزيائية فيزيائية فيزيائية فيزيائية	الغرايل المصافي الساحات ازالة الاتربة	تحضيرية
فيزيائية	ترويق اولي	اولية
بيولوجية بيولوجية بيولوجية بيولوجية فيزيائية كيمياوية	حماة منشطة مرشحات سيلانية ملاسمات بيولوجية دوارة برك تثبيت ترويق ثانوي تطهير	ثانوية
بيولوجية كيمياوية كيمياوية فيزيائية	النترة و نزع النتروجين البيولوجي الترسيب الكيماوي الامتزاز الترشيح	ثالثية

باب 2

المرشحات

1.2 المقدمة

استخدمت عملية الترشيح باستخدام المرشحات الرملية منذ أكثر من قرن لمعالجة المياه ومياه الصرف الصحي. يعد الترشيح الرمي تقنية مستدامة لمعالجة مياه الصرف الصحي لأنه سهل التشغيل ومنخفض التكلفة. كما أنها تنتج نوعية ممتازة من النفايات السائلة دون استخدام المعالجة الكيميائية.

2.2 تعريف

الترشيح هو عملية فصل الجسيمات الصلبة المعلقة والجسيمات الغروانية عن الماء، وذلك بتمريره خلال مسامات وسط الترشيح و يعد فعالا جدا في إزالة الجسيمات الصلبة المعلقة، و ندف البكتيريا، و الطحالب، و الكائنات الحية الدقيقة الأخرى والبروتوزوا [91]، ويستخدم الترشيح كمعالجة لبعض التقنيات التي تتطلب تراكيز منخفضة من الجسيمات الصلبة المعلقة مثل الامتزاز بالكربون، التناضح العكسي وتقنيات أخرى [92] وسط الترشيح قد يكون الرمل،

فحم الكربون المنشط الغارنيت، ويستخدم الحصى كمادة ناعمة تحت وسط الترشيح [93] حيث أن عملية الفصل تتم بين طورين، الطور السائل "المياه العادمة"، والطور الصلب " Solid Phase"، وهو المواد الصلبة العالقة. تشتمل المواد أو الشوائب الصلبة العالقة على كل من:

• دقائق التراب أو الرمل التي تختلط بالمياه أثناء مروره في طبقات الأرض أو خلال عمليات الضخ، والنقل، والتخزين.

• المواد الغروية، وهي عبارة عن مخلفات عضوية ناتجة عن تحلل البقايا الحيوانية، والنباتية في المياه.

• الكائنات الحية الدقيقة كالبكتريا، والفطريات، والطحالب، والديدان، وتكون ذائبة في المياه.

• المواد العضوية التي تسبب تلون للمياه مثل الأصباغ، والأحبار، وغيرها.

• المواد غير العضوية التي تسبب تلون للمياه مثل مركبات الحديد، والمنجنيز. تتكون طبقة مع مرور الوقت من الشوائب على سطح وسط الترشيح تسمى "بكيكة الترشيح"، أو الحصىرة – الفرشة- " Mat"، والتي تعد الوسط الحقيقي لعملية الترشيح حيث تتم خلالها عملية الترشيح بشكل فعال ذلك قبل أن تصل سماكتها إلى درجة تمنع مرور المياه وتعيق عملية الترشيح. حيث أنه ومع مرور الوقت تصبح هذه الطبقة عائقاً لعملية الفلترة وتسبب ارتفاعاً ملحوظاً في فاقد الضغط " losses Pressure"، كما تسبب انخفاضاً في تدفق المياه من خلال الفلتر) [28] تتم عملية الترشيح طبقاً لسس التالية:

– التصاق المواد العالقة بحبيبات الرمل، وتسمى عملية امتزاز "Adsorption".

– ترسيب بعض المواد العالقة في فجوات بين الرمال، والتي تعمل كمصفاة تحتجز

المواد العالقة ذات الأحجام الكبيرة نسبي، ا،

- تكون طبقة هلامية على سطح الرمل من المواد العالقة الدقيقة وما يحتمل تواجده من كائنات حية دقيقة، مما يساعد على اصطياد وحجز المواد العالقة.
- اختلاف الشحنات الكهربائية على كل من المواد العالقة وحببيات الرمل، مما يساعد على جذب والتصاق هذه المواد بحببيات الرمل [28]

3.2 أوساط الترشيح

أكثر مواد الترشيح استخداماً هي الرمل، الكربون المنشط، الغرانيت والسيراميك ومن أهم مواصفات هذه المواد:

1.3.2 الرمل

وهو أرخص وسط للترشيح ويستخدم بشكل واسع وتحديدًا في المرشحات الرملية، إذ يستخدم رمل الكوارتز Quartz أو الكوارتزيت، وهو مادة طبيعية توجد بأحجام وألوان وخصائص مختلفة، ويستخدم كوسط مرشح فعال في إزالة الملوثات. والمناطق القاحلة والصحراوية ذات مصادر الرمال النشطة، أي المناطق الصحراوية المغطاة بالرمل ذات قلة الغطاء النباتي أو عدم وجوده. [94-95]. يستخدم الرمل بسماكات مختلفة تصل إلى 700 مللي للطبقة الواحدة، وبأقطار مختلفة تتراوح ما بين 45.0 - 55.0 ملم. ولتحديد الأقطار المقبولة، والمطلوبة للرمل، تستخدم تقنية التحليل بالمناخل " Analysis Sieve"، ويتم تحريك المناخل من خلال هزاز كهربائي، وتؤدي عملية التحريك إلى حجز الرمال على سطوح المناخل حسب حجمها، وبالتالي يتم تحديد قطر هذه الحبيبات على كل منخل. (يبين الشكل) (مجموعة المناخل المستخدمة في تحديد أقطار الرمال المقبولة بتقنية التحليل بالمناخل [28]).

كما أن رمل الكوارتز يمتلك شحنة سطحية سالبة، ويستطيع امتزاز بعض الشوارد الموجودة في الماء ذات الشحنة الموجبة، فيغلفه شحنة سطحية موجبة، وبالتالي يكون الامتزاز



شكل 1.2: الشكل مجموعة المناخل المستخدمة في تحديد أقطار الرمال المطلوبة بتقنية التحليل بالمناخل

التالي قادرة على انتزاع الجزيئات ذات الشحنة السالبة، كالمواد الغروانية والعالقة ذات المنشأ الحيواني أو النباتي، والمواد المنحلة ذات الأيونات السالبة الموجودة في الماء مثل النترات والفوسفات [95]، واستخدم كوسط ترشيح في محطات معالجة المياه التقليدية، وذلك بسبب توفره بشكل كبير وتكلفته المنخفضة والنتائج المرضية التي يعطيها، والمرشح الرملي بقي الطريقة السائدة للترشيح في معظم الدول النامية [96].

2.3.2 الكربون المنشط

يتكون الكربون المنشط من الكربون المعامل بشحنة موجبة، لجعله أكثر جذبا للأيونات الكائنة في الماء المار خلاله، ويتميز بقابليته العالية على إزالة الملوثات العضوية مثل البنزين، وغير العضوية كالمعادن والأملاح، فضلا عن جذبها للمعادن الثقيلة كالحديد والمنغنيز وغيرها [97]، كما يعد من أفضل الأوساط المستخدمة لإزالة العكارة والطعم والرائحة من الماء [98] بالإضافة إلى قابليته على إزالة البكتريا والفيروسات [94]، ويستخدم بأحجام مختلفة [99] ويمتاز الكربون المنشط بإمكانية إعادة استخدامه مرة ثانية، وذلك عن طريق عملية إعادة شحنه [94].



شكل 2.2: شكل الكربون المنشط في المرشحات

3.3.2 السيراميك

هو مادة طبيعية يتكون من مزيج كربونات الكالسيوم أو المغنيزيوم مع السيليكا، وقد استخدم بصورة كبيرة في معالجة مياه الشرب في العديد من الدول مثل (ألمانيا، كوريا، المكسيك، الهند)، وتتميز هذه المادة بقابليتها العالية على إزالة العكارة والجسيمات العالقة وبعض المركبات والمعادن الثقيلة مثل (الخرصين والحديد... الخ) والطعم والرائحة، فضلا عن قدرتها على تخفيض نسبة العكارة والنترات والبكتريا والفيروسات المرضية [94,100]، ومن أهم إيجابيات السيراميك:

1. رخيص وسهل الاستخدام

2. يمتلك كفاءة عالية في إزالة الملوثات تصل إلى 99% من الميكروبات والأحياء المجهرية

ومن سلبياته:

1. سرعة ترشيح قليلة تتراوح ما بين (0.5-5) m/hr

2. من الممكن زيادة كفاءة السيراميك، وذلك بإضافة الفضة لمكوناته، لزيادة قدرته على إزالة البكتيريا والكائنات الحية الدقيقة الممرضة [94].



شكل 3.2: شكل السيراميك في المرشحات

4.3.2 الأوساط المخلوطة

أصبح استخدام أكثر من وسط "خليط" للترشيح أمراً شائعاً، بحيث توضع الحبيبات الأكبر حجماً والأقل كثافة في أعلى حشوة الوسط بينما توضع الحبيبات الأقل حجماً والأكثر كثافة في أسفل الحشوة، كما يبين الشكل (4.2)، تستخدم عادة مجموعة من المواد كأوساط مخلوطة كطبقات فوق بعضها البعض كما يبين الجدول (1.2) ولدى مرور المياه من أعلى إلى أسفل ف ن هذه الأوساط المخلوطة تضمن عملية نفاذية منتظمة لفترات طويلة قبل الحاجة إلى عملية الغسيل العكسي. [28].



شكل 4.2: شكل خليط أوساط الترشيح في المرشحات

جدول 1.2: منظومة اوساط مخلوطة مستخدمة في فلاتر الترشيح

نوع الوسيط	القطر الفعال (ملم)	الوزن النوعي
الانتراسيت	1.7-0.7	1.4
الرمال	0.7-0.3	2.6
الجرانيت	0.6-0.4	3.8
الماجنتايت	0.5-0.3	4.9

4.2 العوامل المؤثرة على أداء الترشيح

يعتمد الأداء العام للترشيح على عدة عوامل مثل معدل المعالجة المطلوبة، ونوعية الموارد المائية، والخصائص الفيزيائية للوسائط، والعمق، والنوع، وتوزيع الحجم، ومعدل التحميل الهيدروليكي [101] أداء المرشح من خلال واحد أو أكثر من العوامل التالية: نوعية المياه المتدفقة (العكارة، تركيز المواد الصلبة العالقة، توزيع حجم الجسيمات، تركيز الكربون العضوي المذاب، DOC، تركيزات المواد العضوية و/أو المعدنية الثقيلة، الماء الإنتاج (حجم تشغيل مرشح الوحدة) وتطور فقدان الرأس (وقت ومعدل الغسيل العكسي أو استبدال الوسائط في حالة عدم استخدام

الغسيل العكسي).

ذكر المرجع [102] أن العوامل الأساسية التي تؤثر على عمليتي الاصطيد والتصفية. وجد أن كفاءة الترشيح تتحسن مع حجم جسيمات أكبر، ويمكن تحديد حجم الجسيمات المحتجزة من خلال المسافة بين الحبوب، وتكون الحبيبات الزاوية أكثر مشاركة في عملية الإجهاد الميكانيكي، حيث تزيد السرعة من كفاءة الترشيح. تنخفض كفاءة الترشيح عندما تكون درجة حرارة الماء مرتفعة، على الرغم من أنه لا يمكن التحكم بشكل طبيعي في الخواص الكيميائية للجسيمات والماء، إلا أنه يمكن إضافة مرشح كيميائي يساعد على تعزيز الالتصاق. معدل التدفق هو عامل آخر يؤثر على أداء التصفية. وخلص المرجع [103] إلى أن كفاءة إزالة الكوليفاج انخفضت من 79% إلى 75% عندما زاد معدل التدفق من 10 إلى 20 لتر/دقيقة مع ثبات عمق وحجم الرمال. كما وجد خان أن الكفاءة تقل عندما زادت معدلات التدفق بالنسبة لمجموع القولونيات والقولونيات البرازية وعدد الصفائح القياسية عند 150 سم و 5.0 ملم من عمق الرمال وحجم الرمال على التوالي.

5.2 آلية الترشيح

يستخدم SSF العمليات البيولوجية والكيميائية والفيزيائية لتنقية المياه. داخل نفس طبقة الفلتر، تعمل عملية الترشيح الفيزيائي بالتوازي مع الترشيح البيولوجي. تتم إزالة الملوثات من خلال النشاط البيولوجي في طبقة المرشح العليا. تتبع عملية الامتزاز والترشيح الميكانيكي والتحلل العملية البيولوجية [104]. يعد استخدام معدل الترشيح البطيء (1.0 - 3.0 م / ساعة) والرمال الناعمة من العوامل الفيزيائية المهمة التي تحدد إزالة الملوثات [105]. الامتزاز على سطح جزيئات الرمل والافتراس بواسطة الأوليات يفسر عمليات تجميد البكتيريا. يعد إنتاج المنتجات الميكروبية خارج الخلية مثل إنزيمات الأنزيم البروتيني أو رعي البكتيريا والكائنات الحية الدقيقة الأعلى على جزيئات الفيروس آلية معقولة وراء تقليل الفيروس في SSF [106]. كما أن SSF لديه

القدرة على إزالة الخراجات من الطفيليات الطرفية الجيارديا وكريبتوسبورديوم [107-108].

1.5.2 الترشيح الرملي البطيء

الترشيح بالرمل البطيء هو تقنية منخفضة التكلفة وسهلة التشغيل لإزالة الملوثات الكيميائية والكائنات المسببة للأمراض. عمومًا، يتألف الترشيح بالرمل البطيء من طبقات مرتبة عمودياً من المكونات التالية. أعلى الطبقة هي الماء الفائض الذي يخضع لعملية الترشيح. توفر عمود المياه الضغط الهيدروديناميكي الكافي لنفاذها من خلال نظام الترشيح. الطبقة الثانية هي طبقة سميكة من وسط الترشيح الفعلي والذي هو رمل ناعم (حجم فعال 0.15 - 0.3 مم). إنه وسط متين منخفض التكلفة للترشيح. بسبب حجم جسيمه الأصغر (0.15 - 0.3 مم)، يوفر الرمل الناعم مساحة سطح كبيرة للترشيح وأيضاً لتكوين طبقة البيوفيلم، ومع ذلك، تقل حجوم المسام الصغيرة من معدل التدفق (0.1 - 0.3 م/ساعة) خلال الترشيح بالرمل البطيء. الجزء العلوي الأعلى من الرمل مغذى بنمو الميكروبات بسبب توافر الأوكسجين بشكل أفضل مقارنة بالجزء السفلي. يحدث معظم التطهير في هذه الطبقة البيولوجية النشطة، والمعروفة أيضاً باسم "شموتزدিকা". تشكل الميكروبات طبقة البيوفيلم على جسيمات الرمل اللامعة وتساعد في عملية البيوترشيح. أما أسفل الرمل، فيوجد طبقة من الحصى توفر ممراً حراً للمياه المعالجة للخروج من السرير. يدعم الحصى الرملي ويمنع تسد خرطوم الخروج من السرير. عادةً ما تتكون الأربع طبقات معاً لتشكل عموداً سميكاً بسماكة 1 م من وسيط الترشيح الحيوي.

معدل الترشيح البطيء للرمل البطيء يسمح بزمان إبقاء أطول للماء الفائض والماء النافق من خلال السرير مما يتيح فرصة كافية للترشيح والنشاط البيولوجي. يؤدي النشاط البيولوجي في الطبقة العلوية إلى تكوين "شموتزدিকা"، والتي تمتد 3 سم فوق السرير كمصفوفة لزجة. تتألف الشموتزدিকা من رواسب معدنية وكائنات دقيقة مستوطنة تشمل البكتيريا والفطريات والطفيليات وحتى بعض الكائنات الأكبر من النواة. يُعتبر حك الشموتزدিকা بشكل متقطع

ضروريًا لأن نموها الزائد يعوق عملية النفاذ. يلي الحك فترة هادئة لنضوج الشموتزدিকা من أجل تحقيق ترشيح بالرمل البطيء نشط بشكل كامل. إن وجود شموتزدিকা متطورة ضروري لإزالة المسببات المرضية. الشموتزدিকা هي المساهم الرئيسي في عملية الترشيح، بينما تعتبر الميكروبات المرتبطة بجسيمات الرمل في الجزء الأعمق من الرمل بمثابة مساهمين ثانويين في العملية [109]

يزيل السرير الرملي بكفاءة مسببات الأمراض المختلفة المنقولة عبر المياه بما في ذلك الفيروسات والبكتيريا والكيسات الدقيقة للجيارديا والكريبتوسبورديوم الطفيليات المعوية. وقد تمت إزالة البكتيريا المسببة للأمراض بنسبة تصل إلى 99%. ومع ذلك، تعتمد الكفاءة على موقع التطبيق حسب المعلومات التشغيلية مثل درجة الحرارة، ومعدل الترشيح، وحجم الجسيمات للوسط، وعمق السرير. تتراوح إزالة الفيروسات بالتسجيلات بين 2 و 6. تزداد كفاءة الإزالة مع عمق السرير ولكنها تنخفض مع درجة الحرارة ومعدل الترشيح. كانت إزالة فيروسات البكتيريوفاج MS-2 و PED-1 أقل نسبيًا نظرًا لضعف امتصاصها على سطح الرمل. تمت إزالة طفيليات مثل الجيارديا والكريبتوسبورديوم بكفاءة (99.9%) في السرير الرملي [110-111]

يحتفظ السرير الرملي ويعطل الميكروبات المنبثقة من المياه الخام السالكة. يشترك آليات كل من الظواهر الفيزيائية والبيولوجية في الاحتفاظ والعطل للميكروبات على سطح الرمل. تشترك الظواهر والتفاعلات الفيزيائية في الامتزاز والامتصاص. حجم البكتيريا (0.1 - 10 مم) والفيروسات (0.01 - 0.1 مم) أصغر بكثير من حجم المسام للوسط، وبالتالي فإن عملية الامتزاز غير فعالة على الطبقة العليا. تجعل المصفوفة العضوية للطبقة الغشائية والمواد البوليمرية الخارجية التي تفرزها البكتيريا المستوطنة تحت سطح الرمل عملية امتزاز المسببات الأمراض فعالة. في أعماق السرير، تصبح آليات نقل أخرى (العزم، والتأثير، والترسيب، والاعتراض، والتأثير الهيدروديناميكي، والانتشار) فعالة. تبقى المسببات الأمراض المحمولة إلى الجسيمات

على وسائط الترشيح [112]

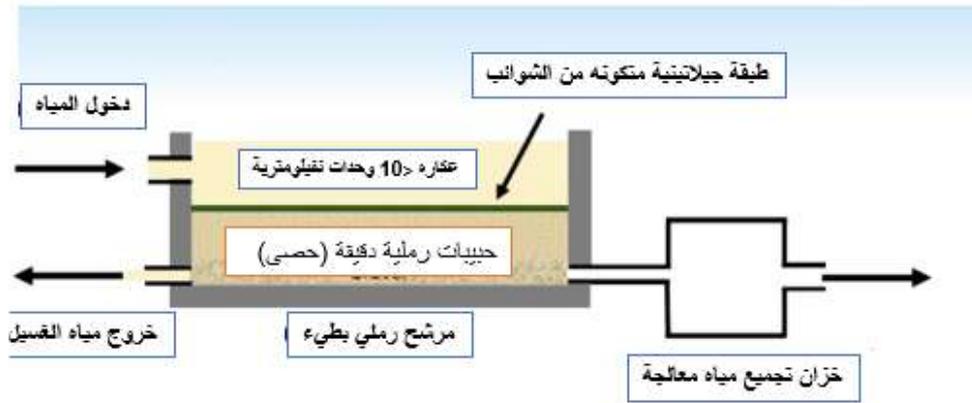
تسهم الآليات البيولوجية بشكل كبير في إزالة مسببات الأمراض بسبب سرعة التدفق البطيء. هذه الآلية تهيمن في الطبقة العلوية للسرير الرملي. يُسهم النسيج البيولوجي البطيء في توفير وقت كافٍ لتفاعل المسببات مع الغشاء الحيوي الموجود على جسيم الرمل. التفكك هو النشاط الرئيسي في الغشاء الحيوي الناضج والمسؤول عن الإزالة والتعطيل. على سبيل المثال، يعزى إزالة البكتيريا في السرير الرملي إلى الرعاية من قبل البروتوزوا والديدان. يحرر الرعاية للبكتيريا المتصقة في الغشاء الحيوي موقعًا لاحتفاظ المزيد من البكتيريا الواردة. تم العثور على أن مجموعة الإيشيريشيا كولاي في المياه المعالجة كانت مرتبطة سلبياً بتنوع وحجم جماعات الأعقاب والرماشيات في الفلتر، مما يشير إلى أهمية البروتوزوا في إزالة البكتيريا. الكائنات البيولوجية المتوسطة الحجم (0.1 - 1 مم) تفترس الخلايا البكتيرية أو الطحالب الفردية، والجسيمات المعلقة كما يفترس الكائنات البيولوجية المتوسطة الحجم الخلايا البكتيرية أو الطحالب الفردية، والجسيمات المعلقة، أو أنواع أخرى. يساعد الامتزاز على الغشاء الحيوي اللزج على إزالة الجسيمات البيولوجية في المنطقة العميقة. علاوة على ذلك، تهيمن الوفاة الطبيعية والتعطيل وتفاعل الاختزال الأيضي (أي تقليل الكربون العضوي) أيضاً يهيمن في الجزء السفلي [113]. تقنية الترشيح الحيوي لإزالة مسببات الأمراض المنقولة عبر المياه. الشكل الطبيعي للبكتيريا المستوطنة في نظام السرير الجرثومي الثابت هو الأوليغوتروف. إنهم يزدهرون على مجموعة واسعة من المركبات العضوية الموجودة في تراكيز منخفضة. يُشار أحياناً إلى النمو الكثيف للبكتيريا الأوليغوتروفية التي تنمو في البيولم كـ "زوجلياً". يتم إنشاء وتثبيت الزوجلياً من قبل إفرازات لزجة من البكتيريا والتي تعرف بالمواد البوليمرية الخارجية، (EPS) والبوليساكاريدات، والبروتينات. تحسّن هذه الطبقة القدرة على الامتزاز لوسائط الترشيح. تم التظهير بأن الجسيمات الفيروسية يمكن إزالتها بشكل أفضل في وجود الزوجلياً. يُفترض أن البوليمرات المفترزة تتكثل الكائنات الحية وتعرقل ترسيب الطين والبكتيريا لتيسير الالتصاق

[113] بعض البكتيريا المستوطنة الطبيعية المعروفة في السيرير الرملي هي البكتيريا الهوائية اللاهوائية، والأعقاب، والرماشيات، والتفصيليات، والديدان المسطحة (مايكروتوربيلاريا)، والغربيات، والنيماتود (الديدان الدائرية)، والانيليديات، والمفصليات (هارباكتيدس)، بالإضافة إلى الطحالب، والبروتوزوا، وكائنات يوكاريوتية ذات ترتيب أعلى. ومع ذلك، تهيمن البكتيريا الملونة سلبية الجرام مثل البسيدوموناس والأيروموناس على التوازن البيولوجي. كل طبقة من السيرير الرملي لها إمكاناتها الخاصة لإزالة الكائنات الحية اعتمادًا على التوزيع الرأسي للكتلة الحيوية. على سبيل المثال، كانت الكائنات الحية أحادية الخلية ومتعددة الخلايا نشطة عبر السيرير المرشح في إزالة الكائنات الدقيقة الأمعاء (E.Coli)؛ ومع ذلك، كانت إمكانية الإزالة الأعلى قرب سطح السيرير المرشح. تعزز التشغيل المتسلسل للسيرير الرملي لكفاءة إزالة مسببات الأمراض. أيضًا، تشبع المياه بالهواء يساعد على إزالة مسببات الأمراض. استخدام الصخور البركانية، ورمل السيليكا، والفحم المنشط بدلاً من الرمل قد زاد من إزالة مسببات الأمراض في مياه الرمادي. كان التشغيل المستمر أفضل لإزالة الإشيروكيا كولاي والفيروس MS2 من التشغيل المتقطع. تم التقرير عن عدد قليل من الدراسات عن إزالة الفيروسات أيضًا باستخدام السيرير الرملي. وجد أن أقل من 8 ساعات من وقت التشغيل هو الوقت المثالي لإزالة الفيروسات المعدية. استطاع السيرير الرملي إجراء إزالة بلغت 3.2 تسجيل للفيروسات، والبكتيريا الدقيقة، وفيروسات الأمعاء القنوية أيضًا. تم ذكر كفاءة إزالة مسببات الأمراض للسيرير الرملي السطحي في العديد من الدراسات في الجدول (2.2) [110]. تمكنت جميع تكوينات الفلتر التي تم التحقق منها من تحقيق إزالة متوسطة كبيرة للإيشيريشيا كولاي (بلغت 4.7 تسجيل)، والإنتروكوكي (بلغت 2.4 تسجيل)، وأبواغ كلوستريديوم برفرنجينز (بلغت 2.1 تسجيل)، وفيروسات الكولي (بلغت 2.8 تسجيل)، وحمل البكتيريا الهوائية عدد الأصفاد الاستقلابية غير المتجانسة، HPC (بلغت 1.5 تسجيل) في المياه الناتجة من المعالجة الثانوية [114] تعتبر HPC مؤشرًا واسعًا للحمل البكتيري في المياه. في بعض الأحيان يُستخدم لتقييم الكفاءة العامة لأنظمة معالجة المياه.

5.2. آلية الترشيح

جدول 2.2: كفاءة إزالة الممرضات في مرشح الرمال البطيء تم الإبلاغ عنها في الدراسات المتعددة

كفاءة إزالة الميكروبات	
1	45-60% الإشريكية القولونية (E. coli)
2	10 Log -4 القولونيات (coliform)
3	10 Log-3.0 (50%) إلى 10 Log -4 E.coli، إلى 10 log -43 echovirus-12، إلى 10 log -3.1 البكتيريا.
4	95.99% مجموع القولونيات والقولونيات البرازية، 99.99% العقدية البرازية.
5	log -2.3 الفيروسات الفيجية، والبكتيريا البرازية، وفيروسات الأمعاء البكتيرية
6	10 log -4 الكوليفورم الكلي، coli E. log 3
7	log 10-50.3 للسالمونيلا، log 10-95.3 للكوليفورم الكلي، coli E. log 10-68.3
8	log 10- 71.3 coli E. و log 10- 25.2 لفيروس بوضع MS2 التشغيل المستمر و 10- 67.1 و log 10- 85.0 لفيروس بوضع MS2 التشغيل المتقطع



شكل 5.2: ترشيح الرمل البطيء

2.5.2 الترشيح الرملي السريع

ظهر الفلتر الرملي السريع (RSF) في نهاية القرن التاسع عشر في الولايات المتحدة الأمريكية. أصبح شائعاً في عقد 1920 لأنه يتطلب مرافق أقل ضرورية بالنسبة للفلتر الرملي السطحي. على عكس الفلاتر الرملية البطيئة، ينطوي الفلتر الرملي السريع على عملية فيزيائية فقط بسبب عدم وجود طبقة بيولوجية (غشاء حيوي) على وسائط الترشيح. الرمل الخشن والحصي يزيلان الجسيمات الصلبة المعلقة بكفاءة من خلال الامتزاز والامتصاص. يجب أن يتم مساعدة الفلتر الرملي السريع بخطوات ما قبل المعالجة (الترسيب والتكتل) وخطوات ما بعد المعالجة (التعقيم) لإزالة المسببات ومنع التلوث. يتطلب مساحة أقل للبناء مقارنة بالفلتر الرملي السطحي

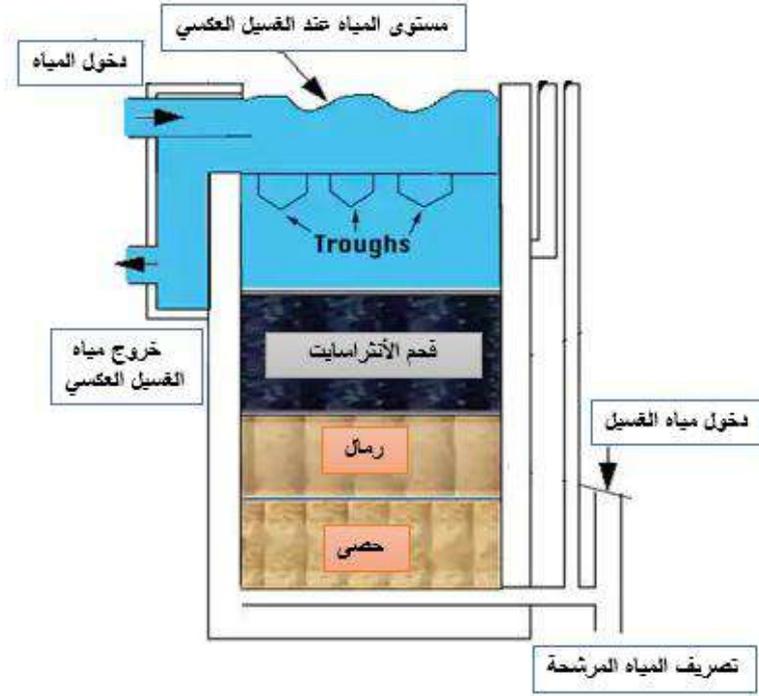
لمعالجة وحدة من حجم المياه. يتم بناء الفلتر الرملي السريع في خزان مستطيل مصنوع عادة من الخرسانة. يتم تركيب ثلاث إلى خمس طبقات من الحصى المصنف في أسفل الخزان فوق شبكة من أنابيب التصريف الموضوعة على الأرضية. يتم ملء وسائط الترشيح وهي رمل خشن بقطر يتراوح بين 4.0 إلى 6.0 مم فوق طبقة الحصى. نظرًا لأن الرمل الخشن يوفر فراغًا أكبر بالمقارنة مع الرمل الدقيق في الفلتر الرملي السطحي، يحقق الفلتر الرملي السريع معدل ترشيح أعلى. تمنع طبقة الحصى الرمل من التصريف أثناء عملية الترشيح. كما أنها تسهل توزيع الماء بالتساوي من خلال وسائط الترشيح أثناء عملية الغسيل العكسي. يكون الجزء العلوي من الفلتر الرملي السريع إما مفتوحًا للماء العلوي (فلتر الجاذبية) أو مغلقًا (فلتر الضغط) [115]

(RSF) ليس بنفس فعالية الفلتر الرملي السطحي (SSF) في إزالة مسببات الأمراض نظريًا لأن حجم المسام في الوسط أكبر وأنه يفتقر إلى الغشاء الحيوي. ومع ذلك، يقوم الفلتر الرملي السريع بإزالة الجسيمات الصلبة المعلقة جنبًا إلى جنب مع الجسيمات البيولوجية. تشمل الجسيمات البيولوجية البارزة التي تُحتفظ بها الفلتر الرملي السريع ميكروكولونيوات الطحالب (بحجم 5 إلى 20 ميكرومتر)، وكيسات البروتوزوا (بحجم 3 إلى 10 ميكرومتر)، وخلايا البكتيريا (بحجم 2.0 إلى 2 ميكرومتر)، وجسيمات الفيروسات (بحجم 0.1 إلى 1.0 ميكرومتر). أفاد [116] بإزالة الجيارديا والكريبتوسبورديوم. تعتمد ترسيب الميكروبات والجسيمات الأخرى في الفلاتر على كفاءة النقل والاحتفاظ في المسام السطحية لوسائط الترشيح. تشير النماذج النظرية لجمع الكائنات الدقيقة على وسائط الأنثراسايت والرمل إلى أن أدنى إزالة للخلايا البكتيرية الفردية بالمقارنة مع الفيروسات المعلقة الحرة، والبروتوزوا، أو التجمعات الميكروبية والجسيمات الأخرى. في الواقع، يتم تنظيم إزالة الجسيمات على نطاق النانو مثل الفيروسات بواسطة التف Diffusion، بينما يتم إزالة البروتوزوا من خلال التأثير التراكمي للترسيب والاعتراض. تشمل آلية إزالة الخلايا البكتيرية المعلقة التف Diffusion، والترسيب التفاضلي، والاعتراض. يعتبر حجم الحبيبة الفعالة عاملاً هامًا في جمع الفيروسات والبكتيريا على سطح

وسائط الترشيح، بينما يتأثر إزالة البروتوزوا والتجمعات الميكروبية بشكل رئيسي بمعدلات الحمولة الهيدروليكية. وبالتالي، تشير النموذج إلى أن حجم الوسائط ذات الحجم الأصغر هو العامل الرئيسي في إزالة الفيروسات المعلقة بحرية والجسيمات الأخرى ذات الحجم النانو، وأن معدلات الحمولة الهيدروليكية الأقل ستحسن من كفاءة إزالة المسببات البروتوزوية. العوامل الأخرى التي لم تتضمن في النموذج مثل الشحنة السطحية الصافية على وسائط الفلتر والسطوح الميكروبية، وخصائص الوسائط (النوع والحجم والعمق)، ومعدلات الحمولة الهيدروليكية، واستخدام المواد الكيميائية في المياه المصدرية (مؤكسدات و/أو توكليكات)؛ متغيرات جودة المياه، ومراقبة التدفق، وممارسات غسيل العكسي وبعده، قد تؤثر أيضاً بشكل كبير على كفاءة إزالة المسببات الأمراض في وسائط الترشيح. عوامل إضافية مثل درجة الحموضة، والقوة الأيونية، ودرجة الحرارة للمياه المصدرية؛ تركيز وحجم وكثافة الشحنات العضوية المذابة؛ وخصائص الجسيمات تؤثر على كفاءة الإزالة. على سبيل المثال، يقلل زيادة القوة الأيونية من طبقة الشحنة المزدوجة حول الكائنات الدقيقة ووسائط الفلتر، مما يزيد من كفاءة الالتصاق بينهما.

عملية غسيل العكسي لوسائط الترشيح في الفلتر الرملي السريع RSF قد تؤدي إلى إطلاق المسببات الأمراض من حبيبات الفلتر. لوحظت إزالة المسببات الأمراض في نظام معالجة المياه في العديد من الدراسات التجريبية. أظهرت إزالة كيسات الجيارديا وبويضات الكريبتوسبورديوم أنها تتأثر بمدى نضوج الفلتر وتطبيق المواد المكونة للتكتل. أثبتت معالجة المياه الأولية المكتلة من خلال الفلتر الرملي السريع RSF انخفاضاً تقريبياً بوحدة تسجيل واحدة في وحدة اللوغاريتم للكوليفورم الغائطي، والبكتيريا المسببة للأمراض (السالمونيلا والبسودوموناس الأيروجينوزا) والفيروسات المعوية، و50%-80% من كيسات البروتوزوا (الجيارديا والأميبا النسيجية)، و90%-99% من بويضات الديدان [117-119]

تختلف المرشحات البطيئة عن المرشحات السريعة في عدد من الأمور ومنها: معدل ترشيح



شكل 6.2: ترشيح الرملي السريع

المرشحات السريعة يتراوح ما بين 100 - 125 م³/3 م 2 يوم، بينما

- معدل ترشيح المرشحات البطيئة لا يتعدى 3-8 م³/3 م 2 يوم
- طريقة التنظيف للمرشحات السريعة تتم بعملية الغسيل العكسي في فترة زمنية قصيرة لا تتعدى 10 - 15 دقيقة، بينما عمليات الغسيل للمرشحات البطيئة تتم عن طريق إزالة الطبقة الجيلاتينية المتكونة فوق سطح الرمال وتستغرق يومين تقريبا.
- التكلفة الانشائية للمرشحات السريعة أقل من المرشحات البطيئة حيث تحتاج إلى مساحات من الأراضي أقل كثيرا من المرشحات البطيئة، غير أن تكلفة التشغيل للمرشحات السريعة أعلى نسبيا من المرشحات البطيئة [28]

6.2 تحديد زمن عمل المرشح

يتم إيقاف المرشح عن العمل، بإخراجه عن الخدمة واجراء عملية الغسيل العكسي، وذلك بالاعتماد على احد العوامل الآتية:

1. عندما تصل قيمة ضياع الحمولة الفرق بين منسوب المياه فوق عمود الترشيح، والضغط في التدفق الراشح إلى قيمة محددة مسبقا [88]

2. عندما تصل قيمة العكارة في التدفق الراشح إلى قيمة غير مقبولة محددة مسبقاً، بسبب اختراق الندف و الجسيمات الصلبة المعلقة لسرير الترشيح [88]

3. بعد فترة زمنية معينة محددة مسبقا [88,120] بالاعتماد على حد الشروط السابقة توقف عملية الترشيح، وتجرى عملية الغسيل العكسي، وذلك 0.01 لكل متر مربع من مساحة المرشح، $0.015 \text{ m}^3/\text{sec}$ بضخ المياه عكس اتجاه الترشيح بمعدل 2 من الكمية الكلية للماء ويجب لا تتجاوز الكمية الكلية لماء الغسيل % 4 min وذلك لمدة الترشح، والنسبة الأقل مرتبطة بدم الماء والهواء مع أثناء عملية الغسيل العكسي تتمدد طبقة الرمل [1] مما يجعل حبيبات الرمل تحتك مع بعضها، علم أن التمديد الكبير سوف - بنسبة %150 يشتت الحبات عن بعضها، فلا تتلامس مع بعضها البعض، والتمدد القليل ينت عنه احتكاك قليل لحبات الرمل مع بعضها، وإذا كانت طبقة الرمل منسدة بشكل كبير فإن السرير الرمي قد يرتفع في البدء كتلة واحدة عن البحص، معطي أ وضع أ غير مرغوب به، ويجب عندها استخدام دوات معينة لتكسير طبقة الرمل، ما إذا ردنا استعمال اله واء في عملية الغسيل العكسي، فيعطى بمعدل 0.01 - 0.05 ، ويمكن استخدام لكل متر مربع من مساحة المرشح، ويتم ضخه لمدة ، m^3/sec و الهواء منفصلان، و بشكل متتالي و الماء والهواء في آن واحد وان تجربة الغسيل العكسي على الواقع دت إلى الملاحظات الآتية:

- (ا) إن استعمال الهواء في عملية الالاييل العكسي قد يضر كثر مما ينفع، بسبب تالال فقاعات الهواء في الرمل والبحص، وانتقال بعض حبات البحص إلى داخل الرمل.
- (ب) إن ارتفاع مياه الغسيل بمعدلات منتظمة، غير كاف خ ازالة جزيئات الطين المتكتلة والثقيلة، ويشجع على تجميعها في سرير الترشيح.
- (ج) قد تلتصق حبيبات الرمل غير الماسولة بشكل جيد، ببعضها ثناء الجريان العادي، مسببة . تشققات وتموجات في سطح المرشح [95]

7.2 المشاكل

يعد الانسداد أحد المشكلات التي تحدث في SSF. الانسداد هو ظاهرة سطحية تنتج بشكل رئيسي بسبب جزيئات الرمل الدقيقة. وجد المرجع [121] أنه على الرغم من أن الانسداد هو ظاهرة سطحية، إلا أن عوامل مثل معدلات التحميل الكيميائية والهيدروليكية لمياه الصرف الصحي المطبقة وخصائص وسط المرشح تملي عمق تراكمها في وسط المرشح، واقترحوا أنه بمجرد تشكيلها ، تتطور طبقة الانسداد بشكل مستقل بناءً على خصائص وسط المرشح. من العوامل التي تساهم في الانسداد تراكم المواد الصلبة العالقة (SS) وتكوين الأغشية الحيوية على الوسائط السطحية [122-123]. ومن المعروف أيضاً أن الجزيئات المجففة المتبقية في المسام هي السبب الرئيسي للانسداد. ومن ثم، فإن إزالة الطبقة العليا من الرمل هي الطريقة الموصى بها عادة للتغلب على المشاكل. الغسيل العكسي مشكلة أخرى تحدث في SSF. قد لا يكون من المفيد تحقيق أفضل نتيجة في SSF إذا تم استخدامه في التنظيف المنتظم. ومع ذلك، لا يوصى عادةً بالغسيل العكسي لـ SSF ولكن يمكن تطبيقه إذا كانت تركيزات SS وتعكر النفايات السائلة تتجاوز القيم الموصى بها من منظمة الصحة العالمية وهي 100 ملجم / ل و 5 NTU على التوالي [124]. تحدد خصائص تصفية المياه مثل إجمالي المواد الصلبة العالقة (TSS) والطلب على الأكسجين الكيميائي الحيوي (BOD) وكذلك خصائص الوسط الرملي (وسط الحصى بشكل

أساسي) نظام تردد الغسيل العكسي [125].

باب 3

الدراسات السابقة

1.3 تعريف الدراسات السابقة

تعتبر الدراسات السابقة من أهم أجزاء البحث العلمي ، ولا يوجد بحث علمي كامل دون احتواء دراسات سابقة. إنها واحدة من الأشياء التي تهتم كل باحث وطالب لأنها تحظى بتقدير كبير بشكل عام.

تم تحديد الدراسات السابقة على أنها جميع الأبحاث السابقة التي تناولت الموضوع الذي يبحث فيه الباحث من خلال مناقشته ودراسته. عندما يتطرق الباحث إلى موضوع معين ، فإنه سيحتاج بالتأكيد إلى الرجوع إلى هذه الدراسات السابقة وتحليلها ودراستها بشكل صحيح ثم تحديد أوجه التشابه والاختلاف بينها وبين أبحاثه [126].

2.3 أهمية نتائج الدراسات السابقة

تعتبر نتائج البحث السابق بمثابة فرضيات يهدف الباحث من خلالها إلى التأكد من البحث أو مواصلته في نفس المجال من خلال معرفة نقاط القوة والضعف في قدرة الباحث على معرفة

المزيد عن صعوبات البحث من خلال تكرار الجهود التي بذلتها الأطراف السابقة ، وخاصة. من جوانب مدروسة تجعل الباحث أكثر دراية بتفسير النتائج وأهمية بحثه وتطبيقاته التعليمية [127].

3.3 المرشحات الرملية

المرشحات الرملية هي نوع من أنظمة معالجة المياه تستخدم على نطاق واسع كوسيلة فعالة واقتصادية وبسيطة للمعالجة. فعالية المرشحات الرملية تعتمد بشكل رئيسي على عمق طبقة الرمل. تؤثر أعماق طبقات الرمل المختلفة بطرق مختلفة على معدل التصفية وإزالة الملوثات. تُستخدم المرشحات الرملية بشكل شائع في أنظمة معالجة المياه، وتختلف أنواعها. أداء هذه المرشحات لا يتوقف فقط على نوع الفلتر وإجراءات التشغيل، بل يتوقف بشكل كبير على خصائص الرمل الذي يتم استخدامه. يمكن أن يكون هناك مصدر واحد للرمل في المرشح (الوسط الواحد) أو يمكن أن يكون هناك عدة أنواع من الرمل (وسائط متعددة). الحد الأدنى لحجم حبيبات الرمل الواحد يبلغ حوالي 20 ميكرومتر. تختلف الرمال فيما بينها في حجم حبيباتها، وتوحيد حجم الحبوب، وشكل الحبوب، والثقل النوعي، وجميع هذه العوامل مهمة لأداء عملية التصفية بشكل فعال.

تُظهر الاختلافات الفعلية بين الأنواع المختلفة من الرمل أهمية كبيرة. اختيار نوع الرمل المناسب لتطبيق معين والتنبؤ بأدائه يُعتبر أمرًا صعبًا للغاية وقد يتضمن حكمًا شخصيًا كبيرًا. حتى الخبراء قد يرتكبون أخطاء في هذا المجال. إذا لم يتم اختيار نوع الرمل بعناية وفقًا للاحتياجات الخاصة للتطبيق، يمكن أن تصبح المرشحات الرملية مصدرًا مستمرًا لمشاكل التشغيل. [128].

4.3 الدراسات السابقة

في سنة 2009 قام الباحث يوسف طويل و فريقه باستخدام محطة تجريبية تتضمن حفرة صرف صحي متبوعة بتصفية الرمل لمعالجة مياه الصرف الصحي الحضرية في جنوب الجزائر. أظهرت التجارب التي أجريت بشكل متزامن في ثلاث محطات تجريبية متطابقة جدوى هذه العملية، حيث بقيت نسب إزالة الـ BOD5 والـ COD والمواد الصلبة العالقة فوق 70% على مدى 5.2 شهرًا من التجربة. تسمح نفاذية رمل الصحراء الرمل الكثيف بتناولها في عمليات التصفية البيولوجية للمياه؛ ومع ذلك، يجب أخذ التصريف الإضافي في اعتبارك لتجنب مشكلات الملوحة [129].

في بحث عن عملية منخفضة التكلفة لتحسين جودة المياه في منازل الريف قام فالنتين تالن 2010 ببحث عن الترشيح الحيوي المتقطع (BSF) بحيث تناول هذه الدراسة عييين في هذه العملية: القيود في تدفق المياه التي تتطلب انتظارًا مفرطًا وعدم القدرة على التنقية الكافية عند تعريضها لتدفقات عالية. فقام بفحص تعديلين: زيادة الحجم الفعال للرمل وإضافة الحديد الصفري التسعيري (ZVI) إلى وسائط الترشيح كمعقم. بعد 65 يومًا، بلغت نسب الانخفاض في الكوليفورم الكلي والكوليفورم البرازي والفيكال ستريبتوكوكاي 98.9% في حالة BSF التقليدي و 99% في حالة BSF المحسنة. أظهر كل من التعديلين تحسينات ذات دلالة إحصائية. يمكن أن تعمل زيادة حجم الرمل وإضافة ZVI على مقاومة عيوب BSF التقليدية. [130]

أظهرت نتائج التجارب التي قام بها محمد منصور 2011 على مرشحات المياه الكبيرة الحجم أظهرت أن المرشح الحيوي التقليدي للرمل البيولوجي كان لديه كفاءة منخفضة في إزالة البكتيريا خلال فترة النضج. إدخال طبقة من الرمل المغلف بأكسيد الحديد يمكن أن يحسن أداء مرشح الرمل البيولوجي بمقدار واحد على الأقل من وحدة \log_{10} طوال فترة تشغيل المرشح. في حين تم ملاحظة الانخفاض الأولي في إزالة البكتيريا القولونية الإشريكية بمقدار $\log_{10} N_2$ للمرشح المعدل ووصلت إلى $\log_{10} N_3$ بعد شهر واحد من التشغيل، كانت إزالة البكتيريا القولونية

الإشريكية الأولية أقل من وحدة log10 واحدة للمرشح البيولوجي العادي. وهذا يشير إلى أن إدخال طبقة الرمل المغلف بأكسيد الحديد مفيد بشكل خاص خلال فترة النضج وبعد عملية التنظيف عندما يكون إزالة البكتيريا منخفضة جدًا. اختبارات مع مياه القناة الطبيعية أكدت ذلك أيضًا. تمت إزالة العكارة بنسبة 90% على حد سواء من المرشحين، وظلت معدلات العكارة في المياه الناتجة حوالي NTU. 0.1 زيادة الشحنة اليومية من 20 لترًا إلى 40 لترًا أثرت سلبًا على إزالة البكتيريا في كلا المرشحين، مما يشير إلى أن ظروف التشغيل لها تأثير كبير على أداء المرشح وأن حجم المياه التي يمكن معالجتها بكفاءة محدود. تصفية المياه من خلال مرشح الرمل البيولوجي والمرشح المعدل لم تؤدي إلى أي تغييرات كبيرة في الجودة الفيزيائية والكيميائية للمياه المصفاة، وظلت جميعها ضمن القيم الدلالية لجودة مياه الشرب [131].

في الدراسة التي قام بها والز و فريق بحثه (2012) التي تهدف الى تقييم عمليات الإزالة المشاركة في إزالة المكون الفينولي من مياه الصرف الناتجة عن صناعة النبيذ في مرشحات رملية بيولوجية، وأعمدة رملية، وميكروكوسمات رملية. تبين أنه عند تركيزات الفينول الواردة منخفضة، تم تحقيق إزالة عضوية كاملة، ولكن عند التركيزات العالية، كان هناك إزالة غير كاملة للمركبات العضوية وتراكم للمتمترات السامة بما في ذلك الكاتيكول. قدم الرمل منصة مناسبة لمعالجة الفاقدات الفينولية، وتأثرت عمليات الإزالة بالعوامل البيولوجية (48%) والعوامل الغير بيولوجية (52%) في إزالة الفينول النموذجي. كما زاد تكييف المجتمعات الميكروبية مسبقًا من معدل تحلل الأحماض الفينولية بشكل كبير [132].

بسبب التهديد الذي تشكله زيادة كميات الأصباغ يوميًا، وخصوصًا على نظامنا البيئي، قد دفع إلى الباحث أولوجبينجا سليمان 2013 عن مواد امتزاز فعالة ومنخفضة التكلفة بشكل أكبر. يتم مزج الرمل مع الأسمنت والماء لصنع الخرسانة، واستخدامه في تصنيع الطوب والزجاج ومواد أخرى، ويمكن أيضًا استخدامه كوسط لتصفية المياه. الرمل، الذي يوجد في كل مكان، تم استخدامه كمادة امتزاز بسبب توافره الكبير في البيئة المحلية. يظهر هذا المراجعة أنه يجب

إجراء بحوث إضافية لإبراز استخدامات الرمال المتنوعة في المختبرات والصناعات والبيئة كمواد امتزاز للأصبغ. وبالتالي، يمثل استخدام أنواع مختلفة من الرمل في مجال علم الامتزاز أداة قوية ومجدية، تؤدي إلى تحسين متفوق في مكافحة التلوث وحفظ البيئة [133].

تم استخدام رمال الكثبان كدعم لتصفية مياه الصرف الصحي المنزلي من طرف عبد اللطيف عمران و زملائه 2014، وقد أظهرت فعاليتها على نطاق تجريبي. ومع ذلك، تتلقى الفلتر كميات غير قليلة من المواد المعلقة، مما يؤدي إلى انسداد حيوي بسبب استيطان البيوماس والمنتجات المتعلقة في مسام وسائط التصفية. تم دراسة تطور الانسداد في هذا العمل. أظهرت القياسات التي أُجريت في مستويات مختلفة في العمود أن الفرق في النفاذية بين الطبقات الأولى والأخيرة يمكن أن يصل إلى 2٪، بينما كان الانخفاض بين الحالة الأولية والحالة النهائية أكثر من 7٪ لجميع الطبقات. تبع تراكم المواد العضوية تاريخًا مماثلًا للانسداد، مما يظهر دورها في العملية وسيطرتها في آلية الانسداد مقارنة بالانسداد الميكانيكي. كانت كمية المواد العضوية ظاهرة بشكل رئيسي في الطبقتين العلويتين من الرمل وتجاوزت 2٪ في الطبقة الأولى من الرمل بعد 7 أيام [134].

قام لويجي ريزو 2014 بدراسة إزالة الأدوية الصيدلانية من مياه الصرف الحضري من خلال ربط عمليات الترشيح الرملي التقليدية مع مفاعل الامتصاص الجرافيني (GAR) خلال مرحلة نظام، GAR كانت نسبة إزالة الأدوية الصيدلانية الأربعة المدروسة (وهي الكافيين والكاربامازيبين والإيبوبروفين والديكلوفيناك) أعلى من 95% (2%.98، 0%.97، 5%.95، و0%.97 على التوالي). على الرغم من ارتفاع التراكيز الأولية للأدوية المستهدفة (10 ملغ/لتر لكل منها) ومرور 4 أشهر من التجارب (62 يومًا من معالجة الامتصاص)، إلا أن منحنيات الامتصاص التمييزية لم تكن واضحة. تمكنت عملية الامتصاص بالجرافين من تقليل السمية تجاه *Daphnia magna* (0-50% تثبيت) بشكل فعال، ولكن تحسنًا طفيفًا فقط تم ملاحظته في مؤشر الانبتاع (اختبارات السمية النباتية) بعد معالجة GAR. وفي النهاية، تم مقارنة أداء الجرافين مع عملية

الامتصاص التقليدية (الكربون المنشط الحبيبي)، واستبين أن أفضل أداء في إزالة مزيج الأدوية الصيدلانية كان ضعيفًا نسبيًا (بنسبة 62% من حيث امتصاص الأشعة فوق البنفسجية) مقارنة بـ GAR (96%) [135].

في هذه الدراسة التي أجريتها لويز فيلد وفريقه 2016 ، تم التركيز على إنشاء محلات بكتيرية طبيعية في مرشح رملي يهدف إلى معالجة المياه الجوفية الملوثة بمبيدات الأعشاب مثل فينوكسي بروبيونات (RS) -2- (4-كلورو-2-ميثيلفينوكسي) حمض البروبانويك (MCP) و (RS) -2- (4،2-ثنائي كلوروفينوكسي) حمض البروبانويك (DCPP) والشوائب المرتبطة به/الكاتابوليت 4-كلوروفينوكسي بروبانويك. (4-CPP)

تم بناء منشأة تجريبية في موقع مكب النفايات الملوثة، حيث تم ضخ المياه الجوفية اللاهوائية إلى الأعلى وتميرها عبر حوض تهوية ومن ثم عبر مرشح رملي سريع يتميز بفترة بقاء قصيرة للمياه في المرشح. خلال فترة الدراسة التي استمرت 3 أشهر، لوحظ تدهور DCPP، MCP و CPP-4 في مرشح الرمل إلى نسب تتراوح بين 15 إلى 30% من تركيز المدخل. تم أيضًا اختيار محلات مبيدات الأعشاب البكتيرية بشكل كبير في مرشح الرمل باستخدام طريقة الرقم الأكثر احتمالًا (MPN) وتبين زيادة مطردة في عدد محلات الفينوكسيبروبيونات القابلة للزراعة، حيث وصلت إلى ما يقرب من 5×10^5 محلل لكل جرام من الرمل بنهاية الدراسة.

وعلى مستوى الجينات، تم استخدام PCR الكمي لاستهداف جينات تحلل الفينوكسيبروبيونات، rdpA و sdpA، والتي ترمز لديوكسيجينازات مجسمة. ولوحظت زيادة متوازية في هذه الجينات، مع ارتفاع نسخ الجينات بحوالي 2 إلى 3 وحدات سجل مقارنة بنتائج الـ MPN بشكل عام، كان جين sdpA أكثر وفرة من جين rdpA، وحدث إنشاء مجموعة كبيرة من البكتيريا التي تحمل جين sdpA بشكل أسرع من إنشاء مجموعة حاملة لجين rdpA.

تم تحديد هويات محلات مبيدات الأعشاب المحددة في المرشح الرملي باستخدام تسلسل MiSeq Illumina لجينات الرنا الريباسي 16S من عينات مرشح الرمل ومن أبار لوحة MPN

المحددة. وفي الختام، تم استخدام هذه البيانات لاقتراح قائمة بالبكتيريا المحتملة المسببة للتحلل في مبيدات الأعشاب، وشملت هذه القائمة الممثلين من فصيلة Comamonadaceae وSphingomonadales [136].

في 2016 قام أ.ح.م. اينمول الكبير ببحث يهدف توفير إمدادات مياه الشرب للأسر على مستوى المنازل بتكلفة منخفضة في المناطق الساحلية النائية التي تعرضت للمخاطر في بنجلاديش، بهدف تعزيز الصحة. بحيث تم تصنيع جهاز باستخدام مواد متاحة محلياً مثل دلو بلاستيكي ورمل وحصى. أظهرت نتائج الدراسة العامة تقليلاً كبيراً في عكارة المياه (<99%) بعد تمريرها عبر الفلتر. وتبين أن الفلتر قادر على تقليل 5.1 مضاعفة من الكوليفورمات الكلية و6.1 مضاعفة من الكوليفورمات القولونية، على الرغم من عدم قدرته على تحقيق توافق مستمر مع الإرشادات الصادرة عن منظمة الصحة العالمية لتكون أقل من 1 CFU لكل 100 مل من المياه لكل من الكوليفورمات الكلية والقولونية. أظهرت نتائج التكلفة أن جرعات الكلورين بمعدل 4.2 ملغ/لتر فعالة في معالجة المياه بعد مرورها عبر الفلتر، وتلبية الإرشادات الصادرة عن منظمة الصحة العالمية بوجود نسبة من الكلورين الحر على الأقل بين 5.0 و0.1 ملغ/لتر في المياه المخزنة بعد 24 ساعة لحمايتها من إعادة التلوث. أدت النتائج إلى استنتاج أن الجهاز يمكن أن يوفر كمية كافية من مياه الشرب (من 24 إلى 50 لتراً) لتلبية احتياجات أسرة كبيرة تمثل مجتمعاً تمثيلاً. وبالتالي، يقلل الفلاتر من مخاطر التلوث بين مصدر المياه ونقطة الاستهلاك من خلال تحسين جودة المياه، مما يمكن ترجمته إلى تحسين نتائج الصحة [137].

يهدف هذا العمل الذي لأجراه معزوزي 2017 إلى توصيف رمال الكثبان (بني عباس)، التي توجد بكميات كبيرة في الصحراء الجزائرية؛ بهدف إجراء تحليل كيميائي للبيئة المسامية درست خلال فصل الصيف لتوفير معلومات نوعية وكمية حول التركيب الكيميائي للعينة. أظهرت النتائج المستخلصة أن الكوارتز (97%) هو العنصر الأكثر تمثيلاً من المعادن، والأكاسيد الألومنيوم والبوتاسيوم والحديد والكروم والمنغنيز، التي تم التعرف عليها من خلال التحليل

الكيميائي، ربما تدخل في المرحلة الطينية. أما التحليل الحبيبي، فقد سمح لنا بتحديد بعض المعلومات مثل معامل الوجدانية (CU) والقطر المكافئ. تم أيضًا إجراء مقارنة بين طيف الأشعة تحت الحمراء للرمال (المُغسولة والغير مُغسولة)، وتم أيضًا إجراء ملاحظات باستخدام المجهر الإلكتروني بالمسح الضوئي (SEM) وتحليل أشعة الأشعة السينية. وجزء من هذا العمل مخصص لمتابعة امتصاص الفلترات عند أطوال موج مختلفة. رمال بني عباس تظهر ميزات ملائمة لاستخدامها كمرشح سريري في المعالجة المسبقة [138].

قامت الباحثة باميليا ويلز سنة 2018 بعمل دراسة من أجل التقليل من التأثيرات البيئية السلبية للمخلفات النبيذ على البيئة، فاستخلصت الى هناك حاجة ماسة إلى خيارات معالجة مياه الصرف بتكلفة منخفضة. بحيث استخلصت الى ان النظام البيولوجي لتصفية المياه بواسطة الرمال الذي وُصف في هذه الدراسة التجريبية نظامًا مستدامًا وقابلًا للتطبيق خارج الشبكة الكهربائية يمكن تجهيزه بسهولة في البنية التحتية لاية دولة. تم تشغيل النظام بمعدلات متوسطة للحمل الهيدروليكي والعضوي بلغت 150 لتر/متر مكعب من الرمل في اليوم و152 جرام/لتر من الرمل في اليوم على التوالي. خلال 762 يومًا من التشغيل، تم تحقيق كفاءات متوسطة في إزالة 79% و77% من التركيزات من ناحية الطلب الكيميائي على الأكسجين ومركبات الفينول الكلية على التوالي. بالإضافة إلى ذلك، تم تحقيق زيادة متوسطة بنسبة 8.1 في تركيز الكالسيوم، مع تقليل مصاحب في معدل امتصاص الصوديوم والمؤشرات المماثلة. أكدت هذه الدراسة التجريبية أيضًا في سياق "العالم الحقيقي" نتائج الدراسات المخبرية حيث قامت مرشحات الرمل البيولوجية بتعديل مياه صرف مصانع النبيذ الاصطناعية الحامضية وتقليل الحمل العضوي [139].

قام فرناندو فريتاس دي أوليفيرا 2019 ببحث يتمحور حول الترشيح الرملي البطيء لتقليل الحشف الحيوي في تحلية مياه البحر عن طريق التناضح العكسي ففي سياق التحكم في حوض المواد العضوية الذي يحدد الإمكانية البكتيرية لنمو المياه المغذية في نظام التناضح العكسي

للمياه البحرية، (SWRO) يشكل التصفية بالرمال البطيئة (SSF) تحديًا لم يتم حله في معالجة الغشاء التقليدية أو المتقدمة. يجمع التصفية بالرمال البطيئة بين عملية التصفية وتحلل المواد العضوية بواسطة البيولوجية، ولكن قدرته على الحد من الإمكانية البكتيرية للنمو والبروتينات والكربوهيدرات في مياه البحر ليست معروفة. خلال فترات التنضج التي استمرت لمدة 76 يومًا و 61 يومًا على التوالي، قلل اثنان من أنظمة، SSF واحدة تم إنشاؤها باستخدام وسائط جديدة (newSSF) والأخرى من تشغيل تصفية سابق، (oldSSF) من الإمكانية البكتيرية للنمو بنموذج العضوية البحرية *Pseudoalteromonas songiae* بدرجة ترتيبية واحدة.

وقد كان الانخفاض في كمية البوليمرات الحيوية التي تم وضعها على سطح غشاء SWRO في خلايا تدفق السائل الرقيقة هامًا باستخدام الفلاتر من SSF غير المعتادة بشكل بيولوجي (البروتينات: 60% (oldSSF) و 66% (new) ، SSF الكربوهيدرات: 75% (oldSSF) و 70% (newSSF)) وشهد انخفاضًا أكبر حتى بعد تنضج الفلاتر (البروتينات: 81% (oldSSF) و 76% (new) ، SSF الكربوهيدرات: 88% (oldSSF) و 88% (newSSF)). كانت العكورة أقل من 3.0 وحدة عكورة نيفيلومترية (NTU) ومؤشر كثافة الرواسب (SDI) > 4 فور تشغيل النظام وخلال فترة التشغيل لمدة 181 يومًا بغض النظر عن تذبذب جودة مياه البحر الخام. تمت التصفية والنشاط البيولوجي إلى الجزء العلوي 30 سم من عمود الوسائط، دون أي مساهمة كبيرة إضافية من الطبقات العميقة للوسائط في جودة الفلتر [140].

تهدف الدراسة التي قام بها أدرياتي 2020 إلى تحليل الفرق في سمك وسائط تصفية الرمل على سرعة التصفية وكمية تصريف التصفية. وهو موضوع البحث هو مياه الشرب الخام لجامعة حسن الدين - قسم الهندسة باستخدام مفاعل طويل بارتفاع 150 سم وعرض 50 سم وارتفاع 50 سم، وباستخدام طريقة التصفية من الأعلى إلى الأسفل بسمك الرمل المتغير وهو 20 سم و 30 سم و 50 سم، بالإضافة إلى ذلك يتم استخدام حصى بسمك 15 سم وألياف بسمك 5 سم. يتم إجراء الاختبار عن طريق الفرز، وحساب سرعة المياه عبر الفلتر، وفحص

تدفق المياه. تم الحصول على النتائج بوجود سمك وسائط تصفية الرمل بسمك 20 سم مما أسفر عن تدفق تصفية بمقدار 000199.0 م³/ثانية مع معدل تصفية بمعدل 000794.0 م³/ثانية، وسمك وسائط تصفية الرمل 30 سم أسفر عن تدفق تصفية بمقدار 000220.0 م³/ثانية مع معدل تصفية بمعدل 00879.0 م³/ثانية، بينما ينتج سمك وسائط تصفية الرمل 50 سم تدفق تصفية بمقدار 000242.0 م³/ثانية مع معدل تصفية بمعدل 00969.0 م³/ثانية. يمكن استنتاج أن زيادة سمك وسائط التصفية تؤدي إلى زيادة تدفق التصفية وسرعة التصفية أيضاً [141].

قام الباحث محمد برهان الدين بحر الدين وفريقه (2021) ببحث يهدف إلى دراسة تأثير أعماق وسائط الرمل المختلفة على كفاءة عملية التصفية. بحيث تم تشغيل مرشح رملي تجريبي بثلاث تعديلات تصميمية مختلفة لعمق طبقة الرمل، وهي 30 سم، 60 سم، و 90 سم، كمرحلة تنقية لمياه مصدرها عملية الزحف المفعّل التقليدي. تم تسجيل أعلى معدل تصفية باستخدام عمق رملي قدره 30 سم. أما الأعماق الأعلى للطبقة الرملية تؤدي إلى انخفاض معدل التصفية، مما يؤدي إلى حجم مرشح أصغر. تم تسجيل أعلى نسبة إزالة لبكتيريا الإشريشيا و COD بنسبة 5%.95 و 2%.52 على التوالي باستخدام عمق رملي قدره 30 سم. في الوقت نفسه، تم تحقيق أعلى نسبة إزالة للمواد العالقة والعكارة بنسبة 0%.91 و 3%.77 على التوالي باستخدام عمق رملي قدره 90 سم. أما أعلى نسبة إزالة للكوليفورم الكلي و BOD بلغت 3%.88 و 0%.68 على التوالي باستخدام عمق رملي قدره 60 سم. أظهر هذا البحث أن المرشح الرملي أكثر كفاءة في إزالة الملوثات المعلقة والكوليفورمات مقارنة بإزالة الملوثات المذابة [142].

نتائج هذه الدراسة التي قانت بها مونيكا إسكولا كاساس 2022 تشير إلى أن استخدام العناصر النادرة المختارة في الأحواض الحيوية لزيادة إزالة الملوثات العضوية المتطايرة من مياه الصرف الصحي ممكن بتركيزات عالية من العناصر النادرة في مياه الصرف الصحي الاصطناعية ولكن ليس تحت ظروف مياه الصرف الصحي الحقيقية. بينما كانت زيادة الإزالة تصل إلى

400% في ظروف مياه الصرف الصحي الاصطناعية، كانت الزيادة في إزالة الديكلوفيناك تصل إلى 40% فقط في ظروف مياه الصرف الصحي الحقيقية وتصل إلى 28% للبنزوتريازول فقط عند إضافة أعلى تركيز للحمض الستريك (200 ملغ/لتر). يمكن أن يعزى ذلك إلى حقيقة أن مياه الصرف الصحي تحتوي على مجموعة واسعة من مصادر العناصر المغذية التي قد تخفي وجود المركبات المضافة. لهذا السبب، يجب استكشاف استخدام عناصر نادرة أخرى وتأثيرها على المجتمعات الحيوية في الأحواض الحيوية. يجب أن تكون المرشحات المحتملة مستقلة عن مصادر العناصر الغذائية الأخرى في مياه الصرف الصحي وأن تكون متاحة وغير سامة وسريعة التحلل في الأحواض الحيوية. بناءً على تجربتنا، يجب إجراء التجارب المستقبلية في ظروف مياه الصرف الصحي الحقيقية وتراكيز الملوثات العضوية المتطايرة الواقعية، حيث يمكن أن يؤدي التشغيل في الظروف الاصطناعية إلى استنتاجات خاطئة [143].

قام ساكشي غوبتا 2023 بعمل دراسة تركز على تصفية مياه الأمطار المتجمعة على الأسطح باستخدام مرشحات الرمل السريعة لتحسين جودة المياه في المناطق الريفية بتكلفة اقتصادية. تسلط الضوء على التلوث البيئي الناجم عن زيادة السكان والصناعة وتناقص كميات المياه المتاحة. البحث يستهدف تقييم فعالية مرشحات الرمل السريعة من خلال مقارنتها بمعايير جودة مياه الشرب وتحليل المياه المصفاة ومقارنة النتائج مع المعايير القياسية. الهدف هو إيجاد تصميم اقتصادي ومستدام لمرشح رمل سريع يمكن استخدامه في مناطق تعاني من نقص المياه الصالحة للشرب. أدى هذا العمل إلى العثور على تصميم مرشح رمل سريع مستدام واقتصادي يمكن استخدامه لاسترجاع مياه الأمطار ذات الجودة الجيدة من الأسطح بعد تصفيتها من خلاله ويمكن أن يكون بديلاً جيداً في المناطق التي تعاني من نقص في المياه الصالحة للشرب [144].

باب 4

الجانب العملي

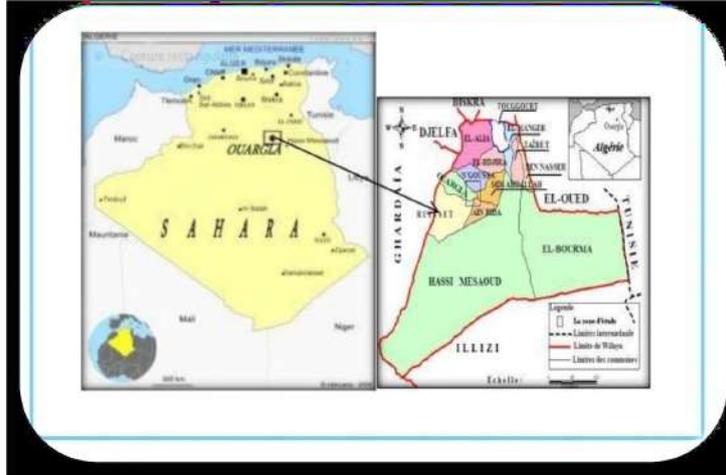
1.4 مقدمة

تتناول دراستنا معالجة مياه الصرف الصحي في محطة سعيّد عتبة باستخدام ثلاثة أنواع من رمل المعالجة من ثلاث مناطق مختلفة وهي سيدي خويلد وتقرت وحاسي سايح. في ما يتعلق باستخدام الرمل (مادة محلية بدون تكلفة) كمرشح حيوي، فهي تقنية واعدة لمعالجة مياه الصرف الصحي في الجنوب الجزائري كما توضح الدراسات السابقة [145-146].

2.4 موقع الدراسة

تقع ورقلة في واحة في حوض العرق الشرقي، وتقع في شمال شرق الجزائر ($19,5^\circ$ خط طول شرقاً، $31^\circ 57'$ خط عرض شمالاً)، على بُعد حوالي 800 كم من العاصمة الجزائرية الجزائر وتغطي مساحة قدرها 163,000 كم² [147]. نظراً لتضاريسها المستوية والبيئة الهيدروجيولوجية القاطنة لها وكذلك تصريف مياه الصرف الصحي ومياه التصريف الزراعي، فإن منطقة ورقلة (جنوب الجزائر) تعاني من مشكلة كبيرة في فائض مياه الصرف الصحي كما أنها واحدة من أهم

المراكز الاقتصادية في البلاد نظراً لوجود الحقول فيها حقول حاسي مسعود النفطية وغيرها من الرواسب الهامة. وهي أيضاً ولاية بها مهنة زراعية رعوية تتمتع بإمكانات زراعية كبيرة [148]



شكل 1.4: الخريطة الجغرافية لورقلة.

3.4 تقديم محطة التصفية

تقع على : خط طول " - 5° 21' 77.55 غربا . خط عرض " - 31° 59' 23.46 شمالا . تقع محطة المعالجة في منطقة سعيد عتبة شمال شرق ورقلة تتربع على مساحة 80 هكتار، تم إنجازها سنة 2006 تحت إشراف الديوان الوطني للتطهير ورقلة (ONA) بالتعاون مع شركة DYWIDAG حيث بدأت العمل سنة 2009 ، تعتمد المحطة على طريقة المعالجة ببحيرات التهوية ومن أهدافها:

- إزالة المخاطر على صحة الإنسان في المناطق الحضرية.
- حماية البيئة المستقبلية.
- إعادة استخدام المياه المعالجة لأغراض الري .
- تصل مياه الصرف الصحي إلى المحطة من خلال 5 محطات نهائية وهي : محطة المصب الشرقي ، محطة سيدي خويلد ، محطة الجمارك ، محطة المستشفيات ومحطة طريق

نقوسة [149].

وتتكون من ثلاثة طوابق :

الطابق الاول : يتكون من اربعة بحيرات ذات عمق 3.5 متر.

الطابق الثاني : يتكون من بحيرتان ذات عمق 2.5 متر.

الطابق الثالث : يتكون من بحيرتان ذات عمق 1.5 متر.

بحيث ان التهوية تكون في الطابق الاول مكثفة وتقل في الطابق الثاني وتنعدم في الطابق

الثالث وتعتمد على التهوية الطبيعية.



شكل 2.4: التصوير الفوتوغرافي للعرض التقديمي لمحطة معالجة المياه المستعملة سعيد عتبة بورقلة

4.4 الطرق والادوات

1.4.4 الجهاز التجريبي للمرشح

يتألف الجهاز التجريبي (الشكل 1) من أعمدة PVC بقطر 110 ملم وارتفاع 150 سم. يتغير ارتفاع السيرير الفعال في المرشح (HS) بين 20 و 40 و 60 و 80 و 100 و 120 سم، وقد تم استخدامه للمياه المصفاة (HE) والتي يتم الاحتفاظ بها ثابتة طوال التجارب من أجل الحفاظ على نفس الحمل الهيدروليكي على الرمل.



شكل 3.4: إعداد التجربة

2.4.4 تحضير الرمل المستعمل

1.2.4.4 تحضير العينات

تم الحصول على عينات الرمل غير المعالج لهذا البحث من ثلاث مناطق مختلفة في ورقلة، الجزائر (سيدي خويلد وحاسي سايج وتقرت) بأحجام مختلفة (املس متوسط. خشن) على التوالي. تم إجراء التحاليل الخاصة بالرمل المستعمل على مستوى مخبر الأشغال العمومية بورقلة تم غسل عينات الرمل الثلاثة ذات الأحجام الجسيمية المختلفة عدة مرات بالماء المقطر حتى أصبحت مياه الصرف نظيفة، ثم تم تجفيفها عند درجة حرارة 105 درجة مئوية لمدة 24 ساعة. تهدف هذه المعالجة إلى الوصول إلى جودة الرمال المثلث بدون أي شوائب لاستخدامها في هذا البحث.

2.2.4.4 التحليل الحبيبي

تم تصنيف هذا الرمل إلى ثلاثة أنواع بناءً على حجم الجسيمات: الرمل الخشن (C: حجم الجسيم 75.4 مم - 2 مم)، الرمل المتوسط (M: حجم الجسيم 2 مم - 425.0 مم)، والرمل الدقيق (F: حجم الجسيم 425.0 مم - 075.0 مم)، باستخدام الطريقة القياسية NFP 49-

[150] الجهاز المعمول به في التحاليل الفيزيائية مع مبدأ العمل

أ- القطر المؤثر (DE): وهو الحجم المؤثر أو القطر المؤثر المقابل لنسبة مقدارها 10% ويرمز

4.4. الطرق والادوات



شكل 4.4: مخطط يوصف التدرج الحبيبي للتربة بمعرفة Cu

له بالرمز D10.

ب- معامل الإنتظام (Cu) وهو عبارة عن حاصل قسمة بين القطر المقابل لنسبة المارة .

60% و القطر القابل لنسبة المارة 10% ويعطى بالعلاقة :

$$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

حيث : D60 : القطر الذي يسمح بمرور 60% من حجم التربة .

ج معامل التدرج: (Cc) وهو عبارة عن حاصل القسمة بين القطر المقابل للنسبة المارة ل

30% مربع و القطر المقابل للنسبة المارة ل 10% مضروب في القطر المقابل للنسبة المارة % 60

ويعطى بالعلاقة التالية :

$$C = \frac{D_{30}}{D_{10} \times D_{60}}$$

حيث : D30 : القطر المقابل للنسبة المارة مقدارها 30% .

ويوصف التدرج الحبيبي للتربة بمعرفة Cu كما يوضح المخطط 4.4:

3.2.4.4 الكتلة الحجمية الظاهرية

: ويعبر عنها بنسبة وزن العينة وحجمها وتعطى: [151] و

$$a = \frac{m}{V_t}$$

حيث : m كتلة الرمل غ.

V_t : حجم الرمل في الحوجلة سم 3

4.2.4.4 الكتلة الحجمية المطلقة

وهي النسبة بين كتلة الحبيبات الصلبة وحجم الماء ويعطي [151]:

$$a_i = \frac{m}{V_t - 100}$$

حيث : m : كتلة الحبيبات الصلبة غ.

V_t : الحجم الكلي للماء + الحبيبات الصلبة سم 2.

5.2.4.4 المسامية (n):

هي النسبة بين حجم الفراغات للمواد الصلبة على حجم الكلي للمواد وتعطى بالعلاقة التالية :

$$n(\%) = \frac{V_v}{V_t}$$

حيث : ٧٧ : حجم الفراغات المواد الصلبة (سم 3).

V_t : حجم الكلي للمواد الصلبة (سم 3).

6.2.4.4 معامل النفاذية K

معامل النفاذية للتربة هو خاصية أساسية متعلقة ب:بنية التربة و حبيبات الرمل وطبيعتها و يعبر عنه بسرعة ترشيح الماء داخل التربة ويعطي إنطلاقاً من قانون دارسي [152]:

$$K = \frac{L \times V}{H \times S \times t}$$

حيث: L: إرتفاع التربة داخل القالب (ملم) .

H: إرتفاع حمولة الماء داخل القالب (ملم) .

S: مساحة القالب (ملم²) .

V: حجم الماء المرشح (ملم³) .

t: زمن ترشيح الماء (ثا) .

3.4.4 التحليل الفيزيوكيميائي للرمل

1.3.4.4 الناقلية الكهربائية

إن قياس الناقلية الكهربائية يسمح لنا بتقدير الدرجة الإجمالية للأملاح المذابة في محلول مائي بنسبة (1/5) ، وبمساعدة (جهاز الناقلية) وبدلالة درجة حرارة المخبر، ووحدتها تقدر ب (ميكروسيمنس سم) . ولإيجاد تركيز المعادن في الماء (ملغ/ل) [153-154]

2.3.4.4 دليل الهيدروجين pH

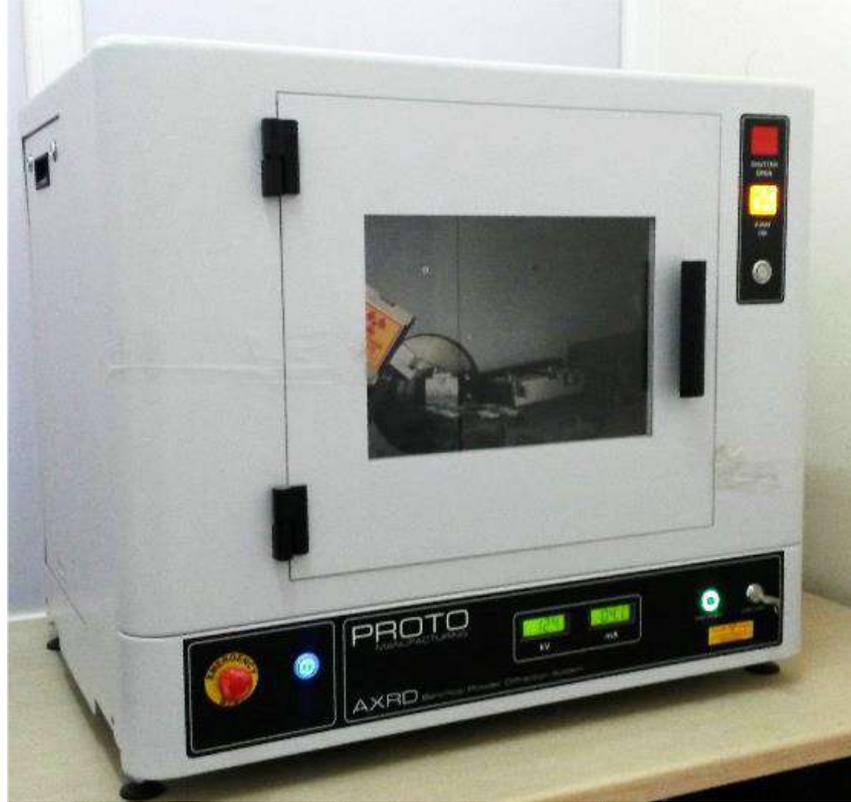
يعتبر pH الوسط قياساً لتركيز شوارد الهيدروجين +H في الماء وبالتالي فإنه هم جداً لكونه ناتج عن عدد كبير من التوازنات الكيميائية والفيزيائية في الوسط المائي [153-154]. الجهاز ومبدأ العمل

ويعبر عنه ب :

$$pH = -\log(H^+)$$

DRX 3.3.4.4

يعتمد تحضير و تشخيص عينات معينة على نوعية المركب و الخاصية الفيزيائية التي يتمتع بها و المراد إظهارها. سنحاول في هذا الفصل عرض أهم الطرق المستعملة في تحضير العينات للطور Bi-2212 المنتمي للعائلة Bi-Sr-Ca-Cu-O، بما فيها الطريقة التي اعتمدها لتحضير عيناتنا و التي تمت بمخبر استغلال و تثمين المصادر الطاقوية الصحراوية بجامعة الشهيد حمه لخضر بالوادي، مع وصف لتشخيصها. تم توصيف البنية البلورية للعينات الثلاثة من الرمل باستعمال جهاز انعراج السينية على المسحوق من نوع TOP BENCH PROTO، باستخدام إشعاع يشتغل، Cu-K α الجهاز بتوتر كهربائي مقداره KV40 وباستعمال تيار كهربائي شدته mA 30 ، وتم إجراء جميع المسحات بمعدل 2° في الدقيقة تم تسجيل مسح منحني انعراج الأشعة السينية للعيينة في المجال من 10° إلى 80°، مع عامل مقياس مستمر قدره 0.02. جهاز انعراج السينية على المسحوق من نوع TOP BENCH PROTO عبارة عن جهاز قياس انعراج السينية يستخدم لدراسة التركيب البلوري للمواد. يتميز هذا الجهاز بحجمه الصغير وسهولة استخدامه و دقة عالية مما يسمح بدراسة مجموعة متنوعة من المواد. تم استخدام هذا الجهاز في دراسة التركيب البلوري لعينات الرمل ومنه العرف على دراسة الخصائص الفيزيائية للمواد مثل المسامية والكثافة. يعمل جهاز TOP BENCH PROTO عن طريق تعريض عينة من المادة إلى أشعة سينية. تنحرف هذه الأشعة عن طريق الشبكة البلورية للمادة، مما ينتج عنه نمط من الخطوط المتقطعة. يمكن استخدام هذا النمط لتحديد التركيب البلوري للمادة. تحليل المعدنية تم إجراء تحديد مرحلة الرمل الثلاثة باستخدام محلل الانكسار السيني البنشتوب



شكل 5.4: صورة لجهاز انعراج الأشعة السينية المستعمل في دراسة العينات

PROTO الذي يستخدم إشعاع $\text{Cu-K}\alpha$ تم ضبط مولد الأشعة السينية على 40 كيلو فولت و 30 ميلي أمبير، وتم إجراء جميع المسحات بمعدل 2° في الدقيقة، متراوحة من 10° إلى 80° ، مع عامل مقياس مستمر قدره 0.02. [155]

4.3.4.4 MEB-EDX

المجهر الإلكتروني الماسح ZEISS EVO 15 هو مجهر عالي الأداء يتميز بمجموعة واسعة من الميزات والوظائف التي تجعله مناسباً لمجموعة متنوعة من التطبيقات. تم الكشف عن البنية المجهرية للعينات، التركيب الكمي والنوعي لعينات الرمل بواسطة جهاز المجهر الضوئي الماسح من النوع ZEISS EVO 15 هو مجهر إلكتروني ماسح (SEM). يتميز هذا المجهر الإلكتروني الماسح ZEISS EVO 15 بدقة عالية تصل إلى 1.0 نانومتر، مما يتيح عرض تفاصيل دقيقة للغاية على سطح العينة، مجال رؤية واسع. يوفر هذا الوظائف التالية: معلومات عن التركيب الكيميائي للعينة،

معلومات عن التركيب السطحي للعينة ومعلومات عن التركيب ثلاثي الأبعاد للعينة. يحمل هذا المجهر المواصفات التالية: (المصدر الإلكتروني: مصدر إلكتروني Hexaboride Lanthanum LaB6، مجال رؤية: 10-200 ملم، دقة: 1.0 نانومتر ، وظائف: EDS) [156]

5.3.4.4 المواد المعلقة (M.E.S)

1. الهدف:

من التحليل هو تحديد محتوى المواد المعلقة في معالجة المياه

2. المبدأ:

يتم ترشيح الماء ويتم تحديد وزن المواد المحتفظ بها بالفلتر عن طريق الفرق في الوزن

3. الاجهزة المستخدمة:

• ميزان إلكتروني دقيق (ABT KERN).

• فلتر

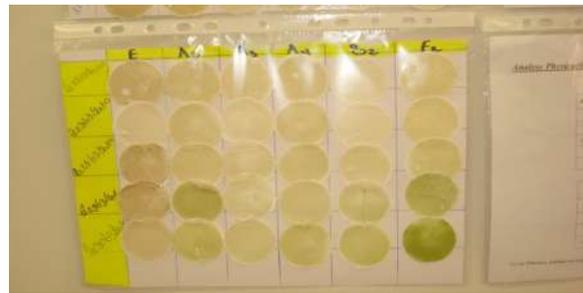
• (UNB MEMMERT.) فرن تجفيف

• مجفف هوائي.

• مضخة فراغ.



(ب) مضخة



(ا) فلتر MES

شكل 6.4: جهاز لقياس MES

(أ) تحضير الفلاتر

- غسل الفلتر باستخدام الماء المقطر
- وضع الفلتر في الفرن عند 105 درجة مئوية لمدة 2 ساعة
- تركه ليبرد في المجفف
- قياس الوزن

(ب) ترشيح العينة

- وضع الفلتر (الجزء الناعم أسفل) على حامل الترشيح
- هزة زجاجة العينة
- صب حجم 100 مل من العينة في الأنبوب المخروطي المدرج
- ترشيح العينة
- شطف الجدران الداخلية للأنبوب المخروطي بالماء المقطر
- إزالة ورق الفلتر بحذر باستخدام الملاقط
- وضع الفلتر في الفرن عند 105 درجة مئوية لمدة 2 ساعة
- تركه ليبرد في المجفف
- قياس وزن الفلتر

6.3.4.4 المتبقي الجاف (sec Résidu)

1. الأجهزة المستخدمة

- ميزان إلكتروني دقيق (ABT KERN).
- فرن تجفيف (UNB MEMMERT).
- بيشر.

• مجفف هوائي.

2. الإجراء

- قياس وزن البيشر الفارغ.
- صب حجم 50 مل من العينة في البيشر.
- وضع البيشر في الفرن عند 105 درجة مئوية لمدة 24 ساعة.
- تركه ليبرد في المجفف.
- بعد التحقق من تبخر الماء بالكامل، قم بقياس وزن البيشر.

7.3.4.4 الطلب الكيميائي على الأكسجين (D.C.O)

1. الهدف من التحليل

يقيس الطلب الكيميائي على الأكسجين مستوى الأكسجين المطلوب كيميائياً في المياه، ويعطينا فكرة عن سير الأحواض الحيوية ويساعدنا في تقدير حجم العينة المطلوبة لاختبار التحلل البكتيري لمدة 5 أيام (DBO5).

2. المبدأ إنها عملية أكسدة كيميائية للمواد الخافضة الموجودة في الماء باستخدام فائض من بيكرومات البوتاسيوم ($K_2Cr_2O_7$) في وسط حمضي مع حمض الكبريتيك (H_2SO_4) بوجود كبريتات الفضة (Ag_2SO_4) وكبريتات الزئبق [157]. ($HgSO_4$)

3. الأجهزة المستخدمة

- أنبوبة قياسية بسعة 2 مل.
- جهاز الكشف الطيفي (2800 (DR (Spectrophotomètre).
- مفاعل DCO عند 150 درجة مئوية (HACH. (LANGE).

4. المواد الكيميائية

• مواد كيميائية لاختبار الطلب الكيميائي على الأكسجين (LCK 314) للتركيز الضعيفة.

• مواد كيميائية لاختبار الطلب الكيميائي على الأكسجين (LCK 114) للتركيز العالية.

5. الإجراء

- أضف 2 مل من العينة في أنبوبة اختبار الطلب الكيميائي على الأكسجين.
- هز الأنبوبة وضعها محكمة الإغلاق في مفاعل الطلب الكيميائي على الأكسجين وسخنها لمدة ساعتين عند 148 درجة مئوية.
- اتركها لتبرد إلى درجة حرارة الغرفة
- قم بقياس تركيز DCO مباشرة باستخدام جهاز الكشف الطيفي 2800 DR.

يتم إعطاء تركيز DCO بالمليجرام/التر. (mg/l)



(ج) مفاعل COD



(ب) مقياس الطيف الضوئي



(ا) كواشف COD

شكل 7.4: اجهزة قياس الطلب الكيميائي على الأكسجين (D.C.O)

8.3.4.4 الطلب الحيوي على الأكسجين (DBO5)

1. المبدأ

يتم وضع عينة من الماء في حاوية محفظة على درجة حرارة ثابتة ويتم وضعها تحت التحضير لمدة خمسة أيام. يتم قراءة كتلة الأكسجين المذاب اللازم للكائنات الدقيقة

لتحلل المادة العضوية القابلة للتحلل الحيوي بوجود الهواء خلال هذه الفترة. يستهلك الكائنات الدقيقة الأكسجين المذاب المتواجد، ويتم استبداله بشكل دائم بالأكسجين من الهواء الذي يكون موجودًا في الزجاج، مما يؤدي إلى انخفاض الضغط فوق العينة. يتم تسجيل هذا الانخفاض باستخدام جهاز OXI [158]. TOP.

2. الأجهزة المستخدمة

- ثلاجة تحفظ درجة حرارة 20 درجة مئوية.
- محبس مغناطيسي
- زجاجات بنية بسعة 510 مل. TOP. OXI.
- أقراص هيدروكسيد الصوديوم (لامتصاص ثاني أكسيد الكربون الناتج عن الكائنات الدقيقة).

3. الإجراء

- تعتبر تحديد DCO أمرًا حاسمًا لمعرفة الحجم المطلوب تحليلها ل حجم العينة المأخوذة DBO₅

$$DBO_5 = DCO(mg/l) \times 0.8$$

(مجموعة المليجرام/التر) $\times 0.80$ ، للمياه الحضرية.

- يتم وضع كمية الماء المراد تحليلها حسب الجدول، وذلك حسب قيمة DCO.
- ضع القضيب المغناطيسي (المخفق) والأقراص الاثنين من هيدروكسيد الصوديوم في الزجاج.



شكل 8.4: اجزة قياس الطلب الحيوي على الأوكسجين (DBO5)

- قم بلف رأس القياس على الزجاجات.
- اضغط بنفس الوقت على الأزرار (S) + (M) لمدة 3 ثوانٍ حتى يظهر الرسالة (00).
- ضع الزجاجات في الثلاجة عند 20 درجة مئوية لمدة خمسة أيام.
- بعد خمسة أيام، اقرأ القيمة المعروضة وطبق الضرب للحصول على القيمة الفعلية.
 $DBO5(mg/l) = \text{القيمة المقروءة} \times \text{العامل}$.

9.3.4.4 التحديد الكهربائي للتوصيلية، والملوحة والحرارة

1. المبدأ

قيمة التوصيلية هي مؤشر تراكمي لتركيز الأيونات في المحلول المقاس. كلما احتوت المحلول على مزيد من الملح أو الحمض أو القاعدة، زادت توصيليته. وحدة التوصيلية هي الميكروسيمنز/سم ($\mu S/cm$) لقياسها، تم اللجوء إلى الطريقة الكهروكيميائية للمقاومة

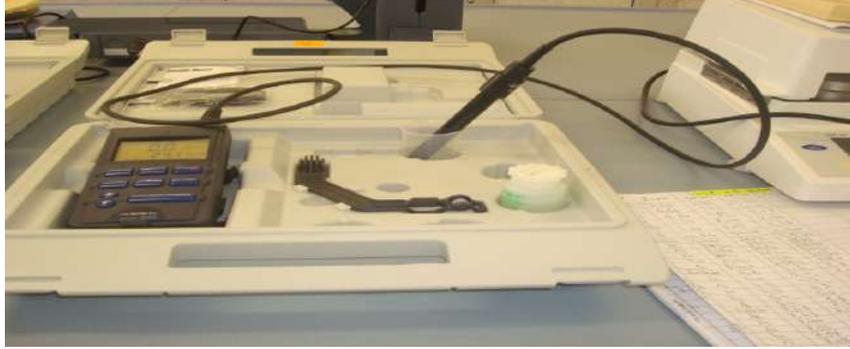
باستخدام مقياس التوصيلية المحمول i. 340 Cond [152]

2. الأجهزة المستخدمة

- مقياس التوصيلية المحمول i. 340 Cond

- بخاخ للماء المقطر.
- محلول KCl (3 مول/لتر) للمعايرة.

3. الإجراء



شكل 9.4: التحديد الكهربائي للناقلية والملوحة والحرارة

- تحقق من المعايرة للجهاز وفقًا للإرشادات المرفقة.
- غمر القطب في المحلول المراد تحليله.
- قراءة قيمة التوصيلية والملوحة والحرارة بعد استقرار المحلول.
- اغسل القطب جيدًا بعد كل استخدام واحتفظ به دائمًا في الماء المقطر.

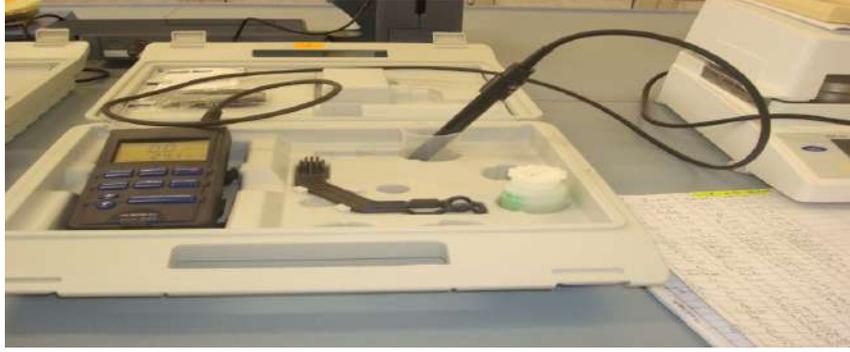
10.3.4.4 تحديد قيمة ال pH

1. الهدف من التحليل

تحديد درجة الحموضة أو القلوية أو الحيادية للماء.

2. الأجهزة المستخدمة

- جهاز قياس ال pH القابل للاستخدام في المياه.
- محلول معايرة ذو قيمة pH 7.4 و 10.
- بخاخ للماء المقطر.



شكل 10.4: مقياس معامل التوصيل

3. الإجراء

- تحقق من معايرة الجهاز وفقًا للإرشادات المرفقة.
- غمر القطب في المحلول المراد تحليله.
- قراءة قيمة ال pH عند درجة حرارة مستقرة.
- اغسل القطب جيدًا بعد كل استخدام واحتفظ به دائمًا في محلول كهربي.

11.3.4.4 تحديد الأوكسجين المذاب

1. المبدأ

تعتمد التركيز الفعلي للأوكسجين على درجة الحرارة وضغط الهواء واستهلاك الأوكسجين الناجم عن العمليات الميكروبيولوجية للتحلل أو إنتاج الأوكسجين، على سبيل المثال من قبل الطحالب. حاليًا، تعتبر القياسات الكهروكيميائية هي الطريقة المعترف بها من قبل المعايير المختلفة لتحديد تركيز الأوكسجين في المياه باستخدام أكسيمتر الجيب 340 Oxi

i.[159]

2. الأجهزة المستخدمة

- أكسيمتر (oxymètres).

• محلول قلوي كهربي للمعايرة.

• بخاخ للماء المقطر.



شكل 11.4: تحديد الأوكسجين المذاب

12.3.4.4 تحديد كمية النترت NO₂

تم تحديد كمية النترت بواسطة جهاز (DR/890, HACH Colorimètre) بطريقة Diazotation

[160]

1. الأدوات و الأجهزة المستعملة

- جهاز DR/890 Colorimètre
- أنبوب كالورم تريك colorimétrique Cuvette بسعة 10ml , 20ml , 25ml
- كأس بيشر بسعة 50ml
- المتفاعلات كاشف (3 Ver Nitri) بشكل كيس تجاري محضر مسبقا
- ماء مقطر

2. طريقة العمل

- نأخذ 10ml من العينة نضعها داخل أنبوب كالورميتري
- نسكب محتوى الكاشف داخل الأنبوب
- نغلق الأنبوب بإحكام و نرج جيدا و نتركه لمدة 15 دقيقة لتتفاعل
- نأخذ 10ml من الماء المقطر (الشاهد) و نضعها داخل أنبوب كالورميتري ثاني ثم نسكب محتوى الكاشف و نرج جيدا ثم نضعه داخل جهاز DR/890 Colorimètre
- نضبط الجهاز على الصفر
- بعد 15 دقيقة من التفاعل نضع الأنبوب الذي يحتوي على العينة داخل جهاز القياس ثم نقرأ النتيجة مباشرة على الجهاز.

13.3.4.4 تحديد كمية النترات NO3

تم تحديد كمية النترات NO3 بواسطة جهاز (HACH;DR/890 Colorimètre) و الطريقة المتبعة [161] Cadmium au Réduction

1. الأدوات و الأجهزة المستعملة

- جهاز DR/890 Colorimètre
- كأس بيشر بسعة 50ml
- أنبوب كالورميتري Colorimétrique Cuvette بسعة 10ml 20ml, 25ml
- المتفاعلات كاشف (5 Ver Nitri) بشكل كيس تجاري محضر مسبقا

2. طريقة العمل

- نسكب 10ml من العينة داخل أنبوب كالورميتري
- نسكب محتوى الكيس 5 Ver Nitri داخل الأنبوب

- نغلق الأنبوب بإحكام و نرج جيدا مدة دقيقة واحدة
- نترك الأنبوب مدة 5 دقائق ليتفاعل
- نأخذ 10ml من الماء المقطر (الشاهد) ونضعها داخل أنبوب كالورميتري آخر ثم نضيف له محتوى كيس 5 Ver Nitri
- ثم نضعه داخل جهاز DR/890 Colorimètre من أجل ضبط الجهاز على الصفر
- نأخذ الأنبوب الذي يحتوى على العينة و نضعه داخل الجهاز ثم نقرأ النتيجة مباشرة على الجهاز وتعطى ب (mg/l)

4.4.4 الوسائط البكتولوجية

تعداد البكتريا E.Coli ، Fécaux et totaux Streptocoques ، Fécaux) et totaux Coliformes (على التوالي في وسط سائل (AFNOR,T90-433 ([163-162]

- بكتريا القولون Les totaux coliformes
- بكتريا القولون البرازية Les Fécaux coliformes
- بكتريا ايشي رشيا كولي E.Coli
- بكتريا السباحية الكلية Les Totaux Streptocoque
- بكتريا السباحية البرازية Les Fécaux Streptocoque

1. الأدوات و الأجهزة المستعملة

- قارورات معقمة مبردة ماصة باستور أنابيب اختبار و حاملها إبرة زرع حمام مائي –
----- موقد منزل حاضنة (48C°,37C°)

2. البيئات و الكواشف المستعملة

- ماء فيزيولوجي لتحضير التخفيف
- ماء مقطر
- بيئة BCPL (S/C – D/C) وتستخدم في الكشف الاحتمالي عن بكتريا القولون الكلية
- Les totaux- coliformes بيئة (S/C – D/C) Rothe تستخدم في الكشف الاحتمالي للبكتريا السباحية
- بيئة Ky lits Aiva تستخدم في الكشف التأكيدي للبكتريا السباحية البرازية

1.4.4.4 طريقة التخفيف العشرية – الاماهة

- بواسطة ماصة معقمة و مدرجة نضع 9 ملل من الماء الفيزيولوجي في عدة أنابيب معقمة وهذا حسب العينة و مدى حملتها للبكتريا، و ذلك انطلاقا من العينة الأم (10° نجري عملية التمييه.
- نأخذ 1 ملل من العينة الأم بواسطة ماصة ونضعها في الأنبوب الأول لنحصل على التخفيف 10-1
- ثم نأخذ 1 ملل من الأنبوب الأول ونضعها في الأنبوب الثاني فنحصل على التخفيف 10-2، وهكذا
- نواصل العملية حتى التخفيف الأخير مع تغير الماصة في كل مرة. [162-163].

في بحثنا هذا وصلت عملية التخفيف حتى 401 نظرا للعدد الكبير من الأحياء الدقيقة الموجودة في مياه - الصرف

2.4.4.4 تعداد البكتريا

يتم تعداد الخلايا حسب الهدف الذي نرعى إليه ونختار الأوساط الغذائية حسب الخلايا المراد تعدادها، وفي عملنا هذا استعملنا الأوساط السائلة حيث هناك عدة تقنيات لتعداد الخلايا في الأوساط السائلة والتي تسمح بالحصول على مايسمى بالعدد الأكثر احتمالاً (Nombre NPP probable plus من ضمن هذه التقنيات طريقة Grady Mac . والهدف من استخدام المزارع السائلة تستعمل للإكثار والحصول على النواتج القانونية للبكتريا ودراسة صفاتها البيوكيميائية [163-162]

3.4.4.4 اختبار الكشف وعد بكتريا القولون الكلية والبرازية

ليس لها عموماً قدرة على إحداث المرض، تعتبر شاهد على تلوث برازي، تتواجد في المعى الغليظ للإنسان و الحيوان و في مياه المجاري و المخلفات الصلبة من أنواعها البكتريا السباحية البرازية Fécaux Streptocoque

1. طريقة العمل

يتم العمل على مرحلتين

• الاختبار الوجودي présomptif Test

• نقوم بنفس المراحل السابقة في تشخيص بكتريا القولون الكلية فقط مكان بيئة

BCPL تستعمل بيئة Rothe

• نضع كل الأنابيب في الحاضنة تحت درجة حرارة 37°م و لمدة تتراوح ما بين 24 - 48

ساعة

2. قراءة النتائج

تكون الأنابيب موجبة عند ظهور تعكر دليل على احتمال وجود Streptocoque بمقارنة هذه النتائج مع جدول Mac-Grady نحصل على عدد بكتريا السباحية الكلية

3. الاختبار التأكيدي Confirmatif Test

نأخذ 1ml من الأنابيب الموجبة Rothe في اختبار الكشف و عد البكتريا السباحية الكلية و نضيفها إلى أنابيب litsky Aiva بنفس عدد أنابيب Rothe مع ترقيمها على حسب التخفيف

• نرج هذه الأنابيب رج خفيف

• نضع الأنابيب في الحاضنة تحت درجة حرارة 37° م لمدة تتراوح ما بين 24 - 48 ساعة

4. قراءة النتائج

ظهور التعكر الميكروبي دليل على وجود Streptocoque Fécaux و بمقارنة هذه النتائج الموجبة مع جدول Mac-Grady نحصل على البكتريا السباحية البرازية [162-163]

5. فحص العينات في الحالة الطازجة Frais L'état

نأخذ قطرة من العينة الأم ونقوم بمسحها على شريحة زجاجية ونغطيها بساترة ثم نقوم بفحصها مجهريا باستعمال التكبير 10X أو 40X

الملاحظة: نلاحظ خلايا عصبية على شكل سلاسل وهي في حالة حركة

4.4.4.4 الكشف عن الخلايا البكتيرية النامية بوسط Shubert

نأخذ عينة من النتيجة الايجابية نجري لها مسحة على شريحة ثم نلوونها بصبغة غرام La

Gram de Coloration

1. طريقة العمل:

• نأخذ مسحة على شريحة نجففها و نثبتها بالتسخين على موقد بتزين Bunsen

- تخمر هذه الشريحة في gentian de Violet وتركها لمدة دقيقة
- نضيف لها محلول lugol لمدة 45 ثانية
- نغسل الشريحة بالكحول و نتركها لمدة 30 دقيقة
- نغطيها بالفيشين Fushine و نتركها لمدة دقيقة ثم نغسلها بالماء و نجففها
- في الأخير نضع عليها قطرة من زيت الغمس cèdre de L'huile
- نفحص العينة بواسطة المجهر بتكبير (x100)

ملاحظة : على حسب اللون نحدد نوع غرام Gram

violet \Rightarrow (-)

rose \Rightarrow (+)

5.4.4.4 اختبار كشف وعد البكتريا السباحية الكلية و البرازية

Streptocoque ليس لها عموما قدرة على إحداث المرض، تعتبر شاهد على تلوث برازي، تتواجد في المعى الغليظ للإنسان و الحيوان و في مياه المجاري و المخلفات الصلبة من أنواعها البكتريا السباحية البرازية Fécaux Streptocoque

1. طريقة العمل: يتم العمل على مرحلتين

(أ) الاختبار الوجودي présomptif Test

(ب) نقوم بنفس المراحل السابقة في تشخيص بكتريا القولون الكلية فقط مكان بيئة

BCPL تستعمل بيئة Rothe

نضع كل الأنابيب في الحاضنة تحت درجة حرارة 37°م و لمدة تتراوح ما بين 24 - 48 ساعة

2. قراءة النتائج:

تكون الأنابيب موجبة عند ظهور تعكر دليل على احتمال وجود Streptocoque بمقارنة هذه النتائج مع جدول Mac-Grady نحصل على عدد بكتريا السباحية الكلية

3. الاختبار التأكيدى Confirmatif Test

نأخذ 1ml من الأنابيب الموجبة Rothe في اختبار الكشف و عد البكتريا السباحية الكلية و نضيفها إلى أنابيب litsky Aiva بنفس عدد أنابيب Rothe مع ترقيمها على حسب التخفيف

• نرج هذه الأنابيب رج خفيف

• نضع الأنابيب في الحاضنة تحت درجة حرارة 37° م لمدة تتراوح ما بين 24 - 48 ساعة

4. قراءة النتائج:

ظهور التعكر الميكروبي دليل على وجود Streptocoque Fécaux و بمقارنة هذه النتائج

الموجبة مع جدول Mac-Grady نحصل على البكتريا السباحية البرازية [162-163]

باب 5

مناقشة النتائج

1.5 مقدمة

تم توصيف الخواص الفيزيوكيميائية والمورفولوجية للرمال الثلاثة. تم احتساب القطر المتوسط، ومؤشر الفراغ، والمسامية، والنفذية في هذه السمات الفيزيائية والكيميائية لهذه الرمال. بالإضافة إلى ذلك، تم تحديد قيم الرقم الهيدروجيني والموصلية والطلب الكيميائي للأكسجين (COD) بالطريقة اللونية، والطلب البيولوجي للأكسجين (BOD5) والمواد العالقة (SS) بواسطة طريقة الترشيح. تم إجراء اختبارات النترات والنيترت في جميع خزانات التغذية و لضمان الجودة البكتيرية السليمة للمياه المعالجة قمنا بالتحليل الميكروبيولوجية

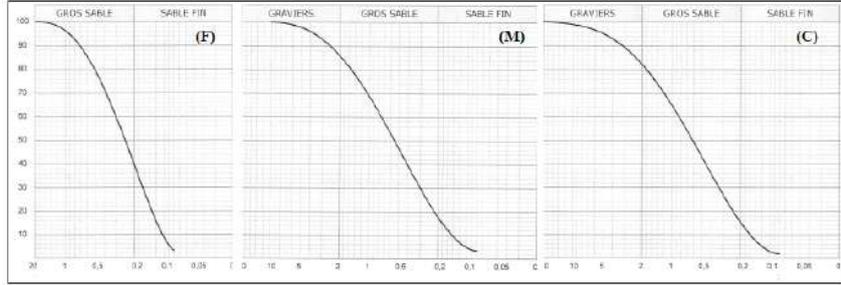
2.5 الخواص الفيزيوكيميائية والمورفولوجية للرمال

1.2.5 التحليل الحبيبي

التحليل الحبيبي يسمح بمعرفة مختلف أبعاد الحبيبات بدلالة النسبة المئوية [164]، يستوجب غرابيل ذات فتحات مربعة من أجل حبيبات ذات الأقطار أكبر من 80 ميكرون (μ) ، النتائج

2.5. الخواص الفيزيوكيميائية والمورفولوجية للرمال

تسجل على شكل منحني يدعى بالمنحنى الحبيبي، كما أن منحنيات التدرج الحبيبي للتربة تختلف في شكلها حسب نوع التربة ونسب مكوناتها



شكل 1.5: (F: دقيق، M: متوسط، C: خشن) (تراكمي) وتوزيع حجم الحبيبات في التربة وفقاً للمعيار P18-560 NF و P57-94 NF.

يوضح الشكل 1.5 منحنيات الحبيبية للأنواع الثلاثة من الرمال الناتجة عن التعديل الحبيبي حيث تم تمرير الرمال عبر أعمدة المنخل، تم إنشاء هذا التعديل وفقاً للطريقة القياسية NF P 18-560 [165-166]. كما هو موضح، لرمال الكتبان الرملية (رمال سيدي خويلد)، كان 40% من العينة رمل ناعم، في حين أن 60% فقط من العينة كانت رمل خشن. بالنسبة لرمال تقرت وحاسي صايح، كان 17% و 15% من العينة رمل ناعم، وكان 69% و 67% من العينة رمل خشن، وكان 14% و 18% من العينة رمل حصاة على التوالي. من خلال منحني حجم الحبيبات، قمنا برسم القيم،

2.2.5 المعلمات الفيزيائية للرمل

والتي يتم تقديمها في الجدول التالي (الجدول 1.5)، حيث يُمثل معامل التجانس (UC) النسبة بين D60 و D10 و D10، ويمثلان الكسور الحجمية أدق من 10% و 60% على التوالي [167-168] تشير النتائج إلى أن الأنواع الثلاثة من الرمل تنتمي إلى فئة الرمل الناعم والرمل المتوسط والرمل الخشن. يتم تأكيد ذلك تأكيداً جيداً من خلال نفاذية الرمال، 0.41 للرمل الناعم، 0.43 للرمل المتوسط، و 0.051 (م / ث) للرمل الخشن، بالإضافة إلى نتائج حجم الجسيمات.

جدول 1.5: المعلمات الفيزيائية للأنواع الثلاثة من الرمل

نوع الرمل	D60	D10	UC	نفاذية K (m/s)	المسامية n	مؤشر الفراغ e
الرمل الناعم	0.275	0.125	2.21	0.019	0.41	0.7
الرمل المتوسط	0.580	0.175	3.14	0.035	0.43	0.65
الرمل الخشن	0.750	0.180	4.16	0.051	0.45	0.53

3.2.5 المعلمات الكيميائية للرمل

يوضح الجدول 2.5 قيم المعلمات الكيميائية والمعدنية للأنواع الثلاثة من الرمل المستخدم في هذه الدراسة. يُظهر أن الملح هو متوسط القاعدية وقيم الملح منخفضة جداً، وتشير هذه النتائج إلى أن جميع أنواع الرمل الثلاثة لا تحتوي على تركيز عالٍ من الملح والكالسيت ($CaCO_3$).

جدول 2.5: لمعلمات الكيميائية والمعدنية للأنواع الثلاثة من الرمل

نوع الرمل	pH	% Salts	% $CaCO_3$
الرمل الناعم	8.0	0.290	0.240
الرمل المتوسط	8.6	0.020	0.150
الرمل الخشن	8.36	0.010	2.470

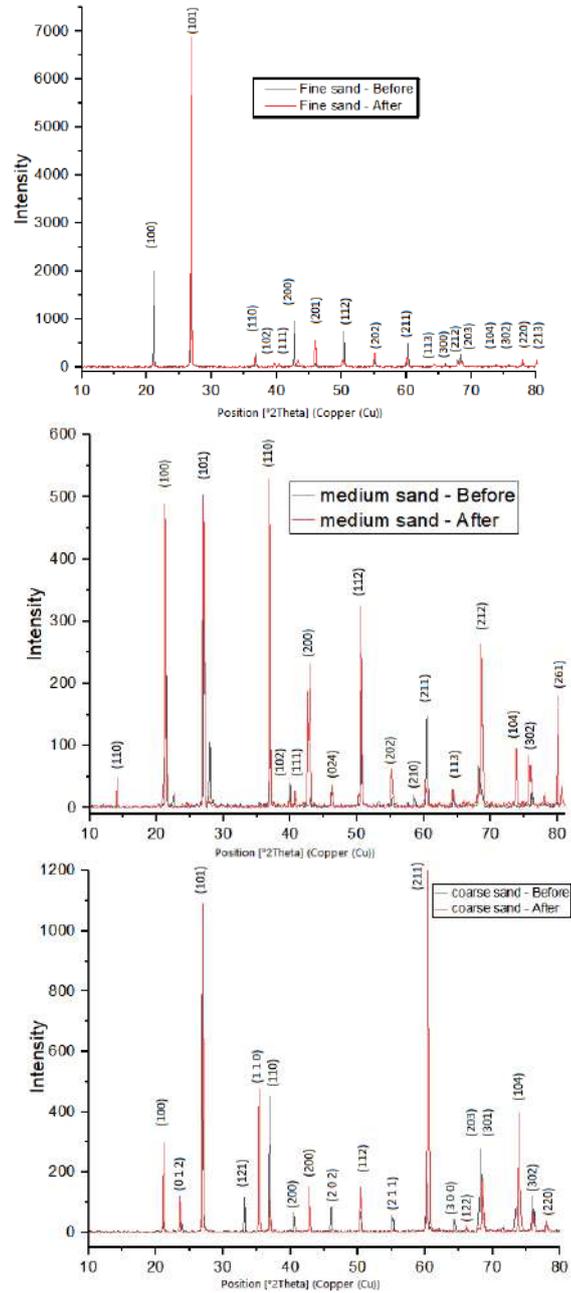
DRX 4.2.5

تشير التحاليل الكيميائية والمعدنية إلى أن جميع عينات الرمل الثلاثة لا تحتوي على ملح. تم إجراء تحديد التحاليل المعدنية للرمال الثلاثة باستخدام محلل الانكسار السيني البنشتوب PROTO الذي يستخدم إشعاع $\text{Cu-K}\alpha$ تم ضبط مولد الأشعة السينية على 40 كيلو فولت و 30 ميلي أمبير، وتم إجراء جميع المسحات بمعدل 2° في الدقيقة، متراوحة من 10° إلى 80° ، مع عامل مقياس مستمر قدره 0.02.

تُعرض نتائج تحليل الانكسار السيني، والتي تعرض المراحل المكونة للرمل الدقيق والمتوسط والخشن قبل وبعد اختبارات معالجة مياه الصرف الصحي، في الشكل 1 والشكل 2 والشكل 3 على التوالي.

كما يظهر من الأشكال، فإن عينات الرمل الثلاثة تتمتع بطابع بلوري عالٍ، كما يتضح من ذروات قوية في أنماط الانكسار [157] قيم الذروات للأنواع الثلاثة من الرمل تقريبًا نفس التكوين، ولتحديد الهياكل البلورية في المواد متعددة الأطوال الموجية، استخدمنا برنامج X'pert Plus HighScore وبرنامج Match! V3.15 لتحليل الانكسار السيني.

أظهرت أقوى ذروة لهذه العينات من الرمل في $2\theta = 50.26^\circ$ وتمثل التوجه (101)، مما يشير إلى أن التوجه هو التوجه المفضل لمعدن الكوارتز (SiO_2) ذو الهيكساغوني بنية بلورية في أنماط هذه الأنواع من الرمل [170]، كما أن وجود ذروات عند $2\theta = 51.50^\circ$ تمثل التوجه (112) أكد وجود الكوارتز (SiO_2) [169] يؤكد هذا النتيجة زيادة التبلور للعينات، مما يشبه ما وجدته الأبحاث السابقة [171,173]. الذروات الأخرى الملاحظة كما هو مبين في الأنموذج الانكساري مع توجهاتها (hkl) توضح وجود معادن أخرى مثل معدن الكالسيت (CaCO_3) وبرلينيت وبازيت وباروسيت ومعدن متعرج وأكسيد الحديد والبريكلاس ومعدن الألبايت والجبس $(\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O})$ تتفق هذه النتائج مع النتائج التي حصلت عليها الدراسات



شكل 2.5: نمط XRD الممثل لعينات الرمل الثلاثة.

5.2.5 تحليل المعادن MEB-EDX

قبل وبعد الاختبارات، كما هو موضح في الشكل 2.5، أن حبيبات الرمل المتوسط والخشن ليست موحدة في الشكل، مع وجود جسيمات سطحية ملحوظة. بالمقابل، تتمتع حبيبات الرمل الدقيقة بشكل كروي وأكثر انتظامًا، مما يميز تآكل الكثبان الرملية وترسبات حبيبات الرمل، [175-176]. تُظهر هذه الأرقام بعض المسامات أو التجاويف في سطحها، مما يشير إلى أن سطح الأنواع الثلاثة من الرمل غير متجانس ويمكن أن يعمل كحاصلة حيوية لأنواع مختلفة من الملوثات [177]. نتائج تحليل الانبعاث الطيفي بالأشعة السينية المنتشرة بالطاقة (EDX) تُظهر العناصر الكيميائية نفسها الموجودة في الأنواع الثلاثة من الرمال (قبل وبعد الاختبارات) حيث تكشف العينات عن محتوى عالٍ من السيليكون والأكسجين الذي يمثل SiO_2 مع محتوى أقل من الألومنيوم والمغنيسيوم والبوتاسيوم والحديد.

تؤكد نتائج تحليل EDX النتائج التي قدمها تحليل XRD لوجود معدن الكوارتز في العينات

الثلاثة من الرمل [169]. يتم توضيح النتائج في الجدول 4 والشكل 6.

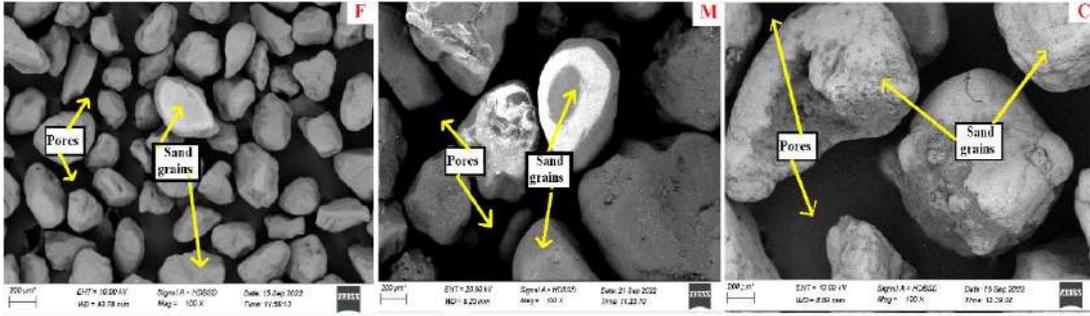
جدول 3.5: التركيب العنصري للأنواع الثلاثة من الرمل.

عناصر الرمل		الرمل الناعم		الرمل المتوسط		الرمل الخشن	
قبل	بعد	قبل	بعد	قبل	بعد	قبل	بعد
70.29	57.19	61.36	61.32	69.97	47.07		
2.20	1.57	1.17	1.86	1.46	1.19		
1.24	11.44	5.34	5.90	4.07	16.27		
23.33	20.88	25.48	25.42	21.80	24.71		
2.56	3.13	3.76	3.06	1.45	6.70		
0.08	0.63	1.25	0.62	0.30	12.20		
0.31	5.17	1.64	1.83	0.94	2.96		

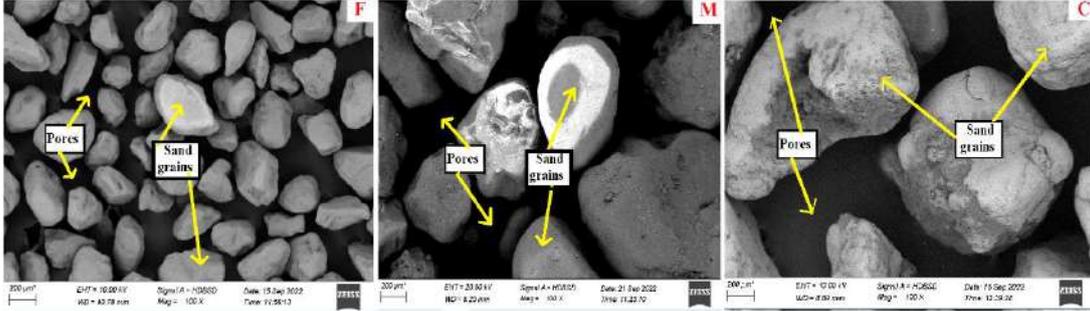
يمثل الشكل 3.5 الصورة التي تم التقاطها بالمجهر الإلكتروني الماسح. يتضح جلياً من

صورة أن البنية المورفولوجية للعينة عبارة عن طور واحد متجانس ويتمثل في صفائح صغيرة.

2.5. الخواص الفيزيوكيميائية والمورفولوجية للرمال



(أ) صورة SEM (F، دقيق؛ M، متوسط؛ C، خشن) لجسيمات الرمل المستخدمة في هذا العمل قبل الاختبارات

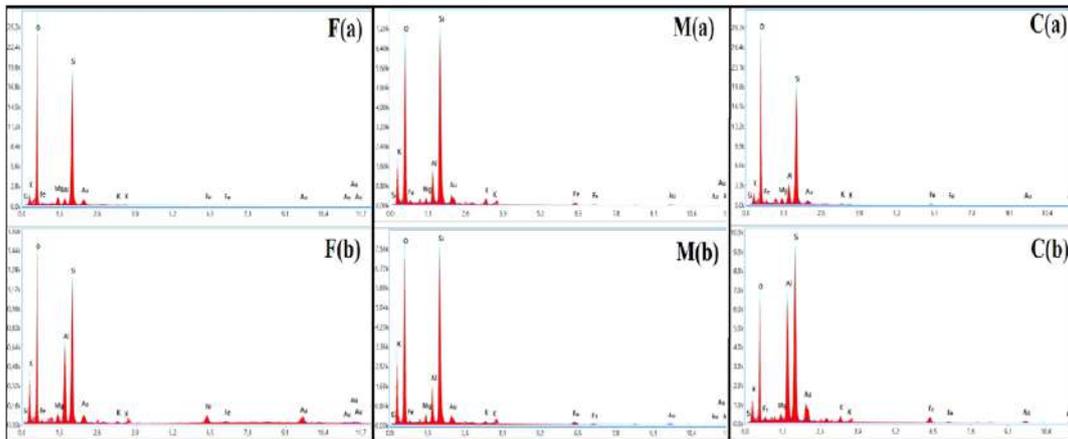


(ب) صورة SEM (F، دقيق؛ M، متوسط؛ C، خشن) لجسيمات الرمل المستخدمة في هذا العمل بعد الاختبارات

شكل 3.5: جسيمات الرمل المستخدمة قبل وبعد الاختبارات

نفسر الشكل المورفولوجي الحبيبي تتكون العينة كيمي من العناصر التالية :

O, Mg, Al, Si, Co, K, Fe قبل



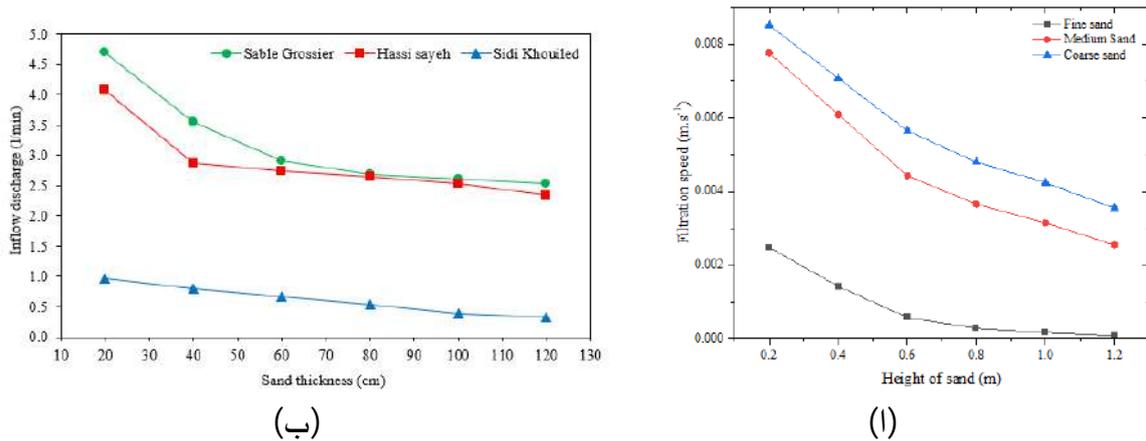
شكل 4.5: التركيب العنصري لأنواع الثلاثة من الرمل

1.5.2.5 التركيب العنصري للأنواع الثلاثة من الرمل

3.5 تحليل النتائج التجريبية

1.3.5 تأثير أنواع الرمل وسمكها على تصريف الدخول

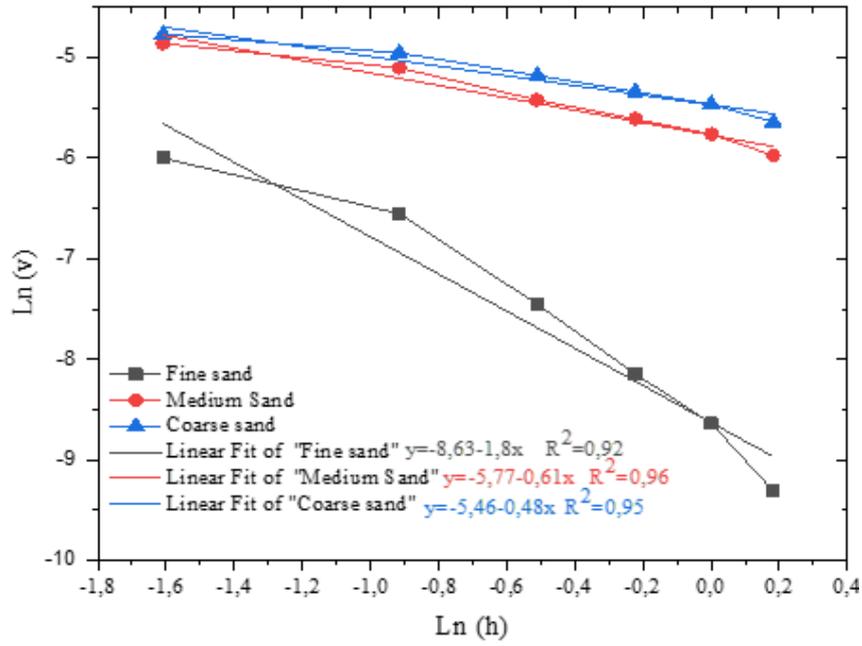
تمت دراسة تأثير نوع الرمل وسمكه على تصريف الدخول وسرعة الترشيح. يُظهر الشكل 5.5 الارتباط بين سمك الرمل ومعدل الترشيح وتدفق الدخول على التوالي، للأنواع الثلاثة من الرمل. تم تقييم سمك الرمال بستة قيم (0.2، 0.4، 0.6، 0.8، 1.0 و 1.2 متر) لاختيار أفضل إنتاجية،



شكل 5.5: الارتباط بين سمك الرمل ومعدل التدفق (أ) والتصريف الوارد (ب).

تُظهر النتائج أن التصريف الوارد يقل كلما زاد سمك الرمل، وأن إضافة معدل التدفق الوارد (حجم المياه العادمة) أو الرمل الكثيف (20-120 سم) سيؤثران على عمليات الترشيح والتصريف الصادر [168] كما هو موضح في الشكل رقم 5.5، تناقص التصريف الوارد لرمال توقرت وحاسي سيه ومن ثم استقر بقيمة تقريبية عند سمك الرمل 60 سم. تتمتع رمال سيدي خويلد بنفاذية وامتصاصية أقل بالمقارنة مع رمال توقرت وحاسي سيه وتظهر أقل قيمة للتصريف الوارد.

3.5. تحليل النتائج التجريبية



شكل 6.5: تغير سرعة الترشيح اعتمادًا على ارتفاع الرمل / \ln (سرعة الترشيح) $(\ln f = \text{سمك الرمل})$

قام ضبط القياسات التجريبية بإظهار أن تغير النسبة (v) كوظيفة من سمك طبقة الرمل

يتبع قانون قوة بالشكل

$$v = a \times h^{-b} \quad (1)$$

$$\ln v = \ln a - b \ln h \quad (2)$$

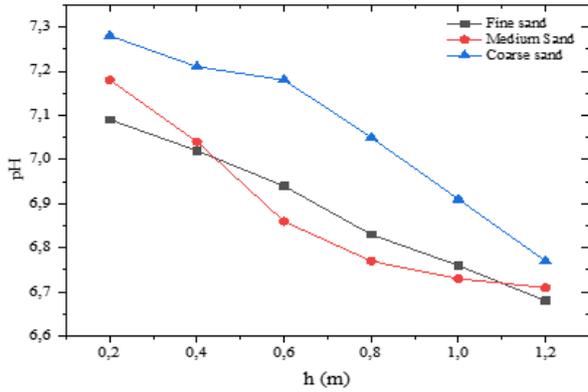
جدول 4.5: قيم المعاملات 'أ' و 'ب' لثلاثة أنواع من الرمل

R^2	b	has	K(cm/s)	نوع الرمل
0.92	0.514	0.016	0.018	رمل ناعم
0.96	1.566	0.311	0.035	رمل متوسط
0.95	1.990	0.421	0.051	رمل خشن

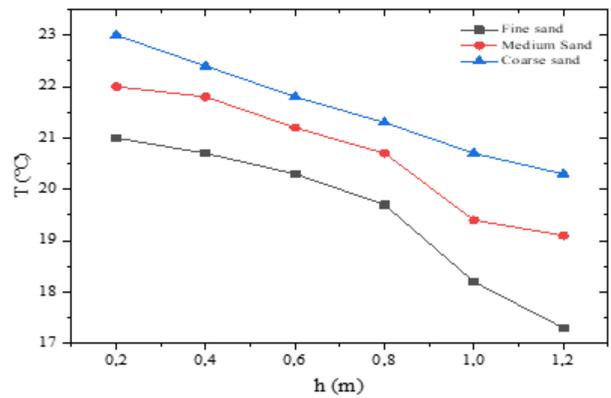
2.3.5 تأثير أنواع الرمل وسمكها على درجة الحرارة وقيمة الحموضة في

عمليات الترشيح

هناك العديد من العوامل التي تؤثر على المعالجة البيولوجية لمياه الصرف الصحي، ولكن درجة الحرارة هي العامل الأساسي. للأسف، على الرغم من أن العديد من الدراسات قد أنتجت الكثير من البيانات المتعلقة بالمعالجة البيولوجية لمياه الصرف الصحي، إلا أنها لم تفحص بشكل خاص كيفية تأثير درجة الحرارة على المعالجة البيولوجية [178] قد تتغير مصفوفة مياه الصرف الصحي وخصائص سطح المتوسط نتيجة لتغيرات الحموضة في مياه الصرف الصحي، مما قد يؤثر على التكتل والترسيب أثناء عملية ترشيح مياه الصرف الصحي. لذلك، يتطلب إطلاق المياه العادمة بأمان أو إعادة استخدامها توفير نظام معالجة حمضي أو قاعدي [179-180].



(ب)



(ل)

شكل 7.5: تأثير سمك الرمل على درجة الحرارة والحموضة في عمليات الترشيح

ونظراً للدور الذي يلعبه في قابلية الغازات للذوبان وانحلال الملح تحت المذابات والترسيب وتأثير التفاعلات الكيميائية والكيميائية الحيوية والتآكل في أنابيب محطات معالجة مياه الصرف الصحي، فإن حساب درجة الحموضة يعد أمراً حاسماً.

ابتداءً من درجة حرارة 24 درجة مئوية، تقل قيم درجة الحرارة للعينات المختلفة بمقدار 1 و 2 و 3 درجات مئوية على التوالي لرمال توقرت وحاسي سيه وسيدي خويلد عند 0.2 متر، وتقل

بمقدار 3.7 و 5.1 و 6.83 درجة مئوية على التوالي لرمال توقرت وحاسي السايح وسيدي خويلد عند 1.2 متر. نتيجة لذلك، يكون تصريف مياه الصرف الصحي في الطبيعة آمناً ويكون في النطاق المثلى لمياه الصرف الصحي والذي هو 15-25 درجة مئوية [181].

قيم معامل الحموضة (pH) لثلاثة أنواع من الرمل تنخفض من $pH = 7.89$ وتدور حول معيار الحموضة القياسي وهو 7 ± 0.3 , كما هو موضح في الشكل رقم 7.5. وبالتالي، تتوافق جميع قيم درجة الحموضة في عملية الترشيح مع معايير جودة منظمة الصحة العالمية. تشير هذه الظروف إلى أن مستوى جودة الحموضة في مياه الصرف الصحي مستقر وصحي [182].

تطور الناقلية الكهربائية: CE الناقلية الكهربائية للمياه المعالجة بالمرشح الرملي هي دائماً أكبر من الناقلية الكهربائية للمياه المستعملة قبل المعالجة بالمرشح الرملي. الناقلية الكهربائية للمياه المستعملة قبل المعالجة بالمرشح الرملي 12.43 ms/cm أما بالنسبة للمياه المعالجة بالمرشح الرملي بمعدل :

17,72 UFC/100ml بالنسبة للرمل الخشن

16.76 UFC/100ml بالنسبة للرمل المتوسط

18.22 UFC/100ml بالنسبة للرمل الناعم

على التوالي، مردود التنقية كان :

بالنسبة للرمل الخشن 61,72 %

بالنسبة للرمل المتوسط 59,44 %

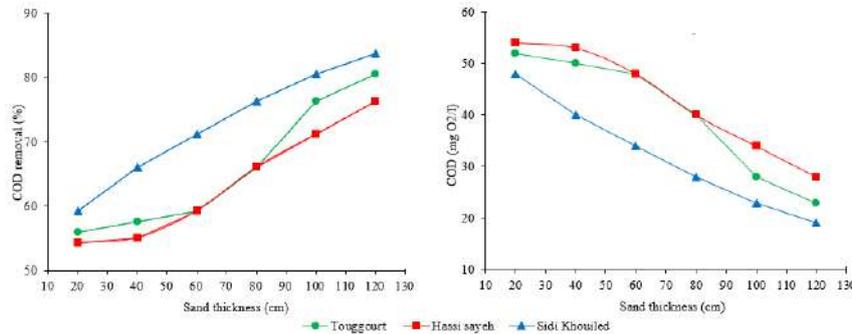
بالنسبة للرمل الناعم 72,85 %

يعود سبب ارتفاع الناقلية الكهربائية نتيجة تحول المواد العضوية إلى مواد معدنية، في

هذه الحالة نتوقع كل هذه التغيرات

3.3.5 تأثير أنواع فلاتر الرمل وسمكها على إزالة الطلب الكيميائي للأوكسجين (COD)

الطلب الكيميائي للأوكسجين (COD) هو معيار يستخدم بشكل متكرر لقياس مستوى التلوث الناجم عن الملوثات أثناء تقييم تلوث المياه. يعتبر الـ COD حساباً يحدد كمية الأوكسجين اللازمة لأكسدة المواد العضوية في مياه الصرف الصحي وكمية الأوكسجين المستخدمة من قبل المواد العضوية في حل محلول حمض البوتاسيوم ثنائي كرومات. الـ COD هو مقياس لقياس النشاط البيولوجي للمركبات في المياه، بما في ذلك البكتيريا، وكذلك كمية المواد العضوية البيولوجية الغير فعالة في المياه [184-183] كان الـ COD في مياه الصرف الصحي لمحطة سعيد عتبة مرتفعاً قليلاً بواقع 118 مجم أكسجين/لتر ويجب أن تكون القيمة أقل من 90 مجم أكسجين/لتر



شكل 8.5: تغير تركيز COD ونسبة إزالته باعتبارها وظيفة من سمك الرمل

يوضح الشكل رقم 8.5 تركيز COD ونسبة إزالته (%). تظهر النتائج أن نسبة إزالة COD تزداد مع زيادة سمك الرمل للأنواع الثلاثة من الرمل. حقق نظام فلتر الرمل كفاءة إزالة COD القصوى 80.51، 76.27، و 83.90 % على التوالي، لرمال توقرت وحاسي سيه وسيدي خويلد على التوالي. قد يُرجع انخفاض تركيز COD (زيادة إزالته بالنسبة المئوية) إلى ترشيح المواد الصلبة المعلقة. قد يُعزى ذلك أيضاً إلى نضوج الطبقة البيولوجية في وسط الرمل. تصبح البكتيريا المطهرة (التحلل الميكروبي) مستقرة تماماً بعد تطور هذه الطبقة وتلعب دوراً حاسماً في المعالجة البيولوجية أثناء الترشيح [185-186].

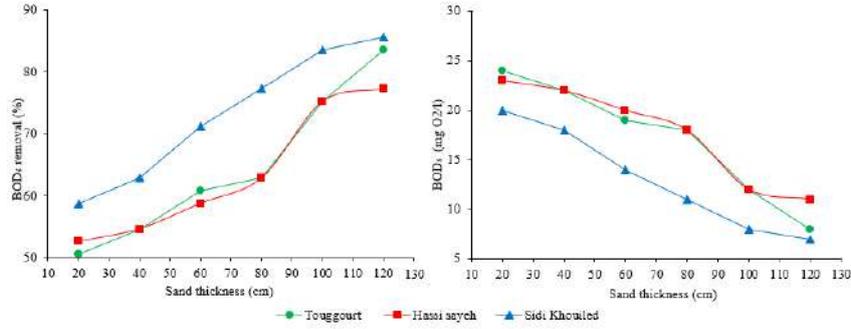
4.3.5 تأثير أنواع فلاتر الرمل وسمكها على إزالة الطلب البيولوجي

للأكسجين (BOD)

الطلب البيولوجي للأكسجين (BOD) هو الكمية المطلوبة من الأكسجين المذاب (أي المطلوب) من قبل الكائنات الحية البيولوجية الهوائية لتحلل المواد العضوية الموجودة في عينة معينة من المياه في درجة حرارة محددة خلال فترة زمنية معينة، ويُستخدم BOD كمؤشر لتقييم الجزء القابل للتحلل بيولوجيًا من تحميل الملوثات الكربونية في مياه الصرف الصحي. يستند الأسلوب إلى قياس كمية الأكسجين المذاب قبل وبعد تحضير العينات لفترة زمنية محددة، والتي عادة ما تكون 5 أيام (نتحدث هنا عن BOD5 عند درجة حرارة محددة (20 درجة مئوية)). يُستخدم وزن الأكسجين في الحجم الوحدة (ملغ/لتر) لوصف التغير الصافي في تركيز الأكسجين [187-188] في عملنا، تم الحصول على قياس BOD5 لمياه صرف سعيد عتبة على ثلاثة أنواع من فلاتر الرمل بسمك رمل مختلف باستخدام جهاز Weilheim WTW، IS6، OxiTop من ألمانيا.

يُظهر الشكل رقم 11 تطور تركيز BOD5 ونسبة إزالته بالنسبة المئوية باعتبار أنواع الرمل وسمكه. كانت قيمة BOD5 لمياه صرف سعيد عتبة 5.48 ملغ أكسجين/لتر ويجب أن تكون القيمة أقل من 30 ملغ أكسجين/لتر. بعد مرور مياه صرف سعيد عتبة عبر الأنواع الثلاثة من الرمل، أظهر قياس BOD5 أن مع زيادة سمك الرمل، يزداد المعدل النسبي للإزالة وأظهرت النتائج تحسناً مهمًا بنسبة 51.83، 32.77، و 57%.85، على التوالي، لرمال توقرت وحاسي سيه وسيدي خويلد عند سمك 120 سم. يمكن تفسير هذه النتائج بأنه مع تجميع المائع المرشح، يتم غسل الملوثات التي تؤثر على تركيز BOD [189]. يمكن أن يكون انخفاض BOD مرتبطًا أيضًا بالبكتيريا الهيتروتروفية الهوائية. تستخدم هذه الكائنات الأكسجين كقبول للإلكترونات (هوائي) والمواد العضوية كمصدر كربون ومعطي للإلكترونات (هيتروتروف) [190].

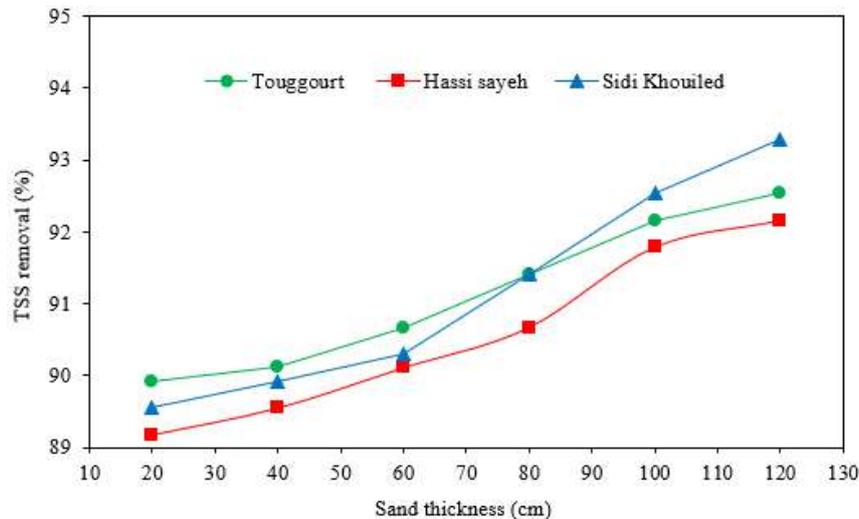
3.5. تحليل النتائج التجريبية



شكل 9.5: تغير تركيز BOD₅ ونسبة إزالته بالنسبة المئوية باعتبار سمك الرمل.

5.3.5 تأثير أنواع فلاتر الرمل وسمكها على إزالة الجسيمات الكلية المعلقة

الجسيمات الكلية المعلقة (TSS) هي الجسيمات الصلبة في المياه التي يمكن أن تُمسك بواسطة فلتر. تُستخدم فلاتر الرمل بشكل متكرر في معالجة المياه وتزيل المواد المعلقة من خلال آليات متنوعة [186-191] كانت دراسة جزء البحث هذا حول تأثير نوع وسمك الرمل على تقليل الجسيمات الكلية المعلقة (TSS) من خلال مرور مياه الصرف الصحي عبر الأنواع الثلاثة من الرمل المذكورة أعلاه.



شكل 10.5: إزالة الجسيمات الكلية المعلقة (TSS) باعتبار سمك الرمل.

يُظهر الشكل رقم 10.5 إزالة الجسيمات الكلية المعلقة (TSS) في فلاتر الرمل الثلاثة

المختلفة من ثلاث مناطق مختلفة بالنسبة لسماكات مختلفة. كان تركيز المواد الصلبة المعلقة في مياه صرف محطة سعيد عتبة عاليًا بشكل كبير 268 مجم/لتر وكانت القيمة المقبولة 30 مجم/لتر، لذا كانت أكثر من 9.8 مرات أعلى من القيمة المقبولة. أظهرت نتائج كفاءة إزالة الجسيمات الكلية المعلقة (TSS) كفاءة عالية مع الأنواع الثلاثة من الرمل، بنسبة 5.91 ± 1 ، 5.91 ± 1 و 8.91 ± 1 على التوالي، لرمال توقرت وحاسي سيه وسيدي خويلد على التوالي. تشير الملاحظات إلى أن استخدام سمك مختلف لإزالة الجسيمات الكلية المعلقة ليس له قيم هامة، فعلى سبيل المثال سمك الرمل 120 سم يعطينا 3% من الكفاءة الإضافية مقارنة بـ 20 سم، يُرجع هذا النتيجة إلى حقيقة أن قطر الجسيمات المتبقية لـ TSS أصغر من الفراغات بين حبيبات الرمل للأنواع الثلاثة من الرمل. أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها تحسينات مهمة، عند مستويات كفاءة أعلى من 91%، في إزالة الجسيمات الكلية المعلقة (TSS) من قبل الأنواع الثلاثة من الرمل. لذلك، تعتبر فلاتر الرمل طريقة واعدة لتحسين جودة محطة مياه صرف سعيد عتبة.

6.3.5 تأثير أنواع فلاتر الرمل وسمكها على إزالة النترات والنيترت.

يؤدي تناول النترات والنيترت المذابة بشكل غير مباشر في المياه الجوفية إلى تأثيرات صحية سلبية على الإنسان. من بين أهم الآثار الجانبية هو تقليل آلية الغدة الدرقية، وانخفاض تخزين فيتامين أ، وإنتاج مركبات النيتروزامين التي تسبب السرطان، وتقليل سعة نقل الأكسجين في الدم [192] توصي منظمة الصحة العالمية بالقيم المحددة للنترات والنيترت في مياه الشرب بما يعادل 50 مجم/لتر للنترات و 0.3 مجم/لتر للنيترت. يتم مقارنة نتائج النترات والنيترت مع المعايير الإرشادية لمنظمة الصحة العالمية وفقًا للعلاقة المعطاة أدناه، ويجب أن تكون قيمة المجتمع الإرشادي المشترك للنترات والنيترت ≥ 1 [193].

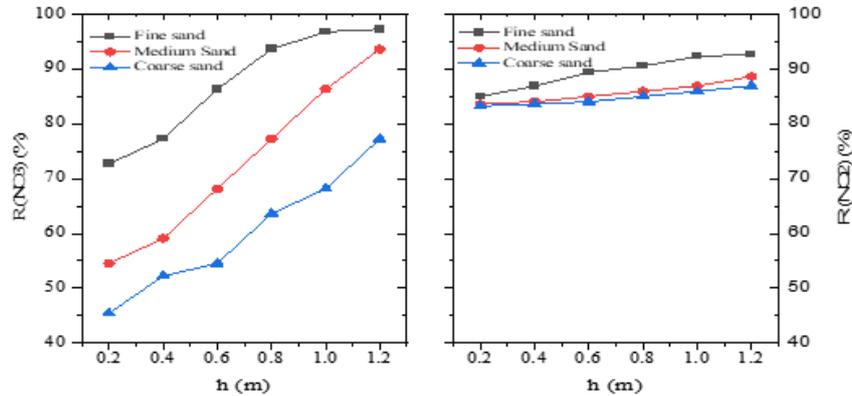
3.5. تحليل النتائج التجريبية

جدول 5.5: قيمة المعايير الإرشادية للنترات والنيترات في مياه صرف سعيد عتبة قبل وبعد الترشيح باستخدام الأنواع الثلاثة من فلاتر الرمل.

الرمل	سعيد عتبة مياه الصرف	تقرت	حاسي السايح	سيدي خويلد
$\frac{C_{nitrate}}{GV_{nitrate}} + \frac{C_{nitrite}}{GV_{nitrite}}$	0.393	0.270	0.120	0.810

$$\frac{C_{nitrate}}{GV_{nitrate}} + \frac{C_{nitrite}}{GV_{nitrite}} \leq 1$$

حيث هو التركيز و C هو التركيز و GV هو قيمة الإرشاد (50 مجم/لتر للنترات و 0.3 مجم/لتر للنيترات). كما يظهر الشكل رقم 11.5 والجدول 5.5، كانت تركيزات النترات والنيترات قيم مقبولة قبل الاختبارات وفقاً لقيم المعايير الإرشادية للنترات والنيترات، وكانت ممتازة في نهاية تجارب الترشيح حيث كانت قيم المعايير الإرشادية للنترات والنيترات >>> 1 وكانت الإزالة أعلى من 85% للنيترات للأنواع الثلاثة من الرمل وأعلى من 93%، 77%، و 97% على التوالي للإزالة لرمال توقرت، حاسي سيه وسيدي خويلد على التوالي.

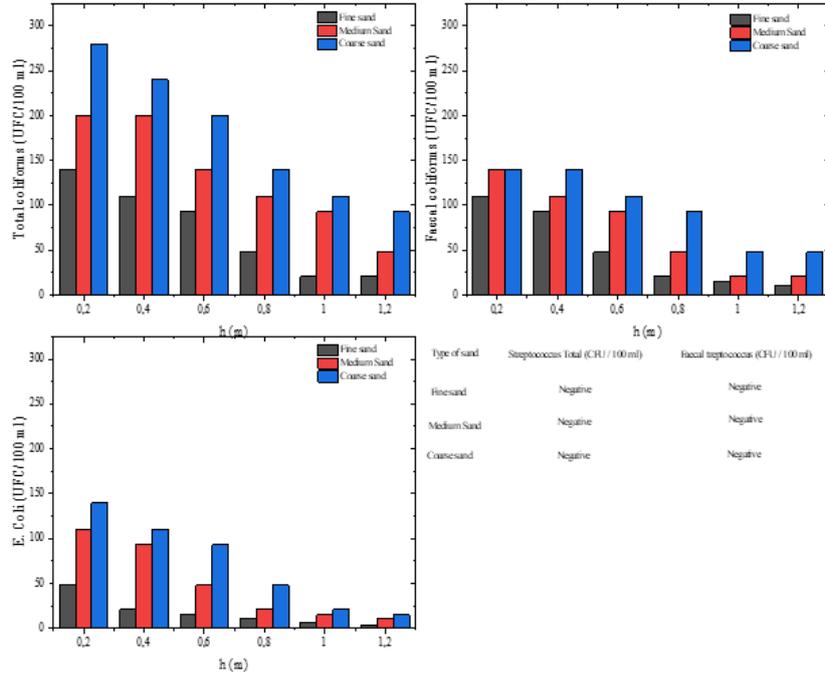


شكل 11.5: تغير معدل إزالة النيترات (-NO₂) والنترات (-NO₃) باعتبار ارتفاع الرمل

يُظهر الشكل رقم 11.5 أن معدل إزالة النيترات والنترات قد انخفض بشكل كبير عند مستوى المياه الصادرة من الفلتر مقارنةً بالمياه الواردة، لكنه لا يزال أقل من المعايير الجزائرية (50 مجم/لتر).

7.3.5 مراقبة الجودة البكتيرية

تتكون مراقبة الجودة البكتيرية للمياه من البحث عن وعد الجراثيم التالية: الجراثيم الإجمالية (GT)، والجراثيم الكلونية الإجمالية (CT) والجراثيم الكلونية الفقرية، (CF) وكذلك العصويات الفقرية (SF) في نقاط خروج فلتر الرمل. يتم تجميع النتائج المحصلة في الشكل رقم 12.5.



شكل 12.5: نتائج التحاليل البكتيرية للمياه الخام والمحضرة من مدينة ورقلة

كما يوضح النتائج المعروضة في الشكل رقم 12.5، فإن فلتر الرمل يمكن أن تقلل بفعالية من بكتيريا الكوليفورم الكلية في المياه من خلال احتجاز وإزالة البكتيريا أثناء مرور المياه عبر الفلاتر. تعمل جسيمات الرمل في الفلاتر كحاجز مادي، حيث يتم احتجاز البكتيريا، وتساعد عملية مرور المياه عبر الرمل أيضاً في إزالة البكتيريا بشكل مادي. قد تخلق عملية الترشيح وتراكم البكتيريا المحتجزة داخل الفلتر أيضاً ظروفًا غير مواتية لنمو وبقاء البكتيريا، مما يؤدي إلى انخفاض مستويات البكتيريا الكليفورم الكلية [194]. قد يرجع انخفاض المواد العضوية الكلية في الماء بعد استخدام فلتر الرمل إلى إزالة هذا النوع من المواد العضوية. تعمل فلتر الرمل عن طريق مرور الماء عبر طبقة من الرمل، والتي تعمل كحاجز مادي لاحتجاز وإزالة الشوائب.

بالإضافة إلى ذلك، قد تساعد البكتيريا الموجودة في الرمل على تحليل بعض المواد العضوية، مما يحسن جودة المياه [195]. يمكن لفلتر الرمل الثلاثة إزالة بكتيريا إي. كولي بفعالية من المياه عن طريق الترشيح المادي وعمليات التحلل البيولوجي. تسير المياه عبر طبقة الرمل وتلتقط الجسيمات، بما في ذلك البكتيريا، في الفجوات بين حبيبات الرمل، مما يؤدي إلى عملية الترشيح المادي. يمكن بعد ذلك تحليل البكتيريا المحتجزة من قبل الكائنات الحية الدقيقة الموجودة بشكل طبيعي في الفلتر، مثل البكتيريا الهيتروتروفية، التي تتغذى على المواد العضوية وتستطيع تحليل إي. كولي. بالإضافة إلى ذلك، يساعد فلتر الرمل على الحفاظ على بيئة مستقرة للكائنات الحية الدقيقة التي تحلل البكتيريا، وتزويدها بالمغذيات والظروف التي تحتاجها للنمو [196].

بالنسبة Totaux Coliformes : يبين عدد المستعمرات في المياه المستعملة قبل المعالجة بالمرشح الرملي و المياه المعالجة بالمرشح الرملي عموما. عدد المستعمرات في المياه المستعملة قبل المعالجة بالمرشح الرملي يكون أكبر من المياه المعالجة بالمرشح الرملي 1400000 UFC/100ml totaux Coliformes في المياه المستعملة قبل المعالجة بالمرشح الرملي وفي المياه المعالجة بالمرشح الرملي بمعدل :

UFC/100ml 177,16 بالنسبة للرمل الخشن

UFC/100ml 131.83 بالنسبة للرمل المتوسط

UFC/100ml 72. 16 بالنسبة للرمل الناعم

على التوالي، مردود التنقية كان :

بالنسبة للرمل الخشن 99,985 %

بالنسبة للرمل المتوسط 99,986 %

بالنسبة للرمل الناعم 99,99 %

- بالنسبة Fécaux Coliformes

يبين عدد المستعمرات في المياه المستعملة قبل المعالجة بالمرشح الرملي و المياه المعالجة

بالمرشح الرملي عموماً. عدد المستعمرات في المياه المستعملة قبل المعالجة بالمرشح الرملي يكون أكبر من المياه المعالجة بالمرشح الرملي Fécaux Coliformes 460000 UFC/100ml في المياه المستعملة قبل المعالجة بالمرشح الرملي وفي المياه المعالجة بالمرشح الرملي بمعدل :

96,5 UFC/100ml بالنسبة للرمل الخشن

16.72 UFC/100ml بالنسبة للرمل المتوسط

66.49 UFC/100ml بالنسبة للرمل الناعم

على التوالي، مردود التنقية كان :

بالنسبة للرمل الخشن 99,97 %

بالنسبة للرمل المتوسط 99,976 %

بالنسبة للرمل الناعم 99,98 %

بالنسبة E.Coli :

يبين عدد المستعمرات في المياه المستعملة قبل المعالجة بالمرشح الرملي و المياه المعالجة بالمرشح الرملي عموماً. عدد المستعمرات في المياه المستعملة قبل المعالجة بالمرشح الرملي يكون أكبر من المياه المعالجة بالمرشح الرملي E.Coli 4600 UFC/100ml في المياه المستعملة قبل المعالجة بالمرشح الرملي وفي المياه المعالجة بالمرشح الرملي بمعدل :

71,16 UFC/100ml بالنسبة للرمل الخشن

49.66 UFC/100ml بالنسبة للرمل المتوسط

17.66 UFC/100ml بالنسبة للرمل الناعم

على التوالي، مردود التنقية كان :

بالنسبة للرمل الخشن 98,45 %

بالنسبة للرمل المتوسط 98,92 %

بالنسبة للرمل الناعم 99,61 %

جدول 6.5: المعايير البكتيرية للمياه المحضرة مقارنة بالمعايير الجزائرية

المعايير الجزائرية	المياه المعالجة	المعايير
-	082-12	ml) (CFU/100 coliforms Total
100	041-51	ml) (CFU/100 coliforms Fecal
-	-	ml) (CFU/100 Streptococcus Total

نلاحظ أن إزالة البكتيريا، Coliformes fécaux، Streptocoques totaux.)
E.Coli ، totaux Streptocoque fécaux شبه الكلية، بعد المعالجة . خلال هذه الدراسة،
المعالجة بالمرشح الرملي أن هناك تناقص معتبر في إزالة البكتيريا و العوامل الممرضة، و يفسر
هذا إلى الموت الطبيعي للبكتيريا، نتيجة تغير الوسط المعيشي أو تهدم مع المواد العضوية.

4.5 إمكانية استخدام مياه الصرف المحسنة بواسطة فلاتر

الرمل

قمنا بمقارنة القيم القصوى لنتائج المعايير البكتيرية لهذه المياه (أسوأ حالة خلال فترة التحليل).
وفقًا للائحة الصادرة عن الجريدة الرسمية لجمهورية الجزائر رقم 41 المؤرخة 15 يوليو 2012؛
الهدف من هذا الأمر هو تحديد المواصفات لمياه الصرف المحضرة لأغراض الري وفقًا للجدول
المرفق.

من الجدول رقم 6.5 يمكن ملاحظة أن المعايير البكتيرية للمياه المحسنة بواسطة ترشيح
الرمل تظل دون المعايير الجزائرية. ووفقًا لهذه المعايير، ستكون جودة هذه المياه صالحة
للاستخدام في حالة إعادة الاستخدام

5.5 خلاصة

أظهرت الطريقة الفلتر المستخدمة في هذا البحث جودة جيدة للمياه باستخدام فلتر الرمل ذي التكلفة المنخفضة. على الرغم من أن الحل الذي تم دراسته في هذا البحث يبدو مفيداً جداً من الناحية البيئية، قد تكون هناك مخاطر صحية مرتبطة باستخدام مياه الصرف غير المعالجة في ورقلة، الجزائر. تسمح الدراسة بتحليل تجريبي لثلاثة أنواع من الرمل: الرمل الخشن والرمل المتوسط والرمل الدقيق. في الواقع، تم العثور على علاقات تجريبية للتكوينات الثلاثة للرمل، مما يسمح بتحديد معدل إزالة الشحنة الملوثة وسرعة الترشيح من جهة، وارتفاع الرمل من جهة أخرى. أُجريت دراسة مقارنة بين هذه الأنواع الثلاثة من الرمل وتبين أنه بالنسبة لنفس ارتفاع الرمل، فإن معدل إزالة الشحنة، وتركيز الملوثات أكثر انخفاضاً في الرمل الناعم مقارنة بالرمل المتوسط والخشن. ثم تناولت الدراسة التحليل البكتيري الذي يؤكد وجود مختلف الجراثيم مثل الجراثيم الإجمالية والجراثيم الكلونية الإجمالية والفقرية، ويمكن تفسير ذلك بالترشيح الرمي. أظهرت مقارنة الجودة الفيزيائية والكيميائية والبكتيرية لهذه المياه مع المعايير الجزائرية ملاءمة هذه المياه للري دون أثر سلبي كبير على البيئة

باب 6

الدراسة الاقتصادية

1.6 مقدمة

لدراسة المشروع المفصل لمحطة معالجة مياه الصرف الصحي في مدينة ورقلة، نقوم من خلال هذا الوثيقة بإعداد المهمة التي تتضمن:

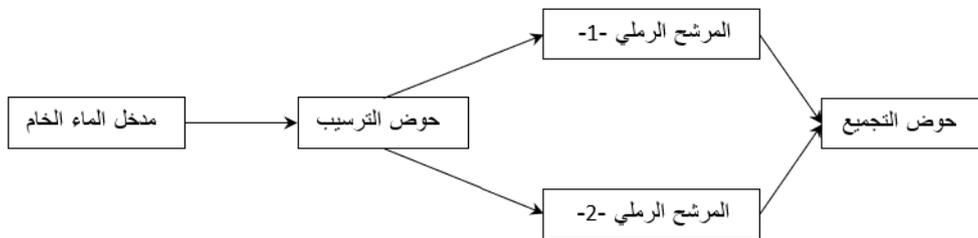
- وصف المنشآت في المحطة
- تحديد حجم المنشآت
- التأثير على البيئة
- تقدير تكاليف إنشاء المحطة
- تقدير متر مكعب من الماء

2.6 المنشآت في محطة المعالجة

تعتمد المحطة المختارة على ترتيب سلسلة من المنشآت الهيدروليكية التي تضمن في المقام الأول تأكسج المياه بشكل طبيعي من خلال الشلالات. بالتالي، فإن المنشآت المطلوبة هي:

- برج التأكسج
- حوض الترسيب
- حمامات الترشيح

لأغراض الإدارة، سيكون معدل التدفق الذي يتم معالجته بالسلسلة المذكورة ربع معدل التدفق المخصص للمحطة. وبالتالي، ستكون هناك أربع وحدات متطابقة ستعالج كل منها تدفقًا يساوي 10,000 متر مكعب/يوم = 2500 متر مكعب/يوم = 28.935 لتر/ثانية



شكل 1.6: مخطط تصفية المياه بالمرشح الرملي

1.2.6 حوض الترسيب

الهيكل الثاني في سلسلة المعالجة هو حوض الترسيب. إنه هيكل هيدروليكي شبه مدفون بأبعاد Llh. سيتم استخدامه لإزالة الجسيمات المعلقة من خلال عملية فصل السوائل الصلبة بناءً على مبدأ الجاذبية.

2.2.6 حوض الترشيح

آخر هيكلين في سلسلة المعالجة هما مرشحات الرمل. تستخدم لتحقيق ترشيح مزدوج وهو تمرير السائل من خلال كتلة مسامية لاستخلاص الجسيمات الصلبة المعلقة. لكل مرشح أبعاد LH = 5.506 * 2.35 * 00 متر.

3.2.6 حوض التجميع

ينتهي كل من سلاسل المعالجة الأربعة بخزان نصف مدفون. سيكون لديه حجم 1000 متر مكعب وسيعمل كمرفق تخزين للمياه المعالجة من السلسلة المقابلة.

3.6 تصميم هياكل محطة المعالجة

1.3.6 حوض الترسيب

1.1.3.6 سرعة الترسيب

تناسب سرعة ترسيب الجسيمات مع مربع قطرها (قانون ستوكس). تتباطأ سرعة الترسيب عندما ينخفض قطر الجسيمات المعلقة

$$v_p = \frac{g (w_p - w_l) D^2}{18 \nu w_l} \quad (1)$$

• v_p : سرعة الترسيب (م/ساعة)

• g : تسارع الجاذبية (م/ثانية مربع) (10 م/ثانية مربع)

• w_p : الكتلة الحجمية للجسيم (كغ/متر مكعب) (1200 كغ/متر مكعب)

3.6. تصميم هياكل محطة المعالجة

• w_l : الكتلة الحجمية للماء (كغ/متر مكعب) (1000 كغ/متر مكعب)

• D : قطر الجسيم (م) (0.01 ملم)

• ν : اللزوجة الحركية (متر مربع/ثانية) (10^{-6} متر مربع/ثانية)

الجدول التالي يُظهر زمن الترسيب الطبيعي لكل نوع من الجسيمات في متر واحد من الماء

النوع	قطر الجسيمات (مم)	زمن الترسيب
الحصى	10	1 ثا
الرمل الخشن	1	10 ثا
الرمل الناعم	0.1	2 د
الطين	0.01	2 سا
البكتيريا	0.001	8 ايام

2.1.3.6 حجم حوض الترسيب

$$V = Q_{max} \times t \quad (2)$$

حيث :

• t : زمن الترسيب 2 ساعة

• Q : معدل تدفق حوض الترسيب بوحدة (متر مكعب/ساعة)

• V : حجم حوض الترسيب (متر مكعب)

من هنا، يكون الوقت اللازم للترسيب مساويًا لـ 2 ساعة.

3.1.3.6 حساب مساحة حوض الترسيب

يتم تحديد مساحة حوض الترسيب بواسطة الصيغة التالية:

$$S = \frac{V}{H} \quad (3)$$

- S: مساحة حوض الترسيب (متر مربع)
- V: حجم حوض الترسيب (متر مكعب)
- H: عمق الماء في حوض الترسيب = 1.20 متر

$$m^2 \ 364 = S$$

4.1.3.6 الخزان الترسيبي

436.8	حجم الماء (م ³)
1.50	الارتفاع الإجمالي (م)
26	الطول (م)
14	العرض (م)

2.3.6 حوض الترشيح

يستخدم المرشح السريع بالرمال التقليدي لإزالة المواد العالقة. يتكون من حوض خرساني بارتفاع إجمالي قدره 1.20 متر للمرشح، يحتوي على طبقة من الرمل (1 متر) موزعة فوق طبقة من الحصى بسماكة 20 سم تمثل طبقة تصريف.

- يكون سرعة الترشيح بين 0.3 إلى 2 متر/ساعة

• مساحة فلتر الرمل

$$S = \frac{Q}{v} \quad (4)$$

حيث:

– Q: تدفق المياه الخام

– v: سرعة التدفق

• ضياع الضغط في فلتر الرمل $AH = 1$ متر؛ لتسهيل غسل الفلتر.

• النفاذية

$$K = \frac{H \times Q}{S \times AH} \quad (5)$$

مع:

– Q: تدفق الماء الخام

– S: مساحة طبقة الرمل

– H: ارتفاع طبقة الرمل يُقدر وقت الغسيل بين 10 إلى 15 دقيقة.

3.3.6 حساب هيدروليكي لفلتر الرمل

تم تحديد سرعة الترشيح عند 1 متر/ساعة

$$Q = v \times S \quad (6)$$

• Q : تدفق المياه المراد ترشيحها

• v : سرعة الترشيح

• S : مساحة الفلتر

$$Q = v \times S \implies S = \frac{Q}{v} = \frac{364}{1} = 364m^2$$

4.3.6 حوض الترشيح

10575,28	معدل التدفق الذي يجب مراعاته (م ³ /د)
1.20	الارتفاع (م)
10 x 10	حجم مرشح الرمل (م × م) (محدد)
400-200	قطر الأنبوب (مم)

4.6 تقدير متر مكعب من الماء

1. تكلفة الاستثمار 840.856.840,00 دينار جزائري

2. التكاليف السنوية للموظفين

4.6. تقدير متر مكعب من الماء

نوعية الموظفين	العدد	الراتب الشهري	الراتب السنوي
رئيس المحطة	01	60000.00	720000.00
مهندس	01	50000.00	600000.00
مخبري	02	45000.00	1080000.00
تقني	03	40000.00	1440000.00
كهروميكانيكي	02	40000.00	960000.00
عون تقني	03	30000.00	1080000.00
عامل	04	25000.00	1200000.00
المجموع			7080000.00

3. الصيانة والمواد الاستهلاكية

التسميات	التردد	كمية	وحدة	السعرالوحدوي	النفن
تجديد المضخات	1/8 سنة	35=7*8/40	U	1.000.000.00	35.000.000.00
قطع الغيار، الملحقات، وغيرها	1/2 سنة	20=2/40	سنة	350.000.00	7.000.000.00
توريد الرمل للفلتر	1/5 سنة	³ 200=2*25*5/40	³	2.000.00	004.000.00
المجموع HT					42.004.000.00
TVA% 19					7.802.000.00
المجموع TTC					49.608.000.00

الحصيلة:

21.021.421.00	تكلفة الاستثمار وإعادة الاستهلاك على مدى 40 عامًا
7.080.000.00	تكاليف العمالة السنوية
1.240.200.00	تكاليف الصيانة والمواد الاستهلاكية سنويًا
29.341.621.00 دج	المجموع

سعر تكلفة المتر المكعب الواحد من المياه المفرغة هو: 8.04 دج / م³.

الشروط ووضع التشغيل:

• المعدات المتحركة والآليات بالإضافة إلى المعدات المذكورة في الشروط التقنية، يتعين توفير المعدات التالية لصالح المشغل للمشروع:

صهريج متنقل للماء المعالج والذي سيستخدم لتنظيف الهياكل بشكل دوري.
وحدة هيدروكيور لتنظيف و/أو شطف الرواسب الحديدية (النواتج الناتجة عن عملية المعالجة).

مركبة نقل للموظفين تتسع لـ 11 مقعدًا. بالنسبة للجهاز الفاصل:

ستتم تطبيق العملية (أ) على الجهاز الفاصل مرة كل شهرين. ستكون العملية (ب) للجهاز الفاصل بنفس تردد البرج، أي مرتين (02) في السنة لنفس الفترة. ستتم اصطيد المواد العائمة الكبيرة يوميًا وبشكل يدوي باستخدام الشباك، وخاصة خلال فترات الرياح عند الاقتضاء.

بالنسبة للفلاتر الرملية:

سيتم إجراء غسل بمياه معاكسة خلال ساعات الذروة تفضيلاً ولمدة 20 إلى 30 دقيقة.

يتم غسلها بالماء فقط من 1 إلى 2 مرات في الأسبوع وأكثر إذا لزم الأمر.

يتم غسلها بالماء والهواء من 2 إلى 4 مرات في الشهر وأكثر إذا لزم الأمر.

يمكن تغيير طبقة الرمل السطحية حتى 10 سم في حالة الانسداد المتقدم، ويمكن أن يحدث هذا التغيير الجزئي بين 6 إلى 12 شهرًا، علماً بأن الرمل من نوع سيليكاتي. قد يتم تغيير الرمل بالكامل كل عشر سنوات في حالة زيادة في خسارة الضغط، أو إذا استدعى الأمر غسلًا بتردد كبير جدًا.

• القطع الملحقة:

يجب إجراء اختبارات الاختبار الدورية للأجزاء الملحقة مثل الصمامات والفلاتات وغيرها بشكل أسبوعي أو شهري حسب الحاجة لتجنب الانسداد. يجب أيضًا إجراء

صيانة سنوية مثل تزييت قضبان الصمامات.

• التحاليل الفيزيائية والكيميائية والبكتريولوجية:

يجب إجراء تحاليل مختبرية بانتظام على عينات المياه المعالجة (بعد الخزانات

البالغة السعة 1000 متر مكعب)، وتتضمن هذه التحاليل:

تحاليل فيزيائية وكيميائية يجب إجراؤها شهريًا والتركيز على إجمالي الحديد مرة إلى

مرتين في الأسبوع على الأقل.

تحليل بكتريولوجي يجب إجراؤه على الأقل أربع مرات في السنة (فصلية) في حالة

الشك في جودة المياه، ويجب زيادة التحاليل وفقًا للمخاطر المحتملة.

بالإضافة إلى هذه التحاليل، يُوصى بإجراء تحاليل إجمالي للمياه الخام وبعد كل

منشأة، وهذا سيمكننا من زيادة التدفق بينما نحافظ على إجمالي الحدود المحددة.

الخاتمة

ان معالجة وإعادة استخدام مياه الصرف الصحي، والصناعي أكثر انتشارا في الوقت الراهن. يتوقف نجاح معالجة وإعادة استخدام المياه على مجموعة من المعايير والضوابط البيئية التي ترتبط بطبيعة هذه المياه والهدف النهائي من معالجتها وإعادة استخدامها، والذي يجب أن يجرى في إطار يكفل حماية البيئة، والأفراد مع الأخذ في الاعتبار الاعتبارات الاقتصادية، وضرورة متابعة الآثار البيئية لإعادة استخدام هذه المياه على مكونات المنظومة البيئية وذلك من خلال وضع برامج متكاملة للرصد البيئي للملوثات وآثارها على البيئة المحيطة يهدف هذا العمل إلى تحديد الخصائص الفيزيوكيميائية والمورفولوجية لثلاثة أنواع مختلفة من رمل ورقلة (جنوب الجزائر) وهي رمل الكثبان الرملية والرمل المتوسط والخشن من ثلاثة مناطق مختلفة وهي سيدي خويلد وحاسي صايح وتقرت على التوالي، وتقييم إمكانية استخدامها لتحسين الخصائص الفيزيوكيميائية والبكتريولوجية لمياه الصرف الصحي المعالجة في محطة سعيد عتبة (ورقلة، جنوب الجزائر) كمرشح رمل حيوي (BSF).

• أظهرت طريقة الترشيح المستخدمة في هذا البحث جودة جيدة للمياه باستخدام مرشح الرمل ذي التكلفة المنخفضة. على الرغم من أن الحل الذي تم دراسته في هذا البحث يبدو مفيداً جداً من الناحية البيئية، والاقتصادية

• سمحت الدراسة بتحليل تجريبي لثلاثة أنواع من الرمل: الرمل الخشن والرمل المتوسط والرمل الدقيق. في الواقع، تم العثور على علاقات تجريبية للتكوينات الثلاثة للرمل، مما

يسمح بتحديد معدل إزالة الشحنة الملوثة وسرعة الترشيح من جهة، وارتفاع الرمل من جهة أخرى. أُجريت دراسة مقارنة بين هذه الأنواع الثلاثة من الرمل وتبين أنه بالنسبة لنفس ارتفاع الرمل، فإن معدل إزالة الشحنة، وتركيز الملوثات أكثر انخفاضاً في الرمل الناعم مقارنة بالرمل المتوسط والخشن.

- تناولت الدراسة التحليل البكتيري الذي يؤكد وجود مختلف الجراثيم مثل الجراثيم الإجمالية والجراثيم الكلونية الإجمالية والفقرية، ويمكن تفسير ذلك بالترشيح الرملي.
- كما أظهرت مقارنة الجودة الفيزيائية والكيميائية والبكتيرية لهذه المياه مع المعايير الجزائرية ملاءمة هذه المياه للري دون أثر سلبي كبير على البيئة
- ما أظهرت النتائج الاقتصادية ان المرشح الرملي اقل تكلفة مقارنة مع التقنيات المعمول بها في محطات المعالجة وهذا راجع الى توفر المادة الاولية المحلية (الرمل) بالاضافة الى ان هذه التقنية سهلة الاستعمال والصيانة وكذلك تحصلنا على مردود في كل من:

- DCO : 67,55 %

- DBO5 : 67,16 %

- MES : 90,95 %

- NO3 : 74 %

- NO2 : 86,67 %

- Totaux Coliformes : 99,99 %

- fécaux Coliformes : 99,98 %

- E.Coli : 99,98 %

- StreptocoqueTotaux : سالبة (-)

fécaux Streptocoque - : سالبة (-)

كما أظهرت مقارنة الجودة الفيزيائية والكيميائية والبكتيرية لهذه المياه مع المعايير الجزائرية ملاءمة هذه المياه للري دون أثر سلبي كبير على البيئة وكانت كل النتائج المتحصل عليها تدل على امكانية استغلال المياه المحسنة بالمرشح الرملي ومن خلال الدراسة الاقتصادية يمكن سقي مساحة تزيد عن 111 هكتار بتدفق وحدوي قدره 2 لتر/ الثانية لكل هكتار وهذا بتكلفة لا تتعدى 8,34 دينار لكل متر مكعب , في حين ان استخدام الماء العادي للري يكلف خزينة الدولة اكثر من 15 دينار للمتر المكعب.

توصيات

- امكانية استعمال المياه الصرف الصحي المعالجة بتقنية الترشيح بالمرشح الرملي في المجال الزراعي سقي المساحات الخضراء والنخيل والاشجار
- ما يمكن استعمال هذه المياه المعالجة بالمرشح الرملي في المجال الصناعي ودالك باعادة ضخ وحقن ابار البترول والغاز بهذه المياه مما يسمح برفع قدرة هذه الابار على الانتاج والمحافظة على الضغط اللازم في عمليات الفصل
- كما نوصي بضرورة الحفاظ على المياه الجوفية وتجنب استعمالها في المجال الصناعي وهذا لتجنب الاعباء الاقتصادية والبيئية باستعمال المرشح الرملي الذي اثبت كفاءته,

المصادر

- management water of assessment comprehensive A life: for water food for Water Molden, D. [1]
.2007 IWMI, / Earthscan agriculture. in
- low-income in risk mitigating and assessing health: and irrigation Wastewater Drechsel, P. [2]
.2010 IWMI, countries.
- systems sanitation of ``Compendium Zurbrügg, C. and Reymond, P. Lüthi, C. Ulrich, L. Tilley, E. [3]
.2014 technologies," and
- community for filtration sand Slow Heijnen, H. and Raman, A. Paramasivam, R. Visscher, T. J. [4]
.1987 Earth, Village maintenance. and operation construction, design, planning, supply: water
- further of methods some of examination critical ``A Shaw, D. and Birkbeck, A. Truesdale, G. [5]
.1964 ,101--81 pp. ,1 vol. Purif, Sew. Inst. J. in filters," percolating from effluents of treatment
- pilot-scale a and parameters design of Optimization filtration: stormwater Urban Clark, E. S. [6]
.2000 Birmingham, at Alabama of University The evaluation.
- using manganese and iron of ``Removal Sanguinetti, G. and Ingallinella, M. A. Pacini, A. V. [7]
--4463 pp. ,18 no. ,39 vol. research, Water technology," filtration flow up roughing biological
.2005 ,4475
- france," in manganese and iron of removal biological to conventional ``From Mouchet, P. [8]
.1992 ,167--158 pp. ,4 no. ,84 vol. Association, Works Water Journal-American

- containing (ii) fe and (ii) mn of treatment "Biological Zouboulis, I. A. and Katsoyiannis A. I. [9]
 ,38 vol. research, Water characterization," product and considerations kinetic groundwater:
 .2004 ,1932--1922 pp. ,7 no.
- bench- during removal "Manganese Gagnon, A. G. and Shupe, D. G. Mercer, S. S. Burger, S. M. [10]
 .2008 ,4742--4733 pp. ,19 no. ,42 vol. Research, Water biofiltration," scale
- et l'eau sur savoir faut il que ce tout d'eaux "Histoires Toutant, C. and Lefelvre, R. Langevin, J. [11]
 pp157-159 ,1-13-9214116-2 ISBN rep., tech. montréal," berger, editions publique. l'hygiène
 .1997
- ,8 vol. Rev., Res. Contemp. J. Int. overview," "Wastewater-an Reddy, A. M. and Lakshmi S. K. [12]
 .2017 ,20262--20254 pp.
- Mashaan, S. N. Najm, M. H. Kouadri, S. Al-Ansari, N. Kateb, S. Baouia, K. Kadri, A. [13]
 agricultural for suitability groundwater of "Assessment Khedher, M. K. and Eldirderi, A. M. M.
 ,14 no. ,14 vol. Sustainability, algeria," region, righ oued south of study case a purposes:
 .2022 ,8858 p.
- of spectrophotometry UV-visible in wastewater," "Industrial Thomas, M.-F. and Thomas O. [14]
 .2022 Elsevier ,416--385 pp. soils, and waters
- [15] 2. ابراهيم, التلوث البيئي و دور الكائنات الدقيقة ايجابيا و سلبيا. دار الفكر العربي القاهرة, 2011.
- [16] نصرالحايك, تلوث المياه و تنقيتها. ديوان المطبوعات الجامعية, 1989.
- in species shigella of detection "Rapid Lin, S. and Wang, S. Zhang, J. Luo, W. Peng, X. [17]
 and Applied primers," universal with pcr immunocapture an by sewage environmental
 .2002 ,2583--2580 pp. ,5 no. ,68 vol. Microbiology, Environmental
- ,11 no. ,13 vol. Water, review," irrigation—a wastewater "Treated Qi, X. and Hashem S. M. [18]
 .2021 ,1527 p.

- de mesures d'irrigation. et pluviales résiduares eaux des d'assainissement ``Etude LEGER, C. [19]
l'environnement sur d'impact étude volet phréatique. nappe la de remonté la contre lutte
.2003 BG, ONA, Ed. actuelle," situation la de environnementales caractérisation iib: mission
research association works water ``American Weisner, M. and Odendaal, P. Mallevalle, J. [20]
Membrane Treatment Water Africa, South of Commission Research Water foundation,"
.1996 McGraw-Hill, York: New Processes,
- ,8--104 pp. ,4 no. ,38 vol. chronicle, WHO quality," drinking-water for ``Guidelines Edition, F. [21]
.2011
- activated by dyes reactive three of adsorption ``Competitive Abood, M. W. and Sulaymon H. A. [22]
.2013 ,667--655 pp. ,6 no. ,19 vol. Engineering, of Journal carbon,"
- high-rate direct of performance on parameters some of ``Effect Mohamed, A. and Amin M. H. [23]
,628--609 pp. ,3 no. ,42 vol. Sciences, Engineering of Journal JES. treatment," water in filtration
.2014
- filtration," manuals treatment ``Water Lambert, M. and Crowe, M. Carty, G. Bourke, N. [24]
.1995 ,80 vol. Agency, Protection Environmental
- turbulence-induced for channels hydraulic baffled of ``Design Liu, J. and McConnachie G. [25]
.2000 ,1896--1886 pp. ,6 no. ,34 vol. Research, Water flocculation,"
- ,16 vol. recycling, and conservation Resources, characteristics," ``Wastewater Muttamara, S. [26]
.1996 ,159--145 pp. ,4-1 no.
- thesis, PhD العابدابراهيم, معالجة مياه الصرف الصحي لمنطقة تقرت بواسطة نباتات منقية محلية. [27]
جامعة قاصدي مرباح ورقلة.
- water on solids suspended of influence the ``Understanding Brazier, E. R. and Bilotta S. G. [28]
.2008 ,2861--2849 pp. ,12 no. ,42 vol. research, Water biota," aquatic and quality
- ultrasound: of applications on Handbook Mudhoo, A. and Sharma, K. S. Chen, D. [29]
.2011 press, CRC sustainability. for sonochemistry

- highly a in dynamics "Nitrogen Taniguchi, M. and Shimizu, Y. Jin, G. Onodera, S.-i. Saito, M. [30]
Earth in Progress loads," sewage-derived of impact japan: western of area coastal urbanized
.2018 ,11--1 pp. ,1 no. ,5 vol. Science, Planetary and
- total of modeling hydrological "Distributed Steenhuis, T. and Gérard-Marchant, P. Hively, W. [31]
phosphorus dissolved ii: part landscape, agricultural an in transport phosphorus dissolved
.2006 ,276--263 pp. ,2 no. ,10 vol. Sciences, System Earth and Hydrology transport,"
- of groundwater the of contamination "Nitrate Wartel, M. and Baroudi, M. O. B. Halwani, J. [32]
francophones/Santé, recherches de et d'études Cahiers lebanon," northern in plain akkar the
.2000 ,23--219 pp. ,4 no. ,9 vol.
- nitrogen on wastewater of characteristics physicochemical of "Impact Sen, D. and Anusha N. [33]
--27 pp. ,1 no. ,27 vol. EWRA, Journal, Utility Water india," kolkata, in study case A dynamics:
.2021 ,36
- de eau residuaires, eaux naturelles, eaux l'eau: de L'analyse Rodi, L. and Geoffray, C. Rodier, J. [34]
.1996 Dunod., biologie. bacteriologie, physico-chimie, chimie, mer:
- physicochemical of "Determination Sahu, K. A. and Biswas, S. Shekhar, N. Wu, S. Ma, J. [35]
effects," environmental with water waste food in metals heavy of levels and parameters
.2020 ,2020 vol. applications, and chemistry Bioinorganic
- foodborne-disease for "Surveillance Angulo, J. F. and Lao, C. Goulding, S. J. Bean, H. N. [36]
.1996 ",1992-1988 states, united outbreaks,
- Varriale, F. Tartaglione, L. Dell'Aversano, C. Giacobbe, G. M. Capellacci, S. Casabianca, S. [37]
microalgal harmful "Plastic-associated al., et Dagnino, A. Moretto, P. Risso, F. Narizzano, R.
.2019 ,626--617 pp. ,244 vol. Pollution, Environmental environment," marine in assemblages
- Holvoet, K. Jacxsens, L. Cunliffe, D. Chiodini, A. Amoah, P. Jaykus, L.-A. Uyttendaele, M. [38]
norms, standards, water: irrigation in hazards "Microbial al., et McClure, P. Lau, M. Korsten, L.

- Comprehensive production," primary produce fresh in water of use manage to testing and
.2015 ,356--336 pp. ,4 no. ,14 vol. Safety, Food and Science Food in Reviews
- Prentice-Hall Engineering. and Science Environmental pollution," "Water Henery, Glynn J. [39]
.1989 ,329--297 pp. Jersey, New Cliffs, Engelwood Inc.,
- and aeruginosa microcystis of impact of "Assessment Ibraheem, I. and Haroun, B. Shaaban, A. [40]
Int. 3rd Proc. in media," culture from metals heavy some of uptake the in vulgaris chlorella
.2004 ,29--28 pp. Univ, Tanta Sci., Fac. Sci. Biol. Conf.
- Szadkowska- I. and Krajewski, A. J. Dudkiewicz, B. Szarapińska-Kwaszewska, J. Cyprowski, M. [41]
workers," plant sewage in workplaces in agents harmful to assessment "Exposure Stańczyk,
.2005 ,222--213 pp. ,3 no. ,56 vol. Pracy, Medycyna
- Gołofit- M. Bakal-Kijek, A. Ławniczek-Wałczyk, A. Stobnicka-Kupiec, A. Cyprowski, M. [42]
International plant," treatment wastewater in bacteria "Anaerobic Górny, L. R. and Szymczak,
.2018 ,579--571 pp. ,91 vol. Health, Environmental and Occupational of Archives
- B: Society Royal the of Transactions Philosophical agriculture," by pollution "Water Moss, B. [43]
.2008 ,666--659 pp. ,1491 no. ,363 vol. Sciences, Biological
- waste solid regional ii volume governments of council texas of "Heart ENGINEERS, S. [44]
.2013 update," 2013 plan management
- Rev., L. Tex. metrics," regulatory and accountability, "Capture, Steinzor, R. and Shapiro A. S. [45]
.2007 ,1741 p. ,86 vol.
- from Pollution Source Nonpoint Control to Measures Management National Dressing, A. S. [46]
.2003 Water, of Office Agency, Protection Environmental US Agriculture.
- of siting Safer drinkable: groundwater your keep to "How Cronin, A. and Nick, A. Wolf, L. [47]
,7--1 pp. Alliance, Sanitation Sustainable publication," 11 group systems--working sanitation
.2015

- M. J. Clasen, T. Cairncross, S. Bonjour, S. Bartram, J. Cumming, O. Prüss-Ustün, A. Wolf, J. [48]
drinking of impact the assessing review: "Systematic al., et France, De J. Curtis, V. Jr, Colford
systematic settings: middle-income low-and in disease diarrhoeal on sanitation and water
-928 pp. ,8 no. ,19 vol. health, international & medicine Tropical meta-regression," and review
.2014 ,942-
- Ecosyst. J. review," a pollution: water affecting "Factors Malik, M. and Chaudhry N. F. [49]
.2017 ,231--225 pp. ,1 no. ,7 vol. Ecography,
- Eutrophication: solutions," and challenges "Eutrophication: Mohammad, F. and Khan N. M. [50]
.2014 ,15--1 pp. ,2 Volume Control: and Consequences Causes,
- fertilizers," garden and lawn from problems pollution "Preventing Horgan, B. and Rosen J. C. [51]
.2005
- developing in groundwater of pollution nitrate and efficiency use "Fertilizer-n al., et Sekhon G. [52]
.1995 ,184--167 pp. ,4-3 no. ,20 vol. Hydrology, Contaminant of Journal countries,"
- del calidad la conocer para metodologia una de "Establecimiento Bascaran, de Martínez G. [53]
.1979 ,66071--66043 pp. ,3 vol. ambiente, medio del informativo Boletin agua,"
- of "Use Hernandez, M. and Gadelha, C. Machado, T. Jr, Silva Da W. Carvalho, M. Abrahão, R. [54]
Water effluents," industrial receiving stream a of quality water the evaluate to analysis index
.2007 ,4 no. ,33 vol. Sa,
- Pollution disposal," and handling chemicals hazardous efficient for "Techniques Bill, H. [55]
.2010 ,13 vol. News, Equipment
- 2016 the of "Proceedings Merlic, A. C. and Wayne, L. N. Schroeder, I. Newcomer, D. Czornyj, E. [56]
Chemical of Journal laboratories," research in safety design--improving by safety workshop
.2018 ,49--36 pp. ,4 no. ,25 vol. Safety, & Health
- .2010 Publishing, Infobase toxins. environmental treating Pollution: Maczulak, E. A. [57]

- [58] [2]. [2]. [2] سلمان, اقتصاديات الطاقة المتجددة في ألمانيا ومصر والعراق. المركز العربي للأبحاث ودراسة السياسات, 2016.
- [59] "Water Abed, A. S. and Ewaid H. S. The iraq," southern river, al-gharraf for index quality Research, Aquatic of Journal Egyptian .2017 ,122--117 pp. ,2 no. ,43 vol.
- [60] "Rapid Lin, S. and Wang, S. Zhang, J. Luo, W. Peng, X. in species shigella of detection and Applied primers," universal with pcr immunocapture an by sewage environmental .2002 ,2583--2580 pp. ,5 no. ,68 vol. Microbiology, Environmental
- [61] "Etude LEGER, C. de mesures d'irrigation. et pluviales résiduares eaux des d'assainissement l'environnement sur d'impact étude volet phréatique. nappe la de remonté la contre lutte .2003 BG, ONA, Ed. actuelle," situation la de environnementales caractérisation iib: mission
- [62] "Reclaimed Hanigan, D. and Pagilla, K. Verburg, P. Yang, Y. Poustie, A. a as wastewater inhibition growth crop food of review A irrigation: agricultural for source water viable Environment, Total the of Science change," environmental of context the in promotion and .2020 ,139756 p. ,739 vol.
- [63] "Developments Nuss, M. and Posthuma, L. Herráez, L. D. Brack, W. Moritz, S. Bunke, D. in Environmental environment," aquatic the in pollutants emerging for implications and society .2019 ,17--1 pp. ,1 no. ,31 vol. Europe, Sciences
- [64] "Genome-level Bíró, T. and Vadkerti, E. Bálint, M. Dalkó, I. Karches, T. Maróti, G. Wirth, R. Shetty, P. Knisz, J. unit treatment wastewater biological on-site an of operation the into insights ,144425 p. ,766 vol. Environment, Total the of Science time," storage of importance the reveal .2021
- [65] "Assessment Cohen, N. and Khallayoune, K. Oubrim, N. Fouad, S. Ennaji, M. Hajjami, K. of city settat the of wastewater treated and raw of reuse with associated risk health helminths .2012 ,201--193 pp. ,5 no. ,2 vol. Environment, and Resources (morocco),"

- of "Decolourization Raj, Suman Samuel D. and Chary, Sreedhara N. Anjaneyulu, Y. [66]
in Reviews review," technologies--a emerging and methods effluents--available industrial
.2005 ,273--245 pp. ,4 vol. Bio/Technology, and Science Environmental
- polluées: industrielles eaux des épuration et Traitement Badot, P.-M. and Montiel, J. A. Crini, G. [67]
Franche-Comté, Univ. Presses chimique. oxydation et bioadsorption membranaires, Procédés
.2007
- for adsorbents Green overview," an treatment: "Wastewater Lichtfouse, E. and Crini G. [68]
.2018 ,21--1 pp. design, and fundamentals removal: pollutant
- for adsorbents Green overview," an treatment: "Wastewater Lichtfouse, E. and Crini G. [69]
.2018 ,21--1 pp. design, and fundamentals removal: pollutant
- review," wastewater—a mill paper and pulp of "Treatment Viraraghavan, T. and Pokhrel D. [70]
.2004 ,58--37 pp. ,3-1 no. ,333 vol. environment, total the of Science
- of treatment for approach "New Abdul-Hussein, A. N. and Abdul-kareem, L. Satae, S. [71]
Rehabilitation, and Physiotherapy of Journal Turkish water," waste municipal in pollutants
.3 p. ,32 vol.
- woody for "Opportunities Soriano, C. and Stanturf, A. J. Kandil, F. N. Jr, Zalesny S. R. Evett, R. S. [72]
International strategies," irrigation ii. egypt. in wastewater treated using production crop
.2011 ,139--122 pp. sup1, no. ,13 vol. phytoremediation, of journal
- treatment," wastewater and "Microalgae Ibraheem, I. and Al-Homaidan, A. Abdel-Raouf, N. [73]
.2012 ,275--257 pp. ,3 no. ,19 vol. sciences, biological of journal Saudi
- wastewater biological for technology reactor batch "Sequencing Srivastava, R. and Singh M. [74]
,13--3 pp. ,1 no. ,6 vol. engineering, chemical of journal Asia-pacific review," a treatment:
.2011

- Kazmi, A. A. and Mehrotra, I. Lew, B. Khursheed, A. Tyagi, K. V. Gaur, Z. R. Khan, A. A. [75]
Resources, review," a sewage: treating effluent uasb of treatment post of options ``Sustainable
.2011 ,1251--1232 pp. ,12 no. ,55 vol. Recycling, and Conservation
- volatile different and species bacterial major of distribution ``Spatial Sarkar, S. and Pandey S. [76]
bio-carrier," as beads gel pva with reactor biofilm anaerobic two-phase a in acids fatty
.2019 ,717--704 pp. ,7 no. ,49 vol. Biotechnology, and Biochemistry Preparative
- a technologies: treatment ``Sewage/wastewater Manfe, M. M. and Attar, S. Topare, S. N. [77]
.2011 ,24--18 pp. ,1 no. ,1 vol. Commun, Chem. Revs. Sci. review,"
- removal phosphorous and nitrogen carbon, ``Simultaneous Nakhla, G. and Zhu, J. Patel, A. [78]
,65 vol. Chemosphere, bioreactor," bed fluidized circulating a in wastewater municipal from
.2006 ,1112--1103 pp. ,7 no.
- reactor ifas scale field a of analysis ``Efficacy Kazmi, A. A. and Singh, P. R. Yadav, M. Singh, K. N. [79]
comparative statistical A rates: aeration high at applied strategies aeration different under
,192--185 pp. ,27 vol. engineering, process water of Journal feasibility," practical for analysis
.2019
- ``Wastewater Burton, F. and Tsuchihashi, R. Stensel, H. Tchobanoglous, G. Metcalf, E. [80]
.2013 USA, NY, York, New mcgraw-hill," recovery resource and Treatment engineering:
- the by treatment wastewater sewage ``urban Atia, D. and Zobeid, A. Kateb, S. Benhaoued, A. [81]
algeria),." (south-east touggourt at climate arid under method sludge activated
- .1996 processes," treatment wastewater of aspects ``Modelling Jeppsson, U. [82]
- ``Activated Jørgensen, B. S. and Lind, M. Henze, M. Loosdrecht, Van C. M. Gernaey, V. K. [83]
Environmental art," the of state simulation: and modelling plant treatment wastewater sludge
.2004 ,783--763 pp. ,9 no. ,19 vol. software, & modelling
- [84] . موسى and محمود, المعالجة البيولوجية لمياه الصرف الصحي: المبادئ وأعمال النمذجة والتصميم.
.2019 Publishing, IWA

- in treatment wastewater Biological Sperling, Von M. and Chernicharo Lemos de Augustos C. [85]
 .2005 publishing, IWA regions. climate warm
- treatment wastewater "Municipal Shankar, H. and Dutta, S. Nemade, P. Oza, G. Kadam, A. [86]
 .2008 ,981--975 pp. ,5 no. ,71 vol. Chemosphere, system," filter soil constructed novel using
- systems management wastewater decentralized and "Small Tchobanoglous, G. and Crites R. [87]
 .1998 ,760--703 pp. Massachusetts, Boston, Inc. mcgraw-hill," wcb
- interrelationship treatment: wastewater and water change, "Climate Tiwari, S. and Singh S. [88]
 Challenges, and Issues Reuse: and Recycling Conservation, Water consequences," and
 .2019 ,214--203 pp.
- for adsorbents Green overview," an treatment: "Wastewater Lichtfouse, E. and Crini G. [89]
 .2018 ,21--1 pp. design, and fundamentals removal: pollutant
- impact "The Bassin, D. I. and Lemos, R. F. Santiago, P. E. Valério, R. R. Castro, D. F. Bassin, P. J. [90]
 of era the in conservation Water in change," climate global on plants treatment wastewater of
 .2021 Elsevier, ,410--367 pp. change, climate global
- on based infrastructure civil of management and "Maintenance Liu, M. and Frangopol M. D. [91]
 engineering, infrastructure and Structure cost," life-cycle and optimization, safety, condition,
 .2007 ,41--29 pp. ,1 no. ,3 vol.
- and Image SAR Satellite using Site Al-Ukhaidir of Study Archaeological Abdulrazzaq, T. Z. [92]
 .2020 Baghdad, of University thesis, PhD Iraq. Radar, Penetrating Ground
- filtration," manuals treatment "Water Lambert, M. and Crowe, M. Carty, G. Bourke, N. [93]
 .1995 ,80 vol. Agency, Protection Environmental
- Geology stratigraphy," and landscapes environments: "Desert Lee, M. E. and Fookes G. P. [94]
 .2009 ,180--172 pp. ,5 no. ,25 vol. Today,
- and Definition structures: civil on action sand "Windblown Bruno, L. and Raffaele L. [95]
 .2019 ,101--88 pp. ,178 vol. Structures, Engineering modelling," probabilistic

- treatment water potable for removal turbidity for capping filter sand "Introducing Al-Rawi, S. [96]
 ,1 vol. Environmental, and Resources Water of Journal International mosul/iraq," of plants
 .2009 ,019--011 pp. ,1 no.
- treatment sludge activated an in carbon activated "Powdered Gianetto, A. and Specchia V. [97]
 .1984 ,137--133 pp. ,2 no. ,18 vol. Research, Water plant,"
- Works Water American Filter-adsorbers. GAC Snoeyink, L. V. and Lee, G. R. Graese, L. S. [98]
 .1987 Association,
- .1998 press, CRC treatment. wastewater for design Adsorption Cooney, O. D. [99]
- .2007 cambodia," in filters water ceramic of "Use Note, F. [100]
- Y. C. and Treese, D. Roenning, C. Khambhammettu, U. Pitt, R. Clark, E. S. Pratap, M. [101]
 Pennsylvania in downflow," vs. Upflow filtration: media natural by polishing "Runoff Siu,
 Villanova, Partnership, Stormwater Urban Villanova Symposium, Management Stormwater
 .2007 ,18--17 pp. PA,
- stabilization sludge wastewater and recovery "Alum Vaca, M. and Martínez, M. Jiménez, B. [102]
 .2007 ,141--133 pp. ,8 no. ,56 vol. Technology, and Science Water acid," sulfuric with
- King thesis, PhD filtration. sand slow through bacteria and coliphage of Removal Khan, M. A. [103]
 .1995 Arabia), (Saudi Minerals and Petroleum of University Fahd
- Water Technology: and Science Water reuse," water for filtration granular "Slow Adin, A. [104]
 .2003 ,130--123 pp. ,4 no. ,3 vol. Supply,
- sand using wastewater from removal pollutants "Sustainable Abdulkathum, S. and Jaeel J. A. [105]
 and Engineering Sustainable of Advance on Conference International 2018 in review," A filter:
 .2018 IEEE, ,183--179 pp. (ICASEA), Application its
- the during mechanisms microbial by attenuation "Virus Sobsey, M. and DiGiano, F. Elliott, M. [106]
 ,4102--4092 pp. ,14 no. ,45 vol. research, Water filter," sand slow household a of time idle
 .2011

- and giardia ``Removing Ongerth, J. and Moorehead, W. Guasparini, R. Isaac-Renton, J. Fogel, D. [107]
 ,85 vol. Association, Works Water Journal-American filtration," sand slow by cryptosporidium
 .1993 ,84--77 pp. ,11 no.
- Filtration Sand Slow International in sand," slow by removal cyst ``Giardia Hendricks, D. [108]
 .1991 ,30--27 pp. Workshop,
- wastewater and water for filtration sand ``Slow Sharma, A. and Daverey, A. Verma, S. [109]
 .2017 ,58--47 pp. ,1 no. ,6 vol. Reviews, Technology Environmental review," treatment--a
- bacterial of ``Removal López-Pila, M. J. and Rosenwinkel, K.-H. Graeber, I. Dizer, H. Bauer, R. [110]
 by pollution fecal high with waters from adenoviruses enteric and coliphages indicators, fecal
 .2011 ,452--439 pp. ,2 no. ,45 vol. research, Water filtration," sand slow
- .2011 treatment," wastewater and water in ``Biofilms Boltz, P. J. and Lewandowski Z. [111]
- Reference water," drinking of biotreatment 41.6`` Juhna, T. and Egli, T. Velten, S. Hammes, F. [112]
 Biotechnology, Sciences-Comprehensive Environmental and Systems Earth in Module
 .2011 ,530--517 pp.
- particles and contamination microbial removing in filtration sand slow on ``Review Guchi, E. [113]
 .2015 ,55--47 pp. ,2 no. ,3 vol. Nutrition, and Food of Journal American water," drinking from
- pathogen of ``Removal Kästner, M. and Müller, A. J. Reiche, N. Braeckvelt, M. Seeger, M. E. [114]
 approaches," Optimization filtration: sand slow using effluent secondary from indicators
 .2016 ,644--635 pp. ,95 vol. engineering, Ecological
- sand slow by microcystins of ``Removal Bartel, H. and Chorus, I. Böttcher, G. Grützmaier, G. [115]
 ,394--386 pp. ,4 no. ,17 vol. Journal, International An Toxicology: Environmental filtration,"
 .2002
- Journal-American water," in cryptosporidium of significance and ``Occurrence Rose, B. J. [116]
 .1988 ,58--53 pp. ,2 no. ,80 vol. Association, Works Water

- C. J. Guelig, D. Maher, J. W. Coffey, L. S. Cordero, N. A. Weber-Shirk, L. M. Adelman, J. M. [117]
sand rapid to approach novel filters: "Stacked Lion, W. L. and Hurst, W. M. Stodter, C. S. Will,
.2012 ,1008--999 pp. ,10 no. ,138 vol. Engineering, Environmental of Journal filtration,"
- Ahmad, B. Katsou, E. Boogaert, den van I. Ahmad, D. Malamis, S. Massara, M. T. Hoslett, J. [118]
and media granular using filtration water "Surface al., et Wrobel, L. Simons, S. Ghazal, H.
.2018 ,1282--1268 pp. ,639 vol. Environment, Total the of Science review," A membranes:
astewater irrigation," wastewater of trade-offs "Non-pathogenic Scott, A. C. and Qadir M. [119]
.2010 ,101 p. Irrigation,
and treatment engineering: "Wastewater Stensel, D. H. and Burton, F. Tchobanoglous, G. [120]
.2003 ,201 p. ,5 no. ,95 vol. Journal, Association. Works Water American reuse,"
and carbon organic dissolved of "Removal Mohamed, H. M. and Tizaoui, C. Essandoh, M. H. [121]
--3559 pp. ,11 no. ,47 vol. research, Water treatment," aquifer soil simulated during nitrogen
.2013 ,3572
reinforcement of asperities surface and sand of size particle of "Effect Gali, L. M. and Vangla P. [122]
--254 pp. ,3 no. ,44 vol. Geomembranes, and Geotextiles behaviour," shear interface their on
.2016 ,268
systems," absorption subsurface of operation "Equilibrium Healey, K. and Laak, R. Kropf, F. [123]
.1977 ,2016--2007 pp. Federation), Control Pollution (Water Journal
wastewater of treatment the in enzymes hydrolytic on review "A Freire, D. and Cammarota M. [124]
,2210--2195 pp. ,17 no. ,97 vol. technology, Bioresource content," grease and oil high with
.2006
filters sand dosed intermittently in "Clogging Darby, L. J. and Tchobanoglous, G. Leverenz, L. H. [125]
.2009 ,705--695 pp. ,3 no. ,43 vol. research, Water treatment," wastewater for used

- uasb of filtration sand "Slow Chopra, A. and Mehrotra, I. Kazmi, A. A. Khan, A. A. Tyagi, K. V. [126]
-571 pp. ,2 no. ,249 vol. Desalination, technique," treatment post promising A effluent: reactor
.2009 ,576-
- .2017 ,https://www.bts-academy.com/en/serv_det.php?page=375 bts-academy.com." ---" [127]
.[2023-07-11 [Accessed
- Scientific International in methodology," studies "Previous Silva, da L. R. and Tahan R. [128]
.2022 Press, ACM eds.), Silva, da L. R. and Tahan (R. Education Special Conference
- .2002 Elsevier, Science. Fisheries and Aquaculture in Developments Huguenin, E. John C. J. [129]
involving treatment wastewater for plant "Pilot Amrane, A. and Issaadi, R. Taha, S. Touil, Y. [130]
and Desalination sahara," algerian the of dunes of sand on filtration biological and pit septic
.2009 ,152--148 pp. ,3-1 no. ,10 vol. treatment, water
- in reduction pathogen for technology filtration "Improved Dentel, S. and Nkeng, G. Tellen, V. [131]
.2010 ,306--285 pp. ,2 no. ,2 vol. Water, supplies," water rural
- iron with modified filter biosand of evaluation "Performance Davra, K. and Ahammed M. M. [132]
,3-1 no. ,276 vol. Desalination, water," drinking of treatment household for sand oxide-coated
.2011 ,293--287 pp.
- biological in processes removal "Phenolic Burton, S. and Cowan, D. Ramond, J.-B. Welz, P. [133]
,269--262 pp. ,119 vol. Technology, Bioresource microcosms," and columns sand filters, sand
.2012
- A sand: of types different using dyes of "Adsorption Adegoke, A. K. and Bello, A. I. Bello, S. O. [134]
.2013 ,129--117 pp. ,66 vol. Chemistry, of Journal African South review,"
- dunes--filters of sand on filtration "Biological Amrane, A. and Issaadi, R. Gherairi, Y. Touil, Y. [135]
.2014 ,478--471 pp. ,50 vol. Procedia, Energy fouling,"
- urban of treatment "Advanced Guida, M. and Attanasio, D. Grassi, M. Fiorentino, A. Rizzo, L. [136]
a on Effect reuse: wastewater for adsorption graphene and filtration sand by wastewater

engineering, chemical environmental of Journal toxicity," and pharmaceuticals of mixture
 .2015 ,128--122 pp. ,1 no. ,3 vol.

biological in processes removal ``Phenolic Burton, S. and Cowan, D. Ramond, J.-B. Welz, P. [137]
 ,269--262 pp. ,119 vol. Technology, Bioresource microcosms," and columns sand filters, sand
 .2012

treatment water simple A (bsf): filter ``Bio-sand Ghosh, C. G. and Chakraborty, K. T. Kabir, E. A. [138]
 hard-to-reach prone hazard in health promote to and supply water drinking safe for device
 ,5 no. ,5 vol. Protection, Environmental of Journal American bangladesh," of areas coastal
 .2016 ,112--107 pp.

of characteristics ``Physicochemical Baaziz, A. D. and Kettab, A. Badri, A. Maazouzi, A. [139]
 of Journal Algerian pretreatment," wastewater bechar for used dunes sand sahara algerian
 .2017 ,3 no. ,3 vol. Technology, and Science Environmental

winery treating system filter sand ``Biological Welz, P. and Haldenwang, R. Holtman, G. [140]
 Process Water of Journal neutralisation," ph and load organic in reduction effective for effluent
 .2018 ,127--118 pp. ,25 vol. Engineering,

seawater in reduction biofouling for filtration sand ``Slow Schneider, P. R. and Oliveira de F. F. [141]
 .2019 ,486--474 pp. ,155 vol. research, Water osmosis," reverse by desalination

and rate filtration between ``Relevance Bakri, B. and Selintung, M. Pallu, M. Adriati, Y. [142]
 and Earth Series: Conference IOP in systems," filter downflow in thickness media filter
 .2020 Publishing, IOP ,012130 p. ,419 vol. Science, Environmental

system filtration sand of ``Performance Bahrodin, B. M. and Zaidi, S. N. Aris, A. Sze, S. Y. [143]
 Environmental of Journal treatment," wastewater polishing for depth bed sand different with
 .2021 ,457--452 pp. ,2 no. ,9 vol. Techniques, Treatment

- to exudates root artificial of usage the "Exploring Matamoros, V. and Larzabal, E. Casas, E. M. [144]
vs. Synthetic filters: sand slow in concern emerging of contaminants of removal the enhance
.2022 ,153978 p. ,824 vol. Environment, Total The of Science conditions," wastewater real
efficient economically an of suitability and "Performance Khare, D. and Mishra, K. P. Gupta, S. [145]
Proceedings, Today: Materials rainwater," harvested roof-top of filtration for filter sand rapid
.2023
- of characteristics "Physicochemical Baaziz, A. D. and Kettab, A. Badri, A. Maazouzi, A. [146]
of Journal Algerian pretreatment," wastewater bechar for used dunes sand sahara algerian
.2017 ,3 no. ,3 vol. Technology, and Science Environmental
- "Biosand Benetti, D. A. and Chaúque, M. J. B. Silva, Almeida de C. M. Romero, Duran A. D. [147]
microorganism on turbidity of influence technology: treatment water point-of-use a as filter
.2020 ,2302 p. ,8 no. ,12 vol. Water, efficiency," removal
- tertiaire traitement d'un l'application de "Etude Ph, R. K. and Tarik, H. Rafika, K. [148]
vue en ouargla de aéré lagunage de station la de épurées usées eaux les sur complémentaire
.2017 ,1 vol. SAGREN, Environ. Agric. Systèmes aride," milieu en agricole réutilisation de
- des bactériologique et physicochimique qualité la de "Evaluation Achour, S. and Ounoki S. [149]
irrigation," en valorisation leur de possibilité d'ouargla. ville la de épurées et brutes usées eaux
.2014 ,20 no. ,9782-2521 E-ISSN/3680-1112 P-ISSN Journal LARHYSS
- des bactériologique et physicochimique qualité la de "Evaluation Achour, S. and Ounoki S. [150]
irrigation," en valorisation leur de possibilité d'ouargla. ville la de épurées et brutes usées eaux
.2014 ,20 no. ,9782-2521 E-ISSN/3680-1112 P-ISSN Journal LARHYSS
- 2010 © pyrolysis. and gasification biomass handbook. design gasification "Biomass Basu, P. [151]
.2010 B978-2-00005.8-374988-12-0, rep., tech. ",1016.10 doi: inc. elsevier
- .2002 Elsevier, media. filter of Handbook Sutherland, K. and Purchas D. [152]

- des Nationale Ecole préparés," cours eaux, des traitement de filières "Différents Salghi, R. [153]
d'Agadir. Appliquées Sciences
- Jour À Mise Entièrement édition," 9e l'eau de "L'analyse Merlet, N. and Legube, B. Rodier, J. [154]
.2009 Paris, Dunod
- of (qpa) analysis phase quantitative based refinement "Rietveld Chihi, S. and Hadjadj K. [155]
.2020 ,9--1 pp. Silicon, sand," dunes algeria) in oriental erg grand of (part ouargla
- of "Improvement Merabet, D. and Bonet-Martinez, E. Cormier, L. Bouzidi, N. Aissou, S. [156]
Boletín sand," dune on based glasses $Na_2O-CaO-SiO_2$ of properties optical and mechanical
.2018 ,230--221 pp. ,6 no. ,57 vol. Vidrio, y Cerámica de Española Sociedad la de
- non organiques polluants de d'élimination AD-OX Procédé Creanga-Manole, C. [157]
.2007 thesis, PhD catalytique). oxydation puis adsorption (par biodégradables
- de régional Centre techniques. et réglementaires Aspects eaux: des Analyse Rejsek, F. [158]
.2002 d'Aquitaine, pédagogique documentation
- mesure," classification, Caractérisation, l'eau: de industrielle "Pollution BOEGLIN, J.-C. [159]
.1999 G1210, no. ,2 vol. l'eau, de Technologies l'ingénieur. de Techniques
- the for "Methods Lu, Z.-L. and He, L. Zhu, J.-p. Lu, R.-g. Lin, L. Liu, Y. Yu, L.-J. Wang, Q.-H. [160]
,720--709 pp. ,165 vol. Talanta, review," A nitrate: and nitrite of determination and detection
.2017
- et québec du environnementale analyse en d'expertise "Centre Black, C. and Walkley A. [161]
la de Détermination québec," du l'alimentation de et pêcheries des l'agriculture, de ministère
Walkley- méthode agricoles: sols les dans organique carbone du dosage par organique matière
.2003 MA, modifiée, Black
- silica and grease) and oil (hem; material extractable N-hexane a: "Revision ,1664 method E. [162]
and extraction by material) non-polar (sgt-hem; material extractable n-hexane treated gel
.1999 gravimetry,"

- in phytoremediation of "Applications Bedouh, Y. and Temime, A. Boufendi, M. Gherib, A. [163]
 ,9782-2521 E-ISSN/3680-1112 P-ISSN Journal LARHYSS algeria," in treatment wastewater
 .2016 ,37--23 pp. ,27 no.
- the on study experimental "An Courard, L. and Attia, S. Toguyeni, D. Delvoie, S. Mabila, E. [164]
 mechanical and thermophysical the improving for residue butter shea and straw fonio of use
 Characterization Materials and Minerals of Journal blocks," earth compressed of properties
 .2020 ,2 no. ,8 vol. Engineering, and
- Soulami, H. Idrissi, El Sghiouri H. Moufakkir, A. Belarouf, S. Samaouali, A. Nasry, O. [165]
 of properties "Thermophysical Hafidi-Alaoui, A. and Fertahi, D. E. S. Hraita, M. Rhaffari, El Y.
 .2021 ,488 p. ,5 no. ,11 vol. Crystals, powder," glass waste containing mortar cement
 preparing for characterization dune "Sand Zaourar, B. N. and Kheloufi, A. Boussaa, A. S. [166]
 .2018 ,1232--1227 pp. ,1 no. ,16 vol. Chemistry, Open silicon," grade metallurgical
 and rate filtration between "Relevance Bakri, B. and Selintung, M. Pallu, M. Adriati, Y. [167]
 and Earth Series: Conference IOP in systems," filter downflow in thickness media filter
 .2020 Publishing, IOP ,012130 p. ,419 vol. Science, Environmental
 el- of minerals dunes sand of characterizations "Spectroscopic Mahboub, S. M. and Meftah N. [168]
 --147 pp. ,1 no. ,12 vol. Silicon, analyses," xrd and xrf ftir, by sahara) algerian (northeast oued
 .2020 ,153
- metallurgical- to source a as sand dune algerian of "Characterization Hani, A. and Meftah N. [169]
 .2022 ,2108--2105 pp. ,51 vol. Proceedings, Today: Materials production," silicon grade
 "Physico-chemical Kefaiji, A. and Kerkar, F. Zaourar, B. N. Kheloufi, A. Boussaa, A. S. [170]
 Renewable of Journal production," silicon for sand-valorization bechar of characterization
 .2016 ,486--481 pp. ,3 no. ,19 vol. Energies,

- experimental and "Characterization Kefaifi, A. and Boutarek, Zaourar N. Boussaa, Anas S. [171]
Geosciences, of Journal Arabian enrichment," sand silica algerian for application design
.2020 ,10--1 pp. ,13 vol.
- of (qpa) analysis phase quantitative based refinement "Rietveld Chihi, S. and Hadjadj K. [172]
.2020 ,9--1 pp. Silicon, sand," dunes algeria) in oriental erg grand of (part ouargla
- "Spectroscopic Bougoffa, E. S. M. and Mechri, L. M. Chihi, S. Benkrima, Y. Mahdadi, N. [173]
,14 no. ,15 vol. Geosciences, of Journal Arabian dunes—algeria," sand ouargla of properties
.2022 ,1288 p.
- Singh, D. and Keshava, S. Pathak, P. Iyer, K. Uday, K. Srinivas, K. Padmakumar, G. [174]
-38 pp. ,139 vol. Geology, Engineering desert," indian from sands aeolian of "Characterization
.2012 ,49-
- of "Improvement Merabet, D. and Bonet-Martinez, E. Cormier, L. Bouzidi, N. Aissou, S. [175]
Boletín sand," dune on based glasses $Na_2O-CaO-SiO_2$ of properties optical and mechanical
.2018 ,230--221 pp. ,6 no. ,57 vol. Vidrio, y Cerámica de Española Sociedad la de
- fractionated sand of "Characterization Islam, T. and Islam, M. Ali, M. MA, H. Zaker, Y. [176]
Journal Research adsorbent," an as application its and bangladesh soil, bijoypur from
ISSN, _____ Sciences Chemical of
.2013 606X, p. ,2231 vol.
- Applied temperature," variable during treatment wastewater of "Performance Alisawi, O. A. H. [177]
.2020 ,89 p. ,4 no. ,10 vol. Science, Water
- on change ph of "Consequences Jarvis, P. and Jefferson, B. Stephenson, T. Pidou, M. Ncube, P. [178]
,119--111 pp. ,128 vol. Research, Water filter," multimedia a using filtration depth wastewater
.2018

- “Bioreactor Kumar, T. and Thanki, A. Yadav, M. Gani, M. K. Singh, P. R. Pandey, S. Singh, K. N. [179] in wastewater,” municipal and domestic of bioremediation for technology bioprocess and .2020 Elsevier, ,273--251 pp. pollutants, of Bioremediation
- treatment sewage a from heat wastewater obtaining of “Possibility Kotas, P. and Pochwała S. [180] ,44 vol. Conferences, of Web E3S in study,” case pump--a heat a of means the by plant .2018 Sciences, EDP ,00144 p.
- sewage of evaluation “Performance Mujahid, N. and Zubair, A. Selintung, M. Mangarengi, N. [181] Earth Series: Conference IOP in campus,” engineering gowa of building the in plants treatment .2020 Publishing, IOP ,012166 p. ,419 vol. Science, Environmental and
- .2018 Elsevier, ,39--21 pp. Bioassays, in water,” and air of analysis “Chemical Ali, J. and Khan S. [182] chemical for assessment “Risk Benmoussa, Y. and Mellouk, A. Benyagoub, E. Nabbou, N. [183] of (southwest bechar in located plant processing milk a from effluents dairy of pollution .2020 ,12--1 pp. ,10 vol. Science, Water Applied algeria),”
- “Performance Assobhei, O. and Mountadar, M. Etahiri, S. Aboussabiq, F. Yettefti, K. I. [184] of Effect wastewater: of effluent secondary of treatment tertiary for filter sand of evaluation .2013 ,113--106 pp. ,68 vol. Chem, Phys. J. evaluations,” loading hydraulic
- raw of filtration sand “Slow Wichern, M. and Krimmler, S. Nettmann, E. Lübken, M. Kaetzl, K. [185] ,1 no. ,10 vol. reports, Scientific media,” filtration alternative an as biochar using wastewater .2020 ,1229 p.
- .2015 analysis,” chemical instrumental of applications “Environmental Barbooti, M. [186] research,” ecology and environmental of journal “International Adhikari, S. [187]
- system filtration sand of “Performance Bahrodin, B. M. and Zaidi, S. N. Aris, A. Sze, S. Y. [188] Environmental of Journal treatment,” wastewater polishing for depth bed sand different with .2021 ,457--452 pp. ,2 no. ,9 vol. Techniques, Treatment

- of "Treatment Dong, R. and Masi, F. Kirui, K. W. Kuschk, P. Brix, H. Wallace, S. Wu, S. [189]
overall and strategies operational challenges, wetlands: constructed in effluents industrial
.2015 ,120--107 pp. ,201 vol. Pollution, Environmental performance,"
- controlling and measuring in advances "Recent Hamzah, S. and Abuhabib, A. A. Idais, H. R. [190]
Membrane Driven Osmotically review," A swro: osmosis reverse seawater of biofouling
.2021 Processes,
- Martínez-Dávila, P. J. Castañeda-Chávez, Refugio del M. Landeros-Sánchez, C. Galaviz-Villa, I. [191]
of contamination "Agricultural Lango-Reynoso, F. and Nikolskii-Gavrilov, I. Pérez-Vázquez, A.
problem," health public and environmental an nitrites: and nitrates with water subterranean
.2010 ,17 p. ,2 no. ,2 vol. science, agricultural of Journal
- and denitrification "Nitrification, Farahbakhsh, K. and McBean, A. E. Murphy, M. H. [192]
health, and water of Journal cambodia," rural in filters biosand point-of-use in ammonification
.2010 ,817--803 pp. ,4 no. ,8 vol.
- particles and contamination microbial removing in filtration sand slow on "Review Guchi, E. [193]
.2015 ,55--47 pp. ,2 no. ,3 vol. Nutrition, and Food of Journal American water," drinking from
- total for filtration sand rapid direct of modeling and "Estimation Ma, T. and Liu, Z. Yu, J. Li, Y. [194]
Technology, and Science Water effluents," clarifier secondary from removal coliform fecal
.2012 ,1623--1615 pp. ,9 no. ,65 vol.
- Handy, T. E. Newell, J. M. Sapkota, R. A. Chiu, C. P. Allard, S. Kulkarni, P. Bradshaw, R. Kim, S. [195]
surface in coli escherichia reduces filtration iron-sand "Zero-valent al., et Kniel, E. K. East, L. C.
.4 vol. Systems, Food Sustainable in Frontiers environments," growing green leafy and water
.2020 ,112 p.

الملاحق

جدول رقم 1-6: جدول « Mac-Crady »

Nombre de tubes positifs	NPP pour 100mL
001	3
010	3
100	4
101	7
110	7
111	11
120	11
200	9
201	14
210	15
211	20
220	21
221	28
300	23
301	39
302	64
310	48
311	75
312	120
320	93
321	150
322	210
330	240
331	460
332	1100
333	1400

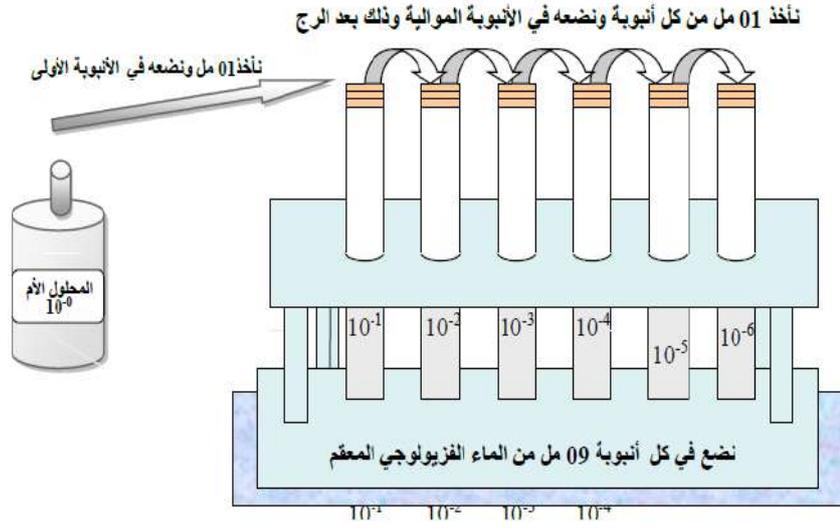
جدول رقم 2-6: جدول يوضح قراءة النتائج بطريقة NPP

Examples	Volume d'échantillon ou dilution								NPP pour 100 mL
	10mL	1mL	¹ -10	² -10	³ -10	⁴ -10	⁵ -10	⁶ -10	
Examples 01	3	3	3	2	1	0	0	0	15×3^{10}
Examples 02	3	3	2	2	0	0	0	0	2.1×3^{10}
Examples 03	2	2	0	0	0	0	0	0	21

حيث نبدأ القراءة من آخر 3 أنابيب موجبة و تكون منها عدد ذو ثلاث أرقام و بالتالي : في المثال الأول يتشكل لنا العدد : 321 ، بمطابقة هذا العدد في جدول « Mac-Crady » نجده يوافق العدد 150 ، وللحصول على عدد البكتيريا في المحلول الأم نضرب العدد الناتج في مقلوب التخفيف ²¹⁰ أي:

$150 \times 2^{10} = 15 \times 3^{10}$ بكتيريا / 100 ملل . أنظر الجدول (ر) (1-6) و الجدول رقم (2-6)

طريقة تحضير التخفيفات العشرية - الإماهة - :

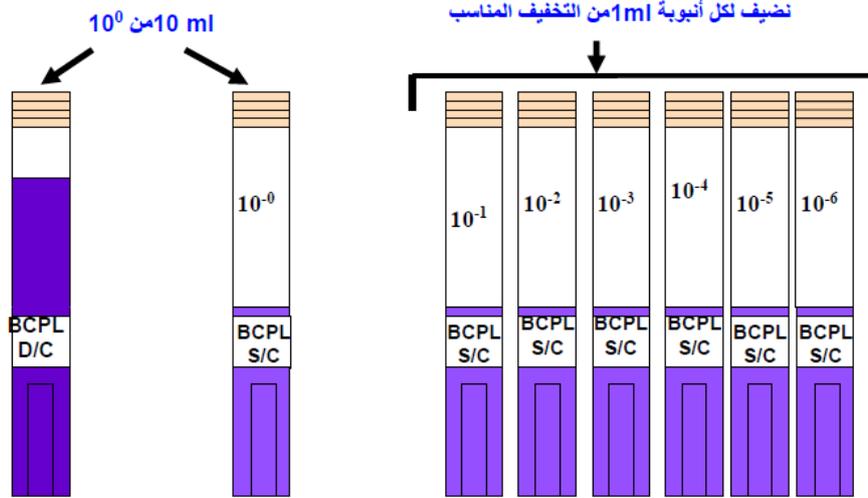


شكل رقم 1-7 : الاماهة - تحضير التخفيفات العشرية

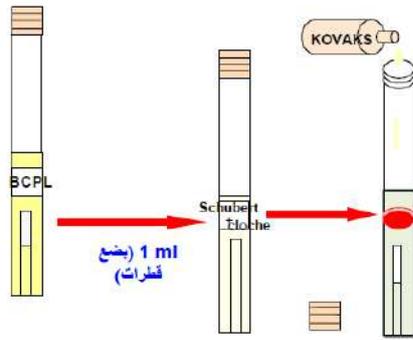
اختبار الكشف وعد بكتريا القولون الكلية و البرازية



مقارنة بين الانابيب الموجبة والسالبة



- مع العلم أن العمل يكون ثلاثي أي كل أنبوبة تكرر 03 مرات.
- الحضانة في 37°C لمدة 24-48 ساعة.
- الألبان الموجبة تكون كالتالي: تغير اللون إلى الأصفر + تكون الغاز في الناقوس.

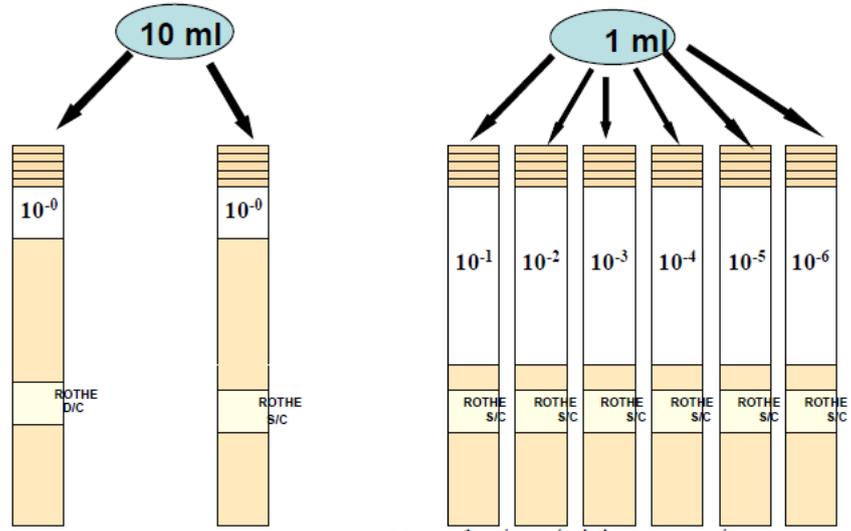


- الحضانة في 44°C لمدة 24-48 ساعة.
- الألبان الموجبة تكون كالتالي: تغير لون الألبان + تكون الغاز في الناقوس + ظهور حلقة حمراء عند إضافة Kovax.

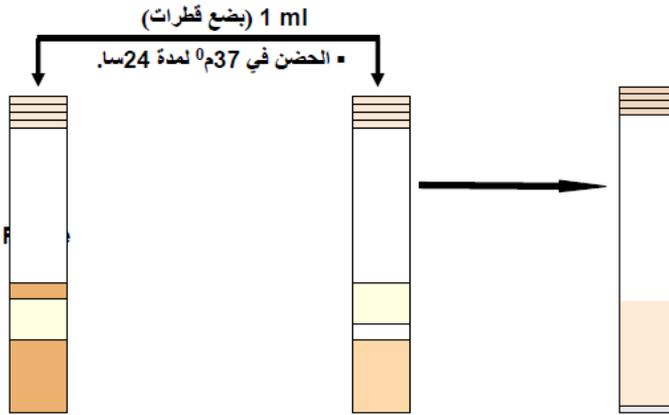


شكل رقم 2-7 : اختبار الكشف وعد بكتريا القولون الكلية و البرازية -

اختبار كشف و عد البكتيريا السباحية البرازية (Les streptocoques fécaux)



- مع العلم أن العمل يكون ثلاثي أي كل أنبوبة تكرر 03 مرات.
- الحضانة في 37°م لمدة 24-48 س.
- الأنابيب الموجبة تكون كالتالي: تعكر الأنابيب Trouble



- الأنابيب الموجبة تكون كالتالي: تعكر لون الأنابيب .

شكل رقم 7-3 : اختبار كشف و عد البكتيريا السباحية البرازية



O.N.E.D.D
Station de Surveillance de Ouargla
Bulletin d'Analyses
N° :18/2018

Pour le compte de :ONA

Lieu de prélèvement : Sidi Khouiled.

Prélèvement effectué le : 30/08/2018.

Date de réception de l'échantillon au laboratoire : 30/08/2018.

Échantillon : rejet final.

Unité : Step Sidi Khouiled.

Par : S.S.OGX.

Présentation des Résultats d'Analyses

Paramètres	Unités	Résultats	Valeurs Limites (*)	Méthode
Température	°C	30	30	Multi-Paramètres
PH	/	8.03	6.5-8.5	
Matières en suspension (MES)	mg/l	88	35	ISO 11923:1997
Demande biochimique en oxygène (DBO ₅)	mg/l	60	35	DBO mètre
Demande chimique en oxygène(DCO)	Mg/l	393	120	ISO 6060:1989
Azote kjeldahl (NK)	mg/l	94.70	30	ISO 5669: 1984
Phosphore total	mg/l	25.1	10	ISO 6878 : 2004
Huiles et graisses (HG)	mg/l	3.37	20	Méthode Rodier
Hydrocarbure totaux	Mg/l	/	10	ASTM D 1664 A
aluminium	mg/l	<1	3	ISO 120120: 1997
Cadmium	mg/l	<0.03	0.2	ISO 8288 : 1986
Cuivre total	mg/l	<0.1	0.5	
Mercure total	mg/l	/	0.01	ISO:5666:1999
Plomb total	mg/l	<0.2	0.5	ISO 8288 : 1986
Chrome total	mg/l	<0.2	0.5	
Manganèse	mg/l	<0.03	1	
Nickel total	mg/l	0.4	0.5	
Zinc total	mg/l	<0.03	3	
Fer	mg/l	4.7	3	FD T90-112
Débit	m ³ /h	40	/	calcul

Couleur	réelle
Odeur	absence
aspect	claire

Observation sur site	-
----------------------	---

(*) Norme algérienne: décret exécutif n°06/141 du 19 Avril 06 définissant les valeurs limites des rejets d'effluents liquides industriels.

Interprétation : D'après les résultats d'analyses, on constate que l'échantillon n'est pas conforme aux valeurs limites édictées par la réglementation en vigueur.

Ouargla Le...

رئيس محطة مراقبة البيئة
بن بوحسان وسيم





O.N.E.D.D

Station de Surveillance de Ouargla

Bulletin d'Analyses
N° :12/2018

Pour le compte de :ONA .

Lieu de prélèvement :N'goussa, Ouargla.

Prélèvement effectué le : 06/09/2018.

Date de réception de l'échantillon au laboratoire : 06/09/2018.

Échantillon : rejet final.

Unité : Step N'goussa.

Par : S.S.OGX.

Présentation des Résultats d'Analyses

Paramètres	Unités	Résultats	Valeurs Limites (*)	Méthode
Température	°C	32.6	30	Multi-Paramètres
PH	/	7.14	6.5-8.5	
Matières en suspension (MES)	mg/l	15	35	ISO 11923:1997
Demande biochimique en oxygène (DBO ₅)	mg/l	10	35	DBO mètre
Demande chimique en oxygène(DCO)	Mg/l	115.2	120	ISO 6060:1989
Azote kjeldahl (NK)	mg/l	3.4	30	ISO 5669: 1984
Phosphore total	mg/l	0.9	10	ISO 6878 : 2004
Huiles et graisses (HG)	mg/l	0.14	20	Méthode Rodier
Hydrocarbure totaux	Mg/l	<2	10	ASTM D 1664 A
aluminium	mg/l	< 1	3	ISO 120120: 1997
Cadmium	mg/l	<0.03	0.2	ISO 8288 : 1986
Cuivre total	mg/l	<0.1	0.5	
Mercure total	mg/l	/	0.01	ISO:5666:1999
Plomb total	mg/l	<0.2	0.5	ISO 8288 : 1986
Chrome total	mg/l	<0.2	0.5	
Manganèse	mg/l	<0.03	1	
Nickel total	mg/l	<0.2	0.5	
Zinc total	mg/l	<0.03	3	
Fer	mg/l	<0.2	3	FD T90-112
Débit	m ³ /h	35	/	calcul

Couleur	réelle
Odeur	présence
aspect	claire

Observation sur site	-
----------------------	---

(*) Norme algérienne : décret exécutif n°06/141 du 19 Avril 06 définissant les valeurs limites des rejets d'effluents liquides industriels.

Interprétation : D'après les résultats d'analyses, on constate que l'échantillon est conforme aux valeurs limites édictées par la réglementation en vigueur.

بن محمد بن
بن محمد بن





O.N.E.D.D

Station de Surveillance de Ouargla

Bulletin d'Analyses
N° :17/2018

Pour le compte de :ONA .

Lieu de prélèvement : Ouargla.

Prélèvement effectué le : 30/08/2018.

Date de réception de l'échantillon au laboratoire : 30/08/2018.

Échantillon : rejet final.

Unité :STEP Ouargla.

Par : S.S.OGX.

Présentation des Résultats d'Analyses

Paramètres	Unités	Résultats	Valeurs Limites (*)	Méthode
Température	°C	30.1	30	Multi-Paramètres
PH	/	7.51	6.5-8.5	
Matières en suspension (MES)	mg/l	115	35	ISO 11923:1997
Demande biochimique en oxygène (DBO ₅)	mg/l	70	35	DBO mètre
Demande chimique en oxygène(DCO)	Mg/l	528	120	ISO 6060:1989
Azote kjeldahl (NK)	mg/l	122.72	30	ISO 5669: 1984
Phosphore total	mg/l	20.3	10	ISO 6878 : 2004
Huiles et graisses (HG)	mg/l	>0.5	20	Méthode Rodier
Hydrocarbure totaux	Mg/l	>2	10	ASTM D 1664 A
aluminium	mg/l	<1	3	ISO 120120: 1997
Cadmium	mg/l	<0.03	0.2	ISO 8288 : 1986
Cuivre total	mg/l	<0.1	0.5	
Mercure total	mg/l	/	0.01	ISO:5666:1999
Plomb total	mg/l	<0.2	0.5	ISO 8288 : 1986
Chrome total	mg/l	<0.2	0.5	
Manganèse	mg/l	<0.03	1	
Nickel total	mg/l	<0.2	0.5	
Zinc total	mg/l	<0.03	3	
Fer	mg/l	<0.2	3	FD T90-112
Débit	m ³ /h	833	/	calcul

Couleur	réelle
Odeur	absence
aspect	claire

Observation sur site	-
----------------------	---

(*) Norme algérienne : décret exécutif n°06/141 du 19 Avril 06 définissant les valeurs limites des rejets d'effluents liquides industriels.

Interprétation : D'après les résultats d'analyses, on constate que l'échantillon n'est pas conforme aux valeurs limites édictées par la réglementation en vigueur.

Ouargla Le :



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

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

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

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

CHAPITRE II CONTROLES

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

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

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

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

CHAPITRE III DISPOSITIONS FINALES

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

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

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

Ahmed OUYAHIA.

ANNEXE

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

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

* Température : inférieure ou égale à 30° C

* PH : compris entre 5,5 et 8,5

ABSTRACT

This study aims to characterize the physicochemical and morphological properties of three distinct types of Ouargla sand (located in the South of Algeria) comprising the dune sand, medium sand, and coarse sand from Sidi Khouiled, Touggourt, and Hassi Sayeh regions, respectively. The objective is to evaluate their potential suitability for enhancing the physicochemical and bacteriological quality of treated wastewater at the Said Otba station (Ouargla, South of Algeria) through the implementation of a Bio-Sand Filter (BSF).

Surface imaging through SEM reveals diverse shapes and sizes of sand grains in the three types. The EDX/XRD analysis of these sands identifies the presence of SiO₂ (α -quartz), Al₂O₃, and other oxides including Iron, Magnesium, and Calcium oxides.

In comparison to expensive advanced methods, the results obtained from three optimized sand filter conditions indicate satisfactory outcomes. The reduced rates for ESM, COD, and BOD₅ are 92.54%, 83.72%, and 85.54%, respectively. Furthermore, the elimination rates for NO₃ and NO₂ stand at 97.67% and 92.06%, respectively. The study also demonstrates significant percentages of removal of total germs (GT), total coliforms (CT), fecal coliforms (CF), and fecal streptococci (SF).

KEYWORDS: Wastewater, Sand filter, Bacterial degradation, Microbiological quality.

RÉSUMÉ

Cette étude vise à caractériser les propriétés physico-chimiques et morphologiques de trois types distincts de sable d'Ouargla (situé dans le sud de l'Algérie) comprimant le sable de dune, le sable moyen et le sable grossier des régions de Sidi Khouiled, Touggourt et Hassi Sayeh, respectivement. L'objectif est d'évaluer leur aptitude potentielle à améliorer la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux usées traitées à la station Said Otba (Ouargla, sud de l'Algérie) grâce à la mise en œuvre d'un filtre à sable biologique (BSF).

L'imagerie de surface par SEM révèle des formes et des tailles variées de grains de sable dans les trois types. L'analyse EDX/XRD de ces sables identifie la présence de SiO₂ (aie-quartz), Al₂O₃, et d'autres oxydes, y compris les oxydes de fer, de magnésium et de calcium.

Par rapport aux méthodes avancées coûteuses, les résultats obtenus à partir de trois conditions optimisées de filtre à sable indiquent des résultats satisfaisants. Les taux réduits pour ESM, COD et BOD₅ sont respectivement de 92,54%, 83,72% et 85,54%. De plus, les taux d'élimination pour NO₃ et NO₂ s'élèvent à 97,67% et 92,06% respectivement. L'étude démontre également des pourcentages significatifs d'élimination des germes totaux (GT), des coliformes totaux (CT), des coliformes fécaux (CF) et des streptocoques fécaux (SF).

MOTS-CLÉS: Eaux usées, Filtre à sable, Dégradation bactérienne, Qualité microbiologique.

المخلص :

تهدف هذه الدراسة إلى توصيف الخصائص الفيزيوكيميائية والمورفولوجية لثلاثة أنواع مختلفة من رمل ورقلة (تقع في جنوب الجزائر) وتتألف من رمل الكثبان ورمل متوسط ورمل خشن من مناطق سيدي خويلد وتقرت وحاسي السايح على التوالي. الهدف هو تقييم إمكانية استخدامها لتحسين الجودة الفيزيوكيميائية والبكتيريولوجية لمياه الصرف الصحي المعالجة في محطة سعيد عتبة (ورقلة، جنوب الجزائر) من خلال تنفيذ فلتر الرمل الحيوي (BSF). تظهر الصور السطحية من خلال المجهر الإلكتروني الماسح تنوعاً في الأشكال والأحجام لحبيبات الرمل في الأنواع الثلاثة. تحليل EDX/XRD لهذه الرمال يحدد وجود SiO₂ (كوارتز α) و Al₂O₃ وأكسيدات أخرى بما في ذلك أكسيد الحديد والمغنيسيوم وكالسيوم. في مقارنة مع الطرق المتقدمة التي تكون تكاليفها باهظة، تشير النتائج التي تم الحصول عليها من ثلاث ظروف محسنة لفلتر الرمل إلى نتائج مرضية. نسب التخفيض للمواد العالقة (ESM) و COD و BOD₅ هي 92.54% و 83.72% و 85.54% على التوالي. علاوة على ذلك، نسب الإزالة لـ NO₃ و NO₂ تبلغ 97.67% و 92.06% على التوالي. توضح الدراسة أيضاً نسب إزالة كبيرة للجراثيم الإجمالية (GT) والكوليفورم الإجمالي (CT) والكوليفورم القلوني (CF) والستربتوكوك القلوني (SF).

الكلمات الدالة: مياه الصرف الصحي، فلتر الرمل، التحلل البكتيري، الجودة البكتيريولوجية.