وزارة التعليم والبحث العلمي

جامعة قاصدي مرباح – ورقلة –

كلية الرياضيات وعلوم المادة

قسم الكيمياء

مذكرة مقدمة لنيل شهادة ماستر أكاديمي

في الكيمياء

التخصص: كيمياء المحيط

من إعداد: نور الهدى لكحل – حدة خرفي

بعنوان

إعادة استعمال المياه المعالجة

نوقشت علنًا يوم:2022/05/30

أمام لجنة المناقشة:

خولة شاوش	أستاذة محاضرة ب	جامعة قاصدي مرباح ورقلة	رئيسا
خضرة مقدم	أستاذة محاضرة أ	جامعة قاصدي مرباح ورقلة	مناقشا
إبراهيم العابد	أستاذ محاضر أ	المدرسة العليا للأساتذة ورقلة	مؤطرا

السنة الجامعية 2022/2021

بسم الله الرحمن الرحيم
Ramstarab.com

الإهـــداء

أولا لك الحمد ربي على كثير فضلك وجميل عطائك وجودك،

الحمد لله ربي ومهما حمدنا فلن نستوفي حمدك والصلاة والسلام

على من لا نبي بعده.

إلى ذلك الحرف اللآمنتاهي من الحب والرقة والحنان، إلى التي بحنانها إرتويت وبدفئها إحتميت، وبنورها إهتديت وببصرها إقتديت ولحقها ما وفيت، إلى من يشتهي اللسان نطقها، وترفرف العين من وحشتها، والتي كانت تتمنى رؤيتي وأنا أحقق هذا النجاح، وشاء الله أن يأتي هذا اليوم،

أهدي هذا العمل إلى أمي"فاطمة".

إلى ذلك النجم المضيء في السماء الغائب عن الدنيا لحاضر في قولبنا الذي طلما حلمتو أن يشاركني أحزاني قبل أفراحي أبي الغالي "مختار" أسكنه الله فسيح جناته.

إلى من يذكرهم القلب قبل أن يكتب القلم، إلى كم قاسموني حلو الحياة ومرها، وتحت السقف الواحد... إخوتي " محمد الحبيب"و"الحاج موسى".

إلى من تحييني بسمتها وتميتني دمعتها، إلى جدتي الغالية " عائشة وجمعة" أطال الله في عمريهما

وإلى جدي الراحل رحمة الله عليه" موسى".وأطال الله في عمري جدي"معمر"

إلى كل من يحمل لقب " لكحل" وعلى رأسهم المقربين أعمامي وعماتي كل واحد بإسمه وإلى شمعت البيت وأنوارها بناتو أعمامي " حسنآء و سرين" وأبناء عماتي ولا أنسى أيضا زوجاتهم.

إلى كل من يحمل لقب "خرفي" وعلى رأسهم أخوالي وخالاتي كل واحد بإسمه وكل أبنائهم

إلى أحسن من عرفني بهم القدر، الأصدقاء القدامى، وأصدقاء الدرب، إلى حدة، مروة، كوثر، الزائدة، شيماء، حنان، عبير، نسرين، مروة، ياقين.

إلى كل لم يدركهم قلمي، أقول لهم بعدتهم ولم يبعد عن القلب حبكم، وأنتم في الفؤاد حضور.

وأخيرا أهدي هذا العمل المتواضع إلى كل جيراني بدوني إستثناء.

نور الهدى لكحل

الإهـــداء

الحمد لله الذي هدانا وأنار خطانا وقدر لنا الآمان في طريق المعرفة ودرب العلوم فكنا بفضله ونعمته علينا.

من أي أبواب الثناء سندخل وبأي أبيات القصيدة نعبر وفي كل لمسة من وجودك معي شوق وإتلاف ومهما بعدت بيننا المسافات كان القرب في القلب كنت كالسحابة معطاة سقت فأخضرت كنت ولا زالت كالنخلة الشامخة تعطي بلا حدود.

إلى من لفظها خفيف على الإنسان، وثقيل في الميزان لا تضاهيه قناطير الماس والمرجان، إلى الحضن الدافئ ومنبع الحنان والنبع الصافي والقلب الشافي، إلى سهرت لراحتي، وتعذبت لسعادتي، وشقت لنجاحي وحملت حماقاتي ومشاغباتي إلى التي حمتني بحبها ودعواتها إلى مثال الصبر العطاء أهدي ثمرة جهدي.

إلى أمي الغالية "ريمة" رحمة الله عليها وأسكنها إلى فسيح جناته.

إلى من وهب وحياته خدمة لي، وسهر الليالي من أجل راحتي ورباني وأحسن تربيتي وعلمني مواجهة الصعاب، وأن الحياة صراع ولا نهاية له، سلاحي فيها الدين والعلم والتفوق.

إلى الذي ضحى بالنفس والنفيس من أجل سعادتي ونجاحي إلى من تحمل مصاريف هذا العمل وجعله يرى النور إلى رمز الكفاح أو الصمود.

إلى أبي العزيز " محمد الأخضر" أطال الله في عمرك أهديك ثمرة جهدي.

إلى من ينبض قلب أبي وأمين أجلهم، وإلى سندي في الحياة إخوتي الأعزاء "فاطمة، خديجة، فريدة، إلهام، رقية، ستي، وردة، منى، خولة".

إخواني " سمير، عبد اللطيف، إبراهيم، عبد الرؤوف، عامر، عبد الوهاب، نور الدين، ميلود".

الذين أتجرع معهم مر الحياة وحلوها، إلى الذين أشتاق إليهم في غيابهم أو حضورهم.

إلى زوجات إخوتي و "صليحة" وزوجة أبي.

إلى نجوم السماء المضيئة أبناء إخوتي "صبرينال، إبتهال، عديلة، ربيعة، جنة، هبة الرحمان، إخلاص، يسرى، جمانة، إلهام، ضحى، ميسان، عائشة.

عمار، محمد علي، عبد الرحمان، يوسف، محمد طه، محسن، محمد العيد، لقمان، محمد الأخضر، جاسر، محمد الطاهر.

إلى حبيباتي رفقاء الدرب " نور الهدى، شيماء، الزايدة، فردوس، مروة، كوثر، حنان.

إلى العمة التي تجري في الدم والخالة نسخة من الأم والخال والعم وأبنائهم دون إستثناء.

إلى علم حياتنا كلنا جدتي العزيزة الغالية أطال الله في عمرها

إلى جيراني وكل من يعرفني وإلى من وسعهم قلبي ولم تسعهم ورقتي إلى كل عزيز على قلب ولم يذكره لساني، أهدي لهم ثمرة جهدي.

حدة خرفي

الشكر والتقدير:

نحمد الله في علاه حمدا كثيرا طيبا، حمدا

يليق بجلال وجهه وعظيم سلطانه وعلى عظيم

نعمه، ونرفع إليه أسمى آيات الحمد والثناء حتى يرضى،

ونسجد حمدا وشكرا أن منى علينا بنعمة الصحة والتوفيق إلى طريق العلم ورزقنا من العلم ما لم نكن نعلم وفقنا لإتمام هذا العمل المتواضع

وعملا بقول الرسول الله(صلى الله عليه وسلم) : (من لا يشكر الناس لم يشكر الله)، فمن علمني حرفا صرت له عبدا لذلك نتقدم بخالص الشكر وعظيم الإمتنان إلى الدكاترة الفضلاء " العابد إبراهيم" و"بن زاهي خديجة" اللذان شجعانا في المضي قدما لإستكمال هاته المذكرة، بحسن تعاملهما وكرم أخلاقهما وسعة صدرهما، اللذان لم يدخرا جهدا في توجهنا وإرشادنا إلى الصحيح، واللذان شجعانا على المضي قدما لإستكمال هذا العمل، وقد كانا لكل ما قدماه أبلغ الأثر في هذه الدراسة ومهما عبرنا عما في أنفسنا من إمتنان فلن نوفيهما حقهما من التقدير.

الشكر وتقدير للأساتذة المناقشين" خولة شاوش" و"خضرة مقدم"

وأيضا لا ننسى الدكتور "دوادي علي" الذي لم يبخل علينا بكرم عطائه حيثما طلبناه لبى إلينا النداء حتى وإن كان في غير وقته، جعل الله عملهم هذا في ميزان حسناتهم وجزاهم عنا خير الجزاء إن شاء الله.

والشكر وتقدير إلى أساتذة قسم الكيمياء وخاصة الأساتذة الذين رفقونا طيلة مشوارنا الدراسي بكل صعابه.

الملخص:

في إطار المحافظة على الموارد المائية والبيئية تسعى الدول اليوم إلى تحويل ثروة مياه الصرف الصحي المعالجة إلى ثروة مستدامة. الهدف من هذه الدراسة هو دراسة إمكانية إعادة إستخدام المياه المعالجة في مختلف المجالات ، وذلك من خلال بعض الدراسات السابقة التي أظهرت نتائجها أن أغلب هذه المجالات هي (الزراعة والصناعة)، مما أدت هذه المعالجة إلى حل المشكل الذي وقع فيه العالم وهو زيادة الطلب على الماء في ظل نقصان الموارد المائية وتلوث النقي منها وزيادة الصرف الصحي.

الكلمات المفتاحية: المياه المعالجة، إعادة إستخدام المياه المعالجة، الثروة المستدامة.

Résumé:

Dans le cadre de la préservation des ressources hydriques et environnementales, les pays cherchent aujourd'hui à transformer la richesse des eaux usées traitées en richesse durable. L'objectif de cette étude est de réfléchir sur la possibilité de réutiliser l'eau traitée dans divers domaines, C'est à travers certaines études antérieures, dont les résultats ont montré que la plupart de ces domaines sont (agriculture et industrie), Ce traitement a conduit à une solution au problème dans lequel le monde est tombé, qui est la demande accrue en eau compte tenu de la pénurie de ressources en eau et de la pollution des eaux pures et de l'augmentation de l'assainissement.

Mots clés : eau traitée, réutilisation de l'eau traitée, richesse durable.

Abstract:

In the context of preserving water and environmental resources, countries today seek to transform the wealth of treated wastewater into sustainable wealth. this study aims to investigate the possibility of reusing treated water in various fields, It is through some previous studies, the results of which have shown that most of these areas are (agriculture and industry), This treatment has led to a solution to the problem in which the world has fallen, which is the increased demand for water in view of the scarcity of water resources and the pollution of pure waters and the increase in sanitation.

Key words: treated water, treated water reuse, sustainable wealth.

فهرس المحتويات

الرقم	العنوان	الصفحة
	قائمة المختصرات	III
	قائمة الجداول	V
	قائمة الأشكال	VI
	مقدمة	2
	مراجع المقدمة	4
	الفصل الأول: عموميات حول المياه الملوثة	
1.I	مقدمة	6
2.I	تعريف المياه الملوثة	6
3.I	مصادر تلوث المياه	6
1.3.I	مصادر طبيعية	7
2.3.I	مصادر زراعية	7
3.3.I	مصادر مياه الصرف	7
4.3.I	مصادر أخرى متنوعة	7
4.I	أنواع وحالات التلوث	7
1.4.I	التلوث الفيزيائي	7
2.4.I	التلوث الكيميائي	8
3.4.I	التلوث البيولوجي	12
5.I	أسباب التلوث	12
6.I	الأخطار الناجمة عن التلوث الماء	12
1.6.I	الأخطار الناجمة عن التلوث الكيميائي	12
7.I	مقاييس تصنيف التلوث	16
	مراجع الفصل الأول	17
	الفصل الثاني: مياه الصرف الصحي وطرق معالجتها	
1.I	مقدمة	21
2.II	تعريف المياه العادمة (الصرف الصحي)	21
3.II	خصائص مياه الصرف الصحي	23
1.3.II	الخصائص الطبيعية	23
2.3.II	الخصائص الكيميائية	26
3.3.II	الخصائص البيولوجية	28
4.II	مصادر مياه الصرف الصحي	33
1.4.II	المصادر الطبيعية	33
2.4.II	مصادر بشرية	33
5.II	آثار ملوثات مياه الصرف الصحي	34
1.5.II	آثار النيتروجين والفسفور	34
2.5.II	آثار المعادن الثقيلة	35
3.5.II	آثار التلوث الحيوي	35
6.II	المعايير والتراكيز المسموح بها لمياه الصرف الصحي المعالجة	40

1.6.II	**المعايير الدولية**	**40**
2.6.II	**المعايير الجزائرية**	**41**
7.II	**طرق معالجة مياه الصرف الصحي**	**41**
1.7.II	**المعالجة التمهيدية الإبتدائية**	**43**
2.7.II	**المعالجة الأولية**	**44**
3.7.II	**المعالجة الحيوية أو ثانوية**	**46**
4.7.II	**المعالجة الثلاثية**	**48**
8.II	**الأخطار الناجمة عن مياه الصرف الصحي**	**50**
1.8.II	**أخطارها على الأرض والفلاحة**	**50**
2.8.II	**أخطارها على صحة الإنسان**	**50**
	مراجع الفصل الثاني	**51**
الفصل الثالث: إعادة إستخدام المياه المعالجة		
1.II	**مقدمة**	**55**
2.II	**تعريف إعادة إستخدام مياه الصرف الصحي**	**55**
3.II	**إعادة إستخدام مياه الصرف الصحي المعالجة حول العالم**	**56**
4.II	**الوضع العالمي**	**56**
5.II	**مجالات إستخدام مياه الصرف الصحي**	**57**
1.5.II	**إعادة إستخدام المياه العادمة المعالجة في الري**	**58**
2.5.II	**إعادة إستخدام المياه العادمة المعالجة في الصناعة**	**61**
3.5.II	**إعادة إستخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في المناطق الحضرية**	**62**
4.5.II	**إنتاج مياه الشرب**	**62**
5.5.II	**تغذية المياه الجوفية**	**62**
6.5.II	**إستعمال مياه الصرف الصحي في تربية الأسماك**	**63**
6.II	**حالة إعادة إستخدام مياه الصرف الصحي في الجزائر**	**63**
7.II	**الإطار القانوني الخاص بإعادة إستخدام المياه المعالجة**	**63**
8.II	**الأنظمة الموجودة في العالم**	**66**
9.II	**فوائد وتحديات ومخاطر إستخدام المياه المعالجة**	**69**
10.II	**دراسة إستقصائية حول الدراسات السابقة**	**72**
	مراجع الفصل الثالث	**78**
	الخاتـــــــــــــــــــــــــــــــمة	**80**
	مراجع الخاتمة	**82**

قائمة المختصرات

الرمز	التسمية	الترجمة بالغة الأجنبية
PH	الأس الهيدروجيني	Potentiel d’hydrogène
EC	الناقلة الكهربائية	Cconductivité électrique
MES	المواد العالقة	Matière en suspension
BOD_5	الطلب البيوكيميائي للأوكسجين خلال 5 أيام	La demande biochimique en oxygène 5 jours
COD	الطلب الكيميائي للأكسجين	Demande biochimique en l’oxygène
TDS	المواد الصلبة الذائبة الكلية	Solides totaux dissous
$OXY_{.diss}$	الأكسجين المنحل	L’oxygéne dessus
N_T	الأزوت الكلي	Ortho total
OMS	منظمة الصحة العالمية	Organisation Mondiale de la Santé
USEPA	وكالة الحماية البيئة الأمريكية	United States Environmental la Santé
FAO	منظمة الأغذية والزراعة	Food and Agriculture Organization
REUE	إعادة إستخدام المياه المعالجة	Réutilisation des eaux usées épurées

قائمة الجداول:

الفصل	رقم الجدول	العنوان	الصفحة
الفصل الأول	1	تصنيف الأصبغة الصناعية	11
	2	معايير النوعية لكل أصناف الماء	16
الفصل الثاني	1	يمثل تأثير البروتوزوا والروتيفيرزعلى جودة السيب النهائي	29
	2	مسببات الأمراض البكتيرية في البراز	33
	3	بعض الفيروسات والأمراض التي تسببها الفيروسات	34
	4	بعض الأمراض التي تسببها الأوليات	34
	5	بعض الأمراض التي تحدثها الديدان الطفيلية أحادية الخلية	35
	6	معايير الصرف الدولية	36
	7	المعايير الجزائرية	36
الفصل الثالث	1	المبادئ التوجيهية الميكروبيولوجية لمنظمة الصحة العالمية المنقحة(1989) لإعادة إستخدام المياه العادمة في الزراعة	58
	2	المعايير البكتريولوجية المطبقة في بعض البلدان والتي أوصت بها المنظمات	59
	3	الحدود الموصى بها في العناصر النزرة (الشحيحة) (mgl^{-1}) في مياه الصرف الصحي المعالجة المخصصة للري	59

قائمة الأشكال:

الفصل	رقم الشكل	العنوان	الصفحة
الفصل الأول	1	مخطط يوضح الأصناف المحددة لمعايير الماء	16
الفصل الثاني	1	مراحل معالجة المياه العادمة (مخطط رمزي)	37
	2	في محطة معالجة مواقع أحواض الموازنة المياه العادمة (مخطط رمزي)	39
	3	أحواض الترويق(الترسيب الأولي)	40
	4	برك التثبيت المخلفات السائلة (الأكسدة)	41
	5	تصميم أحواض (الترسيب) الثانوي أو النهائي	42
الفصل الثالث	1	إستخدامات مياه الصرف الصحي المعالجة	49
	2	صورة توضح إستخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في ري البساتين	51
	3	يوضح إستخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في تعبئة مخزون المياه الجوفية	52

المقدمة العامة

المقدمة العامة:

الماء هو عصب الحياة، فبدونه تتوقف الحياة وتتعطل كافة الأنشطة البشرية[1]،لأنه يدخل في تكوين الإنسان والحيوان والنبات، له بنية فراغية تميزه بخواص فيزيائية وكيميائية عديدة، تتنوع مصادره الرئيسية بين سطحية وجوفية وذلك بإختلاف أشكاله ومناطق توزعه وهذا التنوع يحدث بفضل دوراته الهيدرولوجية المستمرة في الطبيعة.

يعتبر الماء العنصر الأساسي اللازم لحياة أي كائن حي كونه المساهم الأكبر لعديد من النشاطات التي يمارسها الإنسان ونظرا لسهولة الحصول عليه وزيادة إستخدامه من طرف الإنسان، ومع تطور الحياة البشرية وتقدمها تنوعت إستخدمات الماء في مجالات شتى أدى إلى تقليل كمية الماء الصالحة للإستعمال[2]،وأصبح عرضة للتلوث مما أدى إلى التغير في خواصه الطبيعية؛ الفيزيائية والكيميائية، أي يؤثر سلبا على الأحياء المائية وخاصة الأنهار كموقع لتصريف المخلفات الناتجة من النشاطات المتنوعة البشرية (الصناعية أو الزراعية)[3]،مما يجعل الدول تتسابق إلى الحفاظ على الموارد المائية من التلوث أو بمعالجتها بإستخدام طرق وتقنيات مختلفة، ولكن في القديم إقتصر الإنسان معالجة المياه من ناحية الرائحة، اللون والطعم وذلك بإستعمال الترسيب والغليان والترشيح، وجسدوا ذلك بإنشاء أول محطة معالجة بالعالم بمدينة كلاسكو الإسكتلندية عام 1807م[2].

حديثا تم تعيين مقاييس تلوث مثل درجة الحرارة، الأس الهيدروجيني،DOB_5, DCO, TDS, MES لمعرفة مدى تلوث المياه وإكتشاف أجهزة وطرق لتعيين هذه المقاييس وإستعمالها في محطات المعالجة المياه.

حيث تعد مياه الصرف الصحي إحدى مصادر تلوث البيئة عموما والموارد المائية خصوصا، وذلك عندما تطرح من دون معالجة في الأنهار والبحار والبحيرات، ولا يقتصر هذا التلوث على إنتشار الأمراض والأوبئة فقط بل يؤثر أيضا على الثروة الزراعية والحيوانية، وفي الناحية السياحية للمنطقة، وبالتالي يؤدي إلى التأثير السلبي في الدخل القومي وإقتصاد البلد، وتلافيا لهذه الأضرار لابد من المعالجة مياه الصرف الصحي قبل طرحها للإستفادة منها في أغراض إقتصادية، وإنتشرت بالوقت الحاضر بعض التقنيات التي تحافظ على السلامة البيئة وتحسن الأداء البيئي بشكل ملحوظ وتساعد على الإستمرارية والإستدامة[4].ولهذا توجد عدة طرق لمعالجة مياه الصرف الصحي منها طريقة المعالجة بالحمأة المنشطة، وطريقة المعالجة بالنباتات...إلخ.

لذا فقد تنامت أهمية معالجة وإعادة إستخدام مياه الصرف الصحي والصناعي وإتجهت معظم دول العالم إلى التخطيط والإدارة السليمة المتكاملة لإعادة إستخدام مياه الصرف معالجتها بكفاءة وذر شديد وتخلصت من الأسلوب القديم الذي كان متبعا في الماضي بالتخلص منها عن طريق صرفها على المسطحات المائية، وتطورت تقنيات وأساليب المعالجة بشكل متسارع وخاصة في السنوات الأخيرة، ويختلف تصميم محطات المعالجة طبق النوعية وخصائص مياه الصرف الصحي التي ستقوم المحطة بمعالجتها[4].

ومع إزدياد الطلب على المياه وتزايد حدة ندرتها، آن الأوان للتوقف عن النظر إلى مياه الصرف الصحي على أنها نفايات، والتعامل معها كمصدر يمكن إستخدامه في العديد من المجالات كري المحاصيل والمساعدة على معالجة ندرة المياه في قطاع الزراعة وغيرها من القطاعات. إذ يمكن إستخدام مياه الصرف الصحي المعالجة إذا ما أديرت بشكل الصحيح، بأمان لدعم إنتاج المحاصيل إما بشكل مباشر عن طريق الري أو غير مباشر عن طريق إعادة تعبئة مخزون المياه المعالجة الجوفية ولكن ذلك يتطلب إدارة دءوبة للمخاطر الصحية[5].

حيث أن هدفنا الأساسي من عملنا هذا هو معرفة مجالات إستخدام مياه الصرف الصحي وللإجابة على هذا التساؤلات الجوهرية لابد من التعرف على المياه الملوثة وآليات الصرف الصحي وكيف يتم معالجتها و كدا معايير المياه المعالجة؟

ولتحقيق هذه الأهداف شملت المذكرة على ثلاثة فصول تسبقهم المقدمة وتليها الخاتمة وهي على النحو التالي:

الفصل الأول: عموميات حول المياه الملوثة.

الفصل الثاني: مياه الصرف الصحي وطرق معالجتها.

الفصل الثالث: إعادة إستخدام المياه المعالجة.

وفي النهاية ختمنا هذا العمل بخلاصة عامة تتضمن أهم النقاط المستنبطة و الاستنتاجات التي تؤدي إلى إعادة إستخدام في مجالات أخرى مع إقتراحات وتوصيات مستقبلية.

مراجع المقدمة:

[1]: د. محمد سعيد المصري، هدى عساف، مصادر تلوث مياه جوفية، تقرير عن دراسة عملية مكتبية، وقسم الوقاية والأمان، هيئة الطاقة الذرية، سوريا، (2007).

[2]: د. حسن خالد حسن العديكي، تكنولوجيا معالجة المياه، دار زهران للنشر والتوزيع، عمان.

[3]: كرار حيدر سليمان دراسة إمكانية إستخدام بعض أنواع الطحالب في معالجة مياه الصرف الصحي وتقييم كفاءتها، بكالوريوس علوم البيئة، قسم البيئة، كلية العلوم، جامعة القادسية،(2019).

الفصل الأول:عموميات حول تلوث المياه

I. عموميات حول المياه الملوثة:

1.I مقدمة:

لقد حظي موضوع البيئة والتلوث البيئي إهتمام المتخصصين والرأي العام العالمي وكثرت الدراسات التي تناولت تلوث المياه الماء، الهواء، التربة، والغذاء وذلك بعد أن تلوثت بملوثات طبيعية وكيميائية وبيولوجية. وهو أمر أسهم بدور كبير في زيادة الأمراض وفساد مكونات البيئة. إن التلوث المائي يؤدي إلى الفقر والجفاف وحدوث أوضاع إجتماعية سيئة مما يؤدي بالإنسان الإستخدام آبار المياه مهما كانت درجة تلوثها وخطورة إستعمالها، فيؤدي ذلك للإصابة بمراض قد تكون بعضها فتاكة، وقد لا تظهر هذه الأمراض عند إستعمال الماء إلا بعد فترة زمنية[1].

سنتطرق في هذا الفصل كل ما يخص المياه الملوثة من تعريف وأنواع ومصادر وأسباب.

2.I تعريف تلوث المياه:

جاء تعريف منظمة الصحة العالمية عام 1961 م لتلوث المياه على أنه : هو أي تغيير يطرأ على الخصائص الطبيعية و الكيميائية و البيولوجية للمياه مما يؤدي إلى تغيير في حالتها بطريقة مباشرة وغير مباشرة بحيث تصبح المياه أقل صلاحية للإستعمالات الطبيعية المخصصة لها، سواء للشرب أو الإستهلاك المنزلي أو الزراعي أو غيره[2].

هو أي تغير غير مرغوب به يؤثر فيزيائيا وبيولوجيا وكيميائيا في نوعية المياه ويؤثر سلبا على الكائنات الحية، ويجعل المياه غير صالحة للإستخدمات المطلوبة[3].

أ- التغيير الفيزيائي: التحولات التي تطرأ على المياه في اللون والطعم والرائحة والناقلية الكهربائية والقساوة ودرجة الحرارة وبقية الخواص الفيزيائية.

ب-التغيير البيولوجي: يتناول طبيعة وتعداد البكتريا والطفيليات والفطريات والفيروسات التي يمكن أن تتواجد فيها.

ج- التغيير الكيميائي: هو التغير من حيث التكوين وطبيعة وتركيز المعادن والشوارد والأملاح والرقم الهيدروجيني والقلوية وغيرها ن الخواص الكيميائية والإشعاعية.

وتعرف الملوثات بحسب برنامج الأمم المتحدة للبيئة بأنها أي مادة فيزيائية أو كيميائية أو عضوية وإشعاعية موجودة في مياه الصرف الصحي وتعمل على تدني نوعية هذه المياه وتشكل خطورة تمنع الإستفادة منها[4].

3. I مصادر التلوث:

تتعد مصادر تلوث المياه ويمكن تقسيمها:

1.3.I مصادر طبيعية: وتشمل الجو، المعادن الذائبة، تحلل المواد النباتية، الجريان السطحي للأملاح والكيماويات.

2.3.I مصادر زراعية: وتشمل الإنجراف المائي للتربة، مخلفات حيوانية،(مزارع الإنتاج الحيواني والدواجن)، أسمدة كيماوية ومبيدات مياه الري.

3.3.I مياه الصرف: وتشمل الصرف الصحي والصرف الزراعي، مركبات البحرية والحوادث البحرية.

4.3.I مصادر أخرى متنوعة: مثل الأنشطة البناء المناجم، الماء الجوفي، أماكن تجمع القمامة وأماكن إنتاج الإسمنت.... إلخ[2].

4.I أنواع وحالات التلوث المائي:

إن إختيار الطريقة الأنجح إتباعها في معالجة مياه الصرف على حسب أنواع المصادر الملوثة للمياه، وبالتالي لابد من الإشارة إلى هذه الملوثات ودورها في تلويث المياه وذلك من خلال مناقشة حالات تلوث المياه التالية:

1.4.I التلوث الفيزيائي:

أ /التلوث الحراري:

ينتج هذا النوع من التلوث عن تواصل الحمم البركانية بالماء وكذلك إستعمال الماء كوسيلة للتبريد في محطات توليد الطاقة الكهربائية والمصانع ومحطات تعلية المياه، طرح هذه المياه الساخنة بالبحيرات والأنهار والمجاري المائية تؤدي إلى إرتفاع درجة الحرارة المياه، مما يتسبب في الإخلال بتوازن العمليات البيولوجية بالنبتات والحيوانات في تلك المياه، ومنه يختل التوازن البيئي[4،5].

ب/ التلوث الإشعاعي:

وهو يترجم بتمركز العناصر المشعة في جسم الكائن الحي (تسبب أمراض خطيرة)، وذلك بسبب لنشاط الإشعاعي الناتج عن المواد المشعة لمختلف المناجم والمخلفات الصناعية والتفجيرات النووية، وتعد المحطات النووية والمتشفيات ومراكز الأبحاث العلمية من أهم مصادر البشرية لهذا التلوث، أما طبيعيا قد تكون المياه

السطحية التي قد تحتوي على عناصر مشعة طبيعيا قد تكون المياه السطحية التي قد تحتوي على عناصر مشعة طبيعيا مثل اليورانيوم والراديوم[6].

I .4 .2 التلوث الكيميائي :

أ/ التلوث الصناعي:

يحدث هذا النوع من التلوث عند صرف المنشآت الصناعية لمخلفاتها ونواتجها الثانوية بدون معالجة في المجاري المائية، ومنه فإنها تشكل خطرا على كل العناصر البيئية، وهذا راجع لإحتوائها على مركبات كيميائية سامة وتتميز المياه الملوثة الصناعية بوجود:

- المواد الذهنية والعضوية (الصناعات الغذائية ومعامل السلخ).
- المعادن الثقيلة (صناعة المعادن).
- الأحماض، القواعد، مركبات الفوسفور (الصناعة الكيميائية....إلخ).
- المواد المشعة (المفاعلات النووية معالجة الفضلات الإشعاعية)[7،8].

ب/التلوث بالمبيدات والأسمدة الزراعية:

إن المبيدات التي تستعمل في مكافحة الآفات الزراعية تصنف من أخطر الملوثات وأكثرها إنتشارا، يؤدي الإسراف في إستعمالها إلى تلويث التربة، فيستعملها النبات مباشرة وبذالك تؤثر على الحيوان العشبي ومنه إلى غيره، أو تقوم الأمطار بجرفها إلى مجاري المائية فتضر بجميع الكائنات الحية فيها، وهذا الأخير يحصل أيضا مع الأسمدة الزراعية، التي تضر بدورها الحيوان والإنسان بطريقة مباشرة وغير مباشرة[9].

ث/التلوث بالمخلفات النفطية :

يعتبر النفط مصدر من المصادر التلوث المائي ويؤثر بصفة خطير عن الكائنات الحية المائية سواء في البحار أو المحيطات والمتمثل في هلاك النباتات المائية بما يحتويه من سموم بحيث يشكل طبقة عازلة تعوق تبادل الغازات بين الهواء والماء بالإضافة إلى تلوث الشواطئ، مما يؤثر على السياحة وصحة الإنسان كما

يحدث هذا التلوث بسبب الحوادث البحرية بين الناقلات العملاقة، ومن مخلفات مصافي التكرير والسفن والتسربات التي تحدث من آبار النفط والأنابيب الناقلة[10].

ج/ التلوث بالأمطار الحمضية :

أي أنها تكون ملوثة بالغازات الحمضية، مثل أكسيد الكبريت وأكسيد النيتروجين واللذان يتحولا إلى حمض الكبريتيك والنتريك، والمنبعثة من البراكين وإحتراق الوقود، ومنه تعود إلى التربة وباقي مصادر المياه في الطبيعة، وتضر بجميع الكائنات الحية التي تعيش بداخلها، وأيضا تتسبب هذه الأمطار بإذابة بعض المعادن الثقيلة من التربة وتحملها إلى البحيرات والأنهار وكذالك المياه الجوفية، مسببة أضرار للكائنات الحية بأنواعها، وذلك بطريقة غير مباشرة (إستعمال المياه الملوثة) أو غير مباشرة عن طريق السلسلة الغذائية[11].

د/ الملوثات العضوية:

أغلبها من المنتجات الإصطناعية عن النشاط البشري.

د.1. الهيدروكربونات العطرية متعددة الحلقات

وهي مركبات ناتجة عن الإحتراق غير الكامل للمنتجات البترولية: الأنشطة الحضرية والصناعية والنقل.

عموما لها مصادر منتشرة ففي الجريان السطحي يبلغ متوسط تركيزها من 0.2 إلى 1.5µg/l، أما في المناطق الحضرية يمكن أن يصل إلى7µg/l. وهي مركبات غير قابلة للذوبان في الماء، وتمتز على المواد الصلبة العالقة والرواسب، وبالتالي فهي تتركز بدرجة عالية في البيئة الطبيعية وكما تتراكم أحيائيا في الدهون، بما في ذلك الأسماك والرخويات وكثيرا منها مسرطن. تتراكم الهيدروكربونات غير القابلة للتحلل البيولوجي، حيث تغطي النباتات لتوقف تبادلها الحيوي، وتحول دون نمو الحيوانات والنباتات عندما تتشكل طبقة سطحية، فإنها تعترض الأكسجنة الطبيعية للمياه.

د.2. مركبات متعددة الكلوروـثنائي الفينيل

وهي مركبات مكلورة مستقرة جدا كانت تستخدم في المحولات الكهربائية كعوازل وفي تكوين الورنيش والحبر والدهانات والمذيبات... إلخ، إحتراقها يولد الديوكسينات والفورانات والمواد المسرطنة المؤدية إلى تشوهات خلقية.

د.3. المذيبات المكلورة

فهي تشكل عائلة من المركبات ذات خصائص ممثلة وبصرف النظر عن كلوريد الميثيل، فهو غازي في درجة حرارة الغرفة، والبعض الآخر سائل. هذه المنتجات تذوب وتجف بسرعة ويمكن إسترادادها عن طريق التقطير.

ج.4. المبيدات الحشرية

المبيد هو منتج يهدف إلى القضاء على النباتات أو الحيوانات غير مرغوب فيها لحماية المحاصيل. ويشمل مصطلح المبيدات الفطرية ومبيدات الحشرات ومبيدات الأعشاب، يسمى كذلك بمنتجات الصحة النباتية.

د.5. مشتقات البنزين

وتشمل هذه المجموعة عدد كبير من الجزيئات المستخدمة في الصناعة كمذيبات الإستخلاص (خاصة في صناعة العطور) ومن بينها مشتقات البنزين مثل: التولوين، الكزيلين، كلور البنزن، النيتروبنزين.

د.6.الفينول ومشتقاته

الفينولات مركبات عطرية هيدروكسيلية تستخدم في صناعة البلاستيك، الألياف الإصطناعية، المستحضرات الصيدلانية، صناعة المنظفات والأصباغ والمبيدات وخاصة الكلوروفينولات ومن بينها: الكلوروفينول، والميثيل فينول، ونونيل فينول التي تصنف على أنها مواد ذات أولوية في الخطورة.

د.7.الأصبغة الصناعية

تعرف الصبغة كمنتوج قادر على مادة بطريقة دائمة، لديها مجوعات تعطيها اللون تسمى الكروموفور (chromophores) ومجموعات تسمح لها بالتثبيت أوكسوكروم (auxochromes) والمصنفة حسب شدة اللون كما بالجدول I.

الجدول (I.1) تصنيف الأصبغة الصناعية

مثبتات اللون	ملونة
أمينو($-NH_2$)	آزو ($-N=N-$)
ميثيل أمينو ($-NHCH_3$)	نتروزو($-NO$ ou $-N-OH$)
ثنائي ميثيل أمينو($-N\ (CH_3)_2$)	كربونيل ($C=O$)
هيدروكسيل($-OH$)	$-Vinyl(-C=C)$
الكوكسيل ($-OR$)	نترو($-NO_2$ou$=NO-OH$)
مجموعات مانحة للإلكترونات	كبريتيد ($<C=S$)

تستخدم الأصباغ في مجالات رئيسية كالتالي[12]:

- صناعة النسيج.
- صناعة المواد البلاستيكية.
- صناعة دهانات البناء.
- صناعة مستحضرات التجميل.
- صناعة المواد الغذائية(الملونات الغذائية).
- الطباعة (الحبر والورق).

3.4.I التلوث البيولوجي

وهذا ناتج عن طرح مياه الصرف في الأوساط المائية النقية، الصالحة للشرب وغير الصالحة مثل الأنهار والبحار، فتعمل على تزويدها بالبكتيريا الممرضة والحيوانات الأولية (الفيروسات)، فيؤدي ذلك إلى إنخفاض نسبة الأكسجين في الماء وموت الأسماك وتعفن المياه، تستعمل الطحالب هذه المياه العادمة الغنية بالمواد العضوية كسماد فتزيد من إنتشارها وكثافتها، وكل ذلك يؤدي إلى تلوث المياه[5،9].

5.I أسباب تلوث المياه:

ينشأ تلوث المياه عموما نتيجة لطرح كميات هائلة من فضلات المجمعات الحضرية ونفايات المصانع ومحطات توليد الطاقة ووسائل النقل في المياه الجارية حيث يتسرب جزء كبير منها إلى الجوفية فيلوثها، كما أن مياه الصرف الصحي والزراعي غير المعالج تتسرب بما تحمله من مواد كيميائية وسموم مختلفة في مياه المجاري حيث يحتوي على طفيليات والعناصر الثقيلة السامة كالرصاص والنيكل والكروم وغيرها، فإذا ما إنتقلت إلى الأراضي الزراعية لتنتقل إلى المزروعات ومن ثم إلى الإنسان الذي يتناولها، وأيضا وجود نسب من مركبات المبيدات الحشرية والفطرية ومبيدات الحشائش، وكذا مركبات الفوسفور والكلوريد السامة، بالإضافة إلى وجود بعض مركبات المنظفات الصناعية المعدنية والعضوية، وأيضا من مسببات التلوث للمياه النفط ومشتقاته والمواد المشعة طبيعية كانت أم إصطناعية[15،16] [13،14].

6.I الأخطار الناجمة عن تلوث الماء:

1.6.I/ الأخطار الناجمة عن التلوث الكيميائي:

1.1.6.I أخطار العناصر الكيميائية:

- **النترات (NO_3^-):**

عموما النترات لا تظهر أخطارا إلا في حالات قليلة مثل عند المرأة الحامل أو المرضعة حيث يستحسن أن لا يتعدى تركيز النترات عندها 25 ملغ في اللتر، وتتحول النترات إلى نتريت في الأنبوب الهضمي بواسطة بكتريا

تتنامى بشكل جيد مع حموضة المعدة، أما في النباتات والأحياء الدقيقة فإن النترات تتحول إلى نتريت بواسطة أنزيم Nitrate réductaseيؤدي النتريت إلى مرض الطفل الأزرقCyanose du nourrisson عند الأطفال ومن أعراض هذا المرض: تغير لون بعض أعضاء الجسم مثل الشفتين والأذن كما يستطيع النتريت أن يتفاعل مع مركبات الأمين لتكوين مركبات نيتروز أمين nitrosamines التي تؤدي إلى أمراض سرطانية .

يؤدي نقص عنصر الأزوت عند النبات إلى ظهور أعراض مرضية شديدة وتبدأ بتحول لون الأوراق من الأخضر العادي إلى الأخضر الفاتح الذي يميل إلى الإصفرار كما يقلل من سرعة النمو وتقزم النبات[17].

- **الصوديوم N_A^+:** يؤدي التركيز المرتفع لشوارد الصوديوم إلى ظهور حالات إسهال عند الإنسان كما يؤثر على مرضى القلب و الكلى إستعمال المياه الغنية بالصوديوم، كما يؤدي إلى إرتفاع ضغط الدم عند المراهقين وذلك في تركيز قدره 107 ملغ/ل[18].

يؤدي إرتفاع الصوديوم في التربة إلى رفع فلويتها وهذا يؤدي إلى أضرار كبيرة على معظم النباتات: فيسبب قلة الإنبات والموت المبكر للنبات، كما يؤدي على سوء صرف التربة وضعف تهويتها[17].

- **الفلور F** :تعتبر مركبات الفلور من المركبات السامة بالنسبة للإنسان، وتظهر أعراض التسمم عند أخذ جرعة قدرها 250 إلى 450 ملغ وتصبح الجرعة قاتلة إذا وصلت إلى 3 غ، ويظهر خطر شوارد الفلور على الإنسان بشكل واضح على أسنانه وعظامه، حيث تتشكل على الأسنان التي مازالت في طور التشكل طبقة خفيفة لونها أصفر أو أسود إلا أن التراكيز الخفيفة من شوارد الفلور في مياه الشرب يعتبر مفيد للأسنان، حيث أنها تساعد على مكافحة التسوس[19].
- **المركبات الفسفورية PO_4^-**:تلعب المركبات الفسفورية دور مهم في تكاثر الطحالب في شبكات توزيع المياه وخاصة في الخزانات المائية[19].
- **المنغنيز Mn**: يعتبر عنصر ضروري للإنسان والحيوان فهو يدخل في الوظائف الفسيولوجية الطبيعية، حيث يقدر الإحتياج اليومي له بـ: 3 –5 ملغ يمتص منه 3% وسرعان ما يترك مجرى الدم ويرتكز في الكبد،

وعلى الرغم من عدم تأكيد أي أضرار بسبب نقص المنغنيز إلا أنه من المحتمل أن توجد علاقة بين نقص المنغنيز وفقر الدم أما تأثيره على البيئة المائية فإنه يعطي مذاق كره وغير مستساغ عند التركيز 0.15 ملغ/ل كما أنه يلتصق بالأجسام المعدنية وغير المعدنية، كما يساعد على نمو بعض البكتريا وتكاثرها وهو ما يحدث تغيير في المذاق ورائحة وعكارة المياه وقد لوحظ أن المياه المحتوية على تركيز 0.2 ملغ/ل غير مرغوبة في معظم العمليات الصناعية. أما عند النبات فيؤدي نقصه إلى قلة المحصول[20].

- **المغنيزيوم Mg** :يؤدي نقصه عند النبات إلى فقدان اللون الأخضر وإصفرار الأوراق[17].

I.7 مقاييس تصنيف التلوث:

- **درجة الحرارة (T°c):** إن التغير المفاجئ في درجة الحرارة البيئة المائية يؤدي إلى طرح مخلفات صناعية منها الكيماوية والبترولية وبعض المعادن الثقيلة[21]، ومن المهم تحديدها بدقة لأنها تلعب دورا في ذوبانية الأملاح مما يؤثر على الموصلية الكهربائية وتحديد الأس الهيدروجيني[22].
- **الأس الهيدروجيني(pH):** الأس المثالي للماء (Ph=7) فإذا كانت قيمته بين (ph=6,5 et 8,5) فيسبب الصدأ والتآكل، وإذا زادا عن 7 فسيؤثر على فاعلية الكلور في عملية التطهير[23]، إن قياس الـ PH طريقتين؛ الطريقة اللونية التي تعتمد على إضافة مشعر معين إلى الماء ومقارنة اللون الناتج مع ألوان المحاليل المحضرة التي لها قيم الأس الهيدروجيني المعروفة سابقا، والطريقة الثانية المتمثلة في القياس الكهربائي بإستعمال مسرى زجاجي ومعتمد على قياس فرق الكمون بين المسرى الزجاجي المرجع[24].
- **الناقلية الكهربائية(EC):** تستعمل لمعرفة نوعية المياه الصالحة للشرب وذلك بقياس نسبة الأملاح الموجودة في الماء[23]، فمعظم المواد الذائبة في الماء تكون على شكل أيونات مشحونة كهربائيا، فقياس الناقلية يعني تقييم كمية هذه الأملاح[25]، لأن زيادة هذه التراكيز تؤثر على الكائنات الحية[23]، إذ تقاس الناقلية بواسطة جهاز قياس الناقلية الكهربائية conductivityé métre بواسطة إستخدام جهاز التوصيل الكهربائي حيث يعطي النتيجة بالوحدة µs/cm.[26]
- **المواد العالقة(MES):** وهي المواد غير الذائبة وتضم المواد العضوية والمعدنية القيمة القصوى لها لا تتجاوز 35mg/l لكي نستطيع رميها في المحيط بدون في أن تتسبب في أضرار[21]، فهي المسؤولية عن تقليل تغلغل الضوء في الماء يؤدي إلى إنخفاض النشاط الضوئي وإنتاج العوالق النباتية[22]، أما إذا تجاوزتها تصبح خطر على المحيط فيجب معالجة هذه المياه[21]، يتم التعبير عن MES بالعلاقة التالية:

MES= 30% MMS+ 70% MVS

حيث MMS:المواد العالقة المتطايرة وMVS: المعادن المتطايرة[22]ولها طرقتين في القياس هما:

- **طريقة الترشيح** ويعطي تركيز المواد العالقة بالعلاقة التالية:$MES= 100(M_1-M_2)/V$

M_1: وزن قرص الترشيح مع المادة المترسبة عليه (MG).

V: حجم الماء المستعمل (ml).

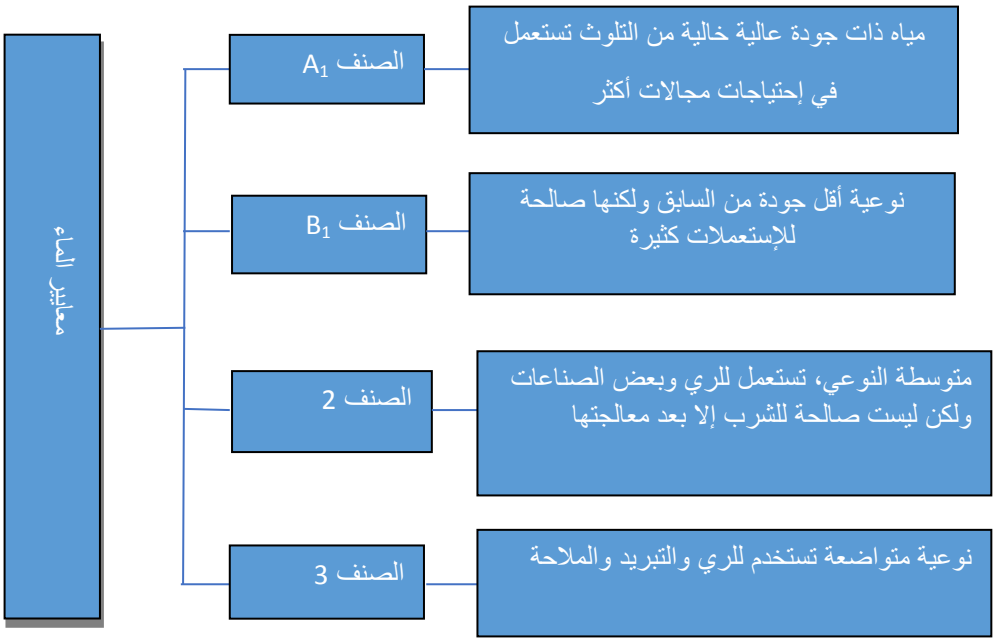
- **طريقة التثفيل:** والتي تعطى بالعلاقة التالية: $MES: =1000/V(p_2-p_1)$

P_1: وزن الجفنة مع الراسب بعد عملية التجفيف.

P_2: وزن الجفنة فارغة[24].

- **المواد العضوية:** تقيم المواد العضوية الناتجة من المخلفات الزراعية (نباتية أوحيوانية) أوالشركات الصناعية، سواء كانت جزيئات كبيرة أوصغيرة، سكريات سيليلوز أوالمواد المنحلة التي تتكون من مركبات الأزوت Azote، كربون Carbone، أكسجين Oxygéne، الكبريت Soufre، الفسفورPhosphore وذلك من خلال تحديد نسبة COD,BOD_5 [21].
- **الطلب البيوكيميائي للأكسجين DBO_5:** وهو يعبر عن كمية الأكسجين المستهلكة من طرف الكائنات الحية الدقيقة الهوائية لتحليل المادة العضوية مع إستهلاك الأكسجين المنحل، حيث يتم تقدير كمية الأكسجين المفقود بحساب DBO_5، فكلما زاد الطلب البيوكيميائي للأكسجين DBO_5، كانت نسبة المواد العضوية كبيرة ومنه زيادة في نسبة تلوث المياه، حيث يبلغ معدل DBO_5 في المياه المستعملة المنزلية (150-500ml/g). يتم قياسه بطريقة قياس الضغط manométrique باستعمال لاقط الضغط DBO Oxi Top [27].
- **الطلب الكيميائي للأكسجين DCO:** هو كمية الأكسجين المطلوبة لتأكسد العضوية (القابلة للتحلل وغير القابلة للتحلل)[22]، المسببة للتلوث المياه لكل واحد لتر من المياه، ومن أجل أكسدة هذه المواد تستعمل مؤكسدات قوية مثل ثاني كرومات البوتاسيوم، وبقياس COD يمكن الحصول على نتائج سريعة[21]، ويتم قياسه وفقا للمعايير (AFNOR T90 -101)بإستعمال جهاز(Spectrophhhotométer – WTW photo Labo spectrale)[27].
- **العكارة:** عكس شفافية المياه، تتغير وفقا للمواد العالقة[27]، تعتبر مقياس لمكية الضوء الذي يمتص بواسطة الماء وحجم الحبيبات العالقة فهي مؤشر مهم في تقدير تصميم وحدات المعالجة والتنقية للمياه فتنحصر مواد هذه العكارة بالطين والصخور المنكسرة والمواد الصغيرة العالقة الغروية[23].
- **المواد الصلبة الدائبة TDS:** المواد غير العضوية هي المصدر الرئيسي للمواد الذائبة مثل صوديوم والكلور، الكالسيوم، المغنيزيوم، والبيكربونات وغيره التي تؤثر على طعم المياه وإستساغاتها وقد حدد العلماء والمختصون حدود المواد الصلبة الكلية الذائبة أنها تبلغ 150mg/l حيث يظهر طعم الماء المستساغ بعد القيمة 600g/ [23]، وهي تقاس بجهاز proof portable métre

ومن هذه المقاييس يتم تحديد معايير وعلى أساسها يصنف الماء إلى أصناف أربعة، كما هو موضح في الشكل(5.I)، أما إذا كانت المعايير تتجاوز التراكيز المسموحة بها كما هو موضح في الجدول (3.I) فالماء يعتبر غير صالح لكثير من الإستعمالات كما أنه يشكل خطر على البيئة.



الشكل (2.I): مخطط يوضح الأصناف المحددة لمعايير الماء[24].

الجدول (2.I) معايير النوعية لكل أصناف الماء[24]

الخاصية	الوحدة	الصنف A_1	الصنف B_1	الصنف 2	الصنف 3
الناقلية	ميكرو سيمنس/سم	400>= <=	750-400	1500-750	3000-1500
درجة الحرارة	م	20>=	22-20	25-22	30-25
PH	——	6.5-8.5	6.5-8.5	6-9	5.5-9.5
DBO_5	ملغ/لتر	3>=	5-3	10-5	25-10
DCO	//	20>=	20-25	25-40	40-80
NO_3	//			44>=	44-100
Pb	//	0.05>=	0.05>=	0.05>=	0.05<
Cd	//	0.001>=	0.001>=	0.001>=	0.001<

مراجع الفصل الأول:

المراجع العربية:

[1]:محمد عبد الناصر الزرقة، تلوث المياه في محافظتي الشمال والوسطى وتأثيراتها على صحة الإنسان، مذكرة ماجستير، الجامعة الإسلامية غزة، 2010، ص 45.

[2]: إبراهيم العابد، أطروحة دكتوراء، جامعة ورقلة 2015، ص 22.

[3]: جورجي نسيم ماهر، تحليل وتقويم جودة المياه دار النشأة المعارف جلال جزي وشركاءه، 2007، ص 121

[4]: السعدي حسين علي،أساسيات علم البيئة والتلوث، دار اليازوري العلمية، عمان، الأردن،2006.

[5]: عفيفي فتحي عبد العزيز، دور السموم والملوثات البيئية في مكونات النظام البيئي، دار الفجر للنشر والتوزيع، القاهرة، 2000.

[7]: حسان حسن أحمد حسن، التلوث البيئي وأثره على النظام البيئي والحد من أثاره، دار الفكر للنشر والطباعة والتوزيع، عمان، الأردن،2000.

[8]: السعداني عبد الرحمان والسيد عودة ثناء المليجي، مشكلات بيئية: طبيعتها- أسبابها- أثارها- كيفية معالجتها، دار الكتب الحديثة، 2007.

[9]: محمد نجيب، إبراهيم أبو سعده، التلوث البيئي ودور الكائنات الدقيقة إيجابيا وسلبيا، دار الفكر العربي، القاهرة، 2000.

[10]: أحمد عبد الفتاح، محمود عبد المجيد، إسلام إبراهيم، أحمد أبو سعود، أضواء على التلوث البيئي (بين الواقع والتحدي والنظرة المستقبلية)-كلية الزراعة – سابا باشا – جامعة الإسكندرية،2007.

[13]: عارف صالح مخلف، الإدارة البيئية، عماد، أردن، دار اليازوري العلمية للنشر والتوزيع، 2009.

[14]: أ. فتحي دردار، البيئة في مواجهة التلوث، رقم الطبعة 9، نشر المشترك والمؤلف ودار الأمل،2008.

[15]: وفاء كريم سعيد، تقييم فني لإستعمال المياه العادمة المعالجة الناتجة عن محطة تنقية البيرة، أطروحة لإستكمال درجة الماجستير، جامعة النجاح الوطنية، فلسطين،2006.

[17]: لعروسي، حسين، مخائيل، سمير، علي عبد الرحيم، أمراض النبات الإسكندرية: منشأة المعارف 1992، ص452-453.

[20]: باهي بوسعادي حياة المساهمة في دراسة إيكولوجية وبكترويولوجية وفيزيوكيميائية لواد مسكيانة. أم البواقي، مذكرة تخرج لنيل شهادة مهندس دولة في البيئة والمحيط جامعة أم لبواقي،2007، ص36 -15 -32.

[21]: العابد إبراهيم معالجة مياه الصرف الصحي لمنطقة تقرت بواسطة نباتات منقية محلية، وأطروحة دكتورة، قسم كيمياء عضوية، كلية علوم مادة، جامعة قاصدي مرباح، ورقلة، (2015).

[23]: د. حسن خالد حسن العديكي، تكنولوجيا معالجة المياه، دار زهران للنشر والتوزيع، عمان.

[24]: د. نصر الحايك، مدخل إلى كيمياء المياه (تلوث، معالجة، تحليل)، منشورات المعهد العالي للعلوم التطبيقية والتكنولوجية، سوريا، (2007).

[26]: دعاء حسين نعمة، دراسة نوعية لمياه الشرب في مشروع 6 ديوانية/ العراق، شهادة بكالوريوس، كلية العلوم، جامعة القادسية، العراق،(2017).

[27]: عباس كمرشو، إستعمال كربون منشط محضر ن مشتقات نخيل التمر (نواة تمر دقلة نور) في معالجة المياه المستعملة الحضرية (دراسة مقارنة)، أطروحة دكتورة، كيمياء تحليلية ومراقبة المحيط، جامعة قاصدي مرباح، ورقلة،(2017).

[28]: باسم يوسف الخفاجي وآخرون ، إستخدام نبات القصب في تنقية مياه فضلات المجاري في مدينة الناصرية، المجلد5، العدد4، مجلة علوم ذي قار، كلية العلوم جامعة دي قار،(2016).

[29]: د. حسن أبو سمور، د. حامد الخطيب، جغرافية الموارد المائية، الطبعة الأولى، دار الصفاء للنشر والتوزيع، عمان(1999).

المراجع الأجنبية:

[6]: L. Bonavigo, Ma. Zucchetti, H. Mankolli, Water active Pollution and Relatid Environmental Aspects, J. Int. Environmental Application & Science, 2009,4(3) ,357-363

[11]: F. Ramade, Elément d' écologie appliqué, Editions Mc Graw-Hill, 1982,452p.

[12]: M.N. Crepy. « Dermatoses Professionnelles aux Colorants », Fiche d' allergologie- dermatologie Professionnelle hôpital Cochin ,2004.

[18]: Bouzani, l' eau, Ed ibn Khaldon 2000.p247.

[19]: Rodier. Analyse Physiquochimique de l' eau. Ed. Doin 1984 p357.

[22]: Laabassi Ayecha, l'épurqtion des eaux usées par le systéme de lagunage a macrophytes, thése doctora en sciences, université Ferhate Abbas, Sétif,(2016).

[25]: Rajaona Rivelo Fanjatiana Justoberthe, La Faisabilité de la phytoépuration des eaux usées la ville de Toliara, Diplome d'études Approfondies en Biodivversité et Environnement, faculté de science, université de TOLIARA, (2013).

الفصل الثاني: مياه الصرف الصحي

II.مياه الصرف الصحي:

I.1. مقدمة:

نظرا لتطور العمراني وتوسع المدن، وتطور حاجيات السكان، فقد تطورت كميات المياه العادمة التي يتم طرحها في الوسط الطبيعي مثل الأدوية والبحار. وللحد من تأثيراتها السلبية على البيئة فقد تم ربطها بشبكات الصرف الصحي، وتنقيتها قبل صبها في الوسط الطبيعي، ورغم التكلفة المرتفعة لمعالجة هذه المياه ونقلها إلى مناطق الإستغلال، فإن هذا النوع من الموارد المائية غير التقليدية لا يمكن الإستغناء عنه في مناطق تشكو من قلة الموارد المائية الطبيعية العذبة كما هو الشأن بالنسبة للجزائر يحتم عليه إستغلال المياه العادمة، وذلك عبر معالجتها وإعادة إستخدامها في المجالات المناسبة مثل:

- ري الزراعات العلفية والصناعية والأشجار.
- ري المناطق الخضراء والغابات.
- إستعماله في المجال الصناعي.
- الشرب...

لكن يختلف الإستعمال حسب المعايير الجودة المطلوبة ونوعية المعالجة المستعملة[1].

I.2 تعريف المياه العادمة:

المياه العادمة هي كافة أنواع المياه المبتذلة الصادرة عن الفعاليات البشرية المختلفة (منزلية، تجارية، صناعية...). ويطلق عليها أحيانا مياه المجاري أو مياه الصرف الصحي، لأنها في الغالب تنقل في شبكة المجاري العامة في المدينة.

تشكل المياه العادمة حوالي 80% من المياه العذبة المستهلكة في المدن، وتتألف من الماء بنسبة حوالي 99%، ومن الشوائب والملوثات الضارة المختلة بنسبة حوالي 1%. وتتغير كمية المياه العادمة المطروحة في شبكة المجاري العامة بتغير معدلات الإستهلاك المائي، وبالتالي تختلف كمياتها بإختلاف ساعات اليوم، أو أيام الأسبوع أو أشهر أو فصول السنة[1].

تتصف المياه العادمة عموما بأنها مصدر هام من مصادر التلوث الذي يعتبر خطرا على الصحة العامة، نظرا لإحتوائها على العديد من الملوثات التي يمكن أن تكون:

- **ملوثات فيزيائية:** يمكن إزالتها بعمليات فيزيائية مباشرة كالترسيب أو الترشيح، أو التصفية، أو الفصل الغشائي أو التبخير.... إلخ ومن أهم هذه الملوثات الرمال والحصى، والشوائب الخاملة.

- **ملوثات كيميائية:** تتطلب إزالتها تطبيق بعض العمليات الفيزيوكيمياوية كالتبادل الأيوني، أو الترسيب الكيماوي... إلخ قد تكون هذه الملوثات عضوية، ومنها الهيدروكربونات، والدسم والزيوت، والشحوم والمبيدات الحشرية والعشبية، والبروتينات والفينولات.... أو العضوية ومنها القلويات والأحماض، والكلوريدات، والمعادن الثقيلة والنيتروجين، والفوسفور والكبريت. أو غازية ومنها كبريتيد الهيدروجين والأمونيا والميثان.
- **ملوثات حيوية:** وتتطلب إزالتها تطبيق بعض العمليات الحيوية، أو الفيزيوكيمياوية كالمعالجة الحيوية أو التعقيم. ومن أهم الملوثات الحيوانات الميتة، وبعض أنواع الكائنات العضوية المجهرية، ومنها البكتيريا والفيروسات، وكذالك الديدان وبعض أنواع النباتات.

المياه العادمة هو الماء الملوث الذي يتركب من المواد التي تغير من خصائصه الكيميائية أو تغير من طبيعته مما يجعله غير صالح للإنسان أو الحيوانات أو النباتات أو الكائنات التي تعيش في البحار والمحيطات أو كما يمكن أن تكون ذات مصدر صناعي ذو مكونات مختلفة سواء كانت عضوية أو معدنية حسب طبيعة النشاط الصناعي[2].

هي ناتج الإستخدام الآدمي للمياه بعد تلوثها بالمواد العضوية، والدهون، والصابون، والمنظفات، والشعر والبكتيريا ومواد أخرى[3].

وتنقسم مياه الصرف الصحي إلى ثلاث أقسام:

1- **المياه الرمادية:** وهي ناتج المياه المستخدمة ما عدا مياه المراحيض، وهي بالتحديد مياه المغاسل، ومياه والإستحمام، ومياه غسيل الملابس....إلخ.
2- **المياه السوداء:** وهي مياه الناتجة من إستخدام المراحيض، التي تحتوي على كميات كبيرة من الملوثات العضوية الناتجة من الفضلات الآدمية.
3- **مياه الصرف الصحي:** وهي خليط من المياه الرمادية والسوداء[3].

الماء المستعمل هو الماء الملوث الذي يتركب من المخلفات المنزلية والتي تشمل بقايا الدهون والأطعمة والمنظفات الصناعية المستعملة في الغسيل والتنظيف والمواد العضوية والمخلفات الآدمية بالإضافة إلى الناتجة من المصانع وتحتوي على نسب مختلفة من المواد الغربية والكيماوية التي تفسد خواصه الكيميائية مما يجعله غير صالح للإنسان[4].

تحتوي مياه الصرف الصحي عن ما يزيد 99 % ماء والباقي عبارة عن خليط مواد ذائبة وغروية وجسيمات عضوية، وغير عضوية، بالإضافة إلى كائنات حية صغيرة (ميكروبات، فيروسات، بكتيريا، فطريات)، هذا الخليط هو الذي يحدد نوعية الماء وطبيعة الكيميائية والبيولوجية[4].

1- تتحدد نوعية مياه الصرف الفيزيائية باللون، الرائحة، العكارة، درجة الحرارة، التي تكون عادة أعلى من درجة الجو[4].

2- تتحدد نوعية مياه الصرف الصحي الكيميائية بمحتواها من المواد العضوية وغير العضوية[2].

- يعتبر المحتوى العضوي العامل الأساسي في تلوث مياه الصرف حيث تمثل المواد البروتينية المجموعة الرئيسية للمحتوى العضوي وتقدر بحوالي 50% ويليها في ذلك المواد الكربوهيدراتية التي تكون حولي5%، تتحلل المواد البروتينية والكربوهيدراتية تحلل سريع في حين أن الدهون وزيوت تكون أكثر ثبات ويكون تحللها بطيء[4].

3.II خصائص مياه الصرف الصحي:

تحدد نوعية مياه الصرف الصحي حسب خصائصها الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية فالخصائص الفيزيائية (الطبيعية) 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[5].

ترتبط الخصائص الكيميائية بالمحتويات العضوية لمياه الصرف الصحي، حيث تشمل الطلب البيولوجي الكيميائي على الأكسجين(DBO) والطلب الكيميائي على الأكسجين (DCO) ومجموع الكربون العضوي والطلب الكلي على الأكسجين أما الخصائص الكيميائية غير عضوية فتشمل الملوحة والعسر والرقم الهيدروجيني والحموضة القلوية بالإضافة إلى المعادن المؤينة، والمنجنيز، والمواد الأيونية، ومنها الكلوريدات والكبريت النترات والكبريتيد والفوسفات[5].

وتضم الخصائص البكتوبيولوجية بكتيريا الكوليفورم الغائطية والعوامل الممرضة والفيروسات، وتتغير مكونات الصرف الصحي ومستويات التركيز مع الوقت وحسب الظروف المحلية .

1.3.I الخصائص الطبيعية:

1.1.3.I اللون:

يتكون 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 إختلاط مياه صرف الصناعي بمياه صرف الصحي[5]

I.1.3.2 العكارة:

العكارة هي مقياس مرور الضوء خلال الماء، ويستخدم كاختبار لقياس مدى جودة مياه الصرف الصحي المعالجة بالنسبة للمواد الرغوية العالقة. وعموما فإنه لا توجد علاقة بين درجة العكارة وتركيز المواد العالقة في المياه غير معالجة ولكن تتوقف درجة العكارة على كمية المواد العالقة ونوعها ولونها ودقة حبيباتها[5].

وغالبا تقاس العكارة للمياه المعالجة الناتجة (مياه السيب النهائي)كاختبار سريع لجودة المياه المعالجة ومدى احتوائها على مواد عالقة.

I.1.3.3 الرائحة:

مياه الصرف الصحي الخام لها رائحة مثل رائحة التربة وهي ليست رائحة نفاذة وخاصة عند توفر الأكسجين الذائب في المياه أثناء سريانها في الشبكة ، وتتأثر رائحة مياه الصرف الصحي بقيمة تركيز الأكسجين الذائب في المياه ، ففي حالة نقص الأكسجين الذائب في مياه الصرف الصحي تبدأ البكتيريا اللاهوائية في النمو والنشاط وتأخذ في استهلاك وتحليل المواد العضوية وتحويلها إلى آمونيا وغازات أخرى ، ويصبح الماء حينئذ ذو رائحة كريهة جدا ويسمى ماءا متعفنا (منحلا) ويعد غاز كبريتيد الهيدروجين من أكثر الغازات المسببة للرائحة الكريهة في مياه الصرف الصحي[5].

وتلجأ بعض محطات معالجة مياه الصرف الصحي لتقليل هذه الروائح الكريهة الناتجة باستخدام وحدات تتكون من الكربون النشط لإمتزاز الروائح من المياه قبل صرفها إلى مياه مستقبلة إلى أن ذلك يعد مكلفا من الناحية الإقتصادية كما تلجأ محطات أخرى إلى استخدام الكلور لمعالجة الروائح الشديدة المصاحبة لمياه الصرف الخام عند دخولها لمداخل المحطات.

I.1.3.4 درجة الحرارة:

تكون درجة حرارة مياه الصرف الصحي أعلى قليلا من درجة حرارة الجو المحيط بسبب وجود مخلفات الآدمية وبسبب صرف مخلفات الصناعية على الشبكة. ولدرجة الحرارة تأثير واضح على نشاط البكتيري سواء الهوائية أو اللاهوائية، فزيادة الحرارة تزيد من نشاط البكتيريا وذلك إلى درجة حرارة معينة بأخذ بعدها النشاط البكتيري في تناقص وهبوط[5].

وبالتالي فإن إرتفاع درجة الحرارة يسهم في الإسراع بتحلل وتكسير المواد الصلبة العضوية، كما تزداد في هذه الظروف كمية الأجسام الدقيقة الصغيرة المنحلة والتي تكون معلقة داخل مياه، مسببة تزايد عكارة المياه.

I.1.3.5 المواد الصلبة الكلية:

من الناحية العلمية يتم تعريف المواد الصلبة الكلية في مياه الصرف الصحي على أنها كل المواد التي تتبقى بعد التبخر عند درجة حرارة 105مئوية، ويمكن تقسيم المواد الصلبة الكلية في مياه الصرف الصحي إلى المواد الصلبة العالقة والمواد الصلبة الذائبة (لا يمكن فصلها بترشيح)[5].

والمواد الصلبة العالقة نفسها تنقسم إلى قسمين هما مواد قابلة للترسيب ومواد غير قابلة للترسيب (غروية)، وتعرف المواد الصلبة القابلة للترسيب على أنها المواد التي تترسب في قاع إناء على شكل مخروطي (يسمى قمع أو مخروط إمهوف) في زمن قدره 60دقيقة وتقاس بالمليتر لكل لتر، أو التي تتبقى بعد التبخر وتقاس بالمليجرام /لتر وهي تقريب مقياس لكمية حمأة التي سوف تنفصل في مرحلة الترسيب الابتدائي والتي سيطلق عليها الحمأة الابتدائية.

I.1.3.6 الغازات الذائبة:

تحتوي مياه الصرف الصحي على بعض الغازات الذائبة والتي تتوقف على حالة المياه إن كانت قديمة أو طازجة وكذلك مقدار التلوث الموجود، ومن أمثلة هذه الغازات:

- غاز الأكسجين بنسب مختلفة خلال مراحل المعالجة المختلفة ويتوقف ذلك على قدم مياه الصرف الصحي.
- غاز ثاني أكسيد الكربون وهو أخد نواتج تحلل المواد العضوية بواسطة البكتيريا.
- غاز كبريتيد الهيدروجين ويتواجد بوفرة عند التفاعلات اللاهوائية وهو ناتج عملية الإختزال المواد العضوية والكربونية.
- غاز الأمونيا الحر الناتج عن تحلل وهضم المواد العضوية النيتروجينية كالبروتينات واليوريا بتأثير البكتيريا.
- غاز النيتريت NO_2 والناتج عن أكسدة الأمونيا خلال عملية النترتة وعن عملية اختزال النترات NO_3
- غاز النيتروجين والناتج عن عمليات إختزال النترات خلال عمليات (عكس النترتة)[5].

I.1.3.7 المواد المتطايرة:

تتواجد في مياه الصرف الصحي بعض المواد المتطايرة والتي هي في الغالب مواد عضوية ناتجة عن التحلل الهوائي واللاهوائي لمياه الصرف الصحي خلال سريانها في شبكة مياه الصرف الصحي أو خلال مرورها في وحدات المعالجة بالمحطة، ومن أمثلة تلك المواد المتطايرة الأحماض العضوية مثل حمض الخليك والغازات العضوية مثل غاز الميتان وغاز الأمونيا وغاز كبريتيد الهيدروجين[5].

2.3.I الخصائص الكيميائية:

تعد المواد الموجودة في مياه الصرف الصحي ذات طبيعة كيميائية إذا تحتوي هذه المياه على كثير من المركبات والمواد الكيميائية المختلفة وعموما تنقسم المواد الموجودة في مياه الصرف الصحي من حيث طبيعتها الكيميائية إلى مواد عضوية ومواد غير عضوية[5].

1.2.3.I المواد العضوية:

تتكون المواد العضوية من خليط من الكربون الهيدروجين والأكسجين وفي بعض بالإضافة إلى بعض العناصر الأخرى المهمة مثل الكبريت والفسفور والحديد[5].

ومن أمثلة المواد العضوية المتواجدة بكثرة في مياه الصرف الصحي المواد البروتينية والكربوهيدراتية والدهون والزيوت بالإضافة إلى كثير الكائنات حية الدقيقة والتي هي طبيعتها مواد عضوية.

ويمكن تقسيم المواد العضوية من حيث قابليتها للتحلل إلى:

- **مواد عضوية قابلة للتحلل بيولوجيا:** وهي المواد التي يمكن تكسيرها وتحللها بفعل الكائنات الحية الدقيقة.
- **مواد عضوية غير قابلة للتحلل بيولوجيا**: وهي التي لا تحلل بفعل الكائنات الحية الدقيقة وإنما قد تتحلل بفعل بعض الكيمياويات المؤكسدة القوية.
- **مواد عضوية غير قابلة للتحلل مطلقا**.

هذا وقد تحتوي مياه الصرف الصحي على كميات من الجزيئات عضوية مخلقة واردة إليها من صرف مياه المخلفات الصناعية على شبكة الصرف الصحي، ويتباين التركيب الكيميائي لهذه الجزيئات تباينا كبيرا مثل المنظفات الصناعية والمبيدات الزراعية، ويؤدي وجود هذه المركبات إلى تعقيدات عديدة لعديدة لعمليات المعالجة لأن معظم هذه المركبات العضوية المخلقة لا تتحلل بيولوجيا أو تكون قابلة للتحلل ولكن ببطء شديد.

وتمثل المواد العضوية من45 إلى 75% من المواد الصلبة الموجودة في مياه الصرف الصحي، في حين تمثل المواد غير عضوية النسبة الباقية[5].

2.2.3.I المواد غير العضوية:

وتمثل المواد غير عضوية من25إلى 55%المواد الصلبة الموجودة في المياه الصرف الصحي. وتشمل المواد غير عضوية الموجودة في مياه الصرف الصحي حبيبات الرمل، وتشمل أيضا الأملاح المعدنية مثل أملاح الكلوريدات والصوديوم والبوتاسيوم والكالسيوم، كما تشمل كثير من العناصر الثقيلة مثل الرصاص والزئبق والكاديوم والحديد والمنجنيز والنحاس[5].

وهناك بعض المواد غير عضوية الذائبة في مياه الصرف الصحي مثل أملاح السيانيد وأملاح التيوسياناتوأملاح التيوسلفات.

I.3.2.3 القلوية:

تنتج القلوية بمياه الصرف من وجود عناصر الهيدروكسيدات والكربونات مثل أملاح الكالسيوم والمغنيزيوم والصوديوم والبوتاسيوم والأمونيا، وأملاح الكالسيوم والمغنيزيوم هما الأكثر إنتشارا. ويمكن إعتبار السيليكات والفوسفات بالإضافة إلى مركبات مشابهة مكونة لجزء من القاعدية. ويساعد وجود القاعدية في مياه الصرف الصحي على مواجه التغيرات في الأس الهيدروجيني الناتجة عن تكون الأحماض داخل الهاضمات اللاهوائية. ويشكل تركيز القاعدية في مياه الصرف الصحي أهمية من حيث تأثير على كل من المعالجة الكيميائية والمعالجة البيولوجية للتخلص من المغذيات (الملوثات) كذلك إزالة الأمونيا باستخدام الأكسدة الهوائية[5].

I.4.2.3 الرقم الهيدروجيني:

الرقم الهيدروجيني هو أحد العوامل الهامة المؤثرة على حياة الكائنات الدقيقة في المخلفات السائلة. وضبط قيمة الرقم الهيدروجيني هو أحد المهام الرئيسية التي يجب التقيد بها لتوفير الملائمة للكائنات، وأفضل قيمة للرقم الهيدروجيني هو 7 أي يكون الوسط متعادلا، أما الإرتفاع أو الإنخفاض الكبير فإنه يؤدي إلى اضطراب في عملية المعالجة، وفي مياه الصرف الصحي تميل القيمة قليلا نحو القلوية أي PH=7.2 تقريبا[5].

كما يعتبر قياس الأس الهيدروجيني أحد أهم الأدلة للتعرف على صرف مخلفات صناعية على شبكة الصرف الصحي.

I.5.2.3 الكلوريدات:

تركيز الكلوريدات في المخلفات السائلة يكون عادة أكبر من تركيزها في مياه الشرب نتيجة لاستخدام كلوريد الصوديوم (ملح الطعام) في النشاط الأدمي باستمرار، وربما أضيفت عن طريق الرشح من المياه الجوفية على شبكة الصرف الصحي، أو صرف مخلفات صناعية، ولا تتأثر أملاح الكلوريدات بالمعالجة الطبيعية أو البيولوجية. كما أن زيادة الكلوريدات في المخلفات تضر الإنشاءات والتركيبات المعدنية[5].

I.3.2.6 النتروجين والفسفور:

يتعين وجود النتروجين والفسفور والكربون في مياه الصرف بنسب متوازية وهي 100 (كربون) (فسفور). حتى تستمر الكائنات الدقيقة في حالة نشاط ونمو طبيعي[5].

I.3.2.7 الكبريت:

يوجد الكبريت في المخلفات السائلة على هيئة كبريتيد الهيدروجين (H_2S) أو كبريتات (SO_4) وفي تكوين المواد العضوية تتأكسد الكبريتيدات بيولوجيا في وجود الهواء الجوي حمض الكبريتيك الذي يهاجم المنشأت الإسمنتية والشبكات[5].

كما يتم اختزال الكبريتات أيضا في غياب الأكسجين الذائب إلى كبريتيد الهيدروجين (H2S) وهو غاز خانق وقابل للإنفجار إذا زاد تركيزه في الهواء.

كما أنه يسبب الرائحة الكريهة المميزة لمياه الصرف الصحي وإلى جانب ذلك هو يستهلك جزءا من الأكسجين اللازم للعمليات الحيوية في محطات المعالجة البيولوجية.

- مثل النيكل و الكاديوم والزئبق والنحاس والحديد والزنك. وهي تتواجد طبيعيا بنسب ضئيلة في المياه، وهي مطلوبة في تكوين الخلايا والنمو الحيوي إلا أن التركيز العالي منها له تأثير سام على الكائنات الحية.
- المعادن الثقيلة.
- المواد السامة.
- إضافة إلى المعادن الثقيلة توجد مواد أخرى ذات تأثير سام على صور الحياة في المخلفات السائلة مثل مركبات السيانيد وأملاح الفضة والزرنيخ.

I.3.3 الخصائص البيولوجية:

يقصد بالخصائص البيولوجية ما تحتويه مياه الصرف الصحي من الكائنات الحية الدقيقة، فبالإضافة إلى المحتويات السابق ذكرها، تحتوي مياه الصرف الصحي على كثير من الكائنات الميكروسكوبية الدقيقة، والتي يوجد منها أعداد بالآلاف وربما بملايين في كل مليلتر من مياه الصرف الصحي. إلا أن غالبية أنواع هذه الكائنات غير ضار بل على العكس إن بعضها ضروري وله دور هام في عمليات المعالجة المختلفة وذلك فيما يتعلق بتثبيت والمواد الصلبة العضوية وأكسدتها وتحويلها إلى مواد صلبة ثابتة غير عضوية[5].

ومن الطبيعي أن نجد بعضا من هذه الكائنات الحية الدقيقة يسبب أمراضا أو أضرارا للبيئة المحيطة، بل وقد يخل بالتوازن البيئي إذا تراكم بدرجة معينة. وتنقسم الكائنات الحية الدقيقة الموجودة بمياه الصرف الصحي إلى كثير من الأنواع نتعرض باختصار لأهمها كما يلي:

1.3.I البكتيريا:

تعد البكتيريا من أهم الكائنات الدقيقة على الإطلاق من حيت دورها في عملية المعالجة البيولوجية فعليها يقع العبء الأكبر في تكسير وأكسدة المواد العضوية ولهذا فإن دراستها بالتفصيل تعد من أساسيات فهم عملية المعالجة البيولوجية[5].

والبكتيريا كائنات دقيقة وحيدة الخلية، تتواجد بآلاف الأنواع في الطبيعة سواء في الماء أو الهواء أو التربة، بالإنقسام الثنائي، ويوجد منها أنواع أخرى تتكاثر بالتكاثر الجنسي أو التفرع، وتندرج معظم البكتيريا تحت ثلاثة أنواع رئيسية تبعا لشكلها (الأسطوانية العصوية والحلزونية اللولبية)، وحجم البكتيريا عموما يتراوح من 0.1 إلى 10 ميكرون[5].

وتختلف البكتريا في الحجم من نوع لآخر، فمثلا البكتريا الكروية الشكل يتراوح قطرها من 0.5 إلى 1 ميكرون أما البكتيريا الإسطوانية فيتراوح طولها من 1.5 ميكرون إلى 3 ميكرون وعرضها من 0.5 ميكرون إلى 5.0 ميكرون بينما يبلغ طول البكتريا الحلزونية من 6.0 ميكرون إلى 15 ميكرون (الميكرون =0.001 مم) وتنقسم البكتريا إلى بكتريا هوائية وهي التي تعيش في وجود الأكسجين، ولاهوائية وهي تلك التي تنشط في غياب الأكسجين الدائب، والإختيارية وهي التي تعيش في ظل وجود أو إنعدام الأكسجين[5].

وتعد البكتريا من أكثر الكائنات الممرضة في مياه الصرف الصحي وذلك لأن أعدادها في السنتمتر المكعب الواحد تعد بالملايين وأنواعها بالآلاف، والبكتريا (سواء كانت هوائية أو لاهوائية أو إختيارية) لها دور هام وأساسي في جميع عمليات المعالجة البيولوجية لمياه الصرف الصناعي[5].

2.3.I البروتوزا والروتيفيرز:

- **البروتوزوا:**

هي كائنات أولية ميكروسكوبية لها القدرة على الحركة، ومعظم البروتوزوا غير ذاتية التغذية وهوائية أي تنشط وتنمو في وجود الأكسجين، على الرغم من وجود أنواع قليلة منها لاهوائية.

والبروتوزوا كائنات أكبر في الحجم من البكتريا إذ يتراوح حجمها بين 10 إلى 100 ميكرون، وهي تستهلك البكتريا كمصدر من مصادر الطاقة والغذاء لها[5].

ومن الناحية العلمية فإن البروتوزوا تقوم بدور فعال في ترويق المياه الخارجة من محطات المعالجة (السيب النهائي) حيث تستهلك وتلتهم البكتريا السابحة وجزيئات المواد العضوية الدقيقة.

ومعظم البروتوزوا يتكاثر بالإنقسام الثنائي البسيط وهي تعتمد على البكتريا في إمدادها بمعظم العناصر اللازمة لأوليات عموما في عمليات الحمأة النشطة، والمرشحات البيولوجية، وبحيرات الأكسدة.

وبصفة عامة توجد أربعة أنواع رئيسية من البروتوزوا وهي كالآتي:

Staked Ciliates-Free Swimming Ciliates –Mastigophora Sarcodina

Sarcodina : وهي نوع من الطفيلات عبارة عن تركيب أميني خلوي يتحرك بالأقدام الكاذبة.

Ciliates: وهي كائنات متحركة عن طريق الأسواط كما تحتوي على أهداب وهي شعيرات صغيرة حساسة تجمع بها الغداء وهذه الأهداب تجعلها تتحرك بحركة حرة بطريقة بسيطة.

- **أما الروتيفرز:**

فهي كائنات حية دقيقة تنتمي إلى المملكة الحيوانية وهي كائنات غير ذاتية التغذية هوائية ومتعددة الخلايا ويوجد مجموعتين من الأهداب في رأسها ولهذا تسمى أيضا بالهدبيات، وهذه الأهداب حرة الحركة وتدور حول نفسها مما يعطيها القدرة على التحرك وإصطياد الغذاء[5].

والروتيفيرز مستهلك جيد للبكتيريا المنتشرة في السائل المخلوط بأحواض التهوئة، كما أنها أيضا مستهلك جيد للبكتيريا التي كونت الندف كما أنها تقوم أيضا بالتغذي على جزيئات المواد العضوية الدقيقة.

ويعتبر وجود الروتيفرز في المياه المعالجة دليلا قويا على أن عملية المعالجة البيولوجية بالمحطة تسير بطريقة ممتازة وكفاءة عالية وخاصة المعالجة الهوائية[5].

وعموما البروتوزوا والروتيفيرز تزيل وتلخص المياه الخارجة من البكتيريا الحرة السابحة والبكتيريا التي لا تترسب بسهولة مما يؤكد دورها في عملية المعالجة وتخفيض عدد البكتيريا الممرضة[5].

والجدول الموالي يوضح أهمية وجود البروتوزوا والروتيفيرز في عملية المعالجة البيولوجية وتأثيرها على خصائص وجودة المياه المعالجة[5].

ومن مقارنة النتائج الواردة بالجدول نلاحظ أن وجود الهدبيات قد زاد من كفاءة المعالجة البيولوجية وبالتالي أصبحت المياه أكثر نقاء[5].

وبصفة عامة فإن وجود الهدبيات يعمل على تخفيض الأكسجين الكيميائي المستهلك في المياه الخارجة بنسبة 44%، وعلى تخفيض النيتروجين العضوي بنسبة 50%، وعلى تخفيض المواد العالقة بنسبة 70%، وعلى تخفيض البكتيريا بنسبة 71%[5].

جدول(1.II): يمثل تأثير البروتوزوا والروتيفيرزعلى جودة السيب النهائي[5]:

جودة المياه الخارجة	غياب الهدبيات	وجود الهدبيات
الأكسجين الكيميائي المستهلك DCO mg/l	254-198	142-124
النيتروجين العضوي Organic Nitrogen mg/l	20-14	10-7
المواد العالقةSuspended Solids mg/l	118-86	34-26
البكتيريا 10^6 *Bacteria	42-29	12-9

- **الطحالب:**

الطحالب كائنات إما وحيدة الخلية أو متعددة الخلايا ذاتية التغذية تعتمد في غذائها على ضوء الشمس من خلال عملية البناء الضوئي.

وللطحالب تأثيران في المعالجة البيولوجية أحدهما إيجابي والآخر سلبي نوجزها فيما يلي:

أولا: التأثير الإيجابي يتضح في عملية معالجة مياه الصرف الصحي بإستخدام بحيرات الأكسدة تقوم الطحالب بإستهلاك ثاني أكسيد الكربون وإنتاج الأكسجين في وجود ضوء الشمس وذلك أثناء النهار، وعملية إنتاج الأكسجين هامة جدا للبيئة المائية الموجودة فيها الطحالب من حيث إحداث توازن وثبات بيئي مفيد لكثير من الكائنات داخل تلك البيئة المائية، وتقوم البكتريا الهوائية بإستهلاك الأكسجين الذي أنتجته الطحالب داخل كلا من بحيرات الأكسدة الهوائية وبحيرات الأكسدة الإختيارية[5].

ومن هنا توجد علاقة تعاون تبادلية بين البكتريا الهوائية والطحالب حيث يمكن للطحالب الإستفادة من ثاني أكسيد الكربون الموجودة داخل البحيرات والمنتج من الكائنات الأخرى[5].

ثانيا: التأثير السلبي الطحالب ونجده في عمليات المعالجة البيولوجية بالحمأة المنشطة مثلا حيث أنه إذا حدث تراكم للطحالب داخل المياه والتي قد تجد طريقها إلى المسطحات المائية كالأنهار والبحيرات فتسبب بعض المشاكل البيئية، فنمو الطحالب غير المرغوب فيها، وأيضا وجودها بتركيزات عالية يسبب إستنزاف الأكسجين الذائب في المياه المستقلة وموت بعض الكائنات الحية المائية كالأسماك بالاختناق، كما أنه لو تسريب الطحالب إلى الأرض لسببت تلوثا للمياه الجوفية[5].

إن وجود تركيزات عالية من المغذيات مثل الفسفور والنيتروجين يعتبر من أهم أسباب تراكم الطحالب ونموها بكثرة في المياه، ولهذا ينصح دائما بإزالة النيتروجين من المياه المعالجة أو إزالة الفسفور أو كليهما[5].

1) **الديدان:**

تتميز الديدان بأنها كائنات أكبر في الحجم وأكثر تعقيدا في تركيبها الخلوي من الكائنات الحية الدقيقة التي ذكرناها. ويمكن رؤية العديد من الكائنات بالعين المجردة، ومن أمثلتها الديدان ويرقات الحشرات وبعض القشريات، وتتميز بقدرتها على تمثيل الغذاء وتحويل المواد العضوية البسيطة إلى مركبات معقدة متراكبة لا تستطيع بقية الكائنات تحليلها أو تكسيرها، كما أن دورة حياتها معقدة.

وتعيش الديدان بنشاط في ظروف وفرة الأكسجين الدائم وتوافر الغذاء البكتيري كما أنها تتواجد بأعداد كبيرة في وحدات المعالجة الثانوية والمرشحات البيولوجية والأقراص البيولوجية الدوارة.

إن حركة الديدان داخل مياه الصرف الصحي مفيدة جدا حيث تسمح بتغلغل وإنتشار الأكسجين داخل الندف المتكونة، كما أنها تقوم بتجميع وإستهلاك أعداد كبيرة من البكتيريا كغذاء لها[5].

2) **الفيروسات:**

الفيروسات أبسط وأصغر الكائنات الدقيقة، حيث يتراوح حجمها ما بين 0.1إلى 0.3ميكرون، وتتكون الفيروسات أساسا من حامض نووي يحيط به بروتين، وتعتبر كل الفيروسات متطفلة أي لا يمكنها الحياة خارج الكائن الحي أو خارج الخلية الحية، وتعتبر الفيروسات من الكائنات عالية التخصص سواء فيما يتعلق بالكائن الذي تتطفل عليه (العائل) أو من حيت نوعية الأمراض التي تنقلها الفيروسات والتي من أشهرها أمراض الجدري، الإلتهاب الكبدي الوبائي، شلل الأطفال والإيدز هذا بالإضافة إلى مجموعة متنوعة من الأمراض الجهاز الهضمي والتنفسي[5].

ونظرا إلى عدم قدرة الفيروسات على الحياة خارج الخلية الحية بالإضافة على قدرتها على التبلور، فإنه تم وضع وتصنيف الفيروسات على الخط الفاصل بين الكائنات الحية والمواد الكيميائية غير الحية.

ولرؤية الفيروسات والتعرف عليها يلزم استخدام أجهزة دقيقة جدا من أهمها الميكروسكوب الإلكتروني، كما أن عمليات إحصائها تستلزم تقنيات خاصة[5].

وتحتوي مياه الصرف الصحي على أعداد وأنواع هائلة من الفيروسات، كما أنها توجد أيضا كذلك في معظم المسطحات المائية الملوثة والمعرضة للتلوث خاصة التلوث بمياه الصرف الصحي والصرف الزراعي.

ونظرا لأن حجم الفيروسات دقيق جدا فإن ذلك يحول دون إزالة كميات كبيرة منها خلال مراحل معالجة المياه بالطرق التقليدية، إلا أنه يمكننا القول بأنه كلما إنخفضت كمية الكائنات الممرضة الأكبر حجما من الفيروسات (مثل البكتريا) كلما إنخفضت بالتالي كمية الفيروسات خلال مراحل المعالجة المتتابعة.

ومن المهم معرفة أن الفيروسات ليس لها أي دور في عمليات المعالجة البيولوجية بجميع أنواعها.

إن مرحلة التطهير التي تتم لمياه الصرف الصحي المعالجة تقوم بالقضاء بفاعلية على كثير من الفيروسات وتجعلها غير فعالة كمسببات للأمراض[5].

3.II مصادر مياه الصرف الصحي:

تنتج الأنشطة البشرية والمنزلية والزراعية والصناعية والتربة والأمطار والسيول، جميع أنواع النفايات التي يتم نقلها بوسائل الماء، ومن المحتمل أن تولد أنواعا مختلفة من التلوث في البيئة، هذه المياه المحملة بالنفايات تسمى المياه العادمة.

1.3.II المصادر الطبيعية:

1.1.3.II مياه الأمطار:

تهطل الأمطار وتتحمل قطرات الماء بالملوثات الموجودة في الهواء (الغبار، الدخان الناتج عن المداخن، المصانع أو السيارات)، وقد تكون هذه الأمطار ذات طبيعة حمضية حسب الوسط التي سقت فيه[6].

2.1.3.II مياه السيول والجريان:

تتجمع المياه الآتية من الأمطار لتشكل جريان أو سيول، تجر معها التربة وما قامت بإذابته من أملاح وملوثات أخرى كانت ماكثة فيها، وفي أغلب الدول النامية هذه السيول تصرف في مجاري صرف المياه العادمة (الصرف الصحي) للمدن[6].

2.3.II المصادر البشرية:

1.2.3.II مياه الصرف المنزلية:

هي مياه الصرف الصحي التي تأتي من المنشآت والخدمات السكنية، التي تنتج أساسا عن طريق الأيض البشري والأنشطة المنزلية(المياه الرمادية ومياه الصرف الصحي)، حيث تحتوي ملوثات عضوية وغير عضوية، وهي غير متجانسة، وسهلة المعالجة[7].

II.2.2.3 مياه الصرف الصناعي:

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

1.2- المياه العادمة الصناعية غير العضوية:

تنتج المياه العادمة غير العضوية من خلاطات الإسمنت، ومصانع الحديد، وغيرها، وتحتوي هذه المياه على نسب مختلفة من مواد عالقة يمكن ترسيبها بالمواد المخثرة كأملاح الألمنيوم، إضافة إلى نسب مختلفة من المواد المترسبة، والذائبة، الناتجة عن عمليات التصنيع المختلفة كصهر الحديد، وتصنيع الألمنيوم، وغيرها[8].

2.2- المياه العادمة الصناعية العضوية:

تنتج المياه العادمة الصناعية العضوية من عدة صناعات، كالصناعة الدواء، والدباغة، ومصافي البترول وغيرها، وتختلف نوعية المواد العضوية الناتجة حسب نوعية الصناعة، فبعضها ضار وصعب التحلل والبعض الآخر أقل ضررا وسهل التحلل[8].

II.2.2.3 المياه العادمة الزراعية:

هي المياه الناتجة عن الأنشطة الزراعية المختلفة وتحتوي مواد عضوية سهلة التحلل، وكذلك المياه العادمة الناتجة عن تصنيع الأعلاف، حيث تحتوي على تركيزات عالية من المواد والأحماض العضوية ومركبات النيتروجين المختلفة، ويجب حجز هذه المياه عن المياه السطحية، لأنها تجعلها حمضية وتستهلك الأكسجين المذاب فيها مما يدمر الحياة المائية، وإذا عولجت هذه المياه بطريقة ملائمة، فإنها لا تشكل خطرا على البيئة حيث يمكن إعادة المواد الموجودة فيها إلى دورتها الطبيعية بإستعمالها في الزراعة والإستفادة من المغذيات النباتية، والمواد المحسنة للتربة فيها[9].

II.4 أثار الملوثات في مياه الصرف الصحي:

إن إحدى التهديدات الرئيسية للكائنات المائية هي وجود ملوثات في مياه الصرف الصحي السائلة الملوثات الرئيسية تمكن من في المغذيات (النيتروجين والفوسفور) والهيدروكربونات والمعادن الثقيلة والميكروبات.

II.1.4 آثار النيتروجين والفسفور:

يعد النيتروجين والفسفور أهم المغذيات في مياه الصرف الصحي، حيث يحتل النيتروجين المقام الأول على شكل الأمونيا والنيتروجين العضوي، في حين يحتل الفسفور المقام الثاني فيوجد على هيئة أيون الفوسفور القابل للذوبان، أو الفوسفات العضوية، أو أشكال من الفوسفور/ الأكسجين الأخرى[9].

II.2.4 آثار المعادن الثقيلة:

تم العثور على معظم المعادن الثقيلة في مياه الصرف الصحي برغم من بعض المعادن الثقيلة، مثل الزنك البيوكيميائية لكنها تصبح ضارة عندما تكون موجودة في تركيزات عالية[10]، دمج المعادن الثقيلة في سلاسل الغذاء يؤثر على الحالة الفيزيولوجية للكائنات الحية المائية، كما أنها تشكل تهديدا على صحة الإنسان والحيوانات والنباتات لأن معظم المعادن الثقيلة المعروف عنها أنها سامة ومسرطنة مثل الزنك والنحاس والنيكل والزرنيخ، حتى عند إنخفاض تركيزها، إذا وصلت إلى المسطحات المائية أو تسرب إلى مياه الشرب من مياه الصرف الصحي[11].

II.3.4 آثار التلوث الحيوي:

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

II.1.3.4 المكروبات:

وبما أن التلوث بالبراز يمثل مصدر رئيسي لكثير من العوامل الميكروبية، فإن مياه الصرف الصحي في مياه المجاري على وجه الخصوص، تشكل مخاطر صحية محتملة، كما يمكن أن تتلوث مصادر أخرى للمياه بمواد برازية بشرية وحيوانية، ومن ثم فإنها قد تسبب الأمراض الميكروبية. هناك أيضا العديد من مسببات الأمراض المعوية، ومختلف مسببات الأمراض الإنتهازية، والتي يمكن أن تكون مسبقة في الماء وتكون خطرا محتملا للمرض، الجدول (1) يعطي مجموعة من الأمراض المحتملة لبعض البكتيريا المتوقع وجودها في المياه العامة[13،14،15،16].

الجدول(2.II):مسببات الأمراض البكتيرية في البراز

المكروبات(الجراثيم)	نوع المرض الذي تحدثه	إمكانية الإصابة بالعدوى	المصدر
العطيفة المنتنة Campylobacter fetus	إسهال، تسمم الدم، إلتهاب، السحايا، الإجهاض للحوامل	نعم	الإنسان والحيوان
-الإشريكية القولونية Escherichia coli -الإشريكية القولونية الممرضة Pathogeni Escherichia coli	غير ممرضة عموما إسهال	لا نعم	الإنسان
السالمونيلاSalmonella -السلمونيلة التيفونيدية Salmonella typh -السلمونيلة النظيرة paratyphiSalmonella أنواع أخرى	حمى التيفونيد حمى البارا تيفونيد التسمم الغذائي وغيرها من السالمونيلوز	نعم نعم نعم	الإنسان
الضمة Vibrio -ضمات الكلورير Vibrio cholera -ضمات أخرى	كوليرا الإسهال	نعم نعم	الإنسان
البكتيريا العنقودية المرضية(المكورات العنقودية الذهبية)Staphylococcus aureus	الإصابات الجلدية، تسمم الدم وإلتهاب عضلة القلب وإلتهاب العظام	نعم	الإنسان
يرسينيا القولون Yersinisia enterocollitica	الإسهال والتسمم المعوي	نعم	الإنسان والحيوان
ليبوسبيريا Leposipra	إصابات حادة تطال الكلى والكبد والجهاز العصبي المركزي(ويدعى بمرض ويل)	نعم	الحيوان
المتطرفة السلية Mycobacterium tuberculosis	التدرن الرئوي والسل	نعم	المخلفات المائية الخاصة بالمستشفيات
ليجيونيلا نيوموفيلا (الفيلقِية المستروحة) Legionella pneumophila	عطش ترافقه حمي وبرودة وصداع والتهاب عطش رئوي	نعم	الإنسان والحيوان

II.2.3.4 الفيروسات:

تعد الفيروسات من بين العوامل المسببة للأمراض الميكروبية الموجودة في الماء وأكثرها خطورة (أنظر الجدول- 2)، يمكن أن تحتوي المياه غير المعالجة على مجموعة من الفيروسات الممرضة للبشر[17]، في مياه الصرف الصحي تم الكشف أعداد من الفيروسات بتركيز يتجاوز 10^6 إلى 10^8 جسيمات فيروسية/لتر [18].

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

الجدول (II.3): بعض الأمراض التي تسببها الفيروسات [16،19،18].

الفيروسات	الأمراض التي تسببها	إحتمالية العدوى	المصدر
الفيروسات الغدية Adenoviruses	عدة الإحتمالات من بينها: إلتهاب المعدة، والجهاز التنفسي، والعين، والنزيف الحاد والساحايا والدماغ	نعم	الإنسان
الفيروسات المعوية Enteroviruses -فيروس شلل الأطفال Poliovirus -فيروس الأمعاء Enterovirus	شلل الأطفال وأعراض أخرى إلتهاب المعدة والأمعاء، إلتهاب السحايا	نعم نعم	الإنسان الإنسان
فيروس إلتهاب الكبد الوبائي Hepatitis A Virus	إلتهاب الكبد المعدية	نعم	الإنسان
فيروس ريوي (فيروسن تنفسي معوي يتيم) Reoviruses	تؤثر على الجهاز الهضمي والجهاز التنفسي	نعم	الإنسان والحيوان
فيروس عجلي Rotavirus	بإرتفاع الحرارة المصحوب بالإسهال المائي والتقيؤات	نعم	ربما الإنسان

II.3.3.4 الكائنات الأولية (الأوليات) البروتوزا protozoa):

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

العديد من أنواع لأوليات يمكن أن تصيب الإنسان وتسبب المرض، عدد منها تؤوي في أمعاء الإنسان والحيوانات الأخرى، حيث يمكن أن تسبب الزحار أو الإسهال، غالبا ما يتم تمرير الأشكال المعوية من هذه

الخلايا الأولية كأكياس في البراز، ويكون الرجل مصابا عندما يبتلعها، تعتبر ثلاثة أنواع فقط من الأوليات المعوية البشرية من الكائنات الممرضة في كثير من الأحيان: الجيارديات المعوية Lamblia intestinalis (الجياردية اللمبلية Giardia lamblia)،Balanitiduntl coli، وEntameoba histolytica(أنظر الجدول II.4)[12].

الجدول(II.4) بعض الأمراض التي تسببها الأوليات[16،19،17].

الأوليات	الأمراض التي تسببها	العدوى	مصدرها
القربية القولونية Balantidium coli	الإسهال، الزحار، المغص	نعم	الإنسان والحيوان (خاصة الخنازير والجرذان)
إنتاميبا هستوليتيكا (المتحولة الزحارية) Entameoba histoletica	تقرح القولون، زحار أميبي وخراج الكبدي	نعم	الإنسان
الجيارديا المعوية Giardia intestinalis	الإسهال وسوء الإمتصاص (الزحار)	نعم	الإنسان والحيوان

II.4.3.4 الديدان الطفيلية Helminths:

الديدان الطفيلية (الديدان الخيطية والديدان الشريطية) هي طفيليات معوية شائعة، تنتقل عن طريق البراز في البشر، وتشمل طفيليات الديدان الطفيلية الشائعة في مياه الصرف الصحي مثل الدودة الدائرية (Ascaris lumbricoides)، الدودة الخطافية (Ascaris duodenale) أو (Nector americanus) الدودة السواطية (Trichuris trichiura) و (Strongiloides stercoralis) العامل المسبب لداء الأوليات، وتشير التقديرات إلى أن ما يقرب من 25% من سكان العالم من البشر مصابون بالدودة المستديرة، (A. lumbricoides)، يتأثر إنتشار عدوى الأسكاريس بالكثافة السكانية ومستويات الصرف الصحي ودرجة التنمية الزراعية، وتذكر منظمة الصحة العالمية أن الديدان الخيطية المعوية (intestinal nematodes)، وهي من أكبر المخاطر الصحية في إستخدام الفضلات غير المعالجة بالإضافة إلى المياه العامة لأغراض الزراعة / الأحياء المائية، تم الإبلاغ عن أن الأطفال الذين تقل أعمارهم عن 19 سنة هم الأكثر تضررا من العدوى الديدان الخيطية المعوية، الجدول (5) يبين بعض الأمراض التي تحدثها الديدان الطفيلية أحادية الخلية[17،21].

الجدول (5.II): بعض الأمراض التي تحدثها الديدان الطفيلية أحادية الخلية[16، 21، 22، 23]

الديدان الطفيلية(Helminths)	الأمراض التي تسببها	الإنتقال	مصدرها	التوزيع
الصفر الخراطيني Ascaris Lumbricoides (round worm) دودة مستديرة	داء الصفر لخراطيني (داء الأسكاريس	من الإنسان إلى التربة إلى الإنسان	الإنسان والحيوان	في أنحاء العالم
لمُسلكة شعرية الذيل (دودة سوطية) Tricheurs trichiura (whip worm)	داء المسلكات		الإنسان	-
الأسطوانيات البرازية Strongiloides stercoralis	داء الأسطوانيات الشعرية		الإنسان والحيوان	-
الأنكلستوما الأثنا عشرية ancylostoma duodenale)الديدان الخطافية، دودة الإنسيلوستوما) (hookworms)	داء الإنسيلوستوما	من الإنسان إلى التربة إلى الإنسان	الإنسان	في المناخ الرطب
متفرع الخصية الصيني (جنس من الديدان المثقوبة) (clonorchis sinensis)(المثقوبة الكبدية الصينية) (Chinese liver fluke)	داء المتفرعات الخصية (يسبب ضرر بالكبد والبنكرياس)	من الإنسان أو الحيوان إلى الحلزون المائي تم السمك تم إلى الإنسان	الإنسان أو الحيوان	جنوب شرق آسيا
العوساء العريضة diphyllobothrium latum(شريطية السمك fish tapeworm	داء العوساء (المرض ينتج عن إستهلاك الأسماء النهرية نيئة)	من الإنسان أو الحيوان إلى الأسماك ثم إلى الإنسان	من الإنسان إلى الحيوان	بؤر موزعة على نطاق واسع.
السرمية الدودية enterobius vermicularis الدودة الدبوسية (pinworm)	داء السرميات	من الإنسان (الأطفال) إلى الإنسان	الإنسان	في جميع أنحاء العالم.
المتورقة الكبدية (fasciola hepatica)	داء المتورقات (آلام في الصدر والبطن وتورم الكبد وإلتهاب الحلق والإسهال)	من الأغنام إلى الحلزون المائي أو النباتات المائية ثم إلى الإنسان	الأغنام	مناطق تربية الماشية

II. 5 المعايير و التراكيز المسموح بها لمياه الصرف الصحي المعالجة:

أ- المعايير العالمية:

في إطار المحافظة على البيئة والصحة العامة قامت منظمة الصحة العالمية (OMS) بفرض معايير من خلالها تحديد قيم الحد الأقصى لمعايير الصرف الدولية (مرسوم تنفيذي رقم 93-160 مؤرخ في 20 محرم عام 1414 الموافق 10 جويلية 1993 ينظم النفايات الصناعية السائلة) الموضحة في الجدول 1 والمعايير الجزائرية في الجدول الثاني.

جدول(II.6): معايير الصرف الدولية

الخصائص	المعايير الدولية(OMS)
PH	8.5-6.5
DBO_5	ملغ/ل30>
DOC	ملغ/ل 90>
MES	ملغ/ل20>
NH_4^+	ملغ/0.5>
NO_2	ملغ/ل1 >
NO_3	ملغ/ل1>
P_2O_5	ملغ/ل2>
T°	<30°C

ب- المعايير الصرف الجزائرية:

جدول (7.II): المعايير الجزائرية:

الخصائص	الوحدات	حدود القيم
T°	C°	<30
PH	-	6.5-8.5
DBO_5	ملغ/ل	<30
DOC	ملغ/ل	<120
MES	ملغ/ل	<35
Azote total	ملغ/ل	<30
Phosphore total	ملغ/ل	<10
Hydrocarbures	ملغ/ل	<10
Plomb	ملغ/ل	<0.5
Fer	ملغ/ل	<3
Mercure	ملغ/ل	<0.01
Cuivre	ملغ/ل	<0.5
Zinc	ملغ/ل	<3

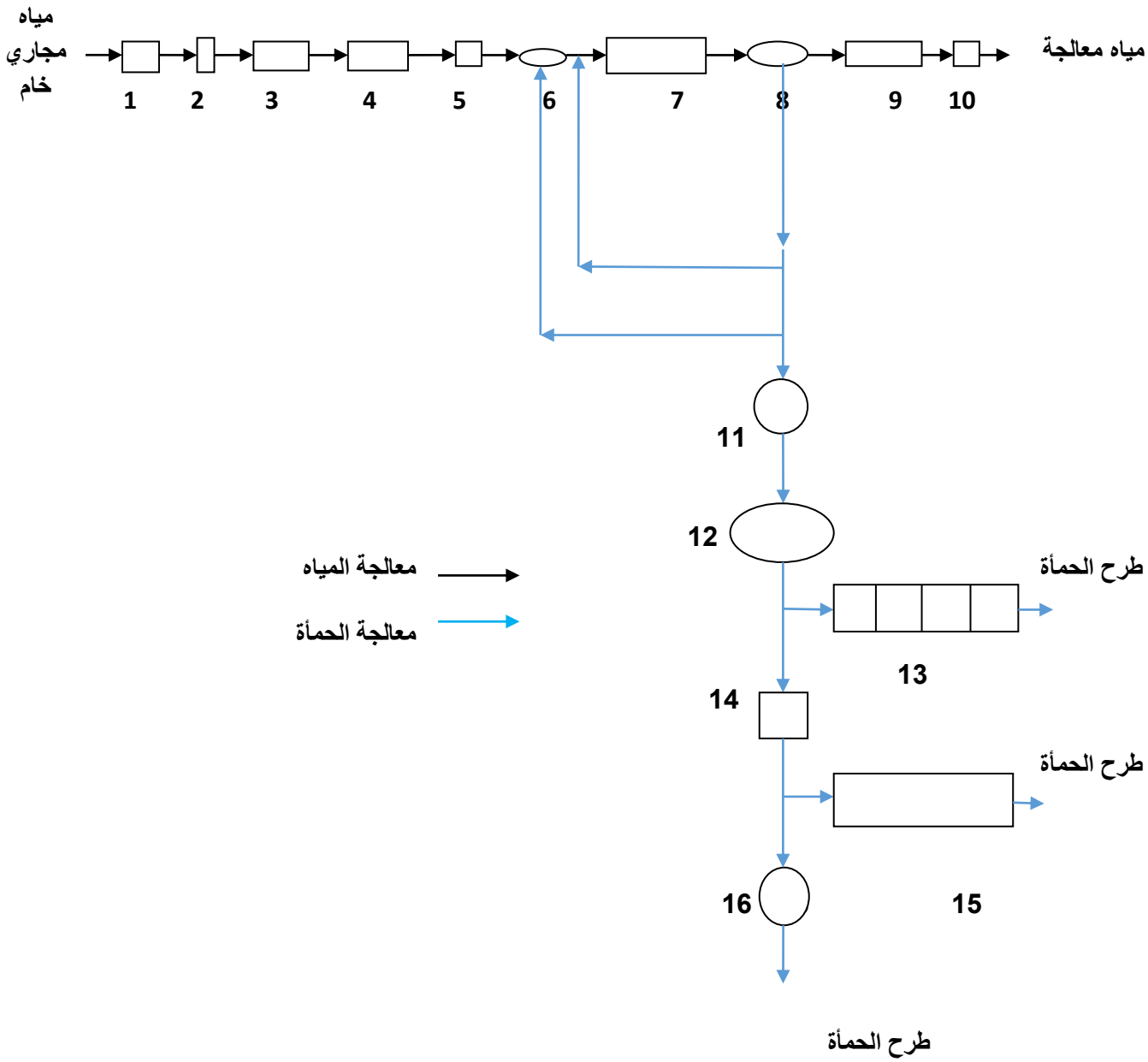
6.II طرق معالجة المياه العادمة:

تهدف معالجة المياه العادمة بشكل رئيسي إلى إزالة التلوث من هذه المياه، وذلك عن طريق فصل الملوثات غير العضوية (رمال، حصى، مواد خاملة مختلفة...) عن المياه، وذلك بوحدات المعالجة الفيزيائية.

- تحويل الملوثات العضوية إلى مركبات لا عضوية أوخاملة (CO_2 –N_2...)، ومن تم فصلها عن المياه، وذلك بوحدات المعالجة الحيوية، أو الكيميائية، أو الفيزيوكيميائية.
- إبادة الجراثيم والديدان والملوثات الحيوية الأخرى الموجودة في المياه، وذلك بوحدات المعالجة الكيميائية أو الفيزيوكيميائية.

تتم هذه العمليات في منشآت خاصة يشكل مجموعها محطة معالجة المياه العادمة. تخضع المياه العادمة في محطات المعالجة بشكل عام إلى عدد من العمليات ضمن مراحل متتابعة، ويمكن تلخيص هذه المراحل بالشكل الآتي:

شكل رقم (1.II): مراحل معالجة المياه العادمة (مخطط رمزي)



أ- المعالجة الإبتدائية 1-المصافي 2-المقتات 3-مزيلات الرمل 4-أحواض التعديل	ج- المعالجة الثانوية أو الحيوية 7- أحواض التهوية أو المفاعلات 8- أحواض الترسيب (الترويق) الثانوي (النهائي). د- مرحلة المعالجة الثالثية 9- المرشحات الرملية 10- التعقيم
ب- المعالجة الأولية 5-أحواض التعويم 6-أحواض الترسيب (الترويق) الأولي	ه- معالجة الحمأة 11- مكثفات الحمأة 12- هضمات الحمأة 13- أسرة(أحواض) تجفيف الحمأة 14- المجففات الميكانيكية للحمأة 15- أسماد الحمأة 16- ترميد الحمأة

II.1.6 المعالجة التمهيدية الإبتدائية:

تهدف هذه المرحلة بشكل عام إلى إزالة المواد الصلبة اللاعضوية كبيرة الحجم، وكذلك الرمال والحصى من المياه بغية حماية المنشآت الميكانيكية، والمضخات والتجهيزات الأخرى في المراحل اللاحقة من المعالجة من الإنسداد أو التلف. كما تهدف أحيانا لتحقيق تجانس المياه الوارد إلى محطة عند حدوث تغيرات مفاجئة في كميات ومواصفات الجريان الوارد. الشكل التالي يبين أهم مراحل معالجة التمهيدية[24].

II.1.6.1 من أهم وحدات هذه المرحلة:

أ- المصافي:

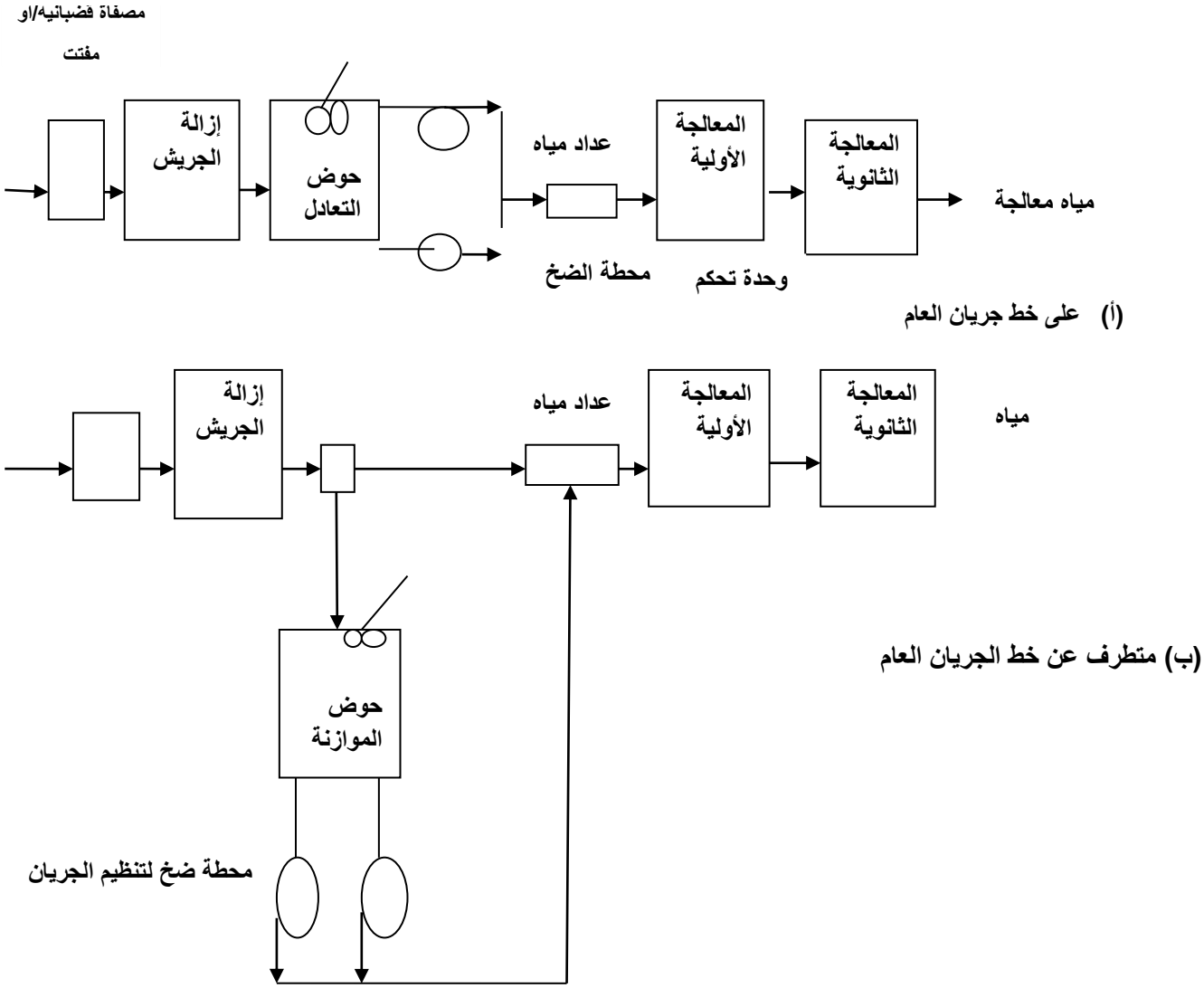
التي تقوم بحجز المواد الطافية كبيرة الحجم بغية حماية المنشآت والتجهيزات الميكانيكية اللاحقة من العطب أو الإنسداد، وهي تبني عند مدخل محطة المعالجة. قد تكون هذه المصافي قضبانية ذات فتحات خشنة (5-10 سنتمتر)، أو فتحات ناعمة (1-5 سنتمتر). حيث يتم تنظيف الأولى يدويا أو ميكانيكيا، بينما يتم تنظيف الثانية ميكانيكيا بواسطة كالنشطات تعمل بإستمرار، كما تستخدم أحيانا مصافي دوارة وخاصة في محطات معالجة المياه العادمة في المصانع المختلفة[25].

ب- أحواض حجز الرمل:

الغرض منها تسريب المواد غير العضوية إلى قاع الأحواض: حبيبات التربة، الرمال، الشوائب والزيوت، وتمرر مياه المخلفات السائلة في أحواض ترسيب رملية بسرعة مناسبة حيث تترسب المواد العالقة أما المواد الذائبة فتظل في الماء.

ج- أحواض التعادل:

التخفيف من حدة تغييرات في كمية أو تركيز المياه العادمة الواصلة إلى محطة المعالجة بغية تحقيق الإنتظام في عمل المحطة. تتألف من مجموعة أحواض وغالبا من حوض واحد، قد تستقبل المياه العادمة الواردة إلى المحطة بمجملها وفي الحالة توضع على خط الجريان العام قبل مرحلة المعالجة الأولية، أو قد تستقبل كميات المياه العادمة الإضافية التي تزيد عن القيم التصميمية للجريان إلى المحطة، وفي حالة توضع متطرفة عن الجريان العام، حيث تعاد مياه هذه الأحواض إلى خط الجريان العام حين إنخفاض الجريان الوارد إلى المحطة إلى القيم التصميمية، وفي الحالتين يعمل حوض التعادل على تحقيق بعض التجانس في كميات ومواصفات المياه العادمة الواردة إلى المحطة. يزود الحوض عادة بتجهيزات للتهوية والمجز للإبقاء على الظروف الهوائية للمياه العادمة، وعلى المواد الصلبة معلقة دون أن تتسرب في الحوض، ويتم إختيار التجهيزات التي تعطى الإستطاعة الأكبر بين الحالتين[1].



شكل رقم(2.II): في محطة معالجة مواقع أحواض الموازنة المياه العادمة (مخطط رمزي)

2.6.II المعالجة الأولية:

تهدف بشكل عام إلى إنجاز تخفيض جزئي للملوثات العضوية DOB الطلب الكيميائي العضوي على الأكسجين، واللاعضوية المعلقة القابلة للتسريب أو التعويم(التطويف). من أهم وحدات هذه المرحلة:

أ- أحواض التعويم أو الطفو:

فصل وإزالة المواد الصلبة المعلقة خفيفة الوزن عن المياه العادمة بتعويمها (تطويفها). إلى سطح الماء في حوض التعويم. وتستعمل هذه الطريقة أيضا لتكثيف (زيادة تركيز) الحمأة المنشطة كما سيرد لاحقا، تتم العملية بحقن الهواء بضغط 3-6 بار في المياه لزيادة ذوبان الهواء في الماء، وذلك في خزان للضغط، ومن تم يحرر الضغط عن الماء عند دخوله في حوض التعويم،فتنطلق فقاعات الهواء الكثيرة والناعمة إلى الأعلى حاملة معها المواد الصلبة المعلقة خفيفة الوزن (زيوت، شحوم، حمأة منشطة...).

ب- أحواض الترويق(الترسيب) الأولى:

فصل وإزالة المواد الصلبة العالقة الناعمة القابلة للترسيب عن المياه العادمة، والتي تتشكل في معظمها من رمال، وقليل من المواد العضوية. تبنى أحواض الترسيب بشكل دائري أو مستطيل، وتزود بتجهيزات لكشط الحمأة المتسربة على القاع، وتوجيهها إلى الحفرة مركزية أو نهائية، ليسهل سحبها منها. وغالبا ما تكون الحمأة المنشطة المتسربة التي تدعى الحمأة الأولية بحاجة إلى معالجة لاحقة، نظرا لإحتوائها على نسبة من المواد العضوية. تضاف أحيانا بعض المركبات الكيميائية المخثرة (الشبة، كلوزايد، الحديد، الكلس...) للمساعدة في عملية الترسيب. تخرج المياه من أحواض الترسيب الأولي فوق هدارات محيطية (في حالة الأحواض الدائرية)، أو مستقيمة على كامل الحوض عند نهايته (في حالة الأحواض المستطيلة)، وذلك للإقلال من إضطراب الجريان عند مقطع الخروج[1].

كما تستعمل أحيانا في بعض المحطات المصافي الناعمة المؤلفة من أسلاك معدنية رفيعة من الفولاذ غير القابل للصدأ كبديل عن أحواض التسريب الأولي، وهذه المصافي قد تكون على شكل صفائح مستوية مائلة مع إتجاه الجريان، أو على شكل أسطوانة مجوفة دوارة،أو على شكل أقراص متتابعة دوارة تعبرها المياه بدون فترة مكوث.

شكل رقم(3.II): أحواض الترويق(الترسيب الأولي)

3.6.II المعالجة الحيوية أو الثانوية:

تعتبر أهم مراحل المعالجة وتهدف بشكل عام إلى إزالة الملوثات العضوية القابلة للتفكك الحيوي بواسطة الكائنات العضوية المجهرية وأهمها البكتيريا، وذلك بتحويلها (أكسدتها) إلى مركبات مستقرة، أو عناصر خاملة بالإستعانة بالأكسجين الجزئي الحر (الهواء)، أو المركب مع عناصر أخرى ثم ترسيبها وفصلها عن المياه. ومن أهم وحدات هذه المرحلة:

أ- **أحواض التهوية أو المفاعلات:**

تقوم هذه العملية بتفكيك المواد العضوية والملوثات الأخرى الموجودة في المياه العادمة، وتحويلها إلى مركبات مستقرة بأكسدتها عن طريق كائنات دقيقة توجد في المياه العادمة البلدية بشكل طبيعي، ومن أهمها البكتيريا، حيث تقوم هذه الكائنات الدقيقة بإستهلاك (هضم) المواد العضوية بوجود الأكسجين الحر(الهواء)، أو المركب في المواد العضوية ذاتها وتحويله إلى مركبات خاملة (N_2 CO_2...)، وتنمو هذه الكائنات نتيجة ذلك مشكلة كتلة حيوية تدعى الحمأة، يتم فيها لاحقا فصلها عن المياه في أحواض الترويق النهائي. يختلف تصميم هذه الأحواض حسب طريقة المعالجة، وتوجد خمس طرق رئيسية في هذا المجال، بالإضافة إلى بعض الطرق المركبة والطرق المستخدمة في إزالة أنواع خاصة من الملوثات من بينها الطرق التالية[26]:

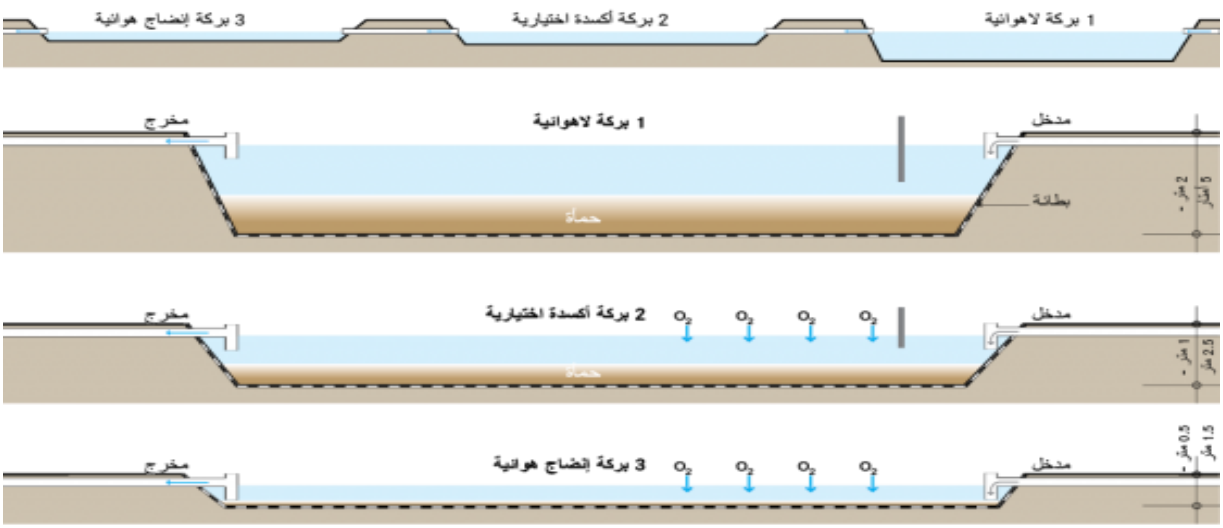
- **الحمأة المنشطة Les bous activer**

حيث تتم تهوية المياه في المفاعل بوسائط ميكانيكية بإستخدام الهواء المدرر diffuse Air، أو بإستخدام المهويات السطحية Aaérateurs de surface، ويعاد قسم ن الحمأة المترسبة في حوض الترويق النهائي بإستمرار إلى بداية حوض التهوية (المفاعل) بغية تنشيط الحمأة (البكتيريا أو الكتلة الحيوية). بالتالي تنشيط الأكسدة الحيوية للمواد العضوية في المياه العادمة.

- **برك التثبيت Lagunage**

هي أحواض كبيرة وقليلة العمق، ولا تحتوي على تجهيزات ميكانيكية للتهوية. قد تكون هذه لبرك هوائية Lagunage aéré حيث يكون عمقها حوالي المتر، وتتم تهوية الحوض نتيجة التلامس مع الهواء الجوي وفعل الرياح، وهي طريقة قليلة الإستعمال لأنها تتطلب مساحات واسعة من الأرض. وقد تكون إختيارية عمقها حوالي 1.25 – 2 متر، حيث تكون المعالجة ضمن البركة تحت ظروف هوائية في الطبقة المائية السطحية، وإختيارية في لطبقة المائية المتوسطة حيث تنشط أنواع من التي تعمل سواء بوجود الأكسجين الجزئي (الهواء)، أو بعدم وجوده.

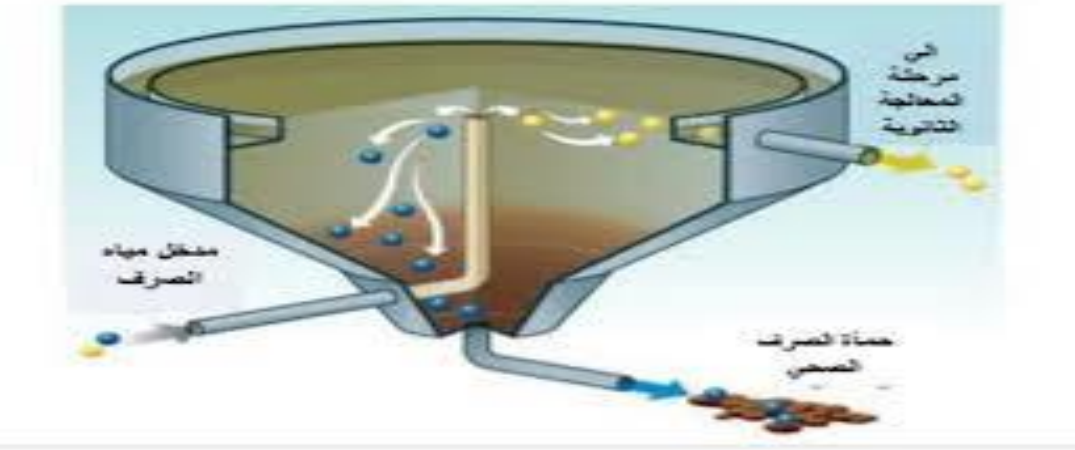
ولاهوائية Anaérobie حيث يبلغ عمق البركة حوالي 3-5 أمتار، وتكون المعالجة الحيوية فيها تحت ظروف لاهوائية. وبالتالي تكون مصدرا لنشر الروائح الكريهة، وتستعمل عادة كمرحلة تحضيرية (مسبقة) لمعالجة المياه العادمة قبل إنتقالها إلى البرك الإختيارية[27].



شكل رقم(4.II): برك التثبيت المخلفات السائلة (الأكسدة)

ب- أحواض الترويق (الترسيب) الثانوي (النهائي):

ترسيب وفصل الحمأة (الكتلة الحيوية) التي تشكلت في أحواض التهوية(المفاعلات، إضافة إلى ما بقي من المواد الصلبة المعلقة الأخرى على إختلاف أنواعها، والتي بقيت في المياه حيث تجمع هذه الكتلة الراسبة ويعاد جزء منها في حالة الحمأة المنشطة في أحواض التهوية مرة ثانية لتنشيط التفاعل، بينما ينقل الجزء لآخر أو كمال الحمأة الراسبة في الطرق الأخرى لإلى مراحل لاحقة لمعالجة الحمأة. تخرج المياه الرائقة من أحواض الترويق الثانوي، والتي تدعى المياه المعالجة ثانويا إلى مراحل لاحقة للمعالجة بعد أن تمت إزالة معظم الملوثات العضوية الجرثومية من المياه[1].



شكل رقم (5.II): تصميم أحواض (الترسيب) الثانوي أو النهائي

تشبه أحواض الترويق الثانوي من الناحية الإنشائية أحواض الترويق الأولي، إلا أن زمن الحجز الهيدروليكي (زمن البقاء في الحوض) أكبر هنا منه في حوض الترويق الأولي، وميل القاع أقل مما هو عليه في أحواض الترويق الأولي، قد تكون هذه الأحواض دائرية أو مستطيلة، وهي مزودة بتجهيزات كشط الحمأة من القاع، وكذالك قشد الزبد أو الخبث (المواد الطافية) من على سطح الماء يتراوح معدل التدفق هدار الخروج بين 130 و200 متر^3/اليوم/متر طولي من الهدار[1].

هناك بعض الطرق الفيزيوكيمياوية الخاصة المستخدمة لإزالة المواد العضوية القابلة للإنحلال، والتي يصعب إزالتها بالمعالجة الحيوية، ومن هذه الطرق الإمتزاز الكربوني Carbone Adsorption حيث تمرر المياه العادمة خلال وعاء مملوء بحبيبات ناعمة من الكربون وتقوم بإمتزاز المواد العضوية على سطوحها، عندما يتزامن وقت كاف للتماس بينهما يتراوح بين 20 و40 دقيقة. ومن حين آخر يجري إبدال الكربون المستخدم، أو إعادة تنشيطه لتمكنه من الإمتزاز من جديد. تطبق هذه الطريقة عادة في معالجة كميات قليلة من المياه العادمة.

4.6.II المعالجة الثلاثية:

تهدف بشكل عام إلى تحسين نوعية المياه التي تمت معالجتها في المراحل السابقة وذلك بالتخلص من المواد والشوائب المعلقة الناعمة والقضاء على الملوثات الحيوية كالديدان والجراثيم، بحيث تصبح هذه المياه بعدئذ خالية من الضرر وصالحة لكثير من الإستخدمات وفي طالعتها ري بعض أنواع المزروعات. ومن أهم وحدات هذه المرحلة الترشيح والتعقيم وبعض وحدات المعالجة المتقدمة التي تستخدم حسب المواصفات المطلوبة من المياه المعالجة وأهمها وحدات إزالة النيتروجين والفوسفور (المغذيات الرئيسية)[25].

أ- الترشيح Filtration:

إن هدف الترشيح هو فصل وإزالة المواد الصلبة المعلقة الناعمة جدا، بما في ذلك قسم ملحوظ من الجراثيم الباقية في المياه الصادرة عن أحواض الترويق الثانوي (النهائي)، ويتم ذلك بإمرار المياه عبر وسط مرشح من الرمل، أو بعض المواد الخاملة الناعمة (الأنثراسيت)، حيث تحتجز الشوائب على سطوح هذا الوسط بتأثير الإمتزاز وكذلك في الفراغات الصغيرة بين ذرات الوسط المرشح.

ب- التطهير:

الهدف من التطهير هو القضاء على الجراثيم الموجودة في المياه العادمة التي تمر بمراحل المعالجة السابقة ويتم ذلك بإستخدام عدة طرق من أهمها:

- ✓ **التطهير بالكلور Cl_2 أو أحد مشتقاته (هيبوكلورايت الصوديوم NaOCL–هيبوكلورايت الكالسيوم $Ca(OCL)_2$:**

تعتبر كميات الكبيرة من الكلور الباقي بعد التطهير (أو بعد إضافة الكلور لغايات أخرى كالتحكم بنمو العضويات البكترية الخيطية، أو الطحالب التي تعيق عمليات المعالجة بالحمأة المنشطة) سامة للأحياء المائية حينما يتم تصريف المياه المعالجة في حيز مائي مستقل، كما أو وجود بعض المواد العضوية في الوسط المستقبل قد يؤدي إلى تشكل مركبات مسرطنة (THM) نتيجة تفاعلها مع الكلور. لذلك يعمد في مثل هذه الحالات إلى التخلص من الكلور في المياه بعملية تدعي إزالة الكلورDécoloration حيث تضاف بعض المركبات الكيماوية إلى المياه المعالجة لتحقيق هذه الغاية. من المركبات المستعملة لإزالة الكلور ثاني أكسيد الكبريت SO_2 وبيروكساید الهيدروجين H_2O_2، حيث يضاف في الحالة الأولى ثاني أكسيد الكبريت بمعدل 0.9 ملغرام/لتر من SO_2 لإزالة كل 1 ملغرام من الكلور الحر أو مركب.

✓ **التطهير بالأوزونO_3:**

يتم توليد الأوزون بتطبيق تيار ذي فرق جهد عال من أقطاب كهربائية على شكل صفائح متعددة قريبة من بعضها يمرر بينها الهواء الجاف أو الأكسجين، فيتفكك جزيء أكسجين O_2 إلى ذرتين كما منهما تتحد مع جزيء أكسجين لتشكيل الأزون O_3، ويضاف الأوزون للمياه لقتل الجراثيم، وبعدها يتفكك الأوزون ويتلاشى في المياه.

✓ **التطهير بالأشعة فوق البنفسجية EV:**

يتم توليد الأشعة فوق البنفسجية في مصابيح قضبانية طولها ما بين 0.75 -1.5، وقطرها حوالي 1.5 -2 سنتمتر أو أكثر حاوية على بخار الزئبق، حين يتحرض هذا الغاز بالقدرة المتولدة عند شحن هذه المصابيح بالقوس الكهربائي، ويطلق الأشعة فوق البنفسجية ذات طول موجة 253.7 نانومتر والقادرة على تهديم السائل الخلوي للجراثيم. لضمان فعالية هذه الطريقة يجب أن تكون المياه الحاوية على أقل ما يمكن من المواد الصلبة العالقة (العكر) التي قد تحول دون وصول الأشعة فوق البنفسجية إلى الجراثيم أثناء مرور المياه عبر هذه المصابيح[1].

7.II الأخطار الناجمة عن مياه الصرف الصحي:

أ- أخطارها على الأرض والفلاحة:

- زيادة الملوحة.

- نقل وإنتقال لمواد السامة.

- خطر تلويث المياه الباطنية عن طريق الترشيح وإنفاذ المباشر للمياه الصرف الصحي

ب- أخطارها الصحية على الإنسان:

-الأمراض المتنقلة عن طريق المياه.

- الإصابات البكتيرية(الأمراض التي تسببها البكتيريا):

- الكوليرا
- التيفويد و البكتيريا المسئولة عن السالمونيلا.
- الإسهال والتسمم البوتيلي والبكتيريا المسئولة عنه بالإضافة إلى الإصابات الفيروسية الإصابات الطفيفة[1].

مراجع الفصل الثاني:

[1]: منظمة الصحة العالمية، المكتب الإقليمي للشرق الأوسط، المركز الإقليمي لأنشطة صحة البيئية: إرشادات في تصميم وتشغيل وصيانة محطات معالجة محطات المياه العادمة، الأردن (2004)، ص3،26،27، 31، 32، 45.

[2]: إبراهيم العابد،أطروحة دكتوراه،جامعة ورقلة،2015 ص19،21،22، 18، 12، 1.

[3]: الدليل الإرشادي لإعادة إستخدام المياه الرمادية الإصدار الثاني 1429 هـ.

[5]: برنامج المسار الوظيفي للعاملين بالقطاع مياه الشرب والصرف الصحي خصائص مياه الصرف الصحي ستة أشهر تم إعداد المادة بواسطة الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحي قطاع التنمية الموارد البشرية – الإدارة العامة لتخطيط المسار الوظيفي 2015-7-v1.

[10]: أحمد فيصل أصفري، إرشادات في تصميم وتشغيل وصيانة محطات معالجة المياه العادمة، منظمة الصحة العالمية المكتب الإقليمي لشرق المتوسط، المركزة الإقليمي لأنشطة صحة البيئة، عمان - الأردن،(2004) ص3، ص39،.

[16]: عصام محمد عبد الماجد أحمد، وآخرون، الفضلات السائلة – الجزء الأول، دار جامعة السودان للنشر والطباعة والتوزيع،(2000)، ص33- 35 .

[19]: دليل تطهير مياه الشرب في حالات الطوارئ، منظمة الصحة العالمية المكتب الإقليمي لشرق المتوسط المركز الإقليمي لأنشطة صحة البيئة، عمان، (2004)ص1.

[9]: عصام محمد عبد المجيد، التلوث: المخاطر وحلول، المنظمة العربية للثقافة والعلوم، تونس، (2002)، ص 32،33، 47 .

[24]: محمود عزيم وآخرون: مراجعة تصميم محطات معالجة مياه الصرف الصحي، برنامج إدارة مياه الشرب والصرف الصحي الأردن،(2008)، ص3، ص25.

[25]: ممدوح فتحي عبد الصبور: تقنيات مياه الصرف الصحي وإعادة إستخدامها للأغراض الزراعية، مجلة أسيوط للدراسات البيئية، العدد التاسع، مصر،(2000)،ص36.

المراجع الأجنبية:

[4]: *SATIN, M.; SELMI, B: Guide technique de l'assainissement : Evacuation des eaux usées et pluviales conception et composant des réseaux, épuration des eaux et protection de l'environnement, exploitation et gestion des systèmes d'assainissement. ISBN 2-281-1152-0, Edition le moniteur, Paris, 1995, pp75.*

[6]: M.V. Sperling, wastewater characteristics, treatment and disposal, Biological Wastewater Treatment Series,(2006), pp4,.

[7]: Directive européenne, eaux résiduaires urbaines,(du 21 mai 1991), pp2.

[8]: H. SHI , point sources of pollution: local effects and it's control - Industrial Wastewater - Types, Amounts and Effects, Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS),vol 1,(2011), pp192 - 193 , .

[9]: G. Tjandraatmadja, C. Pollard, Sheedy, Y. Gozukara, Sources of Contaminants in domestic wastewater: nutrients and additional elements from household products .CSIRO Water for a Healthy Country National Research Flagship,(2010), pp12-13,.

[11]: O. B.Akpor, et al, pollutants in wastewater effluents: impacts and remediation processes International Journal of Environmental Research and Earth Science, Vo. 3, No. 3,(2014). pp. 050- 059.

[12]: S. toze, PCR and the detection of microbial pathogens in water and wastewater wat.resVol. 33, No17,(1999), pp 3546.

[13]: L .M.kabiru , Detection of Pathogenic Escherichia coli in Samples Collected at an Abattoir in Zaria , Nigeria and at Different Points in the Surrounding Environment , Int . J. Environ. Res. Public Health,(2014), pp 1.

[14]: J.A. Wagenaar, & All, Campylobacter fetus Infections in Humans: Exposure and Disease Published by Oxford University, (2014) p 1.

[15]: S. toze , Reuse of effluent water – benefits and risks, Proceedings of the 4th International Crop Science Congress , Brisbane , Australia ,(2004) pp 2.

[17]: G.F. Richard, D. J. Bradley, H. Garelick, D.D. Mara, Sanitation and Disease Health Aspects of Excreta and Wastewater Management, Published for the World Bank, Chichester New York Brisbane Toronto Singapore,(1982), pp165.

[18]:W. C. Russell, Adenoviruses: update on structure and function, Journal of General Virology, Vol90,(2009) pp7.

[20]: A.I. Okoh, Wastewater treatment plants as a source of microbial pathogens in receiving Watersheds, African Journal of Biotechnology, Vol 6, ch (25),(2007) pp 2939-2940.

[21]: Ze-Li Tang, et al, Infectious Diseases of Poverty, vol 5:71, pp2-3, (2016).

[22]: E. B. helwig, clonorchiasis, Army Institute of Pathology, Washington,(1946) pp714-715,.

[23]: M. Haseena, Water pollution and human health, Environ Risk Assess Remediat, vol1 (3),(2017), pp17.

[26]: Solène. M et al (2013) traitement des eaux usées, centre d'Enseignement et de Recherches sur l'environnement p3.

[27]: YAGOUBI.A et al: vérification et validation de l'adéquation & de l'efficacité de l, Exploitation des projets STEP Liban Maroc et Tunisie, Mécanisme de soutier a la gestion intégrée durable de l'eau SWIM-SM(2014) p27

الفصل الثالث:مجالات إستخدام المياه المعالجة

III مجالات إستخدام المياه المعالجة

1.III مقدمة:

يعود أول إستخدام للمياه العادمة تاريخا إلى ما قبل ألفي عام باليونان، كما كان الري بالمياه العادمة شائعا في ألمانيا في القرن السادس عشر، وفي إنجلترا في القرن التاسع عشر، أما في الولايات المتحدة الأمريكية فإن أول إستخدام سجل للمياه العادمة المعالجة يعود إلى سبعينيات القرن التاسع عشر، وأما بالنسبة للمياه العادمة المعالجة في البلدان النامية فقد تزايد الإقبال عليها في الزراعة في ثمانينات القرن العشرين، بعد أن أدركت هذه البلدان إمكانيات ومزايا إستخدام المياه العادمة المعالجة في المجالات المختلفة، أما في البلاد العربية فقد بدأ إستعمال المياه العادمة غير المعالجة في ري المحاصيل الزراعية مع مطلع عام 1911م في مصر وتلاها عدد آخر من الدول العربية التي إهتمت بهذا النوع من المياه، حيث قدرت كمية المياه العادمة في الوطن العربي 9 مليارم^3/سنويا وثلثي هذه الكمية هي مياه معالجة تستعمل بنسبة 48% في الري الزراعي[1].

2.III تعريف إعادة إستخدام مياه الصرف الصحي:

إن مصطلح "مياه الصرف الصحي " يتطرق إلى أي مياه لم يعد مرغوبا فيها. وبكلمات أخرى، إنها المياه المستعملة /المصروفة والمتخلص منها من قبل المنازل (للإستحمام، الغسيل،إستعمال المرحاض، ...إلخ) و الزراعة والمنشآت الصناعية.

إن حوالي 99%في المئة من مياه الصرف الصحي هي مياه وفقط 1% هي فضلات صلبة. ولذلك، فإن مياه الصرف الصحي لها إمكانات كبيرة لتخفيف نقص المياه العذبة في الأقاليم القاحلة وشبه القاحلة.

إن إعادة إستخدام أو تدوير مياه الصرف الصحي ممكن أن تعرف ك" إستعمال مياه الصرف الصحي أو مياه مسترجعة من إستخدام واحد إلى إستخدام آخر.إن الإستعمال المعتمد والمتأني للمياه المسترجعة أو مياه الصرف الصحي يجب أن يكون متوافقا مع القواعد المطبقة لهدف مفيد (ري الأراضي، الري الزراعي، الإستخدامات الجمالية، إعادة تغذية المياه الجوفية والحماية من الحرائق)[2].

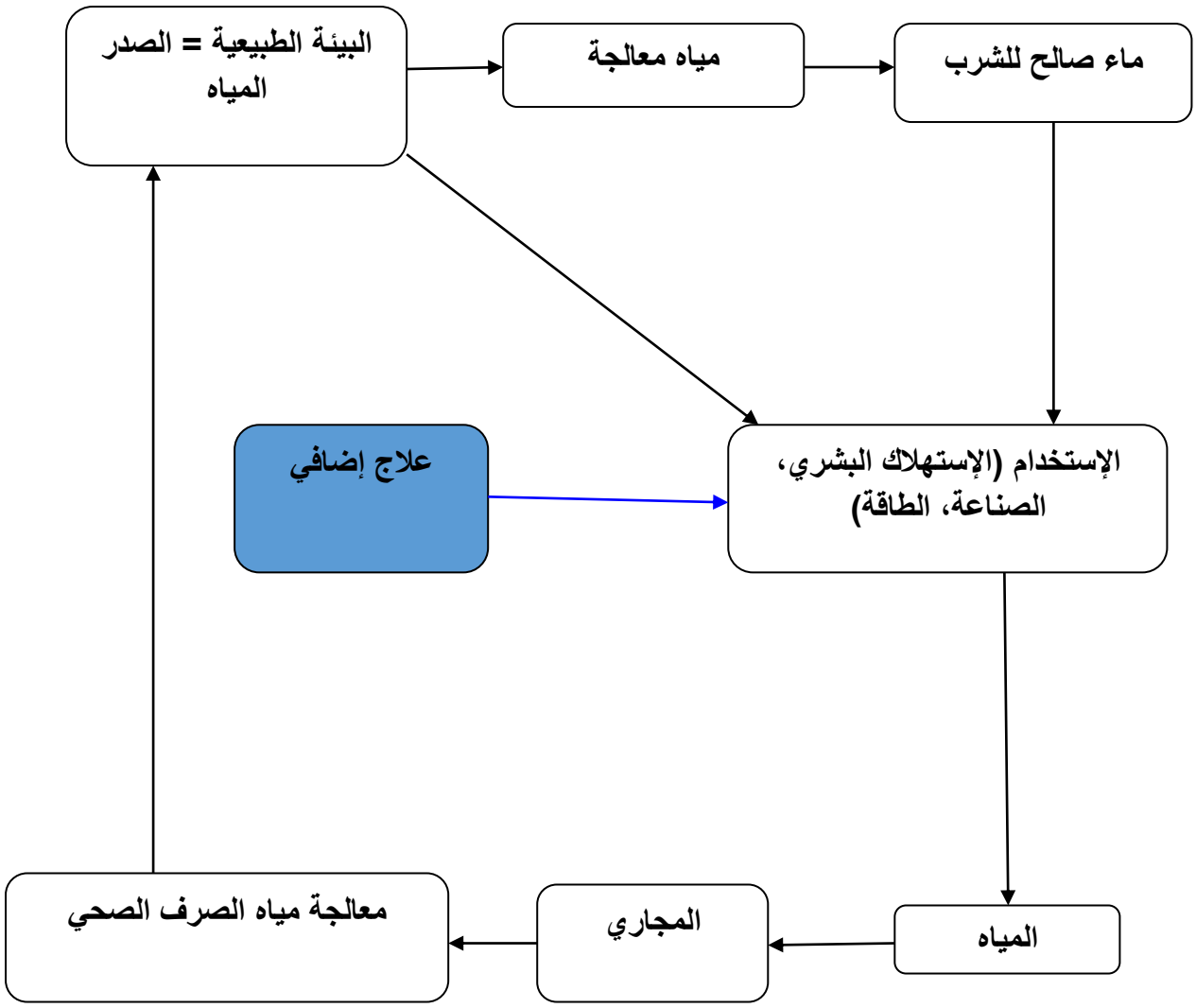
وهي أيضا المياه التي يتم إستخدمها أكثر من مرة قبل أن تعود مرة أخرى إلى دورة المياه الطبيعية. تتيح التطورات في تقنية معالجة مياه الصرف الصحي البلدية للمجتمعات إعادة إستخدام المياه للعديد من الأغراض المختلفة. تتم معالجة المياه بشكل مختلف حسب مصدر المياه واستخدمها وكيفية توصيلها.

يتم تدوير كل المياه الموجودة على الأرض بشكل متكرر عبر الغلاف المائي الكوكبي، حيث يتم إعادة تدوير جميع المياه الموجودة على الأرض، ولكن المصطلحات " المياه المعاد تدويرها " أو "المياه المستصلحة" تعني

عادة مياه الصرف الصحي المرسلة من المنازل أو العمل من خلال نظام الصرف الصحي إلى محطة معالجة مياه الصرف الصحي، حيث تتم معالجتها إلى مستوى يتوافق مع الإستخدام المقصود[2].

3.III إعادة إستخدام مياه الصرف الصحي المعالجة حول العالم:

يغطي العالمREUE (إعادة إستخدام مياه الصرف الصحي المعالجة) مفهومين متكاملين: المعالجة تم إعادة الإستخدام الفعلي لمياه الصرف الصحي، كما تقترح معالجتها مرة أخرى إذا لزم الأمر وإستخدامها لجميع أنواع الأغراض. كما هو موضح في الشكل التالي[3].



الشكل رقم (1.III): تكامل مياه الصرف الصحي المعالجة في الدورة العامة للموارد المائية[3].

4.III الوضع العالمي:

في البلدان المتقدمة يكون الإستخدام المخطط لمياه الصرف الصحي المعالجة أكثر شيوعا، حيث نمت إعادة إستخدام مياه الصرف الصحي المعالجة (REUE) بسرعة خلال سنوات العشر الماضية وكان نمو حجم المياه

المعالجة بحوالي 10% إلى 29% سنويا في أوروبا والولايات المتحدة والصين وما يصل إلى 41% في أستراليا[4].

يبلغ الحجم اليومي لمياه الصرف الصحي المعاد إستخدامها 1.5-1.7 مليون متر مكعب في العديد من البلدان مثل كاليفورنيا أو فلوريدا أو الصين. وبعض الدول الأوروبية المتوسطة لديها أيضا أهداف طموحة تتمثل في إعادة إستخدام 100% من مياه الصرف الصحي في قبرص ومدريد[4].

في الهند، يتم إستخدام حوالي 25 % من مياه الصرف الصحي المعالجة وغير المعالجة في الري الزراعي. تستخدم مكسيكو سيتي النفايات السائلة المعالجة بواسطة محطات معالجة مياه الصرف لري المنتزهات والحدائق العامة وفي تونس، تم الإعلان عن إعادة إستخدام مياه الصرف المعالجة كهدف وطني وكان معدل الإستخدام بنسبة 50% مستهدفا الزراعة المروية. أما في المغرب، يقدر حجم موارد مياه الصرف الصحي المعالجة بـ 300 مليون متر مكعب، يتم إعادة إستخدام 20% منها، وتستخدم المياه المنقاة لتلبية إحتياجات المناطق الزراعية شبه الحضرية[4].

في باكستان، يتم ري حوالي 26% من إنتاج الخضار الوطني، بينما في هانويو فيتنام، يأتي حوالي 80% من إنتاج الخضروات من المناطق الحضرية وشبه الحضرية المروية بمياه الصرف الصحي المعالجة. تستخدم البلدان المنخفضة والمتوسطة الدخل مثل الهند ومالي والأردن وفلسطين وجنوب إفريقيا ونيبال وسريلانكا وكوستاريكا وماليزيا المياه الرمادية لزراعة الحدائق وري المحاصيل غير الغذائية (مثل العلف وأشجار الزيتون). ومن بين المدن الكبرى في غرب إفريقيا،يتم إنتاج ما بين 50% و 90% من الخضروات التي يستهلكها سكان المدن في المدينة أو بالقرب منها، حيث تكون معظم المياه المستخدمة للري ملوثة[3].

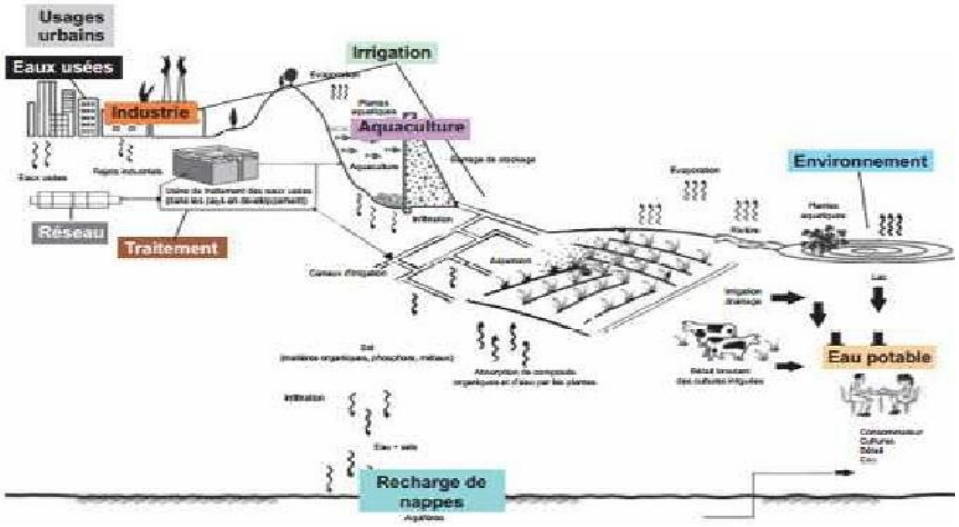
في اليابان، 33% من الأسر التي تعيش في المناطق الحضرية تعيد تدوير المياه الرمادية لتزويد المراحيض . كما تستخدم المياه لري حدائق الزينة بالمدينة ولتوفير مجاري المياه في مناطق اللعب والرياضة[3].

5.III مجالات مياه الصرف الصحي المستخدمة:

هناك عديد من المجالات لإعادة إستخدام مياه الصرف الصحي نذكر منها:

- **إعادة الإستخدام المدني:** ري المنتزهات، مساحات اللعب، الساحات، الجزر الوسطية للطرق السريعة وأراضي المناطق السكنية، وكذلك لتصريف مياه المرحاض والحماية من الحرائق في المباني التجارية والصناعية.

- **إعادة الإستخدام الزراعي:** ري المحاصيل غير الغذائية، مثل العلف والألياف، والحضانات التجارية وأراضي المراعي للمحاصيل الغذائية، تستخدم مياه معالجة ذات جودة عالية.
- **التجمعات المائية الترفيهية:** البرك المائية والبحيرات.
- **إعادة الإستخدام البيئي:** عمل مناطق رطبة صناعية، وتحسين الأراضي الرطبة الطبيعية وإستدامة تدفق الجداول.
- **إعادة إستخدام الصناعي:** بشكل رئيسي لمياه المعالجة ومياه التبريد.
- **إعادة تغذية المياه الجوفية:** عن طريق الحقن المباشر لطبقات أرض المياه الجوفية[3].
- **إنتاج مياه الشرب.**
- **تربية الأسماك.**
- **الترفيه والتسلية**[4].



شكل رقم (2.III): إستخدامات مياه الصرف الصحي المعالجة[5]

1.5.III إعادة إستخدام المياه العادمة المعالجة في الري:

يعتبر الري الزراعي أمرا حاسما لتحسين جودة وكمية مياه الري. في جميع أنحاء العالم، الزراعة هي الأكثر مستهلك للمياه وفي الواقع ذكرت اليونسكو (2000) أن قطاع الزراعة يحصل على 67% من إجمالي سحب المياه وتمثل 86% من الإستهلاك العالمي. بالنسبة لمعظم الدول العربية يرجع لإستهلاك المياه بشكل أساسي إلى قطاع الزراعةّ؛ على سبيل المثال بالنسبة للمغرب العربي، تعادل الزراعة 81% من إستهلاك المياه (سحب المياه). وهكذا، فإن مشاريع الري واسعة النطاق قد تسارعت في إختفاء المسطحات المائية مثل الآرال والمستنقعات العراقية وبحيرة التشاد[5].

REUT (إعادة إستخدام مياه الصرف الصحي المعالجة) عند إستخدامها بشكل صحيح، قد تسمح بالمزيد من إستغلال المياه في الزراعة من أجل الإدارة المستدامة للماء وتتمثل الفوائد الرئيسية لـ REUT في الزراعة فيما يلي:

- الحفاظ على موارد المياه العذبة و إستخدامها بعقلانية، خاصة في البلدان التي تعاني من ندرة المياه.
- طريقة لتجنب تلوث المياه السطحية عن طريق تجنب الإنسكاب من مياه الصرف الصحي في المسطحات المائية.
- مصدر طبيعي للمغذيات(خاصة النيتروجين و الفسفور و البوتاسيوم) وبالتالي خفض متطلبات الأسمدة الصناعية.
- تحسين الخصائص الفيزيائية للتربة بفضل مساهمة المواد العضوية مثل منع التآكل[5].

يعد إستخدام المياه العادمة المنزلية لري الأراضي الزراعية ممارسة طويلة الأمد في العديد من البلدان حول العالم وهي معروفة منذ نهاية القرن التاسع عشر. وحليا، بدأت هذه الممارسة في الزيادة بسبب ندرة المياه التقليدية. خاصة في المناطق القاحلة وشبه القاحلة[6].

من حيث المساحة السطحية، يتم ري أكثر من 20 مليون هكتار من الأراضي الزراعية بمياه الصرف الصحي المعالجة في جميع أنحاء العالم، كما تلقى إعادة إستخدام المياه العادمة في الزراعة إهتماما كبيرا، و توجد مخاطر إعادة الإستخدام بالإضافة إلى الآثار الإيجابية، لا سيما الآثار السلبية المتعلقة بالتربة والمحاصيل الزراعية[6].

شكل رقم (3.III): صورة توضح إستخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في ري البساتين[7].

أ- المنفعة الزراعية لمياه الصرف الصحي:

يعتبر إستخدام المياه العادمة المنزلية في الإنتاج الزراعي نهجا مهما من عدة نواح فهو يجعل من الممكن تعزيز قيمة المياه و الأسمدة التي تحتويها بدلا من رفضها إذ يمكن أن يكون لمياه الصرف الصحي نتائج زراعية إيجابية[6].

إن المعادن (النيتروجين، الفسفور، البوتاسيوم، الزنك والكبريت) ضرورية للحياة النباتية، التي توجد بكميات ملحوظة في مياه الصرف الصحي وتشكل معيارا للجودة المهمة لإستعادة مياه الصرف الصحي المعالجة في الزراعة[6].

بشكل عام يمكن توفير طبقة 100 مم من مياه الصرف الصحي لكل هكتار:من 16 إلى 62 كجم من النيتروجين، ومن 2 إلى 69 كجم من البوتاسيوم، ومن 4 إلى و24 كجم من الفوسفور، ومن 18 إلى 208 كجم من الكالسيوم، ومن 9 إلى 100 كجم من المغنيزيوم و27 إلى 182 كجم من الصوديوم.

ب- المخاطر المرتبطة بإعادة إستخدام مياه الصرف الصحي النقية في الزراعة:

إن المخاطر المرتبطة بإعادة إستخدام المياه العادمة في الزراعة متعددة و ذات طبيعة ميكروبيولوجية أو كيميائية أو بيئية. هذه المخاطر هي MES، والعناصر الغذائية الزائدة(K،P،N)، والبكتيريا،والديدان الطفيلية، الفيروسات، والمعادن الثقيلة والملوحة[6].

1. المواد العالقة MES:

يتم نقل معظم الكائنات الحية الدقيقة المسببة للأمراض الموجودة في مياه الصرف الصحي بواسطة المواد الصلبة العالقة التي تحميها من العديد من المعالجات ، ومن ناحية أخرى، إذا كانت المواد الصلبة العالقة موجودة بكميات كبيرة جدا ، فقد تسبب إنسدادا لخطوط الأنابيب وري الأنظمة.

2. المغذيات الزائدة:

المغذيات(النيتروجين، الفوسفور، والبوتاسيوم) يمكن أن تكون زائدة عن إحتياجات النبات وتسبب آثارا سلبية، سواء في المحصول أو في التربة. يمكن أن يؤدي الإمداد الزائد من النيتروجين فيما يتعلق بإحتياجات المحاصيل ، في التربة شديدة النفاذية، إلى إرتشاح النترات في منسوب المياه الجوفيةّ; يتراوح تركيز الفوسفور في النفايات السائلة الثانوية من 6 إلى 15 ملجم/لتر. إذا كان هناك فائض، يتم الإحتفاظ به بشكل أساسي في التربة على أكاسيد الحديد أو الألمنيوم أو الكالسيوم بكميات كبيرة. يتراوح تركيز البوتاسيوم في النفايات السائلة الثانوية من 10 إلى 30 ملجم / لتر وبالتالي يجعل من الممكن تلبية الإحتياجات جزئيا.

3. البكتيريا:

إن من المشاكل الكبرى المرتبطة بإعادة إستخدام المياه العادمة المعالجة، هو إحتمال إنتقال الأمراض المعدية. تحتوي مياه الصرف في المناطق الحضرية في المتوسط حوالي 106-107 بكتريا/100 مل.

4. الفيروسات:

الفيروسات هي طفيليات قسرية داخل الخلايا لا يكمن أن تتكاثر إلا في الخلية المضيفة. ويقدر تركيزها في مياه الصرف الصحي الحضرية ما بين 103 و 104 جزيئات لكل لتر. ومن الصعب عزلها وتعدادها في مياه الصرف الصحي.

5. الديدان الطفيلية:

كثيرا ما توجد الديدان الطفيلية في مياه الصرف الصحي. في مياه الصرف الصحي الحضرية، يمكن تقدير عدد بيض الديدان الطفيلية بين 10 و 103 / لتر. المرحلة المعدية لبعض الديدان الطفيلية هي الكائن الحي أو اليرقة البالغة، بينما بالنسبة للآخرين هي البيض.

6. المخاطر الكيميائية:

فيما يتعلق بالعناصر المعدنية النزرة: الحديد والمغنيز والزنك والنحاس. فإن الري من مياه الصرف الصحي سيجلب هذه العناصر، وكذا العناصر النزرة الأخرى، غير الضرورية للنبات مثل الرصاص والزئبق والكاديوم والبروم والفلور والألمنيوم والنيكل والكروم والسيليزيوم.

7. الملوحة:

المعيار الرئيسي لتقييم جودة المياه الطبيعية من منظور مشروع الري هو التركيز الكلي للأملاح الذائبة. عادة ما تكون مياه الصرف الصحي النقية شديدة الملوحة، ويتطلب إستخدمها للري مراقبة جيدة للغاية للتأثيرات على التربة و المحاصيل[6].

ت- تأثير REUT للمياه العادمة على التربة:

إن إعادة إستخدام المياه العادمة له ما يبرر في كثير من الحالات، من خلال حقيقة أنه يحتوي على العديد من العناصر الغذائية للتربة، بما في ذالك المركبات القائمة على النترات و الفوسفور و البوتاسيوم. يتسبب إستخدام مياه الصرف الصحي النقية في التربة في التربة في حدوث إختلافات كبيرة في التركيب الكيميائي للتربة، و لا سيما الملوحة و الخصوبة بواسطة العناصر الكيميائية التالية (P،K،N) و في بعض العناصر النزرة (النحاس، الرصاص، الزنك)، اللزجة وكذلك الخصائص الفيزيائية من التربة، ولا سيما الإستقرار

الهيكلي. بالإضافة إلى ذلك، فقد لوحظ تلوث التربة المروية بمياه الصرف الصحي النقية من خلال العديد من الدراسات. ترتبط التعديلات التي لوحظت بعد عدة إضافات مشتركة لمياه الصرف الصحي المعالجة إلى التربة إرتباطا مباشرا بتركيبها الكيميائي. تمت مناقشة موضوع تأثير الري بمياه الصرف الصحي المعالجة على التربة من قبل العديد من الأبحاث الوطنية و الدولية[6].

2.5.III إستخدام المياه المعالجة في الصناعة:

يمكن أن تكون REUE الصناعية ذات أهمية في قطاع الطاقة، في دوائر التبريد المغلقة أو المفتوحة. التطبيقات الممكنة الأخرى تتعلق بالمغاسل الصناعية ومحطات غسيل السيارات، صناعة الورق والصلب والمنسوجات والإلكترونيات وأشباه المواصلات....إلخ.

والجودة مطلوبة في كل صناعة، بسبب تكوينها فيمكن أن يكون للمواد الكيميائية تداعيات على العمليات الصناعية مثل، التآكل، وتطوير البكتريا القاذفة، وتشكيل الرغوة وإستنشاق العمال للهباء الجوي بسبب تلك المياه[5].

3.5.III إعادة إستخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في المناطق الحضرية:

الإستخدامات الممكنة للمياه المعالجة في المناطق الحضرية كثيرة للغاية، وهناك العديد من الأمثلة حول العالم. وتتمثل فيما يلي:

- إستخدامها في الحدائق مائية، ملاعب رياضية، ملاعب جولف...إلخ
- أحواض الراحة وحمامات السباحة وأحواض الصيد والملاحة.
- إستخدامها في المرافق الصحية لمبنى أو مجموعة من المباني.
- غسيل الطرقات وخزانات مكافحة الحرائق...إلخ.

يتطلبREUE في المناطق الحضرية شبكة مزدوجة تجعل من الممكن توزيع المياه المعالجة بشكل منفصل ومياه الشرب[6].

4.5.III إنتاج مياه الشرب:

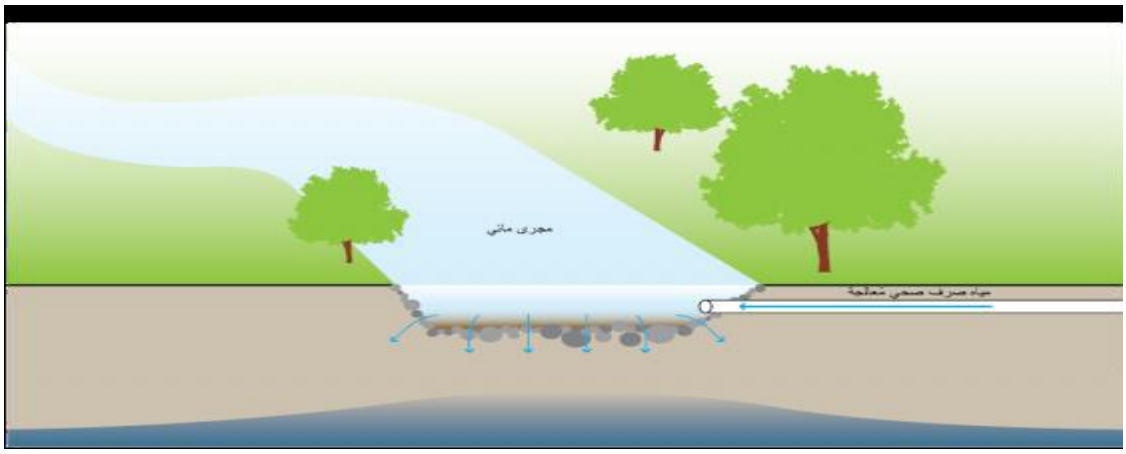
يتم إعادة الإستخدام بشكل مباشر عندما لا يعود الماء أبدا إلى البيئة بشكل مياه طبيعية، يتم معالجتها مباشرة من محطة معالجة مياه الصرف الصحي في محطة معالجة مياه الشرب. المثال الوحيد في العالم يمكن العثور على إعادة الإستخدام المباشر في إفريقيا تحديدا في وندهوك عاصمة ناميبيا. ومع ذلك، فإن هذا الوضع من REUE دون المرور بالمعالجة الإضافية، يجب تنفيذها فقط عندما لا يوجد حل آخر ممكن.

تكون إعادة الإستخدام غير مباشرة ومخطط لها عندما تكمن من التخلص من النفايات طواعية المنبع من محطة المعالجة، على مستوى المسطح المائي أو مياه الجوفية التي تكون بمثابة الخزان الطبيعي النهائي قبل

الضخ وعلاج إنتاج مياه الشرب هو أقصى نتيجة. فإعادة إستخدام مياه الصرف الصحي المعالجة يحدث بشكل رئيسي في المناطق القاحلة أو شبه القاحلة[8].

5.5.III تغذية المياه الجوفية:

الدافع الرئيسي لتغذية المياه الجوفية هو تدهور جودتها البيئية أو إنخفاض مخزونها المائي. من هذا الوضع تم إعادة الإستخدام بشكل رئيسي في المناطق القاحلة التي يجب أن تتكيف معها مشاكل جفاف مناسيب المياه الجوفية، أو المناطق الساحلية حيث تغزو مياه البحر طبقات مياه الجوفية[6].



شكل رقم(4.III): يوضح إستخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في تعبئة مخزون المياه الجوفية[7]

6.5.III إستعمال مياه الصرف الصحي المعالجة في تربية الأسماك:

تعتبر تربية الأسماك وزراعة النباتات المائية في الأحواض المخصبة بالولايات المتحدة من الممارسات الشائعة، وكذا في آسيا، وفي الهند وإزداد إستخدام هذه الطريقة في تربية الأسماك مع إستخدام بحيرات الأكسدة في معالجة مياه الصرفي، حيث يزيد تركيز الطحالب بالبحيرات وتعتبر مصدرا أساسيا لطعام أنواع كثيرة من الأسماك، ويمكن إستخدام بعض وحدات بحيرات الأكسدة في مراحلها النهائية لتربية الأسماك ويساعد ذلك في تحسين نوعية وجودة المياه من جهة والتحكم في نمو الحشائش على جوانب البحيرات من جهة أخرى[9].

7.5.III إستعمال مياه الصرف الصحي في الترفية والتسلية:

وقد تم إستعمال ماء الصرف الصحي المعالج في هذه الناحية للسباحة، والتجديف والتزحلق على الماء والصيد المائي والنافورة وإستصلاح ميادين الألعاب الرياضية البدنية ولكن يجب مراعاة معايير وتحكم وتضبط إستخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في هذا المجال للمحافظة على السلامة والصحة البيئية العامة[9].

6.III حالة إعادة إستخدام مياه الصرف الصحي النقية في الجزائر:

1.6.III عدد محطات المعالجة المياه الحالية:

يعتزم الديوان الوطني للتطهير رفع عدد محطات معالجة المياه الموجهة إلى إعادة إستعمالها في مجال الزراعي من 21 محطة إلى 29 محطة في نهاية عام 2021، حسبما علم الإثنين لدى الديوان.

ويشرف الديوان الوطني للتطهير حاليا على تسيير 160 محطة معالجة موزعة عبر 44 ولاية، من بينها 21 محطة معنية بعملية إعادة إستعمال المياه المعالجة في سقي الأراضي الزراعية، ينتظر أن تتدعم هذا العام بثمانية محطات أخرى موجهة لنفس الغرض[10].

ووفقا لبيانات الديوان، فقد تم في 2020 إستعمال ما لا يقل عن 18 مليون متر مكعب ($م^3$) من المياه التي تمت معالجتها عبر هذه المحطات، لري أكثر من 11.494 هكتار من الأراضي الزراعية.

و تشكل هذه الكمية ما نسبته 31 بالمئة من حجم المعالج من خلال المحطات ال21 المعنية، حسب ذات المصدر[10].

و بعد أن كان الديوان من قبل، يعالج المياه المستعملة ومياه الصرف الصحي بهدف الحفاظ على المحيط بات الآن يعمل على تحويل هذه المياه المستعملة ك "مورد بديل" يستخدم في السقي مختلف المحاصيل الزراعية.

و يعتمد الديوان طرقا " متقدمة " لمعالجة المياه المستعملة و المتمثلة أساسا في المعالجة الثلاثية حتى تصبح هذه المياه صالحة لسقي الأراضي الفلاحية.

و يعول الديوان الوطني للتطهير على إعادة إستخدام المياه المستعملة للأغراض الزراعية كحل كفيل بالتخفيف من حدة شح المياه، حيث يعتبر أن عملية إعادة إستعمال المياه المعالجة لم تعد " خيارا " وإنما " حلا حتميا " يندرج في صميم الإستراتيجية الوطنية للمياه المعالجة التي وضعتها وزارة الموارد المائية وفقا لمنظور التنمية المستدامة[10].

2.6.III مخطط إعادة إستخدام مياه الصرف الصحي:

في مجل إعادة إستخدام مياه الصرف الصحي المعالجة، الذي وضعت الأسس الأولى لخطته الوطنية في 2007 بالجزائر، يبقى الوضع الحالي " بعيد عن الهدف" وفق وثيقة المشروع.

وتستهدف الخطة الوطنية زيادة معدل إعادة الإستخدام تدريجيا ليصل إلى 50 بالمئة سنة 2020 و 55 بالمئة سنة 2030.

وفي نهاية العام 2019، كانت قد دخلت 200 محطة معالجة لمياه الصرف الصحي قيد التشغيل و 75 محطة قيد الإنشاء، مع قدرة معالجة تزيد عن 1.800 مليون متر مكعب في السنة.

وزاد عدد المحطات بمعدل 7 محطات معالجة في كل سنة، ما ساهم في رفع القدرات تنقية المياه العادمة (الصرف الصحي) بمقدار 297 مليون متر مكعب، أي بزيادة نسبتها 45 بالمئة مقارنة مع سنة 2014.

وسيسمح إعادة إستخدام 25 بالمئة من هذه الإمكانيات على مدى السنوات ال15 المقبلة بسقي أكثر من 5 ألف هكتار من الأراضي الفلاحية أي 3.000 هكتار سنويا في المتوسط.

من جهة أخرى، أشارات الوثيقة إلى أن شبكات مراقبة الضغط لأنظمة طبقات المياه الوفية تخضع إلى قياسات غير منتظمة و بدون معالجة ممنهجة للبيانات وهو ما يتطلب إنشاء شبكة وطنية لرصد قياس الضغط للأنظمة طبقات المياه الجوفية، مهمتها تكثيف وتحسين شبكات المراقبة و إجراء مسوحات دورية لتحليل ونشر بيانات الملاحظة حول منسوب المياه الضروري لكل الدراسات الهيدروجيولوجية و كشف التغيرات في إحتياطه.

كما شدد على ضرورة الاهتمام بظواهر التآكل والتحول والتي تتسبب في تخفيض سعة إستعاب السدود بنسبة تتراوح بين 40 و80 بالمئة، بحيث تتجاوز معدلات 2.000 ن /كم^2/ السنة في معظم مستجمعات المياه في الأطلس التلي ومع إمكانية وصولها إلى 4.000 طن/ كم^2 /السنة في بعض أحواض الظهرة الساحلية[11].

3.6.III الإستخدمات الحالية:

أ) الإستخدمات الزراعية:

الري هو من أكثر المجالات إستخداما مما يتيح إستغلال مادة التسميد الموجودة في هذه المياه وبالتالي توفير الأسمدة[12].

ب) الإستخدمات البلدية:

ري المساحات الخضراء، غسيل الشوارع، إمداد المسطحات المائية، مكافحة الحرائق، سقي ملاعب الجولف، مواقع الأشغال العامة، الري لدمك الطبقات الأساسية للطرق و الطرق السريعة.

ت) الإستخدمات الصناعية:مثل التبريد.....

ث) تحسين الموارد:

تغذية المياه الجوفية لمكافحة إنخفاض منسوب للمياه الجوفية و الحماية من تغلغل الأوتاد المملحة عن طري البحر.

4.6.III الإمكانات الحالية:

يقدر الحجم المعاد إستخدامه في نهاية أوت 2016 بنحو 14.6 مليون متر مكعب، من أجل 17 محطة معالجة مياه الصرف الصحي المعنية وذلك من أجل ري أكثر من 11076 هكتار من الأراضي الزراعية هي:

- كوينين (الوادي) ورقلة.
- قالمة، سوق أهراس.
- تلمسان و المعسكر وبحيرات: غريس، بوحنيفية، حسين ، واد تارية، فروحة ، خلوية ، المحمدية.
- بومرداس[12].

7.III الإطار القانوني الخاص بإعادة إستخدام المياه المعالجة:

- القانون رقم 05-12 المؤرخ في 4 أغسطس 2005 المتعلق بالمياه، و الذي تم وضعه من خلاله المادتان 76 و 78 ، و ينص على إعطاء إمتياز لإستخدام مياه الصرف الصحي النقية في نظام الري (الجريدة الرسمية العدد 60 سنة 2005).
- المرسوم رقم 07-149 لمؤرخ في 20 ماي 2007 حدد كيفيات منح إمتياز إستعمال المياه القذرة المصفاة لأغراض السقي وكذا دفتر الشروط النموذجي المتعلق بها (الجريدة الرسمية عدد 35 سنة 2007).
- المرسوم الوزاري بشأن مواصفات مياه الصرف الصحي المعالجة.
- قرار وزاري خاص بإدراج المحاصيل المراد زراعتها وسقيها بمياه الصرف الصحي المعالجة.
- القرار الوزاري بشأن مختبرات تحليل مياه الصرف الصحي مرتبة[5].

8.III الأنظمة الموجودة في العالم:

يتم تحديد جودة المياه المناسبة لتطبيقات إعادة الإستخدام المختلفة وفقا لمعايير وأنظمة الجودة ومن بين هذه المنظمات نذكر ما يلي[8].

1.8.III إرشادات منظمة الصحة العالمية OMS لإعادة إستخدام المياه العادمة:

في عام 1973، أوصت منظمة الصحة العالمية بإرشادات صارمة نسبيا بشأن جودة المخلفات السائلة المخصصة لري المحاصيل الغذائية الخام، تم تحديد قيمة إرشادية قدرها 100 كوليفورم/100 مل للري غير المقيد. إستندت هذه التوصيات إلى مفهوم "الخطر الصفري"

في عام 1985، تمت مراجعة المبادئ التوجيهية ومراجعة طبيعة المخاطر الصحية المرتبطة بالزراعة وتربية الأحياء المائية.

في عام 1989، نشرت منظمة الصحة العالمية مجموعة جديدة من الدلائل الإرشادية حول الجودة الميكروبيولوجية لإعادة إستخدام المياه المستعادة في الزراعة وتربية الأحياء المائية (الجدول1). لم تؤخذ بعين الإعتبار الإستخدامات الأخرى غير الصالحة للشرب. تحدد المبادئ التوجيهية 100ml/1000CF =< و1 بيضة نيماتودا معوية/ لتر للري غير مقيد،و<= 1 بيضة نيماتودا معوية/ لتر للري المقيد[8].

في عام 2000 تم تنقيحها،وتضمين نتائج الدراسات الوبائية الجديدة[8]. تتعلق التعديلات بشكل أساسي بمعيار " بيض الديدان الطفيلية" الذي تم تخفيضه بالنسبة لفئات معينة من 1 إلى 0.1 بيضة/لتر. هذه التوصيات مخصصة للإستخدام الدولي وبالتالي فهي مناسبة للبلدان النامية. إنها تمثل الحد الذي لم تعد بعده العامة مضمونة[8].

الجدول رقم (1.III): المبادئ التوجيهية الميكروبيولوجية لمنظمة الصحة العالمية المنقحة(1989) لإعادة إستخدام المياه العادمة في الزراعة[8]

Catégories	Conditions de réutilisation	Groupes exposés	Techniques d'irrigation	Nématodes intestinaux [b]	Coliformes fécaux [c]	Traitements recommandés pour atteindre le niveau de qualité microbiologique
A	Irrigation sans restrictions A1 Pour les cultures maraîchères consommées crues, les terrains de sports, les parcs publics [d]	Travailleurs, consommateurs, public	Toutes	$\leq 0{,}1$ [e]	$\leq 10^3$	Série de bassins de stabilisation bien conçus, réservoir de stockage et de traitement remplis séquentiellement, ou traitement équivalent (p. ex. traitement secondaire conventionnel suivi soit d'un lagunage tertiaire, soit d'une filtration et d'une désinfection)
B	Irrigation restreinte. Céréales, cultures industrielles, fourragères, pâturage et forêt [f]	B1 Travailleurs (mais pas les enfants < 15 ans), populations alentour	Par aspersion	≤ 1	$\leq 10^4$	Série de bassins de rétention dont un bassin de maturation ou un bassin séquentiel ou un traitement équivalent (p. ex. traitement secondaire conventionnel suivi soit par des lagunages tertiaires, soit une filtration)
		B2 comme B1	Par rigole d'infiltration ou par gravité	≤ 1	$\leq 10^4$	Comme pour la catégorie A
		B3 Travailleurs dont les enfants < 15 ans, population alentour	Toutes	$\leq 0{,}1$	$\leq 10^3$	Comme pour la catégorie A
C	Irrigation localisée sur des cultures de la catégorie B s'il n'y a pas d'exposition des travailleurs ou du public	Aucun	Goutte-à-goutte, micro-jet, etc.	Pas de norme	Pas de norme	Pré-traitement nécessaire pour des raisons techniques liées à l'irrigation, mais pas moins qu'une sédimentation primaire

(a) Dans certains cas particuliers, les facteurs épidémiologiques, socio-culturels et environnementaux devront être pris en compte, et les recommandations modifiées en conséquence.
(b) Moyenne arithmétique du nombre d'œufs/l. Les espèces considérées sont *Ascaris*, *Trichuris* et l'ankylostome ; la recommandation correspond aussi à une protection contre les protozoaires parasites.
(c) Moyenne géométrique du nombre/100 ml. La moyenne géométrique (G) est définie comme étant la racine Nième du produit des N termes d'une série statistique.
(d) Une limite plus restrictive (≤ 200 coliformes fécaux / 100 ml) est appropriée pour les pelouses publiques, comme les pelouses d'hôtels, avec lesquelles le public peut avoir un contact direct.
(e) Cette limite peut être augmentée à ≤ 1 œuf/l si (i) il fait chaud et sec et que l'irrigation de surface n'est pas pratiquée ou (ii) le traitement de l'eau contient aussi des traitements chimiothérapiques anti-helminthes.
(f) Dans le cas des arbres fruitiers, l'irrigation doit s'arrêter deux semaines avant la récolte, et aucun fruit ne doit être récolté au sol. L'irrigation par aspersion ne doit pas être utilisée.

2.8.III توصيات وكالة حماية البيئة الأمريكية (USEPA):

في عام 1992، بالتعاون مع الوكالة الأمريكية للتنمية الدولية (USAID)، وتوصياتها الخاصة بشأن إعادة إستخدام، بعنوان " إرشادات لإعادة إستخدام المياه". على عكس منظمة الصحة العالمية، لا تستند هذه التوصيات إلى الدراسات الوبائية أو تقدير المخاطر، ولكن على هدف عدم وجود مسببات الأمراض في مياه المعاد إستخدامها. وبالتاي فإن هذه المعايير الميكروبيولوجية أكثر صرامة. تغطي معايير USEPA جميع الإستخدامات الممكنة لمياه الصرف الصحي النقية (الحضرية، الزراعية، الصناعية وإعادة تغذية المياه الجوفية، وما إلى ذلك) مما يجعلها أداة قوية[11].

3.8.III توصيات الإتحاد الأوروبي:

في الوقت الحالي، لا توجد لوائح بشأن إعادة إستخدام المياه على المستوى الأوروبي. المرجع الوحيد في هذا المجال هو المادة 12 من التوجيه الأوروبي للمياه العادمة (91/271/CEE, UE, 1991) التي تنص على أنه " يجب إستخدام المياه المعالجة كلما كان ذلك مناسبا"[6].

لم تمنع هذه الفجوة الدول الأعضاء من تبني لوائحها الخاصة، دون التجانس على المستوى الأوروبي. في الواقع، بعض البلدان اليوم مثل إيطاليا التي تبنت لوائح مستوحاة من المعايير الأمريكية، والبعض الآخر، مثل فرنسا، بمعايير منظمة الصحة العالمية.

تم الإستشهاد بالمعايير البكتريولوجية المطبقة في بعض البلدان في الجدول (2.III). كما وضعت منظمات أخرى توصيات إضافية لعدد قليل من المعايير الكيميائية. على سبيل المثال، وضعت منظمة الأغذية الزراعيةFAO (2003) حدودا للعناصر النزرة في مياه الصرف الصحي المعالجة المخصصة للري، إعتمادا على مدة إعادة إستخدام (الجدولIII .3)[8].

الجدول رقم (2.III): المعايير البكتريولوجية المطبقة في بعض البلدان والتي أوصت بها المنظمات[8]

Pays/Organisation	Recommandations
OMS (niveau A)	1000 coliformes thermotolérants/100mL l + 1 oeuf d'helimnithe/L
USEPA	< 1 ou 200 coliformes thermotolérants/100mL selon culture
Title 22 (Californie)	2,2 ou 2,3 coliformes totaux/100mL (selon cultures + filière de traitement agréée)
France (CSHPF, niveau A)	1000 coliformes thermotolérants/100mL + 1 œuf d'helimnithe/L + contrainte techniques particulières
Afrique de Sud	1 ou 1000 coliformes thermotolérants/100mL (selon culture + filière imposés)
Japon	1 E. coli/100mL + résiduel de chlore total > 0,4 mg/L
Koweit	100 ou 10000 coliformes totaux/100mL (selon culture + effluent oxydé + filtré et désinfecté)
Arabie Saoudite	2,2 coliformes totaux/100mL (culture à accès restreint)
Tunisie	< 1 nématode intestinal/L

الجدول رقم (3.III): الحدود الموصى بها في العناصر النزرة (الشحيحة) (mgl^{-1}) في مياه الصرف الصحي المعالجة المخصصة للري[11].

العناصر	إستخدام طويل المدى	إستخدام قصير المدى
الألمنيوم (Al)	0.5	20
الزرنيخ	0.1	2
البريليوم	0.1	0.5
البورون	0.75	2
الكادميوم	0.01	0.05
الكروم	0.1	1
كوبالت	0.05	5
نحاس (Cu)	0.2	5
الفلور	1	15
حديد	5	20
قيادة	5	10
الليثيوم	2.5	2.5
المنغنيز	0.2	10
الموليبدينوم	0.01	0.05
نيكل	0.2	2
السيلينيوم	0.02	0.02
الفاناديوم	0.1	1
الزنك	2	10

9.III فوائد وتحديات ومخاطر إستخدام المياه المعالجة:

تعتبر مياه الصرف الصحي وغيرها من المياه الفقيرة مهمة في سياق الإدارة الشاملة للموارد المائية. ومن خلال تحرير موارد المياه العذبة للإمداد المحلي والإستخدامات الأخرى ذات الأولوية، تساهم إعادة الإستخدام في الحفاظ على المياه والطاقة وتحسين نوعية الحياة. علاوة على ذلك، يمكن أن يكون لنظام إستخدام مياه الصرف الصحي عند تخطيطها والتحكم فيها على النحو الصحيح، أثر بيئي وصحي إيجابي، كما يمكن أن يكون لها آثار ضارة على البيئة والصحة العامة[13].

1.9.III فوائد إستخدام المياه المعالجة:

موارد بلدية:

- زيادة مرونة الموارد المائية والعرض مع خفض الطلب الإجمالي.
- ضمان موارد غير قابلة للجفاف لأغراض الري والإستخدامات الصناعية.
- ضمان الإستقلال عن مورد مياه الشرب[5].

المحافظة على الموارد:

- توفير مياه الشرب من أجل حفظها للإستخدام المنزلي.
- السيطرة على الإستغلال المفرط للموارد الجوفية[5].

قيمة إقتصادية مضافة:

- تجنب تكاليف وتطوير ونقل وضخ موارد المياه العذبة الجديدة.
- في بعض الحالات تجنب تكاليف إزالة العناصر الغذائية من مياه الصرف الصحي.
- خفض كمية مياه الشرب المستعملة في مكافحة الحرائق.
- الحد من إستخدام الأسمدة الكيميائية في الري أو القضاء عليها.
- ضمان دخل إضافي من خلال بيع المياه المعاد تدويرها ومشتقاتها
- ضمان الفوائد الاقتصادية للمستخدمين بفضل توفر المياه المعاد تدويرها في حالة الجفاف.
- تشجيع السياحة في المناطق القاحلة[5].

آثارها على البيئة:

- الحد من إطلاق المغذيات والملوثات في البيئة المستقبلة.
- تحسين وصيانة المسطحات المائية في حالة الجفاف.
- تجنب الآثار السلبية المرتبطة ببناء السدود والخزانات الجديدة... إلخ.
- تحسين البيئة المعيشية(المساحات الخضراء... إلخ).
- تقديم بديل موثوق لتصريف المياه العادمة في البيئات الحساسة (مناطق السباحة أو تربية المحار، المحميات الطبيعية، وما إلى ذلك).
- الإستفادة من المواد الغذائية في توفرها مياه الري لزيادة إنتاجية المحاصيل الزراعية وجودة المساحات الخضراء[5].

تنمية مستدامة:

- خفض تكاليف الطاقة والبيئة مقارنة بتكاليف إستغلال طبقات المياه الجوفية العميقة، والنقل المائي لمسافات طويلة، وتحلية المياه.
- ضمان مورد بديل منخفض التكلفة للمناطق القاحلة وحماية البيئات الحساسة وإستعادة الأراضي الرطبة.
- زيادة الإنتاج الغذائي في حالة إستعمال المياه المعالجة في ري المحاصيل الزراعية[5].

3.9.III مخاطر إعادة إستخدام المياه المعالجة:

وتنقسم إلى عدة أنواع هي:

- **الخطر الميكروبيولوجي:**

في حالة الزراعة، توجد الكائنات الحية الدقيقة على سطح النباتات وعلى التربة. تخلق الأوراق والنبات مكانا باردا ورطبا وبعيدا عن أشعة الشمس المباشرة، ولذلك يمكن أن يحدث التلوث في وقت نمو النبات أو حتى الحصاد.

وتلعب طريقة الري أيضا دورا هاما في تحديد المخاطر الميكروبيولوجية: فالري الجوفي أو الري بالجاذبية يمكن أن تؤثر بشكل سلبي على جودة المياه الجوفية والمياه السطحية. الري بالرش يخلق الهباء الجوي الذي يمكن أن يكون ضار بصحة الإنسان. بالإضافة إلى ذلك، يمكن أن يحدث تلوث مباشر أيضا أثناء صيانة نظام الري.

وفقا لهيئة " الصرف الصحي" التابعة لفريق(AGHTM(1996 فإن السكان الذين يستهلكون الخضروات النيئة ومستهلكي لحوم الأبقار غير المطبوخة جيدا والعالمين الزراعيين والسكان المجاورين يتعرضون لأمراض مرتبطة بالتأكيد بالإستخدام الزراعي للنفايات السائلة الخام أو المعالجة، وتقدر لجنة " الصرف الصحي" التابعة لـ (AGHTM(1996 أن الديدان الطفيلية (الأسكاريس، وثلاثي الدماغ، والديدان الخطافية) تمثل الخطر الميكروبيولوجي الرئيسي، تليها الأمراض البكتيرية (الكوليرا..إلخ)، على نطاق أصغر وأخيرا في حدود محدودة الفيروسات[5].

- **الخطر الكيميائي:**

يمكن أن تكون التركيزات المنخفضة من الملوثات الدقيقة في مياه الصرف المعالجة عائقا أمام إعادة تغذية الخزان الجوفي. حتى بكميات صغيرة تشكل هذه العناصر مخاطر التسمم البشري على المدى القصير والمرض على المدى الطويل.

في حالة الإستخدام الزراعي فإن الطريق الوحيد للتلوث الذي يثير القلق الحقيقي من العناصر النزرة هو إستهلاك النباتات المزروعة التي تتراكم فيها. لذلك يمكن الخطر في إستهلاك النباتات الملوثة، ومع ذلك

يمكن أن تكون بعض هذه العناصر ذات فائدة لنمو النباتات وعليه يجب إيجاد توازن بين المخاطر الصحية والمصلحة الزراعية.

لا تزال المخاطر التي تشكلها الآثار طويلة المدى لهذه المنتجات التي لا توجد دراسات عنها في كثير من الأحيان غير معروفة. وبالمثل لا يمكن إستبعاد ظهور مواد سامة جديدة ويجب أن نتوخى الحذر خاصة فيما يتعلق بمياه الصرف الصحي الحضرية المعالجة، والتي في بعض الحالات يمن أن يكون لها خصائص كيميائية مختلفة وتركيزات أعلى. وأخيرا، لا ينبغي أن ننسى أن العناصر النزرة تميل إلى التراكم في حمأة محطات المعالجة بدلا من المياه المعالجة وعليه يكون الخطر الكيميائي أقل.

ومن جانب آخر لإعادة الإستخدام الصناعي ينبغي إيلاء إهتمام خاص للتركيز المسموح به من الأملاح والجزيئات العضوية والعناصر المعدنية النزرة[5].

- **الخطر البيئي:**

تشكل المخاطر البيئية جزءا من هدف حماية الموارد المائية والحفاظ على التربة. علاوة على ذلك، يرتبط هذا الخطر إرتباطا وثيقا بالخطرين السابقين.

في السياق الزراعي، ينبغي أن يؤخذ في الإعتبار تأثير البورون الزائد وغيره من العناصر النزرة المحتملة، والتأثير على المحصول بالملوحة، وخطر قلوية التربة بسبب الصوديوم الزائد، أو الإفراط في بقايا الكلور، أو المغذيات الزائدة (النيتروجين، الفوسفور، البوتاسيوم) أو حروق الأوراق عن طريق الملح في حالة الرش[5].

III.10 دراسة استقصائية حول مجالات إعادة إستخدام المياه المعالجة:

الدراسة 01:

عنوان المذكرة: معالجة مياه الصرف لمنطقة تقرت بواسطة نباتات منقية محلية.

تهدف هذه الدراسة إلى معالجة مياه الصرف الصحي بواسطة نبات (Typha latifolia, Cyperus papyrus, Juncus effusus) بنظام التدفق الأفقي تحت السطحي حيث أنجزت هذه الدراسة عبر نموذج تجريبي في منطقة تطهير المياه المستعملة الحضرية بمؤسسة الديوان الوطني للتطهير(ONA) بمدينة تقرت حيث أثبتت هذه النباتات قدرتها على إزالة الملوثات البيولوجية (البكتريا) بنسبة كبيرة تصل إلى 99% وقد أظهرت النتائج على إنخفاض معتبر في الملوثات العضوية والمعدنية وتم تلخيص هذه الدراسة في الجدول التالي:

إسم المؤلف	العابد إبراهيم			
إسم المذكرة	معالجة مياه الصرف الصحي لمنطقة تقرت بواسطة النباتات Typha latifolia, Cyperus papyrus, Juncus effusus			
التقنية المستعملة للمعالجة.	المعالجة في الأحواض النباتية ذات الجريان الأفقي.			
نسبة الملوثات المزالة		Typha latifolia	Juncus effusus	Cyperus papyrus
	DCO	84.64%	82.21%	80.49%
	DBO_5	88%	85%	83.7%
	MES	94.74%	94.41%	93.75%
	NO_2^-	(82.32%-81.75%)		
	NO_3^-	(88.63%-81.87%)		
	PO_4^{-3}	(86.75%-78.04%)		
	البكتيريا	99%		
المجال المستخدم بعد المعالجة	الزراعة – الصناعة			

نتيجة الدراسة:

النباتات المستعملة لها القدرة على إزالة الملوثات البيولوجية (البكتريا) بنسبة كبيرة وتخفيض من نسبة الملوثات العضوية والمعدنية حيث كانت نبتة Typha latifolia أحسن من نباتات الأخرى.

ومن خلال النتائج المتحصل عليها في هذه الدراسة نستنتج أن المياه المعالجة بالنباتات الثلاثة يمكن إستعمالها في المجال الزراعي والصناعي وذلك بالمقارنة مع معايير تصنيف المياه المعالجة.

الدراسة 02:

عنوان المجلة: تأثير إعادة إستخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في الري على بعض الخواص الكيميائية للتربة ونمو محصول القمح.

تهدف هذه الدراسة لبحث مدى مناسبة إستخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في ري محصول القمح وتأثيرها على خواص التربة الكيميائية والفيزيائية والبيولوجية.

أجريت هذه الدراسة خلال الموسم الدراسي 2014-2015 في منطقة سرت ليبيا وصممت التجربة بإستخدام مياه الصرف الصحي بمعاملات مختلفة ونوعين من التربة (رملية، طمية) وأستخدم محصول القمح كمحصول إرشادي وأجريت التحاليل المعملية (الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية) على عينات التربة والماء وفق طرق معتمدة وأهم النتائج المتحصل عليها مدونة في الجدول التالي:

عنوان الدراسة	تأثير إعادة إستخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في الري على بعض الخواص الكيميائية للتربة ونمو محصول القمح.
صاحب الدراسة	رمضان علي ميلاد – مصطفى علي بن زقطة – محمود عياش إمعرف.
التقنية المستعملة في المعالجة	محطات المعالجة
خصائص الكيميائية لعينات المياه المعالجة (FAO)	PH=6.5 – 8.4 Ca= 42, Na= 9, Mg =20, HCO_3=8.5 , Fe = 5, pb = 0.1, Cl = 10, Ec = 300
المجال المستخدم بعد المعالجة	الري
نواتج المعالجة	غاز الميتان الحمأة (السماد)

نتيجة الدراسة:

من خلال النتائج المتحصل عليها من هذه الدراسة نستنتج أن المياه المعالجة بواسطة المحطة يمكن إستعمالها في مجال الزراعة وذلك مقارنة مع المعايير تصنيف المياه المعالجة (منضمة الأغذية العالمية (FAG)).

الدراسة 03:

عنوان الدراسة: Etude Comparative des deux procédés d'éparation des eaux usées à savair la phytoépuration (commune de témacine) et la procédé (commune de Touggourt) University of Eloude 2017

هذه الدراسة عبارة عن مقارنة بين عمليتين مختلفتين من المعالجة للمياه المستعملة ومياه الصرف، فالمعالجة الأولى هي معالجة بالحمأة المنشطة لمحطة تقرت، أما المعالجة الثانية هي معالجة بالنباتات لمحطة تماسين. وتم أخذ النتائج المخبرية لهذه الدراسة لمدة 5 سنوات في كلتا المحطتين تمكنا في إثرها بالحصول على نتائج التي تخص العوامل الفيزيوكيميائية أهمها ملخصة في الجدول التالي:

إسم المذكرة	Etude Comparative des deux procédés d'éparation des eaux usées à savair la phytoépuration (commune de témacine) et la procédé (commune de Touggourt) University of Eloude 2017		
إسم المؤلف	بوضبية، تقي الدين، كشحة، عبد الفتاح.		
تقنية المستعلمة في المعالجة	الحمأة بالنسبة لمدينة تقرت وتقنية النباتات بالنسبة لدائرة تماسين.		
نتائج الدراسة	المواد	المعالجة بالحمأة	المعالجة بالنبات
	T(c°)	14 .7-34c°	133.2-35.1c°
	C.E	2-7.9ms/cm	2-5.56ms/cm
	PH	6.5-8	6.6-7.8
	NO_3	0.1-15.4mg/l	1.5-35mg/l
	NO_2	0.009-0.1mg/l	0.001-0.033mg/l
	MES	17-38.5mg/l	18.5-33mg/l
	DCO	14.7-51mg/l	13.9-51mg/l
	DBO	/	5-40mg/l
مجال الإستخدام	السقي		

نتيجة الدراسة:

تعتبر النتائج المتحصل عليها إما بالحمأة المنشطة أو النبات جيدة وذلك مقارنة مع المعايير الجزائرية لنوعية المياه المعالجة والمستخدمة في مجال السقي.

الدراسة 04:

عنوان المذكرة: إستخدام الطين المحلي في منطقة تقرت في تقنية مياه الصرف الصحي أداء التنقية والظروف المثلى.

تمت هذه الدراسة من أجل تثمين هذه المعادن في مجال الحفاظ على البيئة عن طريق إستخدامها في معالجة مياه الصرف الصحي. حيث في الخطوة الأولى تم تحديد نسبة الطين في التربة بالنسبة إلى موقع بلدية عمر فكانت النسبة (52,2%) أما الخطوة الثانية فكانت تتمثل في قدرة الإمتزاز لعينة الطين فيما يتعلق بالملوثات العضوية وغير العضوية في مياه الصرف الصحي (لمحطة تقرت) وتلخص أهم عناصر المذكرة في الجدول التالي:

عنوان المذكرة	إستخدام الطين المحلي في منطقة تقرت في تقنية مياه الصرف الصحي أداء التنقية والظروف المثلى.	
إسم المؤلف	سراوي مبروك	
التقنية المستعملة	المعالجة بواسطة الطين عن طريق الإمتزاز	
النتائج المتحصل عليها	المواد	القيمة
	DCO	69.16%
	DBO	71.59%
	MES	85.81%
	أورثوفوسفور	73.10%
	الأكسجين المذاب	12.19mg/l
مجال الإستخدام	في الزراعة وفي الصناعة.	

نتيجة الدراسة:

من خلال النتائج التي تحصلنا عليها أن للطين خصائص تؤهله لأن يستعمل كممتز جيد للملوثات، حيث يمكن الحصول على مياه معالجة تستغل في مجال الزراعي والصناعي أو إرجاعها للطبيعة تفاديا لتلوث البيئة وذلك حسب المعايير المسموح بيها.

مراجع الفصل الثالث:

مراجع اللغة العربية:

[1]: الوحيدي، نزار."**إعادة إستخدام المياه العادمة في الوقت الحاضر والتوقعات المستقبلية**"، غزة، فلسطين، 2006م، ص3،.

[9]: مصطفى جعفر محمد، مذكرة ماجستير، جامعة السودان، 2018، ص 27،28،29.

[10]: الإذاعة الوطنية الجزائرية المصدر واج 2021/03/22

[11]: (الشروق أولاين 2021/04/29 حسب ميثاق أعدته وزارة الموارد المائية).

مراجع اللغة الأجنبية:

[2]: McKenzie, C Wastewater reuse conserves water and protects waterways .The National Environmental Services Centre (NESC).Available at:

/OT/WI05/reuse,(2005) .

[3]: Evine, A.D., Asano, T. Recovering sustainable water from wastewater. Environmental Science and Technology, 38:201A-208A(2004).

[4]: Baumont s, Camard J-P, Lefranc A, Franconi A. Réutilisation des eaux usées épurées : risques sanitaires et faisabilité en Île-de-France. Observatoire régional de la santé Île-de-France, Institut d'aménagement et d'urbanisme de la région Ile-de France, (2005), p 222p59.

[5]: Charabia Mahfoud Possibilités de réutilisation des eaux épurées et valorisation des boues de la station d'épuration de Boumerdes W.Boumerdes Memoire de Master 2013 p3.

[6]: Bouhanna Amel Gestion des produits d'épuration des eaux usées de la cuvette de Ouargla et perspectives de leurs valorisations en agronomie saharienne MEMOIRE En vue de l'obtention du Diplôme de Magister 2014 p12.

[8]: Hamza NEGAIS *La réutilisation des effluents urbains traités par lagunage dans la cuvette de Ouargla. Etats des lieux, enjeux et perspectives* MÉMOIRE DE FIN

D'ÉTUDE *Présenté en vue de l'obtention du diplôme de* MAGISTER UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA 2014 p1.

[12]: HANNACHI Abdelhakim, GHARZOULI Rachid, DJELLOULI TABET Yamna, "GESTION ET REUTILISATION DES EAUX USEES EN ALGERIE, UN MODELE DE PARTENARIAT PUBLIC- PRIVEE ", Batna (Algérie), 22 et 23 Octobre 2013, p2.

[13]: F.A.O. Irrigation avec les eaux usées traitées. Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture. Bureau Régional pour le Proche Orient et Bureau sous régional pour l'Afrique du Nord, 2003 p 3 – 4 .

مواقع الأنترنت:

[7]: http://aradina.kenanaonline.com/posts/7582 10:33 15/04 /2022

الخلاصة:

إن معالجة مياه الصرف الصحي هي وسيلة لجعل المياه أقل تلوثا والإستفادة منها في الأعراض مختلفة دون تلوث المحيط وأيضا من الأسباب الهامة لمعالجة المياه هي تأثيرها على الصحة العامة والبيئة حيث يتم المعالجة بإزالة المواد العالقة والطافية، والتخلص من المواد العضوية المتحللة وبعض الأحياء الدقيقة المسببة للأمراض[1].

كما توزيع المياه الصالحة للإستعمال على سطح الكرة الأرضية ليس متساويا، ومع زيادة الطلب على المياه نتيجة التطور الذي تشهده دول العالم من النمو السكاني وإرتفاع مستوى المعيشة فإن العديد من هذه الدول تعاني من إختلال التوازن بين الكميات المتوفرة من المياه والطلب الفعلي الأمر الذي دعا إلى البحث عن مصادر مائية غير تقليدية تستخدم بطرق إقتصادية وبكفاءة عالية لتحقق التنمية الاقتصادية والإجتماعية في المستقبل خاصة أن المياه تعتبر عنصرا إستراتيجيا وحيويا مرتبطا إلى حد كبير بهذه التنمية. ومن هذه المصادر إعادة إستخدام المياه العادمة المعالجة الذي يخفف الضغط على المياه العذبة، فمعالجة مياه الصرف الصحي هي وسيلة لجعل المياه أقل تلوثا والإستفادة منها في أغراض مختلفة دون تلوث المحيط[2].

حاولنا من خلال دراستنا هذه التعرف على أهم المجالات التي تستخدم فيها مياه الصرف الصحي المعالجة فلقد وجدنا العديد من المجالات المختلفة كالري وإستعمالها في الترفيه والتسلية... إلخ وهناك العديد من الفوائد لإعادة إستخدام مياه الصرف الصحي. فالفوائد البيئية تتضمن تقليل تلوث موارد المياه، والتحكم في تسرب لياه المالحة من خلال إعادة تغذية المياه الجوفية. إن إعادة إستخدام مياه الصرف الصحي يقدم أيضا قيمة إقتصادية من خلال توفير كميات ملحوظة إضافية من المياه والمساهمة في المحافظة على مصادر المياه العذبة. إضافة إلى ذلك، فإنها توفر مياه غنية بالمغذيات للري وتقلل الحاجة للأسمدة الكيميائية... وحيث أن المواد ذات الآثار المعدنية والعضوية والعوامل الممرضة في مياه الصرف الصحي تمثل خطورة على الصحة العامة، فإن إعادة إستخدام إستعمال مياه الصرف الصحي تزيل هذه الخطورة من خلال معالجة مياه الصرف الصحي بشكل كاف لإعادة الإستخدام في شتى المجالات.

كما نوصي بإتخاذ الإجراءات التالية بهدف ترشيد إستغلال الموارد المائية في الجزائر، والعمل على إستدامتها:

- من الضروري إعلام المواطنين بخطورة مشكلة نذرة المياه، وتوعيتهم بأهمية حسن إستغلال هذا المورد والحفاظ غليه، ضمانا لأمنهم وأمن أبنائهم المائي.
- العمل على إستخدام المياه المستعملة، عن طريق إدخال التقنيات والتكنولوجيا اللازمة لذلك، في إطار التسيير العقلاني للموارد المائية وحماية البيئة.

- الاهتمام أكثر بالدراسات والبحوث في هذا المجال، خاصة التي تقترح حلول والإستراتيجيات الأمثل في تسير هذه الثروة.
- إعتماد الطرق الحديثة والمتطورة المقتصدة للماء في إستخدمات الفلاحة والصناعة.

الآفاق المستقبلية:

- إجراء دراسة حول كفاءة محطات معالجة المياه العادمة في الجزائر.
- إجراء دراسة حول تقدم الجزائر في مجال إعادة إستخدام المياه العادمة المعالجة والإستراتيجية المتبعة لأجل ذلك.

وفي الأخير نأمل الله أن ينال قبولكم وأن يلقى الإستحسان منكم، ولا نستطيع أن ندعي فيه الكمال فالكمال لله سبحانه وتعالى، وبهذا وفقنا إلى الإنتهاء من كتابة موضوعنا هذا ونرجو أن ينال إعجابكم ونسأل الله التوفيق لنا ولكم.

مراجع الخاتمة:

[1]: العربي بن النذير والعلمي نواصر، تقييم محطة غرداية لمعالجة المياه المستعملة بطريقة البحيرات الطبيعية (lagunage naturelle) من أجل إستغلالها في المجال الزراعي، مذكرة مقدمة من أجل نيل شهادة الماستر أكاديمي جامعة قاصدي مرباح ورقلة، 2020 ص1.

[3]: كباس كوثر صلوح سامية، تنقية المياه الملوثة: مقارنة بين محطتي تقرت (طريقة الحمأة المنشطة) ومحطة ورقلة (طريقة البحيرات)، مذكرة مقدمة من أجل نيل شهادة الماستر أكاديمي، جامعة قاصدي مرباح ورقلة، 2020،ص1.