

تلوث المياه

المصادر المائية : تقسم المصادر المائية إلى مصادر سطحية وأخرى جوفية.

المصادر السطحية: أنهار وجداول وبحيرات وبحار ومحيطات.

• **الأنهار:** تتصف مياه الأنهار بالموصفات الآتية:

التذبذب الكبير لنوعية مياهها ولتصريفها خلال فصول السنة ولذلك لا بد من دراسة إمكانية تأمين الكمية المطلوبة من المياه في فترات التصريف الدنيا للتيار النهري أي في فترة العطاء الأصغري للنهر.

التركيز العالي للمواد العضوية والبكتريا، وكثيراً ما تملك درجة لون مرتفعة وعاكسة عالية نسبياً وتزداد في فترة الفيضانات عكارة المياه ودرجة تلوثها البكتريولوجي وتكثر تراكيز السميات الكيميائية المختلفة كالمبيدات والاتحادات النتروجينية... الخ.

تراكيز الأملاح في مياه الأنهار منخفضة غالباً وخصوصاً شتاءً، حيث تقل نسبة التغذية الجوفية له

القساوة غير الكبيرة لمياه الأنهار باستثناء مياه أنهار المناطق الحارة.

للتكوين الشائبي لمياه الأنهار علاقة كبيرة بنسبة التغذية السطحية والجوفية له.

• **البحيرات:**

1-البحيرات الطبيعية: وتشمل بحيرات راكدة ، وبحيرات جارية. وتشكل مصادر التعويض المائية السنوية للبحيرات الراكدة

نسباً منخفضة من مياه المصدر المائي % 0.3-1.5 ، لذلك فإن انخفاض المنسوب المائي فيها عند استخدامها كمصدر للإمداد المائي يمكن أن يقود إلى تغير ايكولوجي غير عكوس نظراً للتبادل المائي البطيء لهذه المصادر.

يتأثر التركيب الهيدروكيميائي لمياه البحيرات بمجموعة من العوامل: كحجم البحيرة وعمقها والتبادل المائي والشكل العام

للبحيرة وتسارع العمليات البيولوجية والتركيب الغازي للمياه وتركيز المواد الحيوية ودرجة الخلط... الخ. ويتأثر التركيب الكيميائي

لمياه البحيرات بالتركيب الكيميائي لمياه الأنهار والمسائل السطحية الراكدة وللمياه المصادر الجوفية المغذية.

تتميز مياه البحيرات غالباً بالتراكيز المنخفضة للمواد العالقة ودرجات تمعدن متفاوتة ، و زاد درجة لونها بشكل كبير في

فترة الفيضانات، وتكون تراكيز الأملاح في مياه بحيرات المناطق الجافة أكبر منها في مياه بحيرات المناطق ذات الهطولات المطرية الكبيرة.

2- البحيرات الاصطناعية: تتشكل خلف السدود المقامة على الأنهار، وتزيد البحيرات الاصطناعية الاحتياطي الساكن

للمياه ولكنها بنفس الوقت تخفض بشدة التبادل المائي في النظام النهري مما يؤثر سلباً على نوعية المياه وتشكل البحيرات

الاصطناعية خطراً كبيراً على النظام الهيدرولوجي وعلى الأنظمة البيئية المائية.

• **مياه البحار والمحيطات:**

تتصف بالتركيب الكيميائي الثابت نسبياً وتحتوي هذه المياه على تراكيز عالية للأملاح فيها، إلا أنها تملك قساوة كربوناتيّة غير كبيرة نسبياً لذلك يكثر استخدام البحار والمحيطات كمصادر لإمداد المنشآت الصناعية الضخمة بمياه التبريد. وقد تمكن الإنسان بفضل التكنولوجيا الحديثة المتطورة لطرق التناضح العكسي (Reverse Osmosis (RO) والتبادل الغشائي الكهربائي Electrodialysis والنظم الحرارية المختلفة.. الخ، من الحصول على مياه شرب من هذه المصادر مما جعلها منافسة من الناحية الاقتصادية لبعض المصادر المائية الأخرى المخصصة لأغراض الإمداد المائي.

المصادر الجوفية: ينابيع وآبار

تستخدم مؤشرات عدة للتقييم الكمي للمياه الجوفية وهي:

1- الاحتياطي الطبيعي الساكن (الاحتياطي الدائم): وهو عبارة عن حجم مياه الثقالة المتواجدة في مسامات وشقوق الصخور المحيطة.

2- الاحتياطي الطبيعي الديناميكي (مصادر التغذية): ويعبر هذا المؤشر عن قيمة التغذية للطبقات الحاملة والذي لا يتأثر باستثمار المياه الجوفية.

3- الاحتياطي الاستثماري (المصادر الاستثمارية): ويعبر هذا المؤشر عن كمية المياه الجوفية التي يمكن الحصول عليها بشكل عقلاني بدون الإساءة إلى نوعية المياه خلال كامل الفترة الحسابية للاستهلاك المائي وذلك من وجهة النظر التقنية الاقتصادية.

تصنف المياه الجوفية بحسب عمق توضعها كما يلي:

1- مياه منطقة التبادل المائي النشط (مياه الطبقات العليا): تتسم مياه هذه المنطقة غالباً باللااستمرارية وبالتوضع غير المحدد وبعدم الأمان الصحي نتيجة تراكم الملوثات العضوية واللاعضوية والسميات الكيميائية المختلفة كالنترات والنترات والمبيدات.. الخ. عند ضرورة استخدام مياه هذه المنطقة لأغراض الإمداد المائي لا بد من معرفة طبيعة توضع هذه المياه في الطبقات الحاملة لها من خلال مراقبة المنسوب الحر للمياه.

2- مياه منطقة التبادل المائي العسير (مياه الطبقات المتوسطة): تملك هذه المياه تأثيراً ضعيفاً بسطح الأرض وتتميز بشفافيتها العالية أي بانخفاض تراكيز المواد العالقة فيها، وبحرارتهما الثابتة نسبياً $5-12^{\circ}\text{C}$ وباحتوائها على تراكيز منخفضة جداً من المواد العضوية، إلا أنه يغلب عليها في كثير من الأحيان التمعدن العالي (ازدياد تراكيز أملاح القساوة وتراكيز الحديد والفلور... الخ)، وتتبع درجة تمعدن المياه الجوفية نوعية صخور الطبقات الحاملة للمياه والطبقات المحيطة بها. تعتبر مياه هذه المناطق آمنة صحياً بسبب غياب الضوء والأوكسجين في هذه المياه وبطئ جريان العمليات البيولوجية فيها، إلا أنه في نفس الوقت تتشكل الظروف المناسبة للعمليات اللاهوائية فيها.

3- مياه منطقة التبادل المائي الخامل (مياه الطبقات العميقة): هذه المياه معزولة تماماً عن سطح الأرض، وتملك في الغالب تمعدناً عالياً جداً بتركيب كيميائي معقد..

وتتميز المياه الارتوازية بالتراكيز غير العالية للشوائب العضوية والعالقة والتركيب الكيميائي الثابت والحرارة الثابتة والتمعدن الكبير -التركيز العالي للحديد والمنغنيز, وتواجد الغازات المنحلة والقساوة العالية نسبياً. إن ضعف التبادل الغازي لهذه المياه مع الغلاف الجوي يصعب عملية نزع حمض الكربون مما يقود إلى إشباع هذه المياه بالهيدروكربونات الناجمة عن الانحلال الشديد للخور الكربوناتية بحمض الكربون.

مواصفات المياه الطبيعية

تعتبر المياه الطبيعية جماً ديناميكيةً معقدةً كثيرة العناصر يدخل في تركيبها الأملاح على شكل أيونات وجزئيات واتحادات مختلفة والمواد العضوية على شكل اتحادات جزئية واتحادات غروية، وغازات على شكل اتحادات مائية وغازات بالشكل الجزئي، إضافة إلى الشوائب المشتتة والبكتريا والفيروسات والأحياء المائية المختلفة. فتتواجد المواد الطفلية والرملية والجبسية والجيرية في المياه الطبيعية بالحالة العالقة، بينما تتواجد المواد ذات الأصول العضوية وأحماض السيليكون وهيدروكسيدات الحديد الثلاثي.... الخ في الحالة الغروية، وتتواجد الأملاح المعدنية التي تغني المياه بالأيونات على شكل محاليل حقيقية.

إن المياه الطبيعية عبارة عن تركيب كيميائي معقد للمواد المعدنية والعضوية بمختلف أشكالها الأيونية والجزئية والغروية.

ويصنف هذا التركيب بحسب **Aikin** إلى خمسة مجموعات:

1- الأيونات الأساسية المتواجدة في المياه الطبيعية.

2- غازات منحلة وتضم H_2S CO_2 O_2 N_2 ... الخ.

3- عناصر بيوجينية وتضم اتحادات الفوسفور والنترجين والسيليكون.

4- العناصر الدقيقة وتضم اتحادات بقية العناصر الكيميائية.

5- المواد العضوية.

تحديد نوعية المياه

من أجل تحديد نوعية المياه لابد من إجراء تحاليل فيزيائية كيميائية بكتريولوجية وبيولوجية في أكثر الفترات المميزة

لمصدر الإمداد المائي بما لا يقل عن 3 عينات في كل فترة.

بالنسبة للمجمعات المائية المفتوحة ينبغي أخذ العينات في نفس مكان إنشاء المآخذ المائي وعلى نفس العمق. بالنسبة

للبحيرات ينبغي أخذ عينات إضافية بعد الاضطرابات الطويلة.

بالنسبة للآبار الارتوازية تؤخذ العينات بعد ضخ مستمر لا يقل عن 12 ساعة، ويجب ألا يقل تصريف المياه المضخوخة

من البئر عن 30% من العطاء الاستثماري المقترح للبئر. ينصح بأخذ تسعة عينات في فصول مختلفة لمياه المصادر الجوفية

غير المضغوطة، أما بالنسبة للمياه الارتوازية المضغوطة فيكفي تحليل عینتين مأخوذتين في أي فترة خلال السنة ، إحداها بعد

الأخرى بفترة لا تقل عن 24 ساعة، وذلك نظراً للحماية الكبيرة لهذه المياه من الملوثات.

بغرض التحليل الكامل للمياه يؤخذ حجم العينة بحيث لا يقل عن 5 ل ويفضل تحديد تركيز حمض الكربون وأول أكسيد الحديد وأكسيد الحديد وكذلك pH المياه في مكان المصدر المائي مباشرة بعد أخذ العينة، أما التحاليل الأخرى في يوم أخذ العينة قدر الإمكان، وعند عدم إمكانية ذلك ينصح بحفظ العينة في البراد على ألا تتجاوز الفترة الزمنية 48 ساعة للعينات غير الملوثة، أما للعينات الملوثة فيجب ألا تتجاوز هذه الفترة 72 ساعة.

مؤشرات نوعية المياه

- 1- المؤشرات الفيزيائية: تتضمن هذه المؤشرات تحديد الخواص المؤثرة على استساغة المياه مثل درجة الحرارة والطعم والرائحة واللون والعاكة والناقلية الكهربائية... الخ.
- 2- المؤشرات الكيميائية: تتضمن هذه المؤشرات تحديد المواصفات الكيميائية للمياه مثل الكمية الكلية للمواد المنحلة (الراسب الجاف) ، الراسب الصلدي ، pH ، درجة الحموضة، درجة القلوية، تركيز الغازات المنحلة، تركيز الاتحادات الأروتية وتركيز الأيونات الشائعة و بعض أيونات العناصر السامة والعناصر السامة... الخ.
- 3- المؤشرات البكتريولوجية: تتضمن هذه المؤشرات تحديد التلوث البكتيري الكلي وعدد الكوليفورم (عدد عصيات كولي)
- 4- المؤشرات البيولوجية: تشير هذه المؤشرات إلى تواجد الأحياء المائية المختلفة.

الملوثات في المياه الطبيعية:

يعرف تلوث الماء بأنه أي تغير في الخصائص الفيزيائية أو الكيميائية أو البيولوجية للمياه يسبب تغير حالتها بشكل مباشر أو غير مباشر، بحيث تصبح أقل صلاحية للاستخدامات المختلفة المخصصة لها كالشرب، أو الاستخدامات المنزلية أو الزراعية أو الصناعية.

تصل المواد العالقة إلى المياه نتيجة حث الجزيئات الصلبة المكونة للغطاء السطحي للتربة (كالغضار والمواد الطفالية الأخرى) بواسطة الأمطار ومياه الفيضانات والذوبانات الثلجية وكذلك نتيجة حث ضفاف الأنهار بواسطة التيار المائي. تملك المواد العالقة تراكيب حبيبية مختلفة وبالتالي درجات تشتت مختلفة، والتي يمكن التعبير عنها بما يسمى بالضخامة الهيدروليكية وهي عبارة عن سرعة ترسيب الجزيئات في مياه غير متحركة ذات درجة حرارة 10°C

يجري التعبير عن عكارة المياه باستخدام المؤشرين (Formazine Turbidity Unit) FTU، أو (Formazine Nephelometric Unit) (Formazine Nephelometric Unit)، ويجري في الولايات المتحدة الأمريكية استخدام المؤشر (Nephelometric Turbidity Unit). وهي مؤشرات متشابهة.

خواص المواد العالقة بكافة أشكالها.

المادة العالقة	الأبعاد ، مم	الضخامة الهيدروليكية مم/ثا	فترة ترسيب الجريئة على عمق 1 مم
جزيئات غروية	1.10^{-6} - 2.10^{-4}	7.10^{-6}	4 سنوات
جزيئات طفالية دقيقة	5.10^{-4} - 1.10^{-3}	17.10^{-5} - 7.10^{-6}	0.5-2 شهر

جزيئات طفلية	27.10^{-4}	5.10^{-3}	2 يوم
جزيئات غرينية	$5.10^{-2} - 27.10^{-3}$	1.7-0.5	10-30 دقيقة
رمل ناعم	0.1	7	2.5 دقيقة
رمل متوسط الخشونة	0.5	50	20 ثانية
رمل خشن	1.0	100	10 ثانية

تؤثر المواد العضوية المتواجدة في المياه الطبيعية على المؤشرات الفيزيائية لنوعية المياه، وتعتبر مواد الذبال التورفية والترابية ومنتجات النشاط البشري و منتجات تحلل الأحياء النباتية والحيوانية ومياه الصرف الصحي المنزلية والصناعية مصادرًا للمواد العضوية في المياه. وأكثر ما يتم الاهتمام به في تكنولوجيا تنقية المياه هي مواد الذبال العضوية وأملاحها المنحلة في المياه والتي تعطي المياه الطبيعية ألواناً مختلفة من الأصفر وحتى البني. تتلون مياه المصادر المائية نتيجة تواجد أحماض الذبال واتحادات الحديد الغروية ومياه الصرف الصحي الملونة وكذلك نتيجة للتطور الكتلتي للأحياء المائية (تزهير المستنقعات).

الأكسدة البرمنغناتية للمياه هي قيمة تعكس تركيز المواد العضوية والمعدنية القابلة للأكسدة في المياه (ضمن ظروف محددة) من قبل المؤكسدات الكيميائية القوية. يجري التمييز بين عدة أشكال من أكسدة المياه: البرمنغناتية ، البيكروماتية... الخ. ويجري عادةً تحديد درجة الأكسدة البرمنغناتية للمياه الطبيعية قليلة التلوث، بينما يجري تحديد قيمة COD للمياه الملوثة.

ينصح بألا يتجاوز تركيز الأكسدة البيكروماتية COD المعبر عن تركيز المواد العضوية في المياه والذي يعكس تلوث هذه المياه بمياه الصرف الصحي المنزلي والصناعي قيمة $15 \text{ mgO}_2/\text{l}$.

تظهر رائحة وطعم المياه تبعاً للأسباب التالية:

- 1-النباتات المتعفنة: تعطي الأحياء والنباتات المائية خلال تعفنها رائحة السمك أو العشب أو العفن.
- 2-الفطور: تقود هذه الأحياء إلى ظهور رائحة وطعم عفني أو ترابي... الخ.
- 3-بكتريا الحديد والكبريت: تعطي منتجات النشاط الحياتي لهذه البكتريا روائح كريهة.
- 4-الحديد والمنغنيز والنحاس والزنك: تعطي منتجات صداً هذه المعادن طعماً حاداً مميزاً.
- 5-ملح الطعام: يعطي ملح الطعام للمياه طعماً محددًا قد يكون مقبولاً من قبل بعض المستهلكين خلال تراكيزه المنخفضة، إلا أن تراكيزه المرتفعة تعطي المياه طعماً مالحاً غير مقبول.
- 6-النفائيات الصناعية: تعطي النفائيات الصناعية المتواجدة في مياه الصرف الصناعي أثناء انتقالها إلى المياه الطبيعية رائحة كيميائية أو صيدلانية قوية لهذه المياه. مثل مركبات الكلوروفينول.
- 7-كلورة المياه: ويشير ظهور الرائحة والطعم للمياه بعد الكلورة إلى زيادة الجرعة المطلوبة من الكلور.

يمكن لرائحة المياه أن تكون ذات أصول:

طبيعية : الرائحة العطرية، رائحة المستنقعات، رائحة الخشب، رائحة التربة، رائحة السمك، رائحة غير محددة...الخ.

الصناعية:الرائحة الفينولية، الكلوروفينولية ، النفطية ،الراتنجية ...الخ.

تملك المياه الطبيعية أنواعاً مختلفةً من الطعم: يسبب تواجد كبريتات المغنيزيوم الطعم المر للمياه ،بينما يسبب التركيز العالي لحمض الكربون المنحل في المياه المعدنية الطعم الحامض لهذه المياه، ويسبب تواجد زاكيس الحديد والمغنيز الطعم الحديدي أو الحبري ، بينما تسبب أملاح كبريتات الكالسيوم الطعم القابض للمياه.

إن الدرجة الكلية للتمعدن هي عبارة عن مؤشر كمي لمجموع المواد المنحلة في المياه.يمكن تسمية هذا المؤشر بتركيز المواد الصلبة المنحلة (TDS) أو بالتركيز الملحي الكلي، حيث تتواجد المواد المنحلة في المياه على شكل أملاح. إن أغلب هذه الأملاح عبارة عن أملاح لاعضوية (أملاح الهيدروكربونات والكلوريدات والسلفات الكالسيومية والمغنيزيومية والصوديومية) وكميات غير كبيرة من المواد العضوية المنحلة في المياه.

الدرجة الكلية لتمعدن المياه الطبيعية وفق تواجد الأيونات (الأملاح) فيها أي مجموع الكاتيونات والأيونات في المياه إن الدرجة الكلية للتمعدن هي عبارة عن مؤشر كمي لمجموع المواد المنحلة في المياه.يمكن تسمية هذا المؤشر بتركيز المواد الصلبة المنحلة (TDS) أو بالتركيز الملحي الكلي يجري كثيراً الخلط بين التمدن الكلي والراسب الجاف.بالفعل هذين المؤشرين قريبين جداً من بعضهما، إلا أن منهج حساب الراسب الجاف لا يعطي جميع الاتحادات العضوية الطيارة المنحلة في المياه، وبالتالي فغالباً ما تزيد قيمة التمدن الكلي عن قيمة الراسب الجاف بحدود % 10 .أي أنه يمكننا الحكم بشكل أولي على تركيز الأملاح في المياه الطبيعية من خلال تحديد الراسب الجاف (الباقي الجاف) والراسب الصلدي.

يعبر الراسب الجاف عن الأملاح المعدنية والاتحادات العضوية غير الطيارة

يعبر الراسب الصلدي عن تركيز الأملاح المنحلة في المياه.

تشير الناقلية الكهربائية إلى قدرة المحاليل المائية على تمرير التيار الكهربائي. وتستخدم الكثير من تجهيزات قياس درجة الملوحة الكلية (TDS) هذا المبدأ في القياس.

تتواجد **اتحادات النتروجين** في المياه الطبيعية على شكل أيونات النترات والنترت والأمونيوم وهذا مرتبط بتفكك المواد العضوية المعقدة ذات الأصول النباتية والحيوانية وكذلك بتفكك المواد البروتينية التي تصل إلى المجمعات المائية مع مياه الصرف المنزلية. يقود تواجد اتحادات النتروجين بتركيز عالية في المياه الطبيعية إلى تعشب المجمعات المائية. يعتبر الأمونياك المنتج النهائي لتحلل المواد البروتينية.وتعتبر المياه الحاوية على الأمونياك الناتج عن تحلل بروتين مياه الصرف الصحي غير ملائمة لأغراض الإمداد المنزلي.

أهم الأسباب المؤدية إلى ازدياد التلوث بالاتحادات النتروجينية في المياه الطبيعية هي:

- 1-المبالغة في استخدام الأسمدة المعدنية بكميات تفوق احتياج النباتات ، إضافة إلى عدم مراعاة الفترة المثالية للتسميد .
- 2- خرق التوازن بين عدد الحيوانات الأليفة وبين مساحة الأراضي التي تجري عليها تربية هذه الحيوانات والانتفاع بالذبال .

3- حراثة المراعي وتسريع العمليات الهوائية المؤدية إلى تمعدن أزوت الاتحادات العضوية .

4- تسريع عمليات النترة في المياه الطبيعية نتيجة بناء المصارف (الدر يناج) ورفع تركيز الأوكسجين.

5- زيادة عملية نضح النترات من المنطقة الجذرية للتربة والنتجة عن الإرواء الزائد للأراضي .

6- اختفاء أنظمة الصرف الصحي في بعض المناطق مما يؤدي إلى وصول النترات مع مياه الصرف الصحي إلى المياه الجوفية

يعبر المؤشر الهيدروجيني للمياه (قيمة pH) عن تركيز أيونات الهيدروجين الحرة في المياه وفق العلاقة التالية: ، أي بشكل آخر تعبر قيمة pH المياه عن النسبة الكتلية لأيونات الهيدروجين والهيدروكسيل المتشكلة خلال تشتت المياه. قيمة pH المياه هي مؤشر شدة وليست مؤشر كمية شبيه بمفهوم درجة الحرارة التي تعبر عن درجة التسخين وليس كمية الحرارة

الحامضية هي عبارة عن تواجد المواد القادرة على الدخول في تفاعل مع أيونات الهيدروكسيد في المياه. ترتبط حامضية المياه في المياه الطبيعية في الغالب بتركيز ديوكسيد الكربون الحر، وتشكل الأحماض العضوية الذبالية والأحماض الضعيفة الأخرى وكاتيونات القواعد الضعيفة (أيونات الألومنيوم والحديد والأمونيوم والقواعد العضوية) الجزء الأساسي من حامضية المياه.

يشير تعبير قلوية المياه الطبيعية إلى قدرة بعض العناصر على ربط كمية مكافئة من الأحماض القوية ويسمى هذا البارامتر بالسعة البوفيرية للمياه، أي قدرة المياه على تعديل التأثير الصدئي للأحماض. يشير مفهوم القلوية الكلية إلى مجموع أيونات الهيدروكسيد وأنيونات الأحماض الضعيفة (الكربونات، السيليكات، البورات، السولفيدات، السولفيتات، الهيدروسولفيتات، الهيدروسولفيدات، أنيونات الأحماض الذبالية، الفوسفات) المتواجدة في المياه والتي تتحلل بدورها مشكلةً أيونات الهيدروكسيد.

القلوية الكلية للمياه هي مجموع القلوية الهيدراتية والهيدروكربوناتية بشكل أساسي ويحدد هذا المؤشر البوفيرية للمياه الطبيعية كما يملك أهمية كبيرة في تكنولوجيا تنقية المياه. والقلوية عبارة عن مجموع تراكيز أنيونات الهيدروكسيد وأنيونات الأحماض الضعيفة وتقدر قلوية المياه بكمية الحمض اللازم لمعادلة حجم معين من الماء وتعرف بالقلوية الكلية أو قلوية المعايرة ويرمز لها بـ (TA) أو بـ ALK tot ويتم التعبير عنها بالعلاقة التالية:

$$ALK_{tot} = [HCO_3^-] + 2[CO_3^{2-}] + [OH^-] + [BO_2^-] + [HPO_4^-] + 2[HPO_4^{2-}] + [HS^-] + [HSiO_3^-] + [humanus] - [H^+]$$
$$ALK_a = [HCO_3^-] + 2[CO_3^{2-}]$$

تصل الكثير من أيونات العناصر السامة مثل AS^{2+} , AS^{3+} , Se^{6+} , Pb^{2+} إلى المياه الطبيعية نتيجة طرح مياه الصرف الصناعية دون معالجة كافية إلى المجمعات المائية، وتتواجد هذه الأيونات عادةً في المياه الطبيعية بتركيز غير كبيرة. وتبدي العناصر السامة مثل Zn , Sr , Se , Pb , MO , Cu , Be , AS تأثيراً ساماً على صحة الإنسان والحيوان عند تواجدها في المياه المخصصة لأغراض الشرب ، و كذلك فإن هذه العناصر كما بعض المواد العضوية تبدي تأثيراً قاتلاً على الأسماك وعلى مصادر تغذيتها كذلك فإنها توقف عمليات التنقية الذاتية للمجمعات المائية.

إن تواجد الحديد والمنغنيز بتركيز عالية في المياه يسيء إلى طعمها و يعطيها لوناً أسوداً أو بنيماً محمراً ، الترسبات والتعشبات في أنابيب الإمداد. وتتميز المياه الحاوية على تركيز عال من المنغنيز بالطعم القابض، كما أنها تبدي تأثيرات سمية مختلفة على الجسم البشري. و يسبب الاستهلاك البشري الطويل للمياه الحاوية على الحديد أمراض الكبد كما يؤثر سلباً على وظيفة الجسم الحي في إعادة تشكيل الغذاء ، كما يرفع فائض الحديد في الجسم الحي من خطر انسداد الأوعية الإكليلية للقلب

يسبب تواجد التراكيز العالية للبورون في مياه الشرب أمراض الكبد والأمراض المعوية المختلفة ويسبب إلى تبادل المواد ضمن الجسم الحي.

إن زيادة تركيز البروم في مياه الشرب عن الحدود المسموحة يؤثر سلباً على جريان السيالة العصبية وعلى وظائف الكلى والكبد مسبباً انخفاض تركيز البوتاسيوم في الدم وزيادة تركيز النتروجين في البولة. يؤدي تواجد السترونسيوم في مياه الشرب بتركيز أعلى من الحدود المسموحة إلى هشاشة العظام والكساح... الخ.

يؤدي تواجد الكاديوم في مياه الشرب بتركيز أعلى من الحدود المسموحة إلى مرض إيناي إيتاي. يؤثر تواجد الزنك في مياه الشرب بتركيز أعلى من الحدود المسموحة سلباً على عمليات الأكسدة في الجسم الحي مسبباً الأنيميا (فقر الدم). يسبب تواجد الزئبق في مياه الشرب بتركيز أعلى من الحدود المسموحة مرض مينا ماتا. يسبب تواجد النحاس في مياه الشرب بتركيز أعلى من الحدود المسموحة أمراض الكلى والكبد وفقر الدم. يسبب تواجد الموليبيديوم في مياه الشرب بتركيز أعلى من الحدود المسموحة مرض النقرس وأمراضاً أخرى.

يمكن تقسيم الأحياء المائية التي يمكن أن تتواجد في المياه إلى الأنواع التالية :

1- البلاكتونات Plankton's: وهي أحياء مائية يمكن أن تتواجد في كامل السماكة المائية للمصادر المائية من القاع وحتى السطح، ويمكن تقسيمها إلى أحياء سابحة و أخرى حاملة وأحياء نصف مائية.

2- الأحياء المسماة Detritus: و هي ذات أصول عضوية أو غير عضوية.

3- أحياء القيعان المسماة Benthos: وهي الأحياء النباتية والحيوانية التي تعيش في ترب قيعان المجمعات المائية العميقة.

4- الأحياء السابحة Neuston: وهي مجموعة الأحياء المرتبطة بالغشاء السطحي للمياه والذي يعتبر وسط التغذية المناسب لها

5- أحياء الطبقات الجليدية Pagos: وهي مجموعة الأحياء التي تعيش في الطبقات المتجمدة من المياه في المناطق الباردة .

وتملك هذه الأحياء القدرة على نقل الأمراض المختلفة من الحمى التيفية و الباراتيفية ، والزنتاريا ، وأمراض الكلى والكبد ، والقرحة السيبيرية ، والكوليرا ... الخ. ويبين الشكل (1-12) بعض أشكال الأحياء المائية.

تصل أعداد كبيرة من البكتريا إلى المصادر المائية بشكل طبيعي أو بشكل صناعي. تعرف البكتريا بأنها كائنات حية

متناهية في الصغر، بحيث لا ترى بالعين المجردة وتقدر أبعادها بالميكرون. تتكاثر البكتريا بالانقسام ويشترط لهذا التكاثر توفر

الشروط اللازمة من غذاء وحرارة ورطوبة. تقسم البكتريا حسب شكل الخلية إلى ثلاثة أقسام رئيسية، أنظر الشكل (1-13)، وهي:

أ – المكورات: وتكون دائرية الشكل أو بيضوية أو كروية ويتراوح قطرها من (0.5-3) ميكرون.

ب – العصيات: وهي بشكل عصوي متطاوول أو مغزلي أو بشكل ضمات أبعادها صغيرة جداً.

ج – الملتويات أو الحلزونات: وهي بشكل متطاوول حلزوني، أبعادها كبيرة نسبياً وقد تصل إلى خمسين ميكرون.

أما من حيث الوسط الذي تعيش فيه البكتريا فتقسم إلى:

أ – بكتريا هوائية: تعيش في الوسط الخارجي من هواء وتراب وماء وهي بشكل عام بكتريا غير ممرضة.

ب – بكتريا لا هوائية: تعيش في غياب الأكسجين.

ج - بكتريا متقلبة: تستطيع العيش والتلاؤم بوجود الأكسجين وغيابه.

وتقسم حسب تأثيرها الفيزيولوجي إلى:

أ - بكتريا غير ضارة (مفيدة): تعمل على أكسدة المواد العضوية وتحويلها إلى مواد ثابتة، يستفاد منها في معالجة مياه الصرف.

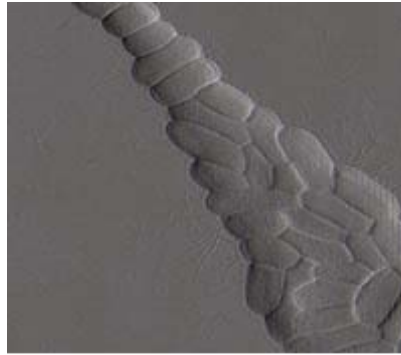
ب - بكتريا ضارة (مرمضة): تسبب الكثير من الأمراض كالحمى التيفية والكوليرا وغيرها.

ج - بكتريا تدل على التلوث: توجد في المياه نتيجة تلوثها بالمخلفات البشرية، وهي لا تسبب أي مرض للإنسان إنما وجودها يستخدم كدليل على تلوث المياه مثل مجموعة الكولونييات (بكتريا القولون) والتي أهمها مجموعة الكوليفورم. وجميع عناصر مجموعة الكوليفورم ذات أصل برازي لأن جميع كائناتها غريبة عن الماء ويمكن عدها مؤشراً على التلوث. لهذا يجب ألا تحتوي المياه الصالحة للاستعمال على هذا النوع من البكتريا وبالتالي لا بد من إجراء الفحص البكتريولوجي للمياه للتأكد من ذلك.

بكتريا الكوليفورم Coliform :

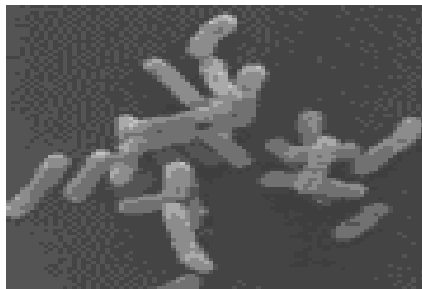
تنتمي **بكتريا الكوليفورم** إلى البكتريا سالبة الغرام ذات الشكل العصوي. تصل هذه البكتريا إلى المياه الطبيعية بشكل مباشر مع مياه الصرف الصحي، وتستطيع بكتريا الكوليفورم العيش في المياه الطبيعية لعدة أسابيع. تستطيع بكتريا الكوليفورم تخمير اللاكتوز بدرجة الحرارة $35-37^{\circ}\text{C}$ مشكلةً الأحماض والغازات والأدهيدات.

سميت **بكتريا E.Coli** باسم مكتشفها عام 1885 العالم T.Escherich. هذه البكتريا عبارة عن بكتريا على شكل عصية سالبة الغرام تنتمي إلى مجموعة Enterobacteriaceae. تتواجد E.Coli بشكل طبيعي في أمعاء الإنسان، لذلك غالباً ما يجري تسميتها بالعصية المعوية. تلعب E.Coli دوراً مفيداً بضغطها على البكتريا الممرضة وابتاجها لبعض الفيتامينات. هناك بعض الأشكال من E.Coli قادرة على التسبب بأمراض معوية حادة للإنسان، ويجري حالياً تمييز حوالي 150 نموذجاً بآثوجينياً لعصيات كولي مصنفة في أربعة مجموعات.



بكتريا الشيغيللا Shigella:

هي بكتريا هوائية غير متحركة وغير مشكلة للأبواغ تنتمي إلى مجموعة Enterobacteriaceae. سميت بكتريا Shigella باسم مكتشفها عام 1897 العالم الياباني Tkiyoshi .Shiga .



بكتريا الشيغيللا Shigella .

يجري التمييز بين أربعة أشكال لهذه البكتريا:

-الزمرة A: زمرة Shigella Dysenteria بما فيها بكتريا Sh. Dysenteria 1، وبكتريا Sh. Dysenteria 2، وبكتريا Sh. Dysenteria 3-7.

-الزمرة B: زمرة Shigella flexneri ومنها بكتريا Shigella flexneri 6.

-الزمرة C: زمرة Shigella boyda .

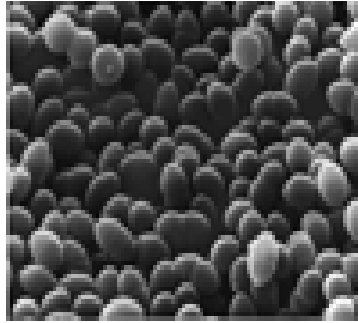
-الزمرة D: زمرة Shigella sonnei .

بكتريا Streptococcus :

تتنمي هذه البكتريا إلى صنف مجموعة *Enterococcus* التي تضم الأشكال التالية:

E.avium, E.casseliflavus, E.cecorum, E.durans, E.faecalis, E.faecium, E.gallinarum, E.hirae, E.malodoratus, E.munditiuse E.solitarius...etc.

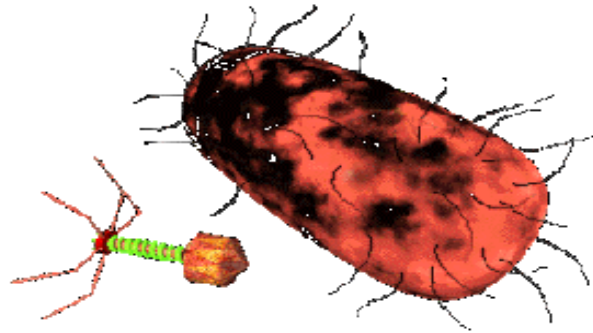
هذه الأشكال من البكتريا ذات أصول برازية، ويمكن دراستها كمؤشر تلوث المياه بالبراز البشري، وكذلك لكشف تلوث المياه الجوفية أو السطحية بالتيارات السطحية. تملك البكتريا البرازية ثباتاً عالياً للجفاف، مما يجعلها مفيدة لضبط عملية تعقيم شبكات الأنابيب بعد عملية التمديد أو بعد الإصلاح.



بكتريا Streptococcus

بكتريا الكولي فاغ:

عبارة عن مجموعة مختلفة من البكتريا والفيروسات تدخل الخلية البكتيرية وتتكاثر فيها، وتعود إلى موتها في كثير من الأحيان. غالباً ما تكون الخلية المضيفة (الضحية) هي بكتريا الكوليفورم. يستخدم الكشف عن الكولي فاغ كمؤشر لنوعية المياه، نظراً لتواجدها مع الفيروسات المعوية (*enterovirus*) في مياه الصرف الصحي، ونتيجةً لبساطة اكتشافها في المياه. يعتبر تواجد الكولي فاغ أو عدم تواجدها في المياه مؤشراً إضافياً لفعالية حماية أو تنقية المياه الجوفية.



بكتريا *enterovirus* :

يشير هذا المصطلح إلى عدد كبير من الفيروسات التي تتكاثر في الأمعاء، مما يجعل تسميتها في الكثير من المراجع بالفيروسات المعوية. الفيروسات السابقة عبارة عن فيروسات دقيقة قطرها حوالي 20-30 n.m . تملك هذه الفيروسات حمضاً نووياً ريبياً RNA قادراً على الانقسام حتى في المياه المكلورة.

هنالك أكثر من 67 نموذج من هذه الفيروسات مقسمة على أربعة زمر:

-زمرة *poliovirus*: ومن أهم عناصرها *polio I* و *polio II* وهي التي تسبب مرض البوليميليت.

-زمرة فيروسات (*Coxsackie A and B*) المسماة باسم إحدى مدن ولاية نيويورك في الولايات المتحدة الأمريكية.

-زمرة فيروسات *echovirus*.

-زمرة فيروسات *enterovirus* الأخرى.

كما تنتمي إلى مجموعة *enterovirus* أيضاً فيروسات *Picornaviridae* . تشير اللاحقة Pico ذات الأصل الإيطالي إلى معنى دقيق، حيث تعتبر هذه الفيروسات أصغر أنواع مجموعة *enterovirus* (30 n.m). كما تضم مجموعة *enterovirus* أصنافاً أخرى من الفيروسات نذكر منها: *rhinovirus* , *cardiovirus* , *hepatovirus* , *aphovirus* . تعتبر هذه الفيروسات أكثر الأنواع السابقة استقراراً في الأوساط الحامضية، حيث يمكن لهذه الفيروسات أن تتسبب بالعدوى خلال قيمة pH الوسط 3...10 .

إذا تواجدت العناصر السامة مجتمعة في المياه، فيجب ألا يتجاوز مجموع نسب تراكيز المواد التي تحمل نفس درجة السمية

إلى التراكيز المسموحة لهذه العناصر القيمة 1 وذلك بالحساب استناداً للعلاقة التالية:

$$\frac{C_1}{Dc_1} + \frac{C_2}{Dc_2} + \frac{C_3}{Dc_3} + \dots + \frac{C_n}{Dc_n} \leq 1$$

ويجب أن يخلو 25 ل من الماء من كل أشكال العصيات المعوية الممرضة وبيوض وبرقات هيلمينت.

$$n_2 = \frac{(Alk)(m.E.g/l)}{(CL + SO_4)(m.E.g/l)} = 0.36$$

$$n_1 = \frac{Ca(m.E.g / l)}{CL(m.E.g / l)} = 0.45$$

كما يجب أن تحافظ المياه على حدود معينة لمؤشرات خاصة مثل