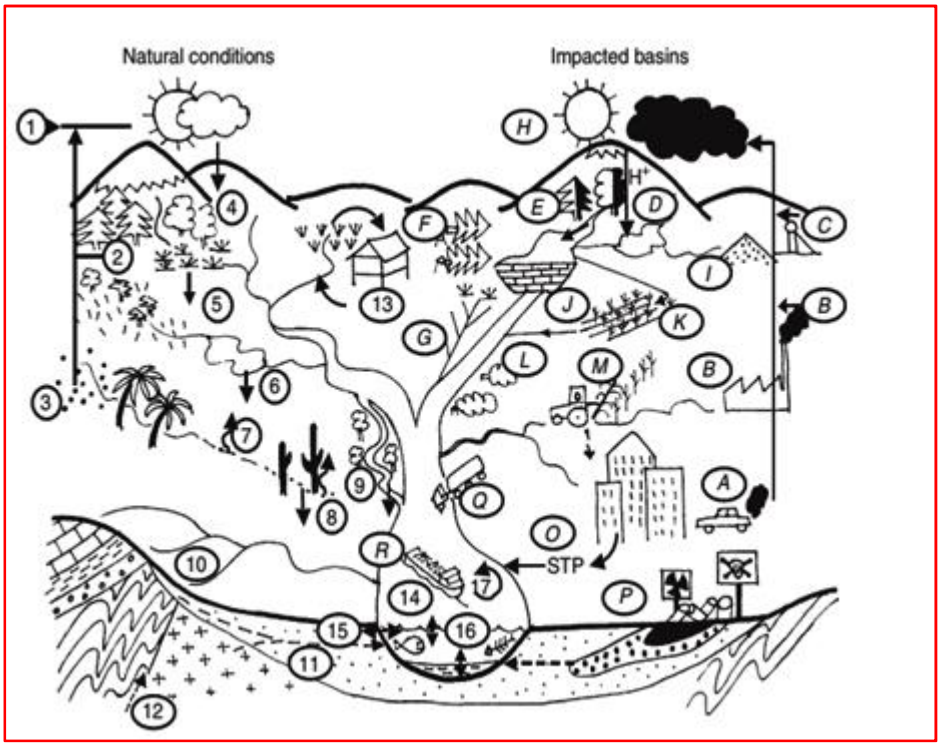
التأثيرات المباشرة على نوعيةِ الماءِ(Direct Effects on Water Quality)

يمكن حصر التأثيرات المباشرة على نوعيةِ الماءِ من خلال رصد و التعرف على الملوثات و مصادرها بالإضافة الى العمليات الرئيسية التي تُنظّمُ نوعيةَ المياه في الظروف الطبيعية و الأحواض المائية بالجدول-1 والموضحة في الشكل-1.

جدول- 1 الملوثات الشائعة ومصادرَها وتأثيراتَها على نوعيةِ الماءِ

الملوث	المصادر الأساسية	المصدر / أمثلة تلوث	بَعْض التأثيراتِ الأساسيةِ
المادّة العضوية	مياه المجاري المحلية، مياه النفايات الصناعية، وأنشطة زراعية	مصبات مياه المجاري الحضرية المعالجة أَو غير المُعَالَجةِ، وتصريف معامل الورق و المصابيح.	تفسخُ المادّةِ العضويةِ يحتاج الأوكسجين مِن الماءِ، الذي يضغط أو في النهايةِ يَقْتَلُ النباتات المائية
العناصر النادرة (معادن ثقيلة)	الصناعة والتعدين	الرمي غير الصحيح أو تسرب الأملاحِ من المعامل، ترسب رماد احتراقِ الوقود الاحفوري، التسربات و الفيضان	استمرار الاستنبات، الترسيب، و الأراضي الرطبة، وتجمّعْ الكائنات الحية. سامّ للبشر والكائنات الحية المائية.
الترسبات الجوّية الحمضية والسيول	احتراق الوقود الاحفوري ومياه التعدين	السيارات ومحطات الكهرباء، ومناطق مناجم الفحم	حموضة مياه المسطحات التي تُضغط أو تسممّ للكائنات الحية المائية و انتقال المعادن
التملح	خلب و ترسب الأملاحِ قي التُرَب ، حركة الماء المالح بسبب الضخّ المفرط للمياه الجوفيّةِ أَو انخفاضِ تدفقِ الجداولِ بسبب إفراط في استعمالِ الماء عند أعالي النهر	ضخّ المياه الجوفيّة من المناطقِ الساحليةِ، رَيّ البساتين أَو المحاصيلَ في المناطقِ القاحلةِ أَو نصفِ القاحلةِ	تراكمُ الملح يُسمّمُ التُرَبَ لذلك لَنْ تَنْمو النباتات، تداخل الماء المالح إلى الماء العذبِ يُسبّبُ الماء العذبَ أَنْ يُصبحَ غيرَ مرغوب.
المغذيات(N and P)	السيل مِن أراضي مزروعة والتسربِ من البالوعات و مياه المجاري، ترسبات النتروجين من الجو	سيول المخصّبات أو السمادِ اللاعضويِ مِنْ أراضي المحاصيلِ و العلفَ الحيواني، اطلاقات مياه المجاري إلى الجداولِ، هجرة المواد المغذّيةِ من خزانات التخمير خلال المياه الجوفية إلى الجداولِ أَو البحيرات.	المواد المغذّيةُ تُحفّزُ نمو النباتاتِ المائيةِ التي تُسبّبُ ازدهار الطحالب، نقصان في شفافيةِ الماءِ، زيادة تحلل النباتِ تسبّب نضوبِ الأوكسجينِ. تركيز النتراتِ العالي في الماء الصالح للشرب تُسبّبَ متلازمة الوليد الأزرق
العوامل المسبّبة للإمراض جرثوميةَ، فيروسات معويّة، البروتوزوية	مياه المجاري و العواصف المطرية في المناطق الحضرية الناقلة للنفايات الإنسانية و الحيوانية	بكتيريا إي .كولاي، سالمونيلا، الشيكالا فيروسات التهاب الكبد ، البروتوزوا، الجيارديا،	الأمراض المعدية تَنتشرُ عبر الماء الصالح للشربَ الملوثَ وتؤدّي إلى إسهالِ وأمراضِ وطفيليات معويةِ وفي النهاية تسبّب الفناء.
الراسب المعلّق (+and−)	تآكل التربة، تنظيف أراضي البناءِ أَو الزراعةِ في أحواض التصريف و السدود.	التآكل والنقل مِنْ الأراضي المحروثة و المَزرُوعة، البناء السكني، السيول مِنْ المناطقِ غير النفّاذةِ التي تُسبّبُ مستوى عالي من التدفق و انهيار الضفاف،	يُؤثّرُ الراسبُ على بيئةِ الكائنات الحية المائيةِ، ورواسبِ البحيراتَ تفسدُ مرشحاتَ الماءِ، و تؤثّرَ على صحة النظام البيئي، إزالة رواسبِ خزاناتِ المياه تسبب بيئة نقص الأوكسجين و توليد غازاتَ الدفيئة وتُجوّيع الأنهار لحمل الراسب لحفظ البيئة وخصوبة السهول.
النفط والدهن	سيول العواصف المطرية، التسرب مِنْ خزنِ الوقودِ و تجهيزات التوزيع، النفاية الصناعية والحضرية	التسرب مِنْ المراكبِ أَو الناقلاتِ، عرقلة طبيعيةَ في البواليعِ تُسبّبُ فَيَضَانْ مياه المجاري.	يُؤثّرُ على النظامِ التنفسي الكائنات الحية المائية ؛ يُؤثّرُ على الريشِ و يمَنْع الطيور مِنْ الطَيَرَانْ؛ فيض مياه مجاري يُمْكِنُ أَنْ يكُونُ سامُّ إلى البشر و الكائنات الحية المائية
المركّبات العضوية الصناعية	مياه المجاري غير المُعالجة، الترشيح من البالوعات، سيول العواصف المطرية في المناطق الحضرية، سيول المراعي.	الأدوية بضمنها المضادات الحيوية، المركّبات المضادّة للجراثيم، كافيين ومشتقاته، المذيبات و مثبطات النار، النبات، والمنشّطات الحيوانية، الوقود.	بَعْض المواد الصيدلانيةِ معروفة بعرقلة الدورةَ الإفرازيةَ للبشرِ والكائنات الحية المائية، و لها تَأثير على إعادة الإنتاج(النمو)
التلوث الحراري	توليد الطاقة، التَبريد الصناعي	تصريف الماءِ الساخنِ من محطات توليد الطاقة و أبراج التبريد الصناعي إلى الجداولِ أَو البحيرات	تُؤثّرُ في العمليات الايضية للكائنات النباتية وتُغيّرَ سلوك الكائنات الحية المائيةِ. تُؤثّرُ على مستويات (O_2) ونِسَبِ تفسخِ المادّةِ العضويةِ
مبيدات الحشرات و مبيدات الأعشاب	الاستعمال الزراعي، الاستعمال الحضري	حراثة الأرض و السيول مِن المناطق الحضرية، إستعمال مبيد الأعشاب على طول الطرق السريعةِ، مياه المجاري المحلية	سامّة للنباتات المائية
النشاط الإشعاعي	الصناعة النووية و الحربية	نتائج اختبار القنابل، تسرّبات مِنْ محطات الطاقة النوويةِ،و النفايات	مسرطنات للبشرِ و الكائنات الحية (أرضية ومائية)



الشكل 1: المصادر، الممرات، والعمليات الرئيسية التي تُنظّمُ نوعيةَ المياه في الظروف الطبيعية و الأحواض المائية.

(1)مساهماتِ محيطية المنشأ،(2) إنبعاثات نباتية،(3) تعرية هوائية،(4) احتجاز الهطول، (5) التحول الى أراضي رطبة و الاهوار، (6) و التحول الى البحيرات (7)؛ التبخير المؤدّي إلى التملح، (8) الترسب في التُرَبِ و الأحواض المائية ؛(9) الاحتفاظ والتبادل مع السهل الفيضي، (10) التجوية الكيميائية والتآكل الميكانيكي لأنواعِ الصخور المختلفة ؛ (11)المساهمات المباشرة للمياه الجوفيّة، (12) مساهمات مياه حرارية؛(13) الدورات المغلقة للنتروجين و الفسفور في الزراعةِ التقليدية (14)؛ تبادل بين المياهِ السطحيِ والجو ِ (15)، مياه جوفيّة (16) و الرواسب، (17) دورات الكربون والمواد المغذّية في شبكاتِ الغذاءِ المائية.

(A) مصادر صناعية و العوادم، (B) تعدين/صْهرُ المعادن، (C)؛ مياه نفايات؛ (D) تلوّثَ الجو و موت الغابات، (E) الأمطار الحمضية، (F) قطع الأشجار (G) تصريف الأراضي الرطبة، (H) تغير المناخِ (I) الصناعة و التعدين ، (J) تقسيم النهر بعد السد؛ (K) التبخر بعد الري؛ (M،K)إستعمال المخصّباتِ ومبيداتِ الحشرات؛ (L) مقطع النهر والسهول الفيضية؛ (O) تصريف مياه المجاري الحضريةِ المُعالَجة و غير المعالجةِ؛ (P) تسرّب المواد الكيمياوية الخطرةِ مِنْ مواقعِ النفايات، (Q) الانسكاب العرضي، (R) تسرّبات دائمية.

تغير المعالم الطبيعية (Landscape Alteration)

غير البشرُ المعالم الطبيعية في أكثر مناطقِ العالمِ لإرْضاء الحاجات الأساسيةِ في تَزويد الماءِ، الغذاء، الملاجئ، وقود الطبخ والتدفئة، والخدمات ذات العلاقة. و فاقَ البشرُ الحاجات أيضاً وكَانَ عدوانيُ جداً حالياً في التَزويد للحاجات.

إزالة الأشجار (Deforestation)

إزالة الأشجار أَو إزالة الغابات، يَحْدثُ بمنهجية في المناطقِ الاستوائية أَو المعتدلة ذات المناخِ الرطب، حيث المطر وفير والنباتاتَ تَنْموَ بسهولة. و عندها يكون تأثير إزالةِ الأشجار مباشر أو غير مباشر على نوعيةِ الماءِ، من خلال تغيّرُ النظامَ الحراريَ للأرض الطبيعية والأنهار و تقليل التعرّقِ و تآكل الترب السطحية و السيول و التملح و بالتالي الإخلال بالنظام البيئي و تَحطيم البيئة.

الزراعة(Agriculture)

إنتاج الغذاء يحدَّدُ بخصوبةِ الأرض باستخدام المواد والسماد العضوي ، لكن الآن تستخدم المخصّباتِ اللاعضوية لزيَادة معدلات نمو النباتِ على نحو متزايد و استخدام المواد الكيمياوية للسيطرةِ على الأعشاب الضارةِ (مبيدات أعشاب) و الحشرات (مبيدات حشرات)، و أدت عملية حراثة الأرضِ وزرعُ المحاصيلَ الى إزالة النباتاتَ الطبيعيةَ و التأثير على المراعي. رمي النفاياتِ الحيوانيةِ والاستعمال المتزايدِ للمواد الصيدلانيةِ في الإنتاجِ الحيوانيِ يغير التركيبَ الكيميائي للمياهِ. كما إنّ إزالةَ النباتاتِ المحليةِ تزيد من إمكانية تآكلَ الأرضِ ونقل الرواسب بشكل كبير. و التقنية والتَطَوّرات في ممارسات الإدارةِ الزراعيةِ تَغيّرت لدرجة كبيرة وهذه تُؤثّرُ على قابليةِ الحركة المحتملةِ للملوثِ. يتطلّب تطوير عربات و مكائن المزرعة للحقول الأكبر التي تُخفّضُ عددَ الأسيجة. و الحراثة بشكل خطوط بدلاً مِنْ فوق وأسفل المنحدرِ تخفّضُ التآكل.

الكيميائيات الزراعية (Agrochemicals)

عاملان رئيسيان ساهما في استعمالِ المخصبات اللاعضوية للأغراض الزراعية. العامل الأول كَان الإنتاجَ الصناعي الأرخصَ لمركبات الامونيوم و العامل الثاني كَانَ اكتشاف صخور الفوسفات (الحاوية على معادن فوسفات كالسيومِ و الاباتايت) و التي عندما تعالجَ بحامضِ الكبريتيك (sulfuric acid) تنتجَ شكل قابل للذوبان يدَعى السوبر فوسفات. إنّ الاستعمال العاليَ لمخصّبات النتروجينِ اللاعضوية في وسط غرب الولايات المتّحدةِ وانتقالها اللاحقِ في نظامِ ميسيسيبي النهري يُعتَبرُ المسؤول عن ظاهرة نقص الأوكسجين(hypoxia) في خليجِ المكسيك. Hypoxia بيئة نقص الأوكسجين ضارُة و طاردة للكائنات الحية مثل الأسماك الصدفيّة .

عُموماً، و بسبب التحسيناتِ في معالجة مياه الفضلاتِ والاستعمال المتناقصِ للمنظّفات الفسفورية، التي تؤثّر على المياه القذرةِ الحضريةِ (مصدر نقطي) تناقصت التراكيز الفسفورية مِنْ المناطق الحضرية، ولم تتراجع في مياه السيول المناطق الزراعيةَ (الفيضان أَو المصادر غير النقطية).

الأراضي المروية(Irrigated Lands)

بالمقارنة مع تأثيراتِ إزالةِ الأشجار على الزراعةِ في المناطقِ الرطبةِ، تَتطلّبُ الزراعةً في المناطقِ القاحلةِ وشبه القاحلةِ إضافاتَ كبيرةَ مِنْ الماءِ لإدامة نمو النباتات. الماء السطحي أَو المياه الجوفيّة المستعملةُ للرَيِّ في المناطقِ القاحلةِ وشبه القاحلة تُؤثّرُ على نوعيةِ الماءِ.

فالاستعمال المستمر وخسارة الماءِ بسبب التبخيرِ و التعرق، يترك وراءه المحلول الملحي، لتتملح التربةَ وتَمْنعُ النباتات من النَمُو حتى إذا كَانَ الماء متوفرَ. و فد تنقل الأملاح من خلال السيول أو البزل الى مجاري الأنهار أو المسطحات المائية مسببة تدهور في نوعية المياه.

التعدين(Mining)

يُستَعملُ رشّاش الماء القوي لإزاحة المعادنِ أَو استخراج الفحمِ (تعدين)، إذ يتم فصلُ المعادن بجَرْفها أو غسلها ويَحْدث في الترسبات الغرينية المجاورة للجداولِ أحيانا و تعدين الصخور الصلبة، يمْكِنُ أَنْ تُغيّر الخصائصَ الطبيعيةَ لمعالم الأرض. إنّ الصخرةَ أَو المعدنَ

الثمينَ قد يحاطُ بمادّة غير مفيدة و يصبح مَنْ الضَّرُوري فصلها و نبذها مع نفايات المناجم. و قد ينتج عن النفايات أحماض بسبب الأمطار أو المعالجة بالمياه مسببة محاليل حمضية طريقها الى الجداولَ والبحيراتَ الذي يؤذي الكائنات المائية.

التمدن(Urbanization)

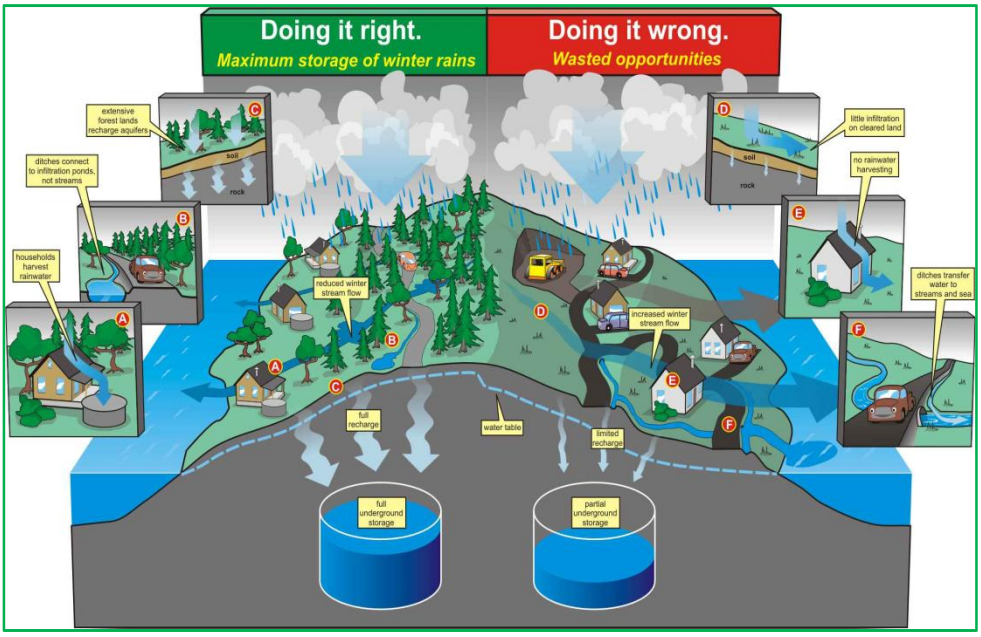
يُؤثّرُ تغييرُ استعمال الأرض على نوعيةِ الماء من مكان لآخر. التوزيع الجغرافي للمُدنِ، الطرق، تعدين، أرض زراعية، ومناطق طبيعية ، وأنماط السيول، يُؤثّرُ على كمية و نوعيةِ الماءِ. المناطق الحضرية اقل ترشيحا لمياه الأمطار مِنْ المناطقِ غير الحضرية وفيها مياه مجاري وتلوث صناعي و إنّ تأثيراتَ النشاط البشري المؤذيةِ المحتملةِ على نوعيةِ الماء هي الأعلى للمناطق الحضرية.

السدود وتغيير القنوات النهرية (Dams and River Channel Alteration)

السدود بُنِيت لإدارة الفيضاناتِ و لتَزويد الماء الصالح للشربِ و للصناعة و للري والزراعة ولتَزويد الكهرباءِ. السدودُ وإدارة التدفقَ الطبيعيَ للأنهارِ تؤثّرُ على توقيت وكميةِ تجهيزِ الماءِ والراسب مع التيار تحت الشروط الطبيعية. خَدمتْ السدودُ السكان بالسَيْطَرَة على التدفقِ النهري لحمايةِ الحياةِ والملكية. علاوة على ذلك، تؤثّرُ السدودُ على دورة الكربون و خزانات الماء تمثل مواقعَ لدفنِ الكربون، في الرواسبِ، ويُكيّفُ anoxic في الرواسبِ والمياهِ السفليةِ مِنْ الخزانِ ينتج الميثان مِن تَحلل الكتلة العضويةِ. إشعاعات الميثانِ وثاني أكسيد الكربون .

توليد النفاية(Waste generation)

امتد تلوثُ الماءِ عبر تشكيلة واسعة من العواملِ المكروبيةِ والطبيعيةِ والكيميائية على مر السنين، انتقل ميزان الملوثات الرئيسية لدرجة كبيرة في أكثر الدول الصناعية. عموماً، برامج تنظيفِ المياه الوطنيةِ كَانتْ فعّالةُ في تَخفيض مصادر نقاط التلوث وتُسيطرُ على إغراق النفاياتِ مِنْ الأنابيبِ. على أية حال، برامج التنظيفِ لم تكَن فعّالةَ في تَخفيض الملوثات غير النقطية مثل المواد المغذّيةِ، الرواسب، والمركّبات السامّة التي تأتي من سيول المناطق الزراعية، والحضريةِ الخ. مشاكل التلوثِ الأكثرِ تقليدية، مثل مياه المجاري، بالتمازج مع مبيداتِ الحشرات ومبيدات الحشرات، يُخفّضُ نوعيةَ ماءِ بشدة، خصوصاً قُرْب المراكز الصناعية الحضرية والأراضي الزراعية. التلوث مِنْ مياه المجاري غير المعالجةِ، الزراعة الكثيفة، التخلص من النفايات الصلبة،



والصناعة يُمْكِنُ أَنْ تُسبّبَ في مشاكل الصحةِ الإنسانية الجدّية.

المؤشرات الأساسية لتحديد نوعية المياه:

في الظروف الطبيعيةِ، التركيب الكيميائي للمياهِ والمكونات المحمولة في الماء مثل($mg\ NO_3l^{-1}$ أو $mg\ NO_3^-N\ l^{-1}$) و المكونات الثانوية مثل (Fe، Al، Mn، Ba) و العناصر النادرة مثل(As, B, Cd, Cr, Cu, Hg, Pb, Se, Sn, Sb, Zn,) تقدر بوحدات µg/l؛ و الأيونات الرئيسية مثل الأيونات الموجبة و السالبة (Ca^{2+},Mg^{2+},Na^{+},and K^{+}; anions: Cl^{-},SO_4^{2-}, HCO^{3-},and CO_3^{2-} ؛ تقدر بوحدات mg/l.

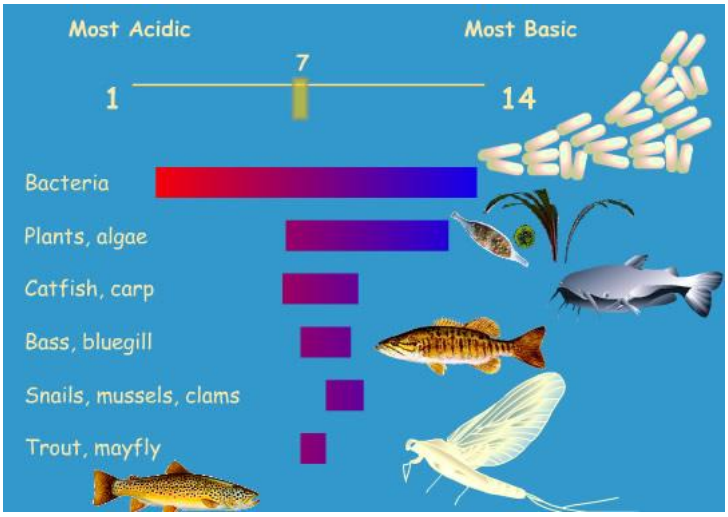
المركّبات العضوية الطبيعية التي تشمل الأحماض الأمينية، الدبال، اللبدات lipids و الهيدروكربون الطبيعي فإنها تتواجد بتراكيز نادرة وبشكل كربون عضوي (يحسب بوحدات mg/l) و المركّبات العضوية الصناعية وعدة مئات من المنتجات الصناعية (xenobiotics) ، سامّة عموماً و يجب أنْ يُسيطرَ عليها خصوصاً للماء الصالح للشربِ بضمنها مبيداتِ الأعشاب، مبيدات الحشرات، المواد البلاستيكية، المذيبات، مواد إطفاء الحرائق، هيدروكربون و الهيدرو كربونات العطرية (poly aromatic hydrocarbons). البعض مِنْها ملوثات عضوية تنتقل كاريزولات و لمسافات طويلة، أَو تلتصق بالمواد العالّقة.

المواد المغذّية: تستعمل من قبل النباتات المائية و تشمل النتروجينِ (N) نوع (NO_3^-;NO_2^-;NH_4^+)؛ فسفور (P) نوع (PO_4^{3-}) ortho–phosphates ؛ الفسفور العضوي (dissolved organic P).

الأخرى المتنوعة: المواد الصلبةَ الذائبة (TDS) و المواد الصلبة المعلّقة (TSS) تقاس بوحدات mg/l) ؛ الأيونات الموجبة والسالبة(meq/l)؛ الكربون العضوي الجزيئي (particulate organic carbon % من المادة الجزيئية)، الكلوروفيل و الصبغات الكليّة (µg/l) كمقياس للكتلة العضويةِ النشطة phytoplankton.

السمات و المظاهر الحيوية لنوعية الماء (Biological and Microbiological Aspects of Water Quality)

كُلّ الكائنات الحية المائية، سواء البكتيريا، اللافقريات، الفقريّات، النباتات الوعائية، أَو الطحالب planktonic أو البلانكتون، تفضّل الظروف البيئيةَ التي تزدهر فيها. و الكثير منها يُمْكِنُ أَنْ توجَدَ ضمن بعض حدود تحمّل هذه الظروف. إنّ المعاملاتَ الأساسيةَ التي تتحسّسها الكائنات هي اما طبيعية (ومثال ذلك: الضوء، الحرارة ، الأوكسجين الذائب، العكرة، حجم حبيبات الراسب) أو كيمياوية (مثل الحمضية، المواد المغذّية، المواد الكيمياوية السامّة). الكائنات الحية المائية تَحتاجُ مصدر طاقة للكائنات photosynthetic الحية هذا يَعْني ضوءَ كافيَ ومواد مغذّيةَ وللأخرى مصدر الغذاء المناسب تراوح من البقايا العضوية للزراعة إلى اللافقاريات أَو الفقريّات الأخرى. هكذا مباشرة أَو بشكل غير مباشر خلال سلسلة الغذاء، الكائنات الحية المائية المعتمدة على السماتِ الطبيعيةِ والكيميائيةِ لنوعيةِ الماءِ.



تباعاً، وجود الكائنات الحية المائيةِ يُؤثّرُ على نوعيةِ الماءِ – تركيب ضوئي بالطحالب البلانكتونية planktonic يمكن أَنْ يَزيد تركيز الأوكسجينِ إلى مستويات الإشباعِ العالي بشدة إضاءة عالية، والعمل التنفسي للبكتيريا التي تحلل البلانكتون plankton الميتةَ يُمْكِنُ أَنْ تستهلكَ الأوكسجينَ في الماء الناتج من دورة الأوكسجين اليومية.

البلانكتون الحي مكوّن للمواد العالقة الكليّة، النباتات و البلانكتون المتحللة تساهم مع المواد العضوية والرواسب بنسبة (كربون الطحالب العضوي/مجموع الصبغات الكليّة) بين 30–40% للبلانكتون. أثناء التركيب الضوئي (أَو إنتاج الفسفور)، البلانكتون الضوئي (phytoplankton) يمتص النتروجين اللاعضويَ و الفوسفات (NO_3, NH_4, PO_4) طبقاً لنسبة ريدفيلد المولارية (C_{106}:N_{16}:P_1).

عند تحلل الكائنات الحية تعاد المواد المغذّيةَ إلى المحلول وتؤثّر في التذبذب الموسمي لتركيز المغذيات في المسطحات المائية و بالتالي استنفاذ الأوكسجين الذائب. هكذا الفهم التقليدي لنوعيةِ الماءِ لا يُمْكن أنْ يُفْصَلَ عنْ الكائنات الحية المائيةِ الموجودة في جسمِ الماءَ وهذا في العقود الأخيرة قاد إلى نظرة شمولية أكثر لدراسةِ نوعيةِ الماءِ لتَضْمين بعضِ أَو كُلّ المكوّنات الحيوية قي الأنظمةِ المائية. أيّ تأثير على مجموعة من الكائنات الحية يُمْكِنُ أَنْ تسبّب بتأثيراتَ على المجموعاتِ الأخرى، على سبيل المثال، خلال خسارةِ تجهيزِ الغذاءِ، ستتغير الظروف البيئية (الطبيعية أَو كيميائية) ثم تتغير علاقات الفريسة بالمفترسات. في النهاية، الميزان الطبيعي للنظامِ المائيِ الكاملِ قَدْ يُعدّلُ، ومَعه نوعية المياه الطبيعية، الكيمياوية و الحيويةِ.

تُجمّيع الكائنات الحية المائيةِ للمركّبات السامّة مؤشرا عن حالات التلوّثِ و السجل التاريخي لنوعيةِ الماءِ يستند بشكل كبير على الصحةِ الإنسانيةِ و وجود الكائنات الحية المسبّبة للمرضِ في الماءِ بضمنها بَعْض البكتيريا، فيروسات معويّة، وطفيليات تشكل قلق رئيسي في العديد مِنْ أجزاء العالمِ . تُزوّدُ بَعْض مجموعاتِ الكائنات الحية المائيةِ الثابتةِ نسبياً أوساط مفيدةِ لدِراسَة التلوثِ طويل المدى مثل المعادنِ الثقيلةِ أَو المواد الكيمياويةِ العضويةِ. هذه الموادِ يُمكنُ أَنْ تَكُونَ صعبةَ القيَاْس في الماءِ منخفض التراكيز ، لكن تراكمه ضمن أنسجةِ الكائنات الحية أعلى مِنْ ما موجود في الماء.

Issues	1st priority variables	2nd priority variables	Origins of stresses	Use limitations
Thermal pollution	Temperature		D, F, G1,G2,Z	G, I
Salinization	Electrical conductivity	Major ions	B3, D, K, X, Z	A,B3,C,D,I
Acidification	pH, Alkalinity	Major ions; DOC	D, E, K, G2	C, D, I
Oxygen balance	Dissolved oxygen	BOD, COD; DOC, POC	B2, J, D	C,D2,H,
Chemical contamination				A,B,C,D2,H,I
NH_4	NH_4		B2, J	
NO_3	NO_3		B1, J	
Metals	Cd, Cu, Hg, Pb, Zn; Al	As, Cr, Ni, Se, Sb	D, E, J, K	
POPs	total PCBs; total PAH	Individual compounds	D, J	
Pesticides	total pesticides	Individual compounds	B, J	
Endocrine disrupters		Individual compounds	B2,D, J	
Microbial contamination	Total coli; E. coli	Streptococci...	B2,J	A,B,C,D2,H,I
Eutrophication	Total P and N; chloro A	C, N, P, Si species, algal counts	B, B2, D, I, J, W	C, E, G, H, I
Water-related diseases	(parasites, insects larvae...)		B2, J, X, Y, W, Z	A, C, D2, H
Habitat destruction	Specific surveys		B, E, F, G3, J, X	
Radionuclide contamination	Total α, β, γ activity	Individual radio nuclides	D, G, J	A, B, C, D, H, I

Human activities: A=traditional agriculture and rural settlement,

B=Intensive agriculture (B1=fertilized crops, B2=cattle feedlots, B3=irrigated agriculture),

C=Drinking water, D=Industries (D1=nuclear industries), D2=food industries,

E=Transportation (ground, air, fluvial), F=Damming,

G=Energy production (G1=nuclear power plant, G2=coal and fuel power plant, G3=hydropower), H=Recreation, I=Fisheries, J=Urbanization, K=Mining.

Global change: W=Biodiversity alteration, X=Hydrological balance, Y=Sea level rise, Z=Global warming.

يقصد بالنوعية هي الخصائص الكيمياوية(الأملاح والمواد الكيمياوية الأخرى) والفيزيائية (الحرارة والاشعاع) والبيولوجية (العوامل المرضية والطفيليات) والحسية (الطعم واللون والرائحة) والتي يجب أن تكون ضمن حدود أو مستويات معينة مقبولة، لكي تجعل الماء صالح للاستخدامات المختلفة البشرية والزراعية والصناعية وتوصف النوعية بالتردي في حالة انحياز مؤشر واحد أو أكثر عن تلك الحدود المقبولة، وهذه المؤشرات هي:

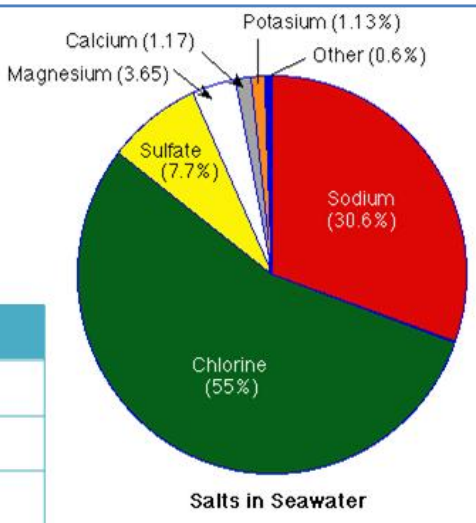
1- **الملوحة (Salinity):**

وهي تعبير لمقدار ما يحتوي الماء من الأملاح اللاعضوية بغض النظر عن طبيعتها (أملاح صوديوم أو بوتاسيوم أو الخ) أو كونها كلوريدات أو كبريتات أو غيرها، إلا أن ظهور تراكيز عالية من الكالسيوم أو المغنيسيوم يؤدي الى وصف المياه بأنها مياه عسرة. تقدر الملوحة بعدة طرق منها كنسبة أو كما يعبر عن التركيز (وزن المادة الملحية/ وزن أو حجم الماء) أو بوسائل أخرى كوحدات التوصيل الكهربائي، ويجب أن لا تتجاوز الملوحة في المياه المعدة للاستهلاك البشري عن 500 ملغم/لتر، وارتفاع الملوحة في المياه يؤدي الى تأثيرات فسلجية ضارة بالأحياء المائية والإنسان، كما يسبب استخدام المياه المالحة في الصناعة أو الحياة اليومية الى أضرار اقتصادية نتيجة ما يتسبب عنها من تأكل للمعادن خصوصا في حالة احتوائها على أملاح كبريتات أو كلوريدات.

الملوحة هي صفة مميزة وطبيعية لمياه البحار والمحيطات، إذ تتراوح نسبتها ما بين 15–36 جزء بالألف أي 15–36 غرام /لتر ، وقد تزداد في بعض الخلجان والبحار الصغيرة كما الخليج العربي لتصل الى 40 جزء بالألف أو أكثر ويساعد التبخر في الأجواء الحارة على زيادة الملوحة في المياه، ويعرف عن الأراضي في المناطق الحارة تملحها بسبب الإرواء المتكرر وما يعقبه من تبخر.

- Classification of Ground Water
- Composition Based on Total Dissolved Solids Content

Type of Water	Dissolved salt content (mg/l)
Fresh water	< 1,000 mg/l
Brackish water	1,000 - 3,000 mg/l
Moderatly saline water	3,000 - 10,000 mg/l
Highly saline water	10,000 - 35,000 mg/l
Sea water	> 35,000 mg/l



Salts in Seawater

بغية استصلاح الأراضي لإعادة قابليتها على الزراعة فان قنوات عميقة خاصة تحفر فيها لغرض تصريف مياهها الجوفية والتي تسمى بمياه البزل (drainage water) وتكون مياه مالحة بالإضافة الى احتوائها على الكثير من الملوثات الأخرى الناتجة عن استعمالها في الأراضي الزراعية كالمبيدات والأسمدة كما تنتج عن بعض المجمعات الصناعية مياه مالحة وحسب استخدام تلك المياه.

العسرة ليست مكون معين بل هي خليط من عدة أملاح أو مكونات اغلبها أملاح الكالسيوم والمغنيسيوم وقد يدخل السترونتيوم و الباريوم أيضا وغيرهما من الايونات المتعددة التكافؤ لتكمل باقي النسبة. يعبر عن العسرة بوحدات ملغم/لتر. في حالة كون الأملاح الذائبة هي كربونات فأن العسرة توصف بأنها مؤقتة، اما إذا كانت كبريتات أو أي أملاح أخرى فتوصف بالعسرة الدائمة و لا سبيل للاستفادة من الماء في مثل هذا المصدر المائي إلا بعمليات معقدة ومكلفة ومعلوم إن العسرة تحد استخدام المصادر المائية بدرجة كبيرة. تصل العسرة في أحيانا الى حد 500ملغم/لتر أو أكثر.

تقاس ملوحة المياه بحساب مجموع الأملاح الذائبة (TDS) ذلك بتحديد مجموع كمية الأملاح الذائبة من خلال تبخير وزن معلوم من الماء (بعد ترشيحه بغية التخلص من العوالق الصلبة) حتى الجفاف تركيبها الكيمياوي ولهذا السبب فأن بعض المراجع العلمية تعرف الأملاح على أنها المتبقيات القابلة للترشيح (Filterable residues)، ومن الواضح إنها ملوثات طبيعية المنشأ لكنها ازدادت بفعل نشاط الإنسان.

تعريف التملح(Salinization)

يشيرُ تعبيرَ الملوحةُ إلى وجود مُخْتَلِف محاليل المعادنِ الأليكتروليتية في التربةِ والماء و تشمل الايونات الموجبة و السالبة و العناصر النادرة. والبعض مِنها قَدْ يَكُون سامَّ للنباتاتِ والحيوانات.

Table 2 Assessment of saline land with soil salt content (USSL, 1954)

Soil salinity (mg/L)	Rating	Effect on plants
0 – 1000	Non – saline	Salinity effects mostly negligible
1000 – 2100	slightly saline	Yield of sensitive crops reduced
2100 – 4500	moderately saline	Yield of many crops reduced
4500 – 9200	highly saline	only salt-tolerant crops yield satisfactory
>9200	extremely saline	only very salt-tolerant plants yield satisfactory

المصادرَ الطبيعيةَ الرئيسيةَ للملحِ (Sources of Salt) :

- الصخور الرسوبية البحرية أَو ملح تداخلِ الماء البحري.
- تجوية الصخورِ
- ترسيب ملحِ البحرِ المحَمولَ في المطرِ وملحِ الرياحِ البحرية(المناطق الساحلية).

المصادرَ الاصطناعية (الانثروبوجينية).

- من مياه الرَيِّ.
- من المخصّباتِ الاصطناعية والطبيعيةِ
- تراكم الملحِ في التربةَ بعد فقدان الماء بالتبخيرِ وevapotranspiration
- من الماء الشعري للمياه الجوفيّة.

تأثيرات التملح على التربةِ الطبيعيةِ والخواص الكيمياويةِ

تراكم الأملاحِ في التُرَب تؤدّي إلى ضررِ في تركيبِ التربة. و تَحْدثُ المشاكلُ في تركيبِ التربةِ عندما يكون هناك صوديوم فائض نسبة إلى أيونات المغنيسيومَ والكالسيومَ في الماءِ. أيونات الصوديومِ الفائضةِ سَتُزيحُ الأيونات الموجبةَ مِنْ السطحِ الطينيِ بسبب قانونِ التبادل الأيوني. و يسبب تفرّقَ الطينِ ويُؤدّي إلى الانهيار في تركيبِ المسامِ.

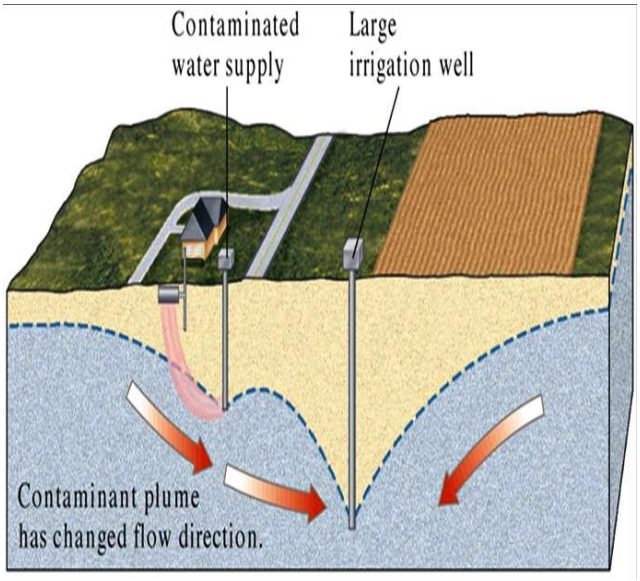
تملح مياه المسطحات المائية(Surface water Salinization)

إنّ ملوحةَ المياهِ السطحيّةِ الطبيعية متغيّرُة إلى حدٍ كبير وليس هناك قيمة دالة عالميةِ لتَقييم مستوى الملوحةِ. والماء العذبِ في العديد من البحيراتِ و الأراضي الرطبة يوجد في المناطقِ القاحلةِ وشبه القاحلةِ وقد يعاني من التملح بسبب التغييراتِ في استعمال الأرض ضمن أحواض التصريف. الرَيّ وإزالة النباتاتِ الطبيعيةِ من الأسبابَ الأكثر أهميةً في تملّحُ البحيرات والاهوار. المياه الجوفيّة الملحية المتصاعدة قَدْ تُهدّدُ تملح البحيرات و الأراضي الرطبة في بَعْض المناطقِ.

إدارة منسوب الماءِ الملحي الجوفي في المناطقِ تُهدّفُ إلى:

- o تثبيّتُ مستوى الماءِ في المستويات غير المؤذيةِ في مناطقِ الرَيِّ بالمياه الجوفيّة،
- o إعاقة المياه الجوفيّةَ المتصاعدةَ بشكل ملحوظ بالسيطرة على تغذية المياه الجوفيّة.
- o تحسين حل مشاكلِ الملوحةِ جوهرياً المرتبطة بأنظمةِ المياه الجوفيّةِ المحليةِ
- o حماية و ملائمة تأهيل ألاهوار والميزّاتِ البيئيةِ الهامّةِ الأخرى.

إنّ الغرضَ الرئيسيَ لخياراتِ إدارةِ الملوحة و إعادة توازنَ الماء إما بخفّض تسرّبَ الماءِ الفائضِ (التغذية) أو زيادةِ التصريف بخيارات هندسية منها.



1-البزل والتصريف هي عملية تهدف للتخلص من ظاهرة ارتفاع مناسيبِ المياه و تستخدم في أكثر خطط الرَي. و يعد البزل ضروري تزامنا مع الرَيِّ لإبْقاء نمو النباتِ و يمنع تملح الماءِ والتربةِ. ومن الأنواعَ الرئيسيةَ للتصريف السطحيِ هو البزل العمودي و الأفقي.

2-ضخّ المياه الجوفيّةِ

هناك وعي متزايد مِن منافعِ إدارةِ الملوحةَ لضخّ المياه الجوفيّةِ والحاجةِ للمياه الجوفيّةِ المتكاملةِ مع المياه السطحيّةِ. آلاف آبار ضخّ المياه الجوفيّةِ حفرت لتَنزيل منسوب الماءَ و حسب خطط الرَيَّ.

-التخلص من الماء الملحي

- o خيارات إعادة الاستخدام
- o التخلص منها إلى الأنهارِ والبحيراتِ

هذا الخيارِ يتم بوسائل مسيطرة عليها بالنسبة للحجم، الملوحة و وقت التصريف. بضخها وتجمّيعها إلى الأحواض و البرك أو إلى النهرِ أثناء فتراتِ التدفقِ النهريِ العاليِ.

- o التخلص منها إلى أحواضِ التبخير

الماء يُمْكِنُ أَنْ يُصرفِ مباشرة الى أحواضِ التبخير الطبيعية أَو البرك، (بحيرات ملحية).

- o ممارسات زراعية و خيارات إعادة النباتاتِ

المعالجة إلى حدّ ما بتَعديل و مزاولة إحدى أفضل الأمثلةِ و هو بديلُ الأعشابِ ضحلةِ الجذور (البرسيمِ) و بزراعة الأشجار التي تتحمل الأملاح.

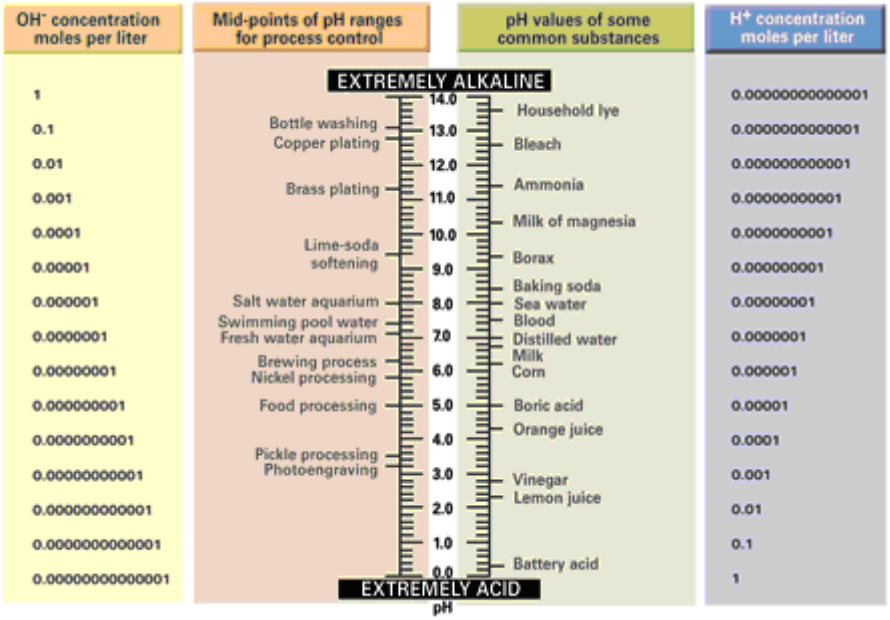
2-**التوصيلية الكهربائية** (Electrical Conductivity):

وهي تعبير آخر لمجموع ما تحتويه المياه من الأملاح الذائبة ويقاس بجهاز خاص بعرف بنفس الاسم أو اختصارا باسم (EC Meter) ويعتمد على حقيقة أن الماء يكون أكثر قابلية على توصيل التيار الكهربائي كلما زاد تركيز الأملاح فيه كنتيجة لزيادة الالكتروليتات فيه،

ووحدات هذا القياس هي السيمنز (Siemens) وأجزائها هي المايكرو سيمنز والتي يجب أن تساوي صفر للماء المقطر، وتزداد بزيادة تراكيز الأملاح فيه.

3-**تركيز ايون الهيدروجين** (pH):

وهو قياس مهم وأساسي لنوعية المياه ونوعية عمليات التحلل الجارية فيها، وقد يسمى أحيانا بالدالة الحمضية أو الأس الهيدروجيني الذي يمكن أن يعرف بأنه اللوغاريتم السالب لتركيز ايون الهيدروجين، والذي ينتج عن التوازن الحمضي –القاعدي المتحقق كنتيجة لتراكيز مختلفة من المركبات الذائبة، ويكون محكوما في الطبيعة بالتوازن ما بين تركيز غاز ثنائي أوكسيد الكربون CO_2 والبيكربونات والكربونات، يحدد تركيز ايون الهيدروجين بمدى يتراوح ما بين 1–14 وبدون وحدات ويكون الماء المقطر متعادل وتبلغ قيمته 7 وما زاد عنها يدل على وجود مواد قاعدية التفاعل، اما إذا انخفض عنها فان ذلك يدل على وجود مواد حمضية التفاعل. يبلغ تركيز ايون الهيدروجين لمياه الأمطار الطبيعية غير ملوثة 6.8 وليس 7 كما هو متوقع وذلك بسبب ذوبان كميات من غاز ثنائي أوكسيد الكربون الموجود طبيعيا في الهواء في ماء المطر.



تتراوح القيم الطبيعية لأيون الهيدروجين في المياه بين 6.5 و 8,5 والمياه التي يكون فيها الايون الهيدروجيني خارج هذه الحدود فأنها تعتبر ملوثة. خروج قيمة الأس الهيدروجيني عن الحدود الطبيعية له تأثيرات مختلفة على الأحياء المائية إذ يؤدي الى هلاك العديد من الانواع الحساسة وخصوصا في مرحلة الأطوار اليرقية كما إن اغلب المركبات المعدنية والتي قد تكون مترسبة في قعر البرك والأنهار والبحيرات أو البحار والكثير منها سام يعاود الذوبان في الماء عند تغيير قيمة الأس الهيدروجيني ويكون ذلك باتجاه الأس الهيدروجيني الأقل من 7.

يؤدي تصريف المياه الناتجة عن الصناعة (مياه الصرف الصناعية) الى تغير الايون الهيدروجين للمياه الطبيعية نتيجة لما تحويه من حوامض أو قواعد مثل معامل الورق والصناعات الكيمياوية وغيرها أو نتيجة لاحتوائها على مواد عضوية قابلة على التحلل التي تؤدي التي تغير حمضية المياه كما سيلي شرح ذلك لاحقا. كما أن الأمطار في المناطق الصناعية ذات النشاط الصناعي الكثيف تكون حمضية التفاعل ،فيؤدي هطولها فوق المسطحات المائية إلى تحول ايون الهيدروجين فيها الى المدى الحمضي، وقد سجلت العديد من مثل هذه الحالات في دول أوروبا الشمالية وبعض مناطق الولايات المتحدة الأمريكية، وهناك أعداد كبيرة من البحيرات التي هلكت فيها الأحياء المائية بسبب الأمطار الحمضية .

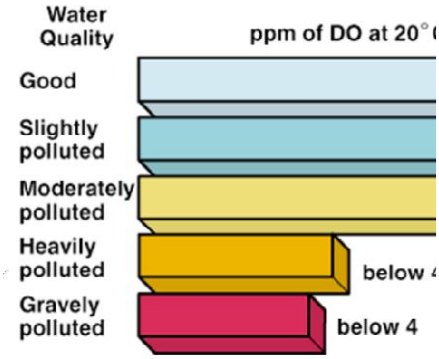
4-**تركيز الأوكسجين الذائب** (Dissolved Oxygen):

يعتبر غاز الأوكسجين الذائب في الماء من العوامل الحرجة وذلك للأسباب التالية :

ا-إن غاز الأوكسجين الذائب عامل مهم لتنفس الأحياء المائية النباتية والحيوانية وشحته تؤدي الى القضاء المباشر عليها أو على أطوارها اليرقية وهو يقاس بوحدات ملغم/لتر .

ب-يعتبر عنصر مهم لأكسدة الكثير من المركبات الحاوية على الحديد أو النحاس أو المنغنيز وغير ذلك أو المركبات النتروجينية أو الكبريتية الأخرى، إذ تعمل هذه المركبات على استهلاك الأوكسجين في المياه لغرض التحول الى أوكسيدتها ، ويمكن قياس كمية

الأوكسجين المستهلك من قبل هذه المركبات في أثناء عمليات التحول الكيمياوية لها، وهذا بحد ذاته يشكل قياسا أساسيا ومهما في تحديد نوعية المياه ويعرف باسم الاحتياج الكيمياوي للأوكسجين وقد يسمى أحيانا بالطلب الكيمياوي على الأوكسجين ويعرف اختصارا بالرمز (COD) (Chemical oxygen demand) ويعرف بأنه كمية الأوكسجين اللازمة لإتمام الأكسدة الكيمياوية للمواد القابلة على التأكسد الكيمياوي في المياه، ويعبر عنه بوحدات ملغم (من الأوكسجين)/لتر ماء، ويستدل من هذا القياس في الحقيقة على مجموع كمية المركبات الكيمياوية الذائبة في الماء كملوثات والقابلة على التأكسد الكيمياوي، وكلما كانت قيمة الأوكسجين المستهلك اكبر، كلمت كان ذلك يعني أن تركيز تلك الملوثات أعلى . الأوكسجين الذَائب – DO mg/L غاز يقاسَ بشكل دوري في عيناتِ الماءِ (يَعتمدُ على درجةِ الحرارة، ملوحة، وضغط)، تحليل الأوكسجين الذائب يَجِبُ أَنْ يُؤدّي في الموقعِ فوراً بعد أخذ العينات، يَدْخلُ الأوكسجينُ الماءَ بالتركيب الضوئي للنباتات المائية عبر جبهة الماءِ والهواء و تركيز DO <5 mg/l يضغط على الحياةَ المائيةَ (التركيز الأوطأ، يسبب إجهاد أعلى).



ج– يعتبر الأوكسجين أساسي لتكاثر وانتشار العديد من الأحياء المجهرية الهوائية المعيشة (aerobic) كالبكتريا والخمائر وأنواع أخرى كثيرة والتي يعود إليها الفضل في تكسير جزيئات المواد العضوية المعقدة كالسكريات والنشويات والدهون والسليلوز وغيرها والتي غالبا ما تكون موجودة في الماء كملوثات ناتجة عن مصادر طبيعية أو بشرية المنشأ ، فتقوم هذه الأحياء المجهرية بتكسيرها وتحويلها الى أشكال بسيطة وقابلة للذوبان في الماء، ويمكن قياس تراكيز هذه المواد في الماء من خلال قياس ما تستهلكه هذه الأحياء المجهرية من الأوكسجين اللازم لتنفسها أثناء تكسيرها للمواد العضوية، وهذا القياس يعرف بالاحتياج البايو كيمياوي للأوكسجين (BOD) وقد يسمى في بعض المصادر بالاحتياج البيولوجي للأوكسجين أو الطلب البيولوجي على الأوكسجين أو الحاجة البايو كيماوية ...الخ ، وجميع هذه التسميات واحدة من حيث المبدأ. يعرف الاحتياج البايو كيماوي للأوكسجين بأنه قياس كمية المواد العضوية القابلة على التحلل البيولوجي من خلال قياس كمية الأوكسجين اللازمة للأحياء المجهرية لإنجاز تحليل تلك المواد وتحويلها الى غاز ثنائي أوكسيد الكربون وماء ومواد أخرى. يعد مطلب الأوكسجينِ الحيويِ (BOD) مقياس لأوكسجينِ مستعمل من قبل الكائنات الحيّة المجهرية لتَحليل النفايةِ العضويةِ ، ومطلب الأوكسجينِ الكيمياوي الحيويِ (BOD) يحلل من خلال عيّنة معزولة عنْ الهواءِ، الخزن في الظلامِ لمَنْع التركيب الضوئي، في مستويات مطلبِ الأوكسجين الكيمياوي الحيوي العالي، تتناقص قيم الأوكسجينِ الذائب بوجود و وفرة الأسماك والنباتات الميتة، الأوراق، الأعشاب ، السماد، مياه المجاري.

دليل درجةِ التلوثِ العضويِ في الماءِ

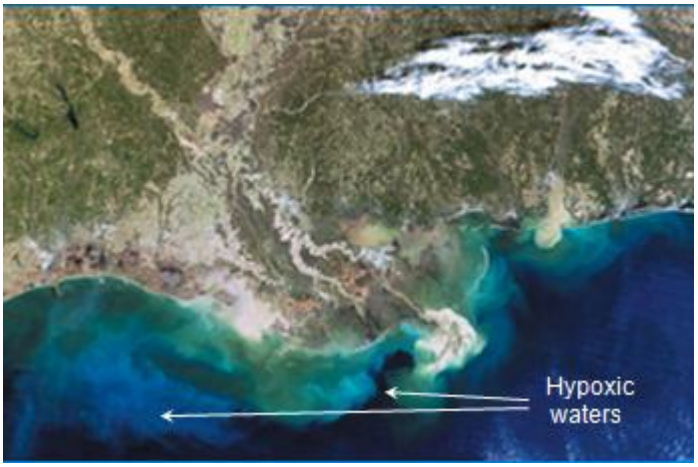
مستوى مطلبِ الأوكسجينِ الكيمياوي الحيويِ / 1–3 ppm مياه جيدة جداً(good)

مستوى مطلبِ الأوكسجينِ الكيمياوي الحيويِ / 3–6 ppm مياه نظيفة باعتدال(fair)

مستوى مطلبِ الأوكسجينِ الكيمياوي الحيويِ / 6–9 ppm مياه ملوّثة(polluted)

ينصح بأن تكون قيمة الاحتياج البيوكيماوي للأوكسجين للماء المخصص للشرب ما بين (0.7– 1.5) ملغم/لتر اما قيمته في المصادر المائية ذات النوعية الجيدة التي يمكن استغلالها للشرب بعد التصفية فتتراوح ما بين (1–3) ملغم/ لتر.

و يعتبر مثل هذا الماء نقيا و يمكن اعتبار قيمة 5 ملغم/لتر هي قيمة حرجة ما بين المياه الملوثة والمياه النقية وما زاد عن ذلك لا يجوز استخدامه لأغراض الشرب اما عند ارتفاع القيمة الى 20 ملغم/لتر فأن تلك المياه تعتبر ملوثة جدا وتعتبر مياه فضلات وتحتاج الى تصفية وتصل قيمة الاحتياج البايو كيمياوي للأوكسجين لمياه المجاري الناتجة عن المجمعات السكنية والمدن في حدود 100–400 ملغم/لتر، في الغالب وقد ترتفع لأعلى من ذلك أحيانا اما مياه الفضلات الصناعية لبعض أنواع الصناعات الغذائية فقد تصل القيمة الى 10000 ملغم/لتر أو أكثر ومثل هذه القيمة هي تقديرية بالطبع ولا يمكن قياسها بدون تخفيف نموذج المياه وفق طريقة خاصة.



إن نقص الأوكسجين في الماء يؤدي الى حالة بيئية تعرف بالاختناق البيئي (Environmental hypoxia) وهي شحة الأوكسجين وهي تؤدي الى تغير مسار عمليات التحلل الحيوي من التحلل الهوائي (aerobic degradation) الى التحلل اللاهوائي (anaerobic degradation) فتتغير جميع العمليات اللاحقة تبعا لذلك ومن ضمنها انخفاض الأس الهيدروجيني وانبعاث بعض الغازات ذات الرائحة الكريهة مثل كبريتيد الهدروجين.

د–إن الأوكسجين عامل حرج في المياه ومما يزيد من أهميته و حراجته، هو تزايد الطلب عليه لتنفس الأحياء وتكسير المواد الكيمياوية القابلة للتأكسد من جهة، في حين يعتبر إمداده غير كاف ويخضع الى عوامل عديدة محددة، إذ إن أنقى المصادر المائية في العالم لا تحتوي إلا على قدر ضئيل منه لا يتجاوز 6 ملغم/لتر في درجة حرارة 20 درجة مئوية، بينما تبلغ درجة تشبع الماء به على نفس هذه الدرجة حوالي 9.2 ملغم/لتر، وهذا يعتبر 100% وفق نظام آخر لتقدير تراكيز الأوكسجين الذائب.

يتأثر ذوبان الأوكسجين في الماء بالعديد من العوامل ومنها :

*درجة الحرارة الماء: إذ يتناسب تركيز الأوكسجين الذائب عكسيا مع درجة الحرارة.

*الضغط الجوي والضغط الجزئي للأوكسجين في الهواء ويتأثر التركيز طرديا معهما .

*حركة الكتلة المائية وهي تتناسب طرديا مع التركيز الأوكسجين الذائب.

*نوعية المياه: عذبة أم مالحة، والمياه العذبة قادرة على إذابة كميات اكبر نسبيا من الأوكسجين.

*كثافة الأحياء المائية: وهي تتناسب تناسبا عكسيا مع تركيز الأوكسجين الذائب.

تغير تراكيز الأوكسجين الذائب في الماء مع زيادة درجة الحرارة وتغير الضغط الجوي حيث يلاحظ أن تركيز الأوكسجين يتزايد بزيادة الضغط الجوي، بينما يتناقص مع ارتفاع درجة الحرارة .

يعتبر نقص الأوكسجين الذائب في الماء احد العوامل المساعدة على زيادة التأثير السمي للمركبات السامة في المياه ،وذلك بسبب الضغط الفسلجي الناجم عن نقصه، إذ يعتبر في هذه الحالة عامل شدة على الأحياء (stress factor).

تختلف المصادر المائية في تراكيز الأوكسجين الذائب ما بين الليل والنهار، وتتزايد الفروق إذا كانت المصادر غنية بالنباتات المائية حيث تساهم النباتات بإنتاج كميات لا باس بها من الأوكسجين كناتج عرضي أثناء قيامها بعملية التركيب الضوئي (photosynthesis) فيرتفع بذلك تركيز الغاز الذائب أثناء النهار، إلا أن النباتات مع الأحياء المائية الحيوانية الأخرى تعود الى استهلاك الأوكسجين الذائب خلال الليل حين يتوقف إنتاجه فتنخفض بذلك تراكيز الغاز بدرجة كبيرة ، ويزداد انخفاض التراكيز في حالة وجود مواد عضوية أو كيمياوية قابلة على للتأكسد.

5– اللون (Color):

وهو القيمة الجمالية بالإضافة الى مدلولاته الصحية والبيئية، فالماء النقي يجب أن يكون عديم اللون ولكن يعرف عن العديد من المصادر المائية أنها تحتوي على مواد ملونة ذائبة (ليست عالقة كاللون الناتج عن وجود الطمي أو الغرين) وتكون هذه المواد ذات اللون يغلب عليه اللون الأصفر أو البني المصفر، ومثل هذا اللون ينتج عن ذوبان المواد العضوية الناتجة عن التحلل وتفسخ النباتات وتعرف مجتمعة بالمواد الدبالية (Humic material) إلا أن هناك مواد أخرى غير عضوية تساهم في تلوين الماء ومنها مركبات الحديد والمنغنيز والنحاس وغيرها، بالإضافة الى المواد الملونة التي تستخدم في الصناعات النسيجية ومعامل الأصباغ وتصرف الى المصادر المائية.

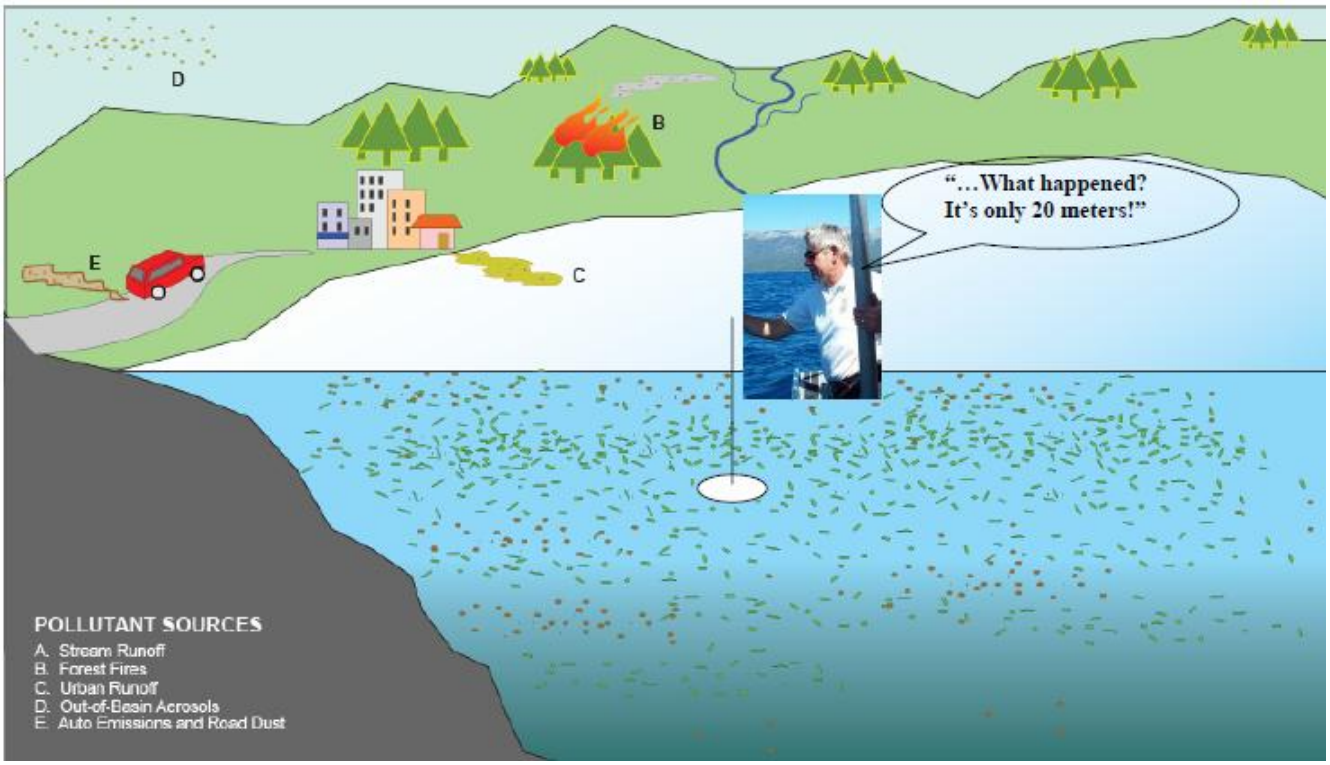
يتسبب اللون في امتصاص أطوال موجية معينة من الضوء العادي (الضوء الأبيض) ولكن قد يتداخل اللون مع الدقائق العالقة في المياه (انظر العكورة) ولذلك ولأجل قياس المواد الملونة الذائبة فقط يجب فصل العوالق عنها بواسطة وضع عينة من الماء في جهاز الفصل المركزي (centrifuge) والحصول بواسطته على عينة الماء وقياس لونها .

يقاس اللون بوحدات خاصة تسمى بوحدات اللون الحقيقي (true color unit TCU) ولغرض توضيح هذه الوحدات يمكن القول أن الإنسان يمكنه أن يلاحظ وجود لون في كوب يحتوي على ماء له 15 وحدة لون حقيقي فأكثر وما دون ذلك لا يمكن للعين البشرية إن تلاحظه بل يمكن قياسه بالأجهزة المتخصصة ولكن يمكن ملاحظة اللون في حجم ماء اكبر من القدح إذا كان في حدود 5 وحدة لون حقيقي، ولذلك فان الحد الأقصى الموصى به من قبل منظمة الصحة العالمية كأقصى حد مسموح به من اللون في المياه الشرب 15 وحدة لون حقيقي، هذا إذا لم يكن تجهيز ماء عديم اللون ممكنا .

تحدث في بعض المناطق البحرية في العالم ظاهرة بيئية تعرف بالمد الأحمر (Red tide) يتلون فيها البحر في تلك المناطق بلون احمر، ويعود سبب ذلك التلون الى نشاط أحياء مجهرية معينة تعمل على أكسدة الحديد الثنائي الى حديد ثلاثي التكافؤ، فتكون نتيجة ذلك ترسيب الحديد على شكل هيدروكسيد ذي لون احمر، وهناك أنواع من الأحياء المجهرية التي تستطيع أن تأكسد المنغنيز الذائب مكونة اكاسيد غير الذائبة والتي لها لون اسود. من جانب آخر تتدخل المواد الدبالية في نقل أو ترسيب بعض الفلزات من المعادن الثقيلة مضيفة لونا الى المياه .

6-**العكورة** (Turbidity):

إن الماء الطبيعي يكون شفاف تجاه الأشعة الضوئية المارة خلاله، إلا أن هذه الخاصية تتغير لدى ظهور بعض المواد المعتمة فيه مثل دقائق الطمي والغرين أو أي مواد معتمة أخرى. وبعبارة أخرى فان العكورة يمكن أن تعرف على إنها ظهور دقائق طينية أو غرينية أو مواد أخرى أحيانا وتكون متناهية في الصغر بحيث تبقى عالقة في المياه. وقد لوحظ وجود علاقة مباشرة ما بين درجة العكورة (أي وجود العوالق من الطين والغرين) ونشاط الأحياء المجهرية، إذ تنشط الأحياء المجهرية وتتكاثر بشكل يتناسب طرديا مع تركيز العوالق في المياه. تقاس العكورة بوحدات خاصة تعرف بوحدات العكورة النفلو مترية(Nephelometric Turbidity Unit) والتي يرمز لها اختصارا بوحدات (NTUs). ويجب أن تكون العكورة اقل من 1 وحدة نفلومترية دائما وعلى سبيل المثال فأن مستوى عكورة يزيد عن خمس وحدات نفلومترية في مياه الشرب من شأنه جعل المياه مرفوضة ومن قبل المستهلكين في العديد من دول العالم باعتبارها مياها عكرة (إلا إن للضرورة أحكام) ولذلك يمكن من حيث الواقع القبول بمستوى 5 وحدات نفلومترية كأقصى حد للعكورة، وفي محطات تصفية مياه



الشرب فأن زيادة العكورة تعتبر مؤشرا على احتمال وجود الأحياء المجهرية المرضية مما يستدعي إعطاء تراكيز أعلى من غاز الكلور لغرض تعقيم تلك المياه. من جانب آخر يمكن قياس هذه المواد المسببة للعكورة من خلال قياس تركيز مجموع الدقائق العالقة في الماء والذي يشكل بحد ذاته قياسا مستقلا ويعرف اختصارا بالرمز (TSS) (Total suspended solids).

7- **المواد ذات النشاط الإشعاعي** (Radioactive materials):

وتسمى أيضا بالنويدات المشعة (Radio nuclides)، ومعلوم بان جميع المواد ذات النشاط الإشعاعي تعتبر خطرة على الصحة العامة و الأحياء عموما، ومن هذه المواد هي الراديوم – 226و228 والسترونتيوم –90 وغيرها وليس هناك مواصفة تسمح بأي تراكيز لمواد مشعة في المياه الطبيعية ومع ذلك فكثيرا ما تتلوث المصادر المائية بهذه المواد بسبب خلل في المنظومات الحاوية على المواد المشعة مثل المفاعلات النووية ومحطات توليد الطاقة الكهرونووية وبعض المؤسسات العلاجية باستخدام الإشعاع وبناء على ذلك يمكن اعتبار الحدود التالية هي مقبولة:

*أن لا يزيد النشاط الإشعاعي للراديوم –226 والسترونتيوم –90 عن 10^{-3} بيكوكوري/لتر .

*أو أن لا يزيد نشاط المواد الباعثة لأشعة بيتا عن 1000 بيكوكوري يساوي 1×10^{-12} كوري .

8- **المسببات المرضية** (Pathogens):

تسبب المياه الملوثة وفاة 25 ألف شخص/يوم في العالم ويعاني ثلثي سكان العالم من عدم توفر مياه آمنة ونقية خالية من المسببات المرضية، كما يبلغ مجموع وفيات الأطفال دون سن الخامسة في العالم ما يقرب من (4.6) مليون طفل/سنة بسبب الإصابة بالإسهال الذي ينتقل عادة بالمياه الملوثة .

تتلوث المصادر المائية بكثرة بالمسببات المرضية الناتجة عن تصريف الفضلات البشرية أو الحيوانية إليها، والمسببات المرضية كثيرة، ومنها البكتريا والفيروسات و الأحياء المجهرية وحيدة الخلية (Protozoa) ومن أهمها المسببات المرضية التالية:

(Entamoeba histolytica: Giardia spp and Balatidium coli)

والطفيليات المعوية (التي تنتقل على شكل بيوض أو أطوار أخرى)وأحياء عديدة أخرى، ولا سبيل لقياس جميع هذه المؤشرات دوريا في المياه الطبيعية أو مياه الشرب بعد التصفية، لتنوع القياسات ولكثرة ما تتطلبه من وقت وجهد، لذلك يستعاض عن ذلك بالاكتفاء بقياس تعداد مجموع البكتريا القولونية (coliform) وتعداد البكتريا الايشريكية القولونية (Escherichia coli)، التي تعبر بمثابة دليل بيولوجي ففي حالة العثور على هذه البكتريا ،فان ذلك يعتبر دليل أكيد على تلوث تلك المياه بفضلات بشرية أو حيوانية، وبذلك فان احتمال وجود أي مسبب مرضي من المسببات المرضية التي يعرف انتقالها عن طريق المياه يبقى قائما، ويجب اتخاذ الإجراءات الكفيلة بالوقاية منه مثل تعقيم المياه بإحدى الطرق المعروفة أو تجنب استهلاكها وفي جميع الحالات فان العثور على هذه الدلائل البيولوجية يعتبر دليلا أكيدا على إساءة استخدام المصدر المائي.

والبكتريا القولونية هي بكتريا طبيعية الوجود في التربة وتضم جنسين والأنواع العائدة لكلا الجنسين يمكن أن يوجدا في التربة ما عدا البكتريا الايشريكية القولونية التي توجد في أمعاء الإنسان الطبيعي وأمعاء بعض الحيوانات فقط، ويقدر العدد المطروح من البكتريا الايشريكية القولونية يوميا في حدود 100–400 مليار بكتريا، وهي عديمة الضرر للإنسان في مثل هذه الحالات، بل إن لها فائدة بعد طرحها في البيئة لكونها تعمل على تكسير المواد العضوية المعقدة فتحولها الى مواد بسيطة التركيب، ولأجل أقرار نوعية المياه يجب قياس مجموع البكتريا القولونية والبكتريا الايشريكية

هناك حدود معينة من البكتريا القولونية يمكن القبول بها أحيانا كما في الحالات التالية:

*أن لا يزيد تعداد بكتريا الايشريكية القالونية بمفردها عن 3 بكتريا /100سم^3 في نماذج عشوائية فقط وعلى أن لا تكون متعاقبة .

*أن لا يزيد تعداد مجموع البكتريا القالونية عن 5000 بكتريا /100 سم^{3}كمعدل شهري .

*أو أن لا يزيد تعداد مجموعة البكتريا القالونية عن 5000 بكتريا /100 سم^3 في اقل من 20% من النماذج المسحوبة خلال شهر.

*أو أن لا يزيد تعداد مجموع البكتريا القولونية عن 20000 ألف البكتريا/100 سم^3 في اقل من 5%من النماذج المسحوبة في أي وقت. وهذه الخطوط أو الشروط هي قيم إرشادية وهي محددة من قبل المنظمات الصحية الدولية، ويمكن لأي دولة أو جهة أن تعمل بها أو تعدلها أو تضع خطوط إرشادية أخرى بدلا عنها. يعتمد حساب تعداد البكتريا على طريقة العدد الأكثر احتمالا.

التأثير البيئي و المعايير

- للسِباحة ~ أقل مِن 200 مستعمرةٍ /100 مليلتر
- لصيد الأسماك ورياضة الزوارق ~ أقل مِنْ 1000 مستعمرةٍ /100 مليلتر
- إمدادات مياه البلدية ~ أقل مِنْ مستعمراتِ 2000 /100 مليلتر
- ماء صالح للشرب 0 مستعمراتَ /100 مليلتر

بالإضافة الى المؤشرات الرئيسية المذكورة أنفا، يمكن إجراء قياس لتراكيز الايونات السالبة أو الموجبة والمعادن الثقيلة والمبيدات وغيرها من الملوثات عند وجود حاجة لأي منها، وحسب الإمكانيات المختبرية والبشرية المتاحة والهدف من إجراء تلك القياسات .

9- المخصبات

الخصائص الكيميائية: النتروجين(N)

- المغذّيات الضرورية لكُلّ النباتات والحيوانات مطلوبة لتكوين الأحماض الأمينية (الوحدات الجزيئية التي تكون البروتينَ)

النتروجين (N) يجب أنْ يتحد على شكل امونيا (NH_3) أَو نترات (NO_3) لكي تُستَعملَ للنمو

- $N_2 + 8H^+ + \text{Bacteria} = 2NH_3 + H_2$
- $NH_3 + O_2 + \text{bacteria} = NO_2^- + 3H^+ + 2e^-$
- $NO_2^- + H_2O + \text{bacteria} = NO_3^- + 2H^+ + 2e$

الامونيا (NH_3 سامّ جداً) و يَتغيّرُ بشكل مستمر إلى الامونيوم (NH_4 غير مؤذي نسبياً) والعكس بالعكس، التركيزَ النسبيَ يَعتمدُ على درجةِ الحرارة وpH، في درجاتِ الحرارة و (pH) الأعلى النتروجين N يكون في شكلِ الامونيا.

Maximum Contaminant Level (MCL) for human drinking water:

nitrite–N : 1 mg/L

nitrate–N : 10 mg/L

nitrite + nitrate (as N) : 10 mg/L

المصادر: المناطق المُخَصَّبة؛ رمي مياه مجاري؛ معالف الغذاءِ؛ دورة النتروجين(Nitrogen cycle)

المشاكل المحتملة:

–الأطفال <6 تحولِ النترات إلى النترايت بسبب pH أعلى في الجهاز الهضميِ ويُمْكِنُ أَنْ يتفاقم المرض، وقَدْ يمُوتُ المريض إذا لم يعالجِ لأن النترايت يُقلّلُ من قدرةَ الدمّ لحمل الأوكسجين

–التراكيز المفرطة للنتروجين يُمْكِنُ أَنْ تُؤدّي إلىeutrophication

الخصائص الكيميائية: الفوسفات

توصية EPA الماء الصالح للشرب القياسية الثانوية

تركيز الفوسفات الكليّة يَجِبُ أَنْ تَكُونَ <0.05 mg /l (كفسفور) في مياه الجداول الدّاخلُة الى البحيرات

تركيز الفوسفات الكليّة يَجِبُ أَنْ لا تَتجاوزَ 0.1 mg /l في الجداولِ التي لا تصب مباشرة في البحيراتِ أَو خزاناتِ الماء

المصادر: التجوية والتآكل؛ المخصّبات؛ مياه المجاري؛ معالف الغذاءِ؛ المنظّفات

المشاكل المحتملة:

التراكيز المفرطة يُمْكِنُ أَنْ تُؤدّي إلىeutrophication

تركيز < 4 (day\g) قَدْ يُسبّبُ مضايقات معوية و هشاشة في العظام.