المحاضرة الثالثة عشر: مشكلة التلوث "تلوث الهواء والمياه"

1- مفهوم التلوث:

يستخدم مفهوم التلوث pollution والتلوث contamination بصورة مترادفة في تعريف إدخال مواد من قبل البشر بحيث تكون ضارة أو سامة على الناس والنظم الايكولوجية. هذه المواد تدعى (ملوثات) هي لهذا السبب بشرية المنشأ، أي أنها تنتج عن الأنشطة البشرية، ولكن بشرية المنشأ لا تعني أن جميع الملوثات هي من صنع الإنسان أو مواد كيميائية اصطناعية، في الواقع ينطوي التلوث البيئي الأكثر انتشارا على مركبات طبيعية على سبيل المثال ثاني أكسيد الكربون والأسمدة مثل النترات، كما لا يقتصر التلوث على المواد، بل يمكن أن يشير أيضا إلى نفايات الطاقة مثل الحرارة والضوء والضوضاء. وفي جميع الحالات يغير التلوث السلامة الكيميائية أو الفيزيائية أو البيولوجية أو الإشعاعية للتربة والمياه، عن طريق قتل الأنواع أو تغيير معدل نموها أو التدخل في سلاسل الأغذية أو التأثير سلبا على صحة الإنسان وسلامته.

ولوحظ أن بعض الخبراء يميزون بين مصطلح pollution والتلوث contamination فهم يستخدمون مصطلح التلوث contamination في الحالات التي يكون فيها الملوث موجودا في البيئة، ولكن لا يسبب أي ضرر، في حين أنهم يستخدمون فيها مصطلح التلوث pollution في الحالات التي تكون فيها الآثار الضارة واضحة. ومع ذلك فإن التمييز بين التلوث contamination والتلوث pollution قد لا يكون واضحا، لأن الآثار الضارة قد تكون موجودة ولكن غير مرصودة. (الجميلي وأحمد، 2018، 2-3)

وتختلف درجات التلوث وتتباين مخاطره تبعا لحجم ونوعية النفايات التي تطرح في البيئة. ويمكن أن نقسم درجات التلوث إلى ثلاثة مستويات هي:

- **التلوث المقبول:** وهي درجة محدودة من درجات التلوث لا يصاحبها عادة أي أخطار تمس مظاهر الحياة على وجه الأرض. لذلك هي درجة معقولة لا تتعدى كونها ظاهرة وليست مشكلة، وقد كانت هذه الدرجة من التلوث قائمة في معظم بيئات العالم قبل التطور الصناعي والتكنولوجي الهائل. وكانت التنقية الذاتية التي يتمتع بها كل نظام بيئي قادرة على احتواء هذه الدرجة من التلوث بسرعة، لذلك بقية هذه الدرجة من التلوث مقبولة وهو دون الحد الخطر.
- **التلوث الخطر:** وهو المرحلة التي يتعدى فيها التلوث الخط الآمن ليصبح مشكلة وليس ظاهرة، ويؤثر تأثيرا كبيرا على توازن النظام البيئي ويصاحبه أخطار على معظم مكونات البيئة الحية وغير الحية. وقد اقترنت هذه المرحلة بالثورة الصناعية وما صاحبها من ملوثات ونفايات متنوعة الخصائص والمصادر في البيئات المختلفة بما يفوق قدراتها على التنقية الذاتية.

- **التلوث القاتل:** وهو أخطر درجات التلوث، حيث تتعدى فيه الملوثات الحد الخطر لتصل إلى الحد القاتل أو المدمر للأحياء، ولم يقدر لهذه الدرجة الانتشار بعد، لكن مؤشراتها ظهرت في بعض المناطق. (الدبوبي وآخرون،2012،63)

2- أنواع التلوث:

1.2- تلوث الهواء (Air Pollution):

يمكن تعريف تلوث الهواء (Air Pollution) بأنه احتواء الهواء على مزيج من الجسيمات والغازات بتراكيز ضارة، حيث يمثل كل من: الدخان، والسناج، وحبوب لقاح النباتات، وغاز الميثان، وثاني أكسيد الكربون أمثلة على بعض ملوثات الهواء الشائعة، ويجدر بالذكر أن تلوث الهواء يمكن له أن يشمل الهواء الطلق خارج المنازل، إضافة إلى الهواء في الأماكن الداخلية، وبشكل عام يشكل تلوث الهواء تهديدا كبيرا على المناخ وعلى الصحة، فقد يؤدي استنشاق الهواء الملوث تهديدا كبيرا على المناخ وعلى الصحة. (الجازي، 2021)

ووفقا لبرنامج الهندسة والعلوم البيئية في كلية هارفارد للصحة العامة، ما يقرب 4% من حالات الوفيات في الولايات المتحدة بسبب تلوث الهواء.

ويسمى متوسط الزمن الذي تبقى فيه المادة في الغلاف الجوي باسم "زمن البقاء" ويتراوح هذا الزمن بين دقائق وسنوات، ويعتمد ذلك على المادة نفسها وعلى الظروف المناخية. ويوضح الجدول الموالي بعض ملوثات الهواء الجوي، ومصادر انبعاثها، وزمن بقائها في الغلاف الجوي. (الطناوي، 2017، 101-102)

جدول رقم (06):بعض ملوثات الهواء الجوي، ومصادر انبعاثها، وزمن بقائها في الغلاف الجوي.

المادة الكيميائية	المصدر المستحدث	المصدر الطبيعي	زمن البقاء في الغلاف الجوي
ثاني أكسيد الكربون	الاحتراق	التحلل البيولوجي	04 سنوات
أول أكسيد الكربون	الاحتراق ووسائل المواصلات	حرائق الغابات	01-04 أشهر
المواد الهيدرو كربونية	الاحتراق ووسائل المواصلات	العمليات البيولوجية	16 سنة
المواد الهالو كربونية	رذاذ الأيروسول وأجهزة التبريد	-	أكثر من 20 سنة
ثاني أكسيد الكبريت	احتراق الفحم والبترول	البراكين	03-07 أيام
كبريتيد الهيدروجين	الصناعات الكيميائية	البراكين والعمليات البيولوجية	يومان
أكاسيد النيتروجين	الاحتراق	العمليات البيولوجية	04 أيام
الأمونيا	معالجة النفايات	التحلل البيولوجي	يومان

-

- **أنواع ملوثات الهواء:**
- **ملوثات الهواء الخارجي:**

الملوثات الأولية: وهي المواد التي تصدر بشكل مباشر من احد الأحداث الطبيعية، مثل الرماد المتناثر والغازات من ثورة أحد البراكين، أو غاز أول أكسيد الكربون المنبعث من عوادم السيارات، أو ثاني أكسيد الكربون المنبعث من مداخن المصانع. وتضم الملوثات الأولية الرئيسية الناتجة عن النشاط البشري ما يلي:

- **أكاسيد الكبريت** (Sulfur Oxid, SOX): وهي غازات سامة ناتجة عن الأنشطة البركانية، والعمليات الصناعية من أشهرها غاز ثاني أكسيد الكبريت (SO2)، وثالث أكسيد الكبريت (SO3).
- **أكاسيد النيتروجين** (Nitrigen oxides, NOX): من أشهرها أول أكسيد النيتروجين (No)، وثاني أكسيد النيتروجين (NO2)، وأكسيد النيتروز (N2O). ومن أشهر مصادرها عوادم السيارات، ومحطات الطاقة الكهربائية، وحرق الأنواع المختلفة من الوقود، وتدخين السجائر، والطلاء الكهربائي، وعمليات اللحام وما إلى ذلك، وينتج عن اتحادها مع ثاني أكسيد الكبريت ما يعرف باسم المطر الحمضي (Acid Rain).
- **أول أكسيد الكربون** (Carbon Monoxide, CO): وهو غاز شديد السمية، ينتج من عمليات الاحتراق غير الكاملة للكربون أثناء عمليات حرق الوقود.
- **ثاني أكسيد الكربون** (Carbon Dioxide, Co2): يوجد بشكل طبيعي في الهواء الجوي والأراضي، ويعتبر من غازات الدفيئة التي تمتص الحرارة مسببة الاحتباس الحراري، ويمكن له أن ينتج عن الأنشطة البركانية، أو ينابيع المياه، أو من حرق الوقود، وقد يكون ساما عند استنشاقه في الأماكن المغلقة خصوصا.
- **المركبات العضوية المتطايرة** (Volatile Organic Compounds, VOCs): وهي مركبات تحتوي على الكربون، ويمكن لها أن تتحول بسرعة إلى أبخرة أو غازات، وتنتج عن العديد من العمليات مثل حرق البنزين أو الفحم أو الغراء أو منتجات التنظيف الجاف، ولا تعتبر جميع هذه المركبات سامة إلا أن لها بعض التأثيرات السلبية اعتمادا على نوعها، ومدة التعرض لها وكثافتها في الهواء. (الجازي، 2021)
- **الأوزون** (O3): يمتاز غاز الأوزون برائحة خاصة ومميزة، ويؤدي دورا مهما في حماية الأحياء على الكرة الأرضية من الأشعة فوق البنفسجية حيث يمتص معظمها، يوجد معظمه في طبقة الستراتوسفير. أما في طبقة التروبوسفير فيوجد بنسبة لا تتجاوز 0.02 ppmp، ولكن زيادة تركيزه عن هذا الحد على المستوى الحياتي على الأرض مثلما في بعض المعامل يعد من ملوثات الهواء. يؤدي إلى الإضرار بالجهاز التنفسي

والكريات الحمراء بالدم، ويستطيع تعطيل 40% منها، ويمكن أن يسبب التهابات حادة تصل إلى النزيف الرئوي.

- **الجسيمات المادية** Particulate Matter (PM): هذه المواد عبارة عن جسيمات بالغة الصغر قد تكون صلبة أو سائلة أو عالقة في الغاز، ومصادر هذه الجسيمات قد تكون ناتجة عن النشاط البشري أو طبيعية. فبعض الجسيمات المادية توجد بشكل طبيعي، حيث تنشأ من البراكين أو العواصف الترابية أو حرائق الغابات والمراعي أو الحياة النباتية أو رذاذ البحر. أما الأنشطة البشرية مثل حرق الوقود الحفري في السيارات ومحطات توليد الطاقة الكهربائية والعمليات الصناعية المختلفة. وجدير بالذكر أن زيادة نسبة الجسيمات المادية الناعمة العالقة في الهواء عادة ما تكون مصحوبة بمخاطر صحية مثل الإصابة بأمراض القلب وتعطيل وظائف الرئة، بالإضافة إلى سرطان الرئة.
- **الكادميوم** (Cd): يوجد في الطبيعة بتراكيز منخفضة في الماء والتربة، وتستخدم مركبات الكادميوم عوامل مضادة للاحتكاك، ويستخدم في الصناعات الكهربائية، وفي المفاعلات النووية ، إذ تنطلق جسيمات الكادميوم مع الأمطار، ثم تتركز في أنسجة النباتات لتنتقل بعد ذلك إلى الكائنات الحية . وقد تتسبب زيادة تركيزه في أعضاء الجسم إلى أمراض السرطان وتشوهات الأجنة.
- **الأمونيا** (NH_3): وهي من المواد التي تنبعث من العمليات الزراعية، تعرف هذه المادة بان إحدى خصائصها الطبيعية تتمثل في أن لها رائحة قوية ونفاذة. وتسهم الأمونيا بشكل كبير في سد الاحتياجات الغذائية للكائنات الحية على سطح الأرض، وذلك من خلال مساهمتها في تكوين المواد الغذائية والأسمدة كما تعد الأساس الذي تقوم عليه عملية تصنيع العديد من المستحضرات الطبية إما بشكل مباشر أو غير مباشر. وعلى الرغم من الاستخدام الواسع لمادة الأمونيا إلا أنها تعد من المواد الكاوية والخطيرة.
- **الروائح**: وذلك مثل الروائح المنبعثة من القمامة والصرف الصحي والعمليات الصناعية المختلفة.
- **الملوثات المشعة**: والتي تنتج عن التفجيرات النووية والمواد المتفجرة المستخدمة في الحروب، بالإضافة إلى العمليات الطبيعية مثل الانحلال الإشعاعي لغاز الرادون. (تلوث الهواء أسبابه، 2019)

الملوثات الثانوية: تعرف الملوثات الثانوية بأنها الملوثات التي لا تنبعث بشكل مباشر إلى الجو، ولكنها تتشكل عندما تتفاعل الملوثات الأولية في الغلاف الجوي، ومن أهمها:

- **الجسيمات المتكونة من الملوثات الأولية الغازية والمركبات الموجودة في الضباب الدخاني الكيميائي الضوئي (**Photochemical Smog**):** غذ يتكون الضباب الدخاني العادي من مزيج ثاني أكسيد الكبريت والضباب الناتج عن حرق الفحم، أما الضباب الدخاني الحديث فينتج من المركبات

والانبعاث الصناعية التي تتفاعل في الغلاف الجوي بواسطة أشعة الشمس لتكون الملوثات الثانوية، وعندما تتحدد الملوثات الأولية يتكون الضباب الدخاني الكيميائي الضوئي.

- **طبقة الأوزون الأرضي:** والتي تتشكل من أكاسيد النيتروجين والمركبات العضوية المتطايرة، ويعد الأوزون المكون الأساسي في طبقة التروبوسفير، كما أنه مكون مهم في طبقة الستراتوسفير والمعروفة باسم طبقة الأوزون، وتقود التفاعلات الكيميائية الضوئية المصاحبة لها العديد من العمليات الكيميائية التي تحدث في الغلاف الجوي خلال الليل والنهار.
- **نترات بيروكسي أسيتيل:** وتتشكل أيضا من أكاسيد النيتروجين والمركبات العضوية المتطايرة.

ملوثات الهواء الداخلي:

تمثل مصادر تلوث الأماكن المغلقة التي تطلق الغازات أو الجزيئات إلى الهواء المسبب الرئيس لمشاكل جودة الهواء الداخلي، ويمكن أن يزيد عدم كفاية التهوية للمكان من مستوى الملوثات في الهواء الداخلي عند عدم خروج هذه الملوثات، أو تخفيفها، أو تبديلها بهواء نقي، ويمكن أن تزيد درجات الحرارة ونسبة الرطوبة من تركيز بعض الملوثات، وهناك العديد من مصادر تلوث الهواء الداخلي، منها:

- أجهزة احتراق الوقود.
- منتجات التبغ.
- مواد البناء والمفروشات.
- منتجات التنظيف والصيانة المنزلية.
- أجهزة التبريد والتدفئة المركزية.
- الرطوبة العالية جدا. (المحادين، 2021)

- **آثار تلوث الهواء:**

نتائج تلوث الهواء على البيئة: يؤدي تلوث الهواء إلى العديد من المشاكل التي يمكن أن تؤثر على البيئة، ومن أهمها:

- **المطر الحمضي:** يقصد بالمطر الحمضي الأمطار المحملة بكميات كبيرة من حامض الكبريت والنيتريك، والذين يتكونان بشكل رئيسي من أكاسيد النيتروجين والكبريت، وهي الأكاسيد الناتجة عن احتراق الوقود الأحفوري، وتنتقل هذه الأكاسيد بطرق مختلفة - من أهمها الرياح- إلى مسافات طويلة، وتسبب تلف الأشجار وزيادة حموضة التربة والماء مما يجعلها بيئات غير مناسبة للحياة البحرية والبرية، ومن جهة اهرى يزيد المطر الحمضي من تحلل المباني والمعالم.

- **الإثراء الغذائي:** ويقصد به زيادة تركيز المغذيات مثل النيتروجين في الأجسام المائية، مما يحفز نمو بعض الطحالب التي تؤدي إلى قتل الأسماك، وفقدان التنوع النباتي والحيواني، ويساهم الإنسان في تسريع هذه العملية من خلال قيامه ببعض الأنشطة التي تزيد من معدل دخول المغذيات إلى النظم البيئية المائية عن طريق زيادة نسبة انبعاث أكاسيد النيتروجين في الهواء الناتجة عن المصانع، ومحطات توليد الطاقة، والسيارات والشاحنات.
- **تدهور الحياة البرية:** تؤدي الملوثات السامة الموجودة في الهواء إلى الإضرار بالحياة البرية إذا ما تعرضت لمستويات معينة من الملوثات عبر الزمن، فالحيوانات كما الإنسان قد تصاب بالعديد من المشاكل الصحية، كالعيوب الخلقية، مشاكل الإنجاب والعديد من الأمراض المختلفة، كما تشكل الملوثات مصدر قلق للنظم البيئية المائية، فالملوثات المتجمعة في الرواسب قد تنتقل للكائنات الحية عند تناولها للغذاء، وقد تتراكم في أنسجة الحيوانات بصورة أكبر من وجودها في الماء والهواء.
- **استنفاد الأوزون:** يوجد الأوزون في الطبقة الملامسة لسطح الأرض، ويعد في هذه الطبقة ملوثا ضارا بصحة الإنسان، كما يوجد في طبقة الستراتوسفير في الغلاف الجوي، وهو ضروري لحماية الأرض من الأشعة فوق البنفسجية الضارة، ولكن بسبب الكيماويات التي يصنعها الإنسان والتي تحتوي على مركبات الكلوروفلوروكربون (Chlorofluorocarbon)، ومركبات الهيدروكلوروفلوروكربون (Hydrochlorofluorocarbons)، والهالونات (Halons) بدات تتعرض هذه الطبقة للتدمير، مما أسفر عن وصول كميات أكبر من الأشعة فوق البنفسجية إلى الكرة الأرضية، وبالتالي زادت نسبة إصابة الإنسان بالعديد من الأمراض، وتضررت بعض المحاصيل الزراعية.
- **التغير المناخي العالمي:** يتألف الغلاف الجوي من العديد من الغازات الموجودة بنسب محددة ودقيقة، والتي تساهم في الحفاظ على نسبة جيدة من أشعة الشمس، وتحافظ على درجة حرارة سطح الأرض ضمن معدلاتها المقبولة، ولكن بسبب بعض الأنشطة البشرية زادت نسبة الغازات الدفيئة كغازي ثاني أكسيد الكربون والميثان، مما أدى إلى ارتفاع درجات حرارة سطح الأرض، وتكون ظاهرة الاحتباس الحراري التي لها بعض الأضرار على صحة الإنسان، والزراعة، والموارد المائية، والغابات، والحياة البرية. (علي، 2020)

نتائج تلوث الهواء على الإنسان: فيما يأتي أهم الأضرار التي يلحقها تلوث الهواء بصحة الإنسان:

- إلحاق الضرر بالرئتين والقلب والدماغ: إن ثلث الوفيات الناجمة عن السكتة الدماغية، وسرطان الرئة، وأمراض القلب سببها تلوث الهواء، حيث تتخطى الملوثات المجهرية أجهزة الدفاع في الجسم، وتدخل إلى الجهاز التنفسي والدوراني، مما يؤدي إلى إلحاق الضرر بالرئتين والقلب والدماغ.

- المشاكل الصحية الخطيرة: يتسبب تلوث الهواء بتهيج العينين والأنف والحنجرة، والسعال وضيق الصدر، بالإضافة إلى أن التعرض الطويل للتلوث قد يسبب السرطان، وأضرار في الجهاز العصبي، والمناعي والتناسلي، وقد يصل إلى الموت. (عبيد، 2019)

وأكدت العديد من الدراسات عام 2013 أن نسبة الوفاة نتيجة التعرض لملوثات الهواء كبيرة، حيث بلغت أعداد الوفيات ما يقرب 3.3 مليون في أنحاء العالم، مع العلم أن 2.4 مليون شخص يموتون سنويا نتيجة التعرض المباشر لها، إضافة إلى أن أطفال البلاد النامية هم أكثر الفئات عرضة لخطر الوفاة. (صالح، 2019)

2.2- تلوث المياه (Water Pollution):

يعرف تلوث الماء بأنه حدوث تغييرات في طبيعة الماء ونوعيته وخصائصه مما يجعله غير صالح للاستخدام، إذ يحدث ذلك بإضافة مواد دخيلة أو ملوثة مثل: المواد الكيميائية، أو البكتيرية، أو حتى على شكل طاقة حرارية أو إشعاعية للأنظمة البيئية المائية المختلفة سواء كانت مياه جوفية أو سطحية كالبحيرات والجداول والأنهار ومصبات الأنهار والمحيطات، وهذا بدوره يؤثر على أداء جميع الأنظمة البيئية المختلفة، وتبدو المياه الملوثة مكدرة، كما وتنبعث منها رائحة كريهة، بالإضافة إلى النفايات التي تطفو على سطحها، ولكن في حالات أخرى لا تظهر أي علامات تشير إلى تلوثه إلا أنه يكون مشبع بالمواد الكيمائية التي لا يمكن رؤيتها أو شمها. ويمكن معرفة جودة الماء وتمييزه ما إن كان ملوثا عن طريق مجموعة من معايير قياس جودة الماء، ومنها:

- **المقاييس الكيميائية لجودة الماء:** يعتمد قياس جودة الماء كيميائيا على تراكيز المواد الكيميائية بعينات من الماء المختلفة، فإذا وجدت تراكيزها مرتفعة وفيها مواد كيميائية خطرة، فيتم اعتبار الماء ملوثا.
- **المقاييس الحيوية لجودة الماء:** يعتمد قياس جودة الماء حيويا على إمكانية عيش الكائنات الحية كالأسماك والحشرات واللافقاريات الأخرى في الماء، فإذا تمكنت عدة أنواع مختلفة من العيش فيها، فإن من المرجح أن تكون جودته جيدة بينما لو كانت النتيجة عكس ذلك، فبالتأكيد ستكون جودة الماء رديئة وغير قابلة للاستخدام. (بريجية، 2020)
- **مصادر تلوث المياه:** توجد العديد من التصنيفات المستخدمة لتقسيم ملوثات المياه:

تصنيف موقع جمعية القانون البيئي في المملكة المتحدة (UKELA): ويصنف مصادر التلوث المائي الناتجة عن النشاط البشري ضمن ست فئات رئيسية:

- **مياه الصرف الصحي غير المعالجة:** وتشمل المخلفات السائلة التي يتم تصريفها من المجمعات السكنية والتجارية والصناعية والزراعية، إلى مجاري المياه دون معالجة. فأكثر من 80 % الصرف الصحي في العالم تتدفق مرة أخرى إلى البيئة دون معالجتها أو إعادة استخدامها، وفي بعض البلدان الأقل نموا، ويتجاوز الرقم 95 %، بحسب تقديرات الأمم المتحدة.

- **الملوثات الزراعية:** يمكن أن تتسبب عمليات الزراعة مثل استخدام المبيدات الحشرية والأسمدة والتخلص فضلات الأغنام وحراثة الأرض في تلوث المياه، وتحتوي الكثير من هذه المواد على النيتروجين والفوسفور، وإذا تم نقلها إلى البحيرات والجداول من خلال الجريان السطحي لمياه الأمطار، فغنها يمكن أن تؤدي إلى زيادة نمو الطحالب وتسميم المياه وغيرها من المشاكل البيئية الأخرى.
- **التلوث النفطي:** وقعت عدة انسكابات نفطية بارزة في التاريخ، أهمها جنوح ناقلة النفط "إكسون فالديز" قرب سواحل ألاسكا عام 1989، ما أدى إلى انسكاب حوالي 34000 طن نفط في خليج ألاسكا. والتسرب النفطي الذي وقع في خليج المكسيك عام 2010، الذي أدى إلى انسكاب ما لا يقل عن 450.000 طن نفط في مياه الخليج، ما يجعله أكبر تسرب نفطي عرضي في التاريخ الحديث. إضافة إلى ذلك فإن ما يقرب من نصف مليون طن من النفط يشق طريقه إلى البيئات البحرية كل عام من مصادر برية مثل المصانع والمزارع. وقد تسبب إطلاق هذه الكميات الكبيرة من النفط في مياه البحار في خسائر هائلة ودمرت الحياة البحرية والنظم البيئية في تلك المناطق بشكل كبير.
- **النفايات المشعة:** تستخدم المواد المشعة في محطات الطاقة النووية والعمليات الصناعية والطبية والعلمية الأخرى، كما يمكن العثور عليها في الساعات المضيئة وأجهزة التلفزيون وأجهزة الأشعة السينية. وإذا لم يتم التخلص من هذه المواد بشكل صحيح، فإن النفايات المشعة تتسبب في حوادث تلوث مائي خطيرة.
- **التخلص من النفايات في الأنهار:** يمثل التخلص غير القانوني من النفايات الصناعية والمنزلية مشكلة بيئية ضخمة، لا سيما في البلدان النامية والمتخلفة. ويمكن أم تؤدي هذه النفايات إلى تدمير أو تدهور الموائل المهمة للأسماك كما يسبب تآكلا في سواحل الأنهار والشواطئ.
- **التخلص من النفايات في البحار والمحيطات:** من بين جميع أنواع الأنشطة التي تلوث المحيط، يأتي إلقاء القمامة وغيرها من النفايات في المرتبة الأولى في القائمة. وتشير مؤسسة مياه الشرب الآمنة الكندية (SDWF) إلى أن تدفق النفايات إلى المحيطات يساهم في تكاثر الطحالب وسد الممرات المائية، ما يتسبب بدوره في موت مروج الأعشاب البحرية ونظم بيئية بأكملها. كما تتسبب تلك النفايات في القضاء على الكائنات البحرية، حتى الكبيرة منها، على سبيل المثال، تقتل النفايات البلاستيكية مئات السلاحف البحرية التي تعتقد خاطئة أن الأكياس البلاستيكية والبالونات هي قناديل البحر –طعامها المفضل- وبمجرد ابتلاعها يسد البلاستيك أمعاء السلاحف ما يتسبب في موتها. (عوض، 2021)

تصنيف ملوثات الماء بناء على طريقة دخولها إلى البيئة: تصنف ملوثات الماء بناء على طريقة دخولها إلى البيئة إلى مصادر تلوث ثابتة (Point-Source Pollutants)، ومصادر تلوث غير ثابتة (Non-Point-Source Pollutants):

- **مصادر تلوث الماء الثابتة** (Point-Source Pollutants): يمكن تصنيف مصدر التلوث على أنه مصدر ثابت عندما يصل الملوث إلى الماء من مصدر محدد أو من مصدر يمكن تحديده بسهولة، كأن يكون التلوث ناتجا عن أنبوب أو خزان مثقوب، أو النفايات وفضلات المصانع الملقاة في المياه، وبحسب وكالة حماية البيئة الأمريكية U.S Environmental Protection Agency اختصارا (EPA) يعرف مصدر التلوث الثابت على أنه مصدر واحد قابل للتحديد يؤدي إلى وصول الملوثات إلى الماء، مثل:

- النفايات الناتجة عن المصانع، كمصافي النفط، ومصانع الورق، ومصانع الورق، ومصانع السيارات، ومصانع السيارات، ومصانع المواد الكيميائية، ومصانع الأغذية، ومصانع الأغذية، ومصانع الأدوية، ومن أهم هذه الملوثات: الزيوت، الملوثات الحرارية، الكيماويات السامة، المعادن الثقيلة، مخلفات الأدوية.
- الملوثات الناتجة عن محطات معالجة مياه الصرف الصحي وتصريف مياه المجاري، ومن أهمها: البكتيريا، المغذيات الضارة.

- **مصادر تلوث الماء غير الثابتة** (Non-Point- Source Pollutants): تنتج مصادر التلوث غير الثابتة بشكل عام عن عدة مصادر مثل: المياه السطحية الجارية، وهطول الأمطار، وعمليات تصريف المياه أو تسريبها، أو ذوبان الثلوج وغيرها. فالمياه الملوثة من مصادر غير ثابتة هي تلك التي نتجت من مصادر متعددة ومنتشرة على عكس المياه الملوثة من مصادر ثابتة، إذ تحمل المياه أثناء جريانها على سطح الأرض العديد من الملوثات الطبيعية أو الناتجة بفعل الإنسان، وينتهي بها المطاف في أحد الأنهار، أو البحيرات، أو البحار، أو المياه الساحلية، أو الأراضي الرطبة، أو المياه الجوفية. وهناك العديد من الملوثات ذات المصدر غير الثابت التي قد تؤثر على مصادر المياه المختلفة، من أشهرها:

- **الملوثات السامة:** تشمل المعادن الثقيلة كالزئبق والرصاص والكادميوم، والمواد العضوية كثنائي الفنيل متعدد الكلور (Polychlorinated Biphenyl)، والهيدروكربونات العطرية متعددة الحلقات (Polycyclicaromatic Hydrocarbons)، ومثبطات الحريق كإثيرات ثنائي الفينيل متعدد البروم (Polybrominated Diphenyle Ethers) والمواد الاستروجينية كثنائي كلورو ثنائي فينيل ثلاثي كلورو الإيثان (Dichlorodiphenyl Tri-Chloroethane). وتعد هذه المواد مقاومة للتحلل والتفكك، وتهدد صحة الإنسان والكائنات المائية، أما عن مصادر هذه الملوثات فهي: محطات احتراق الوقود الأحفوري، والمبيدات الحشرية، والنفايات الصناعية، وتسرب النفط، وانبعاثات المركبات.
- **الرواسب:** تنتج عن تآكل التربة أو الرمل في مواقع الإنشاءات، أو المناطق الزراعية والحقول، أو ضفاف الأنهار، وقد تدمر المصادر المائية، وتشكل مصدر لنقل الملوثات الضارة.

- **المغذيات:** هي مجموعة من المواد اللازمة لنمو النباتات كالفسفور والنيتروجين، لكن وجودها بكميات أكبر من اللازم في الماء الصالح للشرب يلوثه، ويؤدي إلى تحفيز نمو النباتات المائية بشكلفائض عن الحاجة، ونقصان كمية الأكسجين المذاب في الماء، وقد تصل هذه المواد إلى الماء عن طريق فضلات الحيوانات والأسمدة وأنظمة الصرف الصحي المعطلة.
- **مسببات الأمراض:** تضم البكتيريا والفيروسات المسببة للأمراض، والتي قد تؤدي إلى تلوث مياه الشرب وبالتالي تهديد صحة الإنسان والكائنات الحية، ومن أهم مصادر مسببات الأمراض: التسرب الحاصل من خزانات الصرف الصحي، وأنابيب الصرف الصحي المعطوبة، ومعالف الحيوانات (الوعاء الذي يوضع فيه علف الحيوانات).
- **الحطام:** ويعنى به القمامة والمواد البلاستيكية التي تهدد الحياة البحرية، وتقلل من جمالية الأماكن وغرضها الترفيهي، وهناك العديد من مصادر القمامة والحطام منها، إلقاء النفايات غير القانونية في المكبات، والنفايات الملقاة في الشوارع وعلى الشواطئ، بالإضافة إلى النفايات الملقاة من القوارب.
- **الإجهاد الحراري:** ويقصد به ارتفاع درجة حرارة الماء، الأمر الذي يعد ضارا بالأنواع المحلية و يساعد علة نمو الكائنات غير المحلية، ومن أبرز مصادر الإجهاد الحراري:الجريان السطحي على الأسطح التي لا تمتص الحرارة كالأرصفة، وإزالة الغطاء النباتي عن ضفاف الأنهار.
- **ملوثات أخرى:** وتتمثل في الأسمدة والمبيدات الحشرية ومبيدات الأعشاب، والتي قد تستخدم بكميات أكبر من اللازم في الأراضي الزراعية أو المناطق السكنية، ومنها أيضا الأملاح الناتجة عن ري الأراضي الزراعية، والأحماض التي تصل الصرف الصحي من المناجم. (بريجية، 2021)

- **آثار تلوث الماء على الإنسان و البيئة:**

التأثير على صحة الإنسان: يعتبر تلوث المياه ضارا جدا بالإنسان، فقد يتسبب في موته وبحسب مجلة (The Lancet) فإن عدد الوفيات بسبب تلوث المياه قد بلغ 1.8 مليون شخص في عام 2015، كما أن تلوث المياه قد يؤدي إلى إصابة الإنسان بالعديد من الأمراض، وخصوصا في المجتمعات ذات الدخل المنخفض وتلك القريبة من التجمعات الصناعية الأكثر تلويثا للبيئة، فتؤدي ناقلات الأمراض كالبكتيريا والفيروسات التي تنتقل عن طريق الماء دورا كبيرا في إصابة الإنسان بالكوليرا، والجياردیا والتيفوئيد. (الرقطي، 2019)

ويمكن تصنيف الأمراض التي تحدث نتيجة لتلوث الماء وفقا لمسبباتها كالآتي:

- **أمراض بكتيرية:**
  - الإسهال ويعد سببه الرئيسي شرب المياه غير المعالجة المصابة بالتلوث البرازي.

- الكوليرا، تعد الضمة الكوليرية/ الهيضية مسؤولة عن حدوثه.
- داء الشيغيلات "الدوسنطاريا الباسيلية" تسببه بكتيريا الشيغيلا.
- السالمونيا "التيفوئيد": تسببه بكتيريا السالمونيلا في المياه الملوثة.

- **أمراض فيروسية:**
  - التهاب الكبد الفيروسي.
  - التهاب الدماغ: ينتقل عن طريق انتقال بيض البعوض الكيولي من الماء الملوث إلى الإنسان.
  - فيروس شلل الأطفال.
  - التهاب المعدة والأمعاء: تسببه فيروسات مختلفة كالروتا، والغدانية، والكالسيف، والنوروالك.
- **أمراض طفيلية:**داء خفيات الأبو اغ، الأميبا، داء زحار الجياردیا.

آثاره على البيئة: ينجم عن التلوث المائي آثارا سلبية عديدة على البيئة منها مايلي:

- تشكل المطر الحمضي الذي يحتوي على جزيئات الكبريت الضارة لكل من الأسماك والنباتات الموجودة في البحيرات والأنهار.
- تغير التركيب الكيميائي للماء بشكل كامل، بحيث تتغير الحموضة ودرجة الحرارة والموصلية للماء، وبالتالي تتأثر الحياة البحرية بذلك.
- القضاء على مصادر الغذاء البحرية وإفسادها.
- يؤدي التلوث إلى القضاء على الحياة البحرية مما يؤثر على التوازن البيئي في المسطحات المائية سلبا.
- التراكم الحيوي، أي تراكم الملوثات داخل أجسام الكائنات الحية التي يصعب تحليلها أو إخراجها من الجسم كالزئبق، فتتنقل هذه الملوثات منها إلى الكائنات الحية التي تتغذى عليها، لذا يعتبر الإنسان معرض لخطر تراكم تراكيز الملوثات الخطرة داخل جسده نتيجة لاستهلاك المأكولات البحرية.
- حدوث تحولات في النظام البيئي ناجمة عن آثار الملوثات، وقد لا تدمر هذه التحولات بالضرورة النظم البيئية، ولكنها تعمل على إضعافها وجعلها أقل كفاءة في التعامل مع الأنواع الأخرى من الضغوط البيئية، كتدمير مواطن العيش الطبيعية، وتغير المناخ. (بريجية، 2020)