التلوث البيئي(Environmental Pollution)

مفهوم التلوث:

هو إحداث تغير في البيئة المحيطة بالكائنات الحية بفعل الإنسان وأنشطته اليومية، يؤدي إلي ظهور موارد لا تتلاءم مع المكان الذي يعيش فيه الكائن الحي. والإنسان هو الذي يتحكم بشكل أساسي في جعل هذه الملوثات إما مورداً نافعاً أو تحويلها إلي مورد ضاراً و المثال على ذلك البقايا البيولوجية تشكل موردا نافعا إذا تم استخدامها كمخصبات للتربة الزراعية، إما إذا تم التخلص منها في مصارف المياه ستؤدي إلي انتشار الأمراض والأوبئة .

الإنسان هو السبب الرئيسي والأساسي في إحداث عملية التلوث في البيئة وظهور جميع الملوثات بأنواعها المختلفة و يمكن تمثيل ذلك على النحو التالي: الإنسان = التقدم التكنولوجي– التوسع الصناعي – سوء استخدام الموارد – الانفجار السكاني.

* الإنسان هو الذي يخترع. * وهو الذي يصنع . * وهو الذي يستخدم . * وهو المكون الأساسي للسكان.

التلوث الطبيعي والتلوث البشري

على مدى التأريخ كانت العواصف و الأعاصير أو الفيضانات تأتي على أشجار الغابات فتقتلعها أو تلتهم النيران مساحات من الغابات الطبيعية أو تكتسح الحمم البركانية مناطق طبيعية شاسعة وهذا ما نعرفه اليوم بالتلوث الطبيعي (Natural Pollution) لكن الطبيعة سرعان ما كانت تستعيد استقرارها النسبي بعد فترة وجيزة لاسيما إذا كان التغير محدودا أو موقعيا . إلا إن الأنشطة البشرية الصناعية والزراعية والعمرانية قد أفرزت نوعا جديدا من التأثر في البيئة يتمثل بتصريف المخلفات الصناعية السامة للنظم أو بإطلاق الغازات السامة في الهواء أو العناصر ذات النشاط الإشعاعي المدمر للبيئة والعديد من أشكال الملوثات الأخرى وهذا ما يعرف اليوم بالتلوث البشري المنشأ (Anthropogenic or Artificial Pollution)، الشكل– .

ولو أردنا التعرف بماهية التلوث لوجب علينا التعرف أولا على بعض السمات العامة للبيئة الطبيعية المثلى لنشاط وتكاثر اغلب أنواع الأحياء والتي يمكن إيجازها كما يلي :

1-مدى حراري محدود ومعين لأغلب أنواع الأحياء وهو محصور ما بين بضع درجات فوق الصفر المئوي ولغاية بضع درجات فوق الثلاثين للأحياء المائية وأكثر من ذلك بقليل للأحياء البرية .

2-تراكيز محدودة من غاز الأوكسجين سواء كان ذائبا في الماء لتنفس الأحياء المائية أو غازا حرا في مكونات الغلاف الجوي واللازم لتنفس الأحياء البرية.

3-شدة إضاءة شمسية محددة وضرورية للنباتات لغرض تحويل بعض المكونات المادية كالماء وغاز ثنائي أوكسيد الكربون الى طاقة كامنة في جزيئات الغذاء والتي تنتقل عبر النباتات الى الحيوانات العواشب ومنها الى اللحوم موفرة بذلك المورد الرئيسي للطاقة للأحياء على سطح الأرض .

4-مصادر غذائية مستمرة من العناصر المعدنية وغير المعدنية والأملاح والماء .

5-العديد من العوامل والعناصر الأخرى التي تختلف في تركيزها ما بين الحيوانات والنباتات .

وقد وجد متخصصون بعلمي البيئة و الفسلجة بان نقص في واحد أو أكثر من هذه العوامل أو زيادة عن حد معين للبعض منها أو ظهور مواد أو عوامل لم تكن موجودة أصلا لابد وان يؤثر على وجود وانتشار الأحياء في تلك المنطقة وقد يشكل خطرا مثل هذا التأثير على تلك الأحياء نفسها أو على أجيالها اللاحقة أو في إعاقة النمو أو تطوير أو تكاثر بالنسبة المطلوبة . ومثل هذه التغيرات في نوعية البيئة تعرف بالتلوث البيئي وهي قد تحدث بفعل الطبيعة ذاتها أو قد تحدث تحت تأثير الإنسان أو بتدخله .

<u>التلوث الطبيعي المنشأ</u>: إن الطبيعة عرضة الى التغير المستمر بسب عوامل ذاتية كالرياح والسيول والأمطار وحرائق الغابات وثورات البراكين وحركات القشرة الأرضية والمد والجزر في البحار وغير ذلك ومثل هذا التغير يؤدي الى حالات من التلوث الطبيعي والتي تشمل بشكل رئيسي ما يلي :

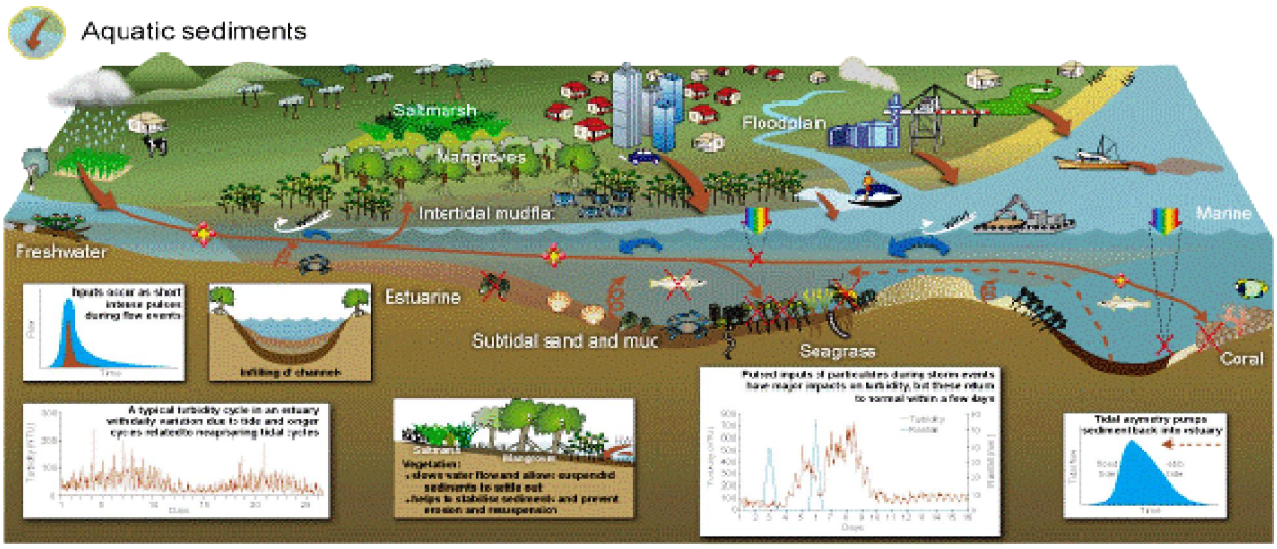
1- ظهور المواد الدقائقية في الهواء كدقائق التراب والرمال من الصحاري والأراضي الجرداء وحبوب لقاح الأزهار ودقائق الرماد والسخام الناتج من الحرائق الطبيعية للغابات وثورات البراكين .

2-المواد العالقة في المياه كدقائق الطمي والغرين والذي عرف منذ أقدم العصور ولطالما ترسب في مجرى الأنهار محولا مجراها من موقع لآخر مانحا الإنسان مناطق زراعية خصبة وجديدة رغم ما يسببه من أضرار بالثورة السمكية .

3- تملح المياه العذبة بعد مرورها في مناطق مالحة ، أو تحول المياه العذبة الى عسرة بعد مرورها بمناطق غنية بأملاح المغنيسيوم والكالسيوم معا مما يجعلها غير صالحة لاستخدام الإنسان لا في المتطلبات اليومية ولا في أعماله الزراعية .

4-حدوث حالات التعرية (Erosion) في التربة والغطاء الخضري بسبب السيول الطبيعية الجارفة مما يغير طبيعة البيئة في المناطق المعرضة لذلك ويقضي على الأحياء فيها .

5-انبعاث الغازات السامة مثل غاز كبريتيد الهيدروجين (H_2S) وغاز ثنائي أوكسيد الكبريت (SO_2) وغيرها الى الهواء أثناء ثورات البراكين وتفجر العيون المعدنية أو انبعاث غاز الميثان (CH_4) المعروف بغاز المستنقعات نتيجة عمليات التحلل اللاهوائي للمواد العضوية ،فضلا عن العديد من الغازات الأخرى ذات المنشأ الطبيعي .



6- انبعاث المواد الهيدروكربونية (النفطية) وخامات المعادن الطبيعية من التشققات الأرضية الطبيعية أو بسبب حركات القشرة الأرضية وهذه المركبات تعتبر سامة لجميع الأحياء وتأثر عليها بطرق شتى.

7- الحرائق الطبيعية في الغابات والأحراش لأسباب مختلفة وأهمها الصواعق وثوارات البراكين مما يتسبب في إتلاف الغطاء الخضري وتدمير الأحياء أو مواطنها فضلا عن انطلاق كميات هائلة من الغازات الناتجة عن الحرائق الى الهواء.

والإنسان مهما بلغ في التقدم التقني في الوقت الحاضر فهو لا يزال عاجز أمام قسوة الطبيعة وكوارثها التي تنزل به خسائر فادحة في أحيان كثيرة، ومن الكوارث الطبيعة الكبرى المسجلة في القرن العشرين فقط، نذكر ما يأتي مع أعداد الخسائر في الأرواح البشرية بدون البيئية بالطبع لتعذر إحصائها:

- الزوابع الرعدية في الولايات المتحدة الأمريكية عام 1900 التي أودت بحياة ستة آلاف نسمة.
- فيضان عام 1931 في الصين والذي تسبب في موت 3.7 مليون نسمة.
- زلزال عام 1960 في المغرب والذي تسبب في وفاة 12 ألف شخص.
- الإعصار الحلزوني الاستوائي في الهند عام 1977 والذي أدت الى موت 20 ألف شخص.
- انبعاث الغازات السامة من بحيرة نيوس في الكاميرون عام 1986 والذي قتل1750 ضحية.
- الإعصار الحلزوني الاستوائي ببنغلاديش عام 1991 والذي أدى الى موت 40 ألف شخص.
- بالإضافة الى الزلازل التي حدثت في العام الأخير من القرن العشرين وأهمها الزلزال المدمر في تركيا بتاريخ 17 آب 1999 وأدى الى الإضرار الشديد بحوالي 400 ألف وحدة سكنية أو منشأ.

إن ما تسببه الكوارث الطبيعية من خسائر مادية أو بشرية أو تدمير لنوعية البيئة ومهما يكن فادحا فهو يقع دوما ضمن قدرتها على معالجته تلقائيا والتخلص من آثاره نهائيا وكأن المثل القائل ما يكتسب بسرعة يفقد بسرعة ينطبق فعلا في هذا المجال، على العكس من التلوث الناتج عن الأنشطة البشرية، أو ما يعرف بالتلوث البشري المنشأ.

التلوث البشري المنشأ: وهو التغير في نوعية البيئة الناجم عن فعاليات الإنسان من خلال نشاطاته اليومية أو نشاطه الصناعي أو الزراعي أو العمراني وغيره ويمكن إيجاز مظاهره ومسبباته بما يأتي:

1- مياه الفضلات الناتجة عن المناطق السكنية أو تجمعات البشر أينما كانوا ويتوجب التخلص منها يوميا وهذا يعتبر من المشاكل الرئيسة بسبب الكميات الكبيرة لهذه المياه وانتشارها في كل مكان من جهة، ولكونها محملة بكميات كبيرة من المواد العضوية وأنواع الملوثات والتي تأثر على النظم البيئية (البرية أو المائية) عند تصريفها إلا إذا جرى معالجتها بطرق علمية سليمة.

2- الحاجة الى توفير إنتاج زراعي وحيواني لسد حاجة البشر اليومية الأمر الذي يتطلب استخدام المبيدات السامة لوقاية النباتات والمحاصيل الزراعية أو الحيوانات المنتجة للغذاء لوقايتها من المسببات المرضية أو الآفات الأخرى ، كما يتطلب الأمر أيضا التوسع باستخدام الأسمدة الكيمياوية أو الحيوانية لزيادة الإنتاج الزراعي وتحسينه وبالإضافة الى الخصائص السامة للمبيدات والتأثيرات الضارة للأسمدة الكيمياوية على البيئة فان مثل هذه العمليات الزراعية المكثفة، وتكرار الري والزراعة واستمرار التبخر لاسيما في الأجواء الحارة ، يمثل بمجمله ضغطا متزايدا على الأرض يؤدي حتما الى تدهور نوعية التربة الزراعية وافتقارها الى العناصر المغذية للنبات وتملحها وبالتالي انخفاض إنتاجيتها بدرجة كبيرة.

3- الحاجة الى الطاقة لتسيير أمور الحياة من التدفئة والتكيف والنقل والمواصلات وإدارة المصانع في عموم العالم قد أدى الى تزايد الكميات المحروقة من الوقود الاحفوري (الفحم والنفط والغاز الطبيعي) مما سبب بدوره تزايد انبعاث الملوثات الغازية الى الغلاف الجوي والتي منها غازات خطرة على البيئة مثل غاز ثنائي أوكسيد الكربون الذي خلق مع غيره من الغازات مشكلة الاحتباس الحراري في جو الأرض. وغازات اكاسيد الكبريت والنتروجين التي تخلق العديد من المشاكل البيئية والتي منها مشكلة الأمطار الحمضية فضلا عن تأثيراتها الضارة بالصحة العامة والأحياء الحيوانية والنباتية.

4- الاستخدام اليومي للكيمياويات الصناعية كالمنظفات والمذيبات والمواد لبلاستيكية والمطاطية والمعدنية والحوامض وغيرها، والتي تصرف أو تطمر في البيئة بعد انتفاء الحاجة إليها فتبقى في البيئة دون تحلل لعشرات السنوات مشوهة للمناظر الطبيعية ومؤثرة على قابلية التربة على الاستزراع .

5- الحاجة الى التخلص اليومي من ملاين الأطنان من القمامة المنزلية بطرق لا تضر بالبيئة والتي تعتمد على نقلها الى مواقع خارج المناطق المأهولة ثم توزيعها على شكل طبقات ذات سمك محدد تتخللها طبقات ترابية ، ونظرا لاحتياج هذا الأسلوب الى العديد من الآليات والمعدات والأيدي العاملة فأنه لا يطبق بالصورة الصحيحة دائما أو انه لا يطبق على الإطلاق مما يؤدي الى خلق مشاكل بيئية داخل المدن أو المجمعات السكنية تتمثل في تراكم القمامة عشوائيا وبالتالي انبعاث الروائح الكريهة منه وتكاثر الحشرات والقوارض فيها وتحولها الى مصادر لانتشار الأوبئة والأمراض في المجتمع .

6- وتعتبر اغلب القطاعات الصناعية ملوثة للبيئة بشكل أو بآخر سواء كان ذلك بواسطة تصريف مياه الفضلات الصناعية الى الأنهار أو البحار والبحيرات أو بواسطة ما يتخلف عنها من فضلات صلبة خطرة أو سامة كالفضلات ذات النشاط الإشعاعي أو المركبات المعادن الثقيلة أو المركبات العضوية السامة ، وبالطبع فان القطاعات الصناعية ذات أهمية رئيسية للحياة ولا يمكن الاستغناء عنها إلا إن العمليات الإنتاجية الحديثة قد أدخلت في السنوات الماضية عمليات إنتاجية تعتمد على وسائل تقنية نظيفة أو غير ضارة بالبيئة وعلى وسائل ومنظومات لمعالجة التلوث الناتج بحيث يقلل من خطر التلوث البيئي الى أدنى حد ممكن فيما لو

أحسن استخدامها فضلا عن استخدام طرق علمية سليمة للإعادة المخلفات والاستفادة منها مجددا من صناعات أخرى وهو ما اصطلح على تسميته بتدوير المخلفات.

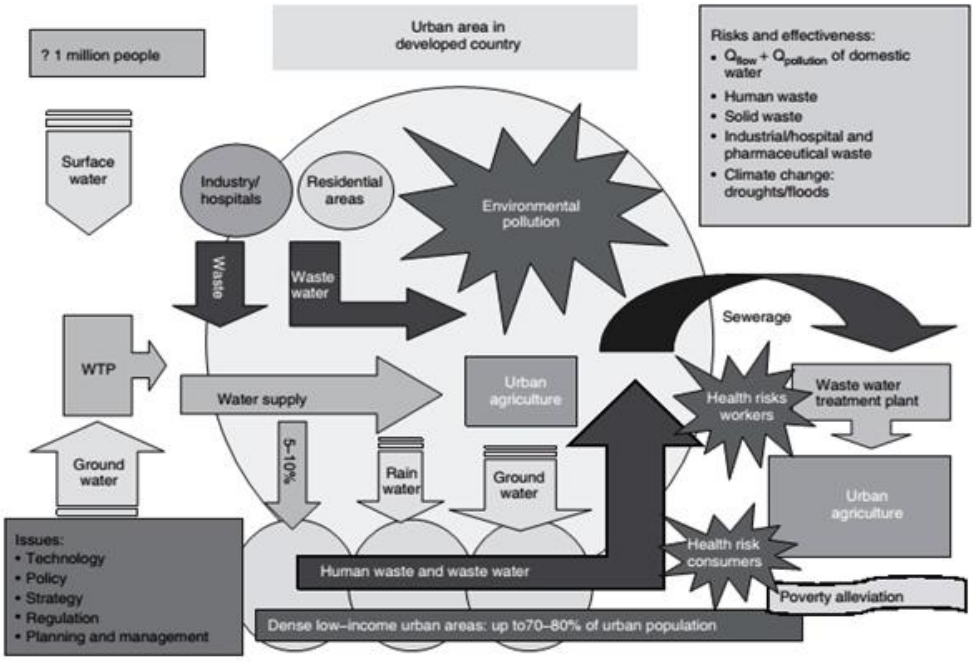


Figure 2 Sustainable urban drainage management. A color version of this image is available at http://www.mrw.interscience.wiley.com/ehs

تقسيم الملوثات البيئية

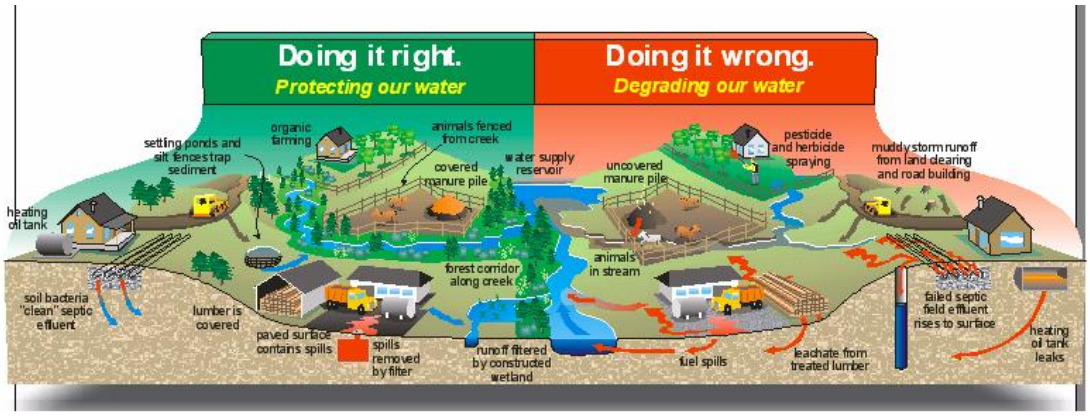
هناك الكثير جدا من الملوثات البيئية ولكل منها منشأ أو مصدر مختلف وصفات وخصائص مختلفة، ومع ذلك يمكن اعتماد بعض الخصائص والصفات المشتركة فيما بين الملوثات بحيث يمكن تقسيمها ضمن مجاميع لتسهيل دراستها والتعرف على خصائصها وسلوكها في البيئة وصولا للتعرف على أضرارها البيئية أو أخطارها الصحية، ويقصد بالأضرار البيئية هي التغير في نوعية وصفات البيئة وما ينجم عنها من تأثيرات على الحيوانات والنباتات أو الأحياء المجهرية وقد تدخل في هذا المجال التأثيرات الضارة المتسببة عن وجود الملوثات على المكونات المادية الحية في البيئة اما الأضرار الصحية فيقصد بها التأثيرات الضارة أو السامة أو الخطرة على صحة الإنسان وصحة أجياله القادمة .

يعرف عن الملوثات أنها اما إن تكون مواد كيمياوية كالأملاح والمواد النفطية والمبيدات أو إن تكون ظواهر فيزياوية لا مادية كالحرارة والإشعاع الذري والضوضاء وغيرها أو أنها قد تكون أحياء مجهرية كالبكتريا والفيروسات والفطريات وبالتالي فهي ذات خصائص بيولوجية حية ومن جانب آخر فأن بعض الملوثات تنتج عن ممارسة الإنسان للنشاط الصناعي بينما تنتج مجاميع أخرى من الملوثات من الأنشطة الزراعية وهناك اطر عامة تستخدم لتقسيم الملوثات وقد يشترك ملوث ما بأكثر من مجموعة بطبيعة الحال وهذه الأطر العامة هي:

1-تقسيم الملوثات حسب خصائصها :

- الملوثات ذات الطبيعة الفيزياوية: وهي ظواهر فيزياوية مادية مثل بعض الجسيمات الإشعاعية أو لا مادية كالأمواج الكهرومغناطيسية وهذه الملوثات تتداخل مع الخصائص الفيزياوية لعناصر البيئة أو المادة الحية ومن أكثر الملوثات الفيزيائية شيوعا في البيئة هو الإشعاع (وهو أشدها خطرا على البيئة والأحياء) والحرارة، والضوضاء والاهتزازات والضوء والأمواج الكهرومغناطيسية بمختلف أطوالها الموجية.

- الملوثات ذات الطبيعة الكيمياوية: وهي مجموعة واسعة من الملوثات والأكثر انتشارا في البيئة وتشمل قائمة كبيرة من المواد طبيعية المنشأ (كالنفط ومشتقاته والزيوت المعدنية وأملاح المعادن والسموم الطبيعية ومنها السموم الفطرية والزيوت والشحوم وغيرها) وقائمة اكبر وأكثر تعقيدا من المواد المصنعة (كالمبيدات والكيمياويات الزراعية والفضلات الصناعية من الأحماض والأملاح والقواعد الخ. وفي الحقيقة فأنه من المتعذر حصر هذه المجموعة من الملوثات بقائمة أو حتى بعدة قوائم بسبب كثرتها من جهة وتزايد أعدادها



من جهة ثانية كما تتباين تأثيراتها بدرجة كبيرة أيضا ولبعضها تأثيرات آنية على الإنسان بينما لبعضها الآخر تأثيرات بعيدة المدى ومن المهم الإشارة في هذا المجال الى أن هذه الملوثات قد تظهر في البيئة بتراكيز عالية نسبيا فتعمل على تغيير الخصائص الكيمياوية أو الفيزيائية للوسط الذي تظهر فيه كما هو الحال عند ظهور الأملاح في المياه أو أنها لا تظهر إلا بتراكيز متناهية في الصغر كبقايا المبيدات أو المعادن الثقيلة لكن تلك التراكيز تكون كافية لأحداث اثر بيولوجي في الأحياء التي تتعرض لها.

- الملوثات الإحيائية: وهي كائنات حية مجهرية في الغالب وتعمل على تغيير بعض الصفات أو الخصائص البيئية عند وجودها فيها أو ذات أضرار بصحة الإنسان أو الأحياء الأخرى وهي وفق الأسس العلمية لعلم البيئة فأنها تعتبر من المكونات الإحيائية الطبيعية ومنها ما هو طفيلي يعيش في أمعاء الإنسان أو الحيوانات وقد يسبب حالة مرضية كما هو الحال بالنسبة للطفيليات المعوية. أو ليس له تأثير صحي ضار كما في حالة العديد من البكتريا المعوية وقد أدت ممارسات الإنسان الخاطئة اتجاه البيئة (مثل طرح الفضلات البشرية في الأنهار أو رمي الحيوانات النافقة في المصادر المائية) الى خلق مشاكل بيئية وصحية عديدة وبالتالي تحول هذه الأحياء الى ملوثات بيئية ولذلك فأن تعبير الملوثات الإحيائية يقتصر على المسببات المرضية فقط كالبكتريا والطفيليات والفطريات والفيروسات وغيرها.

2- <u>تقسيم الملوثات حسب منشأها: يعتمد هذا التقسيم على منشأ الملوثات الأساسية ويشمل:</u>

- الملوثات الطبيعية الأصل أو الجيولوجية الأصل (Geogenic) مثل الأملاح في المياه، دقائق الغبار في الهواء، ثنائي أوكسيد الكبريت الذي ينبعث مع ثورات البراكين، اكاسيد النتروجين التي تتكون طبيعيا أثناء الزوابع الرعدية وغير ذلك أو قد تكون ظواهر طبيعية كالحرارة أو الإشعاع .
- الملوثات شبه الصناعية(semi-synthetic pollutants) وهي مواد طبيعية الأصل، قام الإنسان بتحويرها جزئيا أو كليا أو بنقلها من مكان لآخر وفقا لحاجته مما خلق منها مشاكل بيئية ومن أشهر الأمثلة عليها هي المشتقات النفطية (التي كثيرا ما لوثت المياه عند عطب الناقلات البحرية وانسكاب حمولتها) وخامات المعادن وغيرها .
- الملوثات المصنعة (synthetic pollutants) وهي مركبات استنبطها الإنسان وأنتجها في المصانع وليس لها شبيه طبيعي وغالبا ما تسبب مشاكل بيئية مستعصية ومنها مركبات الكلور العضوية التي أنتجت كمبيدات منذ الأربعينات ومركبات الكلوروفلوروكاربون المسماة بغاز الفريون (والتي سببت المشاكل لطبقة الأوزون) والمواد البلاستيكية والعديد من الأصباغ والمواد الأخرى .

3- <u>تقسيم الملوثات حسب الفعاليات والأنشطة البشرية:</u>

ترتبط كلا من الصناعة والزراعة بشكل مباشر مع البيئة وتؤثران عليها وتتأثران بها كذلك، ولذلك يمكن تقسيم الملوثات على هذا الأساس فتكون هناك ملوثات ذات منشأ صناعي (كالمواد الكيمياوية والأحماض والقواعد والفينولات الخ) أو ذات منشأ زراعي (وتشمل المبيدات والأسمدة) أو قد تكون الملوثات ناتجة عن المدن والمجمعات السكنية والتي تشمل مياه المجاري بما تحويه من المواد العضوية بدرجة رئيسية.

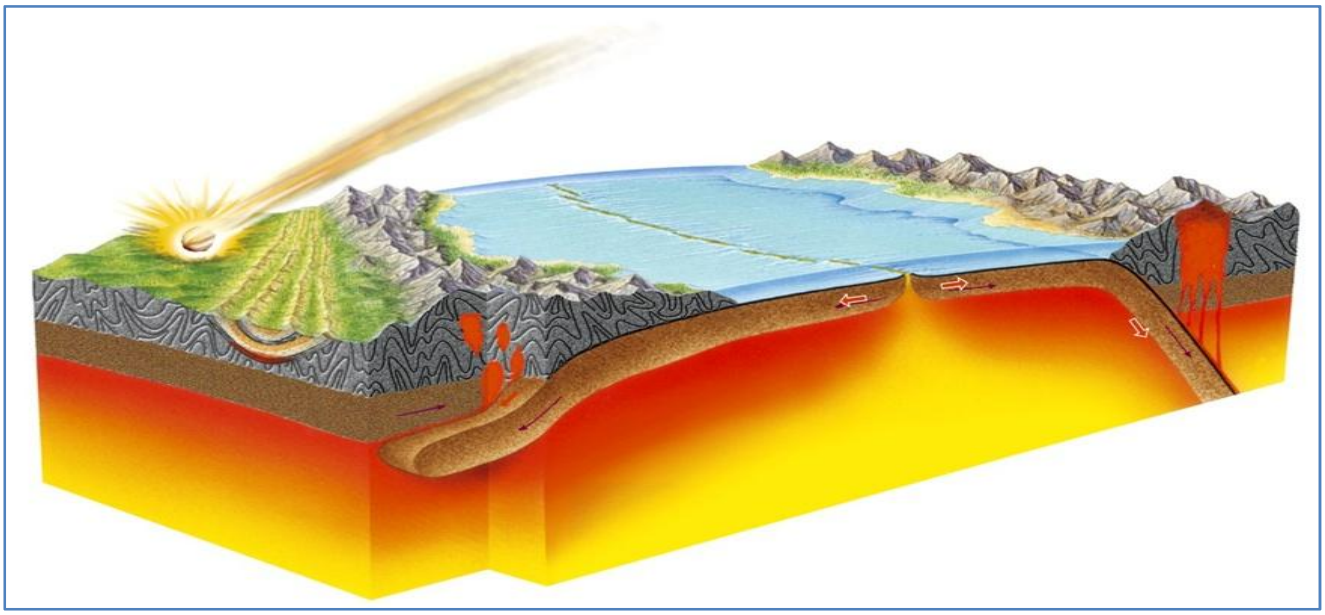
الحركة والانتقال الجغرافي للملوثات :

تتحرك الملوثات عند انطلاقها الى البيئة فتنتقل من مكان لأخر قريب من مصدر انطلاقها أو بعيد عنه وتعتمد في هذه الحركة على عدة عوامل أهمها الوسط البيئي الذي تنتشر فيه وما يؤثر فيه من متغيرات فالهواء يعتبر وسطا ملائما لنقل الملوثات من مكان لأخر وتؤثر فيه الرياح وسرعتها واتجاهها، درجة الحرارة ..الخ، أو المياه والتي تتأثر فيها الحركة بالتيارات المائية وأمواج المد والجزر في الخلجان والبحار الصغيرة، ويمكن تقسيم حركة الملوثات الى ثلاث أنواع أساسية وهي:

1- الحركة الموقعية للملوثات: وهي حركة قصيرة المدى ومحدودة سواء كانت في المياه أو الهواء أو في التربة ،ولا تلبث فيها الملوثات أو تتحلل بيئيا أو تتلاشى من خلال الترسب مع مياه الأمطار أو كترسيب جاف ومن الأمثلة عليها الدقائق الرملية والغبارية (الطبيعية أو الصناعية) .

2- الحركة الإقليمية للملوثات: وهي انتقال الملوث الى مواقع بعيدة ضمن إقليم أو منطقة معينة وغالبا ما تؤدي الأنهار دورا كبيرا في عملية الانتقال هذه ،ناقلة الملوث من أعالي النهر الى مصبه ،كما تشمل هذه الحركة البحار ذات الطبيعية المغلقة والصغيرة نسبيا كالخليج العربي والبحر الأبيض المتوسط.

3- الحركة العالمية للملوثات: وتسمى أيضا بالحركة البعيدة المدى وهي من اخطر الخصائص للملوثات البيئة إذ لوحظ هذا الانتقال الجغرافي لبعض الملوثات بحيث يشمل عموم الكرة الأرضية وتمتاز مثل هذه الملوثات بالثبات ومقاومة التحلل ولعل أولى التسجيلات عن مثل هذا الانتقال قد كانت عن انتقال الغبار الذري الناجم عن التفجيرين الذريين الأمريكيين في اليابان وكذلك من الاختبارات النووية التي كانت تجرى سابقا في الهواء واليوم يعرف عن المبيدات الكلورية ومنها مبيد دي دي تي مثل هذا الانتقال، الذي شاع استخدامه كمبيد متعدد الفوائد خلال الفترة التي أعقبت الحرب العالمية الثانية ولعشرات السنين لحين منعه في بعض الدول بعد عقد السبعينات وقد أثبتت الدراسات والبحوث التي أجريت حول مشاكل التلوث به ومن خصائصه الانتقال عبر طبقات



الغلاف الجوي ليصل الى مناطق نائية ومنها طيور البطريق التي تقطن القطب الجنوبي حيث وجد متراكما في شحومها وقد وصل في بعض منها الى التركيز 10 جزء بالبليون أي 10 ميكروغرام من المبيد لكل كيلوغرام من الشحم ولدى التعمق بدراسة الظاهرة أمكن العثور على طيور منها ماتت ودفنت في طبقات الجليد منذ ما يقارب مائة عام ولم تسفر التحاليل عن وجود أي أثار للمبيد

في طيور القرن الماضي فاعتبر هذا الدليل كافيا لإثبات انتشار مبيد دي دي تي بعد استخدامه من جهة وكونه ينتقل جغرافيا من جهة ثانية وان كان انتقاله يمكن إن يتم عن طريق ظاهرة التراكم الحيوي عبر السلاسل الغذائية أيضا أي التراكم والتزايد بالتركيز من خلال الغذاء الملوث به أيضا وهي ظاهرة سيلي شرحها لاحقا.

ومن الملوثات التي تمتلك قابلية الحركة بعيدة المدى نذكر مركبات الكلوروفلوروكاربون وهي مركبات مصنعة لتستخدم في العديد من الاستخدامات الصناعية ومنها الغاز المستخدم في الثلاجات والمعروف باسم غاز الفريون، إذ يتصاعد هذا الغاز بعد انطلاقه من المنظومات الحاوية عليه عند عطبها فيرتفع الى طبقات الجو ليصل الى تلك الطبقة الرقيقة من غاز الأوزون فيتفاعل معه محاولا إياه الى غاز الأوكسجين وكلما تناقصت تراكيز الأوزون كلما لوحظ ذلك على شكل فجوة تعرف اليوم باسم "ثقب طبقة الأوزون" وسيتم التطرق الى ذلك بالتفصيل لاحقا أيضا.

التغيرات التي تطرأ على الملوثات البيئية :

تتغير الملوثات بعد انطلاقها الى البيئة الى العوامل البيئية الطبيعية الفيزيائية أو الكيمياوية أو الإحيائية فتعمل على تغير تركيبها الكيمياوي أو شكلها الفيزيائي أو قد تقاوم هذا التحلل أو التحول وبالمقابل هنالك العديد من الحالات التي لا تتغير فيها الملوثات بأكثر من تغيرها من مكان لأخر أو ذوبانها مع ماء المطر وهكذا ، ويمكن تلخيص التغيرات التي تطرأ على الملوثات بعد انطلاقها الى البيئة بما يلي :

- العمليات اللاحيوية وهي العمليات والتحولات التي تطرأ على الملوثات تحت تأثير العوامل المناخية والبيئية الأخرى ما عدا الحيوية منها وتشمل:

1. <u>التغيرات الناتجة عن تأثير العوامل الفيزيائية</u> كالتبخر أو الترسيب الجاف حيث يعمل التبخر على تطاير الملوثات (كالمبيدات والمشتقات النفطية وغيرها من المواد لقابلة للتبخر أو التطاير) وتتأثر العملية بدرجة حرارة الوسط بدرجة كبيرة وكذلك بالعديد من العوامل الأخرى كالرياح والضغط البخاري والمواد الأخرى المساعدة على التبخر. اما الترسيب الجاف فهو وصول بعض الملوثات الى سطح التربة أو المياه سواء كان ذلك بالتثاقل كما تصل قطرات المبيدات الملتصقة على الدقائق الغبارية فتترسب أو إن يكون بتفاعل الملوثات ومنها الغازية مثل غاز ثنائي أوكسيد الكبريت مع ملوثات غازية أخرى كغاز الامونيا مثلا(NH_3) مكونا كبريتات الامونيوم($(NH_4)_2SO_4$) التي تترسب على شكل دقائق متناهية في الصغر. ويضاف الى هذه التغيرات التكسر الحراري لبعض الملوثات ذات القابلية على ذلك والاهتزاز على سطح دقائق التربة والمواد الأخرى وهذه الخاصية معروفة بكثرة عن العديد من الملوثات العضوية ومنها المبيدات.

ولعل أكثر الملوثات تأثرا بالعوامل الفيزيائية هي الملوثات النفطية لا سيما عند انطلاقها الى البيئة البحرية إذ تحتل مساحات شاسعة من سطح البحر طافية فوق الماء ومعرضة الى العوامل المناخية وحيث إن من مكوناتها الأساسية هي بعض المشتقات النفطية الخفيفة لذلك فأنها سرعان ما تتبخر وشيئا فشيئا ليتبقى غير المشتقات النفطية الأثقل والتي تترسب فيما بعد الى القعر بعد تثاقلها بسبب ما يتساقط ويلصق بها من الدقائق الغبارية. ومن المهم الإشارة في هذا المجال الى إن التبخر لا يعتبر طريقة تتخلص منها البيئة من الملوثات القابلة على ذلك بل هو مجرد انتقال للملوث من وسط بيئي لوسط آخر فقط.

1. <u>التغيرات الناتجة عن التفاعلات الكيمياوية البيئية:</u>

و تشمل جميع التبدلات والتغيرات التي تطرأ على التركيب الكيمياوي للملوثات بعد انطلاقها الى البيئة ومن أهم هذه التغيرات هي:

2-1 الأكسدة: ويقصد بها تفاعل الملوث مع الأوكسجين الجوي في حالة قابليته على ذلك وقد يتم بوجود ضوء الشمس فيعرف آنذاك بالأكسدة الكيمياوية الضوئية أو بدون دخول ضوء الشمس طرفا في انجاز التفاعل وهي النوع المألوف من التفاعلات التأكسدية .

2-2 التحلل المائي: وفيها تفقد جزيئة المركب خواصها الأصلية من خلال تفاعلها مع جزيئة الماء متحولة الى المركب ابسط واقل سمية في الغالب ويعرف عن بعض الملوثات ميلها الشديد مائيا ومنها المبيدات الفسفورية العضوية.

3-2 الانحلال: وهو قابلية بعض الملوثات العضوية اللاقطبية أي غير الذائبة في الماء عادة على الامتزاج مع الماء أو التعلق على شكل قطرات به فتفقد بذلك أهميتها كملوث بيئي سام وتتدرج في هذا الجانب أيضا قابلية الاستحلاب إذ يتكون محلولا غرويا متجانسا من الملوث والماء معا في حالة الظروف الملائمة لذلك في البيئة.

وهناك بعض التفاعلات الأخرى اقل شيوعا في البيئة والتي لا حاجة لشرحها في هذا المجال.

- -العملية الحيوية: وهي التغيرات التي تحدث على جزيئة بعض أنواع الملوثات العضوية على الأخص ،بتأثير الإنزيمات الحية وتجري في البيئة بفعل الأحياء المجهرية في التربة أو المياه أو قد تجري بداخل الجسم الحي الحيواني أو النباتي أو جسم الإنسان. وتؤدي هذه التفاعلات الى تحول الملوث الى مركب ابسط تركيبا بدرجة كبيرة أو بدرجة بسيطة وحسب نوع الملوث وتركيبه الكيمياوي والنظام الحي الذي يؤثر عليه. اما التفاعلات الجارية فهي عديدة ومنها تفاعلات إزالة الهالوجين والهدر كسلة والأكسدة وغيرها.

التعبير عن تراكيز الملوثات :

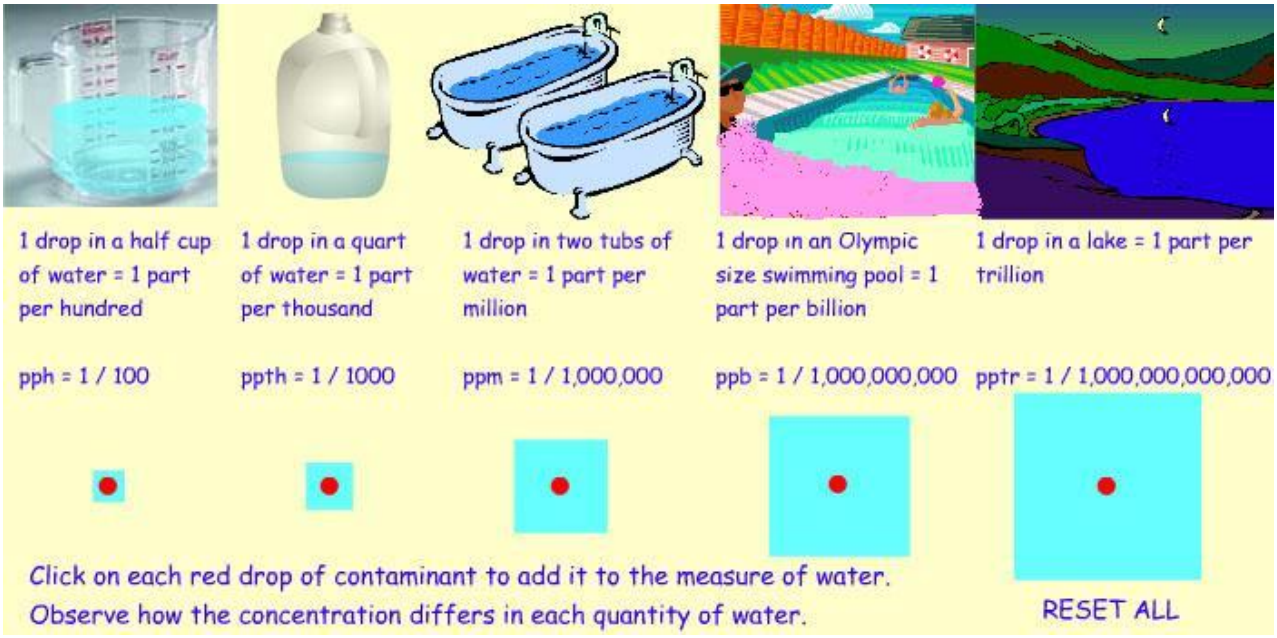
يعبر عن تراكيز الملوثات في البيئة بالطريقة المعروفة عموما أي وزن الملوث نسبة الى وزن أو حجم المادة البيئية كأن يقال 1 مليغرام من الرصاص/ كيلوغرام من التربة وحيث إن الكيلوغرام الواحد يحتوي على مليون مليغرام لذلك فأن نفس هذا التركيز يمكن وصفه بجزء واحد بالمليون والذي يكتب اختصارا (ج.م.م) (ppm) ولو كان تركيزه هو 0.001 ملغرام/ كغم تربة لامكن التعبير عن ذلك بجزء واحد بالبليون (ج.م.ب) (ppb) وبعد تطور التقنيات وتزايد حساسيتها تجاه الملوثات أصبح من المألوف استعمال تعبير آخر هو الجزء بالتريليون (pptr) الى إن مثل هذه التراكيز لا تصادف دوما ويقتصر استخدامها على بعض الملوثات الخطرة مثل مركبات الدايوكسين والفويران. قد تبدو هذه التعابير ضئيلة جدا أو قابلة للإهمال في نظر الشخص غير المختص أو للوهلة الأولى فتعبير جزء واحد بالمليون مثلا هو كنسبة ملعقة سكر واحدة تضاف الى خمسة أطنان من الحليب وبذلك فهو فعلا تركيز ضئيلا ومع ذلك فأن مثل هذا التركيز أو اقل منه أيضا من بعض أنواع الملوثات يعتبر خطير على الصحة العامة أو على أحياء وكأمثلة سريعة نورد مايلي:

تركيز 1ج.م. من الفينول يقتل بعض أنواع الأسماك

تركيز (0.2) ج.م.م من غاز ثنائي أوكسيد الكبريت في الهواء كمعدل يرفع نسبة الوفيات في المجتمع بدرجة ملحوظة عند وجود غازات أخرى.

تركيز 1ج.م.م من غاز فلوريد الهيدروجين في الهواء يسبب تلف بعض الأشجار ومنها الخوخ .

ومن المهم الإشارة في هذا المجال الى تعبير جزء بالمليون هو عبارة عن نسبة كالنسبة المئوية بالضبط أو نسبة الجزء بالألف وقد جرت العادة على التعبير عن الملوحة في مياه البحر بهذه النسبة مثلا بسبب ارتفاع قيمتها.



أما الملوثات الغازية والعوالق الصلبة في الهواء فيمكن استخدام وحدة الوزن نسبة الى وحدة حجم من الهواء وتكون عادة اما اللتر أو المتر المكعب ويفضل ذكر درجة الحرارة والضغط الجوي مع التركيز. وفي الوقت الذي يمكن فيه اعتبار 1ملغرام من الملوث/ كيلوغرام من الماء أو التربة هو مساو لجزء واحد بالمليون فأن هذه العلاقة المباشرة لا تعتبر صحيحة بالنسبة للملوثات الغازية في الهواء إلا بعد تطبيق المعادلة التالية:

التركيز كجزء بالمليون = ملغرام / متر مكعب × (22.4) / الوزن الجزيئي للغاز الملوث

والمعلوم إن حساب الأوزان الجزيئية للغازات الملوثة يمكن حسابها بسهولة ومع ذلك فهي تذكر عادة في مثل هذه الحالات فمثلا :غاز ثنائي أوكسيد الكربون =44 و غاز ثنائي أوكسيد الكبريت =64 أو يمكن الاعتماد على التراكيز التالية محسوبة بالميكروغرام/ متر مكعب باعتبارها مساوية الى تركيز قدره واحد جزء بالمليون من كل غاز من الغازات المؤشرة إزاءها:

غاز أوكسيد النتريك=1230 مكغم/م^3

غاز ثنائي أوكسيد النتروجين =1880 مكغم/ م^3

غاز أوكسيد النتروز= 1800مكغم/م^3

غاز أحادي أوكسيد الكربون =1150مكغم/م^3

غاز الأوزون = 2000 مكغم/م^3

غاز ثنائي أوكسيد الكبريت =2600مكغم /م^3

رصد التلوث البيئي ومتابعة أثاره:

لقد أصبح التلوث البيئي ظاهرة شاملة لعموم الكرة الأرضية مهدد جميع المناطق الطبيعية والنظم البيئية وأحيائها من الحيوانات والنباتات فضلا عن اخطر التهديدات إلا وهي المجتمعات البشرية، بحيث بات من الضروري مراقبة التلوث البيئي وتحديد المصادر الملوثة والعمل على الحد منها ولأجل تسهيل تحقيق مثل هذا الهدف توجب على الجهات العلمية والمنضمات الدولية وضع أنظمة لمراقبة

التلوث وقياس تراكيز الملوثات في الهواء وفي مياه الأنهار والبحار وباقي أنواع المصادر المائية السطحية والجوفية وأجزاء البيئة الأخرى وتختلف أنظمة المراقبة البيئية هذه اختلافات كبيرة تتلاءم مع التنوع الكبير للملوثات والاختلافات الجذرية في تأثيراتها وهناك العديد من المنظمات التي تختص بالمراقبة البيئية ووضع الخطط اللازمة لذلك وترصد لها مبالغ طائلة سنويا ، ولعل أشهرها هو نظام المراقبة البيئية العالمي الذي تأسس عام 1971 باقتراح من الجنة العلمية لمشاكل البيئة المنبثقة عن المجلس الدولي للاتحادات العلمية وكانت باكورة أعمال المراقبة لهذا النظام قد عرضت في المؤتمر العالمي للبيئة المنعقد في ستوكهولم عام 1972. واليوم تشارك في أعمال المراقبة البيئة لهذا النظام ما يقارب 142 دولة اما أعمال المراقبة البيئية فتتركز على ما يلي من المشاريع :

- مراقبة الهواء بالغازات الملوثة المعروفة وهي اكاسيد النتروجين و الكبريت والكربون وغاز الأوزون والهيدروكربونات النفطية بالإضافة الى العوالق الصلبة أو الجسيمات المادية .
- مراقبة المناخ والتأثيرات المناخية لظاهرة الاحتباس الحراري على القطبين الشمالي والجنوبي ومستوى سطح البحر .
- المشاكل الرئيسية الأخرى في الهواء مثل مشكلة طبقة الأوزون والامطار الحمضية .
- ملوثات المياه ونوعية المياه في عموم العالم .
- مشاكل التلوث الغذائي ببعض المركبات ذات المنشأ البيئي (كالمبيدات الكلورية والفسفورية العضوية ومركبات الفنيل الكلورية والسموم الفطرية) والمعادن الثقيلة كالزئبق والكادميوم والرصاص .
- مراقبة التلوث الإشعاعي واستنفاذ الموارد الطبيعية وإزالة الغابات الطبيعية الاستوائية وتدهور التربة وانقراض الأحياء البرية والبحرية وتلوث البيئة البحرية .

وفي الحقيقة فأن هذه المشاكل البيئية تعتبر اليوم هي المحاور الرئيسية للعمل من اجل حماية البيئة في العالم. اما على النطاق التنفيذي أو المحلي ولأجل معرفة نوعية البيئة في موقع معين فأن إجراء أعمال الرقابة على المصادر الملوثة للبيئة ورصد تأثيراتها يجب إن تتركز عموما على الجوانب الرئيسية التالية:

1-مراقبة المصادر الملوثة للبيئة : وهي القياسات أو التقديرات المستمرة لمستويات التلوث الناتج عن مصدر معين ذي تأثير ملوث للبيئة مثل محطات معالجة مياه المجاري والمعامل الصناعية الملوثة للمياه (الصناعات الكيمياوية، الصناعات الغذائية الخ) والصناعات الملوثة للهواء مثل المعامل الطابوق ومحطات توليد القدرة الكهربائية وغيرها) بحيث تكون تراكيز ما ينبعث منها من ملوثات لا يتجاوز حدودا معينة تعرف بمواصفات الانبعاث (Emission) وهي تختلف من دولة لأخرى ولتحقيق العمل بمثل هذه المواصفات يجب ايجاد كواصفات أخرى لا تقل أهمية عنها وهي المواصفات النوعية للوقود وهي تشريعات تحدد الحدود القصوى من المواد المضافة الى الوقود كالرصاص في البنزين الذي يسبب تلوث الهواء المدن به أو بعض المكونات الطبيعية للوقود مثل بعض المركبات الكبريتية التي يؤدي احتراقها الى انبعاث غاز ثنائي أوكسيد الكبريت في الهواء فيتطلب الأمر التحكم في عمليات التصفية والإنتاج للحد منها. كما يستفاد من هذه المراقبة في تحديد كفاءة الطرق المتبعة في معالجة التلوث والحد منه ضمن ذلك المعمل أو المصدر الملوث للبيئة.

2-مراقبة الوسط المحيط: وهي متابعة تراكيز الملوثات في الهواء أو المياه أو التربة لمعرفة مدى تبعثر أو تشتت الملوثات في وسط ما وتأثير العوامل المناخية أو البيئية على تركيزه ، بحيث يمكن بعد قياسها ، التوصل الى ما يعرف بالمواصفات النوعية للبيئة ومن الأمثلة عليها مواصفات نوعية الهواء كما يمكن حساب تعرض الفرد الى التلوث ويقصد بالتعرض (Exposure) هو التركيز الذي يتعرض له الأفراد محسوبا كدالة للزمان والمكان معا، أي موقع الإنسان من مصدر التلوث وبالذات ارتفاعه بالنسبة للمصدر والفترة الزمنية التي استغرقها في خلال تعرضه وبذلك يكون التعرض هو بمثابة معيار للأثر البيولوجي للملوث ما على السطح النسيجي الخارجي أو الداخلي للجسم اما مقدار ما وصل إليه فعليا من كمية الملوث فيعرف بالجرعة (Dose) والتي تعرف بأنها كمية الملوث التي عبرت الأغشية البيولوجية للجسم في الفم والأنف والبلعوم والرئتين بالنسبة لملوثات الهواء أو الفم وباقي أجزاء القناة الهضمية بالنسبة لملوثات الماء والغذاء. وعلى ضوء مثل هذه الحسابات تجري دراسات تعرف بتقدير التعرض (Exposure Assessment) التي تلقي الضوء على أي الجماعات السكانية هي التي تتعرض فعليا أو قد تتعرض لأخطار التلوث والظروف المحيطة بذلك ومن ثم

إقرار مواصفات الحدود العليا المسموح بها(maximum allowable concentration) والتي تعتبر من أهم فقرات التشريعات البيئية.

تحتاج مراقبة الوسط المحيط الى جملة متطلبات من أهمها وسائل التحليل الآلي المتطورة والخاصة بمراقبة نوعية الهواء وأخرى لمراقبة نوعية المياه وهكذا كما تحتاج في الوقت نفسه الى خطط علمية صحيحة لنشر محطات الرصد أو المراقبة وفق معطيات المنطقة، وخبرات فنية كفوءة قادرة على الاضطلاع بمثل هذه الممارسات هذا بالإضافة الى التشريعات البيئية المناسبة.

1- مراقبة التأثيرات: وهي التعرف على شدة ودرجات التأثيرات السامة للملوثات على النظم الحية ومنها جسم الإنسان مقارنة مع ما يتعرض له من تلوث وتقدر عادة بواسطة الربط الإحصائي ما بين نوعيه البيئة في المنطقة ما وانتشار الحالات المرضية الناتجة عن التلوث البيئي وفي تلك المنطقة وتهتم العديد من المنظمات الدولية والإقليمية المعنية بشؤون البيئية بهذا النوع من الإحصائيات، وفي الوقت الذي يحظى فيه هذا النوع من المراقبة باهتمام كبير إلا انه يعاني من معوقات عديدة أهمها عدم توفر الأرقام والإحصائيات الدقيقة في جميع الأوقات ولجميع أجزاء البيئة وملوثاتها لا سيما وان مثل هذه الإحصائيات تعتمد بدرجة كبيرة على الاختصاصات العلمية ذات العلاقة والذي تتفاوت من مكان لأخر وعموما يمكن القول إن توفير هذه المعلومات يمكن استكماله من خلال ما يأتي:

- دراسة التراكيز الفعلية الموجودة في أجزاء البيئة أو الغذاء بواسطة مراقبة النوعية.
- تجارب على الانواع الحيوانية والنباتية لتوفير المعلومات حول الاستجابة أو ردود الفعل اتجاه مستويات مختلفة من الملوثات البيئية وحساب التراكيز الآمنة والحدود العليا المسموح بها.
- تجارب مسيطر عليها تجرى على بشر من المتطوعين بحيث يتم تعريضهم الى جرع مختلفة لواحد أو كثر من الملوثات غير الخطرة عادة ثم إخضاعهم لفحوص طبية وتحليلات مرضية تتلاءم وأنواع التأثيرات المتوقعة لذلك التعرض لملاحظة النتائج وتوثيقها.
- مراقبة أجواء العمل الملوثة وصحة العاملين وما يتعرضون له من حالات تلوث عرضية بسبب خلل أو عطب في الأجهزة والمنظومات والذي يؤدي الى انتشار الملوثات لفترات زمنية معلومة.
- الإحصائيات العامة الأخرى والدراسات الوبائية وحوادث الانتحار أو القتل العمد وغيرها.

تتأثر هذه الدراسات بعدد من العوامل خصوصا إذا ما طبقت على الإنسان مما يؤثر على دقة النتائج وقابلية تكراره وهذه العوامل هي

1-العمر: مما لا شك فيه إن قدرة البالغين الأشداء على تحمل جرع من الملوثات تفوق قدرة الأطفال أو الشيوخ وبذلك يعتبر العمر عاملا محددا في هذا المجال ومع ذلك فأن هذه الاختلافات الإحصائية لا تبدو واضحة جلية لكثير من الملوثات لا سيما عند تقسيمها حسب فئات عمرية صغيرة أي فئات ذات خمس سنوات أو عشر وعلى سبيل المثال فان الاختلافات في تراكيز بقايا المبيدات المتراكمة في الجسم البشري تبدو ضئيلة عند محاولة الربط ما بينها وبين العمر وان أمكن القول عموما تزداد عادتا بزيادة العمر.

2-العرق: هناك فروقا متميزة ما بين الأجناس البشرية في ردود فعلها اتجاه الملوثات وان كان هناك من يعتقد بأنها متسببة عنى عوامل أخرى غير الاختلافات العرقية.

3-الجنس: هناك أدلة تأكد إن الاختلافات في طبيعة فسلجة الجسم ما بين الذكر والأنثى مهما تكن ضئيلة فان لها تأثيرات على إحداث ردود فعل مختلفة اتجاه نفس التعرض ومن المثبت علميا إن الأنثى تتحمل جرعا أعلى نسبيا من المواد السامة القابلة للذوبان في الدهون مقارنة بتحمل جسم الذكر وقد تفسر هذه الظاهرة على أساس إن محتوى الدهون في جسم الأنثى أعلى من جسم الذكر مما يوفر قدر اكبر من توزيع وانتشار مثل هذه المادة السامة.

<u>الملوثات ومصادرها</u> (Pollutants and Sources)

المياه الملوثة تؤدي الى أمراض خطير وإن تغير طبيعة الماء وفقدانه خواصه الحيوية يعتبران من أخطر المشاكل التي تؤدي إلى خلل بيئي كبير وحدوث أضرار بالغة ذات أخطار جسيمة بالكائنات الحية.

تتضمن ملوثات الماء:

1-المخلفات الصناعية: تشمل كافة المواد المتخلفة عن الصناعات الكيميائية والتعدينية والتحويلية والزراعية والغذائية، التي يتم تصريفها إلى المسطحات المائية، والتي تؤدي إلى تلوث الماء بالأحماض والقلويات والأصباغ والمركبات الهيدروكربونية والأملاح السامة والدهون والدم والبكتيريا.

2-مياه المجاري: ثمة دول كثيرة تقوم بتصريف مياه المجاري إلى المسطحات المائية كالأنهار والبحار والبحيرات رغم ما لذلك من أخطار حيت تكون هذه المياه ملوثة بالمواد العضوية والمواد الكيميائية (كالصابون والمنظفات الصناعية) وبعض أنواع البكتيريا والميكروبات الضارة، إضافة إلى المعادن الثقيلة السامة والمركبات الهيدروكربونية. و أن المواد العضوية الموجودة في مياه المجاري تتسبب في حدوث ظاهرة تعرف بالإثراء الغذائي Eutrophication التي تعد من أهم الظواهر الطبيعية المحدثة للتلوث في المسطحات المائية والشواطئ، إذ يؤدي ارتفاع نسبة المواد العضوية في الماء إلى زيادة في عمليات الأيض (التمثيل الغذائي التي تقوم بها الطحالب مما يؤدي إلى تكاثرها وتبعاً لذلك تنشط البكتيريا وتزيد من عمليات التحلل البيولوجي للطحالب مما يؤدي إلى تقليل نسبة الأوكسجين المذاب في الماء فيؤدي إلى الهلاك الجماعي للأسماك والأحياء المائية وتعفن المياه وعدم صلاحيتها وانبعاث مواد وروائح كريهة منها.

و من الأمراض الخطرة التي تصيب الإنسان بواسطة مياه المجاري غير المعالجة، على سبيل المثال:

- بكتيريا السالمونيلا (Salmonella) تسبب أمراض حمى التيفوئيد والنزلات المعوية .
- بكتريا الشيجالا (Shigella) وطفيليات الجياردیا والاميبا تسبب أمراض الإسهال.
- بكتيريا الإشريشيا كولاي (Escherichia coli) تسبب أمراض الجفاف(Dehydration) عند الأطفال بصفة خاصة .

أما بكتيريا الفيبريو (Vibrio) فتسبب مرض الكوليرا.

-بكتيريا اللبتوسبيرا (Leptospira) فينجم عنها حدوث التهابات الكلى والكبد والجهاز العصبي المركزي .

3- العناصر السامة اما العناصر التي تؤثر سمومها على خلايا المخ والدم والعظام، فتشمل:

- الرصاص:

تتعرض المسطحات المائية للتلوث نتيجة لغرق السفن المحملة بمنتجات كيميائية يدخل الرصاص في تكوينها أو عندما تلقي بعض المعامل الكيميائية المطلة على هذه المسطحات نفاياتها وفضلاتها إلى المياه البحرية. ويتركز الرصاص في الأنسجة اللحمية للأسماك والأحياء المائية ومنها ينتقل للإنسان مؤدياً إلى حوادث التسمم بالرصاص التي تسبب الموت البطيء وهلاك خلايا المخ.

-الزئبق:

يكمن خطر الزئبق السام في انتقاله خلال سلسلة الغذاء من النباتات أو الأسماك إلى الثدييات والبشر، ويهاجم خلايا المخ والجسم ويقتلها، ولا يوجد علاج حقيقي لحالات التسمم الناتجة عن الزئبق. ويتم تلوث المياه بعنصر الزئبق من مصادر عديدة، منها: المخلفات الصناعية (كيميائيات – بترو كيميائيات –معادن) ، محطات تقطير المياه، المخلفات والنفايات، مياه الصرف الزراعية، مصانع إنشاء السفن و مخلفاتها (تقدر بـ 12500 طن زئبق/ سنوياً)، المياه المستخدمة في إخراج المعادن، مخلفات مياه المجاري. وتعد الزيوت والمبيدات المستخدمة لمكافحة الفطريات Fungicides وأنواع أخرى من الفطريات الغروية Slimicides من أخطر المصادر الملوثة للبيئة البحرية بعنصر الزئبق.

-الكادميوم:

يمكن أن يتجمع هذا العنصر السام في أنسجة الأحياء المائية، حينما يتم تصريف النفايات الصناعية المحتوية على الكادميوم إلى المسطحات المائية، ومن ثم ينتقل إلى الإنسان عند تناوله الأغذية المحتوية على هذه الأحياء. ويتسبب التسمم بالكادميوم بإحداث تغيير في تركيب الدم، ويهاجم العظام ويؤدي إلى قصر طولها .

4- مواد كيميائية، مياه الأمطار الحمضية، ومياه المجاري: تتسلل إلى الطبقات الجيولوجية تحت السطحية للقشرة الأرضية فتلوث المياه الجوفية بما جمعت من ملوثات موجودة بالهواء، مثل أكاسيد النيتروجين والكبريت و ذرات التراب.

5- الأسماك وطيور البحر والدلافين والأحياء المائية الميتة بسبب تلوث المسطحات المائية.

6- النفط:

من أكثر مصادر التلوث المائي انتشاراً و تأثيرا، فهو يتسرب إلى المسطحات المائية إما بطريقة لا إرادية (غير متعمدة) كما هو الحال في انفجار آبار النفط البحرية أو بطريقة متعمدة كما حدث في حرب الخليج وغيرها، كما تتعمد بعض الناقلات البحرية إلقاء المياه المستعملة في غسيل خزاناتها في أعالي البحار أو قبالة السواحل. ويؤدي تلوث المسطحات المائية بالنفط إلى موت طيور البحر والأسماك والدلافين والأحياء المائية الأخرى.

7- المبيدات الحشرية:

تنساب مع مياه الصرف إلى المصارف، كما تلوث مياه الترع والسواقي والقنوات التي تغسل فيها معدات الرش وآلاته. يؤدي ذلك إلى قتل الأسماك والأحياء المائية، وأيضاً نفوق المواشي والأنعام التي تشرب من المياه الملوثة بهذه المبيدات.

8- المفاعلات النووية:

تتسبب في التلوث الحراري لمياه المسطحات المائية، وذلك حينما يتم تصريف المياه المستعملة في تبريد المفاعلات إلى هذه المسطحات. يؤدي ذلك إلى إلحاق أضرار كبيرة بالأحياء المائية مع احتمال حدوث تلوث إشعاعي للمياه.

9-البلاستيك:

يؤدي إلى إلحاق الضرر بالأسماك والطيور والثدييات البحرية أو قتلها فصغار السلاحف البحرية على سبيل المثال تلتهم أكياس البلاستيك العائمة ظناً منها أنها قناديل البحر ومن ثم تموت نتيجة انسداد أمعائها بهذه الأكياس التي لا تهضم. إذ تخدع حبيبات اللدائن الطيور البحرية حينما تراها طافية فوق سطح الماء فتظنها بيض سمك فتلتقطها، وتتجمع تلك الحبيبات في أمعائها وتقودها إلى الموت البطيء والأمر المزعج في مشكلة التلوث المائي بالبلاستيك هو أن هذه المواد لا تتحلل في الماء وتظل مصدر خطر على الأحياء المائية.

وقاية الماء: وقاية الماء من التلوث هو الإبقاء على المياه في حالة كيميائية لا تسبب الضرر للإنسان والحيوان والنبات ومنها:

- بناء المنشآت اللازمة لمعالجة المياه الصناعية الملوثة، ومياه المخلفات البشرية السائلة، والمياه المستخدمة في المدابغ و المسالخ وغيرها، قبل تصريفها نحو المسطحات المائية النظيفة. مراقبة المسطحات المائية المغلقة مثل البحيرات وغيرها، لمنع وصول أي رواسب ضارة أو مواد سامة إليها.

- إحاطة المناطق التي تُستخرج منها المياه الجوفية المستخدمة لإمداد التجمعات السكانية بحزام يتناسب مع ضخامة الاستهلاك، تُمنع فيه الزراعة أو البناء أو شق الطرق، وزرع هذه المناطق بالأشجار المناسبة.

- تطوير التشريعات واللوائح المنظمة لاستغلال المياه، ووضع المواصفات الخاصة بالمحافظة على المياه، وإحكام الرقابة على تطبيق هذه اللوائح بدقة وحزم.

- الاهتمام الخاص بالأحوال البيئية في مياه الأنهار وشبكات الري والصرف والبحيرات والمياه الساحلية، ورصد تلوثها، ووضع الإجراءات اللازمة لحمايتها من التلوث الكيميائي.

- تدعيم وتوسيع عمل مخابر التحليل الكيميائي والحيوي الخاصة بمراقبة تلوث المياه، وإجراء تحاليل دورية للمياه للوقوف على نوعيتها.

- نشر الوعي البيئي بين الناس وتعويد الصغار قبل الكبار على المحافظة على المياه من التلوث.

أخطر الملوثات في العالم

أخطر مصادر التلوث في العالم وفقاً لتقرير صدر مؤخراً عن معهد بلاك سميث للأبحاث البيئية في الولايات المتحدة ومنظمة غرين كروس في سويسرا بعنوان أسوأ مشاكل التلوث في العالم (العشرة الأكثر سمّية). هي التنقيب عن الذهب بوسائل بدائية، المياه السطحية الملوثة، تلوث المياه الجوفية، تلوث الهواء، صناعات التعدين، صهر المعادن ومعالجتها، النفايات المشعة ومناجم اليورانيوم، مياه الصرف الصحي غير المعالجة، نوعية الهواء في المدن، إعادة تدوير بطاريات السيارات. وتشير دراسة أجراها فريق أبحاث من جامعة كورنيل في نيويورك الى أن نحو 40 في المائة من الوفيات حول العالم تعزى مباشرة الى التلوث، ومعظمها يحدث في بلدان نامية. كما أن التلوث يعرض للخطر نوعية حياة ملايين آخرين من خلال أمراض دائمة واضطرابات عصبية وتقصير العمر.

عرض لمصادر التلوث العشرة الأكثر سمية وانعكاساتها الصحية.

1- التنقيب عن الذهب بوسائل بدائية التنقيب اليدوي عن الذهب الذي يأتي بأكثر من ربع الإنتاج العالمي هو من أبرز مصادر إطلاق الزئبق الى البيئة في العالم النامي. فالمنقبون يمزجون الزئبق بالطمي النهري الحامل لخامات الذهب، فيتكون مزيج (مَلْغم) مقسَّى يحوي معظم الذهب الموجود في الطمي. ثم يسخن المزيج بواسطة مواقد اللِّحام أو على نار مكشوفة لتبخير الزئبق، فتبقى قطع صغيرة من الذهب. الزئبق يستنشق خلال عملية الحرق، كما يستقر في البيئة المحيطة أو ينتقل ليترسب بعيداً عن الموقع، حيث تمتصه أنواع مختلفة من الكائنات الحية. وهو من أخطر السموم العصبية التي تلوث السلسلة الغذائية.تقدر منظمة الأمم المتحدة للتنمية الصناعية (يونيدو) أن عمليات المزج (الملغمة) هذه تطلق في الطبيعة نحو 1000 طن من الزئبق سنوياً. والتعرض للزئبق قد يسبب اضطرابات كلوية، التهاب المفاصل، فقدان الذاكرة، الإجهاض، انقطاع التنفس، اضطرابات عقلية و أضراراً عصبية حتى الموت.

2- المياه السطحية الملوثة الملوثات الرئيسية في النظم المائية هي البكتيريا والفيروسات الموجودة في الفضلات البشرية، والمعادن الثقيلة، والمواد الكيميائية العضوية التي تنتج من النفايات الصناعية. و ابتلاع كائنات ممرضة عن طريق الشرب أو تناول طعام تم إعداده باستعمال ماء ملوث هو السبيل الأكثر شيوعاً للمرض. كما تتأثر صحة الإنسان بمحاصيل استمدت ملوثات من مياه الري أو من أراض طافت بمياه أنهار ملوثة. تتسبب الجراثيم بعدد من الأمراض المعديّة المعوية التي قد تكون مميتة للأطفال وللأشخاص الضعفاء. و تظهر بيانات منظمة الصحة العالمية أن تلوث المياه هو أحد أهم أسباب الوفيات المرتبطة بعوامل بيئية. وغلي الماء يقضي على معظم الكائنات الممرضة، لكنه يحتاج الى وقود لا يتوافر كفاية لدى المجتمعات الفقيرة.

3- تلوث المياه الجوفية يعتمد مئات ملايين الناس في العالم النامي على المياه الجوفية من خلال آبار محفورة. وهذه يمكن أن تتلوث بسهولة نتيجة أنشطة بشرية تصنف في أربع مجموعات، هي المصادر البلدية والصناعية والزراعية والفردية. وتشمل المصادر البلدية مكبات النفايات المكشوفة و المطامر سيئة الإعداد والصيانة و المجاري. أما التلوث الصناعي فقد يأتي من تصريف المياه والنفايات الصناعية و ارتشاحها وتسرب المواد الكيميائية من المخازن. ويأتي التلوث الزراعي أساساً من الإفراط في استعمال المبيدات والأسمدة التي قد تترشح الى المياه الجوفية. ويتسبب الأفراد في تلويث المياه الجوفية من خلال التخلص من النفايات بشكل غير مناسب. ومن التأثيرات الصحية للمياه الملوثة الإسهال وتهيج المعدة، كما أن تراكم المعادن الثقيلة وبعض الملوثات العضوية في الجسم يمكن أن يؤدي الى الإصابة بالسرطان وبتشوهات خلقية وأضرار خطيرة أخرى.

4- تلوث الهواء الداخلي أهم سبب لتلوث الهواء داخل المنازل في العالم النامي هو حرق الفحم أو الحطب لأغراض الطبخ والتدفئة والإضاءة. و يحصل أكثر من 50 في المائة من سكان العالم على الطاقة اللازمة للطبخ بهذه الطريقة. وبسبب سوء التهوية عادة، تنتج تركيزات من الأبخرة السامة داخل المنازل تشكل خطراً صحياً على العائلات. والأكثر تأثراً هم النساء اللواتي يتولّين الطبخ، والأطفال الصغار الذين يلازمون أمهاتهم.تلوث الهواء الداخلي يساهم بنحو 3 ملايين وفاة سنوياً، ويشكل 4 في المائة من العبء المرضي العالمي. ومن تأثيراته الصحية الالتهابات التنفسية الحادة والانسداد الرئوي المزمن وسرطان الرئة وإعتام عدسة العين (كتراكت) والسل واضطرابات الحمل والولادة.

5- صناعة التعدين التلوث الأكبر من المناجم هو نتيجة التخلص من النفايات المعدنية. وتحوي الخامات المهمة اقتصادياً عناصر كيميائية كثيرة، بعضها سام. وقد ترشح الى المياه الجوفية، أو تنتقل بفعل الرياح، أو تستهلكها النباتات والحيوانات في السلسلة الغذائية البشرية، أو تدخل الجسم بطرق مختلفة مثل الاستنشاق أو الملامسة أو تناول طعام أو ماء ملوث.الأضرار الصحية الناجمة عن التلوث من المناجم غالباً ما تكون مزمنة، من تهيج العينين والحنجرة والأنف والجلد الى أمراض الجهاز الهضمي والجهاز التنفسي والدورة الدموية والكليتين والكبد، ومن السرطانات المتنوعة الى تلف الجهاز العصبي واضطرابات النمو والعيوب الخلقية.

6- صهر المعادن ومعالجتها تنفث مرافق صهر المعادن ومعالجتها كميات كبيرة من الملوثات الهوائية، مثل فلوريد الهيدروجين وثاني أوكسيد الكبريت و اكاسيد النيتروجين والأدخنة والأبخرة والغازات المؤذية والسامة وسواها. كما تطلق معادن ثقيلة مثل الرصاص والزرنيخ والكروم و الكادميوم والنيكل والنحاس والزنك. وتُستهلك في معالجة المعادن كميات كبيرة من حمض الكبريتيك الذي ينطلق أيضاً. العاملون في هذه المرافق هم الأكثر تعرضاً للملوثات عن طريق الاستنشاق أو التماس المباشر. وقد تستقر طبقات من الغبار

الملوث على حقول زراعية مجاورة، فتمتصه المحاصيل التي يستهلكها الناس. ويمكن أن تدخل الملوثات السائلة والصلبة الى المجاري المائية المستعملة لأغراض الشرب. التعرض لهذه الملوثات التي ينقلها الهواء يمكن أن يؤدي الى أمراض حادة ومزمنة، قد تبدأ بتهيج العينين والأنف والحنجرة، وتتفاقم الى مشاكل القلب والرئتين وحتى الموت قبل الأوان. وتشكل المعادن الثقيلة أخطاراً صحية مزمنة، بما فيها تراكم العناصر السامة، مما قد يتسبب في عيوب خلقية ومشاكل في الكليتين والكبد وتقرحات في القناة الهضمية وآلام في المفاصل، فضلاً عن اختلال في الأجهزة العصبية والتنفسية والتناسلية.

7- النفايات المشعة ومناجم اليورانيوم تستعمل المواد المشعة لتوليد الطاقة ولأغراض عسكرية وصناعية وطبية وعلمية. أما النفايات المشعة فتصنف ضمن فئتين :نفايات عالية المستوى تنتج بشكل رئيسي من الوقود المستعمل في مفاعلات مدنية أو عسكرية، ونفايات منخفضة المستوى تنتج من المفاعلات والاستعمالات الصناعية والتجارية وغيرها. والمواد المشعة لا يمكن معالجتها، ولا يزول خطرها إلا عندما تكمل انحلالها .ولأن ذلك قد يستغرق آلاف السنين، يجب تخزين هذه المواد حسب الأصول.الدقائق المشعة يمكن أن تدخل الجسم من خلال الطعام أو الماء أو الهواء. ولا يوجد مستوى مأمون للتعرض الإشعاعي. وقد تكون تأثيراته دراماتيكية، فيهاجم جميع وظائف الجسم في حالات التعرض الحاد، وغالباً ما يتسبب بعدد من الأمراض السرطانية نتيجة التعرض الطويل الأمد، أو يؤثر في الشفرة الوراثية مما يؤدي الى مشاكل صحية تنتقل الى الأجيال التالية وتسبب تشوهات خلقية.

8- مياه الصرف الصحي غير المعالجة تقدر منظمة الصحة العالمية أن 2,6 بليون نسمة كانوا يفتقرون الى مرافق خدمات صحية محسنة عام 2008 .ومن الكائنات المهددة لحياة الإنسان التي تنقلها مياه الصرف الصحي الكوليرا و التيفوئيد و الديزنتري والبلهارسيا والتهاب الكبد والتهابات الدودة الشريطية المعوية. و تقدر منظمة الصحة العالمية أن من الممكن تجنب مليون ونصف مليون وفاة في السنة، معظمها لأطفال صغار، بتأمين مياه نظيفة أو مرافق خدمات صحية. و يموت سنوياً 860 ألف طفل آخر دون الخمس سنوات كنتيجة لنقص الوزن أو سوء التغذية المرتبطين بتكرار الالتهابات التي يسببها الإسهال أو الديدان المعوية.

9- هواء المدن تقدر منظمة الصحة العالمية أن 865 ألف وفاة سنوياً في أنحاء العالم تعزى مباشرة الى تلوث الهواء خارج المنازل. وترتبط التأثيرات الصحية الرئيسية بإجهاد قلبي وعائي مزمن وازدياد إصابات سرطان الرئة والالتهاب الرئوي الحاد أو المزمن ونوبات الربو والحساسية. كما أن التعرض للأوزون الأرضي يتسبب بتهيج العينين والأنف والحنجرة، وجفاف الأغشية المخاطية، وانخفاض قدرة الجسم على مقاومة الالتهابات الرئوية. ومن التدابير التي ساهمت في الحد من تلوث الهواء تطوير المحول الحفاز في السيارات، واستعمال البنزين الخالي من الرصاص و الديزل قليل الكبريت وفرض معايير صارمة على انبعاث عوادم المصانع ومحطات الطاقة.

10- تدوير بطاريات السيارات تصنف بطاريات السيارات التالفة في فئة النفايات الخطرة بموجب اتفاقية بازل. وقد فتحت عدة بلدان نامية باباً واسعاً لشرائها بكميات كبيرة من أجل استخلاص الرصاص منها. وتجرى عمليات إعادة تدوير البطاريات وصهر رصاصها في معظم مدن العالم النامي، وغالباً في أماكن مكتظة بالسكان ومن دون ضوابط صحية وبيئية أو تدابير سلامة، وتطلق كميات كبيرة من النفايات المشبعة بالرصاص، وهذا يسبب تسمماً خطيراً للعمال والمجتمعات المجاورة.وقد يؤدي التسمم بالرصاص الى الشعور بالتعب والصداع وألم العظام والعضلات والنسيان وفقدان الشهية واضطراب النوم. وغالباً ما يعقب ذلك إمساكا ونوبات من الألم الشديد في البطن. وفي الحالات المتطرفة تحدث تشنجات وغيبوبة وهذيان، وصولاً الى الموت. والأطفال هم الأكثر عرضة للتسمم بالرصاص من البالغين، وقد يعانون من تلف عصبي وألم وإعاقة في النمو الجسدي والعقلي. أما تعرض النساء الحوامل فقد يؤدي الى أذى للجنين والى ولادات مشوهة. وقد أدخلت في بعض البلدان تحسينات على عمليات إعادة تدوير البطاريات، وباتت أكثر تنظيماً. لكنها في كثير من البلدان الأشد فقراً ما زالت تجرى بطرق عشوائية محفوفة بالأخطار الصحية والبيئية. تلوث الهواء الداخلي مشكلة شائعة في الأحياء الفقيرة، كما في الأكواخ في كلكتا بالهند.