الفصـل الأول

التلـوث البيئـي

Environmental Pollution

تمهيـد:

يواجه الإنسان المعاصر مشاكل عديدة ومتنوعة، ولكن تعد مشكلة التلـوث البيئـي مـن القضايا المهمة، بل من أخطر مشكلات العصر وأكثرها تعقيدًا وأصعبها حلًّا؛ لأنهـا مـشكلة ذات أبعاد صحية واجتماعية واقتصادية، لما يترتب عليها من آثار، ولذلك فإنه من الطبيعي أن يحتل الاهتمام بها أولوية متميزة على سلم أولويات العلوم التطبيقية والإنسانية على حدٍ سواء.

ولقد شهدت قضايا البيئة تطورات جذرية منـذ انعقـاد المـؤتمر الأول للأمـم المتحـدة في استوكهولم عام 1972م، حيث تغيرت النظرة إلى البيئة وازداد الـوعي بأهميتهـا وأثرهـا عـلى صحة الإنسان، وخصوصًا مع اعتمادنا في العقود الأخيرة من عصرنا الحديث عـلى المنتجـات الكيميائية والتكنولوجيات واسعة النطاق.

ويرجع ذلك الاهتمام الشديد بالقضايا البيئية؛ لأنه نشأ عـن التلـوث البيئـي مـشكلات تتعلق بصحة الإنسان وسلامته؛ بسبب ازدياد نـسبة الأمـراض التـي يطلـق عليهـا أمـراض التلوث البيئي، ومنها حدوث تشوهات الأجنة وزيادة نسبة الأمـراض الوراثيـة والأمـراض الخبيثة والمستعصية وغير ذلك، ولذلك فإنه يجب أن تكون نظرتنا إلى البيئة ليست كنظرتنا إلى مواضيع أخرى عديدة، سواء أكانت سياسية أو اقتصادية أو ثقافية.

لذا يجب أن نتعامل مع مشاكل التلوث البيئى ليس فقط على أنها مجرد قضية تلوث بيئـي، ولكن يجب أن تعالج مشاكل التلوث البيئى بوصفها قـضية تنميـة وإدارة واسـتغلال المـوارد الطبيعية بالأسلوب الأمثل، ولا يجب تبسيطها واعتبارها مسألة عادات وسـلوكيات خاطئـة وسيئة في المجتمع ، بل يجب اعتبارها قضية قومية ذات أولوية مهمة يتطلـب لحلهـا مـشاركة حكومية وشعبية، وفعالية أكثر للمؤسسات الإعلامية بالمجتمع، فضلًا عـن دور أكاديميـات البحث العلمي والمراكز البحثية المتخصصة.

تعريف البيئة:

يجب في البداية وقبل الحديث عن التلوث البيئي أن نتعرف في إيجاز على البيئة ومكوناتها: فالبيئة لغة اسم بمعنى المنزل الذي يأوي إليه الإنسان أو الحيوان ويقيم فيه، والبيئة علميًّا مفهوم يتسع مدلوله ليشمل كل الظروف والعوامل الخارجية التي تحيط بالكائنات الحية وتؤثر في العمليات الحيوية التي تقوم بها، والإنسان أهم مكونات البيئة وهو دائم التأثير فيها والتأثر بها.

وبناءً على التعريف السابق، فالبيئة هي ذلك الوسط الذي يعيش فيه الإنسان والكائنات الحية الأخرى، ويشمل ذلك الوسط الأرض والماء والهواء وما يحويه كلٌّ منها من أساسيات الحياة. فالأرض هي المكان الذي يعيش فيه الإنسان، والتربة هي وسط الحياة للنبات حيث تتوفر بها الماء والأملاح الضرورية لحياته، وفي الغلاف الجوي للأرض يوجد الهواء المكون من غازات مهمة للحياة، منها الأكسجين وثاني أكسيد الكربون والنيتروجين وغيرهم. أما الماء فهو السائل الذى جعل الله منه كل شيء حي، حيث تتم فيه التفاعلات البيولوجية والذي لا يمكن للحياة أن تستمر بدونه. كل ذلك يتحرك جميعًا في توازن طبيعي ومستمر، ولكن هذا التوازن بدأ يختل وتفسد مكونات البيئة نتيجة لاستنزاف الموارد الطبيعية أو التدخل البشري لاستغلال هذه الموارد ولكن بصورة سيئة، ومن هنا يمكن وضع **مفهوم عام للتلوث**: " أنَّه أيَّ تغير كمي أو نوعي لعناصر ومكونات البيئة تفوق قدرتها الاستيعابية، شرط أن يؤدي إلى إضرار بحياة الكائنات الحية بما فيها الإنسان أو قدرة النظم البيئية على الإنتاج"، وقد يرجع ذلك إلى زيادة عدد السكان وتطور نمط وأسلوب الحياة، حيث بدأ الطلب يتزايد على الموارد الطبيعية.

ولقد شهدت العقود الأخيرة مرحلة التطور الصناعي الكبير، فاخترعت الآلات الصناعية ووسائل النقل الحديثة مثل القطارات والسفن والسيارات والطائرات وغيرها، واستخدمت الطاقات المختلفة لتحريك هذه الآلات وخاصة طاقة النفط وما نتج عنها من تلوث، واستخدمت الأسمدة والمبيدات الكيميائية بغرض زيادة الإنتاج الزراعي، ولكن استعملت بصورة خاطئة مما أدى إلى فساد البيئة الزراعية.

أسباب تفاقم مشكلات التلوث البيئي:

توجد عدة أسباب أدت إلى تعاظم المشكلات الناجمة عن التلوث البيئي، خاصةً وأنّ

عالمنا يزداد اعتماده أكثر فأكثر على المنتجات الكيميائية والتكنولوجيات واسعة النطاق ، ويمكن إجمال هذه الأسباب في الأتي:

1- الزيادة الهائلة في عدد السكان وخاصة في الدول النامية والتي لا تستغل هذه الأيدي العاملة في الإنتاج، مما أدى إلى زيادة الفجوة الغذائية .

2- استنزاف مصادر الثروة الطبيعية من قبل الدول الصناعية، وخاصة أثناء استعمارها لبعض الدول .

3- التقدم الصناعي الذي أدى بدوره إلى إنتاج مواد جديدة وغريبة على البيئة لاتتحلل بسهولة .

4- اتباع أساليب الزراعة المكثفة والتوسع في استعمال الأسمدة الكيميائية والمبيدات .

5- عدم معالجة المخلفات الناتجة عن النشاطات المختلفة بأسلوب علمي أولًا بأول، مما أدى إلى تراكمها في البيئة .

6- عدم التحكم في الملوثات، وخاصة تلك التي تنتشر في الهواء أو تتحرك عبر الماء .

7- كثرة حوادث ناقلات النفط والكوارث الإشعاعية .

8- عدم اهتمام الحكومات بمشكلة البيئة إلَّا مؤخرًا، بالإضافة إلى وجود نقص في التخطيط أو سيادة التخطيط العشوائي بشكل عام.

عالمية التلوث:

قد يظن البعض أن مشكلة التلوث البيئي هى مشكلة إقليمية وليست عالمية، ولكن الواقع غير ذلك، فهي مشكلة عالمية وليست محلية أو إقليمية، وشعرت بها كل دول العالم كبيرها وصغيرها، الصناعية منها وغير الصناعية، وأصبحت تدرك تمامًا خطورة المشكلة، وأخذت تسعى جاهدةً من خلال سن القوانين والتشريعات الصارمة للحد أو التقليل من التلوث البيئي؛ وذلك لأن الملوثات لاتعرف حدودًا سياسية أو فواصل طبيعية بين الدول والقارات؛ لأنها تنتشر بلا عوائق ولا سدود، بسبب الدورات الهوائية والتيارات المائية والتجارة الدولية.

والحقائق التالية تثبت أنَّ مشكلة التلوث عالمية وليست محلية:

1- تساقط كميات هائلة من الملوثات على كثير من الدول الأوروبية عن طريق الأمطار "مثل بعض المبيدات والأحماض" والتي لم تنتج في هذه الدول، بل أنتجت في مناطق ملوثة وانتقلت عن طريق الهواء والأمطار، فعلى سبيل المثال: تعتبر سويسرا والسويد من أنظف البيئات في العالم، ورغم ذلك تتساقط عليها أمطار حامضية شديدة التلوث ناتجة من دول مجاورة .

2- مشكلة تلوث البحار والأنهار مشكلة عالمية، فمثلًا: لا توجد مدينة محددة تكون هي المسئولة عن تلوث البحر المتوسط، حيث تقوم (120) مدينة من أصل (18) دولة بتلويث البحر الذي تحوله إلى مستنقع كبير.

3- انتقال الملوثات عبر الرياح من مكان ملوث إلى مكان آخر غير ملوث.

4- تصدير واستيراد المواد الغذائية من مناطق ملوثة إلى أخرى غير ملوثة.

5- مشكلة ثقب الأوزون والتي تشترك فيها كل دول العالم، حيث يعتبر الكل مسئولًا عنها، ولذلك فقد بدأت منظمة الأمم المتحدة بتطبيق الاتفاقيات والقوانين الدولية بدءًا من اتفاقية أستكهولم عام 1972 وحتى اتفاقية البرازيل الأخيرة، وكذلك اتفاقية (كيوتو) للاحتباس الحراري.

6- ظهور مواد ملوثة وإشعاعية في عظام وجثث بعض موتى الإسكيمو رغم إجراء التجارب النووية في المحيط الهادي في مواقع بعيدة عن الإسكيمو.

ويمكن إجمال أنواع التلوث البيئي في خمسة أنواع، وسيأتي الحديث عنها لاحقًا في مكانه:

1- التلوث البيئي الكيميائي.

2- التلوث البيئي البيولوجي.

3- التلوث البيئي الطبيعي الكوني.

4- التلوث البيئي الفيزيائي والإشعاعي.

5- التلوث غير المادي.

وإن كنا نرى أن أخطر أنواع **الملوثات المادية** هو التلوث البيئي الكيميائي بسبب تنوعه وتعدد مصادره وكثرة أسبابه، فضلًا عن خطورته الشديدة والمباشرة على سلامة وصحة الإنسان وتهديده للحيوان والنبات على حد سواء، بل وصل الأمر إلى أنه يهدد الحياة على كوكب الأرض؛ لأن هذا التلوث أدى إلى تلوث الماء والهواء والغذاء والتربة، وكان له تأثيره المباشر في حدوث كوارث طبيعية مثل الثقب في طبقة الأوزون، فضلًا عن الأمطار الحامضية وغير ذلك الكثير، كما سيتضح ذلك جليًّا في الأبواب التالية من هذا الكتاب.

المنظمات الدولية وعلاقتها بالبيئة والتلوث:

النظم البيئية مثل الغابات والأنهار تعمل طبيعيًّا على تحسين خواص وصفات البيئة، مثل: تحسين خواص الماء والهواء، وتمد الإنسان بالغذاء والأعشاب الدوائية ، وحيث إن التلوث له تأثير ضار على هذه المصادر الطبيعية؛ لأن التلوث يعمل على القضاء على هذه الوظائف المهمة للبيئة.. كما أن للتلوث عواقب وخيمة يكون أحيانًا من الصعب التنبؤ بها، فمثلًا عدم مقدرة العلماء على التنبؤ بالأخطار التي سوف تنجم عن ثقب طبقة الأوزون، وهي الطبقة التي تحمي الكرة الأرضية من تأثير الأشعة فوق البنفسجية الضارة، كما أن هناك تأثيرًا آخر سيئًا للتلوث إلى جانب تأثيره على صحة الإنسان والاقتصاد والموارد الطبيعية، وهو التأثير الاجتماعي، فنجد الفقراء لا يتحصلون على القدر الكافي من الحماية من التلوث مقارنة بالأشخاص الأغنياء، فنجد أن مخازن المخلفات السامة والمشروعات الكيميائية وأماكن إلقاء المخلفات الصلبة غالبًا تقع في أماكن تجمعات الأشخاص ذوي الدخل المحدود من الفقراء، وذلك هو الحال مع الدول بالنسبة لبعضها البعض، فالدول النامية تعتبر مقبرة النفايات الصناعية والإشعاعية للدول الصناعية الكبرى.

وعلى ذلك فقد وضعت العديد من المنظمات الدولية معايير ومواصفات قياسية لضبط الحدود المسموح بها من العناصر والمركبات في التربة والمياه والهواء والأطعمة والأغذية.

وهذه المنظمات المتعارف عليها دوليًّا :

1- منظمة الصحة العالمية (WHO)

World Health Organization

2- وكالة حماية البيئة الأمريكية (USEPA)

United State Environmental Protection Agency

3-منظمة الأغذية الزراعية الدولية (FAO)

Food Agricultural and Organization

4- - قسم حفظ البيئة بولاية نيويورك بأمريكا (NYSDEC)

New York State Department of Environmental Conservation

5 - الاتحاد الأوروبي (UNIDO)

6- معايير صادرة عن الجمعية الأمريكية للتحاليل والمواد (ASTM)

American Society for Testing and Material

7- المواصفات والمقاييس العربية

Arabian Standard Specifications

كيمياء البيئة :

إن تطور علم الكيمياء قد أدى إلى استحداث طرق جديدة ومنتجات عديدة تغلغلت داخل المجتمع الإنساني، وكثير من هذه المنتجات لم تكن معروفة منذ خمسين عامًا مضت، فمثلًا: أدخل الإنسان العديد من التطورات على البيئة الزراعية بهدف زيادة الإنتاج الزراعي لتأمين غذائه، مثل: الأسمدة والمبيدات، والتي كان لها الأثر الخطير على الصحة العامة وخصوصًا بعد الاستخدام السيئ والمفرط لها، بالإضافة إلى أنَّ مخلفات الصناعات الكيميائية عديدة ومتنوعة، منها الغازي والسائل والصلب والإشعاعي، وكلُ منها له تأثيره السلبي على الهواء والماء والغذاء والتربة والإنسان والحيوان.

لذلك فإنَّ الآثار السيئة نتيجة لمخلفات الصناعات الكيميائية أو الاستخدام غير الأمثل للكيميائيات لا يؤدي إلى تلوث البيئة فقط، بل أدى إلى تفاقم وتعاظم المشاكل البيئية المتعددة والمختلفة. ولذلك نشأ في العصر الحديث مصطلح **كيمياء البيئة**، والغرض منه هو منع أو على الأقل الحد من انتشار التلوث البيئي بالكيميائيات الضارة.

ولكن نستطيع القول بأن حل المشاكل البيئية يتطلب إيجاد نظام متطور للرقابة البيئية، حيث إن النظام المتكامل للرقابة البيئية ضروري لرؤية ومتابعة نشاط جميع العناصر الملوثة للوسط الطبيعي نتيجة للتقدم التكنولوجي. وبناءً عليه يجب فسح المجال لتكنولوجيا متطورة

ومتكاملة تتوافق مع الطبيعة وديمومتها وضرورة إدراج الجدوى الاقتصادية للعمليات الإيكولوجية.

والأهم في ذلك كله هو توعية الإنسان بحيث يصبح عنده خلفية علمية وثقافة بيئية، فضلًا عن وجود علماء على قدر تحملهم بمسئولية البيئة وإحساسهم بواجبهم العلمي تجاه المجتمع والمواطن والمسئولية الأدبية والأخلاقية الملقاة على عاتقهم للمحافظة على البيئة؛ لاستغلال مواردها أحسن استغلال بأسلوب علمي على نحو لا يؤدي إلى تلويثها، ووضع خطط دقيقة لحماية كوكب الأرض من كافة مصادر التلوث، وإيجاد وسائل بديلة لا تترك آثارًا سلبية في البيئة.

وعلى ذلك فإنَّ إمكانية حل مشكلة التخلص من الكيميائيات الخطرة والضارة ليضع كثيرًا من التحديات أمام العلماء، وخاصةً أهل التخصص من الكيميائيين.

ولذلك فإننا في هذا الكتاب نتحدث عن التلوث الكيميائي بنوع من التفصيل، ولكن دون إسهاب، مع ذكر أنواعه وأسبابه وخطورة كل نوع، بل كل مادة كيميائية تسبب تلوث، ومع نهاية كل نوع نذكر أهم طرق التخلص منه أو التقليل من آثاره أو على الأقل كيفية الحد من انتشاره.

مفهوم التلوث البيئي:

بما أن البيئة هي كل ما يحيط بالإنسان من التربة والماء والهواء والحيوان والنبات، وحتى التكنولوجيا التي يستخدمها الإنسان، ومدى تفاعل أو تأثير كل منهما على الآخر؛ لذلك فإنه تتباين الآراء في تحديد مفهوم التلوث البيئي، فمثلًا يختلف كل من علماء البيئة والمناخ في تعريف دقيق ومحدد للمفهوم العلمي للتلوث البيئي، كما أن مفهوم التلوث البيئي يختلف من تخصص إلى آخر، فقد ينظر الفيزيائي إلى التلوث على أنه التلوث الفيزيائي للبيئة، والكيميائي على أنه تلوث المواد الكيميائية للبيئة وهكذا... ، وأيا كان التعريف فإن المفهوم العلمي للتلوث البيئي مرتبط بالدرجة الأولى بعلم البيئة (بالنظام الإيكولوجي)، وهنا يجب أن نوضح مفهوم علم البيئة حتى يتضح معنى التلوث البيئي:

علم البيئة (Ecology): هو ذاك العلم الذي يبحث في علاقة المكونات البيئية والعوامل الحية (سواء أكانت حيوانات ونباتات وكائنات حية دقيقة) مع بعضها البعض، ومع العوامل

والمكونات غير الحية المحيطة بها.

والنظام البيئي هو وحدة تنظيمية في حيز معين تضم عناصر حية وغير حية تتعامل معًا وتؤدي إلى تبادل المواد بين العناصر الحية وغير الحية. وحيث إن كفاءة هذا النظام تقل بدرجة كبيرة أو تصاب بشلل تام عند حدوث تغير في الحركة التوافقية بين العناصر المختلفة، فالتغير الكمي أو النوعي الذي يطرأ على تركيب عناصر هذا النظام يؤدي إلى الخلل في هذا النظام، ومن هنا نجد أن التلوث البيئي يحدث عندما يدخل أي عنصر جديد غير موجود في النظام البيئي على العناصر البيئية المتوازنة مسببًا إفساد أحد هذه العناصر أو العلاقة بين هذه العناصر مع بعضها، سواء أكانت بالزيادة أو النقصان، مما ينشأ عن هذا التغير عدم استطاعة القدرة الاستيعابية للنظام البيئي على قبول هذا الأمر، وهذا يؤدي إلى إحداث خلل في هذا النظام الدقيق.

وبالتالي فإنَّ أيَّ تغير سلبي يطرأ على البيئة أو أحد أنظمتها فإنه يؤدي إلى اختلال في النظام البيئي سواء أكان هذا التغير مباشرًا أو غير مباشر من النشاط الإنساني الحيوي والصناعي، أو حتى من تأثير الكائنات الحية الدقيقة، وينتج عن اختلال النظام البيئي حدوث تغيرات حيوية وفيزيائية وكيميائية غير مرغوب فيها تؤثر في الوسط المحيط بنا والذي تعيش فيه جميع المخلوقات الحية الأخرى. ويمكن لهذه التغيرات أن تؤثر مباشرة أو بشكل غير مباشر، وذلك عن طريق الطعام والهواء والماء والمنتجات الزراعية المختلفة، بحيث ينتج عنها أضرار بالإنسان أو الكائنات الحية أو النظم البيئية عاجلًا أو آجلًا.

كما أنه يمكن إضافة مفهوم التلوث البيئي طبقًا لقانون حماية البيئة على أنه: حدوث أية حالة أو ظرف ينشأ عنه تعرض الإنسان أو سلامة البيئة للخطر نتيجة لتلوث الهواء أو المياه (البحر أو النهر أو المياه الجوفية) أو التربة، بما في ذلك الضوضاء والضجيج والاهتزازات والإشعاعات والروائح الكريهة، وأية ملوثات أخرى تكون ناتجة عن الأنشطة والأعمال التي يمارسها الشخص الطبيعي أو المعنوي.

هذا هو مفهوم التلوث البيئي، ومن هذا المعنى يتضح لنا أن الملوثات (Pollutants) عديدة ومتنوعة المصادر، فمثلًا: الملوثات الكيميائية قد تكون ناتجة عن الصناعات الكيميائية، مثل: صناعة التعدين وإنتاج الكيماويات وغيرهما، أو ناتجة عن

استخدام المواد الكيميائية، مثل: الأسمدة والمبيدات الكيميائية (التي تؤثر على المنتجات الزراعية والهواء)، أو المعادن الثقيلة أو الغازات السامة وغير ذلك، كما سيتضح لنا بعد ذلك في هذا الكتاب..

ولكن قبل الحديث عن الملوثات يجب التنويه إلى درجات التلوث:

درجات التلوث:

نظرًا لخطورة التلوث وشموليته فإنه يمكن تقسيم التلوث إلى ثلاث درجات متميزة وهي:

1- التلوث المقبول:

التلوث المقبول هو درجة من درجات التلوث التي لا يتأثر بها توازن النظام الإيكولوجي ولا يكون مصحوبًا بأي أخطار أو مشاكل بيئية رئيسية؛ لأنه يكون في الحدود المسموح بها للقدرة الاستيعابية للنظام الإيكولوجي. ولا تكاد تخلو منطقة ما من مناطق الكرة الأرضية من هذه الدرجة من التلوث، حيث لا توجد بيئة خالية تمامًا من التلوث نظرًا لسهولة نقل الملوثات بأنواعها المختلفة من مكان إلى آخر، سواء أكان ذلك بواسطة العوامل المناخية أو البشرية.

2- التلوث الخطر:

تعتبر هذه المرحلة متقدمة من مراحل التلوث؛ لأن كمية ونوعية الملوثات تتعدى الحد الإيكولوجي الحرج، والذي بدأ معه التأثير السلبي على العناصر البيئية الطبيعية والبشرية.

وهذه المرحلة تنتج بالدرجة الأولى من النشاط الصناعي وزيادة النشاط التعديني والصناعات الكيميائية المختلفة، وكذلك الاعتماد بشكل رئيسي على الفحم والبترول كمصدر للطاقة، ولذلك فإن هذه الدرجة من التلوث تظهر بوضوح في كثير من الدول الصناعية والدول المجاورة لها .

وتتطلب هذه المرحلة إجراءات سريعة للحد من التأثيرات السلبية، ويتم ذلك عن طريق معالجة التلوث الصناعي باستخدام وسائل تكنولوجية حديثة، كإنشاء وحدات معالجة لتخفيض نسبة الملوثات لتصل إلى الحد المسموح به دوليًا، أو عن طريق سن قوانين وتشريعات، أو فرض ضرائب على المصانع التي تساهم في زيادة نسبة التلوث بغرض إلزامها المحافظة على البيئة أو الحد من التلوث .

3- التلوث المدمر:

يمثل التلوث المدمر المرحلة التي ينهار فيها النظام الإيكولوجي ويصبح غير قادر على العطاء نظرًا لاختلاف مستوى الاتزان بشكل جذري، ولعل حادثة تشرنوبل التي وقعت في المفاعلات النووية في الاتحاد السوفيتي خير مثال للتلوث المدمر، حيث إن النظام البيئي انهار كليًّا ويحتاج إلى سنوات طويلة لإعادة اتزانه بواسطة تدخل العنصر البشري وبتكلفة اقتصادية باهظة، ويذكر تقدير لمجموعة من خبراء البيئة في الاتحاد السوفيتي بأن منطقة تشرنوبل والمناطق المجاورة لها تحتاج إلى حوالي خمسين سنة لإعادة اتزانه البيئي وبشكل يسمح بوجود نمط من أنماط الحياة الطبيعية.

طرق التعبير عن تركيز الملوثات:

يمكن التعبير عن تركيز الملوثات بوحدات مختلفة من أشهرها وحدة (ppm) وهى تعني جزءًا من المليون، أي جزء من المادة الملوثة الموجودة في مليون جزء من وسط غازي أو سائل أو صلب، وفي حالة المزيج الغازي نَصِفُ (ppm) جزءًا من المادة الملوثة في مليون جزء من الحجم ، ولكن في بعض الملوثات النوعية يقاس تركيزها بوحدة (PPb) أي جزء من ألف مليون جزء، والجدول رقم (1) يوضح أنواع الوحدات التي يمكن استخدامها للتعبير عن تركيز الملوثات:

جدول رقم (1): يوضح أنواع الوحدات التي يمكن استخدامها للتعبير عن تركيز الملوثات:

الرمز	التعريف	النسبة
PPm	جزء من المليون	10^{-6}
PPHM	جزء من مائة مليون	10^{-8}
PPb	جزء من بليون	10^{-9}
PPT	جزء من تريليون	10^{-12}

في الآونة الأخيرة أصبح التعبير عن التلوث الغازي بوحدة الميكروجرام في المتر المكعب ولكن في هذه الحالة يجب تحديد درجة الحرارة مثلا عند درجة الصفر المئوي أو 20 ْC أو غير ذلك ، وكذلك تحديد الضغط الجوي الذي يكون عادة مساوي للضغط الجوي النظامي؛ لأن حجم المتر المكعب من الغاز يتعلق بدرجة حرارته وبضغطه.

وحيث إن تركيز مادة ما بوحدة ppm عبارة عن مقدار صغير، قد يكون في نظر البعض مهمل وغير مؤثر، إلاّ أنّ الأبحاث العلمية أثبتت أنّ تركيز جزء واحد من المليون (ppm – 1) أو أقل لبعض الملوثات يؤدي إلى نتائج سلبية خطيرة، فعلى سبيل المثال:

1- تركيز (ppm – 1) من الفينول يعتبر قاتلًا للعديد من أنواع الأسماك.

2- تركيز (0.2–ppm) من غاز ثاني أكسيد الكبريت في الجو يزيد من نسبة الوفيات بين الأطفال والكبار على حد سواء.

3- تركيز (ppm -0.2) من مركب بيروكسي بنزول نتريت في الضباب يؤدي إلى ألم في العيون عند الإنسان.

4- تركيز (ppm– 0.001) من غاز فلوريد الهيدروجين في الهواء الجوي يؤدي إلى ضرر واضح في النباتات الحساسة وبعض أشجار الفاكهة.

تكاليف التلوث:

لا تقدر تكاليف التلوث بمقدار الفاقد من المواد الثانوية الناتجة من بعض الصناعات فحسب، ولكن تقدر تكاليف التلوث من زوايا مختلفة كالتالي:

1- فقد وخسارة في المصادر الطبيعية بواسطة الاستغلال الجائر وغير الضروري؛ لذلك يعتبر التلوث من أحد زواياه استنزافًا وقضاء على هذه الثروات الطبيعية.

2- تكاليف الحفاظ على صحة الإنسان، وفي هذه الحالة تكون تكاليف التلوث باهظة؛ لأنها تتعلق بالإنسان ذاته وهو الغاية ذاتها، والذي يتعرض مباشرة للآثار السيئة والخطيرة للتلوث.

3- تكلفة التخلص من التلوث والملوثات ومراقبته والتحكم فيه.

ويتضح مما سبق أن الدول تتكلف تكاليف باهظة لتنظيف البيئة ومنع التلوث بها، فمثلًا

وجد أن تكلفة السيطرة على انبعاث غاز ثاني أكسيد الكربون (CO_2) الناتج من احتراق الوقود (فحم – بترول – خشب) إلى مستوى ما كان عليه سنة 1990م تبلغ 2 ٪ تقريبًا من الناتج القومي للبلدان المتقدمة، وقد قدرت تكاليف خفض التلوث في أمريكا عام 1993م 159 بليون دولار ؛ 29 ٪ منها تقريبًا تنفق على تلوث الهواء، و36 ٪ تنفق على تلوث المياه، و35 ٪ تنفق على التلوث بالمواد الصلبة.

أنواع التلوث:

توجد أنواع عديدة جدًا من الملوثات للبيئة، وحيث إننا بصدد الحديث عن التلوث المادي، فإنه يمكن إجمالها في أربعة أنواع، وما نراه اليوم من الأنواع المختلفة للتلوث المادي فهو ينبثق من هذه الأنواع الأربع، وهي كالتالي:

1 - التلوث البيئي البيولوجي:

وينشأ هذا النوع من التلوث بسبب كائنات حية ممرضة، مثل: البكتريا والطفيليات والفيروسات والفطريات. وغالب مصدر هذا التلوث هو مياه الصرف الصحي التي تصب فضلات المجاري في مياه البحار والأنهار، كما ينتج أيضًا من فضلات أو مخلفات الفنادق والمطاعم وبقايا النباتات والحيوانات، حيث تعد كأوساط جيدة لنمو الكائنات الحية الدقيقة بها، وينبعث من هذا النوع روائح كريهة في الهواء في المناطق المحيطة بها.

ولكن يجب التنويه هنا إلى أنه نظرًا لملوحة مياه البحر العالية فإنها تقلل من نشاط البكتريا مقارنةً بالمياه العذبة. وهذا النوع من التلوث يسبب أمراض معدية تختلف في حدتها أو تأثيرها حسب نوع الميكروب وقدرته على إحداث المرض، مثل: الكوليرا والتيفود والدوسنتاريا والبلهارسيا. ويعد أكبر مصدر لتلوث المياه بمثل هذه الجراثيم المعدية هو فضلات المصدر الآدمي، عن طريق جمع فضلاته والتي تصل في نهاية الأمر إلى مياه البحار أو الأنهار دون معالجة.

2- التلوث البيئي الكيميائي:

ينشأ هذا النوع من مخلفات الصناعات الكيميائية مثل التعدين والأسمنت والنفط وغيرهم، أو احتراق الوقود، أو بسبب الاستخدام المفرط أو السيئ للمواد الكيميائية، مثل: الأسمدة والمبيدات الكيميائية والمواد الحافظة للأغذية ومستحضرات التجميل والبلاستيك والعقاقير والنفط وغيرهم. وهذا النوع من التلوث هو محل اهتمامنا في هذا الكتاب.

3- التلوث البيئي الطبيعي الكوني:

ينشأ هذا النوع من التلوث طبيعيًّا ولا دخل للإنسان فيه، حيث ينتج هذا النوع من التلوث عن ظواهر طبيعية مثل الغازات والأبخرة والحمم البركانية المندفعة من البراكين، وما بركان أيسلندا منا ببعيد (أبريل-2010م) ، وأكاسيد النيتروجين الناتجة من حدوث الشرارة الكهربية بين السحب عند حدوث البرق، وكذلك العواصف الترابية وحرائق الغابات.

للتلوث البيئي الطبيعي للماء مثلًا يغير من صفات الماء الطبيعية، مما يجعله غير مستساغ للاستعمال البشري، مثل: تغير درجة حرارته أو ملوحته أو ازدياد المواد العالقة به أو اكتسابه رائحة كريهة.

4- التلوث البيئي الفيزيائي والإشعاعي:

ينتج هذا النوع من التلوث عن الإشعاعات، والتي قد تكون إشعاعات طبيعية تلقائية أو المستحثة من قبل الإنسان، أو عن طريق التخلص من النفايات المشعة في مياه البحار والمحيطات.

وهذا النوع من التلوث ينتج عنه مخاطر جمة؛ حيث يعتبر التلوث الإشعاعي بالمواد المشعة واحدًا من أخطر صور التلوث، فكلٌّ منّا سمع عن حادثة تشيرنوبل وما نجم عنها من تلوث إشعاعي، فالتلوث بالمواد المشعة يشمل كل عناصر الغلاف الجغرافي، فهو لا يقتصر على التربة فقط، بل يشمل أيضًا الماء والهواء، وهو ذو تأثير عالمي، بل مما يزيد من خطورة هذا النوع من التلوث مثلًا على الماء أنه لا ينتج عنه أي تغير في صفات الماء الطبيعية، حيث تمتصه الكائنات الحية الموجودة في المياه ويتجمع ويتراكم ثم ينتقل إلى الإنسان عن طريق السلسلة الغذائية.

وأهمية امتلاك الإنسان لهذه الطاقة الرهيبة يعتمد على كيفية استخدامها؛ لذا فإن خطر تلوث البيئة بأنواعها (الماء والهواء والتربة) نتيجة استعمال الإنسان للمواد المشعة الطبيعية والصناعية، والأخيرة هي الأخطر نتيجة للإشعاعات في الاستعمال الصناعي للطاقة النووية وذلك مما يؤدي إلى تراكم " النظائر المشعة " وله أثاره السلبية على الحيوان والنبات، حيث ينتقل في السلسلة الغذائية ولها القابلية العظيمة للهجرة المائية والهوائية.

فالإشعاع الناتج من الأسلحة النووية، وما يسببه من تأثير مباشر أو حتى غير المباشر على الإنسان ومحيطه، فإنه يمتد إلى أجيال وإلى أصقاع شاسعة من العالم، سواء الحرارة والضغط العاليين، أو النظائر المشعة الناتجة عن التفاعل النووي، فما حدث في مدينتين يابانيتين هما هيروشيما وناجازاكي ما زال شاخصًا أمامنا حتى اليوم منذ أن تعرضت الأولى في السادس من الشهر الثامن عام 1945 لقنبلة اليورانيوم U^{235} ، وتعرضت الثانية بعد ثلاثة أيام لقنبلة البلوتونيوم Pu^{239} .

5- التلوث غير المادي:

هذا النوع من التلوث مثل: الضوضاء والأصوات الصاخبة الناتجة عن ضجيج السيارات والآلات والورش والتي تؤثر على أعصاب الإنسان وتلحق به الأذى الفسيولوجي والضرر السيكولوجي النفسي وكذلك الضرر العضوي على جهاز السمع وإصابته بالصمم وقلة السمع من جراء الأصوات العالية والصاخبة.

كما يوجد هناك **نوعٌ آخر من التلوث** لايمكن تجاهله وذلك لأهميته القصوى ألا وهو التلوث الإعلامي، التلوث الفكري، التلوث الثقافي، التلوث الأخلاقي.

وسوف نركز الضوء بصفة أساسية في هذا الكتاب على التلوث الكيميائي؛ لتعدد أنواعه ومصادره وآثاره السيئة على البيئة وصحة الإنسان، ولكن قبل الحديث عن التلوث الكيميائي – فإننا نعطي فكرة عن ماهية التلوث الكيميائي والفرق بينه وبين النفايات الخطرة، ثم الحديث بعد ذلك عن الملوثات الكيميائية وأنواعها وآثارها السلبية على الإنسان بصورة خاصة وعلي البيئة بصفة عامة.

* * *

التلوث الكيميائي والنفايات الخطرة

1- التلوث الكيميائي:

إن مشكلة التعرض إلى عدد هائل من المواد الكيميائية التي يواجهها الإنسان كل يوم في المصنع والمنزل والمكتب بفضل التطور الصناعي والتكنولوجي في العصر الحديث أصبحت مشكلة معقدة وخطيرة ولها آثارها السيئة على حياة الإنسان وكل الكائنات الحية، ولاسيما أن المواد الكيميائية تمثل 10 ٪ تقريبًا من إجمالي التجارة العالمية من حيث القيمة الاقتصادية، ويوجد الآن في الأسواق (وبالتالي في البيئة) أكثر من عدة ملايين من المواد الكيميائية الجديدة، والكثير منها يدخل السوق دونما اختبار مسبق كافٍ أو تقييم لآثارها.

واستنادًا على عينة لمركز الأبحاث القومي الأمريكي تضم (65725) مادة كيميائية قيد الاستعمال الشائع، لم تتوفر البيانات اللازمة لإجراء تقييمات كاملة للمخاطر الصحية عنها ، وليس ذلك فقط، بل لم تتوفر بيانات عن المؤثرات السُمّية إلَّا عن قرابة 80 ٪ من المواد الكيميائية المستخدمة في المنتجات التجارية التي تم جردها بموجب قانون مراقبة المواد السامة. ولذلك فإنه يجب أن يكون للحكومات دور أكثر فعالية في نظام اختبار المواد الكيميائية الجديدة قبل طرحها في الأسواق، بالإضافة إلى المواد الكيميائية الموجودة في الأسواق والتي تبين خطرها وضررها، فلابد من وضع لوائح شديدة وصارمة بسحبها من عمليات الترخيص بواسطة أجهزة الرقابة أو بتقييدها بفرض حظرًا شاملًا عليها بمنع استيرادها.

وفي ظل نظام العولمة الجديد الذي يتسم بازدياد الاعتماد المتبادل والفاعلية في البلدان الصناعية تتقاسم أجهزة الرقابة الكيميائية نتائج الاختبارات، ويعلم بعضها بعضًا بالقيود الجديدة على المواد الكيميائية. وهكذا فإن فرض حظر أو قيد في بلد ما غالبًا ما تعقبه على وجه السرعة مراجعة وتحرك مناسب في البلدان الأخرى.

تأثير الكيميائيات على الإنسان:

أ- التأثير الحاد:

وتظهر نتائجه بسرعة، وتزول عند توفر العلاج المناسب، وله أعراض كالصداع والقيء وفقدان الوعي، ويأتي هذا التأثير كدلالة على بداية التأثير للملوثات الكيميائية .

ب- التأثيـر المزمـن:

ينتج بسبب التعرض الطويل الأمد لأخطار المواد الكيميائية، وقـد يـؤدي بالإنـسان إلى الإصابة بالعجز.

ج- التأثـيـر الوراثي:

ينتج التأثير الوراثي بسبب نقص أو خلل وراثي أو حتى عدم اتزان بيوكيميائي ويرجـع ذلك نتيجة التعرض الدائم للملوثات الكيميائية الخطرة وخاصة النساء مثلما يحدث لحـالات التشوه الجنيني إذا تعرضت الأم الحامل لمركبـات عـضوية مثـل الدايوكـسينات **(Dioxins)** (نواتج بعض المبيـدات العـشبية) والهكـساكلوروفين **(Hexachlorophene)** (تـستخدم كمطهرات) والمذيبات العضوية وغير ذلك، وبالتالي يمتد تأثيره إلى الأجيال المقبلة. ويمكـن الحد أو منع هذه الأخطار بعدم التعرض للكيميائيات.

وتأثير المواد الكيميائية سواءً كان تأثيرًا حادًّا أو مزمنًا أو وراثيًّا تأتي عن طريـق التعـرض للمواد الكيميائية بأحد الوسائل الآتية :

1- الغازات الكيميائية المنتشرة في الجو.

2- تأثيرات سموم المعادن.

3- التأثيرات الكيميائية الجلدية بسبب السوائل والأبخرة الكيميائية .

4- تلوث المياه بالمواد الكيميائية المختلفة .

5- تلوث الغذاء بالأسمدة والمبيدات الكيميائية .

6- الجزيئات والأغبرة الكيميائية الملوثة للجو .

2- النفايات الخطرة:

تولد البلدان الصناعية نحو 90 ٪ من النفايات الخطرة في العالم ، وعلى الرغم مـن عـدم وجود إحصائيات كافية أو دقيقة فإنه يوجد هامش للخطأ في كل التقديرات والإحـصائيات، فمثلًا: ولدت الصناعة في عام 1989 على نطاق العـالم (2100) مليـون طـن مـن النفايـات الصلبة، و(338) مليون طن من النفايات الخطرة، وتولدت نسبة 68 ٪ من النفايات الصلبة، و90 ٪ من النفايات الخطرة في بلدان منظمة التعـاون والتنميـة الاقتـصادية ، وتنـتج غالبيـة

النفايات الصلبة المعدنية والإنشائية والكيميائية أثناء مرحلتي استخراج المواد الخام ومعالجتها.

وبعض النفايات الصناعية الصلبة التي تعتبر نفايات خاملة يمكن معالجتها والتخلص منها مثل النفايات الصلبة في المدن، أما إدارة النفايات الصلبة الصناعية – لاسيما الخطرة منها – لا تزال تثير مشكلة في كثير من البلدان الصناعية؛ لأنها تتطلب تقنيات خاصة لإدارتها ، على الرغم من وجود فرص كثيرة لاستخدام النفايات بطرق مفيدة، فمثلًا استخدمت نفايات الرماد العالق والثابت التي يتم جمعها من محطات توليد الكهرباء في صناعة الطوب وإنشاء الطرق في بعض بلدان أوروبا الشرقية.

والسيطرة على النفايات في البلدان النامية تجد معضلات متنوعة، فالأمطار المتواترة والغزيرة في المناطق الاستوائية على سبيل المثال تمتص معها النفايات إلى داخل التربة الواقعة تحت السطح المنغمر. وحيث إن المعالجات الأولية للنفايات ضئيلة أو تكاد تكون معدومة، فإن هذا يمكن أن يلوث إمدادات المياه ويعرض السكان المحليين إلى خطر النفايات بصورة مباشرة، ويحدث تلوث للأرض عمومًا، وخاصة بالقرب من المناطق الصناعية المحاطة بأحياء فقيرة أو عشوائية.

وتشير هذه الأخطار إلى ضرورة التخطيط الجيد في إنشاء المدن الصناعية، وكيفية استخدام الأرض في البلدان النامية، والحاجة الأشد إلحاحًا تنفيذ وفرض مثل هذه الخطط في الواقع. ويجب أن يكون هدف السياسة الأول هو تقليل كمية ما يجري توليده من نفايات، وتحويل قدر متزايد منها إلى موارد للاستخدام أو إعادة الاستخدام، وهذا بدوره سيقلل من حجم النفايات، والذي يجب بعد ذلك معالجته أو التخلص منه بالطريقة المناسبة مثل الحرق أو الدفن في باطن الأرض أو الرمي في البحر أو بالوسائل العلمية الحديثة المناسبة. وهذه بالدرجة الأولى من مشكلات البلدان الصناعية، ولكنها أيضًا معضلة في البلدان الصناعية حديثًا والبلدان النامية، حيث يخلق التصنيع المتسارع المعضلات الحادة نفسها في مجال السيطرة على النفايات الخطرة.

وتزداد كمية النفايات يوما بعد يوم، ومن المرجح أن تستمر في الازدياد، فنذكر على سبيل المثال: في الفترة الواقعة ما بين 1982 و1983 تضاعفت من الناحية العملية كمية

النفايات التي نقلت من أوروبا الغربية للتخلص منها في بلد آخر حيث بلغت من 250 إلى425 ألف طن (1-2 ٪ من إجمالي ما يولد من نفايات خطرة).

وقد بلغت كميات ما ينقل دوليًّا من نفايات معدة للتخلص منها إما في البحر أو بالحرق أو بالردم حوالي 1.8 مليون طن في عام 1983، والبلدان الصغيرة والفقيرة مستهدفة بصفة خاصة لردم النفايات قريبًا من شواطئها، كما حدث في مياه المحيط الهادئ والبحر الكاريبي.

واقترحت بعض البلدان تشكيل ما هو عبارة عن تجارة سلعية بالنفايات الخطرة (بما في ذلك النفايات المشعة)، ولتعزيز التعاون الدولي في هذا المجال أهمية بالغة، إلَّا أنه لا يوجد حتى اليوم آلية فعالة لرصد أو مراقبة التجارة بالنفايات الخطرة وكيفية ردمها أو التخلص منها. ويجب أن تقدم الحكومات والمنظمات الدولية دعمًا أكثر فاعلية للجهود الرامية إلى إقامة نظام دولي فعال من أجل مراقبة انتقال النفايات الخطرة عبر الحدود.

الملوثات الكيميائية:

حيث إن التلوث يشمل كل ما يؤثر في جميع عناصر البيئة- سواءٌ أكانت الحية بما فيها الإنسان والنبات والحيوان، وكذلك في عناصرها غير الحية مثل الهواء والتربة والبحيرات وغيرهم- لذلك **فإنه يمكن تعريف الملوثات:** بأنها المواد أو الميكروبات التي تلحق الضرر بالإنسان أو تسبب له الأمراض أو تؤدي إلى الهلاك أو تلك التي تؤثر في جميع عناصر البيئة.

ويعتمد مدى التلوث على طبيعة النظام البيئي وما يوجد به من توازن طبيعي من مكوناته، وتختلف الملوثات طبقًا لاختلاف مصدرها .

ولكن تعد الملوثات الكيميائية للبيئة من أهم وأبلغ وأخطر أنواع الملوثات؛ لأنه قد تزايدت احتمالات التسمم الكيميائي في الآونة الأخيرة. والملوثات الكيميائية قد تنتج من مصادر صناعية نتيجة استعمال طرق غير علمية في الإنتاج، أو تحدث نتيجة للنشاط المتصل بالحياة والإنتاج، بالإضافة إلى ما يصدر عن الصناعات من مخلفات وما يخرج من وسائل النقل وانتقال الغازات والأبخرة وكذلك نواتج الاحتراق غير التام للمشتقات البترولية وما يتراكم في البيئة الريفية من بقايا الكيميائيات الزراعية التي تشمل المخصبات الزراعية ومبيدات الآفات الزراعية والمنزلية.

وفيما يلي عرض لأهم وأخطر أنواع الملوثات الكيميائية، والتي سنتعرض لها بنوع من

التفصيل في هذا الكتاب :

1- التلوث بالمعادن الثقيلة {الرصاص – الزئبق – الكادميوم – الكروم – الحديد – الإسبستس (الحرير الصخري) – الزرنيخ – الزنك - النيكل – الكوبلت النحاس} .

2- التلوث بالغازات السامة وأملاح الفلور ومركبات السيانيد وغيرهم .

3- التلوث النفطي .

4- التلوث بالأسمدة الكيميائية .

5- التلوث ببقايا المبيدات.

وتسبب هذه المواد تلوث التربة والهواء والغذاء والمياه، إما بشكلها الأصلي أو كملوثات ثانوية ناتجة عنها ، وقد تصل هذه الملوثات إلى الإنسان من حيث لا يدري بطريقة مباشرة أو غير مباشرة منتهية به إلى تدهور صحي. وبما أن الإنسان هو جزء من البيئة وهو أغلى ما فيها؛ لذلك فإن هذا الكتاب يتطرق إلى الآثار السلبية للملوثات الكيميائية على الصحة والبيئة، والتي قد تنجم من جراء هذه الملوثات الخطرة على الإنسان، حيث إن لم يتم مراقبتها والسيطرة عليها فإن ذلك قد يصل إلى وضع يصعب تصحيحه ومعالجته فيما بعد. ونتحدث في باب خاص عن كل نوع من هذه الملوثات بنوع من التفصيل من حيث مصادره وأسبابه ومخاطره وكيفية التخلص منه أو الحد من آثاره، والله ولي التوفيق.

* * *

obeikandl.com