تلوث التربة Soil Pollution

إن تنجيم وتصنيع الخامات المنخفضة الدرجة يؤدي إلى تخريب مساحات أكبر من الأرض ويؤدي إلى مقادير أكبر من بقايا المناجم التي يستوجب التخلص منها. وبالإضافة إلى ذلك فإن صهر بعض الخامات كالزنك والنحاس يمثل مصدراً بارزاً للتلوث البيئي، كما أن تكاليف أية أجهزة سيطرة يمكن أن تحد من التوسع في هذه الإمكانيات في أي بلد.

إن الضرر البيئي لا ينحصر فقط في الأرض إذ أنه حالياً هناك حوالي 17 % من نفط العالم ينتج بالقرب من الشواطئ، وهذه النسبة المئوية سوف تزداد بسرعة عالية. ومن المحتمل أيضاً أن يزداد خطر تسرب الآبار النفطية وإشتعالها وتناثر الزيت التي هي جزء إعتيادي من عمليات نقل وتصنيع النفط. وبالإضافة إلى ذلك سيمكن إستخراج بعض المواد المعدنية من قاع البحر وعلى الأخص المنغنيز، وبآثار بيئية لم تعرف بعد لحد الآن.

إهمية التربة Importance of Soil:

تتكون التربة من أربعة عناصر رئيسية وهي الماء والهواء والمواد المعدنية والمواد العضوية، والتي تكون مرتبة بنظام فيزيائي وكيميائي معقد وبشكل يجعل من التربة قاعدة أساسية صلبة لتثبيت النباتات فضلاً عن تزويدها بما تحتاجه من الماء والعناصر الغذائية الضرورية. حيث تحصل النباتات على العناصر الأساسية لنموها من التربة عن طريق الجذور التي تعمل على إمتصاص العناصر الأساسية المغذية من جزيئات التربة. كما تعتبر التربة موطناً للعديد من الأحياء المجهرية المختلفة كالبكتيريا والفطريات والطحالب، وكذلك بعض الحيوانات كالديدان مثل دودة الأرض والحشرات وغيرها.

لذا تعد التربة عنصراً مهماً للحياة إذا ما أخذنا بنظر الإعتبار إحتضانها جذور النباتات وبالتالي توفر بداية السلسلة الغذائية التي تتمثل بالمنتجات Producers. وبالتالي فإن الحفاظ على التربة سليمة ونظيفة وخالية من التلوث هي أساساً للحفاظ على حياة الكائنات الحية التي تعيش عليها.

مصادر تلوث التربة Sources of Soil Pollution:

تتلوث التربة بالعديد من الملوثات الناتجة عن الفعاليات الطبيعية والبشرية، ومن أهم مصادر تلوث التربة هي ما يأتي:

أولاً: الكيمياويات الزراعية:

وتشمل مجموعتين رئيسيتين هما:

المجموعة الأولى/ *الأسمدة الكيمياوية*. المجموعة الثانية/ *المبيدات*.

إن الإستخدام الخاطئ وبكميات كبيرة *للأسمدة الكيمياوية* قد أثر سلباً في خصوبة التربة، فقد وجد أن معظم الأسمدة النتروجينية على سبيل المثال لها تأثير في زيادة حموضة التربة، في حين أن الأسمدة الفوسفورية والبوتاسيوم لا تترك أثراً على حموضة التربة وقاعديتها. وإن الإفراط في إستخدام هذه الأسمدة يؤدي إلى الإخلال بالتوازن الطبيعي لأحياء التربة المختلفة، فقد يؤدي إلى موت جذور النباتات أو موت الحيوانات كالحشرات والديدان.

أما عن *المبيدات*، فقد أشارت الإحصائيات الصادرة عن منظمة الأغذية والزراعة الدولية FAO إلى وجود أكثر من (1000) مادة كيمياوية تستعمل لإبادة الآفات الزراعية والتي تشمل مبيدات فطرية وحشرية ومبيدات أدغال وغيرها، وتمتاز هذه المواد بخاصية التراكم في جزيئات التربة مما قد يؤدي إلى موت أو إنقراض عدد كبير من الأحياء كالطيور وحيوانات أخرى، فضلاً عن تراكمها في السلسلة الغذائية للكائنات الحية. فعلى سبيل المثال عند إستخدام مادة الـ DDT التي هي أحد المبيدات واسعة الإنتشار، فإن بعضاً منها يسقط على سطح التربة ويجري إمتصاصه من قبل ديدان الأرض التي تركز هذا المبيد داخل أجسامها، وعند إستهلاك بعض أنواع العصافير - (طائر الشحرور Eurasian Blackbird) - المهاجرة لديدان الأرض الحاوية على هذه السموم في أجسامها مما يؤدي إلى إبادة أعداد كبيرة من هذه الطيور نتيجة تسممها بمبيد الـ DDT الذي يؤثر في جهازها العصبي ويسبب الشلل لها. لذا تكمن الخطورة للمبيدات من خلال بقاءها في البيئة لفترات طويلة قد تتجاوز عدة سنوات.

ثانياً: الفضلات المنزلية والصناعية:

من خلال أنشطة الإنسان المختلفة بما يشمل ذلك في المجمعات السكنية والصناعية والتجارية، يلاحظ أن التربة تصلها فضلات متنوعة أغلبها مواد قابلة للتحلل والتفسخ، وهناك فضلات صناعية خطرة بايولوجياً أو كيمياوياً أو إشعاعياً يجب التخلص منها بأساليب سليمة بيئياً. وعند تراكم هذه الفضلات فإنها تسبب أضراراً صحية متنوعة إذ تكون مرتعاً للحشرات وخاصةً تلك التي تنقل الأمراض للإنسان والأحياء الأخرى.

وقد نشطت الدراسات البيئية حديثاً في مجال معالجة المخلفات Waste Treatment بطرق آمنة بيئياً من خلال تحقيق مبدأ الـ (4R) وهو مبدأ عمليات التدوير Recycling، وإعادة الإستعمال Reusing، والتقليل Reducing، والإسترجاع Recovering، وتضم هذه المخلفات الفضلات الصلبة أوالسائلة. تتكون الفضلات الصلبة من خليط من عدة مواد مصدرها المنتجات الزراعية أو مخلفات صناعة الورق أو الزجاج أو البلاستك أو المعادن وغيرها. وتشمل الفضلات الصلبة حسب مصدرها ما يأتي:

١. القمامة المنزلية Garbage
٢. النفايات المختلفة Rubbish
٣. فضلات الشوارع Street refuse
٤. المعادن Metals
٥. فضلات العمليات الإنشائية Demolition wastes
٦. فضلات الصناعات الغذائية Food industry wastes
٧. فضلات المصانع Factory wastes
٨. فضلات المستشفيات Medical wastes

ويتم التخلص من الفضلات الصلبة بعدة طرق منها:

١) الطمر الأرضي Land filling
٢) الحرق Incineration
٣) إعادة الإستخدام أو التدوير Recycling
٤) الطمر البحري Sea filling
٥) الإنحلال الحراري Pyrolysis
٦) التحويل إلى أسمدة عضوية Conversion to organic fertilizers

ثالثاً: الأمطار الحامضية:

إن تصاعد غازات الأكاسيد المختلفة إلى الجو مثل أكاسيد الكاربون وأكاسيد النتروجين وأكاسيد الكبريت يؤدي إلى تفاعلها مع جزيئات بخار الماء وبالتالي تتكون الأمطار الحامضية Acid rains وتتساقط على شكل حامض الكاربونيك وحامض النتريك وحامض الكبريتيك. وتؤدي هذه الأمطار إلى إحداث تغير في طبقة التربة الزراعية، وتذيب عدد من العناصر والمركبات التي تسري إلى جوف التربة. وقد تظهر نتيجةً لذلك في المياه الجوفية التي قد تستخدم للشرب أو ري المزروعات، حيث تعمل الأمطار الحامضية على زيادة حموضة التربة (pH) مما يؤثر في حياة أحياء التربة ويلحق الضرر في خصوبة التربة وبالتالي يؤدي إلى موت جذور النباتات.

رابعاً: المعادن الثقيلة:

يقصد بالمعادن الثقيلة Heavy metals كافة المعادن التي تزيد كثافتها عن ($5\ gm/\ cm^3$)، وما يقل عن ذلك تدعى بالمعادن الخفيفة Light metals. فضلاً عن وجود بعض المعادن النادرة أو النزرة Trace metals أو Trace elements التي تتواجد في القشرة الأرضية بتراكيز قليلة تساوي أو تقل عن (0.1 %)، ويقدر عدد المعادن الثقيلة المعروفة في الطبيعة بحوالي 37 عنصراً، وتؤدي بعض هذه المعادن دوراً مهماً في حياة الأحياء وفعالياتها البايولوجية المختلفة. ولكن تكون هذه المعادن سامة وخطرة في تراكيز معينة رغم كونها ضرورية للحياة في تراكيز واطئة جداً قد لا تتجاوز تراكيز قسماً منها عن (0.05 mg/l)، ومما يزيد من خطورة المعادن الثقيلة في البيئة هو عدم إمكانية تفسخها بوساطة البكتيريا والعمليات الطبيعية الأخرى. ولعل أخطر ما فيها يعود إلى قابلية بعضها على التراكم الحيوي Bio-accumulation في أنسجة وأعضاء الكائنات الحية سواء في الحيوانات أم النباتات.

تطرح الصناعات المختلفة إعداداً من المعادن الثقيلة وبكميات مختلفة بهيئة نفايات غازية وسائلة وصلبة، ولكنها في النهاية تستقر في بيئة اليابسة وتجد طريقها بسرعة إلى البيئات المائية. كما أن لبعض المعادن الثقيلة خواص إشعاعية أي أنها تكون بمثابة نظائر مشعة، لذا فإن هذه المعادن ستحمل مخاطر مزدوجة من حيث كونها سامة ومشعة في نفس الوقت. كما هو الحال في الزنك 65 المشع، واليورانيوم 235. لقد أصبحت دراسة العناصر المشعة في البيئة علماً قائماً بذاته يدعى علم البيئة الإشعاعي Radiation Ecology. ويمكن توضيح خطورة وأهمية المعادن الثقيلة في تلوث البيئة خلال دراسة بعض هذه المعادن وخصوصاً تلك التي كانت وراء العديد من الكوارث التي حلت في البيئة، وكما يأتي:

١. الزئبق Mercury:

يعد هذا المعدن من المعادن التي تعامل معها الإنسان منذ فجر التاريخ. ويعتبر هذا المعدن السائل الوحيد وله درجة إنصهار (- 38° C)، ودرجة غليانه (357° C). وله قابلية تطاير أعلى من جميع المعادن الأخرى، كما أنه من أحسن الموصلات الكهربائية. إن لمعدن الزئبق القدرة على إذابة معادن أخرى مثل الذهب. كما أن هذا المعدن وجميع مركباته يعد ساماً للأحياء. علماً بأن للمعدن إستعمالات عديدة، إذ يقدر مجموع إستعمالاته بحوالي (3000) إستعمال، إذ يستعمل في صناعة الورق والصناعات الكهربائية مثل إنتاج المصابيح والبطاريات، وصناعات طبية مثل العقاقير وفي طب الأسنان وفي المحارير والبارومترات ولإنتاج مبيدات الفطريات. وتتلوث البيئة بملوثات الزئبق خلال هذه الطرق.

٢. الكادميوم Cadmium:

يوجد الكادميوم في الطبيعة بكميات قليلة، وإن الإستعمال الرئيس للكادميوم يشمل الصناعات الخاصة بالبطاريات والصناعات الكهربائية وطلاء سطوح الأنابيب المستعملة في نقل المياه. كما أن صناعة البلاستك تستخدم كميات كبيرة من هذا المعدن، وتحتوي الأسمدة الكيمياوية الفوسفاتية على كمية من الشوائب أحدها الكادميوم وبذلك يسبب إستعمالها تلويث التربة به.

تتلوث بيئة اليابسة بالكادميوم بطريقتين: أولاهما هي تساقط غبار جسيمات الكادميوم المنقول بوساطة الرياح من منطقة إلى أخرى. وثانيهما هي الترسب الذي يحدث من التربة وخلالها إلى المياه بعد إستعمال الأسمدة الفوسفاتية الحاوية على الكادميوم بوصفه إحدى الشوائب.

يُمتص الكادميوم من قِبل جذور النباتات من التربة، وفي الحيوانات يتركز هذا المعدن من خلال إنتقاله في السلسلة الغذائية إذ يتركز في الأنسجة الدهنية وفي العضلات.

إن المعروف عن الكادميوم هو قدرته على البقاء في داخل الجسم الملوث مدة طويلة تقدر بعشرات السنين، لهذا إستأثر هذا المعدن بإهتمام الكثير من الجهات الصحية والبيئية في العالم.

٣. الرصاص Lead:

يعتبر الرصاص من العناصر ذات الوجود الطبيعي في القشرة الأرضية، ويبلغ معدل تركيزه في التربة بحوالي (16 mg/kg). ويوجد في الطبيعة على شكل خامات معدنية وهي كبريتيد الرصاص PbS وكبريتات الرصاص. ويعد الرصاص واحداً من أهم المعادن الثقيلة لإعتبارين: الأول هو إستعمالاته الكثيرة، والثاني هو شدة سميته، كما أنه يعد من أقدم المعادن التي إكتشفها الإنسان وإستخرجها من باطن الأرض. ولقد أستعمل الرصاص في أوروبا خلال القرون الوسطى في صناعة أواني الطهي وتقديم الطعام والشراب، مما أدى إلى إرتفاع نسب التسمم في كثير مناطق أوروبا. يستعمل الرصاص في العديد من الصناعات كالأصباغ والبطاريات وحروف المطابع والإطلاقات النارية وأسلاك لحام المعادن، كما أنه يستعمل في تغليف أنواع من الأسلاك الكهربائية، ولكن المصدر الرئيسي لتلوث البيئة بالرصاص هو وسائط النقل ومن خلال إحتراق الوقود (البنزين) الذي يضاف إليه كمية من مركب رابع أثيل الرصاص من أجل زيادة كفاءة الوقود وتحسين إشتعاله.

يصل الرصاص إلى جسم الإنسان عن طريق الغذاء والماء وعن طريق الهواء كذلك، وأن إمتصاصه من خلال الجهاز التنفسي أعلى من عملية الإمتصاص عن طريق القناة الهضمية. ويصل الرصاص إلى الدم عن طريق الجهاز التنفسي والقناة الهضمية، وفي الدم يتم إمتصاص (97 %) منه من قبل كريات الدم الحمراء وتصل مدة بقاءه فيها إلى أربعة أسابيع، كما أن قسماً من الرصاص

الموجود في الجسم يتوزع بين الكبد والكليتين ومن ثم يتم طرحه من خلال الإدرار أو ترسيبه في العظام. ويؤدي تعرض الأمهات الحوامل للتلوث بالرصاص إلى إحداث تشوهات خلقية في الأجنة.

وقد وجد أن نسبة الرصاص المترسب في أسنان الأطفال القاطنين في مدينة بغداد أعلى من نسبته في أسنان أقرانهم في القرى والمناطق البعيدة عن العاصمة، إذ أن الرصاص المتكون من حرق وقود السيارات في مدينة بغداد له الأثر في هذا الإختلاف.

٤. **معادن ثقيلة أخرى:**

إن هناك عدد آخر من المعادن الثقيلة مثل النحاس Copper والزنك أو الخارصين Zinc والحديد والتي تعد من العناصر الغذائية الضرورية للكائنات الحية في تراكيز معينة، وعند زيادة تراكيز هذه المعادن سوف تسبب أضراراً صحية مختلفة.

ومن الأمثلة الأخرى للمعادن الثقيلة هو الكوبلت والذي يعد ساماً عند وجوده بتراكيز عالية جداً، فضلاً عن معادن القصدير والنيكل والزرنيخ والتي هي الأخرى تعد سامة في تراكيز معينة وتؤثر سلباً في نمو الأحياء من خلال تثبيط الأفعال الحيوية المختلفة لاسيما الأنزيمية منها.

المبيدات Pesticides:

هي أية مادة أو خليط من عدة مواد يُنشر في بيئة الآفة بوسائل مختلفة فيعمل على قتلها أو منع تكاثرها أو طردها بهدف تخفيض أعدادها إلى حد غير ضار إقتصادياً، وكذلك أي مادة أو خليط من عدة مواد يساهم في تشويه أو عرقلة نمو النبات أو قتله أو تجفيفه أو تعريته من أوراقه. وكما هو معروف لدى المختصين في مكافحة الآفات فإن مصطلح مبيدات الآفات Pesticides يعبر عن المواد الكيميائية السامة التي تُنشر في بيئة الآفة بوسائل وأشكال مختلفة لتعمل على قتلها وخفض أعدادها في هذه البيئة بحيث تصبح غير ضارة إقتصادياً.

وفي الأصل اللاتيني فإن هذه الكلمة مؤلفة من مقطعين هما Pest بمعنى آفة، و Cide بمعنى مبيد. توجد المبيدات في عدة صور، فقد تكون في صورة سوائل رش مائية أو زيتية، أو في صورة مساحيق تعفير، أو في صورة محببات، أو في صورة آيروسولات، أو في غيرها من الصور.

تصنيف المبيدات Pesticides Classification:

وتصنف إعتماداً على عدة أُسس، هي:

أولاً: تصنيف المبيدات على أساس التركيب الكيميائي

١) المبيدات غير العضوية Inorganic pesticides

مثل:

- مركبات الزرنيخ: زرنيخات الكالسيوم التي تستخدم كطُعم سام.
- الزئبق: كلوريد الزئبق الذي كان يستخدم كمطهر للتقاوي.
- الأمونيوم: كلوريد الأمونيوم الذي يستخدم كمادة طاردة لحشرات المخازن.
- الكبريت: الذي يستخدم كمبيد فطري.
- الزيوت المعدنية: التي تستخدم في مكافحة يرقات البعوض.

٢) المبيدات ذات الأصل النباتي Botanical pesticides

مثل:

- البيريثرينات Pyrethrins: تستخرج من زهرة البيرثرم وهي أسترات لحامض البيرثرم.
- النيكوتين Nicotine: وهو مستخلص من أوراق التبغ.

٣) المبيدات العضوية المصنعة Synthetic organic pesticides

مثل:

- المبيدات الكلورينية Organochlorine: مثل الـ DDT و الألدرين Aldrin
- المبيدات الفوسفورية Organophosphorus: مثل الـ Diazinon
- البريثرينات المصنعة Synthetic pyrethrins: مثل الـ Deltamethrin
- الكارباميت Carbamate: مثل الـ Carbosulfan
- المبيدات النيكوتينية الحديثة Neonicotinoid: مثل الـ Imidacloprid

ثانياً: تصنيف المبيدات حسب الإستخدام

١. مبيدات حشرية Insecticides
٢. مبيدات فطرية Fungicides
٣. مبيدات العناكب Acaricides
٤. مبيدات نيماتودية Nematicides
٥. مبيدات القوارض Rodenticides
٦. مبيدات الحشائش Herbicides

ثالثاً: تصنيف المبيدات على أساس طريقة دخولها لجسم الحشرة

- ✓ السموم المعدية Stomach poisons: وهي التي تدخل عن طريق الفم وتؤثر على الأمعاء الوسطى للحشرة مثل توكسينات بكتيريا الـ *Bacillus* وهي (Antibiotic insecticides).
- ✓ السموم الجهازية Systemic poisons: وهي التي تسري في عصارة النباتات.
- ✓ السموم بالملامسة Contact poisons: وتحدث تأثيرها السام بعد نفاذها عن طريق الفتحات التنفسية مثل الأيروسولات.

رابعاً: تصنيف المبيدات تبعاً للسمية الحادة للمركب (Acute Toxicity)

قسمت تبعاً للسمية الحادة عن طريق الفم (LD50 mg/kg) إلى:

- شديدة الضرر (Extremely Hazardous) ..... Class IA
- عالية الضرر (Highly Hazardous) ..... Class IB
- متوسطة الضرر (Moderately Hazardous) .... Class II
- قليلة الضرر (Slightly Hazardous) ..... Class III

السمية Toxicity

ويقصد بها ***مقدار الضرر أو التلف الذي تسببه مادة كيمياوية لكائن حي معين***، ويمكن تقسيم السمية إلى قسمين:

١. **السمية الحادة Acute Toxicity:** ويقصد بها مقدار تأثر الكائن الحي عند تعرضه إلى جرعة كبيرة واحدة من المادة السامة عن طريق الفم أو الجلد أو عن طريق الجهاز التنفسي، والتي تؤدي إلى المرض الشديد أو الموت. وبالنسبة للمبيدات الكيمياوية فيتعرض الأطفال لمثل هذه الحالات من التسمم نتيجة الإهمال في حفظ المبيدات في المنزل، وكذلك بتأثر العمال المشتغلون في مصانع إنتاج المبيدات والعمال الزراعيون الذين يقومون بعملية المكافحة.

٢. **السمية المزمنة Chronic Toxicity:** ويقصد بها مقدار تأثر الكائن الحي بالسموم الكيمياوية نتيجة تعرضه المستمر إلى كميات ضئيلة منها ولفترات طويلة. وفيما يخص المبيدات فلا يقتصر التعرض لهذا النوع من التسمم على مجموعة معينه من الناس (كما في حالة التسمم الحاد)، بل

يتعرض له معظم المستهلكين عن طريق تناولهم للخضروات والفواكه والمنتجات الحيوانية التي تحتوي على بقايا المبيد Pesticide residues. ولهذا النوع من السمية أهمية خاصة في حالة إستخدام المبيدات التي تتجمع في أنسجة الكائن الحي، نتيجةً لتخزينها في الأنسجة الدهنية وبعض الأنسجة الأخرى كما في حالة المبيدات الحشرية التابعة لمجموعة الهايدروكاربونات المكلورة والمبيدات الفطرية الزئبقية.

تقاس السمية الحادة على أساس الجرعة القاتلة وبخاصةً الجرعة المتوسطة القاتلة (للموت) وتدعى بالجرعة النصفية القاتلة Lethal Dose ويرمز لها بالرمز (LD50)، والتي تُعرّف بأنها تلك الكمية من المادة السامة التي تقتل 50 % من الكائنات المستخدمة في التجربة المختبرية، وتكون محسوبة على أساس عدد الملليغرامات من المادة السامة لكل كيلوغرام من وزن الكائن الحي.

طرق معالجة وإستصلاح الترب الملوثة:

إن إختيار عملية المعالجة المناسبة تعتمد على نوعية الملوثات وكميتها، ويمكن معالجة وإستصلاح الترب الملوثة بأحد التقنيات الآتية:

١- المعالجة الطبيعية: وتشمل عمليات غسيل التربة وتبخير المواد الكيميائية المتطايرة.
٢- المعالجة الحرارية: وتتم بوساطة الحرق بإستخدام الأفران الحرارية الدوّارة Rotary Kiln.
٣- المعالجة الكيميائية: وتتضمن تعديل درجة التفاعل ،الاختزال/الأكسدة ، التميؤ. التثبيت بواسطة المعالجة الكيميائية، تكوين مركبات غير قابلة للذوبان.
٤- المعالجة الحيوية: ويستخدم لهذا الغرض البكتيريا والفطريات التي لها القابلية على تكسير الملوثات وتحويلها إلى مركبات أبسط وغير ضارة بالبيئة، مثل طريقة الأكوام الحيوية أو الزراعة الحيوية.
٥- منع حدوث أي تلوث جديد: إذ يجب على السلطات المحلية تنظيف الملوثات الموجودة ومنع حدوث أي تلوث جديد وذلك من خلال:

التحكم في إدارة النفايات، والسيطرة على العمليات الصناعية والتجارية ، ليس الحد من عمليات تصريف المواد الصلبة والسائلة فقط ولكن القيام بالرصد والسيطرة على حوادث التصريف (مثل حدوث تسرب من خطوط وخزانات الوقود إلى المياه الجوفية والتربة). ومنع حدوث أي تلوث بالقرب من التجمعات السكانية وموارد مياه الشرب وذلك باختيار الأماكن المناسبة للتخلص من النفايات الصلبة و السائلة.