www.dar-alkotob.com دار الكتب

www.dar-alkotob.com دار الكتب

سلسلة : البيـــــئة و التـــــلوث
العدد (١)

النظام البيئى و التلوث

دكتور
السيد أحمد الخطيب
Ph . D. University of W. Virginia (USA)
أستاذ علوم الأراضى و المياة – كلية الزراعة – جامعة الإسكندرية
و الحائز على
جائزة الدولة التشجيعية فى العلوم الزراعية عام ١٩٩٣
و نوط الامتياز من الطبقة الأولى

٢٠٠٤

المكتبة المصرية
للطباعة والنشر والتوزيع
٣ ش أحمد ذو الفقار – لوران الإسكندرية
تليفاكس : ٠٠٢/٠٣/٥٨٤٠٢٩٨
محمول : ٠١٢٤٦٨٦٠٤٩

دار الكتب www.dar-alkotob.com

جميع الحقوق محفوظة
للمكتبة المصرية

www.dar-alkotob.com دار الكتب

بسم الله الرحمن الرحيم

" ظهر الفساد في البر والبحر بما كسبت أيدي الناس ليذيقهم بعض الذي عملوا لعلهم يرجعون ".

الروم (٤١)

صدق الله العظيم

www.dar-alkotob.com دار الكتب

دار الكتب www.dar-alkotob.com

مقدمة

التلوث البيئي يمثل أحد المشكلات الهامة التي تواجه البشرية في عصرنا الحاضر نتيجة للنشاط الإنساني المتزايد في كافه مجالات الحياة . ولأن التلوث البيئي له أبعاد خطيرة على صحة الإنسان فإن قضيه التلوث أصبحت تمثل أولوية من أولويات العصر وستظل من أهم الموضوعات التي تشغل فكر العالم في القرن الواحد والعشرون .

ولكي تستعرض معا سلم تصاعد المشاكل البيئية والتلوث فأننا محتاجون بداية إلى توضيح الإطار الذي تنشا فيه هذه المشاكل على مختلف المستويات البيئية وبتعبير أدق على المحيط الحيوي مائة وهواؤه وأرضه . ولقد عرف العالم الروسى فرنادسكى vernadsky المحيط الحيوي بأنه ذلك الحيز على كوكب الأرض الذي توجد فيه الحياة بمختلف أنواعها بصورة طبيعية ويشمل الطبقات السفلي من الغلاف الجوى وسطح الأرض من أعلى إلى أسفل وما يشتمله من جبال وسهول ووديان وتحت سطح الأرض والمحيط المائي بأنهاره وبحيراته وبحارة ومحيطاته فالمحيط الحيوي إذن هو مصدر كل المدخلات التي نحتاج إليها والمصب التي تنتهي إليها كل المخرجات الناجمة عن العمل على تدبير احتياجاتها . ويحتوى المحيط الحيوي

دار الكتب www.dar-alkotob.com

على وحدات كل وحدة تمثل نظام بيئي يحتوى على الكائنات الحيه وعناصر غير حيه والطاقة . يجمع بين هذه العناصر جميعا عمليات بيئية وحيوية تنظم العلاقات فيها وتستوفى الترابط بينها في إطار التوازن الذي يحفظ للنظام البيئي صحته . يمكن للنظام البيئي أن يستوعب كميات معينة من المخلفات دون أن يتدهور حالة لذلك علينا عدم تجاوز قدرة النظام البيئي على هضم المخلفات التي نقذف بها فيه حتى لا يتلوث تلوثاً يضر بالإنسان والحيوان على حد سواء.

نص ميثاق اليونسكو الذي صنع في أعقاب الحرب العالمية الثانية بأن " الحرب تبدأ في عقول الناس" وبالتبعية وبالقدر نفسة فإن الحرص على سلامة البيئة والوعى بمقتضيات هذه السلامة يبدآن في عقول الناس . لذلك فإن رفع المستوى التعليمي والثقافي وتنمية الوعي البيئي للأفراد هي مسئوليه جماعية يتطلب الاقتناع التام بمسئولية الأفراد تجاه البيئة وحرصهم على سلامتها وصحتها .

وواقع مشكلة التلوث البيئي – كما نراها – يتمثل في أن قسما كبيراً من سكان الدول النامية لا يزال بعيداً كل البعد عن قضايا البيئة وللأسف الشديد فإن هذا القسم يشمل الأفراد الذين يسيئون إلى البيئة في جزيئات حياتهم اليومية وكذلك المسئولون اللامبالين بمراعاة الاعتبارات البيئية في أعمال الأجهزة والمؤسسات التي يرعونها .

دار الكتب www.dar-alkotob.com

من أجل ذلك أيها القارئ الكريم فلقد قام الكاتب بإصدار سلسلة " البيئة والتلوث" بهدف تنمية الوعي البيئي لدى الأفراد في مجتمعنا واجتذاب القراء للتعاطف والاهتمام بقضايا البيئة والمشاركة في الحفاظ عليها وأيضا سحب الأفراد من مساحة اللامبالين بالبيئة إلى جيش الداعين إلى صونها .

ويتناول الكتاب الأول في هذه السلسلة المعلومات الهامة عن النظام البيئي والتلوث ويشتمل على خمسة فصول يتناول الفصل الأول منها خواص ومكونات النظم البيئية وسريان الطاقة وكذلك العمليات الأساسية والدورات البيوجيوكيميائية في النظام البيئي كما يشمل أيضا نبذة عن صحة النظام البيئي أما الفصل الثاني فيتناول أنواع التلوث البيئي مع ذكر بعض الاتفاقيات العالمية التي تهدف إلى السيطرة على التلوث . وتتعرض الفصول الثلاثة الأخيرة لملوثات الماء والهواء والتربة ومصادرها وتأثيرها على النظم البيئية.

أسال الله أن يتحقق الهدف المنشود من تأليف هذا الكتاب وأن يجد منه القراء على اختلاف اهتماماتهم العون والفائدة .

والله ولى التوفيق ،،،

أ.د السيد أحمد الخطيب

الإسكندرية ٢٠٠٤

www.dar-alkotob.com دار الكتب

دار الكتب www.dar-alkotob.com

المحتويات

الموضوع	الصفحة
❖ الفصل الأول : النظام البيئى	١٣
➢ النظام البيئى	١٣
➢ خواص النظم البيئية	١٤
▪ الدورات والتغيرات	١٤
▪ الترابط	١٥
▪ المقياس	١٥
▪ التنوع	١٥
▪ التوازن	١٦
➢ مكونات النظم البيئية	١٧
▪ التربة	١٧
▪ الجو	١٧
▪ الإشعاعات الشمسية	١٨
▪ المـــــاء	١٨
▪ الكائنات الحيه	١٨
➢ سريان الطاقة والماء فى النظم البيئية	٢٠

الموضوع	الصفحة
> العمليات الأساسية فى النظام البيئى	٢٣
▪ دورة الماء	٢٤
▪ دورة العناصر	٢٥
▪ ديناميكية المجتمعات	٢٧
▪ سريان الطاقة الشمسية	٢٨
> السلسلة الغذائية	٣٠
> السلسلة الغذائية والشبكية	٣٢
> تأثير الإنسان على السلسلة الغذائية الطبيعية	٣٤
> الدورات البيوجيوكيميائية	٣٦
▪ دورة الكربون	٣٧
▪ دورة الإكسجين	٣٩
▪ دورة النيتروجين	٤٠
> صحة النظام البيئى	٥٦
> قياس صحة النظام البيئى	٥٦
> مراجع الفصل الأول	٥٩

الموضوع	الصفحة
❖ الفصل الثاني : التـــــلوث	٦٢
➢ أقســـام التلوث	٦٣
▪ على أساس التحلل	٦٣
▪ على أساس الصفات	٦٤
➢ أنواع الملوثات	٦٦
▪ تلوث الماء	٦٧
▪ تلوث التربة	٦٩
▪ المخلفات الصلبة	٧٢
▪ المخلفات الخطرة	٧٥
▪ التلوث السمعي (الضوضاء)	٧٨
➢ السيطرة على التلوث	٧٩
➢ مراجع الفصل الثاني	٨٢
❖ الفصل الثالث : تـــلوث الهواء	٨٤
➢ مصادر تلوث الهواء	٨٥
▪ مصادر طبيعية	٨٥
▪ مصادر بشرية	٨٥
➢ ملوثات الغلاف الجوي	٨٦
▪ ثاني اكسيد الكبريت	٨٦
▪ الهيدروكربونات	٨٦

الموضوع	الصفحة
▪ أول أكسيد الكربون	٨٧
▪ الدخـــان	٨٧
▪ ثانى أكسيد الكربون	٨٨
▪ الغبـــار	٨٨
▪ الرادون	٨٩
➢ تأثير تلوث الهواء على البيئة	٩٠
▪ الضباب الدخانى الكيموضوئى	٩٠
▪ المطر الحمضى	٩٤
▪ تأثير الصوبة	٩٦
▪ تدمير طبقة الأوزون	٩٨
➢ مراجع الفصل الثالث	١٠٢
❖ الفصل الرابع : المـــاء النظيف	١٠٤
➢ النظم البيئية المائية	١٠٧
➢ كيفية تقدير جودة المياه	١٠٨
➢ جودة المياه وصحة الإنسان	١٠٩
➢ مشكلة التلوث	١١١
➢ تأثير التلوث	١١٣
➢ التحكم فى تلوث المياه	١١٦

الموضوع	الصفحة
➢ أهداف ومعايير جودة المياه	١١٨
➢ Regulations	١١٩
➢ التنمية المستدامه	١٢٣
➢ مراجع الفصل الرابع	١٢٥
❖ الفصل الخامس : تلوث التربة	١٢٧
➢ ملوثات التربة	١٢٧
➢ المبيدات	١٢٧
➢ الملوثات غير العضوية	١٢٧
➢ المخلفات العضوية	١٢٧
➢ مصادر التلوث	١٤٠
➢ دورة العناصر الثقيلة فى النظام البيئى	١٤٢
➢ التخلص من ملوثات التربة	١٥٢
➢ الطرق المستخدمة فى موقع التلوث	١٥٢
➢ الطرق المستخدمة بعيدا عن موقع التلوث	١٥٥
➢ مراجع الفصل الخامس	١٥٨

النظام البيئى

- النظام البيئى
- خواص النظم البيئية
- مكونات النظم البيئية
- سريان الطاقة والماء فى النظم البيئية
- العمليات الأساسية فى النظام البيئى
- السلسلة الغذائية
- صحة النظام البيئى

النظام البيئى

Ecosystem

النظام البيئي

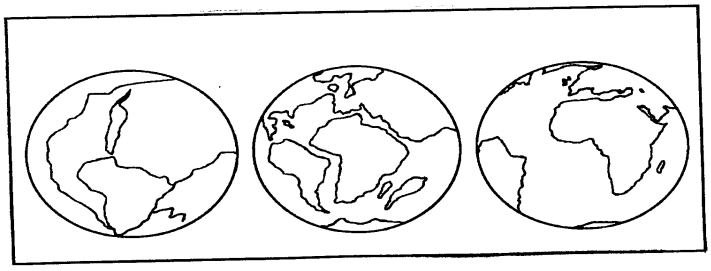
فى الطبيعة لا يتواجد أي شئ بمفرده أو قائم بذاته فالكائنات الحية جميعها توجد بينها علاقات ترابط وهذه العلاقات تمتد إلى البيئة غير الحيه المحيطة بها والمدعمة لها . هذه العلاقات المعقدة التي تربط بين الكائنات الحية وغير الحية يطلق عليها النظم البيئية ecosystems ولذلك يعرف النظم البيئي بأنه نظام ديناميكي يتكون من مجتمعات community بيولوجية حيه biotic وما يصاحبها من عناصر غير حيه abiotic ويتميز هذا النظام بتعقد وتعدد تفاعلات وتداخلات مكوناته . ولذلك فإن مكونات النظام الحية وغير الحية تتحدد تبعا لعدد العوامل البيئية المتداخلة مع بعضها البعض ، فأي تغير فى أي من العوامل التالية (صلاحية المغذيات – درجة الحرارة – شدة الضوء والكثافة العددية للأنواع المختلفة) ينتج عنه تغير ديناميكي فى طبيعية النظام . ومثال ذلك اشتعال الحرائق وارتفاع درجة الحرارة فى الغابات الذي يؤدى إلى تغير تام فى تركيب هذا النظام ومكوناته حيث تختفي نتيجة لذلك الأشجار الكبيرة والحشائش والشجيرات التي تغطى أراضى الغابات وما تحتويه من مغذيات التي تنتقل بالضرورة إلى التربة والجو والنظام المائي .

وبعد وقت قصير تتحول المنطقة من منطقة غابات إلـــى مجتمـــع أعشـــاب وحشائش أي إلى نظام مختلف تماما عن سابقه .

خواص النظم البيئية

– الدورات والتغيرات

جميع العناصر التي يتكون منها النظام البيئي يحدث لها تغيير وتدويـــر مع الزمن والمكان . وقد تحدث بعض هذه التغيرات نتيجة للدورات الطبيعية مثل دورة الماء ودورة الكربون أو نتيجة لبعض الظواهـــر الطبيعيـــة مثـــل الزلازل والبراكين والأعاصير والفيضانات والحرائق . أيضا يتسبب النشـــاط الإنساني فى إحداث تغيرات عديدة فى النظم البيئية الطبيعيـــة مـــن خـــلال الهجرة والحضرنة والزراعة والتصنيع والحروب . والتغيرات التي تحـــدث على مدى آلاف السنين فى الأنظمة البيئية مثل تأقلم أو اندثار بعض أنـــواع الكائنات الحية أو تباعد القارات تكون من الصعوبة بمكان علـــى الإنســـان تصورها .



- الترابـــط Connections

ترتبط جميع عناصر النظام البيئي الحي (إنسان – نبات – حيـــوان – كائنات دقيقة) وغير الحية ببعضها البعض بعلاقات متشابكة ومتباينة تتراوح بين علاقات بسيطة وأخرى شديدة التعقيد . ومن أمثلـــة العلاقـــات المعقـــدة والصعب تصورها ما لاحظ العلماء من انخفاض سمك طبقة الأوزون علـــى الرغم من عدم الفهم الكامل لجميع الأسباب المؤدية لذلك .

- المقيـــاس Scale

تتشابه النظم البيئية والمجتمعات من حيث تواجدهم فى أحجام ومقـاييس مختلفة . فيوجد مجتمعات صغيرة تتكون من مكونات حيه وغير حيه تتفاعل مع بعضها البعض فى بحيرة صغيرة بينما يوجد مجتمعات أكبر كمـــا فـــى البحار. وعلى المستوى العالمي نجد أن كل المكونات الحية وغير الحية فـــي هذا الكون تتفاعل مع بعضها . فالنظام البيئي يتواجد حيثما يوجـــد علاقـــات تفاعل وتداخل بين النباتات والحيوانات والإنسان وبين عناصر البيئة المحيطة بهم وعلينا جميعا أن نتذكر أن النظام البيئي الصغير هو جزء مـــن النظـــام البيئي الأكبر وهذا بالضرورة يعنى أن ما يحدث فى النظام البيئي علـــى أي مستوى سوف يؤثر على المستوى الآخر مع اختلاف درجة التأثير بالطبع .

- التنـــوع Diversity

التنوع البيولوجي هو المفتاح الحقيقي لصحة وجودة النظام البيئي فـــهو

يرمز إلى تعدد النباتات والحيوانات بكل نوع على حدة . فالتنوع يعطى قوه وجهد للأنواع لكي تستطيع التأقلم مع التغيرات التي تحدث فى النظام البيئي . أيضا ولأن تعدد أنواع النباتات والحيوانات يمد الزراعة والصناعة والطب والفن بمنتجات كثيرة فهو يعتبر هام وذو تأثير على معيشة وتقدم الإنسان .

والأثر السئ للنشاط الإنساني على النظم البيئية يظهر بوضوح من خلال فقد التنوع البيولوجي فلقد لوحظ وجود علاقة ارتباط بين انتشار الأنواع البيولوجية وزيادة التعداد السكاني الذي هو يرتبط مباشرة باستهلاك الثروات الطبيعية ومثال ذلك اختفاء حوالي ٥٠٠ نوع من النباتات والحيوانات منذ وصول الأوربيين إلى أمريكا الشمالية وذلك نتيجة لتدخل الإنسان المباشر وغير المباشر .

- التوازن Balance

وعلى الرغم من الطبيعة الديناميكية للنظام البيئي وما يمر به من تغيرات ودورات فإن عناصر النظام البيئي الجيد تكون قادرة على التأقلم والاستجابة للتغيرات والضغوط stresses . فالنظام البيئي الهش والذي في طريقة إلى النهاية يفقد عناصر خاصية التطور والتأقلم ولذلك فإن الإنسان بتغييره للنظام البيئي الذي يعيش فيه فإنه يعمل على فقدان النظام البيئي القدرة على التأقلم ومواجهه الضغوط وبالتالي يساعد على تدهوره . والتحدى الآن للإنسان هو إيجاد الطرق الذي يستطيع بها استيفاء احتياجاته بدون التأثير على النظام البيئي.

مكونات النظم البيئية

تتكون النظم البيئية من العديد من المكونات البيولوجية الحيـــه وغـير الحية ذات العلاقات الدقيقة ببعضها والمكونات الهامة فى النظم البيئية تشمل: التربة والجو (المناخ) والإشعاعات الشمسية والماء والكائنات الحية (جـــدول 1-1).

جدول (1-1): مكونات النظام البيئى

مكونات حيه biotic	مكونات غير حيه Abiotic
• كائنات منتجة (نباتات)	• أشعه الشمس .
• كائنات مستهلكة	• المنـــاخ
- آكلات عشب.	- درجة الحرارة .
- آكلات لحوم.	- الهطول .
• كائنـــات محللـــه (بكتريـــا وفطريات)	• المـــاء .
	• التربة .

– التربـــــه

هى عبارة عن خليط من نواتج الصخور المجواه (معادن الطين) والمادة العضوية والكائنات الحية الدقيقة . فالتربة تعتبر وسط نمو للنبـــات يمدهـــا بالماء والمغذيات . وترتبط النباتات النامية على سطح التربة ارتباطا بـــهذا الجزء من النظام البيئي من خلال دورة المغذيات .

– الجـــو

يمد الكائنات الحية الموجودة فى النظام البيئي باحتياجاتها مـــن ثـــاني

أكسيد الكربون اللازم لعملية التمثيل الضوئي والأكسجين اللازم لعمليه التنفس أما عمليات البخر والنتح والهطول فهي تعمل على تدوير الماء بين الجو وسطح الأرض .

- الإشعاعات الشمسية

تستخدم الأشعة الشمسية فى النظام البيئي لتسخين الجو ولتبخير ونتح الماء إلى الجو . كما أن الأشعة الشمسية ضرورية لعمليات التمثيل الضوئي الذي يمد النبات بالطاقة اللازمة لنموه وللعمليات الحيوية وأيضا يمد صور الحياة الأخرى بالغذاء العضوي .

- الماء

تتكون أغلب الأنسجة الحية من نسبة عالية من الماء (تصل إلى ٩٠%) ونجد أن بروتوبلازم خلايا معظم النباتات لا يستطيع العيش إذا قل محتواه المائي عن ٣٠-٥٠% . كما أن الماء يعتبر الوسط الذي تذوب فيه المغذيات ومن خلاله تنتقل إلى النبات كما أن الماء هام للحفاظ على نضرة الأوراق آلتي هي ضرورة لعمليات التمثيل الضوئي الكيميائية .

- الكائنات الحية

يحتوى النظام الحيوي على العديد من الكائنات الحية التي يمكن تقسيمها إلى منتجه Producers ومستهلكة Consumers أو محلله Decomposers .

والكائنات الحية المنتجة Producers أو ذاتية التغذية هي عبارة عن كائنات لها القدرة على استخدام المركبات العضوية التي يصنعها كمصدر للطاقة والمغذيات . وأغلب الكائنات الحية المنتجة هي النباتات الخضراء التي تستطيع تصنيع غذاءها من خلال عمليات التمثيل الضوئي . أما الكائنات المستهلكة Consumers (غير ذاتية التغذية) فهى تحصل على غذاءها والطاقة عن طريق التغذية المباشرة أو غير المباشرة بالكائنات المنتجة .

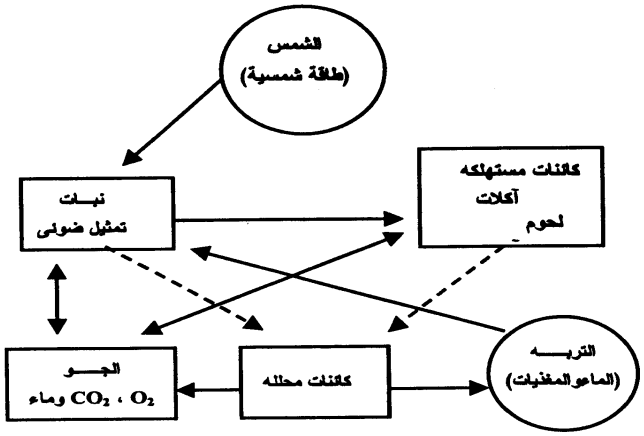
والكائنات المستهلكة يمكن تمييزها إلى نوعين :

- آكلات العشب Herbivores : وهى كائنات تتغذى على النباتات للحصول على الطاقة والمغذيات .

- آكلات اللحوم Carnivores : وهى الكائنات التي تتغذى على آكلات العشب كما أن بعض الكائنات من آكلات اللحوم تتغذى على آكلات لحوم أخرى.

وتعتبر النباتات والحيوانات هي مصدر المواد العضوية فى التربة بعد موتها ويطلق على الكائنات التي تتغذى على المادة العضوية كائنات محللة (detritivores decomposers) وتتحول المادة العضوية التى تم استهلاكها بواسطة الكائنات المحللة إلى مغذيات غير عضوية في التربة . وهذه المغذيات يمكن للنبات أن يستخدمها لإنتاج المركبات العضوية الأخرى .

ويوضح النموذج التالي مكونات النظام البيئي والعلاقات المتداخلة فيـــه (شكل 1-1) :



شكل (1-1) :العلاقات بين مكونات النظام البيئى

سريان الطاقة والمادة فى النظم البيئية

كثير من العلاقات الهامة بين الكائنات الحية والبيئة يتم التحكم فيها عـن طريق كمية الطاقة المتاحة والتي يتم استقبالها على سطح الكرة الأرضية من الشمس وهذه الطاقة هي التي تساعد النظام البيئي على البقاء فالطاقة الشمسية

تساعد النباتات على تحويل الكيماويات غير العضوية إلى مركبات عضوية.

يتم تحويل جزء صغير جداً من أشعه الشمس التي تستقبل على سطح الكرة الشمسية إلى شكل بيوكيميائى وفى دراسة تم إثبات أن ١,٦% فقط من الأشعة الشمسية المتاحة تم استخدامها للتمثيل الضوئي في الذرة . أما البيانات الأخرى فتقترح أن النظم البيئية الأكثر كفاءة نادرا ما تستخدم أكثر من ٣% من الطاقة الشمسية أما أغلب النباتات فهي تثبت Fix أقل من ١% من أشعة الشمس المتاحة للتمثيل الضوئى .

الكائنات الحية تستخدم الطاقة على صورتين :

- إشعاعية Radiant على صورة طاقة الكترومغناطيسية مثل الضوء .
- جهد كيماوي طاقى يوجد في المواد العضوية (fixed energy) وهذه الطاقة يمكن انطلاقها من خلال عملية التنفس .

الكائنات الحية التي تستطيع أخذ الطاقة من المصادر غير العضوية وتثبيتها في المواد العضوية الغنية بالطاقة يطلق عليها كائنات ذاتية التغذية . وإذا كانت هذه الطاقة مستمدة من الضوء فإن هذه الكائنات يطلق عليها كائنات ذاتية التمثيل الضوئي photosynthetic autotrophy . وفى أغلب النظم البيئية نجد أن النوع السائد هو الكائنات ذاتية التمثيل الضوئي . أما الكائنات الحية التى تحتاج إلى طاقة مثبتة والموجودة فى المواد العضوية فيطلق عليها غير ذاتية التغذية heterotrophs . والكائنات ذاتية التغذية التى

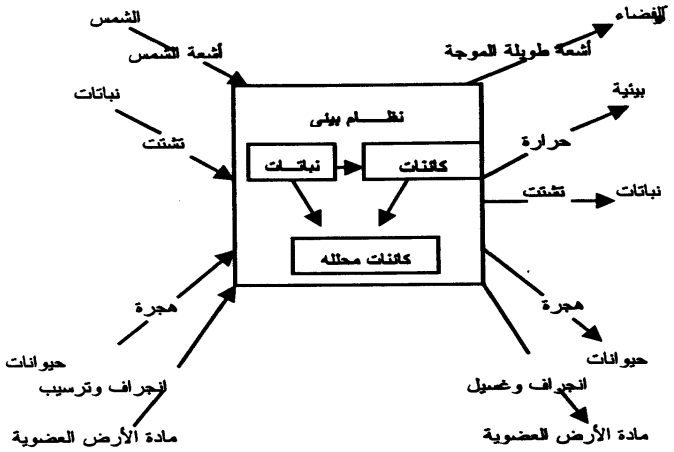
تحصل على الطاقة من الكائنات الحية تسمى كائنات مستهلكه والكائنات المستهلكة تنقسم إلى :

١) كائنات مستهلكة . ٢) كائنات محلله .

والكائنات المستهلكة التي تستهلك النباتات يطلق عليها آكلات العشب . وتتغذى الكائنات آكله اللحوم على آكلات العشب وآكلات اللحوم . الكائنات المحللة تحصل على الطاقة اللازمة لها من الكائنات الميتة أو المركبات العضوية المنتشرة فى البيئة .

وعندما تثبت الطاقة بواسطة النبات فإن الطاقة العضوية يمكن أن تتحرك في النظام البيئي من خلال استهلاك المواد العضوية الحية أو الميتة وعند التحلل تتحول المواد العضوية إلى شكلها غير العضوي الموجودة به أصلا قبل امتصاصها بواسطة النبات حتى يمكن للنبات أن يمتصها ثانية . الطاقة العضوية يمكن أن تتحرك من نظام بيئي واحد إلى أخر عن طريق العديد من العمليات . وهذه العمليات يطلق عليها هجرة الحيوانات animal migration ، حصاد الحيوانات animal harvesting ، حصاد النباتات plant harvesting وانتشار النباتات والبذور والغسيل والانجراف .

ويوضح النموذج التالي مدخلات ومخرجات الطاقة والمادة فى النظام البيئي .



شكل (1-2) : مدخلات ومخرجات الطاقة والمادة فى النظام البيئى

العمليات الأساسية فى النظام البيئى

النظام البيئي هو نظام غاية فى التعقيد ولذلك فإن التعامل مع هذا النظام يتطلب التركيز على العمليات الرئيسية التي تحرك النظام البيئي والمســـئولة عن جودة وصحة هذا النظام . وهذه العمليات تشمل :

١- دورة الماء .
٢- دورة العناصر .
٣- سريان الطاقة الشمسية.
٤- ديناميكية المجتمعات .

أي تغيير أو تحوير فى آي من هذه العمليات يؤثر تلقائيا فى جميع العمليات الأخرى لأنهم فى الحقيقة يمثلون عدة وجوه لعملة واحدة ويمكن التفكير فى هذه العمليات على أنها أربع نوافذ مختلفة يتم من خلالها فحص نفس الحجرة التي تمثل النظام البيئي فإذا رغبنا على سبيل المثال تغيير دورة الماء فى قطعة أرض فيجب علينا تحديد الأدوات وكيفية استخدامها والأخذ فى الاعتبار مدى تأثير هذه الأدوات على دورة العناصر وسريان الطاقة وديناميكية المجتمعات , ولذلك يجب علينا جميعا معرفة وفهم العمليات المحركة للنظام البيئي لأننا في الحقيقة نتمتع بالحياة نتيجة شروق الشمس على أوراق النباتات التي بدورها تعمل على تحويل الطاقة الشمسية إلى غذاء نأكله وأكسجين بتنفسه.

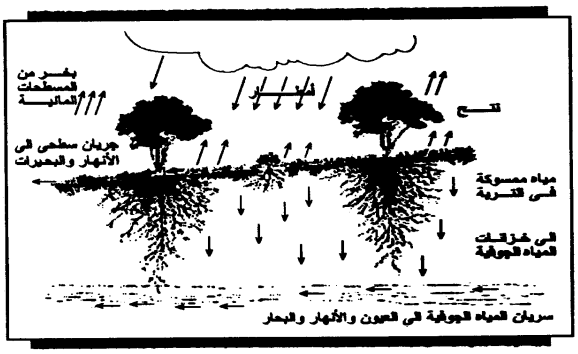
١- دورة المـــاء

هل تفي الأمطار باحتياجات النبات المائية والمتبقي يذهب إلى المياه الجوفية أم يحدث جريان سطحي للأمطار مسببا انجراف للأراضي ؟

هل تدفق المياه فى الأنهار والعيون يكون موسميا أم على مدار السنة ؟

تتطلب دورة الماء الفعالة تربة تنمو عليها المزروعات وتكون نشطة

بيولوجيا حيث تخترق معظم هذه المياه التربة سريعا عند سقوط الأمطار ثم بعد ذلك يحدث تحرر للمياه عن طريقة نتح النباتات أو من خلال الأنهار والعيون والتركيبات الجيولوجية الحاملة للمياه الجوفية التي تستقبل المياه الزائدة عن حاجة النباتات . وتخزنها عندما تصبح التربة عارية من النباتات. وعندما يقل النشاط البيولوجي يزيد الجريان السطحي للمياه والكمية القليلة من المياه التي تخترق التربة سرعان ما يتم فقدها عن طريق البخر .



شكل (1-3) : الدورة المائية

٢- دورة العناصر

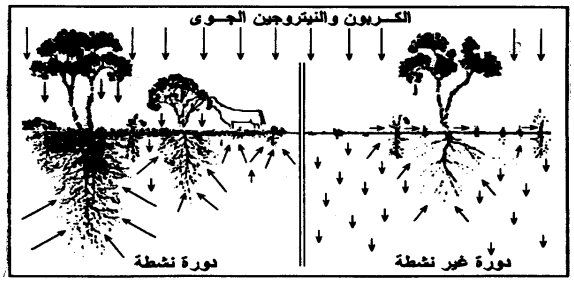
لفهم دورة العناصر ووظيفتها يجب علينا طرح الأسئلة التالية :

١) هل العناصر الغذائية فى النظام البيئي متاحة للكائنات الحية التي تعيش فيه ؟

٢) هل العناصر الغذائية تتركز أسفل منطقة جذور النباتات ولا تستطيع الجذور الحصول عليها ؟

٣) هل حرق النباتات يؤدى إلى فقدان العناصر الغذائية الموجودة بها ؟ وهل انجراف التربة يؤدى إلى فقد كثير من العناصر الغذائية ؟

والحقيقة أن دورة العناصر كي تكون فعالة تتطلب تربة نشطة بيولوجيا تنمو فيها النباتات حتى يحدث تدوير للعناصر الغذائية بين النباتات والتربة . أما عند حدوث انجراف للتربة السطحية فيقل النشاط البيولوجي وتتركز العناصر الغذائية فى نقاط (أماكن) معينة أو تفقد عن طريق الانجراف بالرياح والانجراف بالماء (شكل 1-4).

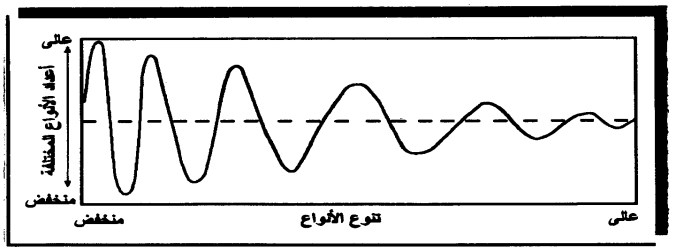


شكل (1-4): دورة العناصر

٣- ديناميكية المجتمعات

والسؤال الذي يطرح نفسه هنا هو : هل أغلب الأنواع الحية تتواجد في أعداد متناسقة لجميع الأعمار أم يوجد سيادة فى إعداد بعض أنواع الكائنات الحية دون غيرها ؟

والحقيقة التي يجب الاعتراف بها واستيعابها هو أن المجتمعات الطبيعية تجاهد فى تطوير نفسها عن طريق تعظيم التعقيد والتداخل بين مكوناتها بهدف الوصول إلى الثبات والاتزان فمثلا التربة الجرداء تطور نفسها فى وجود الماء إلى مجتمع غابات ثابت ومعقد يحتوى على كائنات حيه مختلفة ومتعددة الأنواع وعندما يحاول الإنسان أن يخفض درجة التعقيد الطبيعية بفرض زراعة أنواع محددة من المحاصيل فإنه بذلك يعمل ضد ولذلك فإن هذه النظم البيئة تكون هشه ومؤقتة .

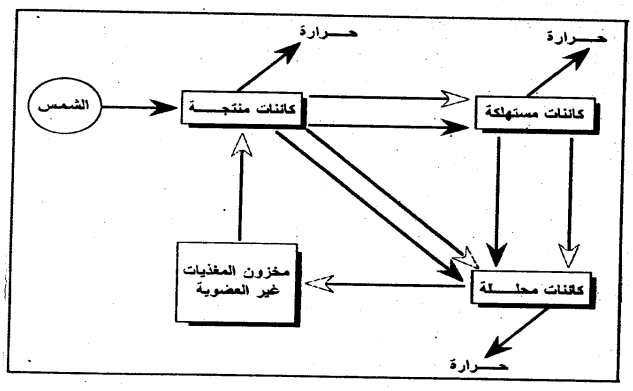


شكل (1-5): ديناميكية المجتمعات

٤- سريان الطاقة فى النظام البيئي

يجب علينا طرح السؤال التالي :

ما هو مقدار أشعة الشمس التي تسقط على أوراق النباتات الخضـــراء وتستخدم فى إنتاج الغذاء للنظام البيئي وما هو مقدار الفاقد من هذه الأشـــعة عند سقوطها على تربة جرادء أو كائنات غير حيه ؟



شكل (1-6): سريان الطاقة فى النظام البيئى

يوضح الشكل (1-6) كيفية سريان الطاقة والمغذيات فى النظام البيئي ، فالطاقة تسرى فى النظام البيئي على شكل روابط كربون – كربون وعند التنفس تتكسر هذه الروابط ويتحد الكربون مع الأكسجين مكونا ثاني أكسيد الكربون ، وينتج عن هذه العملية انطلاق طاقة تستخدم بواسطة الكائنات الحية (هضم الطعام – التفكير – الإخراج – الحركة وغيرها) أو تفقد على صورة طاقة وتوضح الأسهم الداكنة حركة الطاقة ويلاحظ من الرسم أن مصدر الطاقة هو الشمس وأن المصير النهائي للطاقة هو الفقد على صورة حرارة أي أن الطاقة لا يحدث لها تدوير فى النظام البيئي .

والمكونات الأخرى التى تظهر فى الشكل السابق هى المغذيات غير العضوية ويطلق عليها " غير عضوية " لأنها لا تحتوى على روابط كربون –كربون ، وتشمل المغذيات غير العضوية العديد من العناصر مثل الفوسفور والحديد والنتروجين وغيرها وتمثل الأسهم غير الداكنة فى الشكل حركة المغذيات فى النظام البيئي ويلاحظ أن الكائنات ذاتية التغذية تحصل على احتياجاتها من المغذيات غير العضوية من مخزون المغذيات غير العضوية والذي غالبا ما يكون موجودا فى التربة أو المياه المحيطة بالنباتات أو الطحالب. وتنتقل المغذيات غير العضوية من كائن لأخرى نتيجة أن بعض الكائنات تتغذى على كائنات أخرى وفى النهاية جميع هذه الكائنات تموت وتصبح غذاء للكائنات المحللة . وعند هذه المرحلة فإن الطاقة الموجودة فى هذه الكائنات تتحول إلى حرارة وتعود المغذيات العضوية الموجودة فى الكائنات الميتة إلى التربة أو الماء حيث يتم تدويرها ثانية . ويلاحظ أن

المغذيات غير العضوية يتم تدويرها بينما الطاقة تفقد على صورة حرارة ولا يتم تدويرها .

الخلاصة :

النقاط التالية تعبر عن حقائق عامة عن سريان الطاقة والمغذيات فـــى النظام البيئي :

١) الشمس هي مصدر الطاقة الرئيسى لجميع الأنظمة البيئية .

٢) المصير النهائي للطاقة في النظام البيئي هو الفقد على صورة حرارة .

٣) تنتقل الطاقة والمغذيات غير العضوية من كائن لأخر خـــلال السلســلة الغذائية نتيجة تغذى كائنات على كائنات أخرى .

٤) الكائنات المحللات تزيل الطاقة المتبقية من بقايا الكائنات .

٥) يتم تدوير المغذيات غير العضوية ولا يتم تدوير الطاقة .

السلسلة الغذائية

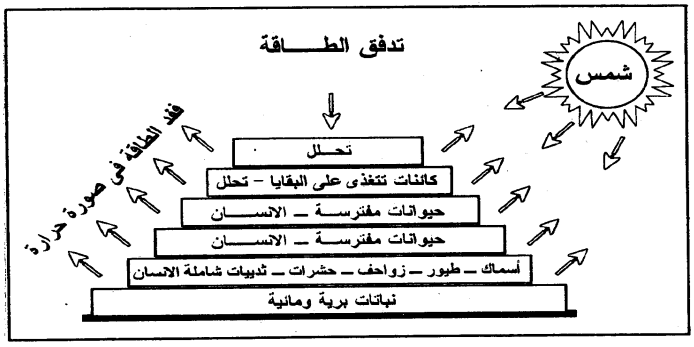
تتكون السلسلة الغذائية من :

١) كائنات منتجة : وهى كائنات ذاتية التغذية وتشمل بالطبع النباتات التـــى يعتمد عليها كل الكائنات الحية (الهوائية) للإمداد بـــالغذاء والأكســـجين

الناتج من عملية التمثيل الضوئي وهذه الكائنات تمثل الجزء الأكبر من الكتلة الحيوية للسلسلة الغذائية.

٢) كائنات مستهلكه : وهى كائنات تتغذى على كائنات أخرى وتشمل آكلات العشب وآكلات اللحوم والطفيليات وآكلات الرمم (الحيوانات الميتة) ، ويطلق على آكلات العشب بالكائنات المستهلكة الأولية وتمثل ثاني أكبر كتله حيوية فى السلسلة الغذائية وتليها آكلات اللحوم التي يطلق عليها الكائنات المستهلكة الثانوية ويستمر هذا مع الكائنات المستهلكة الثالثة وهكذا .

٣) الكائنات المحللة : وهى أساسا عبارة عن البكتريا والفطريات التى تعمل على تحويل الكائنات الميتة إلى عناصر غير عضوية تعود ثانية إلى التربة والماء والهواء ويوضح الشكل التال نسب الكتل الحيوية لمكونات السلسلة الغذائية .



شكل(1-7) : نسب الكتل الحيوية لمكونات السلسلة الغذائية

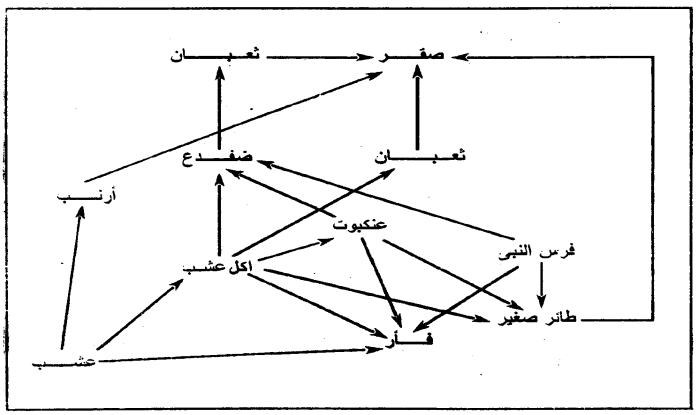
السلسلة الغذائية والشبكة Food chain and web

تعرف السلسلة الغذائية على أنها انتقال الغذاء من المستهلك الأخير إلـى المنتج ومثال السلسلة الغذائية فى الحقل (نظام بيئي) يكون كالتالي :

(نباتات) عشب ⟵ آكل عشب ⟵ فأر ⟵ ثعبان ⟵ صقر

ملحوظة : عادة ما يتم كتابة السلسلة الغذائية بدايـة مـن المنتـج وتنتـهي بالمستهلك وذلك على عكس التعريف المذكور عاليه .

السلسلة الغذائية تعتبر تبسيط لما يحدث في الواقع لأن كثير من الكائنات لا تتخصص في تناول نوع واحد من الغذاء فالصقور لا يقتصر غذاءها فقط على الثعابين وإنما يتعدى ذلك كائنات أخرى وهذا أيضا ينطلق على الفئران والثعابين ولذلك فإن التسجيل الواقعي للسلسلة الغذائية هو عبارة عن شبكة متواصلة يطلق عليها الشبكة الغذائية Food web كما فى المثال التالي :



: الشبكة الغذائية

وبالنظر إلى المثال المذكور نجد أننا أمام سلاسل غذائية متداخلة تكون شبكة متداخلة مع بعضها البعض .

تأثير الإنسان على السلسلة الغذائية الطبيعية

تمدن وتقدم الإنسانية يعتمد على الزراعة فبواسطة الزراعة فقط يستطيع عدد محدود من الناس توفير الغذاء لباقي السكان وبالتالي يتفرغ هؤلاء السكان لإنجاز أشياء كثيرة هامة تساعد فى تقدم البشرية . والزراعة فى حد ذاتها تعنى تطويع البيئة لتصبح ملائمة لنمو عدد قليل من النباتات التي نعتمد عليها فى غذائنا وأيضا العمل على القضاء على النباتات الأخرى التي تنافسها مثل الحشائش باستخدام المبيدات وبعبارة أخرى فإننا باستخدام الزراعة نعمل على تفشى نظام بيئي بسيط جداً وغير معقد يحتوى فقط على ثلاثة مستويات :

كائنات منتجة (محاصيل) ، كائنات مستهلكة أوليه (حيوانات الرعي – الإنسان) ، كائنات مستهلكة ثانوية (الإنسان) ، وهذا يعنى فقد قليل من الطاقة لعدم تعدد المستويات والحقيقة أن الإنسان خلق نظم بيئية زراعية تعانى من العديد من المشاكل مثل :

<u>أولاً</u>: خلق حقول ذات محصول واحد أدى إلى تسهيل الحصاد والزراعة والخدمة ولكنة خلق أيضا ظروف مثالية للإصابة بالأمراض والحشرات . ففي النظام البيئي الطبيعي يكون انتشار وتوزيع النباتات ذات النوع الواحد

على مساحات كبيرة مما يصعب على الحشرات المتخصصة العثور عليهم وإصابتهم.

ثانياً: يعتمد الإنسان فى غذائه على عدد محدود من المحاصيل فإذا حدث وفشل على سبيل المثال محصولي الذرة والأرز على المستوى العالمي فسوف تحدث مجاعة على مستوى العالم ولن يستطيع الإنسان توفير الاحتياجات الغذائية على المستوى العالمي بينما نجد أن النظام البيئي الطبيعي يتميز بتعدد مصادر الغذاء تحسبا لفشل أي مصدر من هذه المصادر .

ثالثاً: فى النظم البيئية الطبيعية عندما تموت النباتات تسقط على التربة وتتحلل ويعود محتواها من العناصر الغذائية غير العضوية ثانية إلى التربة بينما فى الزراعة البشرية يتم حصد المحصول ويتغذى عليه الإنسان وتذهب فضلات الإنسان إلى الصرف الصحي ومنه إلى الأنهار والبحار وتلوثها ولا تعود العناصر الغذائية التي تحتويها هذه المحاصيل إلى التربة . ولذلك يضطر الإنسان إلى استخدام الأسمدة الكيميائية لتعويض العناصر الغذائية آلتي امتصتها النباتات من التربة وهذا بالطبع يستلزم تصنيع ونقل واستهلاك الكهرباء بالإضافة أن هذه الأسمدة الكيميائية تسبب تلوث المياه عن طريق الجريان السطحي .

ولتفادى المشاكل السابق ذكرها لجأ الإنسان إلى بعض الحلول ولكنه تسبب فى خلق مشاكل جديدة مثال ذلك عدم استخدام الحرث لخفض انجراف

التربة والأسمدة وهذا بدوره أدى إلى تعاظم استخدام مبيدات الحشـــائش ذات الأثر الضار على النظام البيئي .

الدورات البيوجيوكيميائية

سبق وأن شاهدنا أن الطاقة لا يتم تدويرها في النظـــام البيئـــي بينمـــا العناصر الغذائية يتم تدويرها فالمغذيات غير العضوية يتم تدويرهـــا خـــلال العديد من الكائنات الحية ومع ذلك فهي تعود في النهاية إلى الجو والبحـــار والمحيطات والصخور والتربة . ولما كانت هذه العنـــاصر الكيميائيـــة يتـــم تدويرها خلال المكون الحيوي والجيولوجي للكرة الأرضية فإن هذه الدورات يطلق عليها الدورات البيوجيوكيميائية . كل عنصر من العناصر الغذائية لـــه دورته الخاصة به ولكن دورات جميع العناصر توجد بينهم أشياء مشـــتركة . فمثل مخزون أي عنصر غذائي هو عبارة عن جزء من الدورة التي يتواجـــد فيها العنصر بكميات كبيرة لفترات زمنية طويلة . بينمـــا نجـــد أن الجـــزء المتبادل من أي عنصر Exchange pool يكون ممسوكا ومتواجد فترة قصيرة من الزمن ويطلق على المدة التي يكون فيها العنصر ممسوكا فـــي صـــورة متبادلة أما كمخزون بزمن مكوث العنصـــر residence time . فالمحيطـــات تعتبر مخزن للمياه بينما السحب تعتبر هى الصورة المتبادلة للمـــاء فالمـــاء يمكث فى المحيطات لآلاف السنين بينما يمكث الماء في السحب لعـــدة أيـــام فقط . وفى الصفحات القادمة سوف يقتصر حديثنا على أهم الـــدورات فـــى النظام البيئي وهى دورات الكربون والأكسجين والفوسفور .

دورة الكربون

مفتاح فهم هذه الدورة هي التفاعلات التكميلية للتنفس والتمثيل الضوئي . فالتنفس يأخذ الكربوهيدرات والأكسجين وينتج ثاني أكسيد الكربون وماء وطاقة بينما التمثيل الضوئي يأخذ ثاني أكسيد الكربون والماء وينتج كربوهيدرات وأكسجين . يلاحظ أن مخرجات التنفس هي مدخلات التمثيل الضوئي والعكس صحيح . كما أن التفاعلات يكملان بعضهما من ناحية الطاقة فبينما التمثيل الضوئي يستمد طاقته من الشمس ويخزنها فى روابط الكربون – كربون فى الكربوهيدرات نجد أن التنفس يعمل على تحرير هذه الطاقة علما بأن التنفس يحدث فى النباتات والحيوانات أما التمثيل الضوئي فيحدث في النباتات فقط وتعد المحيطات والصخور أكبر مخزن ثانى أكسيد الكربون على كوكب الأرض لأن ثاني أكسيد الكربون سهل الذوبان فى الماء ويمكن أن يترسب ككربونات كالسيوم (حجر جيري) .

يأخذ النبات ثاني أكسيد الكربون ويحوله إلى مواد كربوهيدراتية ويسلك الكربون الموجود فى النبات ثلاث مسارات :

أ) ينطلق من النبات إلى الجو عن طريق التنفس ويستخدم ثانية فى التمثيل الضوئي .

ب) يذهب إلى الحيوانات التي تتغذى على النباتات .

ج) يظل موجودا فى النبات حتى موت النبات .

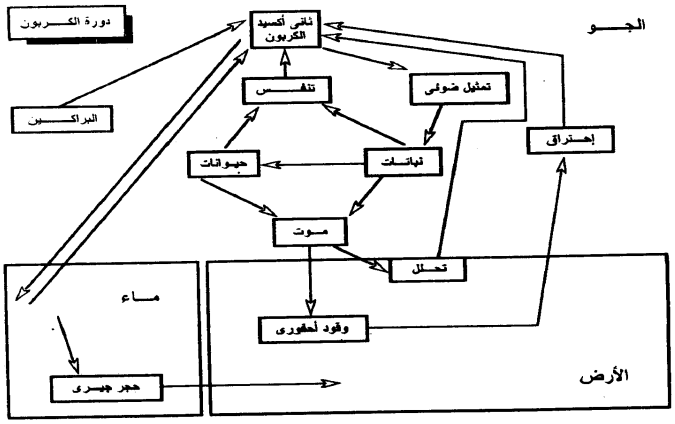
والكربون الموجود فى الحيوانات يسلك ثلاث مسارات :

أ) يفقد إلى الجو من خلال عملية التنفس ويستخدم هذا الكربون أما بواسطة النباتات عن طريق عملية التمثيل الضوئي أو يذوب فى مياه المحيطات .

ب) عند موت الحيوانات تقوم البكتريا بالعمل على تحللها وتطلق ثانى أكسيد الكربون عند تنفسها .

ج) الحيوانات المدفونة قد تتحول غلى فحم أو غاز طبيعي أو بترول (الوقـود الأ حفورى) . وينتج عن حرق واستخدام الوقود الأحفورى تصاعد ثـلني أكسيد الكربون إلى الجو .

وتأثير الإنسان على دورة الكربون كبير لأن استخدام الإنسان الوقـــود الأحقورى ينتج عنه انطلاق كميات كبيرة من ثاني أكسيد الكربون مما يؤدى إلى ارتفاع نسبة ثاني أكسيد الكربون فى الجو . وينتج عن ذلك ارتفاع درجة حرارة الكرة الأرضية لأن زيادة نسبة ثاني أكسيد الكربون فى الجـــو يتيـــح الفرص لوصول كمية أكبر من الطاقة الشمسية إلى الأرض وهروب كميـــة أقل من الطاقة من الأرض إلى الجو .



شكل (1-8): دورة الكربون

دورة الأكسجين

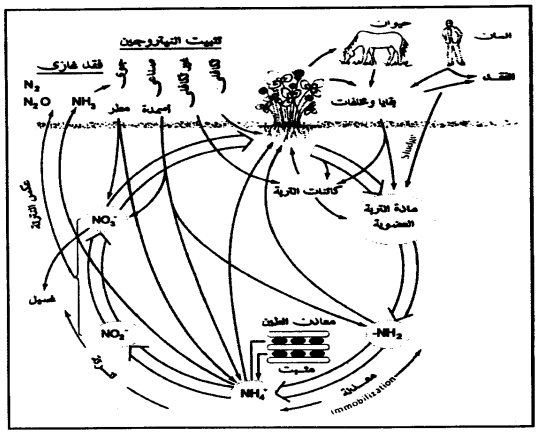
فى دورة الكربون قمنا ضمنا بوصف دورة الأكسجين وذلك لوجود الأكسجين مع المركبات التي تحتوى الكربون فالأكسجين يتواجد فى ثانى أكسيد الكربون والمواد الكربوهيدراتية والماء كما يتواجد على صورة جزئ يتكون من ذرتين أكسجين . وينطلق الأكسجين إلى الجو عن طريق النباتات ذاتية التغذية خلال عملية التمثيل الضوئي ويستهلك بواسطة النباتات ذاتية

وغير ذاتية التغذية في عملية التنفس والحقيقة أن مصدر الأكسجين فى الجو هو مصدر حيوي biogenic لأنه على مدى العصور يتحرر الأكسجين من الماء خلال عملية التمثيل الضوئي في النباتات ذاتية التغذية ولقد استغرقت النباتات ذاتية التغذية (معظمها سيانو بكتريا) حوالي ٢ بليون عام لرفع محتوى الجو من الأكسجين إلى ٢١% وهى نسبة الأكسجين الموجودة الآن في الجو .

دورة النيتروجين The Nitrogen Cycle

تمثل دورة النيتروجين التفاعلات التي تحدث بين صور مختلفة للنيتروجين فى الأرض والنبات والحيوان والهواء (شكل رقم 1-9) فمحتوى التربة من النيتروجين ينتج أساساً من بقايا المحاصيل والأسمدة المعدنية والعضوية وما تحتويه الأمطار من أمونيوم ونترات . بالإضافة إلى تثبيت النيتروجين بواسطة أحياء التربة الدقيقة وتحويله إلى مركبات نيتروجينيه عضويه في أجسامها ثم تحول هذه المركبات العضوية إلى صور معدنية متعددة من خلال عمليه معدنه النيتروجين Mineralization. والنيتروجين المعدني قد يمتص بواسطة النبات أو يفقد بالتطاير أو بالغسيل أو يتحول إلى مكونات عضويه فى أجسام أنواع معينه من أحياء التربة الدقيقة من خلال عملية immobilization . ومن خلال هذا العرض المبسط لدورة النيتروجين يتضح لنا تعرض النيتروجين في صورته العضوية وغير العضوية إلى تغيرات عديدة ومستمرة تؤثر بشكل جوهري على صلاحية النيتروجين

للنبات ومدى الاستفادة منه .



شكل (1-9): دورة النيتروجين توضح التحولات البيولوجية الأساسية (الدائرة) للنيتروجين ومصادر النيتروجين في التربة وكذلك فقد النيتروجين من التربة.

الأقسام الرئيسية فى دورة النيتروجين

(أ) Immobilization and Mineralization

وعملية Immobilization هي ببساطه تحول أيونات النيتروجين غير العضوية (NH_3 ،NO_4^-) إلى صور عضويه . وهذه العملية تحدث أساساً

عند إضافة بقايا النباتات والحيوانات ذات المحتوى المنخفض من النيتروجين فعند مهاجمة ميكروبات التربة لهذه البقايا تمتص أيونات النيـــتروجين غـــير العضوية وتحوله إلى أنسجه عضويه . وعند موت هذه الكائنات الحية الدقيقة يتحول بعض النيتروجين العضوي إلى صـــــــور

تدخل في تركيب الدبال والبعض الآخر يتحول إلى أيونات نترات وأمونيـــوم (NH_4^+). أما عمليه تحول الصور العضوية للنيتروجين إلى صور معدنية (NO_3^- ، NH_4^+) يطلق عليها معدنه Mineralization ويمكن تصويـــر عمليتـــي المعدنة Mineralization و Immobilization كما يلى:

Mineralization

$$RNH_2 \underset{-H_2O}{\overset{+H_2O}{\Leftrightarrow}} ROH + NH_4^+ \underset{-O_2}{\overset{+O_2}{\Leftrightarrow}} NO_2^- + 4H + \underset{-[O]}{\overset{+[O]}{\Leftrightarrow}} NO_3^-$$

Immobilization

ولقد أظهرت التجارب أن حوالى ٢-٣% من النيـــتروجين العضـــوي (Immobilized) يتم معد نته سنوياً ويقدر بحوالـــي ٦٠ kg N/ha/yr ويســـد النيتروجين المعدني جزء كبير من احتياجات المحاصيل .

(ب) مصير مركبات الأمونيوم (NH4) Fate of ammonium compounds

يتم استهلاك النيتروجين الموجود فى صوره أمونيوم (NH_4^-) كما يلى (شكل 5-14) :

أ - يستخدم بواسطة ميكروبات التربة ويتحول إلى صورة عضويه فى أجسامهم.

ب- يتم امتصاصه بواسطة النبات .

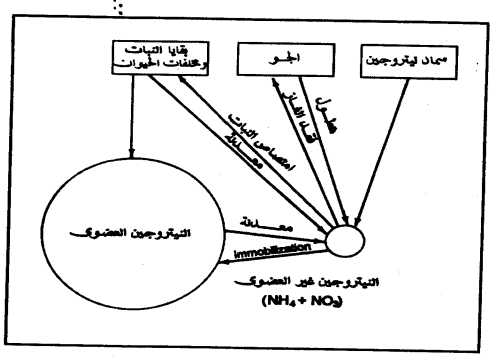
ج - يتم تثبيته فى معادن الطين (فيرميكيوليت) والمادة العضويه.

د - يفقد جزء منه على صور غاز الأمونيا (NH_3) إلى الجو .

هـ- يتحول بواسطة أنواع معينه من البكتريا إلى نيتريت ونترات.

(١) تثبيت الأمونيوم :

يقدر الأمونيوم المثبت في التربة بحوالي ١٠% من النيتروجين الكلى ويتم تثبيت الأمونيوم بواسطة الجزء العضوي وغير العضوي في التربة .



شكل (1-10) : مصادر وعمليات تحول النتروجين العضوي والمعدني .

التثبيت بواسطة معادن الطين :

العديد من معادن الطين 2:1 لها القدره على تثبيت أيونات الأمونيوم ومثال ذلك الفيرمكيوليت والميكا فحجم أيونات الأمونيوم يناسب حجم الفراغات الموجوده فى التركيب البلوري لهذه المعادن وبالتالى يدخل أيون الأمونيوم في هذه الفراغان ليصبح جزء من التركيب البلوري للمعدن أي يتم تثبيته ويصبح في الصورة غير المتبادلة nonexchangeable from وهذه الصورة يمكن أن تنطلق ببطء شديد ويستفيد منها النبات ويمكن التعبير عن الصورة المختلفة للأمونيوم في التربة كما يلى :

NH_4 ⇔ Micelle NH_4^+ ⇔ Micelle$^-NH_4^+$

المحلول الأرضي متبادل مثبت

التثبيت بواسطة مادة التربة العضوية :

عند أضافه الأسمدة النيتروجينيه التي تحتوى على أمونيا (NH_3) إلى التربة تتفاعل هذه الأسمدة مع مادة التربة العضوية وتكون مركبات صعبه التحلل ويقال في هذه الحالة أن الأمونيا تم تثبيتها بواسطة المادة العضوية . وفى الأراضي المعدنية يحدث معدنه للأمونيا المثبتة ويستفيد منها النبات على المدى الطويل .

(٢) تطاير الأمونيا Ammonia Volatilization

الأمونيوم الموجودة فى الأرض والناتجة عن إضافة الأسمدة الأمونيوميه أو اليوريا أو الناتجة عن معدنه النيتروجين العضوي (أسمدة عضوية) يمكن أن تفقد بكميات كبيرة عن طريق تطاير الأمونيا(NH_4). وتطاير الأمونيا يحدث فى المحاليل القاعدية ولذلك فتطاير الأمونيا يحدث بكميات كبيرة عند إضافة الأسمدة الأمونيوميه أو اليوريا على سطح الأراضى الجيريه أو القاعديه وقد يصل إلى حوالى ٣٠% .

وعند إضافة أيون الأمونيوم إلى أراضى جيرية يحدث التفاعلين التاليين:

$$(NH_4)_2Y + CaCO_3 \rightarrow (NH_4)_2CO_3 + CaY \qquad Y = (\text{Various anions})$$

$$(NH_4)_2CO_3 + HOH \rightarrow 2NH_3 \uparrow (gas) + 2HOH + CO_2 \uparrow (gas)$$

ويمكن تلخيص فقد الأمونيا بالتطاير فى الأراضى كما يلى :

- فقد الأمونيا بالتطاير يكون كبيراً فى الأراضي الجيرية .
- فقد الأمونيا بالتطاير يكون كبيراً عند إضافة الأسمدة على سطح التربه .
- فقد الأمونيا بالتطاير يكون كبيراً فى درجات الحرارة المرتفعة .
- فقد الأمونيا بالتطاير يكون كبيراً في الأراضي ذات السعةالتباديليه الكاتيونية المنخفضة .

(٣) التأزت (النترته) Nitrification

وهى عملية أكسده الأمونيوم إلى نترات بواسطة أنواع معينه من الكائنات الحية الدقيقة الموجودة في التربة وتتم على خطوتين :

(أ)أكسدة الأمونيوم إلى نيتريت (NO_2^-) بواسطة الجنس البكتيري Nitrosomonas.

(ب)أكسدة النيتريت إلى نترات (NO_3^-) بواسطة جنس Nitrobacter.

ويمكن تمثيل ذلك بالمعادلات كما يلى :

الخطوة الأولى :

$$\xrightarrow{\text{Nitrosomonas}} \quad H^{+}- \tfrac{1}{2}\,HONNOH \xrightarrow{[O]} NO_2^- + H^+ + \text{Energy}$$

$$NH_4 + \xrightarrow{[O]} HONH_2$$

Ammonium Hydroxylamine Hyponitrite Nitrite

الخطوة الثانية :

$$\xrightarrow{\text{Nitrobacter}} \quad NO_2^- \xrightarrow{[O]} NO_3^- + \text{Energy}$$

وغالباً ما تحدث الخطوة الثانية مباشرة بعد الخطوة الأولى وذلك حتى لا يتجمع النيتريت في التربة والذي يعتبر سام للنبات .

(جـ) مصير النترات Fate of Nitrate

النيتروجين الموجود فى التربه على صورة نترات نتيجة اضافة الأسمدة أو المتكون نتيجة عمليه التأزت قد يحدث له ما يلي :

(١) يستخدم بواسطة النباتات والكائنات الحية الدقيقة في التربة في عمليات التمثيل الغذائي assimilations .

(٢) يفقد فى مياه الصرف .

(٣) يفقد فى صورة غاز عن طريق عمليه عكس التأزت denetrification .

(١)التمثيل الغذائي بواسطة النباتات والكائنات الحية الدقيقة :

كلا من النباتات والكائنات الحية الدقيقة في التربة يستخدمان النترات فى عمليات التمثيل الغذائي . وفى بعض الأحوال يمكن للكائنات الحية الدقيقة استهلاك النترات من التربة بصوره أسرع من النباتات مما يكون له أثر سئ على النباتات فى حالة عدم وجود كفاية من النترات فى التربة .

(٢)الفقد بالغسيل :

نتيجة لأن أيون النترات يحمل شحنه سالبه فانه لايدمص على غرويلت التربة المحملة بشحنه سالبه وبذلك يكون عرضه للفقد بالغسيل بواسطة الماء المستخدم فى الري أو عند سقوط الأمطار وتتوقف كمية النترات المفقودة فى مياه الصرف على المناخ والممارسات الزراعية . وفقد النترات بالغسيل فى مياه الصرف قد يؤدى إلى ارتفاع تركيز النترات فى المياه الجوفية إلى درجة تكون ضاره بالأنسان والحيوان ولذلك يجب الحد من فقد النترات بالغسيل للحفاظ على البيئة من التلوث .

(٣)عكس التأزت Denetrification :

يحدث فقد النترات من التربه على الصورة الغازية نتيجة عمليه عكس

التأزت denetrification حيث يتم اختزال النترات إلـــى مركبـــات غازيـــه بواسطة أنواع من البكتريـــا اللاهوائيـــه اختياريـــا Facultative anaerobic Bacteria وفى عمليه عكس التأزت يختزل النيتروجين خماسى التكافؤ فـــى النترات تدريجياً إلى نيتروجين أقل فى التكافؤ كما يلى :

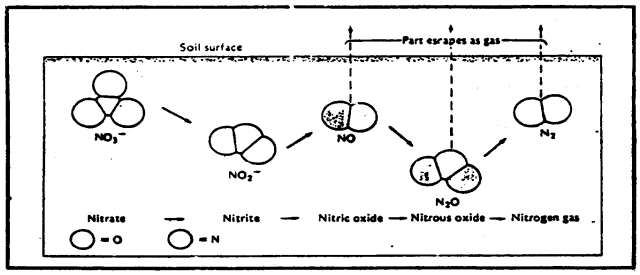
$$2NO_3^- \xrightarrow{-2[O]} 2NO_2^- \xrightarrow{-2[O]} 2NO \xrightarrow{[O]} N_2O \xrightarrow{-[O]} N_2$$

Nitrate Ions (+5)	Nitrite Ions (+3)	Nitric Oxide (+2)	Nitrous Oxide (+1)	Elemental Nitrogen (0)

كل خطوة من خطوات التفاعل السابق تتم فى وجود إنزيـــم اختـــزال متخصص علماً بأن التفاعل يمكن أن يقف عند أى خطـــوة مـــن خطـــوات التفاعل وينطلق الغاز فى صورة NO أو O_2N أو N_2 إلى الجو (شكل1-11)

(د) التثبيت البيولوجى للنيتروجين Biological Nitrogen Fixation

التثبيت البيولوجي للنيتروجين هو عمليه كيموحيويه يحدث فيها تحـــول عنصر النيتروجـــين إلى مركب نيتروجيني عضوي بواســـطـــة عدد مـــن الكائنات الحية الدقيقة مثل أنـــواع عديـــدة مـــن البكتريـــا وبعـــض أنـــواع الأكتينوميسيتات والبكتريا الخضراء المزرقه Cyanobacteria .



شكل (1-11) : يوضح كيفيه حدوث الإختزال فى عمليه عكس التأزت . البكتريا تـأخذ الأكسجين من أيون النترات ويتبقى أيون النيتريت الذى بدوره يفقد أكسجين ويتحـول إلى أكسيد النيتريك وهكذا.

وتقدر كمية النيتروجين المثبت على المستوى العالمي بحوالـي ١٧٥ مليون طن سنوياً ولذلك فإنه يطلق على عمليه تثبت النتروجين بأنها من أهـم العمليات الحيوية على الأرض والتي تلي عملية التمثيل الضوئي في الأهميـة (جدول1-2) .

جدول (1-2) التثبيت البيولوجى للنيتروجين من مصادر مختلفه .

الأستخدام	المساحه 10^6. ha	النيتروجين المثبت فى العام (10^6 Mg)
أرض منزرعة بالبقوليات	250	35
أرض منزرعة بغير البقوليات	1150	9
أراضى حشائش	3000	45
أراضى غابات	4100	40
أراضى غر منزرعه	4900	10
البحار	36100	36
المجموع	49500	175

ميكانيكية تثبيت النيتروجين mechanism of N fixation

تتم عمليه تثبيت النيتروجين بوجه عام كما يلى :

١- إختزال غاز النيتروجين إلى أمونيا .

$$N_2 + 6H + 6e^- \xrightarrow[Fe, Mo]{\text{nitrogenase))} } 2\,NH_3$$

٢- تتحد الأمونيا مع الأحماض العضوية ويتكون أحماض أمينية وبروتينيات.

Organic acids → amino acids → proteins $+NH_3$

نظم تثبيت النيتروجين

يتم تثبيت النيتروجين بيولوجيا من خلال النظم التالية وفى وجود أو عدم وجود النباتات كما يلى :

١. نظام تكافلي (تتكون فيه عقد بكتيرية) مع :

أ - النباتات البقوليه legumes .

ب- النباتات غير البقوليه nonlegumes .

٢. نظام تكافلي لا تتكون فيه عقد بكتيرية .

٣. نظام لا تكافلي .

وعلى الرغم من أن النظام التكافلي مع البقوليات قد حظـــي باهتمـــام الدارسين لفترة كبيرة . إلا أن الدراسات الحديثة أظهرت أهميه النظم الأخرى فى تثبيت النيتروجين. ولذلك فسوف نناقش باختصار نظم تثبيت النيتروجين.

(١) التثبيت التكافلي للنيتروجين

أ – النباتات البقولية Symbiotic Fixation with Legumes

يعتبر نظام المعيشة التكافلى بين البقوليـــات والبكتريـــا مـــن جنـــس Rhizobium هو المصدر الرئيسي لتـــثـــبـــيت النيتروجـــين فى الأراضـــي الزراعية . حـــيـــث تقـــوم البكـــتريا Rhizobium بغزو الشعيرات الجذريـــة وتكوين عقد بكتيريه تعمل على تثبيت النيتروجين وإمداد النبات بحاجته مـــن النيتروجين بينما يقـــوم النبـــات بـــإمداد البكتريـــا بحاجتـــها مـــن المـــواد الكربوهيدراتيه والطاقة أي أن المنفعة هنا تبادليه.

تختلف أنواع البكتريا من الجنس Rhizobium والتـــي تكـــون العقـــد الجذريـــة بـــأختلاف نـــوع النبـــات البقولـــى . ويوضـــح الجـــدول رقـــم (3-1) أنواع Rhizobium المختلفة المصاحبة للنباتات البقوليه . وفى بعـض المناطق التى يتم فيها زراعه البقوليـــات بانتظـــام نجـــد أن أعـــداد أنـــواع Rhizobium المتخصصة فى تثبيت النيتروجين غير كافيه ولذلك يجب تلقيـــح التربة أو تلقيح بذور البقوليات بالعقد البكتيرية المتخصصة .

جدول (1-3) : بعض مجاميع النباتات البقولية وأنواع Rhizobium المصاحبة.

المجموعه	نوع Rhizobium	النبات البقولى
البرسيم Clover	R. Trifolii	Trifolium spp. (Clover)
فول الصويا	R. Japonicum	Glycine max (Soybeans)
الفول	R. Phaseoli	Phaseolus vulgaris
البسله	R. Leguminosarum	Pisum (peas)
الترمس	R. Lupini	Lupinus (lupines)

ويتوقف معدل تثبيت النيتروجين على ظروف التربة والمناخ حيث يقل معدل تثبيت النيتروجين بزيادة محتوى التربة من النيتروجين الصالح للنبات أى أن تثبيت النيتروجين يحدث عندما يحتاج النبات إلى النيتروجين ولا يمكنه الحصول عليه من التربة.

ب-النباتات غير البقوليه Symbiotic Fixation with nonlegumes

يوجد حوالى ١٦٠ نوع من النباتات غير البقوليه يمكنها تكوين عقد جذريه وتثبيت النتروجين تكافلياً وتتواجد أغلب هذه النباتات فى الغابات والأراضي الغدقه حيث تعمل الأكتينوميسيتات من نوع Frankia على غزو الشعيرات الجذرية لهذه النباتات وتكوين عقد جذريه بها . كما يمكن للبكتريا من النوع blue green bacteria (Nostoc) من تثبيت النيتروجين تكافلياً مع بعض أنواع النباتات . ويوضح الجدول رقم (1-4) معدل تثبيت النيتروجين تكافلياً مع النباتات غير البقوليه بالمقارنه مع معدل تثبيت النيتروجين تكافلياً مع النباتات البقوليه .

جدول (1-4): مستويات تثبيت النيتروجين فى نظم التثبيت المختلفه.

النبات	الكائن الحى الدقيق	مستوى تثبيت النيتروجين (Kg N/ha per yr)
تكافلى		
١- بقوليات (تكون عقد)		
برسيم Clover	بكتريا Rhizobium	100-150
فول صويا		50-150
ترمس		50-100
فـــول		30-50
٢- غير بقوليه (تكون عقد)		
Alders	أكتينوميسيتات ((Frankia	50-150
Gunnera	بكتريا خضراء مزرقه (Nostoc)	10-20
٣- غير بقوليه(لاتكون عقد)		
Bahia grass	بكتريا ((Azotobacter	5-30
Azollce	بكتريا خضراء مزرقه (Anabaena)	150-300
لاتكافلى		
	بكتريا Azotobacter	5-20
	Clostridium	5-20
	بكتريا خضراء مزرقه	10-50

(٢) تثبيت النيتروجين تكافلياً بدون تكوين عقد جذريه

Symbiotic Nitrogen Fixation without Nodules

أظهرت الدراسات الحديثه وجود نظام تثبيت النيتروجين فى النباتـــات غير البقوليه بدون أن يتكون عقد جذريه ومثال ذلك قيام بعض أنواع البكتريا

الخضراء المزرقه (Anabaena) بعمل عقد على أوراق الأزولا وتثبيت كميات كبيرة من النيتروجين (جدول رقم 1-4) وكذلك قيام البكتريا من النوع Azotobater بتثبيت النيتروجين فى منطقة الجذور Rhizosphere بدون تكوين عقد جذريه مع النباتات غير البقوليه (الحشائش) وهذه البكتريا تستخدم افرازات جذور النباتات Root exudates كمصدر للطاقه ويتراوح معدل تثبيت النيتروجين فى منطقة الجذوربين٥-٣٠ kg N/ha .

(٣) تثبيت النيتروجين لاتكافلياً

يوجد فى الأرض والماء أنواع عديدة من البكتريا التي تعيش معيشة حرة ولها القدرة على تثبيت النيتروجين بدون الاعتماد على النباتات ومن أمثله ذلك البكتريا من جنس Azotobacter و Clostridium وبعض أنواع البكتريا الخضراء المزرقه . وتتوقف كمية النيتروجين المثبته لا تكافليا تبعاً لدرجه حموضة التربة وكميه المادة العضوية فيها ومحتوى التربة من النيتروجين الصالح للنبات . وبوجه عام نجد أن كمية النيتروجين المثبت لا تكافليا أقل كثيراً من النتروجين المثبت تكافلياً مع البقوليات حيث تتراوح بين ٣-١٥ kg N ha/yr (جدول 1-4) .

صحة النظام البيئى

بدأ علماء البيئة يفكرون فى صحة النظام البيئي كوسيلة لمعرفة تـــأثير التلوث الصناعي على البيئة ووضع أولويات البحـــث العلمـــي والسياســـات العامة.

والنظام البيئي الذي يتمتع بالصحة هو ذلك النظام القادر علـــى القيـــام بوظيفته والإنتفاع منه حتى في ظل بعـــض الظـــروف الصعبـــة Stressess الناجمة عن النشاط الإنساني. والحقيقة أن استخدام كلمة صحة عند وصـــف النظام البيئي يمكن أن يثرى التفكير العلمي بقيم وأحكام قادرة على توظيـــف العلم لصالح البشرية .

كيفية قياس صحة النظام البيئى

سوف نضرب هنا مثلاً على صحة النظام البيئي المائي وكيفية معرفـــة أن مياه نهر مثلاً ذات جودة عالية قادرة على الحفاظ على الأسماك والأنـواع الأخرى التي تعيش فيها . في الحقيقة يوجد عدد من التقنيات التي تســـتخدم لقياس جودة المياه وذلك بفحص كميات وأنواع الكائنات الموجودة فى عـــدة نقاط على طول النهر . والطريقة شائعة الاستخدام يطلق عليها الدليل الحيوي Index of Biotic Integrity (IBI) وفى هذه التقنية يتم أخذ عينات من الأسماك والأنواع المائية الأخرى عند مواقع محددة على طول النهر . ويتم تجميـــع العينات تبعاً للأنواع وتصنيفها تبعاً للغذاء الذي تتناوله (نباتات – حشرات –

أسماك) والحساسية للتلوث . وتختلف الأسماك تبعاً لحساسيتها للتلوث فبعض الأنواع مثل Carb لها مقدرة كبيرة على العيش في المياه الملوثة بينما أنواع أخرى مثل mayflies , darters تعيش فقط في المياه عالية الجودة . ولذلك فإن الدليل الحيوي يعتمد على وجود هذه الأسماك في تقييم صحة النظام البيئي المائي ويوضح الجدول (1-5) دلائل صحة النظام البيئى .

جدول (1-5) : دلائل صحة النظام البيئى .

دليل صحة النظام البيئى	المقياس	الطرق /مصادر البيانات	التأثير
الاكتفاء الذاتى من المغذيات	استيراد المغذيات/وحدة المساحة من الأرض .	ميزانية المغذيات للمحصول وأيضاً للحيوانات .	تمثل دعم النظام .
فقد المغذيات	(تطاير+ غسيل+ جريان سطحى+ عكس التأزت)/ وحدة المساحة من الأرض .	ميزانية المغذيات للمحصول والمحتويات .	تلوث .
توازن المغذيات	تصدير – استيراد لكل وحدة مساحة من الأرض أو لكل مزرعة .	ميزانية المغذيات للمحصول والحيوانات .	إذا زاد التصدير عن الاستيراد فهذا يدل على تدهور النظام أما إذا زاد الاستيراد عن التصدير فهذا يعنى أن النظام يحتوى على قدر كبير من المغذيات مما قد يؤدى ذلك إلى التلوث.
الإكتفاء الذاتى من الطاقة	الإمداد بالطاقة الصناعية لكل وحدة مساحة	ميزانية الطاقة للمحصول والحيوانات .	تمثل دعم النظام .

توازن الطاقة	(الطاقة في المنتجات المصدرة – الطاقة الصناعية التي دخلت النظام) لكل وحدة مساحة.	ميزانية الطاقة للمحصول والحيوانات .	إذا كانت أكبر من صفر فهذا يعنى ان الشمس هي المصدر الرئيسي للطاقة أما إذا كانت أقل من صفر فهذا يعنى أن ضوء الشمس أقل أهمية من الوقود الأحفورى.
نخر التربة	(فقد التربة / وحدة مساحة/ العام) .	المعادلة العالمية لفقد التربة .	إذا كانت أكبر من ١ فهذا يعنى أن النظام غير مستديم .
جودة التربة	إضافات وفقد الكربون العضوي لكل وحدة مساحة .	البيانات المنشورة عن محتوى بقايا النباتات فوق وأسفل سطح التربة والأسمدة العضوية من الكربون العضوي وكذلك الأبحاث المنشورة عن تحولات الكربون .	تتبع الإمداد بالكربون العضوي مع العناصر الغذائية الكبرى التي تعتبر عامل محدد لجودة التربة .
جودة المياه	تركيز الكائنات الممرضة والمغذيات والمبيدات والترسبات فى المياه السطحية والجوفية .	نتائج تحليل المياه .	التلوث – التهديد المحتمل لصحة الإنسان والحيوان .
جودة الهواء	عدد المصابين بمشاكل التنفس في العام.	نتائج عن الصحة العامة .	التلوث – التهديد المحتمل لصحة الإنسان .

مراجع الفصل الأول

- David Ehrenfeld. 1993. People and nature in the New Millennium. Oxford Univ. press.
- Environment Canada. 1995. Ecosystems Initiatives. Environment Canada, Ottawa.
- Task Group on Ecosystem Approach and Ecosystem Science. 1996. The ecosystem Approach: Getting Beyond the Rhetoric- Environment Canada. Ottawa.

مواقع الإنترنيت

http: // www.marieua.edul~biol/102/ecsystem.

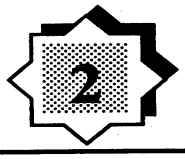
http: // www.wri-org/wri/wr200/Ecosystem.

http: // www.ec-gc.ca.

http: // www.globalchange.umicn.edu./ecosystem.

التلـــــوث

- أقسام التلوث
- أنواع الملوثات
- السيطرة على التلوث



التـــلوث Pollution

التلوث البيئي يمثل إحدى المشكلات الهامة التي تواجه البشـــرية فـــى العصر الحاضر نتيجة للنشاط الإنساني المتزايد فى كافة مجالات الحياة ولفظ البيئة يطلق على المحيط أو الإطار الذي يعيش فيه الإنسان أو الحيـــوان أو الكائنات الحية ويشمل الهواء الذي يتنفسه الإنسان والكائنات الحيـــة والمـــاء الذي يشربه والتربه التي ينتج غذائه منها وتتميز البيئـــة الطبيعيـــة Natural Environment بوجود توازن دقيق ومستمر بين عناصرها المختلفة ويطلـــق على هذا التوازن اسم النظام البيئي Ecosystem .

وتمثل قضية التلوث أولوية من أولويات العصر لما له من أبعاد صحيـه سيئه تتمثل فى وجود الملوثات بأنواعها المختلفة بنســـب أكـــبر مـــن تلـــك التركيزات المسموح بها مما يخل من التوازن بين عناصر البيئه المختلفة .

ويعرف التلوث بأنه :

"أى تغير فى صفات وخواص الهواء والماء والتربه والغذاء من شـــأنه أن يؤثر سلبيا على صحة ومعيشة ونشاط الانسان أو الكائنات الحيه الأخـــرى ذات الفائدة للإنسان" .

أى أن التلوث البيئى يحدث نتيجة إدخال أى مادة غير مألوفه إلى وسط من الأوساط البيئيه (هواء ــ ماء ــ تربه) وتؤدى هذه الماده عند وصولها لتركيز حرج (ملوثات) إلى نتائج ضاره على صحة الانسان والكائنات الحيه الأخرى ذات الفائدة للإنسان .

أقســـــام الملوثات

تقسم الملوثات إلى قسمين رئيسين :

أ. على أساس التحلل

١. ملوثات قابلة للتحلل :

وتشمل الملوثات سريعة التحلل مثل مخلفات الصرف الصحـــى وهـــذه الملوثات يمكن أن تمثل مشكله بيئيه عند إضافتها للتربه بمعدل يفوق معـــدل تحللها .

٢. ملوثات مقاومه للتحلل :

وتشمل الملوثات غير القابله للتحلل أو التى تتحلل ببطء شديد فى البيئـــه الطبيعية وبالتالى يكون من الصعب جدا إزالتها . وأمثلة المركبات المقاومـــه للتحلل المبيدات المكلورة مثل (DDT) dichlorodiphenyl trichloroethane والنظـــائر المشـــعه وهـــذه Polychlorinated biphenyls (PCBs) , dioxins الملوثات قد تتجمع فى أجسام الحيوانات من خلال السلســـله الغذائيـــه إلـــى مستويات وتركيزات عالية فعلى سبيل المثال تتجمع بعض جزيئات المركبات السامه على سطوح أوراق النباتات المائيه دون أن تسبب أى ضـــرر لـــهذه

النباتات ويمكن للأسماك الصغيرة أن تتغذى على هذه النباتات وتتجمع داخلها تركيزات عالية من هذه المركبات السامه والأسماك الكبيرة التى تتغذى علـى هذه الأسماك الصغيرة يمكنها أن تجمع داخلـــها هـــذه المركبـــات الســـامه بتركيزات عاليه جدا تكون ضاره بالصحة وهذه العملية يطلق عليها التجمـــع الحيوى bioaccumulatio.

ب . على أساس الصفات

١.ملوثات بيولوجيه

مثل حبوب اللقاح والفضلات البشريه التى تضيف إلى الميـــاه أحمـــالا بيولوجيه تجعل من الماء مصدراً خطراً على صحة الإنسان والحيوان .

٢. ملوثات كيميائية

مثل مخلفات احتراق الوقود ومخلفات الصناعات والمبيدات الحشـــريه والمواد المشعه وكل هذه الملوثات تفسد الهواء والماء والتربه .

٣. ملوثات فيزيائية

مثل الضوضاء الناتجة عن المصانع والطـــائرات الضخمـــة ووســـائل المواصلات وكذلك التغيير في درجات حرارة الجو greenhouse effect .

تأثير التلوث Impacts of Pollution :

الإنسان هو أكثر الكائنات الحيه عرضه للتأثر بالملوثات المقاومة للتحلل وذلك لأنه يقع على قمة السلسله الغذائيه . والمثال الواضح على ذلك الكارثـه

التى حدثت لمواطنى اليابان والمقيمين بالقرب من خليج مياناتا حيث تفشـــى فى سكان هذه المنطقة فى الستينات الشلل والأمراض العصبية بطريقة وبائيه وتسبب ذلك فى موت أكثر من 400 شخص وأتضح أن السبب فى ذلك هـــو تلوث مياه هذا الخليج بالزئبق الناتج من الصناعات الموجوده على هذا الخليج . مما أدى إلى زيادة تركيز هذا العنصر السام فى أجسام الأسماك وبالتـــالى فى أجسام الأشخاص الذين تناولوا هذه الأسماك . وأوضحت الأبحاث حديثـــا أن كثير من الملوثات الكيمياتيه مثل PCBs , DDT تؤثـــر علـــى الوظـــائف الحيويه للإنسان .

والتلوث له تأثير ضار على المصادر الطبيعية فـــالنظم البيئيـــه مثـــل الغابات ، الانهار وغيرها تعمل على تحسين خواص وصفات البيئه الأرضيه مثل تحسين صفات وخواص الماء والهواء وتمد النباتات والحيوانات بالبيئـــه الصالحه للنمو كما أنها تمد الأنسان بالغذاء والدواء . ويعمل التلـــوث علـــى القضاء على هذه الوظائف الهامه للبيئه . وأكثر من ذلك ولطبيعـــة العلاقـــه المعقده بين الكائنات الحيه والنظام البيئى نجد أن التلوث له عواقب وخيمـــه يكون أحيانا من الصعب التنبؤ بها على سبيل المثال عدم مقدرة العلماء علـــى التنبؤ تماما بالأخطار التى سوف تنجم عن نقص طبقة الاوزون وهى الطبقة التى تحمى الكرة الأرضية من تأثير الأشعة فوق البنفسجية الضارة .

والتأثير الآخر للتلوث هو التكاليف الباهظة التى تتكلفها الدول لتنظيـــف البيئه ومنع التلوث . لقد وجد أن السيطرة على إنبعاثات ثانى أكسيد الكربون

وهو الغاز الناتج من احتراق الوقود (فحم أو بترول ــ خشب) إلى مستوى ما كان عليه عام 1990 يتكلف حوالى 2% من الناتج القومى للبلاد المتقدمـــــه . ولقد قدرت تكاليف خفض التلوث فى الولايات المتحده الأمريكية عـــام 1993 حوالى 159 بليون دولار حوالى 29% من هذه التكاليف تنفق علـــى تلـــوث الهواء 36% ينفق على تلوث الماء ، 37% ينفق على المواد الصلبه .

بالإضافه إلى التأثير الضار للتلوث على الاقتصاديات والصحة والموارد الطبيعية فإنه يؤثر سلبا ايضا على الناحية الاجتماعيـــة . ولقـد أوضحـت الأبحاث أن الأشخاص ذو الدخل الضعيف لا يتحصلوا على نفس القدر مـــن الحماية التلوث بالمقارنة بالأشخاص ذو الدخول المرتفعة . فغالبا ما نجـد أن مخازن المخلفات السامة ، المشاريع الكيميائية ، أماكن إلقاء المخلفات الصلبه تقع فى أماكن تجمعات الأفراد محدودى الدخل .

أنواع التلوث Types of Pollution

يحدث التلوث نتيجة إضافة ملوثات إلى البيئه وهذه الملوثات قد تكون :

١.معلومة المصدر point source

وهذه تأتى من مصادر محدده معروفه مثل أنابيب الصرف الصحى .

٢. غير معلومة المصدر non – point source

وهذه الملوثات تأتى من مصادر غير محدده مثل تلـــوث المـــاء مـــن المناطق الصناعية المحيطه بها أو من انبعاثات الغـــازات المتصـــاعدة مـــن السيارات .

وتأثير هذه الملوثات قد يكون :

(أ) لحظيا primary أى أنه يحدث مباشرة بعد حدوث التلوث مثـــل مـــوت النباتات البحريه والأسماك مباشرة نتيجة التلوث بالمواد البترولیه بعـــد الحوادث البحريه التى تحدث لناقلات البترول .

(ب) ثانويا Secondary أى أن تأثير التلوث لا يكون ملحوظا وفوريا ويظهر هذا التأثير بعد عدة سنوات مثل DDT وهو مبيد كيميائى لا يؤثر علـــى الطيور مباشرة وانما يتجمع فى أجسام هذه الطيور بتركـــيزات عاليـــة تؤدى إلى عقم هذه الطيور وهذا ما تم نشره فى كتاب "الربيع الصـــامت Silent Spring" 1962 للكاتبه Rachel Carson حيث أدى هذا المبيد إلـــى القضاء على أنواع عديده من الطيور مما نبه الرأى العام إلـــى التـــأثير الخفى لهذه المبيدات غير القابله للتحلل .

أ . تلوث الماء Water Pollution

الماء هو أحد شرايين الحياه التى لا غنى عنه لكافة المخلوقـــات مـــن إنسان ونبات وحيوان فالإنسان يحتاجه للشرب يوميا للقيام بكافـــة العمليـــات البيوكيميائيه فى جسمه وينطبق ذلك ايضا على الحيوان والنبات .

والحاجة إلى المياه العذبه فى تزايد مستمر نتيجة الزيادة الرهيبـــه فـــى اعداد السكان ففى غضون خمسون عاما (1990 -1940) تضـــاعفت كميـــات المياه المستهلكه من الأنهار والبحيرات والمصـــادر الأخـــرى إلـــى أربعـــة

أضعاف وحوالى % 69 من المياه المستهلكه تستخدم فى الزراعة ، % 23 فى الصناعة ، % 8 للإحتياجات المعيشية للسكان . ويمثل الماء العذب حوالى 3 % من الماء فى الكره الأرضية فى حين أن الماء الصالح للشرب يمثل حوالى % 1 فقط . وفى الولايات المتحده الأمريكيه نجد أن الماء الجوفى يعتبر مصدر ماء الشرب لحوالى 100 مليون نسمه . ونتيجة لمحدودية المياه العذبه وأهميتها الكبرى يجب أن نحافظ على هذه المياه من التلوث .

وتنحصر مصادر التلوث الرئيسية للماء فيما يلى :

١. التلوث الناتج عن سقوط الأمطار على سطح الأرض حيث تعمل الأمطار على إذابة أملاح التربه المعدنيه والأسمدة الزراعية والمبيدات وتحمل معها هذه المواد وتلقى بها فى المجارى المائيه مثل الأنهار والبحيرات .

٢. التلوث الناتج من مياه الصرف الصناعى والذى ينتج من تخلص المصانع من مخلفاتها غير المعالجه بإلقائها فى الأنهار والبحيرات والبحار وتشمل مخلفات المصانع جميع المواد العضويه وغير العضويه التى يتوقف نوعها على طبيعة نشاط هذه المصانع . ويعتبر التخلص من المخلفات الصناعية فى المجارى المائيه من الأخطار الحقيقية التى تؤثر على كافة عناصر البيئه حيث أن أغلب هذه المخلفات ذات تأثير سام وشديدة الثبات وغير قابله للتحلل ويظل أثرها المتبقى مدة طويلة فى المجارى المائيه مما يكون له أسوأ الأثر على الإنسان والكائنات الحيه . والجديد بالذكر أن % 90 من مياه الصرف الصناعى فى البلاد المتقدمة يتم التخلص

منها بالقائها فى الأنهار والخلجان مسببه أخطار صحيه تصيب الإنسان .

٣. التلوث الناتج عن مياه الصرف الزراعى نتيجـــة للأســتخدام المكثــف للأسمدة الزراعية والمبيدات بكافة أنواعها وهذه المواد لها أثـــار ســميه شديدة على الإنسان والحيوان .

٤. التلوث الناتج عن مياه الصرف الصحى والذى ينتج من إحتواء هذه المياه على كميات كبيرة من المنظفات الصناعية المســتخدمه فــى أغــراض التنظيف المختلفة إضافه إلى إحتوائـــها علـــى العديـــد مـــن البكتريـــا والفيروسات الممرضه مثل الكوليرا والتيفود والتـــهاب الكبـــد الوبـــائى والدوسنتاريا . وعند إلقاء مياه الصـــرف الصحـــى دون معالجـــة فـــى المجارى المائيه كالانهار والبحيرات يحدث تلوث شـــديد لـــهذه الميـــاه وتصبح غير صالحه للاستهلاك الآدمى أو لرى المحـــاصيل الزراعيـــة بالإضافه إلى تأثير الأسماك بهذه الملوثات . وفى تقرير هيئـــة حمايـــة البيئه الأمريكية 1995 إتضح أن حوالى 37% من البحيرات والأنـــهار فى الولايات المتحده الأمريكية ملوثه ولا تصلـــح حتـــى للاســتحمام أو الصيد .

ب . تلوث التربه Soil Pollution

التربة هى خليط من المواد المعدنية والمواد العضوية التى تكونت خلال عمليات بالغة التعقيد فى فترة زمنية طويلة تقدر بالآف الســـنين . وتعتـــبر

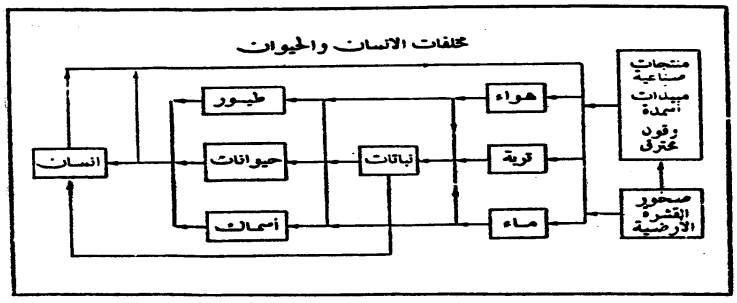
التربة هى البيئة الصالحة والضرورية لنمو النبـــات وللأنتـــاج الزراعـــى . وتلوث التربة يعنى تراكم المركبات الكيميائية السامة ، الأمـــلاح والكائنـــات الدقيقة الممرضه (pathogens) والمواد المشعه بتركيزات تؤثر علـــى حيـــاة الإنسان والحيوان .

فالتربة هى المستقبل الرئيسى للعديد من مخلفـــات المـــواد الكيميائيـــة المستخدمة فى المجتمع المتحضر وعند دخول هذه المواد إلى التربة تصبـــح جزءا منها وبالتالى تؤثر على جميع صور الحياة ولقـــد أدى ســـوء الإدارة للأتربة إلى تدهور خواصها وصفاتها الطبيعية وبالتالى تلوثها . فالأســـتخدام الكثيف للأسمدة الكيميائية والمبيدات بكافة أنواعها تداخـــل مـــع العمليـــات الطبيعية التى تحدث فى التربه مؤديا إلى تدمير الكائنات الحيه المفيـــدة فـــى التربه فعلى سبيل المثال يقوم المزارعون منتجى محصول الفراولة إلى تعقيم التربة باستخدام بروميد الميثيل للقضـــاء علـــى الكائنـــات الحيـــه الضـــارة للمحصول . وتعقيم التربه بهذه الوسيلة لايقضى علـــى الكائنـــات الضـــارة بالمحصول فقط وانما يقضى ايضا على الكائنات الحية المفيدة التـــى تقـــوم بكثير من العمليات الحيوية فى التربة ذات الصلة بخصوبة التربة وبالتـــالى يصبح الاعتماد على التسميد الكيميائى أمرا ضروريا للوفاء باحتياجات النبات من العناصر . ولقد أدى ذلك إلى الأستخدام المكثف للأسمدة وما يتبعه مـــن تلوث للتربة والمياه .

والملوثات شائعة الانتشار والتى تصل إلى التربة بكميات كبيرة تشـــمل الأسمدة الكيميائية والمبيدات بأنواعها والملوثات غـــير العضويـــة الســـامة والمخلفات العضوية وعندما تصل هذه الملوثات أى كان مصدرها إلى التربة تصبح جزء من دورة الحياة التى تشمل :

التربه ← النبات ← الحيوان ← الإنسان

(شكل 1-3) ولسوء الحظ فعندما تصبح هذه الملوثات جزء من الـــدوره السابق ذكرها فإنها تتجمع فى أنسجة الحيوان والإنسان بتركـــيزات ســـامه ولذلك فإنه من الضرورى وضع ضوابط صارمه للحد مـــن انطـــلاق هـــذه الملوثات ووصولها إلى التربه .



شكل (2-1) : دورة الملوثات فى النظام البيئى

وسوف نكتفى بهذا القدر حيث أن هذا الموضوع سوف نتناوله تفصيـــلا فى الأبواب اللاحقه .

ج. المخلفات الصلبه

نظرا للزيادة الرهيبه فى الاستهلاك الناتج عن التزايد الســـكانى تنتـــج مخلفات صلبه تختلف فى نوعها وحجمها وتعرف المخلفات الصلبـــه بأنـــها المواد الصلبه غير المرغوب فيها مثل القمامه ومخلفات المنازل مـــن بقايـــا طعام وورق والعبوات الفارغه الزجاجية والمعدنيـــة والبلاســـتيكية وبقايـــا الملابس المستهلكه وبقايا الأخشاب وبقايا الاثاث المستهلك وكذلك المخلفـــات الصناعية الصلبه الناتجه عن المصانع المختلفة وهياكل الســـيارات القديمـــة وبقايا الأجهزة الكهربائية المستهلكه بالإضافه إلى المخلفات الزراعية النباتيـــه مثل حطب القطن وقش الأرز والقمح وأغلفة الذره وقشور الأرز .

ملايين الأطنان من هذه المواد الصلبة يتم التخلص منها سنويا فنجـــد أن الولايات المتحده الأمريكية تنتج حوالى 200 مليون طن من المخلفات الصلبة كل عام وبوجه عام نجد أن المدن فى البلاد المتقدمة ينتج قاطنوها مخلفـــات صلبه تفوق بكثير ما ينتجه قاطنى الدول النامية فعلى سبيل المثال المخلفـــات الصلبه للفرد فى واشنطن يعادل خمسة أضعاف المخلفات الصلبة للفرد فـــى بلد مثل الأكوادور علاوة على أن المخلفات الصلبة فى الدول المتقدمة تحتوى على نسبة عالية من المواد الصناعية التى تأخذ وقتا طويلا لكى تتحلل

وللحفاظ على نظافة البيئه وبالتالى حفظ الصحة العامه للإنسان يجـــب التخلص من هذه المخلفات الصلبه بصورة دائمه حيث أنها تعد بيئـــه لنمـــو البكتريا والفيروسات والحشرات مما يؤدى إلى انتشار الأمراض البكتيريـــه والفيروسيه كا لكوليرا والتيفود والجرب والتهاب الكبد الوبائى وغيرهما مـــن الأمراض المعديه التى تصيب الأنسان ويوجد العديد من الطرق للتخلص من هذه المخلفات الصلبه نذكر منها ما يلى :

١. Land fills

وفى هذه الطريقة يتم نقل المخلفات الصلبه إلى أماكن بعيدة عن العمران حيث تدفن فى حفر خاصة تحت سطح الأرض وتعتبر هذه الطريقـــة أكـــثر الطرق شيوعا وأرخصها ولكن يعب هذه الطريقة أنه على المـــدى الطويـــل سرعان ما تمتلىء هذه الحفر وتصبح مصدرا لتلوث التربه والماء والـــهواء خاصة عندما تحتوى هذه المخلفات على نسب عالية من المخلفات الصناعيـــة المحمله بالسموم كما قد يؤدى التحلل اللاهوائى لهذه المخلفات إلـــى تكويـــن غاز الميثان وتجمعه مما يؤدى إلى حدوث إنفجارات .

٢. الحرق Incineration

وفى هذه الطريقة يتم حرق المخلفات لخفض حجمها وللأســـف فـــهذه الطريقة ينجم عنها رماد يحتوى على تركيزات عالية من العنـــاصر الثقيلـــة والمركبات السامة كما قد يتم حرق المخلفات الصلبة ذات القيمة الحراريـــة مثل الأوراق والأقمشة الباليه ومخلفات الأخشاب فى أفران خاصـــة حيـــث

يستفاد بالطاقة المتولده من حرق هذه المخلفات فى أغراض التدفئه أو توليد الكهرباء وايضا ينتج عن هذه الطريقة إنطلاق كميات كبيرة من الغازات الضاره الملوثه للبيئه تختلف فى نوعيتها تبعا لنوع المخلفات إضافه إلى الرماد الناتج من عملية حرق هذه المخلفات ولذلك يجب تزويد أفران الاحتراق بأجهزة ومعدات تعمل على التخلص من الشوائب والغازات الضاره حفاظا على البيئه وصحة الإنسان .

٣.تصنيع سماد طبيعى Composting

وفى هذه الطريقة يتم فصل المخلفات العضويه الصلبه وتعريضها لعمليات بيولوجيه طبيعية للإسراع من تحللها وتحويلها إلى سماد طبيعى وتعتبر هذه الطريقة فعاله للتعامل مع القمامه العضويه . كما أن هذه الطريقة تستخدم الآن بكثرة وخاصة مع المخلفات الزراعية مثل بقايا نباتات القمح والأرز والذره .

٤.إعادة التصنيع والاستخدام Recycling

من المعروف أن مكونات المخلفات تشمل المواد المعدنيه والزجاجيه والورقيه لذلك يتم فرز كل نوع على حده فالمواد المعدنيه يعاد استخدامها فى المصانع الصغيرة والمواد الزجاجية يعاد صهرها وتصنع منها أنواع رخيصة الثمن قاتمة اللون كما أن المواد الورقية يصنع منها الورق المستخدم فى أغراض التعبئه وإطارات السيارات القديمة تستخدم فى صناعة المطاط والعظم فى تحضير مادة الغراء .

وتنتشر هذه الطريقة فى الدول الناميه حيث تعتبر أحـد الاسـتراتجيات الهامه التى تتبعها هذه الدول للتخلص من المخلفات الصلبه فتبعا لتقرير هيئة حماية البيئه الأمريكيه نجد أن 20% من المخلفات الصلبـه فـى الولايـات المتحده الأمريكيه يتم تدويرها وإعادة تصنيعها . كما أن هذه الطريقة شـائعة الانتشار ايضا فى البلدان الأسيوية فنجد الهند على سبيل المثال نظمت وضع أوعية كبيرة فى الشوارع لتجميع المخلفات الصلبه ولكن مفتاح حـل هـذه المشكلة يكمن فى خفض كمية المخلفات الصلبه الناتجة وذلك عـن طريـق إيجاد وسيله فعاله ورخيصة لتصميم المنتجات بحيث يمكن إعادة اسـتخدامها بسهولة .

o.إنتاج الكحول الإيثيلى Ethyl Alcohol Production

وفى هذه الطريقة تستخدم المخلفات الزراعية مثل بقايا نباتـات القمـح والذره والأرز والبطاطس والبطاطا وقلف الأشجار وتجرى لـها عمليـات تخمر بواسطة أنواع خاصة من البكتريا لتحويله إلى كحول إيثيلـى يمكـن استخدام كوقود وفى أغراض أخرى متعددة .

د .المخلفات الخطرة Hazardous Waste

المخلفات الخطرة هى مخلفات صلبه أو سائله أو غازيه تؤثر سلبا علـى صحة الإنسان والبيئه وغالبا ما تكون غير قابلـه للتحلـل ومـن أمثلتـها الكيماويات السامه والقابلة للإستغلال والمواد المشعه الناتجه مـن المصـانع الكيماويه أو المفاعلات النوويه أو مصانع الدواء .

وتقدر كمية المخلفات الخطره المنتجه فى العام بحوالى 400 مليون طـن يخص الولايات المتحده الأمريكيه وحدها حوالى 240 مليون طـن سـنويا . وتمثل عمليات نقل وتخزين هذه المخلفات والتخلص منها مخاطر شديدة على صحة الإنسان حيث أن أقل قدر من التعرض لهذه النفايات يمكن أن يسـبب أمراض السرطان أو تشوهات للأجنة وأمراض عصبيه وأيضا الموت . كمـا أن تسرب هذه المواد الخطرة على نطاق واسع إلى البيئه يمكـن أن يمثـل كارثة تؤدى إلى موت الألاف وتلوث الماء والهواء والتربه إلى مدى طويـل ونحن جميعا نتذكر حادثة تشرنوبيل بالاتحاد السـوفيتى عـام 1986 والتـى تسببت فى قتل 31 شخصا وتهجير حوالى 100,000 من السكان كما تسـببت هذه الحادثة ايضا فى تلوث المناطق المجاورة بالاشعاعات التى انتشرت إلـى مسافات بعيدة حتى وصلت إلى النرويج وبريطانيا كما أدت إلى تلوث بيئـى شديد ضار لكافة الكائنات من نبات وحيوان وانسان وقـد وجـد أن الغبـار الذرى الناتج من هذا الحادث يحتوى على العديد من العناصر المشعة الضارة مثل اليود 131 ، السيزيوم 134 ، الباريوم 140 ، الاسترنشيوم 90 .

ومنذ حوالى ثلاثون عاما قبل حادثة خليج ميناماتا باليابان 1970 كان يتم التخلص من النفايات الخطرة وذلك بدفنها فى باطن الأرض علـى أعمـاق كبيرة أو إلقاؤها فى البحار بتركيزات منخفضة ولكن الآن توجد تشـريعات تحظر عمل ذلك وتضع شروط وقوانين للتخلص من هذه النفايات ولكن هـذه القوانين من الصعب تنفيذها . فمن الأمور الشائعة الآن أن بعض الشـركات

الصناعية الكبرى فى الدول المتقدمة تقوم بدفع مبالغ كبيرة للـــدول الناميـــة لقبول شحنات من النفايات الضارة والتخلص منها فى أراضيـــها وهـــو مـــا يعرف باسم تجارة النفايات waste trade .

وجدير بالذكر أن الأماكن التى تم استخدامها فى الماضى لدفـــن هـــذه النفايات يجب تنظيفها ولقد قدرعدد الأماكن المطلوب تنظيفها فى الولايـــات المتحده بحوالى 10,000 مكان تتكلف حوالى 100 بليـــون دولار وتســـتغرق خمسون عاما.

والمشكلة التى تؤرق العالم اليوم على وجه الخصوص هى المخلفـــات النوويه الناتجه من الوقود المستهلك فى المحطات النوويه وكيفية التخلص من هذه المخلفات . فالنفايات النوويه لها فترة نصف عمر طويلة جدا فعلى سبيل المثال فترة نصف عمر البلوتونيوم تقدر بـــ 24,000 عام والمطلوب حوالـــى عشرة أضعاف فترة نصف العمر لكى تصـــل الاشـــعاعات المنطلقـــه مـــن البلوتونيوم إلى حد الأمان أى الفترة الزمنية المطلوبه هي حوالى ربع مليـون سنة . ولذلك فلا توجد وسيلة يمكن استخدامها وتكون آمنه وتضمـــن عـــدم الوصول إليها لمدة ربع مليون سنة . ولقد اتفق العلماء على أن أنسب وسـيلة هي دفن هذه النفايات في مكان صخرى ثابت في باطن الأرض ولكن حتـــى الآن لم يتم تحديد مكان دفن هذه النفايات خوفا من الزلازل التي قد تؤدى إلى إطلاق هذه المواد المشعة إلى المياه الجوفيه لأن حدوث ذلك ســـوف يمثـــل كارثه لا يمكن تفاديها . ونحن نأمل أن يقوم العلم والتكنولوجيا بإيجاد حـــل

لهذه المشكلة . وحتى يتم التوصل إلى حل آمن فأغلب النفايات الذريـــه يتـــم حفظها الآن فى أماكن تخزين فى موقع المفاعل النووى نفسه .

هـ . التلوث السمعى (الضوضاء) Noise Pollution

تعتبر الضوضاء أو الأصوات غير المرغوب فيها الناتجه من الطائرات ، المواصلات ، آلات المصانع نوع من أنواع التلوث ويكون التلوث السمعى أشد ما يكون فى الأماكن المزدحمة بالسكان ويمكن أن يؤدى إلى فقد الســـمع وارتفاع ضغط الدم والتوتر الشديد والاجهاد المزمن .

ينتج الصوت من الأشياء التى تتذبذب vibrate بمعدل يمكن لـــلأذن أن تستشعره وهذا المعدل يطلق عليه تردد frequency ويقاس بوحـــدة hertz أى عدد الذبذبات فى الثانية . وتستطيع أذن الانسان أن تسمع أصوات فى مـــدى 20 – 20,000 hertz بينما تستطيع الكلاب أن تميز أصـــوات حتـــى 50,000 hertz. والأصوات ذات التردد العالى تكون خطورتها على السمع أكبر مـــن الأصوات ذات التردد المنخفض وتعزى خطورة الضوضاء إلى شـــدة هـــذه الأصوات أو مقدار الطاقة بها . وتقاس شـــدة الصـــوت (sound intensity) بوحدة دوليه تعرف باسم ديسيبل Decibel وتتراوح مـــن صفـــر بالنســـبة للأصوات المنخفضة جدا إلى أكثر من 160 decibels فعلـــى ســـبيل المثـــال المحادثة العادية بين الأشخاص تكون شدتها 40 decibles ، صوت القطـــار شدته حوالى 80 decibles أما إقلاع الطائرة فتبلغ شدة الصـــوت فيـــها 110 decibles ويعتبر الحد الحرج لشدة الضوضاء 120 decibles وأكثر من ذلـــك

يؤدى إلى فقد السمع وتمزق الأغشية ولقد اتفق العلماء أن الحد الأقصى لشدة الضوضاء المسموح بها هو 75 decibles حيث يجب علـــى الإنســـان أن لا يتعرض لأكثر من هذه الشدة للحفاظ على سمعه وتجنب الآثار الفســـيولوجية الضاره لهذه الضوضاء .

ولتجنب الضوضاء وتلافى الأضرار الناتجة عنها يجب تطبيق بعـــض الاحتياطات الخاصة مثل وضع مواد ماصه للصوت insulation واستخـــدام السدادات الواقية للأذن وخاصة فى الأماكن الصناعية كمـــا يجـــب زراعـــة النباتات لإمتصاص الضوضاء . ايضا يجـــب عـــزل الأمـــاكن الصناعيـــة والورش بعيدا عن الأماكن الآهله بالسكان .

السيطرة على التلوث Controlling Pollution

نظرا للكوارث الإنسانية التى حدثت فى منتصف القرن العشـــرين فقـــد قامت العديد من الدول بوضع تشريعات خاصة صممت لإصلاح ما تم إفساده فى الماضى ولضمان بيئه نظيفة فى المســـتقبل . ففـــى الولايـــات المتحـــده الأمريكيه تم وضع قانون الهواء النظيف عام 1970 وتم تطبيقه وأدى ذلـــك إلى خفض تركيز بعض ملوثات الهواء مثل انبعاثات ثانى أكسيد الكبريت كما أن تطبيق قانون الماء النظيف 1977 أدى إلى تنظيم إلقاء الملوثات فى الميـــاه وتحديد نسب الملوثات المسموح بها فى الماء . ايضا قانون السيطرة علـــى المواد السامه 1976 ثم وضعه لإختبار الملوثات الخطرة والسيطرة عليـــها .

وفى عام 1980 تم وضع قانون التعويضـــات Compensation & Liability Pact لتوفير المال اللازم لتنظيف المواقع التى لوثت فى الماضى بالنفايـــات الخطره . وبالرغم من القوانين السابق ذكرها فإن التقدم نحو بيئـــه نظيفـة مازال ضعيفا وبطيئا نتيجة لنقص الاعتمادات اللازمه لذلك .

ايضا تم الوصول إلى بعض الاتفاقيات العالمية التى بلا شـــك ســـوف تلعب دورا نحو السيطرة على التلوث مثل اتفاقية مونتريال التى تحـــد مـــن انتشار المواد التى تؤثر سلبا على طبقة الأوزون (1987) . وهـــذه الاتفاقيـــه وضعت تواريخ محدده لخفض انبعاثات الغازات والكيماويات من المصـــانع مثل مواد الكلورفلوروكربون المعروف تأثيرها الضار على طبقة الأوزون . ايضا مؤتمر بازل Basel 1989 الخاص بمنع نقل النفايات الخطره والتخلص منها عبر الحدود وبالقطع مثل هذه الاتفاقيات سوف تساهم فى تحجيم مشكلة التلوث .

القوانين والتشريعات الخاصة بالبيئه ساهمت بلا شك فى الحد من تلوث الماء والهواء فى الدول المتقدمة فالسيارات فى هذه الدول يصدر عنها عوادم غازية عام 1990 أقل بكثير مما كان يصدر عام 1970 كما أن المصـــانع الآن تستخدم وقود به نسبة منخفضة من الكبريت . كما تم تركيب فلاتـــر لـــهذه المصانع للحد من انبعاثات الغازات المنطلقة للجو أما بالنسبة للدول الناميـــة فهى مازالت تكافح من أجل السيطرة على التلوث فيها نظـــرا لعـــدم توفـــر التكنولوجيا الخاصة بذلك بها بالإضافة إلى أنها تعمل على تقوية اقتصادياتها

وللأسف الشديد يتم ذلك على حساب البيئه حيث تقوم الدول الناميـــة بجـــذب رؤوس الأموال الأجنبية وذلك بتوفير امتيازات لها تشمل مواد خام رخيصـــة ، عماله رخيصة وقوانين غير صارمة بالنسبة للتلوث . وعلى سبيل المثـــال المشروع المقام فى المكسيك على الحدود بين المكسيك والولايـــات المتحـــدة الأمريكية يقوم بتوفير العمل لعدد كبير من السكان ولكـــــن للأســـف يغفـــل التشريعات الخاصة بحماية البيئه من التلوث . ونتيجة لذلك فإن منطقة الحدود هذه شاملة نهر ريوجراند تعتبر من أكثر المناطق تلوثا فى أمريكا الشـــمالية ولتلافى كارثة بيئيه يجب على الدول المتقدمة أن تقدم التكنولوجيا وتمد يـــد المساعدة للدول الفقيرة للحفاظ على هذا العالم الذى يحاصره التلوث.

أيضا نشأت جمعيات أهليه على المستوى القومى والعـــالمى لمكافحـــة التلوث وكثير من هذه الجمعيات تمد الناس بالمعلومات الخاصة بـــالتلوث . فمثلا شبكة المبيدات تقدم معلومات عن تأثير المبيدات على الفلاحين . ايضـــا يوجد بعض الجمعيات القضائية المنظمة تنظيما جيدا تقوم بالدفاع عن حقـوق البيئه مثل grass roots environmental justice movement . أمـــا جمعيـــة السلام الأخضر العالمية Green peace international فهى جمعيـــة نشـــطه هدفها جذب الأنظار للحكومات والصناعات التى تلوث البيئه من تربه وبحار وهواء بالنفايات السامه أو الصلبه .

كذلك جمعية أصدقاء الأرض العالمية Friends of the Earth Inter هـــى عبارة عن اتحاد بين جمعيات مختلفة على مستوى العالم تعمل على محاربـــة التلوث فى جميع أنحاء الأرض .

مراجع الفصل الثاني

1- Brimblecombe, P (1986). Air : Composition and Chemistry. Cambridge : Cambridge Univ. Press.

2- Drever, J. (1988). The Geochemistry of Natural waters, 2 nd edn. Englewood Cliffs, N J : Prentice Hall.

3- Engelking, P. 2000. "Pollution". Microsoft (R) Encarta (R) Olin Encyclopedia 2000. http: //encarata. msn.com ©.

4- Harrison R.M. (1992). Understand our Environment : An Introduction to Environmental Chemistry & Pollution, Cambridge : Royal Society of Chemistry.

5- Harrison, R. M and S. J. de Mora (1995). Introductory chemistry for the environmental sciences. Cambridge, Cambridge Univ. Press.

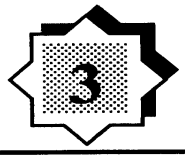
6- Hassett, J.J., and Banwart, W. L. (1992). Soils and their environment. Prentice-Hall, Engle-wood cliffs, N.J.

7- Ramanathan V., R.J., Cicerone, H.B. Singh and J. T. Kiehl (1985). Trace gas trends and their potential role in climate change. J. Geophysical Researols 90D, 45547-66.

8- Stolarski R. (1988). The Antarctic ozone hole, Sci Am 258, 20 – 60.

تلـــــوث الهـــــواء

- مصادر تلوث الهواء
- ملوثات الغلاف الجوى
- تأثير تلوث الهواء على البيئية



تلـــــوث الهواء

Air Pollution

يتكون الهواء الجوى الطبيعى من 78% غاز نيـــتروجين ، 20% غـــاز أوكسجين ، 1% غاز نيتروجين ، 0.02% ثانى أكسيد الكربون بالإضافة إلـــى كميات ضئيلة من غازات الميتون والهليوم والكر ينون ويمكن أعتبار الـهواء ملوثا اذا أحتل هذا التركيب أو دخلت غازات أو جسيمات غريبـــــة للـــهواء الجوى ولقد أصبح تلوث الهواء مشكله ملحه فى أعقاب التطـــور الصنـــاعى الهائل فى القرنين التاسع عشر والعشرين .

ويعتبر تلوث الهواء أكثر صور التلوث البيئى انتشارا نظـــرا لســـهولة انتقاله من منطقة إلى أخرى فى فترة زمنية وجيزه . ويؤثر تلـــوث الـــهواء على الإنسان بإصابته بأمراض كثيرة تؤدى إلى إنخفاض قدرته الإنتاجية كما قد تؤدى إلى وفاته . وبين الكوارث التى يسببها تلوث الهواء الكارثة التـــــى حدثت فى بلجيكا 1930 نتيجة وجود نسبه مرتفعة من ثانى أكسيد الكـــبريت مقترنه بالضباب الدخانى وايضا الكارثة التى حدثت فـــــى مدينـــة دونـــورا Donora بولاية بنسلفانيا فى الولايات المتحدة الأمريكيه وأدت إلى وفـــاة 19 شخصا ومرض ألاف السكان نتيجة الدخان الناجم من صناعة الصلب ســـنه

1948 . أما كارثة لندن عام 1952 فهى من العلامات البـــارزه فـــى تـــاريخ حوادث الضباب الدخانى والتى أدت إلى قتل حوالى أربعة آلاف شخص .

مصادر تلوث الهواء

(i) مصادر طبيعية :

وهى المصادر الطبيعية التى لا دخل للإنسان فيها مثل الغـــازات التـــى تنبعث من البراكين والغازات الطبيعية التى تتكون فى الهواء وغاز الأوزون المنتج طبيعيا أو الغبار .

(ii) مصادر بشريه :

وهى مصادر تنتج نتيجة للنشاط الإنسانى مثـــل الملوثـــات الصناعيـــة والغازات الناجمه عن الأحتراق غير الكامل للوقود بأنواعه كالفحم والخشـــب وغيرهما . وهذه المصادر زادت بشكل ملحـــوظ بعـــد الثـــورة الصناعيـــة ويضيف النشاط الإنسانى غازات ومواد كثيرة إلى النظام البيئى الأمر الـــذى يؤدى إلى بلوغ الحد الحرج وبالتالى تدهور القدرة الإستيعابيه لعناصر النظام (جدول رقم 3-1) .

جدول رقم (3-1) : نسبة ما تسببه الأنشطة البشرية والعوامل الطبيعية مـــن تلوث للهواء

ملوثات الهواء	الأنشطه البشريه	العوامل الطبيعيه
ثانى أكسيد الكبريت	(احتراق) 70 %	30 %
أول أكسيد الكربون	(سيارات) 60 %	400 %
ثانى أكسيد الكربون	20 %	80 %
أكاسيد نيتروجين	5 %	95 %
غبار ودخان	20 %	80 %
أمونيا	40 %	60 %

ملوثات الغلاف الجوى

أ. ثانى أكسيد الكبريت

ينتج أكثر من 80 % من ثانى أكسيد الكبريت فى الهواء مـــن أحـــتراق الوقود المحتوى على كبريت مثل الفحم والبترول ووقود السيارات وكذلـــك نتيجة صهر واستخلاص الفلزات وتكرير البترول . ومن المعروف أن الفحم والبترول يحتوى على حوالى 2 % كبريت من وزن الوقود وتقدر كمية غـاز ثانى أكسيد الكبريت الناتجه من حرق الوقود فى الولايات المتحده بنحـــو 50 مليون طن سنويا . واتضح أخيراً أن غاز ثانى أكسيد الكبريت وبعض أكاسيد النيتروجين والفوسفور هى المسئوله عن تكوين الأمطار الحمضيه acid rain.

ويؤثر ثانى أكسيد الكبريت تأثير ضار على صحـــــة الانســـان اذا زاد تركيزه فى الهواء عن الحد المسموح به 10 ppm – 3 حيث يؤدى إلى تـــهيج الأغشية المخاطيه للجهاز التنفسى ويهيج العينين ويتلف الطبقـــة الخارجيـــة للأسنان ويعمل على زيادة الإصابه بحالات الربو والزكام المزمن وضيـــق التنفس .

ب. الهيدروكربونات

تنتج المواد الهيدروكربونيه عند الأحتراق غير الكامل فـــى المصـــانع وحركات السيارات خاصة داخل المدن نتيجة عدم ثبات السرعة مما يـــترتب على ذلك عدم احتراق كامل للوقود وخروج كمية كبيره من الهيدروكربونات

من العادم . وفى وجود أشعة الشمس فوق البنفسجية تتحد الـــهيدروكربونات مع أكاسيد النيتروجين فى وجود الأكسجين الجوى ويتكون عدد من الغـازات الغريبه التى تسبب حدوث الضباب الأسود فى كثير من المدن وما يـــترتب على ذلك من حدوث مضاعفات على الجـــهاز التنفســى والقلــب كمــا أن الهيدروكربونات قد تسبب السرطان .

ج. أول أكسيد الكربون

غاز سام عديم الرائحه يقضى على الحياه فى دقائق معدوده وينتج مـــن أحتراق الوقود فى وسائل النقل والتدخين والتدفئه المنزليه واذا أرتفعت نسبته فى الجو إلى 80 ppm فإن قدرة الدوره الدمويه للأنسان على نقل الأكســجين تقل بنسبة 15 % وتؤكد الأحصائيات موت حوالى 1000 شخص سنويا فـــى الولايات المتحده نتيجة تنفس أول أكسيد الكربون . وقد ثبـــت أن 83% مـــن أول أكسيد الكربون المنبعث فى المدن يأتى من عوادم السيارات .

د. الدخان

يعتبر دخان المصانع أهم عوامل تكوين ظاهرة الدخان وأيضـــا تـــأكل الملايين من إطارات السيارات سنويا بسبب آلاف الأطنان مـــن الجزيئـــات الصغيرة الميكروسكوبيه العالقة فى الجو وقد تتحد الغـــازات مـــع المـــواد العضويه وتعطى سحب كثيفه من الدخان . وزيادة الدخان فى الهواء الجـوى يعمل على خفض الرؤيه إلى 40 % خلال النهار الأمر الذى يزيد من حوادث الطرق كما يؤدى إلى التهاب بالعيون والأنف ودرن الرئه وانتفاخها .

هـ . ثانى أكسيد الكربون

ارتفع تركيز CO_2 فى طبقات الجو العليا من 270 ppm قبـــل الثـــورة الصناعية إلى حوالى 350 ppm عام 1980 نتيجة زيـــادة عـــدد الســـيارات والطائرات فالطائرة الواحدة تحرق 35 طن أوكسجين فى رحله واحدة عـــبر الأطلنطى ومساهمة الفرد فى البلاد المتقدمه تصل حوالى 18 طن من ثـــانى أكسيد الكربون للغلاف الجوى ويؤدى ارتفاع نسبة ثانى اكسيد الكربون فـــى الجو إلى الأختناق ومشاكل صحيه كثيرة .

و . الغبـــار

يحتوى الغبار على حبيبات ترابيه ورمليه دقيقه بعضها ناتج من تعريـــه التربه وبعضها ناتج من نشاط الأنسان كما يحتوى على بعض المواد الأخرى مثل حبوب اللقاح والعناصر الثقيله ويلعب الغبار دورا بارزا فـــى هطـــول الأمطار وفى القاهره يزيد تركيز الجسيمات العالقه فـــى الجـــو مـــن الحـــد المسموح به دوليا وهو 150-230 mg/m^3 ويبلغ تركيزها فى منطقة شبرا أكثر من 10 g/m^3 كثير من الصناعات تساهم فى الغبار الجوى مثـــل صناعـــة الأسمنت حيث يصل من مصانع بورتلاند حوالى 200 طن يوميا كذلك تساهم عمليات الرش بالمبيدات بالطائرات إلى تلوث الجو بهذه المبيدات مما يؤثـــر على الانسان والحيوان ايضا إطارات السياترات وتأكلها تعد مصدر كبير من مصادر الغبار.

وتحتوى ذرات الغبار على كثير من العناصر الثقيله مثل الزئبق النـــاتج

من مصانع البطاريات الجافه ، الكروم الناتج من أقسام الطلاء بالمصـــانع ، الرصاص الناتج من احتراق الجازولين المضاف إليـــه الرصـــاص وكذلـــك الزرنيخ والكادميوم وخطر الغبار على صحة الانسان يزيد كلمـــا صغـــرت حبيباته حيث يسبب مرض الربو الشعبى والحساسية وتليف الرئتين .

ز. الرادون Radon

أكتشف كلا من مارى وبيركورى أن تلامـــس الـــهواء مـــع مركبـــات الراديوم يجعله نشط إشعاعيا وقام رزرفورد Rutherford وآخـــرون بعـــزل مادة مشعة من الهواء فى بعض المناطق واتضح أن هذه المادة هى عبـــارة عن نظير مشع لأحد الغازات النبيله وهو الرادون (Rn) Radon .

ومن المعروف أن الرادون ينتج من تحلل اللحظى للراديوم (Ra) :

$$^{226}_{88}R \rightarrow ^{4}_{2}He + ^{222}_{86}Rn$$

ويتواجد الراديوم بكميات صغيرة جدا فى الأتربه والصخور فى بعـــض المناطق وينتج عن تحلل الراديوم إنبعاث الرادون إلى الهواء الجوى المحيـــط بالتربه كما يمكن أن ينبعث غاز الرادون من الأتربه التى تحتوى على قـــدر ضئيل جدا من اليورانيوم فإذا ما تم بناء منازل على الأراضى التى تحتـــوى عنصر الراديوم فإن غاز الرادون سوف يتكون فى التربه ويتصـــاعد إلـــى المنازل . والمشكلة لا تكمن فى غاز الرادون نفسه لأنه غاز خامل كيميائيـــا وإنما المشكلة هو أن الرادون يتحلل إلى بلوتونيوم كما يلى :

$$^{226}_{88}Rn \rightarrow ^{4}_{2}He + ^{218}_{84}P$$

وكما هو واضح فإن البلوتونيوم نظير مشع له فترة نصف عمر طويلـة كما أنه من العناصر الثقيلة غير المتطايرة التى يمكن أن تدخل إلى الرئه عن طريق الاستنشاق وتلتصق بها لفترة طويلة وتصبح مصدرا للإشعاع داخـل الجسم نفسه ولذلك يتم إختبار مواقع البناء فى الولايات المتحـدة الأمريكيـة بالنسبة لغاز الرادون قبل السماح ببناء منازل أو غيرها .

تأثير تلوث الهواء على البيئه

١.الضباب الدخانى الكيموضوئى Photochemical Smog

\الضباب الدخانى الكيموضوئى هو عباره عن خليط من الملوثات ينتـج من تفاعل الهيدروكربونات مع أكاسيد النيتروجين فى ضوء الشمس ينتج عنه نواتج ثانويه سامه .

والنواتج الرئيسيه للضباب الدخانى هى :

(i) الأوزون ozone ويتكون بتركيزات تصل إلى 0.4 ppm وهذا التركـيز يعتبر سام للأنسان والنبات .

(ii) نترات بيروكسى أسيل peroxyacyl nitrates وأهم مركب يتبـع هـذه المجموعة هو نترات بيروكسى أسـتيل peroxyacetyl nitrate (PAN) ويتكون بتركيزات تصل إلى 0.05 ppm .

$$CH_3 - \underset{\underset{O}{||}}{C} - O - O - NO_2$$

(PAN)

ولم تثبت سمية هذا المركب للإنسان ولكنه سام للنبات

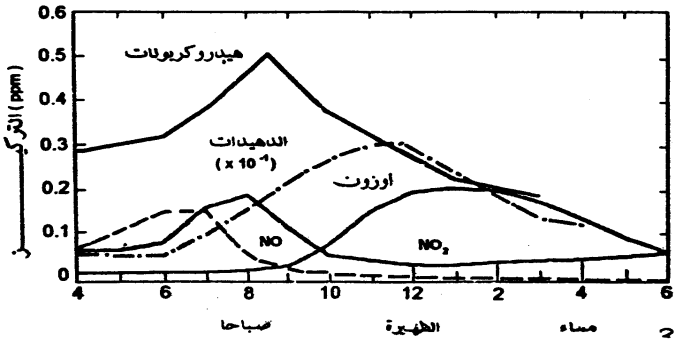
(iii) الألدهيدات aldehydes ومثال ذلك الفورمالدهيد (HCHO) ، أسـتيالدهيد $(CH_3\ CHO)$ ، acrolein $(CH_2 = CH - CHO)$ وهذه المركبـــات ذات رائحه وتسبب تهيج العيون .

(iv) نترات الكيل مثل نترات ميثيل $(CH_3\ ONO_2)$ methyl nitrate.

(v) الإيروسولات aerosolوهى المسئوله عن خفض الرؤيه فـــى الضبـــاب الدخانى والإيروسول هو عباره عن كبريتات أمونيـــوم $(NH_4)_2\ SO_4$ ، نترات أمونيوم $NH_4\ NO_3$ وهذه المركبات تتكون نتيجة معادله حمـــض الكبريتيك ، حمض النيتريك بالأمونيا التى تنطلق إلى الـــهواء الجـــوى نتيجة تحلل بول الحيوانات ويتكون حمض الكبريتيك وحمض الســـتريك من تفاعلات كيميائيه ضوئيه

$$H_2\ SO_4 + 2\ NH_3 \rightarrow (NH_4)_2\ SO_4$$
$$HNO_3 + NH_3 \rightarrow NH_4\ NO_3$$

ويوضح الشكل رقم (3-1) الملوثات الموجوده فى الضباب الدخانى فـــى أوقات مختلفة .



شكل(3-1): الملوثات الرئيسية فى الضباب الدخانى الكيموضوئى فى أوقات مختلفة من اليوم

ويبدأ تكون الضباب الدخانى عن طريق تكون ذرة الأكســـجين نتيجـــة التحلل الضوئى لثانى أكسيد النيتروجين .

$$NO_2 + hr \rightarrow NO + O \qquad (1)$$

وانفراد ذرة الأكسجين فى التفاعل السابق يؤدى إلى تكون الأوزون.

$$O + O_2 + M \rightarrow O_3 + M \qquad (2)$$

$$O_3 + NO \rightarrow NO_2 + O_2 \qquad (3)$$

ويجب التنويه عن وجود ذرات أكسجين ذات قوة تفاعليـــه عاليـــة مـــع الأوزون باستمرار وبتركيزات منخفضة ولذلك يحدث تفاعلات بينها وبيـــن الهيدروكربونات .

ويهاجم ذرة الأكسجين البروبين (Alkens) وينتج :

$$CH_3CH = CH_2 + O \rightarrow C_2H_5 + CHO \quad (4)$$

كما يمكن أن يهاجم الأوزون مركب butene منتجا استيالدهيد

$$\underset{\text{بيوتين}}{CH_3CH = CHCH_3} + O_3 \rightarrow CH_3CHO_2 + \underset{\text{استيالدهيد}}{CH_3CHO} \quad (5)$$

ويمكن لسلسلة من التفاعلات أن تستمر كما يلى :

$$C_2H_5 + O_2 \rightarrow C_2H_5O_2 \quad (6)$$

$$C_2H_5O_2 + NO \rightarrow C_2H_5O + NO_2 \quad (7)$$

$$C_2H_5O + O_2 \rightarrow CH_3CHO + HO_2 \quad (8)$$

$$HO_2 + NO \rightarrow NO_2 + OH \quad (9)$$

ويلاحظ أن كلا من التفاعلين (7) , (9) تم فيهم تحـــول NO إلـــى NO_2 بدون أى استهلاك للأوزون ونلاحظ ايضا أن التحلل الضوئى لثانى أكســـيد النيتروجين NO_2 متبوعا بالتفاعل (2) يؤدى إلى تكوين الأوزون وعلى ذلـــك نجد أنه اذا حافظ كلا من التفاعلين (7) , (9) على تركيز NO صغيرا فـــإن التفاعل رقم (3) يصبح غير ذا قيمه وبالتالى يحدث تجمع للأوزون .

أول أكسيد الكربون فى الحقيقة يزيد من سرعة تكون الضباب الدخـــانى وذلك عن طريق سلسلة من التفاعلات وذلك بدون استهلاك الأوزون .

$$OH + CO \rightarrow CO_2 + H \quad (10)$$

$$H + O_2 \rightarrow HO_2 \quad (11)$$

$$HO_2 + NO \rightarrow NO_2 + OH \quad (12)$$

وأيضا نتيجة للتفاعلات التالية يمكن أن يتكون(peroxyacetyl nitrate (PAN.

$CH_3 CHO + C_2H_5 \rightarrow CH_3 CO + C_2 H_6$ (13) -

$CH_3 CO + O_2 \rightarrow CH_3 C (O) O_2$ (14)

$CH_3 C (O) O_2 + NO_2 \rightarrow CH_3 C (O) O_2 NO_2$ (15)

ولوحظ تكون الضباب الدخانى فى أوروبا الغربيه والولايات المتحـــده الأمريكية متخذا أشكال عديده وهو غالبا ما يغطى مساحات كبيرة تصل إلـى آلاف الكيلو مترات ويمكن للضباب الدخانى أن يتكون فى غضون ســـاعات من حقن الملوثات (الهيدروكربونات وأكاسيد النيـــتروجين) وينتقـل إلـــى مسافات كبيره

٢. المطر الحمضى

لفت العلماء فى أوروبا وأمريكا نظر العالم إلى زيادة حموضة الأمطـار فى السنوات الأخيرة . فالرقم الهيدروجينى للأمطار فى المناطق غير الملوثه هوائيا هو ٥,٦ وذلك لتكون حمض الكربونيك من ثـــانى أكســـيد الكربـــون الجوى . ولكن تلوث الهواء بـــالنيترزجين والغـــازات المحملـــة بـــالكبريت المتصاعدة من المصانع ومحطات الكهرباء أدى إلى خفض pH الأمطار فـــى هذه المناطق إلى 4 أى أن تلوث الهواء بالغازات أدى إلى زيـــادة حموضـــة الأمطار ولذلك يطلق عليه المطر الحمضى Acid Rain والمطر الحمضى هو ناتج أكسدة الغازات المحملة بالنيتروجين والكبريت وذوبان ناتج الأكسدة فـــى بخار الماء الجوى ليتكون حمض النيتريك والكبريتيك كما فـــى التفـــاعلات التالية :

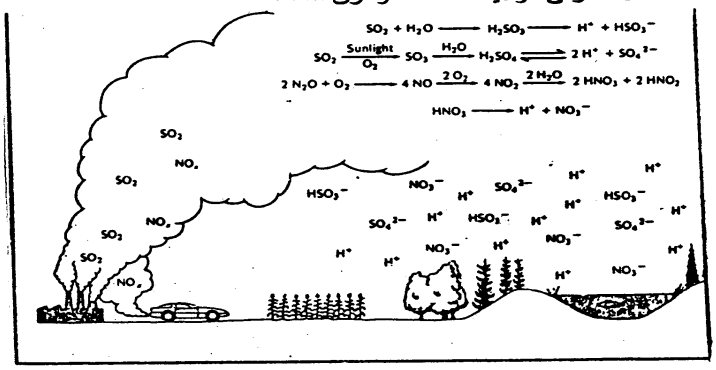
$$2\,NO + O_2 \rightarrow 2\,NO_2 \xrightarrow{H_2O} HNO_3 + HNO_2$$

Nitric oxide — Nitrogen dioxide — Nitric acid — Nitrous oxide

$$2\,SO_2 + O_2 \rightarrow 2\,SO_2 \xrightarrow{2H_2O} 2H_2\,SO_4$$

sulfur dioxide — sulfur trioxide — sulfuric acid

والشكل (3-2) يوضح كيفية إنتقال أكاسيد النيتروجين والكبريت للـــهواء الجوى وتحولها إلى أحماض غير عضوية ثم عودتها ثانية إلى التربـــة فـــى صورة أمطار وهذه الدورة هى المسئولة عن حموضـــة pH الأمطـــار فـــى الشمال الشرقى للولايات المتحدة وشرق كندا .



شكل(3-2) : يوضح كيفية تكون المطر الحمضى

تأثير المطر الحمضى

يعتقد بعض العلماء أن المطر الحمضى هو السبب فى زيادة حموضـــة مياه بعض البحيرات وحيث أن الأسماك لاتتحمل درجات أل pH المنخفضة (4.5) فالنـــتيجـــة هو تناقص أعداد الأسماك فى هذه البحيرات والحقيقـة أن تأثير المطر الحمضى على المياه أكبر من تأثيره على الأتربة وذلـــك للقـــوة التنظيمية Buffering capacity لها ولكن إستمرار تساقط الأمطار الحمضيـــة بدرجة كبيرة سوف يكون له تأثير معنوى على pH التربة وبالتالى خصوبتها خاصة فى الأتربة الحامضية .

ويمكن الحد من تأثير المطـــر الحمـــضى عن طـــريق :

١.خفض كميات الغازات الحاملة للنيتروجين والكبريت والمتصـــــاعدة مـــن المصانع ومحطات الكهرباء .

٢.إضافة كربونات الكالسيوم Lime إلى التربة الحمضية .

وربما إستخدام الطريقتين معا يكون أفضل الحلول للحـــد مـــن الأثـــر الناشىء عن المطـــر الحمـــضى .

٣. تأثير الصـــــوبـــة Greenhouse effect

يطلق تعبير تأثير الصوبة Greenhouse effect على الظـــاهرة التـــى تؤدى إلى رفع درجـــة حـــرارة الأرض Earth وســـبب هذه الظـــــــاهرة هو إنبعاث غاز ثانى أكســـيد الكـــربـــون والغـــــازات المســـماه بغـــازات

الـصـــــــــوبة Greenhouse gases . and N_2O , CH_4 (Chlorofluorocarbons) من سطح الأرض إلى طبقات الجـــو العليـــا حيـــث تمتص هذه الغازات طاقة الإشعاع الشمسى وتعود ثانية إلـــــى الأرض فـــى صورة إشعاع حرارى مما يؤدى إلى زيادة درجة حرارة الكرة الأرضيـــة . أى أن هذه الغازات تعمل عمل الزجاج فى الصوبة الزجاجية . وفى السنوات الأخيرة ونتيجة للثورة الصناعية الهائلة نجد أن غازات الصوبة قد زادت فى الجو بدرجة كبيرة ومثال ذلك :

أ) تزايد تركيز غاز ثانى أكسيد الكربون فى طبقات الجو العليا مـــن 280 جزء فى المليون إلى 350 جزء فى المليون خلال الثلاثين سنة الأخيرة.

ب) زيادة N_2O Nitrous oxide حوالى 25% نتيجة إحتراق الفحم والبـــترول والممارسات الزراعية وحيث ينطلق N_2O بكميات كبيرة خلال عمليـــة عكس النترته Denitrification نتيجة التسميد النتراتى الزائـــد .

ج) تضاعف تركيز الميثان CH_4 فى طبقات الجو العليا فـــى المائـــة ســـنة الأخيرة وكما هو معروف فإن التربة تعتبر مصدر للميثـــان وخاصـــة الأتربة القديمة.

د) زيادة إســـتعمال الإيروســـولات أدى إلـــى إرتفـــاع تركـــيز غـــازات Chlorofluorocarbons .

وزيادة غازات الصوبة ومايتبعه من إرتفـــاع درجـــة حـــرارة الكـــرة الأرضية له تأثير خطير ليس فقط على القطب الجليدى ولكن أيضـــا علـــى أماكن أخرى كثيرة قد تتحول فيها الأتربة المنتجة إلى أراضـــى صحراويـــة نتيجة تغير المناخ .

٤. تدمـــير طـــبقة الأوزون Destruction of the Ozone Shield

الأوزون هو صورة من صور الأكسيجين رمزه العـــام O_3 وهوغـــاز أزرق اللون ذو رائحة مميزة وأشتق لفظ الأوزون من التعـــبـــيـــر اليونـــانى " Ozein " ومعـــنـــاه يـــشـــم " to smell " ويتكون الأوزون عـــادة نتيجـــة التفاعلات الضوئية أو الصواعق الكهربائية ويعتبر الأوزون مادة مؤكســـــدة أقوى من الأكسيجين العادى (O_2) وله مقدرة كبيـــرة علـــى أكســـدة المـــواد العضوية فى الجو والأوزون هو المكـــون الطبيعـــى لطبقـــة ستراتوســـفير Stratosphere ويوجد على بعد حوالى 24 كم من سطح الكرة الأرضية علـــى هيئة سحابة يطلق عليها طبقة الأوزون وتعمل كدرع يحمـــى الأرض مـــن الإشعاعات الشمسية الضارة . وفى الظروف العادية يحدث تدمير لـــلأوزون ويعاد تكوينه للحفاظ على التوازن الكيميائى للضوء فى طبقـــة Stratosphere وتدمير الأوزون طبيعيا يتم عن طـــريق تفـــاعـــل O_3 مـــع مجـــاميع الهيدروكسيل الموجودة فى بخـــار المـــاء فـــى طـــبـــقـــة Stratosphere ويمكن تمثـــيـــل هذه العمـــلـــية كالآتـــى (Moore and Moore, 1976) :

$$O + H_2O \rightarrow 2\,OH$$

$$OH + O_3 \rightarrow HOO + O_2$$

وتنبع الأهمية البيوكيميائية لطبقة الأوزون من مقدرتها على إمتصـاص الأشعة فوق البنفسـجية عند طول موجة بين 240-360 nm وينتج عن هـذا الإمتصاص تفاعل كيميائى ضوئى يؤدى إلى تحلل جـزىء الأوزون إلـى أكسيجين عادى كالآتى :

$$O_3 + hv \leftrightarrow O_2 + O$$

ويعتبر التفاعل السابق فى الظروف العادية تفاعل إتـزان يعنى إمكانية تفاعل الأكسيجين O_2 مع O لينكون الأوزون ثانية ، hv هى طاقـة الأشـعة فوق البنفسجية التى تستخدم فى تحلل الأوزون . وبـهذه الطريقـة نجـد أن الأشعة فوق البنفسجية المنبعـثة من الشمس تمنع من الوصول إلـى سـطح الكرة الأرضية . وتـتميز الأشعة فوق البنفسجية بمقدرتها على تدمير العديد من المركبات العضوية ووصولها إلى سطح الكرة الأرضية يعنـى تدمـير صور الحياه عليها كما أن سرطان الجلد فى الإنسان يرتبط بالتعرض لـهذه الأشـعة .

ولما كان الأوزون يتفاعل بسرعة مع المركبات العضوية فإن وصـول هذه المركبات فى الهواء سوف يؤدى إلى تلف التوازن الكيميائى الضوئـى الهام فى عملية تحلل وتكوين الأوزون .

وإحتراق الوقود وأكسدة المركبات العضوية على سطح الكرة الأرضيـة ينتج عنه CO_2 ، H_2O ويتحلل الماء إلى أيون OH^- الذى بدوره يعمل علـى

سرعة تحلل الأوزون. والغازات الأخرى المسئولة عن تحلل الأوزون هـــى CH_3, NO, N_2O, CH_4 وغـــــاز الفريـــــون $CFCl_3$ وغـــــازات Chlorofluorocarbous المستخدمة فى التبريد والإيروســـولات Aerosols . وتحليل الأوزون بواسطة هذه الغازات يمكن توضيحه بالمعادلات الآتية :

$$Cl + O_3 \rightarrow ClO + O_2$$

From freon

$$ClO + O \rightarrow Cl + O_2$$

ويلاحظ فى المعادلات السابقة أن ClO المستخدم فـــى تحلـــل الأوزون ينتج عنه Cl ثانـــيـــة مـــما يؤدى إلى تكرار هذه العمـــلـــية حتى يتحـــول كل الأوزون الموجود إلى O_2, O علما بأن تصوير تدمير طبقة الأوزون بهذه الطريقة الهدف منها التبسيط لسهولة الفهم ولكن حدوث ثـــقب فـــى طبقـــة الأوزون هو عملية غاية فى التـــعـــقيد ولايتسع المجال لسردها هنا .

وخلاصة القول أن إستمرار تلوث الهواء بالغازات الناجمة عن الصناعة ووسائل النـــقل يمكن أن يؤثر سلبياً على طبقة الأوزون ويؤدى إلى عواقـــب وخيمة على أشكال الحياه على سطح الكرة الأرضـــية ونتيجة لذلـــك فـــإن الكثير من الهيئات العالمية تعمل جاهدة لإيجاد الحلول المناسبة لهذه المشـــكلة العالمية وترأسها هيئة الأمم المتحدة ففى شهر سبتمبر عام 1987 عقد مؤتمـــر علمى فى مونتريال بكندا لتنظيم إستخدام مواد الكلوروفلوروكربون التى تؤثر على طبقة الأزون ووضع التشريعات اللازمة للحد من استعمال هذه المواد . وفى شهر أغسطس عام 1989 عقد مؤتمر الأمم المتحدة للبيئه فـــى مدينـــة

نيروبى بكينيا لبحث الأضرار الفادحه التى نشأت عن تدمير طبقـــة الأوزون ويوجد حاليا أربع مراكز فى جنيف ، نيروبى ، بانكوك ، أرندال بـــالنرويج تقوم بعمليات الرصد لكافة الجهات البحثية للأستعانه بها فى مقاومة عوامـــل التلوث .

مراجع الفصل الثالث

- Brimblecombe, P (1986). Air: Composition and Chemistry. Cambridge: Cambridge Univ. Press.
- Harrison, R.M. and S.J. de Mora (1995). Introductory chemistry for the environmental sciences, Cambridge, Cambridge Univ. press.
- Stolarski R. (1988). The Antarctic Ozone Hole, Sci. Am 258, 20-60.
- WHO, (1999). Monitoring Ambient Air Quality for Health Impact Assessment, WHO Regional Publications, European Service, No 85.

مواقع الإنترنيت

http: // www.eea.eu.int.

http: // www.unece.org/env/Irtap.

http: // www.emep.int/index.htm/.

http: // europa.eu.int/comm/enuironment/air/bacrground.htm.

المـــــاء النظيف

- النظم البيئية المائية
- جودة المياه وصحة الإنسان
- مشكلة التلوث
- التحكم فى تلوث المياه
- أهداف ومعايير جودة المياه
- التنمية المستدامه

الماء النظيف
Clean Water

نحن غالبا ما نفكر فى الماء تبعا لطريقة استخدامه . وبمعنى أخر هل صفات المياه تعتبر جيدة من أجل استخدام معين أم لا ؟. فالماء المستخدم في ري المزروعات يمكن أن يكون جيداً وصالحا لرى المزروعات ولكنه قد لا يكون صالحا للشرب لذا فإن صفات وجودة المياه هي التي تحدد طريقة ونوعية استخدامه .

تقدر جودة المياه عن طريق معرفة نوع وكمية المواد الذائبة والمعلقة فى الماء وتأثير ذلك على الكائنات الحية في البيئة وبتحديد أكثر فإن تركيز هذه المواد هي التي تحدد نوعية الماء وصلاحيته للاستخدام المحدد . فمياه الشرب مثلا لها معايير محددة صارمة يجب اتباعها لحماية صحة الإنسان وعدم اتباع هذه المعايير يؤدى حتما إلى كثير من المشاكل الصحية . ولقد أتضح أن الماء الملوث يسبب حوالي 30,000 حالة وفاة يوميا على مستوى العالم وهو ما يعادل تحطم مائة طائرة جامبو بركابها يوميا .

والماء هو شريان الحياة فهو ضروري لمعيشة جميع الكائنات الحية شـــاملة النبات والحيوان والإنسان ولابد أن نفعل ما بوسعنا للحفاظ على جودة الميـاه في الحاضر والمستقبل . ولذلك فإن من الغريب والمؤسف حقا أننا نتخلـــص من مخلفات الإنسان والحيوان والمواد الكيميائية بإلقائها في المـــاء بمعـــدل يعجز عن تحمله أكبر الأنهار والبحيرات فعلى سبيل المثال فإن البحـــيرات العظمى بكندا ونهر النيل بمصر ونهر سان لورانس يعانون من مشاكل تلوث خطيرة تجعل هذه البحيرات والأنهار عاجزة عن تجديد مياهها بمـــا يســـمح بالحفاظ على الحياة بها .

البحيرات العظمى

تم التعرف على أكثر من 360 مركب كيميائي فى مياه البحـيرات العظمى وكثير من هذه المواد الكيميائية تعتـــبر ســـامة للإنســـان (DDT زئبق- رصاص benzo (a) pyrene) وأثرت ســـلبا علـــى النظام البيئي المائي فعلى سبيل المثال إصابة أنواع كثـــيرة مـــن السمك بأورام وتدهور قدرتها الإنتاجية . كمـــا تنـــاقصت أعـــداد الأسماك التي تتغذى على الطيور بدرجة كبيرة .

وبحصر الأسماك ذات الأنواع النادرة وتقدر بعشرة أنواع أتضـــح اختفاء سبعه أنواع منها اختفاء تاما .

ما الذى يحدد جودة المياه ؟

الماء الموجود فى الأنهار والبحيرات غير الملوثة لا يكون نقيا تماما . فالمياه حتى المقطرة منها تحتوى على العديد من المواد الطبيعية مثل أملاح البيكربونات ، الكبريتات ، الصوديوم ، الكلوريد ، الكالسيوم ، المغنيسيوم ، البوتاسيوم ذائبة فى الماء وهذه الأملاح تصل إلى المياه السطحية والجوفية عن طريق :

- التكوينات الجيولوجية وتطور الأراضي .
- النباتات المحيطة والغابات .
- مياه الأمطار ومياه الجريان السطحي .
- العمليات البيولوجية والفيزيائية والكيميائية في المياه .
- النشاط الإنساني فى المنطقة .

جدول(4-1) : الأملاح الكلية الذائبة فى المياه المتنوعة

نوع الماء	المحتوى التقريبى للمواد الذائبة (جزء فى المليون)
مياه الأمطار	100-50
مياه الأنهار	100-50
المياه الجوفية	3000-2000
مياه متوسطة الملوحة	10000-3000
مياه البحار	50000-700

النظم البيئية المائية Aquatic ecosystems

فى الطبيعة لا يوجد شئ قائم بذاته بل في الواقع فإن الكائنـــات الحيـــة ترتبط بعلاقات وثيقة مع مكونات البيئة غير الحية وهذه العلاقة المعقدة هـــي ما يطلق عليها بالنظام البيئي ecosystem فالمسطح المائي مثلا يعتبر نظـــام بيئي متوازن يكون في حالة تفاعل مستمر مع الأشياء المحيطة مثل الـــهواء والتربة وما يحدث على الأرض وفى الهواء يؤثر بالقطع فى الماء . وعنـــد دخول بعض المواد إلى النهر أو البحيرة فإن الماء يستطيع تنظيـــف نفســـه بيولوجيا ولكن إلى حد معين فقط فالماء سواء فى بحيرة أو بحر أو نـــهر أو حتى محيط له قدرة محدودة في احتواء وامتصاص الملوثات وبعده يصل إلى الحد الذي فيه يفقد المقدرة على تنظيف ذاته .

كيف يمكن للماء أن ينظف ذاته تلقائيا ؟

يتم تنقية الماء ذاتيا بواسطة الفعل الطبيعي للكائنات الحية فيـــه . فالطاقة المكتسبة من أشعة الشمس تعمل علـــى تنشـــيط عمليـــات التمثيل الضوئي في النباتات البحرية التـــي تـــؤدى إلـــى إنتـــاج الأكسجين الذي يعمل على تكسير وتحلل بعض المواد العضويـــة مثل مخلفات النبات والحيوان . وهذا التحلل ينتج عنه ثاني أكســـيد الكربون وبعض العناصر الغذائية والمواد الأخرى التي تحتاجـــها النباتات والحيوانات التي تعيش في المـــاء . ودورة التنقيـــة هـــذه تستمر عند موت هذه الكائنات الحية وتبدأ البكتريـــا فـــي تحللـــها وبالتالي تمد الجيل الجديد النامي باحتياجاته ولسوء الحـــظ يوجـــد الكثير من المواد السامة التي تتأثر ببطء أو لا تتأثر على الإطـــلاق بعمليات التحلل . وهذه المواد هي التـــي يطلـــق عليـــها بـــالمواد المقاومة للتحلل والتي تؤدى بدرجة كبيرة إلى تلوث الماء وبالتـــالي البيئة .

كيفية تقدير جودة المياه

للتعرف على المواد الموجودة فى مياه بحيرة مثلا يتم جمع عينات مـــن مياه هذه البحيرة وكذلك الكائنات الحية والرواسب المعلقة وكذلك عينات مـــن رواسب قاع البحيرة . ثم يتم إجراء تحليلات على هذه العينـــات باســـتخدام

العديد من الأجهزة المتقدمة التي يمكنها تقدير العديد من المواد الموجودة في المياه بدقة متناهية تصل إلى حوالي جزء في ألف مليون جزء وهو ما يعادل ١/١٠٠٠ ملء ملعقة شاي من الملح ذائب في حمام سباحة ذو حجم أوليمبي.

جودة المياه وصحة الإنسان

الأمراض المرتبطة بالماء تشمل التيفويد والكوليرا والدوستناريا ونتيجة لإتباع معالجة مياه الصرف الصحي وإتباع المعايير الخاصة بجـــودة ميـــاه الشرب بالإضافة إلى التوعية الصحية للمواطنين والتعليم فـــإن الأمـــراض المرتبطة بالمياه انخفضت بشكل واضح في كثير من البلدان المتقدمة (كندا- الولايات المتحدة الأمريكية – أوروبا) بينما نجد في الدول الناميـــة حوالـــي ٨٠% من الأمراض هي عبارة عن أمراض مرتبطة بتلوث الميـــاه , وهـــذا يؤكد ضرورة الحاجة إلى إتباع التعليمات الخاصة بجودة مياه الشرب بـــدون تهاون وأيضا العمل على تحسين وتطوير طرق معالجة المياه.

وتعد المواد الكيميائية السامة التي تدخل المياه من المصادر المختلفـــة سواء زراعية أو صناعية أو مياه الصرف الصحي من الأمور الخطيرة التي تسبب تلوث الماء وذلك لعدم معرفة تأثير هذه المواد تمامـــا علـــى صحـــة الإنسان في المدى القريب وإنما يكون على المدى البعيد . أيضا من الصعـب التفرقة بين أثر هذه المواد والعوامل الأخرى التي تؤثر على صحة الإنســـان مثل سوء التغذية ، العوامل النفسية ، جودة الهواء . لذا يجب أن نفعـــل مـــا بوسعنا لمنع تلوث المياه بهذه المواد الكيميائية السامة .

حقائق عن جودة المياه

- 80% من الأمراض التي تصيب الإنسان في البـــلاد الناميـــة هـــي أمراض مرتبطة بجودة المياه.
- حوالى 57% من الكنديين يستهلكون مياه الصرف الصحي المعالجـة بالمقارنة بـــ ٧٤% من الأمريكيين ، ٨٦,٥% من الألمـــان ، ٩٩% من السويديين .
- نقطة واحدة من زيت البترول كافية لجعل 25 لترا من المياه غـــير صالحة للشرب .
- جرام واحد من 2,4-D (مبيد حشائش شائع الاستخدام في المنـــازل الأمريكية) كاف لتلوث 10 مليون لتر من مياه الشرب.
- جرام واحد من الرصاص (Pb) فى 20,000 لتر من الماء يجعله غير صالح للشرب. علما بأن كثير من مواسير المياه في المنازل القديمـة مصنوعة من الرصاص مما يؤدى إلى تلوث دائم للمياه بالرصاص .
- غاز الميثان يتصاعد من البرك التي يوجد بالقـــاع فيـــها حيوانـــات ونباتات ميته وذلك نتيجة لتحلل هذه الكائنات .
- الكالسيوم والمغنيسيوم هما العنصران المسئولان عن عســـر المـــاء وهما أيضا السبب في بعض أمراض القلب حيث وجـــد أن معـــدل الإصابة بهذه الأمراض يكون عالى في المناطق التي بها ماء يســـر Soft Water .
- تواجد عنصر النحاس – أساسي لامتصاص الحديد وتكون العظـلم – ويتواجد في المياه الطبيعية بتركيز أعلى من lmg/liter يجعل المـــاء غير صالح للشرب .

مشكلة التلوث

من السهل التخلص من المخلفات وذلك بإلقائها في البحيرات أو الأنهار سواء ذلك بكميات صغيرة أو بكميات كبيرة . وهذه المخلفات بـــالقطع لـــن تختفي وإنما سوف يحملها التيار بعيدا وستظهر مرة أخرى في نهاية المجرى بشكل آخر أو مخففة . ولقد ذكرنا سابقا أن المياه العذبة لها القدرة على تحلل بعض المخلفات ولكن ذلك يكون بكميات صغيرة وليـــس بالكميـــات التـــي نشاهدها اليوم في مجتمعنا . وهذا الكم الهائل من النفايات التي تلقى في المياه هو ما نطلق عليه التلوث والذي نتيجته الإخلال بالتوازن البيئي .

وفى الأعم الأغلب فإن المجارى المائية في العالم قد تم تلويثـــها عـــن طريق المخلفات الزراعية والصناعية ومخلفات الصرف الصحي وهذا يشمل الكيماويات السامة التي من الصعب تحللها بواسطة العمليـــات الكيموحيويـــة الطبيعية وهذه المواد بالقطع يمكن أن تسبب أضرار كثيرة للكائنـــات الحيـــه البحرية والإنسان .

المواد الكيميائية السامة

يطلق على المجتمع الحالي بحق مجتمع المواد الكيميائية وذلك لأننا نستخدم مئات المواد الكيميائية في حياتنا اليومية فى الغسيل ، الأكل ، تنظيف المنزل ، زراعة الحدائق واستخدام السيارات . وتقدر المواد الكيميائية المعروفة اليوم بحوالي 10 مليون مادة يستخدم منها بطريقة تجارية حوالي 100,000 مادة كيميائية . وهذه المواد الكيميائية السامة تجد طريقها إلى مجارينا المائية كمخلفات بعد استخدامها سواء في المنازل أو في الزراعة أو الصناعة وبالتالي تعمل على تغيير التركيب الكيميائي لهذه المياه ويكون ذلك عن طريق :

١) تسرب المواد الكيماوية مع الماء خلال الترب وتصل إلى الماء الجوفي.

٢) الجريان السطحي حيث يتم غسيل هذه المواد الكيميائية من الأراضي بواسطة مياه الأمطار أو الري وذهابها إلى المجارى المائية .

والمواد الكيميائية التي تصل إلى مجارى المائية يمكن أن تسبب العديد من المشاكل بالنسبة للطعم والرائحة واللون الخاصة بالماء بالإضافة إلى ما تسببه من مشاكل بالنسبة للأحياء المائية من حيث نقص الخصوبة والتشوهات الوراثية وتدمير النظام المناعي وزيادة نسبة النفوق في هذه الكائنات . العديد من المواد الكيميائية التي تدخل المجارى المائية حتى

ولو بنسب ضئيلة هي في الواقع سامة للإنسان والنبات والحيوان . فالمبيدات بأنواعها والفينولات المكلورة PCBs ، PCPs (Polychlorinated phenols) هي فقط أمثلة لذلك . وكما هو معرف فإن المبيدات تستخدم فى الزراعة وفى المنازل وPCBc تستخدم في صناعة العوازل داخل المحولات الكهربائية . أيضا PCPs توجد في المواد الحافظة للأخشاب . وكون هذه المواد سامة وصعبة التحلل هي التي تجعلها من أشد المواد ضررا على البيئة.

تأثير التلوث

التلوث ليس دائما مرئيا . فالنهر أو البحيرة قد يبدوان نظيفين بالرغم من تلوثهم . وفى المياه الجوفية – التي تعتمد عليها ملايين البشر كمصدر للمياه – نجد أن التلوث من الصعب حصرة كما أنه قد يأخذ سنوات ليظهر ويصبح واضحا .

وعندما يجعل التلوث المياه غير صالحة للشرب أو للزراعة أو للأغراض الترفيهية فهو عادة ما يقلص قدرة وفائدة البحيرات أو الأنهار ويعمل على تدمير الأحياء المائية وخفض قدرتها الإنتاجية وتدريجيا يؤثر بشكل سلبي على صحة الإنسان فالواقع أن أحدا لا يهرب من التأثير الضار لتلوث المياه .

ملوثات المياه Water Pollutants

غير مقاومة لتحلل

- مياه الصرف الصحى .
- الأسمدة .
- بعض مخلفات الصناعة .

وهذه المركبات يمكن تكسيرها وتحللها بواسطة التفاعلات الكيميائيـــة أو البكتريا الطبيعية إلى مواد بسيطة غير ملوثة مثل ثاني أكسيد الكربـــون والنتروجين . وهذه العملية يمكن أن تؤدى إلى خفض مستوى الأكسجين وإلـــى زيـــادة مســـتوى العنـــاصر الغذائيـــة فـــي المجـــرى المـــائي (eutrophication) وإذا كانت الكميات الملقاة في مجرى النهر غير كبيرة فإن الضرر في هذه الحالة يمكن التغلب عليه .

مقاومة للتحلل

- بعض المبيدات (مثال DDT ، dieldrin) .
- بعض المخلفات الصناعية ومخلفات الصرف الصحى .
- البترول ومشتقاته .
- Polyaromatic hydrocarbons ، PAHs , dioxins, PCBs
- المواد المشعة مثل Strontium-90 ، Cesium-137 ، radium-226 واليورانيوم .
- بعض العناصر مثل Lead ، الزئبق والكالسيوم .

وتلوث المياه بهذه المواد صعبة التحلل يضمن بقاء هذه المواد فى مجارى

المياه لفترات طويلة جدا مما يسبب ضررا كبيرا لا يمكن إصلاحـــه وأن أمكن فيكون ذلك بعد عقود طويلة من السنين .

أخـــرى

- الماء الساخن من أبراج التبريد (التلوث الحرارى) .
- القمامة .
- Foam .

والأمثلة السابقة في الواقع لا تمثل تلوثا كيميائيـــا بـــل تلوثـــا فيزيائيـــا physical pollution والذي يؤثر في الواقع في استخدام الماء أو الإقبـــال عليه وفى بعض الأحيان يؤدى التلوث الحراري إلى قتل الأسماك .

الملوثات الموجودة فى الهواء airborne pollutants

يسبب النشاط الإنساني اليومي سواء في الزراعـــة أو الصناعـــة أو فـــى المنازل إلى تصاعد كميات كبيرة من المواد الكيماوية إلى الجـــو . وهـــذه المواد بالتالي تنتشر في جميع البلدان بواسطة التيارات الهوائية التى ليـــس لها ضابط لانتقالها من بلد إلى بلد ولذلك فهذه الظاهرة يطلق عليها انتقـــال ملوثات الهواء طويلة المـــدى long-range transboundary air pollution (LRTAP) ومع الوقت فهذه الانبعاثات تعرض الإنسان والحياه البرية إلـــى كميات مختلفة ومتعددة من التلوث الهوائي والضرر الناتج مـــن الصعـــب تقديره وذلك لحدوثة على مدى زمني طويل . وبعض المواد الكيميائية في

الجو قد تكون غير ضارة بعد تعرضها لأشعة الشمس ولكن البعض الأخرى يكون مقاوم للتحلل ويمكث فى الهواء لمدة قد تصل إلى سنتين . وهذه المواد يمكن أن تصل إلى المجارى المائية من خلال مياه الأمطار ويعتبر المطر الحمضى مثال لذلك فإنبعاثات ثانى أكسيد الكبريت وأكسيد النتروجين تنشأ من مناجم الفحم أو عمليات التعدين أو تكرير البترول وصناعات الورق والحديد والصلب وكذلك عوادم السيارات وتتحول هذه الانبعاثات إلى أحماض الكريتيك والنتريك فى الجو وتعود مرة ثانية إلى الأرض من خلال الأمطار.

ويؤدى المطر الحمضي إلى إلحاق الكثير من الأضرار لأنواع كثيرة من الأسماك والبكتريا الطبيعية والنباتات البحرية التي لا تتحمل درجات حموضة منخفضة وبالتالي يؤدى ذلك إلى انخفاض أعدادها بدرجة كبيرة مما يؤثر سلبا على السلسلة الغذائية .

التحكم فى تلوث المياه Controlling Water Pollution

نظرا للدور الحيوي الهام الذي يلعبه الماء على الأرض فإن جودة المياه تعتبر مصدرا غاية في الأهمية حيث غالبا ما تكون النوعية أهم بكثير من كمية المياه لأن النوعية هي آلتي تحدد كيفية وطريقة استخدامه . ونتيجة الزيادة المطردة في أعداد السكان والنشاط الصناعي المكثف وتطور اكتشاف المواد الكيميائية واستخداماتها فإن البيئة المائية أصبحت بحق في خطر

وأصبحت العمليات الطبيعية التي تعمل على تحلل الملوثات في المياه العذبة غير قادرة على تحلل هذا الكم الهائل من الملوثات . لذلك فإن التخلص من مياه الصرف الصحي والصناعي في البحار والأنهار هو أمر غير مقبول على الإطلاق والتحكم في التلوث يتوقف على :

- نوع الملوث .

– هل هو قابل للتحلل ؟ مقاوما للتحلل ؟ معدن ؟ مبيد ؟ PCB? dioxin .

- المصدر .

زراعي – صناعي – الجو .

- التأثير .

– هل هو ضار بالأسماك ، الطيور ، النباتات ، الإنسان .

– النمو السريع للنباتات المائية Eutrophication

– زيادة كبيرة فى زمن قصير

يتم تنشيط نمو النباتات المائية بدرجة كبيرة نتيجة للزيادة فى تركيز العناصر الغذائية الأساسية مثل الفوسفور والنيتروجين في مياه المجارى المائية وهو ما يطلق عليها التخصيب eutrophication والذي يعد عملية طبيعية تعمل خلال العصور الجيولوجية على تحول البحيرة بمرور الزمن

إلى أراضى . هذه العملية يتم إسراعها بدرجة كبيرة نتيجة زيادة تركيز الفوسفور والنتروجين في مياه البحيرة (من التسميد مثلا) مما يؤدى بالتالي إلى نمو رهيب للنباتات الباقية وهذا بدوره يعمل على استهلاك الأكسجين الموجودة في البحيرة مما يؤدى في النهاية إلى اختناق الأسماك وموتها وكذلك تنخفض أعداده وكفاءة ونشاط البكتريا بدرجة كبيرة وعند خفض تركيز الفوسفور والنتروجين فإن النظام يمكن أن يستعيد عافيته مرة أخرى .

ومثال ذلك بحيرة Erie التي عانت من ذلك في عام 1960 وأدى إلى موت الأسماك فيها وغمرت الطحالب النامية فيها والمتحللة الشواطئ لدرجة استخدام البلدزورات للتخلص منها والسبب الرئيسي في ذلك كان تلوث البحيرة بالفوسفور الناتج من المنظفات الصناعية المستخدمة في المنازل . ولذلك تم إصدار قانون يحدد نسبة الفوسفور فى هذه المنظفات بحيث لا يزيد عن 15% مما كان يستخدم سابقا ولقد استعادت بحيرة إيري عافيتها وأصبحت مثالا جيدا للمياه النظيفة .

أهداف ومعايير جودة المياه Water quality objectives and guidelines

يتم تقدير معايير جودة المياه guidelines علميا عن طريق تحديد تركيز المواد المسموح بها في المياه تبعا لاستخدامها سواء للشرب أو الاستحمام وهذه المعايير تعتبر صمام الأمان لحماية البيئة .

أما أهداف جودة المياه objectives فهي تحدد تركيز المواد المسموح بها لكل الاستخدامات فى موقع معين مثل بحيرة أو نهر والأهداف تعتمد تماما على معايير جودة المياه للاستخدام المعين عند هذا الموقع وكذلك على الاعتبارات الاجتماعية والاقتصادية .

Regulations

الحل الأمثل للحفاظ على جودة المياه هو أن نمنع جميع الملوثات من الوصول إلى المصادر المائية . ولكن في بعض الظروف يمكن أن يسمح لتركيزات منخفضة من بعض المواد بالتواجد ولذلك يجب أن يكون لدينا قوانين تحدد المواد والتركيزات المسموح بتواجدها في البئية وبالذات المصادر المائية ولعمل ذلك يوجد مجموعة من الأسئلة يجب أن توجه قبل أن تسن هذه القوانين وتشمل :

- ما هى مصادر وكميات وتأثير المواد المختلفة ؟
- ماذا يحدث لهذه المواد عند دخولها الماء ؟ هل تتغير ؟ وإلى ماذا؟
- ما هو الناتج النهائي لهذه المواد عند تحللها ؟
- هل يمكن منع هذه المواد من دخول المصادر المائية أو التخلص منها عن طريق المعالجة ؟

ومثال ذلك هو ما تم ذكرة سابقا عن تحديد تركيز عنصر الفوسفور الواجب تواجده فى المنظفات والواقع أن هيئة حماية البيئة الأمريكية (EPA) والهيئة الكندية (CEPA) قامتا بعمل كثير من القوانين الخاصة بحماية البيئة من التلوث .

ماذا يمكن عملة لتحسين جودة المياه ؟

فى ظل التحديات الخطيرة التي تواجه البيئية فإن كل جهد يبذل سواء من الأفراد أو الهيئات سوف يؤدى إلى تحسين جودة المياه على وجه الخصوص والبيئة بصفة عامة ويمكنك البدء بنفسك أولا بإتباع ما يلي :

تجنب شراء المنتجات الخطرة بيئيا فى منزلك

جميع الكيماويات التي تستخدم في المنزل تعتبر صديقة للبيئة إذا ما أحسن استخدامها تبعا للتعليمات المدونة عليها ولكن هذه المواد سوف تصبح خطر على البيئة عند استخدامها بكميات كبيرة أو بطريقة خاطئة .

ولذلك عليك إتباع التالي :

- افحص الملصق على العبوة لتتبين مدى خطورة هذا المنتج وأقرأه بعناية لتتعلم كيفية استخدام هذا المنتج بأمان وما هي الاحتياطات الواجب اتخاذها عند الاستخدام .

- اشتر فقط المنتجات الخطرة بيئيا التي تحتاجها ولكن بالكميـــات التـــي سوف تستخدمها فعلا حتى لا تضطر إلى التخلص من الكمية التي لـــم تستخدم .
- اشتر فقط المنتجات صديقة البيئة من المتجر وعادة المنتجات صديقـــة البيئة تعمل على تعظيم الاستفادة منها وإعادة استخدامها.

لا تسئ استخدام نظام الصرف الصحي

- لا تلقى المخلفات في نظام الصرف . فكثير من المنتجات السامة التـــي تستخدم في المنزل تعمل على تدهور البيئة وتعود لنا ثانية من خـــلال الماء والغذاء .
- تخلص من الأشياء الورقية والبلاستيكية وذلك بإلقائها في القمامة وليس بالمرحاض فهذه الأشياء تسبب مشاكل كبيرة عند معالجة مياه الصرف الصحي .
- استخدم بالكامل جميع المنظفات الخـــاص بـــالأحواض والمراحيـــض والسجاد وتلميع المعادن ومزيلي الصباغة والمذيبات وأغلب المنتجات الحمضية والقلوية .
- لا تتخلص من العبوات المستخدمة لحفـــظ المـــأكولات عـــن طريـــق الصرف .

- استخدام البويات المائية وليس البويات الزيتية .

لا تستخدم المبيدات الحشرية أو المواد الخطرة في حديقتك

- قاوم الحشرات والحشائش باستخدام طرق بديلة مثل :

١) التخلص من الحشائش يدوي .

٢) التخلص من الأوراق المصابة .

٣) قاوم الحشرات باستخدام المطهرات الحشرية أو استخدام الماء .

٤) استخدام مصائد النمل والحشرات بدلا من المواد الكيماوية.

٥) استخدم مضادات الحشرات الطبيعية مثل diatomaceous earth والتي هي متوفرة في كثير من المراكز .

٦) استخدام الأسمدة الطبيعية .

- لا تلقى المنتجات الخطرة في بالوعات الشوارع .
- لا تلقى الزيت ، الدهانات ، المذيبات في بالوعات الشوارع .
- اتصل بالمسئول عن التخلص من المواد الخطرة في المحافظة .

- دائما تذكر جودة المياه في جميع الأحوال .
- القوارب ذات الموتور يمكن أن يتسرب منها الجازولين إلـــى الميـــاه ولذلك عليك التأكد من أن الموتور في حالة جيدة قبل الإبحار .
- عند القيام بنزهة خلوية دائما تخلص من المخلفات القابلة للتحلل وذلـك بدفنها بعيدا عن مصادر المياه بحوالي 60 مترا على الأقل .

<u>وأكثر من ذلك</u>

- اقرأ دائما عن البيئة ومشكلاتها .
- التحق بالجمعيات التي تعمل على حل المشكلات البيئية .
- قاطع المنتجات غير الصديقة للبيئة .
- توجيه وتعليم أبنائك كيفية المحافظة على البيئة .

التنمية المستدامه Sustainable development

بدخولنا القرن إلحادي والعشرين نجد أنفسنا عند نقطة حرجة حيث يوجـد لدينا عدد قليل جدا من السنوات لإصلاح ما أفسدناه فـــي البيئـــة ولإعـــادة مصادر المياه إلى النقطة التي تصبح عندها هذه المصادر قادرة على صيانـــة نفسها طبيعيا بدون أي تدخل من الإنسان.

ويجب الآن علينا أن تفكر في التنمية المستدامه وذلك باســـــتخدام وإدارة مصادرنا والبيئة بطريقة تحفظ وتحافظ على البيئة إلى سنوات كثيرة قادمة .

وعلى كل منا أن يؤدى واجبه فى موقعه تجاه البيئة وهذا يشمل الحكومة ، رجال الصناعة ، رجال الزراعة ، العامة ، المنظمات غـــير الحكوميـــة ، الأفراد في المدرسة والجامعة ومكان العمل وأماكن الترفيه ولقد حان الوقـــت لإعادة تقييم عاداتنا وطرق المعيشة وتغييرها لتصبح أكثر مراعـــــاة للبيئـــة وصحة البيئة وهذا يشمل تغير عادات استخدام المياه بطريقة تسمح للمصادر المائية بتجديد نفسها طبيعيا بأن تكون ذات جودة عالية .

يجب على كل فرد منا أن لا يألوا جهدا للحفاظ على البيئة ليس من أجـــل صحته وصحة أبناءه ولكن أيضا من أجل الأجيال القادمة ومن أجل جميـــــع الكائنات الحية التي تشاركنا العيش على هذا الكوكب .

مراجع الفصل الرابع

- Government of Canada. 1995. Pollution prevention: A Federal Strategy for Action. Environment Canada, Ottawa.
- Health candda. 1997. It's Our health: Drinking Water Guidelines. Health Canada Publications, Ottawa.
- Mc Allister, D.E., A.L. Hamilton, and B. Harvey. 1997. Global fresh water biodiversity: Striving for the Integrity of Freshwater Ecosystems. Special issue of sea wind, Bulletin of Ocean Voice International Vol. 11, no.3.
- Postl, S. 1997. Last Oasis: Facing Water Scarcity. World watch Envirnonmental Alert Series. W.W. Norton & Company, New York.

مواقع الإنترنيت

http: // www.ec.gc.ca/water

http: // www.tic.ab.ca/~sbennett.

http: // www.inweh.uwater/oo.ca/unuinweh.

http: // www.wbcsd.ch

http: // www.earth1.epa.gov.

http: // www.watercan.com.

تلـــــوث التربة

- ملوثات التربة
- تأثير المخلفات الزراعية والصناعية على التربة
- التخلص من ملوثات التربة

تلـــــوث التربـــة

Soil Pollution

ملوثات التربة

التربة هي المستقبل الرئيسي لعديد مـــن مخلفـــات المـــواد الكيميائيـــة المستخدمة في المجتمع المتحضر وعند دخول هذه المواد إلى التربة تصبـــح جزء منها وبالتالي تؤثر على جميع صـــور الحيـــاة . ولقـــد أصبـــح مـــن الضروري معرفة طبيعة هذه المخلفات (الملوثات) وتفاعلاتها فـــي الأتربـــة وكيفية إدارتها والتخلص منها . والملوثات شائعة الانتشار والتي تصل إلـــى التربة بكميات كبيرة تنقسم إلى ثلاثة أنواع :

١- المبيدات **Pesticides**

وأغلب هذه المبيدات تستخدم فى أغراض الزراعة .

٢- الملوثات غير العضوية **Inorganic pollutants**

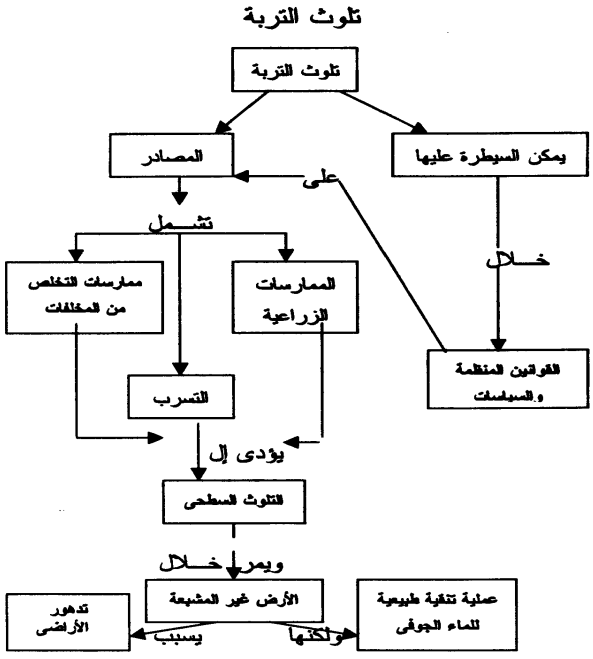
مثل الزئبق والكادميوم والرصاص .

٣- المخلفات العضوية **Organic wastes**

ومثال ذلك المخلفات الناتجة من التصنيع الزراعي ومخلفات الحيوانـات والصرف الصحي .

أولا : المبـيدات الكيميائـية Chemical Pesticides

يستخدم العديد من مبيدات الآفات فى إنتاج المحاصيل وذلـك بغـرض مكافحة الآفات التي تصيب هذه المحاصيل . وتقسم المبيدات حسب نوع الآفة إلى (١) مبيدات حشرية (٢) مبيدات فطريـة (٣) مبيـدات حشـائش (٤) مبيـدات نيماتودية (٥) مبيدات قوارض ، وتستخدم الثلاثة أنواع الأولـى بكميات كبيرة في الزراعة ويؤدى ذلك إلى تلوث التربة ولقد قدر اسـتخدام الولايات المتحـدة بحوالي نصـف ملـيون كجم مبـيدات (6 بليون دولار) في عام ١٩٩٠ . ومعظم المبيدات هي عبارة عن مركبات عطرية والتركيب الكيميائي لبعض المبيدات الحشرية ومبيدات الحشائش شـائعة الاسـتخدام موضحا بالشكل (5-1) . ويلاحظ الاختلافات الكبيرة في التركيب الكيميـائي بين أنواع المبيدات .



شكل (5-1) : يوضح التركيب الكيميائى لبعض أنواع المبيدات شائعة الإستخدام فى إنتاج المحـــاصـــيل

والنظر إلى المبيدات على أنها ملوثات للتربة يتوقف على درجة تحللـها وسميتها للحيوان والإنسان . فالمبيدات التي تتواجد في التربة لفترة زمنيـــة طويلة بدون أن تتحلل إلى مواد غير سامة للإنسان والحيوان يمكن أن تتجمع بتركيزات عالية في السلسلة الغـذائية Food chain وتؤثر بدرجة كبيرة على صحة الإنسان.

تفاعلات المبيدات فى التربة Reactions of Pesticides in Soils

يصل جزء كبير من المبيدات إلى التربة بغض النظر عن طريق الاســتخدام سواء برش النباتات أو إضافتها إلى سطح التربة وبوصـــول هــذه المــواد الكيمــيائية إلى التربة يمكن لها أن تتحرك فى واحد أو أكثر من الاتجاهــات التالية :

أ) تنطلق Vaporize إلى الجو بدون أي تغير كيماوي .

ب) تدمص Adsorbed على سطوح معـــادن الطيــن والمــواد الدباليــه (الهيومس) .

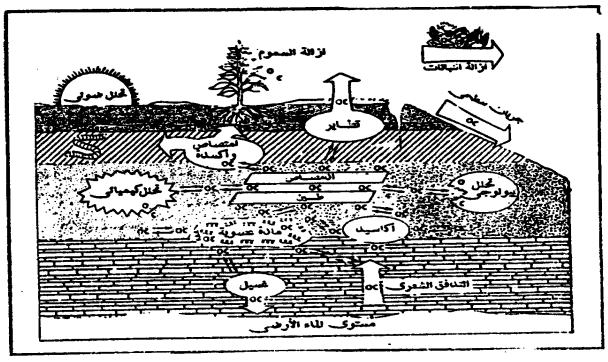
ج) تتحرك خلال قطاع التربة وقد تفــقد بالغسيل .

د) تتفاعل كيميائيا مع سطوح حبيبات التربة .

هـ) تتحلـــــل Breakdown بواســـــطة الأحيـــــاء الدقيقـــــة .

و) تمتص Absorbed بواسطة النباتات .

وعامة يتحدد مصير هذه المبيدات في التربة تبعا للتركيب الكيميائى لكل مبيد نظرا لوجود اختلافات كبيرة فى تركيب هذه المبيدات كما سبق توضيحه فى الشكل (5-1) سابقا . ويوضح الشكل (5-2) العمليات المختلفة التي تؤثر على المواد الكيميائية العضوية في التربة مثل المبيدات والتي نوجزها فيما يلي:



شكل (5-2) : العمليات المؤثرة على مصير المواد الكيميائية العضوية Organic Chemicals (OC) مثل المبيدات فى التربة

(أ) التـطـــــايـر Volatility

تختلف المبيدات اختلافا كبيرا في مقـدرتها على التطـــــاير وبالتـالي فـقـدها في الجو . فمثلا بعض معقمـــات التربـــة Soil fumigants مثـل بروميد الميثيل Methyl bromide يتم اختبارها على أساس الضغط البخـاري المرتفع الذي يسمح للمادة أن تخترق مسام التربة للقضـــاء علـى الآفـات الموجودة بها وهذه الخاصية تساعد على أن يفقد المبيد بالتطاير بعد معاملـة التربة به مالم تكن التربة مغطاة. ويوجد القليـل مـن مبيـدات الحشـائش والمبيدات الفطرية التي تمتلك خاصية التطاير مثـــل Trifluralin وعمومـا فالمبيدات التي تفقد من التربة بالتطاير تعود إليها ثانية أو تسقط على الميـاه بواسطة الأمطار.

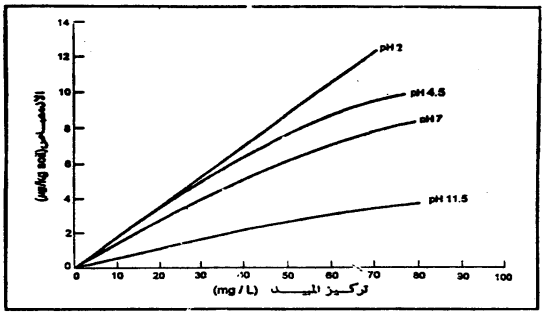
(ب) الإدمـصـــاص Adsorption

يتوقف إدمصاص المبيدات على سطوح التربة على التركيب الكيميـائى للمبيد وخصائص التربة المضاف إليها فوجود مجـــا ميـع - $-CONH_2$, $-NHR$, $-NH_2$, -OH في التركيب الكيميائي للمبيد يساعد على إدمصـاص هذه المبيدات على غرويات التربة وخاصة الهيومس . أيضا بعض مبيـدات الحشائش مثل Paraquat تحتوى على مجاميع موجبة الشحنة وينتج عن ذلك إدمصاصها على سطوح معادن الطين. وإدمصاص المبيدات علـى سـطوح الطين يتوقف على الرقم الهيدروجينى (pH) للتربـــة (شـكل 5-3) فـيزيد

الإدمصاص بانخفاض الرقم الهيدروجيني (pH) لأن إضافة أيونـــات (H^+) إلى المجاميع النشطة مثل NH_2 يؤدى إلى اكتساب مبيد الحشـــائش شـــحنة موجبة وبالتالي يدمص على سطوح غرويات التربة ذات الشحنة السالبة .

(جـ) الغـســـيـل Leaching

يتوقف فقد المبيد من التربة عن طريق الغسيل علـــى ذائبيـــة المبيـــد ودرجة إدمصاصه على سطوح غرويـــات التربـــة . فـــالمبيدات ضعيفـــة الإدمصاص على غرويات التربة تكون عرضة للفقد بالغسيل من المبيـــدات قوية الإدمصاص . كذلك فقد المبيدات في الأتربة الرملية يكون أسهل مـــن فقدها فى الأتربة الطينية أو تلك التي تحتوى على نسبة كبيرة مـــن المـــادة العضـــوية . وعموما فإن مبيـــدات الحشـــائش تكون أكثر حركـــة Mobile من المبيدات الفطرية أو الحشرية وقد أدى استخدام مبيدات الحشائش بكـــثرة إلى تلوث الماء الجوفي Ground water في بعض المناطق (جدول 5-1) .



شكل (5-3): تأثير الرقم الهيدروجيني (pH) للكاؤولينيت على إدمصاص مبيد الحشائش Glyphosate, (McConnell and Hosner 1985)

جدول (5-1): درجة إدمصاص بعض مبيدات الحشائش على سطوح غرويات التربة (المبيدات ضعيفة الإدمصاص تكون عرضة للفقد بالغسيل من المبيدات قوية الإدمصاص)

الإسم الشائع	الإسم التجاري	درجة الإدمصاص على غرويات التربة
Dalapon	Dowpon	لايوجد
Bentazon	Basagran	ضعيف
Propachlor	Ramrod	متوسط
Atrazine	A Atrex	قوى
Alachor	Lasso	قوى
Paraquat	Paraquat	قوى جدا
Trifluralin	Treflan	قوى جدا

(د) التفاعلات الكيميائية Chemical reactions

يتغير التركيب الكيميائي لبعض المبيدات عن طريق التحلل الضوئـــي البطيء Photode composition والذي ينشط بواسطة الإشعاع الشمسي وهـذا التحلل الضوئي يحدث بدون تدخل الكائنات الدقيقة فى التربة ومثال ذلك مبيد الحشائش Tuazine والمبيدات الحشرية الفوسفاتية التي يحدث لها تحلل فـــى التربة Degradation.

(هـ) التحلل البيوكيميائى Biochemical Degradation

ويعد التحلل البيوكيميائى للمبيدات بواسطة ميكروبات التربة أهم طريقة يتم بها التخلص من المبيدات في التربة فبعض المجاميع القطبية التي توجـــد على جزيء المبيد مثل $-NH_2$,-OH, -COO- تمثل نقط ضعف تـــهاجم مـــن خلالها بواسطة ميكروبات التربة . والمبيدات التي تتحلل بســـهولة بواســـطة ميكروبات التربة هي المبيدات الحشـــرية الفـــوســـفـــاتية مثـــل Parathion وأغلب المبيدات الفـــطـــرية وإن كان تحـــلـــلـــها بطـــيـــئا. وعلى العكـس من ذلك نجـد أن Chlorinated hydrocarbons, DDT مثـل Aldrin يكـــون تحللها بطيئا جدا فى التربة .

(و) الإمتصاص بواسطة النبات Plant Absorption

تمتص النباتات معظم مبيدات الحشائش حيث أن هذه العملية ضروريـــة

لكى يكون المبيد فعالا . والمبيد الممتص بواسطة النبات قد يبقى داخله أو قد يتحلل وبعض نواتج التحلل تكون غير ضارة للإنسان أو المخلوقات الأخرى . وفى بعض الأحيان تكون نواتج التحلل سامة أو حتى أكثر سمية من المبيد الأصلي . وبقايا المبيدات خاصة في أجزاء النبات التي تؤكل مثل ثمار الفواكه والخضراوات وغيرها تمثل خطرا كبيرا على صحة الإنسان .

فترة بقاء المبيد فى التربة Persistence in soils

يتوقف فترة بقاء المبيد في التربة على العوامل السابق ذكرها وتختلف المبيدات فيما بينها من حيث فترة البقاء في التربة فبعض المبيدات الحشرية الفوسفاتية قد تبقى في التربة عدة أيام والبعض الآخر قد تطول فترة بقاؤه إلى شهور مثل مبيد الحشائش Diuron أو سنين مثل DDT (جدول رقم 5-2) . والمبيدات التي تتحلل بسهولة إلى مكونات غير سامة للإنسان ولا تطول فترة بقاءها في التربة لاتمثل خطرا حقيقيا على البيئة وإنما الخطر الحقيقي يكمن في تلك المبيدات التي تقاوم التحلل وتطول فترة بقاؤها في التربة .

جدول (2-5) : المدى الشائع لفترة بقاء بعض المبيدات فى التربة والخطـورة على البيئة تكمن فى تلك المبيدات التى تطول فترة بقاءها فى التربة

فـتـرة بقـاء المـبيد فى التربة	نـــــوع المـــبـيد
ما لانهاية	Arsenic
2-5 سنوات	Chlorinated hydrocarbon insecticides (DDT)
1-2 ســـــنة	Triazine herbicides (Atrazine)
2-10 شهور	Urea herbicides (Diuron)
1-12 أسبوع	Organophosphate insecticides (Malathion)
1-8 أســبوع	Carbamate herbicides (Barban)

خفض تركيز المبيد فى التربة Reducing soil pesticide level

فيما يلى بعض المقترحات لخفض مستوى تركيز المبيدات في التربة :

١) إضافة المواد العضوية سهلة التحلل إلى التربة حيث لوحظ أن إضافـــة كميات كبيرة من الأسمدة العضوية ساعد على ســـرعة تحلـــل بعـــض المبيدات المقاومة للتحلل وذلك نتيجة لتوافر الظروف الملائمـــة لعمـــل ميكروبات التربة .

٢) زراعة بعض النباتات التي تجمع Accumulate المبيدات .

٣) غـــســـيل Leaching التربة .

ولسوء الحظ فإن بعض هذه المقترحات تعمل فقط على نقل المبيدات من التربة إلى مكان آخر في البيئة مما يجعل هذه المقترحات عديمة الفائدة .

٤) استخدام المواد المتخصصة والمبيدات الحيوية والطبيعية واستخدامها على نطاق واسع في مكافحة الآفات ومنها على سبيل المثال :

أ – مكافحة دودة ورق القطن بأسلوب اصطياد ذكور الفراشات بواسطة المصائد المائية المحتوية على الجاذبات الجنسية حيث يؤدى انجذاب ذكور الفراشات وسقوطها فى المصائد المائية إلى عدم تلقيح الإناث وبالتالي تضع الإناث بيض غير مخصب .

ب- إستخدام أنويه بذور أشجار النيم الاستوائية Azadirachta indica لمكافحة بعض الحشرات وذلك في صور مستخلصات مائية .

٥) استخدام البرامج المناسبة للمكافحة المتكاملة للآفات Integrated Pest Management (IPM) التي تعتمد بدرجة كبيرة على العناصر الأساسية غير الملوثة للبيئة مثل الأعداء الطبيعية من مفترسات Natural predators وطفيليات وغيرها .

٦) استنباط سلالات نباتية تمتاز بمقدرة كبيرة على مقاومة الآفات وبصفة خاصة مسببات الأمراض النباتية (البكتيريا – الفطريات – الفيروسات)

. وهذه العملية تستغرق فترة زمنية طويلة ولاشـــك أن تـقـنـــيات زراعة الأنســـجة سوف تزيد من إمكانية استنباط هذه السلالات .

مواصفات المـــبيد الجـــيد (الآمـــن)

Criteria of a good pesticide (safe)

يجب أن تتوفر الشروط التالية في المبيد لكي يكون آمنـــا ويســـمح بتداوله في الأســـــواق :

١) أن يتميز المبيد بفاعلية عالية تجاه الآفة المستخدمة .

٢) ألا تكون فترة بقائه لفترات أطول مما يحتاج إليها فـــي تحقيـــق الغرض منه .

٣) ألا تكون مسببة لأمراض السرطان أو التشوهات الجيـــنية.

٤) ألا يؤثر على بقية العناصر البيئية .

٥) ألا يسبب ضررا للأعـــــداء الطـــبـــيعـــــية مـــن مفترســـــات ومتطـــفـــلات وغيرها من الحشرات النافعة .

ومن أمثلة المبيدات الحديثة التى تتميز بالمعـــايير الســـابقة المبيـــد الجهازى Pirimicarb المتخصص كمبيد للمن وبعض المبيدات الفطريـــة الجهازية مثل Dimthirimol الذى أظهر نشاطا اختياريـــا عاليـــا تجـــاه البياض الدقيقى ويوجد أيضا بعض مجاميع المبيدات الحديثة التي تظـــهر فعالية عالية مع مواصفات جيدة متوافقة مع الاحتياجـــات البيئيـــة مثـــل المبيدات الحشرية البيرثرورية ومبيدات الحشـــائش التابعـــة لمجموعـــة Sulphonel Urea والمبيدات الفطرية الجهازية من مجموعة Triazal .

ثانيـــا : المركبات الكيميائية غير العضوية السامة

Toxic Inorganic Compounds

تتلوث التربة بالعديد من المركبات الكيميائية غـير العضويـة السـامة للإنسان والحيوان . وتختلف سمية هذه المركبات فنجد أن المركبـات التـى تحتوى على عناصر الكادميوم والكروم والزرنيخ Arsenic والزئبق تعتـبر عالية السمية أما المركبات التي تحتوى على رصاص ، نيكـل ، موليدنـوم وفلور تعتبر متوسطة السمية فى حين أن المركبات المحتوية على بورون أو نحاس أو منجنيز أو زنك يعتبر منخفض السمية نوعا. وجميـع العنـاصر السابق ذكرها تعتبر من المعادن الثـقيلة Heavy metals مـاعدا البـورون والفلور .

مصـادر التلوث Contamination Sources

يوجد العديد من مصادر الملوثات الكيميائية غير العضوية والتى تؤدى إلى تجمع هذه الملوثات في التربة (جدول رقم 5-3) . فعمليات حرق الوقـود واستخراج المعادن تؤدى إلى انطلاق العديد من العناصر إلى الجو وترسـبها على النباتات والتربة مثل عناصر الرصاص والنيكل والبورون التي تضـاف إلى وقود السيارات وعند إحتراق الوقود تـنطلق هذه العنـاصر وتترسـب على التربة بواسطة الأمطار . أيضا الأسمدة الفوسفاتية والحجـر الجـيرى يحتويان على كميات قليلة من عناصر الكادميوم والنحاس والمنجنيز والنيكـل

والزنك . كذلك يستخدم كلا من الكادميوم والكروم فى طلاء المعادن والكادميوم يستخدم فى تصنيع البطاريات .

أما الزرنيخ Arsenic فلقد أستخدم لسنوات عديدة كمبيد حشري على محاصيل القطن والدخان والفاكهة ونتيجة لمنع تداوله فهو يستخدم الآن في نطاق محدود جدا . وكثير من العناصر السامة تتواجد بكميات كبيرة في مخلفات الصرف الصحي والصناعي .

ولقد لوحظ فى السنوات الأخيرة زيادة استخدام كثير من النواتج التي تحتوى على هذه العناصر مما يعظم فرصة تلوث البيئة بهذه العناصر وبالتالي يزيد من فرص تعرض الإنسان لها سواء عن طريق الجو أو الماء أو الغذاء .

جدول (5-3) : مصادر بعض الملوثات غير العضوية للتربة .

العنصر	استخداماته ومصادر تلوث التربة
الزرنيخ (As)	مبيد حشري – مشتقات البترول والفحم – يضاف لعلائق الحيوان – المنظفات.
الكادميوم (Cd)	طلاء المعادن – البويات – مثبت للبلاستيك – صناعة البطاريات.
الكروم (Cr)	طلاء المعادن – الصلب الذي لا يصدأ – مصانع الطوب.
النحاس (Cu)	مناجم الفحم ومخلفاته – الأسمدة.
الرصاص (Pb)	إحتراق الوقود والفحم – مصانع إنتاج الحديد والصلب.

الزئبـــق (Hg)	المبيدات – صناعة المعادن – الترموميـــترات – تصنيـــع البوليمرات.
النـــيـــكل (Ni)	إحتراق البترول والفحـــم – صناعـــة الســـبائك – طـــلاء المعادن.
الـــزنـــك (Zn)	الحديد والصلب المجلفن – السبائك – البطاريات – مصانع المطاط.

دورة العناصر الثـــقيلة فى النظام البيئي

Cycling of heavy metals in ecosystem

تصل العناصر الثـــقيلة والسامة إلى التربة أياكان مصدرها حيث تصبح جزء من دورة الحياة التي تشـــمـــل : التربة ← النبـــات ← الحيـــوان ← الإنسان (شكل 1-2) . ولسوء الحظ عندما تصبح العناصر الثـــقيلة جزء مـــن الدورة السابق ذكرها فإنها تتجمع فى أنسجة الحيوان والإنســـان بتركـــيزات سامة . ولذلك فإنه من الضروري وضع ضوابط صارمة للحد من انطـــلاق هذه العناصر ووصولها إلى التربة .

مخلفات الصرف الصحي كمصدر هام للملوثات غير العضوية

Potential Hazards of Chemicals in Sewage Sludge

تعتبر مخلفات الصرف الصحي والصناعي من أهم مصادر العنـــاصر الثـــقيلة والسامة حيث نجد أن حوالي 30% من هذه المخلفات تضاف ســـنويا

إلى التربة . وتحتوى مخلفات الصرف الصحي والصناعي على كميات كبيرة من الملوثات العضوية والغير عضوية مما يمثل خطرا شديدا على البيئة .

والجدول رقم (4-5) يوضح مستويات العناصر غير العضوية الموجودة فى مخلفات الصرف الصحي والصناعي لبعض المدن الكبيرة ويلاحظ الفرق الكبير بين مستوى العنصر فى مخلفات الصرف الصحي والصناعي ومستواه في السماد العضوي فمثلا تركيز الكـــادميوم Sludge يعـــادل 400 ضعـــف مستوى هذا العنصر في السماد العضوي وغالبا ما يكون مصدر هذا التركيز العالي للعناصر السامة هو مخلفات صناعية . ولذلك يجب مراعاة الحـــرص الشديد عند إضافة هذه المخلفات إلى التربة إذ علينا أن نتأكد من مســـتويات العناصر السامة في المخلفات حتى لاتكون سامة للنبات وبالتالي الحيـــوان أو الإنسان .

جدول (5-4) : مقارنة بين تركيزات بعض العناصر السامة فـي كـلا مـن مخلفات الصرف الصحي والسماد العضوي

العنصـر	السماد العضوي (mg / kg)	مخلفات الصرف الصحي (mg / kg)	
		Range from 15 larger cities	Small Village
أنتيموني	0.5	4-44	3
زرنيخ	4	4-30	3
كادميوم	1	9-444	7
كروم	56	207-14,000	169
نحاس	62	458-2,890	821
زئبق	0.2	4-18	11
منجنيز	286	32-527	128
موليبدنوم	14	2-33	1
نيكل	29	51-562	36
رصاص	16	329-7627	136
زنك	71	601-6,890	560

تفاعلات الملوثات غير العضوية فى التربة

Reactions of Inorganic Contaminants in Soils

(١) العناصر الثقيلة فى مخلفات الصرف الصحي

Heavy metals in sewage sludge

أدى إضافة مخلفات الصرف الصحي والصناعي إلى التربـــة بكميـــات كبيرة إلى إجراء كثير من الأبحاث لمعرفة تأثير العناصر السامة الناجمة من هذه المخلفات في التربة وخاصة عناصر الزنك والنحاس والنيكل والكادميوم والرصاص نظرا لتواجدها بكميات كبيرة فى هذه المخلفات . ولقد أوضحـــت الدراسات أن هذه العناصر ترتبط بغرويات التربة في الصور الأربع التاليـــة (جدول 5-5) :

أ) الصورة المدمصة أو المتبادلة وهذه الصورة صالحة للاستخدام بواسطة النبات وتمثل هذه الصورة نسبة صغيرة من التركيز الكلى .

ب)مرتبطة بمادة الأتربة العضوية عن طريق المواد العضوية الموجودة في المخلفات. وهذه الصورة غير متاحة للاستخدام بواسطة النبات في زمن الإضافة ولكنها تصبح متاحة لامتصاص النبات مع الزمن .

ج)ممتصة على سطوح كربونات الكالسيوم ومصاحبة لأكاسيد الحديد .

د) فى صورة مركبات شحيحة الذوبان في الماء وهذه الصورة تكون غـير صالحة للامتصاص بواسطة النبات .

ولحسن الحظ فإن جزء يسير من هذه العناصر يكـــون متـــاح لحظيـــا للامتصاص بواسطة النبات ومع ذلك فيجب مراعاة عدم إضافة كميات مـــن هذه المخلفات إلى التربة تزيد عن سعة التربة لاحتوائها والتفاعل معها وعادة ما يؤخذ السعة التبادلية الكاتيونية للأتربة في الاعتبار عند تحديـــد كميـــات المخلفات التي يجب إضافتها إلى التربة .

جدول (5-5) : صور بعض العناصر الثـقيلة فى تربـــة مضـــاف لـــها 45 طن/هكتار مخلفات صرف صحى سنويا لمدة 5 سنوات.

	Percentage of elements in each form					
Forms	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
Exchangeable / adsorbed	1	1	2	5	1	2
Organically bound	20	5	34	24	3	28
Carbonate / iron oxides	64	19	36	33	85	39
Residual*	16	77	29	40	12	31

(٢) العناصر الثـقيلة فى مصادر أخـرى

- الزرنـــيخ Arsenic

لوحظ زيادة مستويات الزرنيخ في التربة وخـاصة أراضى الحمضيات نتيجة استخدام المبيدات الحشرية المحتوية على زرنيـــخ وعامـــة يوجـــد الزرنيخ فى صـــــــورة آنيونية $H_2AsO_4^-$ ويمتص بواســـطة أكاسـيد

الحديد والألومنيوم المتأدرتة فى صـــورة غـير صالحـة للنبـات ولكـن الإضافات المتزايدة للتربة لأعـــوام طـويلة يمكن أن تؤدى إلـــى سـمية النباتات الحساسة للزرنيخ . ويمكن الحد من الأثر الضار للزرنيخ عن طريق إضافة كبريتات الزنك والحديد والألومنيوم إلى التربة .

- الرصـــاص Lead

المصدر الرئيسى لتلوث التربة بالرصاص ويأتي من عوادم الســيارات حيث يترسب جزء كبير منه على النباتات والجزء الآخر يصل إلى التربـــة مباشرة . وعامة يتواجد الرصاص فى التربة في صـــورة غـير صالحـة للامتصاص بواسطة النباتات حيث يرتبط مع الكربونـــات والكـبريتيد فـــى صورة مركبات شحيحة الذوبان أو يرتبط مع أكاسيد الحديـــد والألومنيـوم والمنجنيز .

- البـــورون Boron

المصدر الرئيسي لتلوث الأتربة بالبورون يحدث نتيجة الرى بمصـــدر مائي يحـتوى على تركيزات عالية من البورون أو التسـميد بكميات كبـيرة بأســمدة تحـتوى على هذا العنصر . ويوجد البورون فى التربة فى صورة ذائبة أو مدمصة على أسطح معادن الطين ويكون صالح للامتصاص بواسطة النبات وتقل صلاحية هذا العنصر للامتصاص بواسطة النبات بارتفاع الرقـم الهيدروجيني (pH) .

- الزئـــبـــق Mercury

تلوث بعض البحيرات بالزئبق نتيجة صرف مخلفات الصناعة أدى إلـى ارتفاع تركيز الزئبق في الأسماك لمستويات سامة . ويوجد الزئبق فى التربة فى صورة غير ذائبة ويتحول بفعل الكائنات الحية الدقيقة إلى صورة عضوية Methylmetcury صالحة للامتصاص بواسطة النبات والحـيـوان وبالتـالي يدخل في الســلسلة الغـذائية Food chain .

طرق الحد من الملوثات غير العضوية

Elimination of Inorganic Chemical Contamination

يوجد طريقتان أساسيتان للحد من تلوث التربة بالمركبات غير العضوية السامة.

أولا – خفض الكميات المضافة من هذه الملوثات .

ثانيا– إدارة التربـــة والمـــحصول كوسيلة لمـــنع دخول هذه الملوثات فـــي دورة :

التربة ← النبات ← الحيـوان ← الإنســـان

أولا: خفض الكميات المضافة للتربة Reducing soil application

علينا جميعا أن ننظر إلى التربة على أنها مصدر طبيعي هـــام يمكـن

القضاء عليه بواسطة الإضافات المتزايدة من الملوثات غير العضوية والسامة . ولذلك لابد من الحد من تلك الإضافات آلتي تتم سواء بطريق غير مباشـــر (تلوث الهواء الناتج من العمليات الصناعيـــة واحـــتراق وقـــود الســـيارات وغيرها) . أو بطريق مباشر (المبيدات – الأسمدة – ماء الري – المخلفـات الصلبة) .

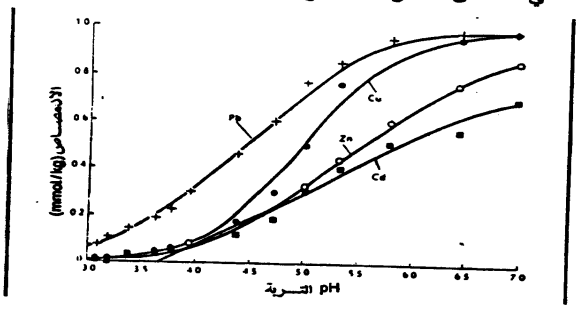
ثانيا: إدارة التربة والمحصول Soil and Crop management

يمكن لإدارة التربة والمحصول أن تساعد على خفض دورة الملوثـــات في النظام البيئي ويـــتـــم ذلك مبـــدئـــيا عن طـــريـــق التـــحـــفـــظ علـــى هـــذه المـــلـــوثـــات في التـــربة وخـــفـــض امتصاصها بواســـطة النبـــات فتصبح التربة بهذه الطريقة عبارة عن مصـــــب (Sink) للملوثـــات وليـــس مصدرا لها وبذلك يتم كسر الدورة (التربة ← النبـــات ← الحيـــوان ← الإنســـان) . وبمعنى آخر العمل على أن تكون هذه الملوثات فى التربة فى صورة غير صالحة للامتصاص بواسطة النبات فمثلا ارتفـــاع pH الـــتربة أعلى من 7 يؤدى إلى مسك هذه العناصر وجعلها أقـــل حركـــة Immobile (شكل 5-5) . وأيضا إضافات أكاسيد الحديد والمنجنيز والفوسفات ووجـــود كربونات الكالسيوم فى الأتربة يجعل هذه العناصر أقل صلاحية للامتصـــاص بواسطة النبات .

أيضا يجب الاستفادة من النباتات التي لها المقدرة على تجميع بعض هذه

العناصر السامة Accumulators على ألا يتم تغـذية الإنسان أو الحيـوان بهذه النباتات.

مما سبق يتضح أن إدارة التربة والمحصول يمكن أن يكون له بعـض الفائدة في الحد من انتشار هذه الملوثات .

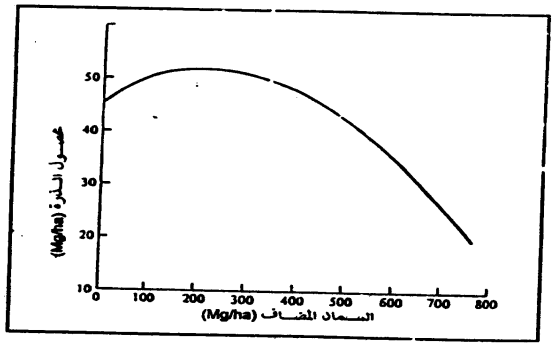


شكل (5-5) : تأثير pH التربة على إمتصاص العناصر الثقيلة (Elliot *et al.*, 1986)

ثالثا : المخلفات العضوية Organic wastes

ملايين الأطنان من المخلفات العضوية (الأسمدة الناتجة من حيوانات المزرعة – مخلفات التصنيع الزراعي – الأسمدة العضوية الصناعيه Compost) يتم إضافتها للتربة سنويا . نظرا لمقدرة هذه المخلفات على تحسين صفات التربة الفيزيائية والكيميائية وبالتالي زيادة المحصول . ولكـو

الإضافات المتزايدة من هذه المخلفات يمكن على المدى الطـويل أن يكـون لهـا أثر سيئ على كمـية المحصـول (شكل 5-6) وأيضا يؤدى إلى تلـوث التربة والماء . والشكل (5-6) يوضح تأثير الإضافات المتزايدة من الأسـمدة العضوية على تجمع النترات فى التربة . وأيون النترات يكون عرضة للفقـد بواسطة الغسيل مما يؤدى إلى تلوث الماء الجوفي الذي قد يسـتخدم كميـاه للشرب بواسطة الحيوان والإنسان .



شكل (5-6) : تأثير الإضافات المتزايدة من السماد البلـدي علـى محصـول الـذرة (Murphy *et al.*, 1972) .

التخلص من ملوثات التربة Soil Decontamination

يوجد العديد من المحاولات لإزالة الملوثات من التربة وذلك باستخدام تقنيات مختلفة (جدول 5-6) . وللأسف فإن هذه التقنيات غير كافيه لإزالة الملوثات وغالبا ما يستخدم أكثر من تقنية لتنظيف التربة حيث أن التركيب المعقد للتربه ووجود العديد من الملوثات يجعل إزالة الملوثات من التربة أمرا صعبا ومكلفا .

الطرق المستخدمة فى موقع التلوث In Situ Methods

وتستخدم هذه الطرق في موقع التلوث ولا يتم في هذه الطرق نقل التربة من موقعها مما يخفض من احتمالات تلوث مناطق أخرى .

- التطاير Volatilization

وتتم هذه التقنية في الموقع وذلك عن طريق إمرار تيار من الهواء خلال أنابيب شبكيه تسمح بسريان الهواء في التربة . وفى هذه الحالة تستخدم بعض المعاملات مثل الكربون النشط activated carbon لإمتصاص الملوثات المتطايرة وهذه التقنية محدودة فقط للمركبات العضوية الكربونية المتطايرة .

- التحلل البيولوجى Biodegradation

وفى هذه الطريقة يتم زيادة قدرة الكائنات الحية الدقيقة على تحلل

الملوثات طبيعيا وذلك عن طريق زيادة أعدادها ونشاطها . وتتـــأثر عمليـــه التحلل البيولوجي للملوثات بالصفات البيئية والكيمائية للتربه مثل الرطوبـــة ودرجه الحموضة pH ، درجـــة الـــحرارة والميكـــروبـــات الموجـــودة وصلاحية العناصـــر . وتتم عمـــليه التحـــلل البيولوجى فى التربـــه تحـــت الظروف الهوائيه وفى مدى pH تتراوح بين 5.5-8 (المثلى pH = 7) ودرجة حرارة تتراوح بين k 293-313 . ويجب أن تأخذ فى الأعتبار أن الميكروبات قد تكون فعاله فى تحلل ملوث ما دون الآخر .

جدول (5-6) : التقنيات المختلفة المستخدمة في إزالة الملوثات من التربة

التـــقـــنيه	المميـــــزات	العـــيـــوب	التكلفه النسبية
في موقع التلوث In Situ			
- التطاير Volatilization	تســـتطيع إزالـــــة المركبـــات المقاومـــة للتحلل البيولوجي	محـــدودة فقـــط للمركبـــات العضوية المتطاير	منخفضة
- التحلل البيولوجي Biodegradation	فعاله بالنسبة للمركبات غير المتطاير	تحتـــاج إلـــى وقـــت طـــويـــل long-term time frame	متوسطة
- الغسول Leaching	يمكن استخدامها فـــي العديد من المركبات	غير شائعة الاستخدام	متوسطة
- العزل / الأحتواء isolation / containment	تمنع أنتقال الملوثـــات طبيعيا physically	لايتم التخلص من الملوثات	قليله – متوسطه
phytoremediation -	فعالـــة للعنـــاصر الثـــقـــيلة	تحتاج لتكنولوجيـــا خاصـــة لاستخلاص الملوثات مـــن النبات	قليله

في غير موقع التلوث None - in situ			
- معالجة التربه Land treatment	تستخدم عمليات التحلل الطبيعيه	يتبقى بعض الملوثات	متوسطه
- المعالجه الحراريه Thermal treatment	يحتمل التخلص نـهائيا من الملوثات	تحتاج إلى معدات خاصة	عاليه
- أستخدام الأسفلت Asphalt incorporation	يستخدم المعـــدات الموجوده	أزاله غير كاملة للمركبات الثقيلة	متوسطة
- التصلب Solidification	تجعل المركبات غـير متحركة	غير شائعة الاستعمال فـي التربة	متوسطة
-الأستخلاص الكيمياني Chemical extraction		غير شائعة الاستعمال فـي التربة	عاليه
- إزالة التربة Excavation	ازالة التربة من الموقع	إمكانية نقل الملوثات	متوسطه

- الغسيل Leaching

وفى هذه الطريقة يتم غسيل التربة بالماء وغالبا مـا يستخدم أيضـا Surfactants (مادة نشطه سطحيا تتكون من مناطق محبـه للمـاء وأخرى كارهة للماء وتعمل على تخفيض التوترالسطحى) لإزالة الملوثـات . ويتـم تجميع الماء بعد الغسيل باستخدام نظام تجميع ثم التخلص منه . واسـتخدام هذه الطريقة محدودة للغاية لأنه يتطلب استخدام كميات كبيره من الماء لإزالة الملوثات بالأضافه إلى أن التخلص من الماء وما يحتويه من ملوثات يكـون مكلفا للغا يه .

وكفاءة عمليه الغسيل تعتمد على نفاذية ومسامية وقوام التربة والتركيب المعدنى للتربه ودرجه تجانس التربه . حيث أن كل هذه العوامل تؤثر علـى درجه تحرر وانطلاق (desorption (release الملوثات من التربـة ومعـدل غسيل الملوثات خلال التربه .

- العـزل Isolation / Containment

وفى هذه الطريقة يتم عزل الملوثات في مكانها ومنعها مـن الانتشـار وذلك باستخدام عازل طبيعي physical barrier مثل الطيـن وذلـك لتقليـل الهجرة الأفقية . وحديثا فإن العلماء يدرسون استخدام Surfactants مع الطين وذلك لزيادة امتصاص المـلوثات العضويـة عـلى سـطـوح هـذه المـواد وبالتالي تـقـلل مـن حـركه المـلـوثات mobility of pollutants .

الطرق المستخدمة بعيدا عن موقع التلوث Non- in Situ Methods

وفى هذه الطرق يتم إزالة التربة الملوثة ومعالجتها فى نفس المكـان أو نقلها الى مكان آخر ثم معالجتها . ويعيب هذه الطرق احتمالات نقل التلـوث الى مناطق أخرى خلال عمليات النقل والمعالجة .

- معالجة الأرض Land Treatment

وفى هذه التقنيه يتم إزالة التربة ونشرها على مساحة من الأرض حتى يمكن للعمليات الطبيعية مثل التحلل البيولوجي والتحلل الضوئي أن تأخذ مجراها للتخلص من الملوثات . وفى هذه الطريقة يتم ضبط درجة حموضة التربة إلى pH = 7

لتخفيض حركة العناصر الثقيلة ولزيادة نشاط وفعالية ميكروبات التربة كما يتم أيضا إضافة المغذيات لتنشيط الميكروبات وبعد ذلك تخلط التربه الملوثه مع تربه أخرى وذلك لزيادة التلامس بن الملوثات والميكروبات وخلق ظروف هوائيه .

- المعالجة الحراريه **Thermal Treatment**

وفى هذه الطريقة يتم تعريض التربة لدرجه حرارة عاليه باستخدام فرن حراري. وتعمل درجة الحرارة العالية على تكسير الملوثات وتنطلق غازات ويتم تجميع الغازات وحرقها أو استخلاصها بواسطة مذيبات .

- استخدام الإسفلت **Asphalt Incorporation**

وفى هذه الطريقة يتم أضافه الإسفلت الساخن إلى التربة وخلطها واستخدام المخلوط فى رصف الطرق . وهذه الطريقة تعمل على إزالة بعض الملوثات من التربة بالتطاير والجزء الباقي يصبح غير متحرك لخلطه بالإسفلت .

- التصلب Solidification / Stabilization

وفى هذه التقنيه يتم إضافة بعض المواد إلى التربة المـــز الـــه وذلـك لتغطيتها بمادة صلبه أى أن التربـــة تتحـول إلـى مـا يشـبه الكبسـولة encapsulated . وبعد ذلك يستخدم المخلوط في Landfill . وبذلـك تصبـح الملوثات غير قادرة على الحركة ويعيب هذه الطريقة أن الملوثات لـم يتـم التخلص منها . وغالبا ما تستخدم هذه الطريقة لتقليل التلوث بالملوثات غـير العضوية .

- الإستخلاص الكيميائى Chemical Extraction

وفى هذه التقنية يتم خلط التربة المـــز الـــه بمذيـب أو Surfactant أو مخلوط منهما . وذلك لفـصل الملوثات واستخلاصها من التربة . وبعد ذلـك يتم غسل التربة للتخلص من المذيب وما يحمله من ملوثات ثم يتـم ترشـيح المذيب بعد ذلك ومعاملته لإزالة الملوثات وهذه التقنية عاليه التكاليف ونـادرا ما تستخدم .

- إزالة التربة Excavation

وفى هذه الطريقه يتم نقل التربة الملوثة إلى مكان آخر وغالبا ما يكون Landfills التى تحتوى على حواجز طبيعية تمنع حركه الملوثات . وعمليتى ازالة ونقل التربه تكلفتهما عاليه بالأضافه إلى أن نقل التربة إلي مكان آخـر قد يؤدى إلي تلوث الماء الأرضى .

مراجع الفصل الخامس

1- Bowen, H.J.M. (1979). Environmental Chemistry of the Elements. Academic Press, London.

2- Brady, N.C. (1990). The Nature and Properties of Soils. Macmillan Publishing Company, New York.

3- Dragun, J. (1988). The Soil chemistry of Hazardous Materials. Hazardous Materials Control Res. Inst. Silver. Spring M.D.

4- McConnell J.S. and L.R. Hosner (1985). pH Dependent Adsorption Isotherm of Glyphosate. J. Agr. Food Chem. 33: 1075 - 1078.

5- Murphy, L.S. *et al.*, (1972). Effects of Soild Beef Feedlot Wastes on Soil Conditions and Plant Growth. In "Waste Management Research Proceedings". Cornell Agric Waste Management Conference, Ithaca NY.

6- Sparks, D.L. (1993). Soil Decontamination. In "Handbook of Hazardous Materials" M. Corn (ed.) pp. 671-680. Academic Press, San Diego, CA.

7- Yong, R.N.; A.M. Mohamed and B.P. Warkentin (1992). "Principle of Contaminant Transport in Soils" Div. Geotech. Eng., 73: Elsevier, Amsterdam.