المحاضرة الثالثة عشر

توازن النظام البيئي Ecosystem Stability

بعض المصطلحات البيئية

An ecosystem's stability refers to its apparently unchanging nature over time.

Components of ecosystem stability include **inertia** (the ability to resist disturbance) and **resilience** (the ability to recover from external disturbance).

Pollution is Quantitative or qualitative change in the components of Biosphere, in Chemical, Physical or Biological Elements of the environment.

- **تدهور البيئة**: هو التأثير على البيئة بما يقلل من قيمتها أو يشوه من طبيعتها البيئية أو يستترف مواردها أو يضر بالكائنات الحية...

- "**بصمة القدم البيئية**": (Ecological footprint) هي مقياس لمدى التأثير والضغط الذي يخلفه إنسان أو شعب في مجتمع معين على البيئة.وهي تمثل مساحة الأرض المطلوبة لتزويد السكان، أو الفرد بالمواد والموارد بشكل عام بناء على معدلات الاستهلاك، المتباينة جغرافيا وكذلك قياس المساحة التي يتطلبها امتصاص نفاياتهم [١٢].

- **تقييم الأثر البيئي**: هي الدراسة التي يتم إجراؤها لتحديد الآثار المحتملة أو الناجمة المشروع والإجراءات والوسائل المناسبة لمنع الآثار السلبية أو الحد منها وتحقيق أو زيادة المردودات الإيجابية للمشروع على البيئة بما يتوافق مع المقاييس البيئية المعمول بها.

إن البيئة الطبيعية في حالتها العادية دون تدخل مدمر أو مخرب من جانب الإنسان تكون متوازنة حيث أن كل عنصر من عناصر البيئة الطبيعية قد خلق بصفات محددة وبحجم معين بما يكفل للبيئة توازنها، ويؤكد ذلك قوله تعالى: **[وَالْأَرْضَ مَدَدْنَاهَا وَأَلْقَيْنَا فِيهَا رَوَاسِيَ وَأَنْبَتْنَا فِيهَا مِنْ كُلِّ شَيْءٍ مَوْزُونٍ]** ، وكذلك قوله تعالى: **[وخَلَقَ كُلَّ شيءٍ فَقَدَّرَهُ تَقْدِيراً]**.

يوجد الإتزان في جميع مستويات التنظيم الحيوي، فلو أخذنا الأتزان داخل الفرد، فنلاحظ ان هناك إنتظاماً للعمليات الفسلجية والأيضية عن طريق تنظيم نبضات القلب والتنفس ودرجة حرارة الجسم. كما يوجد هناك تداخل وتآزر بين الضبط العصبي والهرموني في النمو والتكاثر والسلوك. لذا فالفرد قادر على مقاومة التغيرات

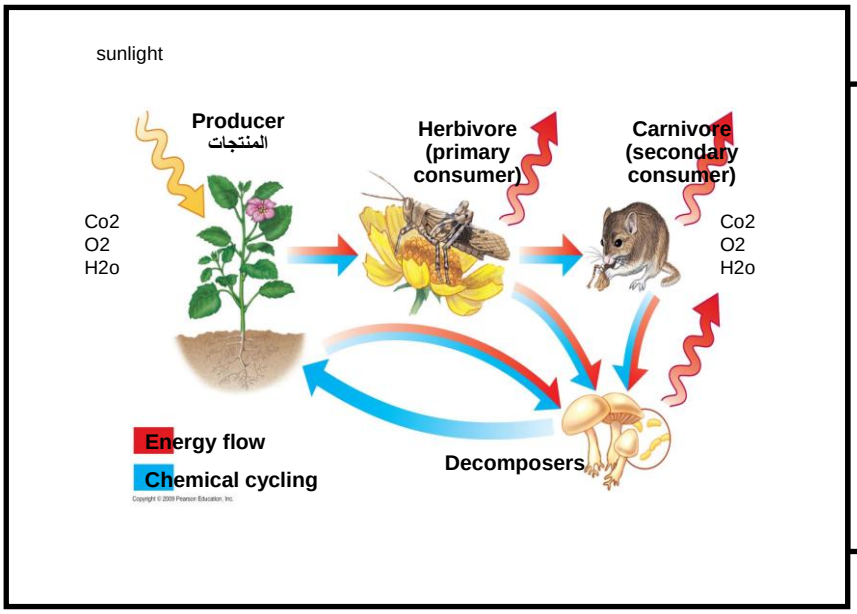
البيئية الناتجة عن الوسط المحيط. كمثال على ذلك، النشاط العضلي، الذي يزيد من تركيز ثاني أوكسيد الكاربون ويقلل من مستويات الأوكسجين في الدم، وهذا يحفز الإسراع في نبضات القلب ومعدلات التنفس، مما يساعد على طرد ثاني أوكسيد الكاربون CO_2، وأخذ الأوكسجين من الهواء، وعندما تعود مستويات الأوكسجين O_2 و CO_2 الى وضعها الطبيعي العادي، تعود أيضاً معدلات نبض القلب والتنفس الى الوضع العادي.وهكذا يبقى النظام في توازن ذاتي يعتمد على التغذية الراجعة لكي يسد إحتياجات الفرد الأيضية.

أما الاتزان على مستوى الأنظمة البيئية الموجودة في الكرة الحية فهو أمر ضروري لإستمرارية الحياة وهو موجود حولنا في كل مكان ، مثل الغابات البحيرات ، البحار..... الخ ، فكل منها يمثل بيئة منفصلة قائمة بذاتها تعيش مكوناتها معاً في توازن تام. وان أهم ما يميز هذه البيئات الطبيعية هو ذلك التوازن أو الأتزان Homeostasis القائم بين عناصرها المختلفة (الحية وغير الحية) ، فلو أن ظروفاً ما أدت الى أحداث تغيير من نوع ما في أحدى هذه العناصر، فانه بعد فترة قصيرة قد تؤدي بعض الظروف الطبيعية الأخرى الى تلافي آثار هذا التغيير. ومن أمثلة ذلك ان النار إذا دمرت جزءاً من إحدى الغابات، فانه بعد عدة أعوام قليلة تعود هذه الأرض التي إحترقت أشجارها الى طبيعتها الأولى، فتنمو بها الحشائش والأعشاب، ثم سرعان ما تكتسي بالأشجار الباسقة مرة أخرى.

ان التوازن القائم بين مختلف عناصر البيئة توازن دقيق، ويمكن ملاحظته في كثير من الإشياء التي تقع حولنا، فيمكن ان نرى هذا التوازن مثلاً في دورة الكاربون حيث يقوم النبات بإمتصاص غاز ثاني أوكسيد الكاربون من الهواء الجوي، ويستخدمه في صنع ما يحتاجه من غذاء بعملية عملية البناء الضوئي، وينطلق غاز الأوكسجين كناتج ثانوي. وتقوم عناصر الإستهلاك بإستخدام غاز الأوكسجين في عملياتها الحيوية وفي الحصول على الطاقة اللازمة، وتطلق بدورها غاز ثاني أوكسيد الكاربون الى الهواء لتستخدمه بعد ذلك عناصر الإنتاج مرة أخرى، وهكذا دواليك.

<u>يقصد بتوازن النظام البيئي</u> Ecosystem Stability or Ecosystem Homeostasis أو التوازن البيئي Environmental stability or Ecological Balance بأنه ميل النظام البيئي الى الأستقرار أو قدرته على العودة الى الوضع الأول بعد أي تغيير يطرأ عليه دون حدوث تغير أساسي في مكوناته. وعندما نقول إنّ نظامًا بيئيًا معينـًا موجود في حالة توازن، نقصد أن مكوناته الحيوية (بشكل خاص) متكاملة الى أقصى حد أي أن تشكيلة الأنواع المختلفة من الكائنات فيه وعدد أفرادها يظلان ثابتين تقريبًا وأن النسبة الكميّة بين المنتجات من ناحية والمستهلكات من الناحية الأخرى تكاد لا تتغيّر طوال الوقت. ومن جانب أخر فان هذا يعني أن هناك توازنا طوال الوقت في عمليات انتقال الموادّ والطاقة في الدورات الغذائية الأساسية والمسالك المتداخلة للطاقة داخل النظام البيئي.

ان صفة الإتزان في النظام البيئي تتسم بعدم الثبات، نظراً للتغيرات المستمرة التي تحدث في عامل أو أكثر من العوامل الداخلية في بناء النظام. وان إختفاء او إنقراض أو هجرة الأنواع نتيجة للملوثات او التعدي على مساحات الطبيعة بسبب العمران والصناعة، من مسببات **إختلال التوازن البيئي** Ecosystem imbalance *or* Environmental Disruption ، فلكل نوع وظائفه المختلفة في السلسلة البيئية اضافة الى دوره في عملية نقل الطاقة من مستوى الى آخر. فإختفاء النوع أو الأنواع يحدث فجوة(فراغ) في البيئة من شانها ان تعطل مسار الطاقة الطبيعية، وبفقدان الطاقة او تشتتها يعتبر العلماء إن النظام غير متكامل، وبالتالي غير متزن.



لابد ان يكون هناك توازناً بين الإنتاج والإستهلاك والتحلل داخل النظام البيئي. فالنباتات تستهلك الماء والأملاح المعدنية من التربة وتنتِج الغذاء في عملية البناء الضوئي وتكبر وتنمو. الحيوانات التي في البيئة تستغلّ النباتات غذاءً لها. النباتات والحيوانات التي تموت تتحلّل، والمركّبات التي تبني جسمها تعود إلى البيئة لتستغلّها مخلوقات حيّة أخرى.

يقوم النظام البيئى بتحقيق الاتزان الطبيعى بطريقتين:

1- المرونة البيئية Ecological Resilience وتعنى قدرة النظام البيئى على استرداد عافيته اذا كانت الافراد التى يتألف منها متكيفة ومرنة وتعتمد على السرعة فى العودة الى نقطة الاصل بعد التعرض لمؤثر معين.

مثال: المراعى والاعشاب تستطيع الى العودة الى ما كانت عليه بعد التعرض لحريق مثلا بسرعة اكبر من النظام البيئى الغابى. ويعنى هذا قدرته على التزاوج والتكاثر بكثرة وتعويض النقص فى فترة قصيرة.

2- المقاومة البيئية Ecological Resistance وهى قدرة النظام البيئي على مقاومة التغيير بأقل ضرر ممكن تساعده على البقاء.

مثال: الغابات تستطيع مقاومة درجة الحرارة المرتفعة والمنخفضة وكذلك الجفاف عن طريق استخدام الطاقة المخزنة فى الانسجة.

ان الانظمة البيئية اما ان تتصف بالمرونة واما ان تتصف بالمقاومة ونادرا ما تتصف بالميزتين معا. كما النظم البيئية لها القدرة على ان تؤدى قدرا معينا من التنظيم الذاتى ضمن قدرة احتمالها كما ان قدرة الكائنات الحية على التكيف Adaptation تلعب دورا هاما فى اتزان النظام البيئى. وتختلف قدرة الكائنات الحية على التكيف وتعتمد على لياقة Fitness الافراد بحيث تعطي ذرية كبيرة مقاومة والذى ينتج نتيجة للانتخاب الطبيعى **Natural selection** وظاهرتي التطور **Evolution** والتعاقب البيئي **Ecological succession** (*سوف يتم شرحها بالتفصيل لاحقا"*).

اختلال التوازن البيئي Environmental Disruption *or* Ecosystem imbalance

تتعرض المناطق الطبيعية الى إضطرابات x من أنواع شتى. وهذه الإضطرابات قد يكون سببها السلوك الخاطيء للإنسان أو قد تكون طبيعية، مثل الفيضانات، الحرائق، الأعاصير، ارتفاع درجات الحرارة أو انخفاضها، انخفاض أو ارتفاع معدلات الأمطار أو نتيجة تغيرات تطرأ على الظروف الحيوية القائمة فيما بينها حيث تؤثر على بعضها البعض. ويمكن لهذه الاضطرابات البيئية أن تخلّ بالاتّزان البيئي في البيئات الحياتية. تكون التغيرات في الكثير من الحالات مؤقّتة، وبعد فترة معيّنة (يتوقف طول الوقت وقصره على مدى الضرر الذي لحق بالتوازن البيئي الأول) تعود البيئة إلى وضعها السابق. لكن هناك حالات يكون فيها الضرر كبيراً حيث تتغيّر فيها المنظومة الطبيعية ولا تعود إلى الاتّزان البيئي السابق وهو ينتج بعد حدوث تغير سلبي (كمي أو كيفي) في أحد مكونات البيئة الحية وغير الحية حيث لا تقدر الأنظمة البيئية على استيعابه دون أن يختل اتزانها. وقد يحدث توازن من نوع جديد يكون أقل تعقيداً وهشاً. كما هو الحال عندما يحدث تغيّر في تنوّع الأنواع (يختفي نوع معيّن أو أنواع معيّنة وتحتلّ أنواع أخرى مكانها) أو في حجم عشيرة نوع معيّن أو أكثر. حيث ينعكس هذا التغيّر في إلحاق ضرر كبير بالبيئة، عندما تنقرض بعض الأنواع التي تعيش فيها.

ومن صور اختلال التوازن البيئي: انقراض بعض الأحياء - تلوث المياه - انجراف التربة - التصحر -اتساع ثقب الأزون - ارتفاع درجة حرارة الأرض - كثرة الأمراض - ارتفاع نسبة الغازات السامة في الجو -انصهار الثلوج في القطبين.....

العوامل التي تؤدي إلى فقدان التوازن البيئي

1. **العوامل الطبيعية:** قد ينشأ الاختلال في توازن النظم البيئية

نتيجة لتغيير بعض الظروف الطبيعية كالحرارة او الامطار او الجفاف

مما يؤدي الى تبدل المناخ كما ان الزلازل والبراكين والفيضانات والسيول المدمرة او حرائق الغابات تؤدي الى هجرة العديد من الكائنات الحية او انقراضها. ومع مرور الزمن تعود البيئة إلى التوازن من جديد في ظل الظروف الجديدة التي تسود في البيئة.

تعتبر الأضطرابات البيئية الطبيعية جزء من العمليات التي تحدث في البيئات الطبيعية حيث أن جميع البيئات الطبيعية على سطح الكرة الأرضية عانت في الماضي من تغيرات طبيعية خلال العصور الجيولوجية السابقة ، وهذا ما أدى إلى خلل في التوازن البيئي، ولكن البيئات المستقرّة التي كانت في حالة اتّزان بيئي، تنجح عادةً في الانتعاش والعودة إلى وضعها السابق.

مثال(1): عاصفة برق يمكنها أن تشعل الحرائق التي تدمر أحيانًا مساحات كبيرة من الغابات. لكن في معظم الحالات تنتعش الغابات وتعود بعد عدّة سنوات إلى وضعها السابق.

مثال (2) في عام 1979 حدث فيضان قويّ في وادي تسين في النقب بسبب هطول الأمطار بمعدل 60 ملم في ساعة واحدة مما أدّى إلى جرف التربة وكلّ النباتات في مجرى الوادي. ولكن النباتات تجدد نموها في الوادي بعد مرور 12 سنة.

مثال (3) في سنة 1883 ثار الجبل البركاني في جزيرة في إندونيسيا وقد ادى الى أختفاء جميع النباتات والحيوانات التي عاشت في الجزيرة (انقرضت). بعد 50 سنة فقط تجدّدت النباتات في الجزيرة وعادت إلى وضعها السابق، في حين أن قسما من الحيوانات التي عاشت في الجزيرة في الماضي لم تعد إلى الجزيرة ولا تعيش فيها بعد تلك الحادثة.

2. النشاطات البشرية:

الانسان كائن متميز في البيئة، وهو يمثل أهم عامل حيوي في التأثير عليها وإحداث التغير البيئي الذي يسبب الإخلال الطبيعي البيولوجي، بل هو أهم عنصر من عناصر الإستهلاك التي تعيش على سطح الأرض. وقد أصبح الإنسان مشكلة البيئة فعلاً، فهو لم يترك نظاماً بيئياً دون أن يقتحم معاقله، بل لم يترك مكوناً من مكونات البيئة دون تعديل او تغيير. لقد تدخل الإنسان بكل ما أوتي من قدرات بيولوجية فذة بالقوانين الطبيعية التي تحكم العلاقات والتفاعلات والدورات في الأنظمة البيئية، مؤذياً بذلك قدراتها على التجدد والإستمرار والتوازن. فالبيئة تتظلم وتشكو من صنوف الأذى التي تلحق بها من تصرفات انسان وممارساته .

لقد كان للتطور العلمي والتقني والنمو الاجتماعي والاقتصادي اثره على النظم البيئية حيث ادت انشطة الانسان، الواعية او غير الواعية في شتى المجالات الى الاخلال بتوازن الكثير من النظم البيئية، فالتوازن البيئي يرتبط بشكل كبير بسلوك الانسان الصحيح نحو مكونات البيئة وان التقنية لا خوف منها على توازن البيئة اذا احسن استخدامها.

■ ما هي النشاطات البشرية التي أدت الى الأخلال بالاتّزان البيئي ؟

1) **الاستغلال غير المراقَب للموارد الطبيعية:** ان قطع أشجار الغابات (استئصال الغابات) للحصول على الأخشاب أو من أجل استغلال أراضي هذه الغابات للزراعة أو للبناء والاستغلال السيء لمصادر المياه وردم المستنقعات لإنشاء مبان عمرانية أو مشروعات صناعية يؤدّي إلى تغير شكل البيئة وإخلال توازنها وبالتالي انقراض أنواع كثيرة من الكائنات الحيّة.

مثال (1): قطع أشجار البلّوط أدى الى نمو شجيرات مكان الأشجار لكن الأيائل والغزلان التي عاشت في الماضي في الغابات انقرضت لأنّ الشجيرات التي ظهرت لم تتلاءم مع غذائها.

مثال (2): استغلال معظم الوديان وتوجيهها لاحتياجات الريّ والشرب، أدّى إلى انقراض معظم النباتات والحيوانات التي عاشت في مياه الوديان أو على ضفافها.

مثال (3): الاستخدام السيء للمراعي أدى إلى تدهور النبات الطبيعي مما سبب تدهور في التربة والمناخ وعند أستمرار التدهور فانه سوف يؤدى إلى تعرض التربة لعملية الانجراف.

2) **الصيد الجائر للحيوانات والأسماك والطيور والرعي غير المراقَب**: ان صيد الحيوانات التي تشكّل غذاءً أو مصدرًا لموادّ مختلفة أدى إلى انقراض أنواع كثيرة منها كما أن أنواعا أخرى لا زالت مهددة بالانقراض بما في ذلك الحيوانات الكبيرة كالنمور والأفيال التي يتم صيدها بأعداد هائلة وذلك باستخدام تقنيات الصيد الحديثة لاستخدامها في كثير من الصناعات أو لمجرد الهواية.

كما أن الرعي الجائر ألحق ضررًا شديدًا بأنواع كثيرة من النباتات والحيوانات مما يخل بالتنوع الحيوي Biological Diversity. وقد حدا ذلك بأغلب دول العالم لسن قوانين تمنع أو ترشد صيد الحيوانات والطيور بأنواعها المختلفة.

مثال (1): أنواع كثيرة من الثدييات مثل وحيد القرن والفيلة والقرود والحيتان وأسود البحر، تضرّرت إلى حدّ خطر الانقراض على أثر الصيد غير المراقَب.

مثال (2): الكثير من الأسماك مثل القرش والتونا والسردين، وصلت إلى حدّ الانقراض في أعقاب الصيد غير المراقَب.

3) **إدخال كائنات حية من موطنها الأصلي إلى بيئة جديدة:** لقد لجأ الإنسان إلى نقل كائنات نباتية وحيوانية إلى بيئات جديدة، مما يعرضها لخطر الانقراض في موطنها الأصلي، كما أن نقلها إلى بيئات جديدة آمنة من الأعداء مع ظروف بيئية مناسبة لنموها، يؤدي الى حدوث أختلال في توازن البيئة الجديدة. وأحيانًا يتمّ النقل بدون قصد: تدخل الحيوانات إلى السفن وتصل معها إلى بلاد بعيدة. وفي كثير من الأحيان، تتحوّل الأنواع التي ينقلها الإنسان إلى أنواع غازية تضرّ بالتنوّع البيولوجي الخاصّ بالمنطقة التي وصلت إليها.

النوع الغازي: هو نوع يصل إلى منظومة بيئية لم يعش فيها من قبل. عندما ينجح النوع الغازي في الانتشار بدون عوائق في المكان الجديد، فأنّه ينجح في التنافس مع الأنواع المحلّية ولا توجد له أعداء طبيعية في المكان الجديد، وبالتالي سوف يؤثّر على البيئة. ويعتبر خطر الأنواع الغازية كبيرًا، لأنّ ضررها ليس فوريًا. وقد يمرّ زمن حتى يكون الضرر ملموسًا، وعندئذ يكون النوع الغازي قد ضرب جذورًا في المنطقة الجديدة، ولا يمكن التخلّص منه.

مثال (1): تم ادخال سمكة قشر البياض Perch fish إلى بحيرة ڤكتوريا في أفريقيا، لتُشكّل مصدر رزق لسكّان المنطقة. إلاّ أنّ هذه السمكة المفترِسة أدّت إلى انقراض حوالي 350 نوعًا عاشت في البحيرة في الماضي، وألحقت ضررًا بمصدر رزق صيّادي الأسماك.

مثال (2): نقل الأرانب إلى استراليا سبب في تكاثرها بأعداد هائلة مما هدد الغطاء النباتي العشبي الذي تتغذى عليه الأغنام، كما أدّى إلى الإضرار بالحيوانات البرّية في المنطقة، كالكنغر مما استدعى تدخل الإنسان لتقليل أعداد الأرانب.

مثال (3): بعد حفر قناة السويس والربط بين البحر الأبيض المتوسّط والبحر الأحمر والمحيط الهندي، دخل قنديل البحر الخيطي المهاجر إلى البحر الأبيض المتوسّط، وأدّى إلى الإخلال بالاتّزان البيئي في البحر الأبيض المتوسّط. وأضرّ أيضًا ببعض أنواع الأسماك الصالحة للأكل، مما أضرّ بصيادي الأسماك، بالإضافة إلى الضرر الذي لحق بالذين يسبحون في البحر.

4) **القضاء على بعض أحياء البيئة:** حيث يلجأ الإنسان (نتيجة الجهل) في كثير من الأحيان إلى قتل الكثير من الأحياء اعتقاداً منه أنها لا أهمية لها أو تعد مصدر إزعاج ومضايقة له أو غير ذلك، لقد أشار أحد علماء الطيور الى أنه ((إذا انعدمت الطيور من البيئة، لأصبحت حياة الإنسان في هذه البيئة متعذرة بعد فترة قصيرة، قد لا تتجاوز عشر سنوات من اختفاء الطيور، لأنها تتغذى على أعداد هائلة من الحشرات الضارة التي تضر بالنباتات)). ومن هنا فإن صيد البوم والصقور وغيرها خطأ فادح، وعلى سبيل المثال فإن طير السنون يأكل، نحو أربعة آلاف حشرة يومياً، كما أن العناكب في العالم تلتهم مليارات الحشرات يومياً.

5) **تلويث البيئة:** (***سوف يتم شرحه بالتفصيل لاحقا"***)

مثال (1) توجد في إنجلترا شواهد على أنّ ارتفاع درجة الحرارة (الناتج عن الأحتباس الحراري) أدّت إلى تغييرات في انتشار الفراشات حيث أن هذه الفراشات التي تعيش عادةً في المناطق الحارّة وصلت إلى المنطقة، بينما الفراشات التي عاشت في المنطقة في الماضي أخذت في الاختفاء.

مثال (2) الانطلاق المتزايد للسناج (سواد الدخان) soot إلى الهواء يضرّ بالنباتات، لأنّ السناج يغطّي أوراق النباتات ويعيق عملية التركيب الضوئي. انطلاق الغازات السامّة إلى الهواء يضرّ بالنباتات وبالحيوانات ويسبّب الأمراض والموت.

مثال (3) تلوّث البحر بالنفط من السفن التي تنقله يضرّ بمناطق ساحلية كثيرة. في آذار 2010 أدّى غرق سفينة شحن يابانية إلى تلويث أكبر شعاب مرجانية في العالم موجودة في شواطئ أستراليا. كما أن شبكات الصيد والأكياس البلاستيكية التي يُلقى بها في البحر، تبتلعها الدولفينات وسلاحف البحر وأسماك مختلفة مما يؤدّي إلى موتها والإضرار بالمنظومات الطبيعية التي تتبع إليها.

مثال (4) تراكم موادّ الإبادة يضرّ مع الوقت بمخلوقات حيّة كثيرة. على سبيل المثال، ماتت في السنتين 2008-2009 عشرات مليارات من نحل العسل في الولايات المتّحدة. انتشرت هذه الظاهرة إلى أماكن أخرى في العالم. بيّنت الأبحاث أنّ جهاز المناعة عند النحلات تضرّر، كما يبدو بتأثير موادّ الإبادة الموجودة على النباتات التي تشكّل غذاءً للنحلات. ضعف جهاز المناعة يتيح تكاثر كائنات حيّة مجهرية تسبّب الأمراض في جسم النحلات. النحلات هي الملقّحات الأساسية لمئات من أنواع الفواكه والخضروات والأزهار والجوز التي يزرعها الإنسان. ومن شأن الموت الواسع النطاق الذي يصيبها أن يؤدّي إلى أضرار هائلة للزراعة ولإنتاج الغذاء في العالم.

5) زيادة السكان: ان الإخلال في التوازن الطبيعي قد ينتج من تضخم عدد السكان وذلك بسبب عدم التوازن بين حاجاتهم المتزايدة للاستهلاك وبين المواد المتوافرة. كما تسبب الزيادة السكانية زيادة في الفضلات التي تلقى في النظام البيئي، كما إنها تؤدي الى إستهلاك كميات كبيرة من موارده مما يؤدي الى نقصان الموادالطبيعية الغير متجددة. إلا ان الزيادة الصغيرة في السكان لا تحدث مشكلات تخل في التوازن الطبيعي للنظام البيئي. فعندما يقيم مثلاً 100 شخص في 10 كم على طول جدول مائي فان إلقاءهم للفضلات في هذا المجرى قد لا يسبب مشكلة ما لأن العوامل الطبيعية للتطهير (الأسماك والبكتريا وغيرها) تستطيع معالجة هذه الفضلات بسهولة. وبمعنى آخر فان الفضلات المطروحة في الجدول (وهو نظام بيئي مائي) هي في حدود قدرته الإستيعابية دون إخلال في توازنه الطبيعي. ولكن عملية التطهير الطبيعية قد تختل لو أن هؤلاء السكان قد إزدادوا الى 125 مثلاً. وهكذا بالفعل هو ما يحصل على نطاق كبير لموارد المياه في البيئة ككل. ان ظاهرة نمو المدن تتزايد في إطراد ونمو سكان الحضر يفوق نسبة التزايد السكاني وهذا بلاشك يوسع مدى التدخل في الأنظمة البيئية معاً.

بعض الاجراءات المهمة للحفاظ على التوازن الطبيعي:

- **استعمال مصادرالطاقة المتجددة :**تبين الدراسات الحالية أن استهلاك اليومي للطاقة في تزايد مستمر. وإذا استمر الحال بنفس الوتيرة، فإن مصادر الطاقة الحالية ستنفذ يوما ما. ولهذا يجب البحث عن مصادر أخرى للطاقة غير ملوثة يطلق عليها اسم الطاقة المتجددة كالطاقة الشمسية والطاقة الهوائية.

في المراوح الهوائية يتم تحويل طاقة الرياح إلى كهرباء بواسطة مولدات عملاقة. وهي المصدر الأسرع نمواً لتوليد الكهرباء في العالم. فقد قفزت الطاقة الإنتاجية بنسبة 26% عام 2003 متجاوزة الطاقة الشمسية. و تحتل ألمانيا مركز الصدارة عالمياً في هذا المجال بحوالي 16 ألف مروحة هوائية، متقدمة على اسبانيا والولايات المتحدة.

- **استخدام أجهزة معينة تخفف من آثار تلوث الهواء بالغازات وخاصة غاز ثاني أكسيد الكربون.** وتستخدم مثل هذه الأجهزة في عوادم السيارات والمصانع لأنها الأكثر بعثاً للغازات الملوثة للهواء.

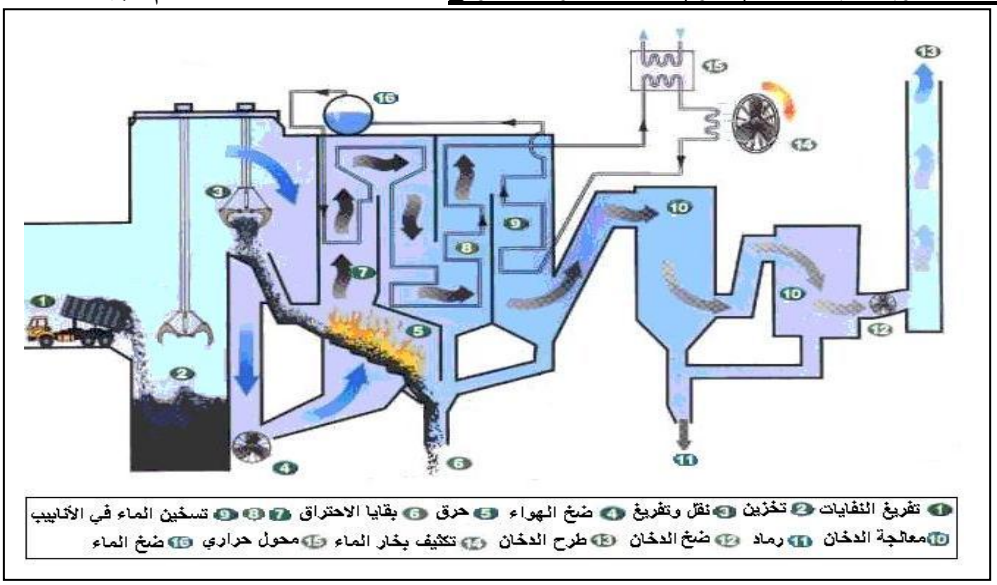
- **إنشاء محميات حيوانية للمحافظة على بعض الحيوانات من الانقراض وإحداث مساحات خضراء.**

- **عدم رمي النفايات في المياه وتشييد محطات لمعالجة المياه المستعملة قبل طرحها في مختلف الأوساط البيئية.** كما يجب استخدام تقنيات معينة للمحافظة على المياه وخاصة في الأماكن العامة مثل المدارس والجامعات والإدارات الحكومية والشركات العامة والخاصة والمطاعم والمستشفيات، وما إلى ذلك. كما تستخدم مثل هذه التقنيات أيضاً في ترشيد مياه الري في المزارع التي أصبحت تستخدم تقنيات متقدمة للري من شأنها التقليل من هدر المياه خاصة أن الزراعة تستهلك نسبة كبيرة من المياه في العالم.

- **استخدام الطرق الحديثة للتخلص من النفايات مثل تقنية الطمرالصحي Sanitary Landfill وطريقة الترميد Incineration**

تقنية الطمر هي إحدى الطرق الحديثة لاحتواء النفايات الصلبة Solid wastes والحد من كمياتها ، ويتم ذلك عن طريق تقليص حجمها ثم طمرها في حفرة حيث تكون هذه الحفرة ملائمة وموافقة لكمية النفايات المراد طمرها حيث توضع على حوافها وفي قاعها طبقة من الاسمنت ثم طبقة من البلاستيك الصلب من أجل تفادي تسرب المواد السائلة الناتجة من تحلل النفايات إلى جوف الأرض للحفاظ على سلامة المياه الجوفية، كما تجهز القاعدة بشبكة صرف للمياه الناتجة عن مياه الإمطار وعمليات تحلل المواد العضوية الموجودة في النفايات.

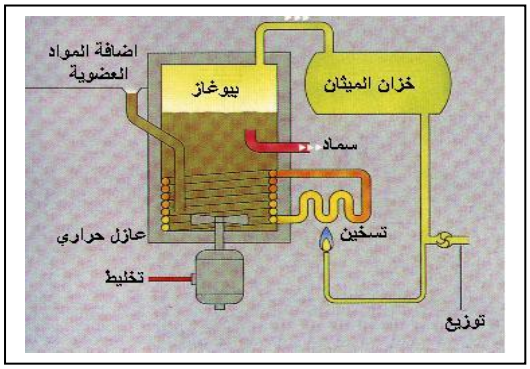
أما في طريقة الترميد فيتم حرق النفايا ت داخل أفران تحت درجة حرارة تقارب 1000° م، لتسخين الماء داخل أنابيب خاصة فينتج عنه بخار ماء يشغل محول لتوليد طاقة كهربائية تقدر بـ258 KW لكل طن من المحروقات. وخلال هذه العملية تتم معالجة الأدخنة قبل طرحها في الهواء و ذلك عن طريق ترشيحها من الغبار و المعادن الثقيلة، التي ترسل إلى محطات خاصة للطمر تراعي شروط السلامة البيئية .



أما أهم الشروط التي يجب توافرها عند إختيار موقع طمر النفايات فهي:

(1) أن تحفر الحفرة في منطقة ذات تربة غير نفوذه. ***(2)*** أن تكون بعيدة عن المصادر المائية الجوفية والسطحية لضمان عدم تسرب الملوثات إلى المصادر المائية.***(3)*** أن تكون بعيدة عن التجمعات السكانية الحالية والمخطط لها في المستقبل بمسافة لا تقل عن 200 متر. ***(4)*** أن تكون كمية التساقط (أمطار، ثلوج) قليلة في المنطقة. ***(5)*** الأخذ بعين الاعتبار اتجاه الرياح السائدة في المنطقة.

- **استخدام المواد العضوية لإنتاج الغاز الحيوي Biogas:** حيث يتم معالجة المواد العضوية بيولوجيا في وسط لا هوائي بواسطة بكتيريا لاهوائية تسمى Methanobacterium فينتج عن ذلك تكون غاز الميثان الذي يمكن استعماله كمصدر للطاقة.وأثناء هذه المعالجة تبقى بقايا عضوية يمكن استعمالها كسماد عضوي.



- **تنمية الثقافة البيئية عند الناشئة وسن القوانين التي تمنع الناس من تلويث البيئة** كمنع التدخين في الأماكن العامة ومنع الصيد في أوقات التكاثر ومنع قطع الأشجار لأي غرض من الأغراض ومنع إلقاء النفايات في غير الأماكن المخصصة لها.