

علم البيئة
الجزء النظري

منشورات جامعة البعث
كلية الزراعة

علم البيئة

(الجزء النظري)

د.حسن شهاب

(أستاذ في قسم الحراج والبيئة)

د.هيثم احمد

(أستاذ مساعد في قسم الحراج والبيئة)

مديرية الكتب والمطبوعات الجامعية

السنة الأولى

١٤٢٧هـ - ٢٠٠٦م

لجنة التدقيق العلمي

د. حسن شهاب

د. عامر مجيد آغا

د. عماد قبيلي

المدقق اللغوي

د. سمير معلوف

المحتويات

الصفحة	الموضوع
١١	المقدمة
١٣	الفصل الأول : مدخل إلى علم البيئة
١٣	١-١ - الإطار العام للبيئة و مفهوم علم البيئة
١٤	١-٢ - مجال علم البيئة وعلاقته بالعلوم الأخرى:
١٧	الفصل الثاني : أساسيات النظام البيئي
١٧	١-٢-١- مكونات النظام البيئي
٢٢	١-٢-٢- توازن النظام البيئي
٢٧	الفصل الثالث: تدفق الطاقة في النظام البيئي الطبيعي
٢٧	١-٣ مصدر الطاقة للنظام البيئي الطبيعي
٣٠	٢-٣ السلاسل الغذائية
٣٠	٣-٣ نماذج السلاسل الغذائية
٣٢	٤-٣ المستويات الغذائية و الشبكات الغذائية
٣٣	٥-٣ الشبكات الغذائية
٣٧	٦-٣ الأهرامات البيئية
٤٠	٧-٣ الإنتاجية البيئية
٤٠	٣-٧-١ الإنتاجية الأولية
٤١	٣-٧-٢ الإنتاجية الثانوية أو إنتاجية المستهلكات
٤١	٣-٨-٨ الكفاءات البيئية
٤٥	الفصل الرابع : الدورات البيوجيوكيميائية
٤٥	٤-١ الدورة الغازية
٤٦	٤-١-١ دورة الماء
٤٧	٤-١-٢ دورة الكربون

٥١	٤-١-٣- دورة النتروجين
٥٧	٤-١-٤- دورة الفوسفور
٦١	الفصل الخامس : العوامل البيئية وتوزع الكائنات الحية
٦١	٥-١- العوامل المحددة ومستويات التحمل
٦٥	٥-٢-العوامل البيئية
٦٥	٥-٢-١- الحرارة
٦٧	٥-٢-٢- الضوء
٦٧	٥-٢-٣- الأملاح المعدنية
٦٨	٥-٣- تكيف الكائنات الحية
٧٢	٥-٤- الأدلة البيئية و الرصد البيئي
٧٥	الفصل السادس : علم البيئة الاجتماعية
٧٥	٦-١- مفهوم الجماعة
٧٥	٦-٢- فعاليات الجماعة
٧٥	٦-٢-١- معدل الولادات
٧٦	٦-٢-٢- معدل الوفيات
٧٦	٦-٢-٣- الهجرة
٧٧	٦-٣- حالة الجماعة
٧٧	٦-٣-١- كثافة الجماعة
٧٧	٦-٣-٢- السعة الحملية
٧٨	٦-٣-٣- التوزع المكاني للجماعة
٨٠	٦-٣-٤- التركيب العمري للجماعة
٨١	٦-٣-٥- أشكال نمو المجموعة
٨٣	٦-٤- العلاقات البيولوجية بين الأنواع
٨٤	٦-٤-١- التعادلية

٨٤	٢-٤-٦ المشاركة (الانتفاعية)
٨٦	٣-٤-٦ النقايش
٨٦	٤-٤-٦ التعاون الأولي
٨٦	١٥-٤-٦ الافتراس
٨٧	٦-٤-٦ التطفل
٨٨	٧-٤-٦ التنافس
٨٨	٨-٤-٦ التضاد
٨٩	٥-٦ بيئة المجتمعات الحيوية
٨٩	١-٥-٦ مفهوم المجتمع الحيوي
٩٠	٢-٥-٦ هيكل (تركيب) المجتمع الحيوي
٩٠	٣-٥-٦ المنطقة الانتقالية البيئية
٩١	٤-٥-٦ مبدأ اتصال المجتمعات
٩١	٥-٥-٦ التنوع
٩٢	٦-٥-٦ السيادة
٩٣	٧-٥-٦ العش البيئي
٩٤	٧-٦ تطور المجتمعات - التعاقب
٩٤	١-٧-٦ مفهوم التعاقب
٩٥	٢-٧-٦ أنماط التعاقب
٩٦	٣-٧-٦ تاريخ دراسة التعاقب
٩٧	٤-٧-٦ مراحل التعاقب
٩٧	٥-٧-٦ أمثلة على التعاقب و مراحلها
١٠٣	الفصل السابع : بيئة المجتمعات الحيوية
١٠٣	١ - ٧ - مفهوم التنوع الحيوي
١٠٤	٧ - ٢ - أهمية التنوع الحيوي

١٠٧	٧ - ٣ - أين يوجد التنوع الحيوي
١١٠	٧ - ٤ - أخطار التبسيط الحيوي و التبسيط الوراثي للأنواع
١١١	٧-٥- الوضع الحالي للتنوع الحيوي في العالم
١١٣	٧-٦- لماذا يعتبر العلماء أن التنوع الحيوي يتضاءل
١١٩	الفصل الثامن : النظم البيئية الطبيعية الرئيسة
١١٩	١-٨ النظم البيئية الأرضية
١٢٠	١-١-٨ بيئة الصحارى
١٢٣	١-٨-٢ بيئة الغابات
١٢٧	١-٨-٣ بيئة الأعشاب
١٣٠	١-٨-٢ بيئة المناطق الرطبة
١٣١	١-٨-٣ النظم البيئية المائية
١٣٢	١-٨-٣-١ بيئة المياه العذبة
١٣٤	١-٨-٣-٢ بيئة المياه المالحة
١٣٧	الفصل التاسع : تلوث البيئة
١٣٧	١-٩ مفهوم التلوث والمشكلة البيئية
١٤٣	٢-٩ التلوث بالنفايات
١٤٣	١-٢-٩ النفايات الصلبة المنزلية
١٤٤	٢-٢-٩ النفايات الصناعية الخطرة
١٤٥	٣-٢-٩ النفايات الصلبة الزراعية
١٤٥	٤-٢-٩ النفايات الناجمة عن معالجة المياه العادمة
١٤٦	٥-٢-٩ نفايات التعدين
١٤٧	٦-٢-٩ نفايات الهدم والبناء
١٤٧	٧-٢-٩ التخلص من النفايات الصلبة
١٥٠	٨-٢-٩ الإدارة المتكاملة للنفايات

١٥١	٣-٩ تلوث المياه
١٥٢	١-٣-٩ الأنشطة البشرية في الأحواض المائية
١٥٥	٢-٣-٩ مصادر تلوث المياه
١٦٧	٣-٣-٩ حماية البيئة المائية من التلوث
١٦٩	٤-٩ تلوث الهواء
١٧٠	١-٤-٩ الملوثات الهوائية
١٧٤	٢-٤-٩ مصادر ملوثات الهواء
١٧٥	٣-٤-٩ الملوثات الهوائية الأولية والثانوية
١٧٦	٤-٤-٩ تلوث هواء المدن
١٧٩	٥-٤-٩ تلوث الهواء داخل المباني
١٧٩	٦-٤-٩ تأثير التلوث الهوائي في البيئة
١٨٢	٧-٤-٩ حماية الهواء من التلوث
١٨٤	٨-٤-٩ الآثار الكونية للتلوث
٢١٦	٥-٩ التلوث بالضجيج
٢٢٠	١-٥-٩ مصادر الضجيج
٢٢٠	٢-٥-٩ تأثير الضجيج على الإنسان
٢٢١	٣-٥-٩ مكافحة الضجيج
٢٢٢	٦-٩ التلوث بالإشعاع
٢٢٢	١-٦-٩ مصادر الإشعاع
٢٢٦	٢-٦-٩ تأثير الإشعاع على الكائنات الحية
٢٢٩	٧-٩ تلوث التربة
٢٣٠	١-٧-٩ مكافحة المتكاملة
٢٣٥	٢-٧-٩ الزراعة العضوية (الحيوية)
٢٣٧	الفصل العاشر : الأخطار البيئية وتقييم الأثر البيئي

٢٣٧	١-١٠ الأخطار البيئية
٢٤١	١-١-١٠ الأفكار والمفاهيم الخاطئة حول الأخطار البيئية
٢٤٥	١-١-١٠ تزايد خطورة البيئة العالمية والعربية
٢٤٩	١-١-٣ إدارة الأخطار البيئية والتوافق معها
٢٥١	١-٢ تقييم الآثار البيئية
٢٥١	١-٢-١٠ مفهوم تقييم الآثار البيئية
٢٥٢	١-٢-٢ عوامل الأثر البيئي
٢٥٥	١-٢-٣ منهجية تقييم الآثار البيئية
٢٥٩	١-٣ أهم المشاكل البيئية العربية
٢٦٣	الفصل الحادي عشر : حماية البيئة
٢٦٤	١-١١ حماية البيئة من التلف
٢٦٦	١-١٢ حماية البيئة من التلوث
٢٦٧	١-١٣ الحماية التنموية
٢٦٨	١-٣-١١ التنمية الزراعية وأبعادها البيئية
٢٦٨	أ- العلاقة بين التنمية والبيئة
٢٦٩	ب- المردود البيئي السلبي للمشاريع والأنشطة الزراعية
٢٩١	١-٣-٢ التنمية المستدامة
٣٠٣	١-٤ الاقتصاد في الموارد المتجددة
٣٠٥	١-٥ الاقتصاد في الموارد الناضبة
٣٠٩	المصطلحات العلمية المعربة
٣٢١	المراجع العربية
٣٢٢	المراجع الأجنبية

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

المقدمة

إن من أهم المشاكل البيئية في الوطن العربي نقص الوعي البيئي وشح المياه وتدهور السواحل . وقد برزت هذه المشاكل نتيجة للوتيرة المتزايدة لاستغلال موارد البيئة التي بلغت ذروتها في النصف الثاني من القرن العشرين ، حيث أفسدت هذه المشاكل قدرة الأنظمة البيئية على التجدد التلقائي وأخلت بالتوازن الطبيعي لهذه الأنظمة البيئية .

ينمو السكان ، في كثير من بلدان العالم ، بوتائر لا يمكن للموارد البيئية المتوفرة تحملها ، ولا تقتصر المسألة السكانية مع أعداد الناس فقط بل أيضاً علاقة هذه الأعداد المتزايدة بمشكلات توفير الغذاء والخدمات الاجتماعية والصحية والتعليمية ، وتأمين فرص العمل إضافة إلى تأثير التزايد السكاني على البيئة والتنمية .

هناك اتجاهات بيئية تهدد بتغيير كوكبنا تغييراً جذرياً وتهدد بالخطر حياة العديد من أنواع الكائنات الحية التي تقطنه ومنها الجنس البشري . فهي إضافة إلى التصحر وتدمير الغابات تقتل الأمطار الحمضية الغابات وأشكال الغطاء النباتي الأخرى وتدمير التراث الفني والمعماري للشعوب ، وربما أدت حتى الآن إلى تجمض عديد من البحيرات وأجزاء هائلة من التربة بشكل غير قابل للإصلاح .

ويؤدي حرق الوقود الأحفوري إلى نشر ثاني أكسيد الكربون في الجو ، مما يتسبب في الزيادة التدريجية لدرجة الحرارة ، وهذا التأثير المسمى " أثر البيت الزجاجي " يمكن أن يؤدي في وقت ما مستقبلاً إلى زيادة معدل درجة حرارة جو الأرض ، بصورة عامة ، بما يكفي لتغيير المناخ وتحول مناطق الإنتاج الزراعي ورفع مستوى سطح البحار والمحيطات وغرق بعض المدن الساحلية وإحداث اضطرابات في الاقتصاد القومي .

وتهدد غازات صناعية أخرى (مثل كلوروفلوروكربون وغيره) باستنزاف طبقة الأوزون ، والتي تحمي كائنات الكرة الأرضية من ضرر الأشعة فوق البنفسجية ، إلى الحد الذي يمكن أن ترتفع معه بشكل حاد إصابات الناس والحيوانات بالسرطان ، وتتعرض للاختلال دورة الغذاء في المحيطات .

لقد أصبحت مشكلات البيئة تهدد الحياة النباتية والحيوانية وحياة الإنسان نفسه ، ونظراً لارتباط الحياة البشرية بعوامل البيئة المحيطة وانطلاقاً من ضرورات التنمية المستدامة واستغلال مصادر البيئة استغلالاً رشيداً ، فإنه من الضروري وقف التدهور البيئي وإصلاح ما أفسده

الإنسان خلال الفترات السابقة ومن الضروري أيضاً التخطيط العلمي السليم لاستغلال مصادر البيئة بشكل يؤمن استمرار عمل النظم البيئية الطبيعية .

يهدف تدريس مقرر علم البيئة إلى ترشيد الطالب الجامعي وتثقيفه وتوعيته من أجل حماية البيئة وحماية التنمية وتعزيزها ، وتعريفه على طرق التنمية التي تجمع ما بين الإنتاج وحماية الموارد البيئية .

اشترك في إعداد هذا الكتاب الدكتور هيثم أحمد الذي أعد وكتب الفصل الأول إلى الفصل السابع ، أما بقية الفصول في الكتاب فقد أعدّها وكتبها الدكتور حسن شهاب . وفي الختام نرجو أن نكون قد أدينا الغرض الذي سعينا من أجله لأن المسؤولية جماعية في الحفاظ على البيئة ولا بد من نشر الوعي والمعرفة البيئية للوصول إلى الهدف وهذا ما سعينا إليه من خلال هذا الكتاب حتى يكون لبنة في إغناء المكتبة العربية وتوفير المرجع الضروري والله الموفق .

المؤلفان

الفصل الأول

مدخل إلى علم البيئة

Introduction to Ecology

١-١ - الإطار العام للبيئة و مفهوم علم البيئة :

يعيش الإنسان و بقية الكائنات الحية التي تفوق المليون نوع في البيئة، ويتفاعل الإنسان معها وتتأثر به وبأنشطته المختلفة، كما يهتم الإنسان بكل ما يؤثر في حياته من قوى طبيعية وحيوية.

تعد القضايا البيئية من أهم المشاكل المعاصرة التي فرضت نفسها على الناس جميعاً في كل مكان، و في وقتنا الحاضر أصبح من الضروري على الإنسان أن يتعرف كل ما يحيط به من تعقيدات في الظروف البيئية و يتعلم كيفية الاستغلال المنظم لمصادر الطبيعة حتى يضمن لحضارته الاستمرار و البقاء.

كلمة البيئة في اللغة العربية مشتقة من الفعل (بوا) ويقال تبوأ منزلاً بمعنى نزلته وهيأته، قال تعالى: (وكذلك مكننا ليوسف في الأرض يتبوأ منها حيث يشاء). (يوسف: ٥٦/١٢) و يشمل مصطلح البيئة أو الوسط Environment كافة العوامل اللاحيائية و الأحيائية المتفاعلة والمؤثرة في حياة أي كائن حي سواء كان هذا الكائن الإنسان أو غيره من الكائنات الحية.

لقد تم تحديد مفهوم البيئة و الوسط أو المحيط Environment بمعناه الواسع في مؤتمر الأمم المتحدة للبيئة: التي تشمل على الطبيعة بمائها وهوائها وتربتها ومعادنها و مصادر الطاقة، و النباتات الطبيعية و الحيوانات المتوفرة والإنسان الذي يستثمر و يستغل الموارد المتاحة في الطبيعة ليلبي حاجاته ويشبع تطلعاته و بمعنى آخر: العوامل الطبيعية والاجتماعية و الثقافية والإنسانية التي تؤثر على أفراد وجماعات الكائنات الحية وتحدد شكلها وعلاقاتها وبقائها.

أما علم البيئة Ecology فهو أحد فروع علم الأحياء وهذا المصطلح حديث اقتصره لأول مرة عالم الحيوان الألماني Ernst Haeckel (١٨٦٩م) لتعني علاقة الحيوان مع

المكونات العضوية واللاعضوية في البيئة . إلا أن هذا العلم لم يصبح قائماً بذاته له أساتذته ومذاهبه إلا في أوائل القرن العشرين، و لم يشتهر استعمال هذه الكلمة في المقالات العلمية وحتى في الصحف اليومية إلا منذ خمسين عاماً فقط.

تستمد كلمة Ecology معناها من الكلمة اليونانية (Oikes) ومعناها منزل Logos علم أو دراسة، و الحقيقة أن المقصود الحرفي لها هو دراسة الكائنات الحية في أماكن وجودها . و غالباً ما يعرف علم البيئة على أنه: أحد فروع العلوم البيولوجية الذي يهتم بدراسة العلاقات المتبادلة بين مجموعة من الكائنات الحية و الوسط الذي تعيش فيه من جهة أخرى. وبمعنى آخر يهتم علم البيئة بدراسة بنية وتركيب ووظيفة الأنظمة البيئية مع التركيز على التفاعلات بين الكائنات الحية بعضها مع بعض وتفاعلها مع المكان غير الحي الموجودة فيه.

١ - ٢ - مجال علم البيئة وعلاقته بالعلوم الأخرى:

إن مجال علم البيئة واسع جداً مقارنةً بالعلوم البيولوجية الأخرى، ومن أجل فهم الموضوعات التي يدرسها هذا العلم يجب أن تعرف ما يسمى بالطيف البيولوجي Biological spectrum الشكل (١-١) الذي يمثل أولى الخطوات في مفهوم علم الحياة، حيث تتألف حلقات هذا الطيف من مكونات ترسم في وضع أفقي، ولا أهمية لحلقة من حلقاته على الأخرى ومن ناحية أخرى يمثل الطيف البيولوجي ترابط هذه الحلقات مع بعضها البعض، و المفهوم العام أنه لا يمكن لعضو معين أن يمارس وظيفة معينة إلا إذا كان ضمن جهاز يضمن له البقاء والاستمرارية. فالجماعة لها فرصة بالبقاء أفضل ضمن المجتمع البيئي و المجتمع ضمن النظام البيئي و هكذا حتى يصل المطاف إلى الكرة الحية التي تحوي مجموعة الأنظمة البيئية كلها و لولا وجود الكرة الحية لتداعت هذه الحلقات ولما وجد الطيف البيولوجي والحياة بأكملها.

بروتوبلازم - خلايا - أنسجة - أعضاء - متعضيات (كائنات حية)

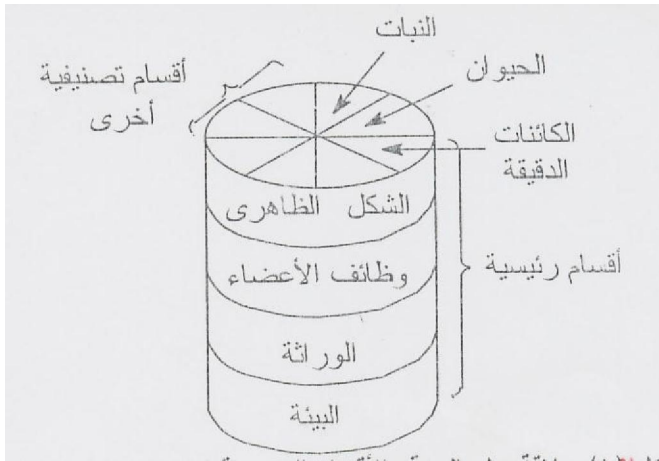
جماعات - مجتمعات - أنظمة بيئية - الكرة الحية

الشكل (١-١) الطيف البيولوجي ، تمثل المناطق المظللة مجال دراسة علم البيئة

إن علم البيئة يهتم بالمستويات التنظيمية العالية من هذا الطيف أي المستويات ما بعد الكائن الحي. وهذه الدراسات تجري طبقاً لاتجاهات متعددة تكمل إحداها الأخرى، فمنها الدراسات الثابتة (Static) مثل دراسة التركيب الحالي للنظام البيئي، والدراسات الديناميكية

(Dynamic) ومن الناحية الوظيفية (مثل سريان الطاقة ودوران العناصر) ومن الناحية الزمانية (مثل التعاقب والتطور).

لتحديد مكانة علم البيئة بالنسبة لباقي العلوم البيولوجية الأخرى، يمكن تمثيل علم الأحياء بأسطوانة تنقسم أفقياً إلى مجموعة الأقسام الرئيسية المتعلقة بمختلف الكائنات الحية التي لا تختص بمجموعة محددة مثل: علم الشكل الظاهري (Morphology)، علم وظائف الأعضاء (Physiology)، علم الوراثة (Genetics)، علم البيئة (Ecology). تنقسم الأسطوانة أيضاً إلى أقسام رأسية تعرف بالأقسام التصنيفية (Taxonomic divisions) التي يعبر كل قسم منها عن وحدة بيولوجية ذات صفات معينة (شكل ١-٢) ومن هذه نذكر علم النبات (Botany) و الحيوان (Zoology) والأحياء الدقيقة (Microbiology).... الخ . وهذا يعني أن هذه التقسيمات الشاقولية تحتوي كل الفروع الأفقية.



الشكل (١-٢) علاقة علم البيئة بالأقسام الرئيسية لعلم الحياة (عن Odum - 1960)

و لتسهيل دراسة علم البيئة وضعت له عدة تقسيمات ومنها :

١- علم البيئة الذاتية Autecology:

وهو العلم الذي يدرس أثر العوامل البيئية في نوع نباتي معين أو كائن حي معين مثل دراسة العوامل البيئية و أثرها في شجرة الشوح وهذا العلم هو المفتاح لدراسة تلاؤم أكثر الأشجار المثمرة مع البيئة .

٢- علم البيئة الاجتماعية Synecology:

وهو العلم الذي يدرس أثر العوامل البيئية في المجتمعات النباتية او الحيوانية ، وهو نوع من الاتجاه الجماعي في الدراسة.

كما يمكن تقسيم علم البيئة طبقاً لتصنيف الكائنات الحية التي تدرس إلى: علم بيئة النبات (Plant ecology)، علم بيئة الحيوان (Animal ecology)، وعلم بيئة الكائنات الحية الدقيقة (Microbia ecology)... الخ التي بدورها يمكن تقسيم كل منها إلى أقسام تصنيفية أصغر فأصغر. إلا أن الاتجاه الحديث هو دراسة بيئة الكائنات الحية مجتمعه سواء كانت نباتية أو حيوانية أم مجتمعات دقيقة، بل إن الدراسات البيئية أصبحت أكثر شمولاً بحيث تتضمن كل ما هو غير حي في المنطقة أي دراسة ما يسمى بالنظام البيئي Ecosystem و مما سبق يتضح أن علم البيئة هو أحد الأقسام الرئيسية لعلم الحياة ويعتبر بمثابة جزء أساسي لا يستغنى عنه لدراسة كل الكائنات الحية بغض النظر عن وضعها التصنيفي. ولا بد أن يلم عالم البيئة بالعديد من مجالات المعرفة لما لهذا العلم من اتصال وثيق بباقي العلوم الأخرى مثل وظائف الأعضاء والوراثة والتصنيف.... الخ.

الفصل الثاني

أساسيات النظام البيئي

Principles of Ecosystem

٢-١ - مكونات النظام البيئي Components of Ecosystem:

النظام البيئي هو عبارة عن وحدة تنظيمية أو مكانية تشمل كائنات حية وعوامل غير حية متفاعلة مع بعضها وتؤدي إلى تبادل بين المكونات الحية وغير الحية. ومصطلح النظام البيئي أكثر شمولاً من الجماعة Population و المجتمع الحيوي Biotic Community وهو أقرب إلى حد ما من مفهوم البيئة أو الوسط Environment و الموطن Habitat.

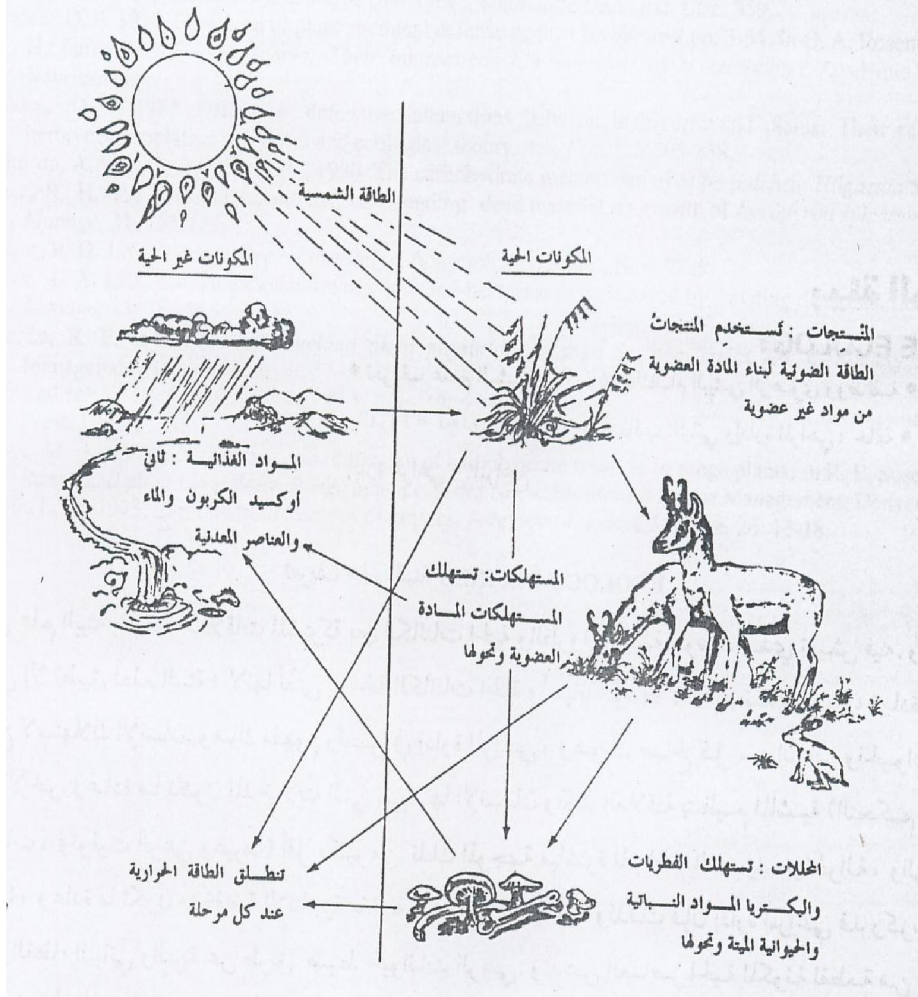
فالجماعة Population عبارة عن مجموعة من الأفراد المتفاعلين معاً و هي عادة تنتمي إلى نفس النوع Species وفي مكان محدد (جماعة من سمك الكارب). أما المجتمع الحيوي Community فإنه بالمعنى الحياتي يتكون من مجموعة من الأحياء المختلفة (نباتات وحيوانات وغيرها) تعيش معاً في مكان معين (مجتمع بركة، مجتمع غابة،... الخ).

ويشير مصطلحا البيئة و الموطن إلى مكان محدد حيث يعيش الكائن الحي بما في ذلك العوامل الفيزيائية و الكيميائية و الحيوية على حد سواء. ويأتي معنى البيئة الوسط أو المحيط Environment بالمحيط الذي يشمل جميع الحالات و الظروف والتأثيرات المحيطة و المؤثرة في الكائن أو مجموعة من الكائنات الحية . في حين يشير الموطن Habitat إلى الملجأ أو البقعة الطبيعية لكائن حي معين وهو يشمل جميع معالم البيئة لموقع معين. فالنظام البيئي إذاً يشمل الجماعات و المجتمعات و المواطن والبيئات ، ويشير خاصة إلى التفاعل الحركي لجميع مكونات البيئة مع التركيز بصورة خاصة على تبادل المواد بين المكونات الحية وغير الحية .

يتكون النظام البيئي في أبسط صوره من مكونات غير حية Abiotic components

و مكونات حية Biotic components تشكلان معاً نظاماً ديناميكياً مترزناً. شكل (٢-١)

إدارة المراعي: الأسس والتطبيقات



الشكل (١-٢) التفاعلات بين مكونات النظام البيئي (عن Nebel - 1981)

أولاً: المكونات غير الحية Abiotic components:

و تمتاز المكونات غير الحية بخلوها من مظاهر الحياة كالحصول على الغذاء للنمو و التكاثر ومن أهمها : عناصر المناخ كالحرارة و الرطوبة والضوء...، عناصر المياه والتربة ، العناصر الكيميائية كالأوكسجين و ثاني أوكسيد الكربون و العناصر الفيزيائية و الكيميائية التي تحيط بالأحياء الخ .

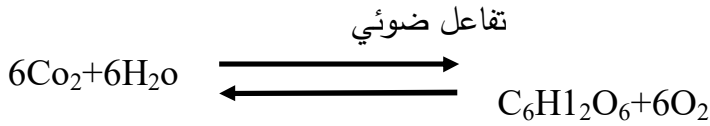
ثانياً: المكونات الحية Biotic components :

وتشمل جميع الكائنات الحية الموجودة ضمن النظام البيئي المقصود بالدراسة من نبات وحيوان وكائنات حية دقيقة، وتشمل ثلاث مستويات:

أ-الكائنات الحية المنتجة Producer organisms:

وهي الكائنات الحية ذاتية التغذية (Autotrophic organisms) أو ذاتية الإنتاجية ، حيث تقوم بإنتاج المواد العضوية من مواد غير عضوية . وهناك نوعان أساسيان من الكائنات الحية المنتجة.

١-كائنات حية ذاتية التغذية ضوئية (Photoautotropic organisms) وهي النباتات والطحالب الخضراء والعوالق النباتية (phytoplankton) التي تقوم بتحويل المركبات غير العضوية بواسطة عملية التمثيل الضوئي وإلى مركبات عضوية ذات طاقة مرتفعة كالسكريات حسب المعادلة :

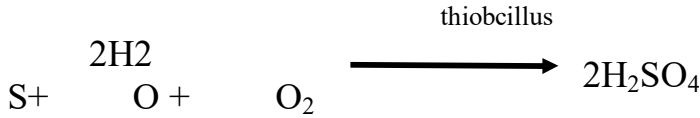


لاضوئي

ولا تبين هذه المعادلة التفاعلات الحقيقية لعملية التمثيل الضوئي فالسكريات لا تتكون من تفاعل غاز ثاني أوكسيد الكربون مع الماء بهذه البساطة وبشكل عام فإن هذه المعادلة تعطي المواد التي تدخل في عملية التمثيل الضوئي ومخارجها دون التعرض إلى التفاعلات المتتابعة والتي لم يتم تفسيرها كلياً حتى الآن .

ولذلك إذا أمكن حل لغز التمثيل الضوئي وطريقة تحليل الماء إلى هيدروجين و
 أوكسجين الذي تقوم به النباتات ، فإنه يمكن عندئذ حل مشكلة الطاقة العالمية و التخلص من
 التلوث عن حرق الوقود الحفري و ذلك من خلال تطوير تقنية غير مكلفة لتحليل الماء
 واستعمال الهيدروجين كمصدر متجدد وغير ملوث للطاقة .
 و تمثل عملية التركيب الضوئي حلقة الوصل بين المكونات غير الحية والمكونات الحية
 للنظام البيئي.

٢- كائنات حية ذاتية التغذية كيميائية (Chemoautotropic organisms)
 (: وهي كائنات حية تحصل على غذائها أو طاقتها كيميائياً مثل بكتريا الكبريت التي تؤكسد
 الكبريت للحصول على الطاقة، وبكتريا الأزوت التي تلعب دوراً مهماً في دورة الأزوت.



ب-الكائنات الحية المستهلكة (Consumer organisms) :

وهي كائنات غير ذاتية التغذية أو مختلفة التغذية Heterotrophic organisms
 وهذه الكائنات غير قادرة على إنتاج مركباتها العضوية للأغراض الغذائية الأساسية وتصنف
 حسب مصادر غذائها إلى ما يلي:

١-العشبيات (العواشب Herbivores): وهي كائنات حية مستهلكة تتغذى على
 النباتات وتعتبر مستهلكات أولية كالقوارض والغزلان والطيور غير الجارحة... الخ.
 ٢-اللواحم (Carnivores) : وهي كائنات حية تتغذى على اللحوم وتسمى آكلة اللحوم
 أو المفترسات كالذئاب والضباع و الأسود والأفاعي وتعتبر مستهلكات ثانوية إذا تغذت على
 العواشب أما آكلات اللحوم التي تتغذى على غيرها من آكلات اللحوم فتكون مستهلكات تالثة
 (Tertiaryconsumers) .

٣-القوارت (لاحم عاشب) (Omnivores): وهي الكائنات الحية التي تتغذى على
 النباتات والحيوانات ومنها الإنسان والأسماك و النمل ... الخ .

ج- المحللات او المفككات Decomposers :

وهي كائنات حية غير ذاتية التغذية تعتمد على المواد العضوية الرمية وتشمل أنواع من البكتريا Bacteria و الفطريات Fungi و بعض أنواع الأوليات Protozoa وهي تقوم بتفكيك و تحليل المواد العضوية المعقدة في الأحياء بعد موتها وذلك للحصول على الطاقة اللازمة لحياتها ونشاطها وتقوم بإطلاق مركبات غير عضوية بسيطة لغرض إعادة استخدامها مرة أخرى من قبل المنتجات وتصنف المحللات إلى ثلاثة أقسام حسب حاجتها إلى الأوكسجين:

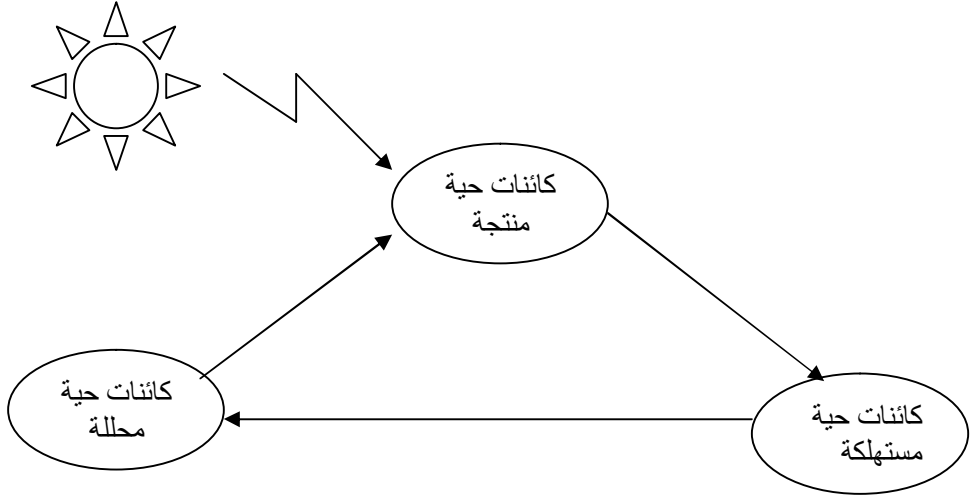
- كائنات حية دقيقة هوائية Aerobes : وهي تحتاج لاستمرار حياتها ونشاطها إلى وسط يتوفر فيه الأوكسجين وتشبه عملية التحلل الهوائي التنفس لذا يعرف التحلل الهوائي أحياناً بتنفس النظام البيئي.

- كائنات حية دقيقة لا هوائية Anaerobes : وتحتاج هذه الكائنات لاستمرار حياتها ونشاطها وسطاً لا يتوفر فيه الأوكسجين.

- كائنات حية دقيقة اختيارية Facultative anaerobes : و هي الكائنات الحية التي تستطيع أن تكيف نفسها حسب الوسط التي تعيش فيه ، فإذا توفر الأوكسجين كانت هوائية ، وإذا لم يتوفر الأوكسجين كانت لاهوائية .

وبعد التعرف على مكونات النظام البيئي يمكن تصور النظام البيئي الطبيعي على هيئة حلقات مترابطة مع بعضها البعض وتشكل دورة (الشكل ٢-٢) و تمثل الحلقة الأولى المنتجات والتي تستمد طاقتها من أشعة الشمس وتقوم بإنتاج المواد العضوية بعملية التركيب الضوئي وتعد هذه الحلقة المحرك الرئيسي لدورة النظام. أما الحلقة الثانية فهي المستهلكات والتي تعتمد في غذائها على المواد العضوية وتشكل الحلقة الثالثة الكائنات الحية المحللة التي تقوم بتحليل المواد العضوية إلى مواد بسيطة تعاد إلى الحلقة الأولى المنتجة عبر ما يسمى ميكانيكية الرواسب ويعاد استعمالها وبذلك تغلق الدورة

الطاقة الشمسية



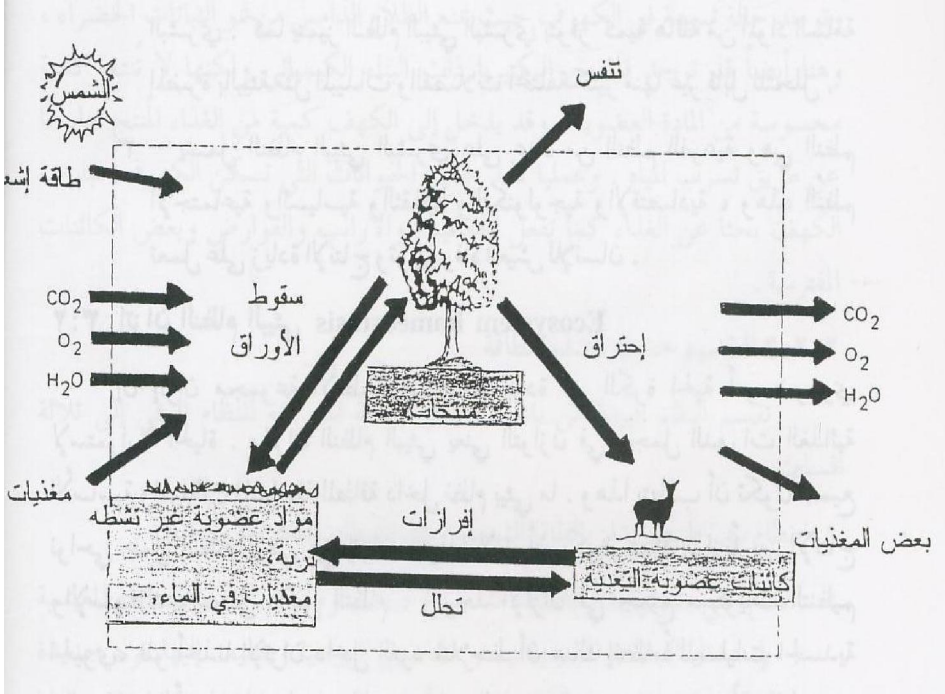
شكل (٢-١) دورة النظام البيئي الطبيعي

٢-٢ - توازن النظام البيئي Ecosystem balance :

إن اتزان مجموعة الأنظمة البيئية الموجودة في الكرة الحية أمر ضروري لاستمرار الحياة واتزان النظام البيئي يعني التوازن في مجمل الدورات الغذائية الأساسية و المسالك المتداخلة للطاقة داخل نظام بيئي ما . وهذا يتطلب أن تكون جميع نواحي عمل النظام البيئي في اتزان ، لذا لا بد أن يكون هناك توازن بين الإنتاج والاستهلاك و التحلل داخل النظام البيئي . ويوجد الاتزان في جميع مستويات التنظيم الحيوي، فلو أخذنا الاتزان داخل الفرد فنلاحظ أن هناك انتظام للعمليات الجسدية والوعائية والأبضية عن طريق تنظيم ضربات القلب و التنفس ودرجة حرارة الجسم ، كما يوجد هناك تداخل وتأزر بين الضبط العصبي والهرموني في النمو والتكاثر والسلوك ،لذا فالفرد قادر على مقاومة التغيرات البيئية الناتجة عن الوسط المحيط.

و إذا أخذنا مفهوم الاتزان على مستوى النظام البيئي فإننا نبحث في مدخلات بيئية Inputs تأتي من الوسط المحيط كالطاقة الشمسية و ثاني اوكسيد الكربون والأوكسجين و الماء والعناصر الغذائية ، ومخرجات بيئية Outputs تطرح في الوسط المحيط وتشمل الأوكسجين و ثاني أوكسيد الكربون و الماء و عناصر غذائية و طاقة حرارية مفقودة من عملية التنفس (الشكل

٢-٢) وحتى يتحقق الاتزان يجب أن يتوفر شرط التعادل في معدل دخول المدخلات وخرج المخرجات.



الشكل (٢-٢) مكونات النظام البيئي و مفهوم الاتزان حسب (smith , 1980)

ويتحقق الاتزان في عملية التنظيم داخل المجتمعات الحيوية عن طريق التغذية الراجعة و Feedback Mechanism و التنظيم الذاتي Self- regulation . والنشاط العضلي الذي يزيد من تركيز ثاني أكسيد الكربون ويقلل من مستويات الأوكسجين في الدم وهذا يحفز الإسراع في نبضات القلب ومعدلات التنفس مما يساعد على طرد CO_2 و أخذ الأوكسجين من الهواء ، يعد مثالا على مفهوم التغذية الراجعة وعندما تعود مستويات CO_2 و O_2 إلى وضعها الطبيعي العادي تعود أيضاً معدلات نبض القلب والتنفس إلى الوضع العادي ، وهكذا يبقى النظام في توازن ذاتي يعتمد على التغذية الراجعة لكي يسد احتياجات الفرد الأيضية. و ما حصل هنا هو تراكم للمخرجات في داخل الجسم مما أدى إلى زيادة معدل دخول المدخلات للسيطرة على هذا التغير وتستمر التفاعلات الأيضية ويستمر طرد المخرجات حتى يتعادل معدل دخول المدخلات مع طرح المخرجات.

هناك اتزان مماثل في النظام البيئي المائي وعلى سبيل المثال تؤدي الزيادة في درجة حرارة الماء في فصل الربيع التي تزيد من معدل النشاط الأيضي في النباتات والحيوانات المائية

إلى زيادة في CO_2 و نقص في O_2 و ازدياد نسبة CO_2 ودرجة حرارة الماء يزيد من سرعة البناء الضوئي، وهذا ما يؤدي إلى استهلاك CO_2 وإنتاج الأوكسجين، وهكذا يميل O_2 و CO_2 إلى العودة إلى الحدود المناسبة. أما إذا انخفضت درجة الحرارة وانحدر معدل النشاط الأيضي واستهلك كل ما هو متوفر من CO_2 الذائب في الماء عندئذ فإن نمو النبات يتحدد حتى يضيف التحلل مزيداً من CO_2 الذائب في الماء وهذا بعد ذاته يعتبر اتزاناً في النظام الحيوي، ويجب أن نتصور مدى التعقيد في النظام البيئي عندما نأخذ في الاعتبار مئات الأنواع من النباتات والحيوانات المتفاعلة على الاحتياجات المشتركة مثل الأوكسجين وثاني أكسيد الكربون والضوء والعناصر الغذائية وغيرها.

ومن المثالين السابقين يظهر مفهوم التغذية الراجعة حيث يؤثر معدل النواتج أو المخرجات بشكل راجع على معدل المتفاعلات أو المدخلات و بالتالي يتحقق الاتزان.

ويستطيع النظام البيئي الاستجابة للتغيرات البيئية عن طريق الجماعات العددية التي تشكل النظام البيئي (العوامل الحية) ويتم ذلك عن طريق تعديل فسيولوجية أو سلوك هذه الكائنات بما يتناسب مع الوضع الجديد. ولعل الحجم العددي للجماعة الناجحة يرتبط ارتباطاً وثيقاً مع عدد الأفراد الذين يمكنهم الاستمرار مع وجود الظروف البيئية الصعبة.

وتختلف الجماعات في معدل استجابتها للظروف البيئية فهناك بعض الجماعات التي تستجيب بسرعة للظروف البيئية الإيجابية كتوفر الغذاء مثلاً وتتأثر بشدة بالظروف البيئية السلبية كالجفاف ومثال على ذلك النباتات الحولية والحشرات والفيران.

من جهة أخرى هناك جماعات تكون أقل استجابة للتغيرات فلا تتأثر معدلات الولادة أو الوفيات أو الهجرة بشكل حاد ومثال ذلك الأشجار الكبيرة والثدييات الكبيرة.

وللنظام البيئي القدرة الذاتية على الاستمرار Persistence تحت ضغط التغيرات المحيطة وهنا قد يمارس النظام البيئي دورة بطريقتين لتحقيق العودة إلى الاتزان الطبيعي:

١- المرونة البيئية : وهي القدرة على امتصاص التغير ومن ثم البقاء و العودة إلى

الوضع الطبيعي عند تحسن الظروف. ومن هذا المفهوم نستنتج أن تأرجح الجماعات السكانية تحت تأثير تغير معين لا يعني أن النظام البيئي قد انعكس بل إن أمامه فرصة لاسترداد عافيته إذا كان الأفراد الذين يتألف منهم النظام البيئي متكيفين ومرنين.

ومن المعلوم بأنه يوجد لأي ظاهرة بيئية العديد من الطروحات والزوايا المختلفة لتفسيرها ولعل مسألة الاتزان البيئي تحتل الحيز الأكبر من النقاش وإرساء الفرضيات من قبل العلماء و المدارس البيئية المختلفة لتعليل هذه الظاهرة. فنرى أن مجموعة من العلماء تقول بأن أهم نقطة يركز عليها اتزان النظام البيئي هي السرعة في العودة إلى نقطة الأصل (الحالة العادية) بعد

التعرض لمؤثر معين ، وبناءً على هذه الفرضية فإن المراعي مثلاً هي أكثر اتزاناً من الغابات ، لأنها فقط تستطيع أن تعود إلى ما كانت عليه بعد التعرض لحريق مثلاً بسرعة أكبر من النظام البيئي الغابوي . أي أن مرونتها أكبر من مرونة الغابات وهكذا ويمتاز النظام سريع المرونة بقدرة كبيرة على التزاوج والتناسل بكثرة بحيث يتم إكثار العدد في زمن قصير وتعويض النقص في الجماعة السكانية و بالتالي البقاء بالرغم من الظروف البيئية.

٢-المقاومة البيئية Ecological Resistance : هي قدرة النظام البيئي على مقاومة التغير بأقل ضرر ممكن ، وتنتج المقاومة من مكونات النظام البيئي نفسه. وعادة ما يمتاز النظام المقاوم بقدرة حيوية عالية وبطاقة مخزنة تساعد على البقاء فيستطيع نظام الغابات مثلاً أن يقاوم درجات الحرارة المرتفعة والمنخفضة وكذلك الجفاف وذلك لتمكن هذا النظام البيئي من استخدام الطاقة المخزنة في أنسجته لاسترداد توازنه.

وعلى سبيل المثال فإن حدوث الصقيع الربيعي يمكن أن يقضي على الأوراق الفتية إلا أنه يمكن للأشجار أن تورق من جديد بعد زوال المؤثر. ولكن لنفرض أن هذه الأشجار تعرضت لحريق ضخم أو قطع جائر فسوف لا يظهر هذا النظام مرونة كافية وتكون عملية العودة للوضع الطبيعي بطيئة جداً ويوصف هذا النظام بأنه مقاوم قليل المرونة ، وهناك اتجاه آخر من قبل المدرسة الأساسية البيئية لبحث ظاهرة الاتزان عن طريق دراسة مكونات النظام البيئي و السلسلة الغذائية حيث يبرز علماء البيئة هنا سلبية اختفاء النوع من السلسلة الغذائية و التي تعتبر حسب اعتقادهم من العوامل التي تدفع بنظام بيئي متزن إلى حالة عدم الاتزان. ووجهة النظر هنا أن النظام البيئي المتزن هو النظام الذي تكون مكوناته الحياتية متكاملة إلى أقصى حد و إن اختفاء أو إنقراض أو هجرة الأنواع نتيجة للملوثات أو التعدي على مساحات الطبيعة بسبب العمران و الصناعة هو من أهم مسببات اختلال التوازن البيئي . حيث أن لكل نوع وظائفه المختلفة في السلسلة البيئية، عدا دوره في عملية نقل الطاقة من مستوى إلى آخر. فاختفاء النوع أو الأنواع يُحدث فجوة (فراغ) في البيئة من شأنها أن تعطل مسار الطاقة الطبيعية، ويفقدان الطاقة أو تشتتها يعتبر العلماء أن النظام غير متكامل و بالتالي غير متزن. ولعل هؤلاء العلماء هم الأوائل الذين أرسوا فكرة إعادة توطين الأنواع في بيئاتها الطبيعية حتى تسير الطاقة وتتدفق بشكل طبيعي ويعود النظام البيئي إلى اتزانه.

ويعتبر العالم Krebs(1980) من العلماء الذين تطرقوا لظاهرة الاتزان البيئي حيث بين وجود مفهومين أساسيين للاتزان البيئي: المفهوم الأول و هو يسمى الاتزان المحلي Local Stability و المفهوم الثاني أطلق عليه اسم الاتزان العام (الشامل العالمي) Global Stability .

من جهة أخرى فإن النظام البيئي المائي لا يملك قوة تخزين حيوية أو طاقة مرتفعة عند تعرضه لملوّثات خارجية لذا فإنه يتأثر بسرعة، وعند توقف هذه الملوّثات فإنه يعود تدريجياً لوضعه الطبيعي. وتعد بحيرة واشنطن مثلاً على ذلك. فعندما صبت المياه الملوثة فيها ازداد حجم المدخلات وخصوصاً عنصر الفوسفور مما أدى إلى فقدان بعض أنواع الدياتومات Diatoms وأنواع أخرى من الطحالب الدقيقة وفي المقابل ارتفع معدل الطحالب الخيطية لتعطي مياه البحيرة لوناً أخضر . وقد تم السيطرة على هذه المشكلة البيئية بوقف تدفق المياه الملوثة إلى البحيرة فانخفض تركيز الفوسفور تدريجياً حتى عاد إلى وضعه الطبيعي .

ويمكن وصف هذا النظام بأنه قليل المقاومة وذومرونة عالية .

و يمكن القول إن معظم الأنظمة البيئية لها الخواص العامة التالية:

- ١- يعد النظام البيئي الوحدة التركيبية والوظيفية لعلم البيئة Ecology.
- ٢- إن تركيب أي نظام بيئي يرتبط مع تنوعه النوعي Species diversity فالنظام البيئي الأكثر تعقيداً يملك تنوع أنواعاً عالياً .
- ٣- إن وظيفة أي نظام بيئي ترتبط مع تدفق الطاقة Energy Flow ودورة المواد Material cycling خلال وداخل النظام .
- ٤- تتضح الأنظمة البيئية من خلال مرورها من حالة أقل تعقيداً إلى حالة أكثر تعقيداً .

المراحل المبكرة لمثل هذا التعاقب Succession تملك زيادة في الطاقة الكامنة Potential Energy و انسياب طاقة عالية نسبياً في وحدة الكتل الحية Biomass و تملك الأطوار المتأخرة (الناضجة) طاقة متجمعة أقل نسبياً خلال مكونات مختلفة أكثر .

- ٥- إن كمية الطاقة النسبية اللازمة للمحافظة على النظام البيئي تعتمد على تركيبه .

الفصل الثالث

تدفق الطاقة في النظام البيئي الطبيعي

The Flow of Energy in The Natural Ecosystem

٣-١ مصدر الطاقة للنظام البيئي الطبيعي The Source of Energy :For Natural Ecosysem

يعتبر الإشعاع الشمسي المصدر الوحيد للطاقة في جميع النظم البيئية و تنتقل الطاقة عن طريق الإشعاع الشمسي على شكل موجات كهرومغناطيسية مختلفة الأطوال تسير بسرعة الضوء التي تبلغ ٣٠٠٠٠٠٠ كم/ثا و يكون طول موجاتها قصيرا (٠.٥ ميكرون) في حين يبلغ طول موجة الإشعاع الأرضي ١٠ ميكرون و بالتالي فإن طول الأشعة الأرضية المرتدة إلى الغلاف الغازي و الفضاء الخارجي تزيد عن طول الأشعة الشمسية بمقدار ٢٠ ضعفا و هذا يعود إلى أنه كلما زادت درجة حرارة الجسم (الشمس مثلا) أطلق أشعة بطول موجات أقل و العكس صحيح أيضا .

يمكن تمييز ثلاث مجموعات رئيسة من الأشعة وفقا لأطوال موجاتها و هي :

١- الأشعة فوق البنفسجية (Ultraviolet Rays) و تشكل ٦-٧ % من الأشعة الشمسية و أطوال موجاتها تقل عن ٤٠٠ نانومتر و هي ذات طاقة عالية و مهمة لصحة الإنسان و لا يصل إلى الأرض إلا جزء قليل منها بسبب امتصاصها بواسطة طبقة الأوزون التي تحيط بالغلاف الجوي .

٢- الأشعة المرئية (Visible Rays) و تشكل حوالي ٤٢ % من الأشعة الشمسية و تشمل الأشعة الحمراء و الصفراء و الزرقاء و الخضراء و تتراوح أطوال موجاتها بين ٤٠٠-٧٠٠ نانومتر و هي ضرورية لعملية التركيب الضوئي .

٣- الأشعة تحت الحمراء (Infra red Light) و تشكل حوالي ٥١ % من الإشعاع الشمسي و تتراوح أطوال موجاتها بين ٧٠٠-٤٠٠٠ نانومتر و يستخدم الجزء الأكبر منها في رفع درجة حرارة سطح الأرض و الغلاف الجوي .

تتعرض الأشعة الشمسية خلال اجتيازها للغلاف الجوي لعدة تغيرات تحت تأثير الغازات و الغبار و بخار الماء الموجود في الغلاف الجوي ، لذلك فإن قسما من هذه الأشعة ينعكس أو ينتثر أو يمتص و القسم الآخر يصل إلى سطح الأرض و تسمى بالأشعة المباشرة و هي تشكل حوالي ٤٣ % .

قد يختلف بالطبع معدل ما يسقط من الأشعة الشمسية على نقطة معينة من سطح الأرض عما ذكر سابقا إذ أنه نظرا لميل محور الأرض فإن جزءا كبيرا من الأشعة الواردة أحيانا تضيع في الغلاف الجوي بفعل الانعكاس و الانكسار .

كما تعمل التغذية الراجعة (Feedback Mechanism) على نقل كميات كبيرة من الاشعاع الشمسي و الطاقة التي تصل إلى العروض السفلى (خط الاستواء أو المنطقة المدارية) إلى العروض الوسطى و العليا لتحقيق توازن في الطاقة على سطح الأرض و يتم ذلك من خلال التيارات البحرية و دورة الرياح العامة و غيرها .

تسير الطاقة في النظام البيئي الطبيعي في اتجاه واحد أي من الطاقة الشمسية إلى المنتجات ثم المستهلكات فالمحلات و في كل مرحلة منها يفقد قسم من الطاقة على شكل حرارة و يفسر القانون الأول و الثاني من قوانين الترموديناميك هذا فقدان الحراري .

وحسب القانون الأول :

فإنه في أي عملية فيزيائية أو كيميائية فإن الطاقة لا تقنى و لا تتجدد و إنما تتحول من شكل إلى آخر ، و مثال ذلك الطاقة الشمسية التي تتحول بواسطة عملية التركيب الضوئي في النباتات الخضراء إلى طاقة كيميائية داخل المادة السكرية و التي تستهلك النباتات الخضراء جزءا منها في عملية التنفس .

و أما القانون الثاني :

فإنه يفسر تسرب و تبعثر الطاقة على شكل حرارة خلال عمليات تحول الطاقة من شكل إلى آخر .

إذ أنه خلال تحول الطاقة من شكل إلى شكل آخر فإنه لا بد أن يهدر قسم من الطاقة على شكل طاقة حرارية إلى المحيط المجاور .

و تعتمد كمية الطاقة الحرارية المهدورة على كفاءة استخدام الطاقة فكلما كانت كفاءة الاستفادة من الطاقة أو تحول الطاقة من شكل إلى آخر عالية كلما كانت كمية الطاقة الحرارية غير المستفاد منها قليلة ولكن لا يمكن بأي حال من الأحوال جعل فقدان الطاقة على شكل حرارة أثناء عملية التحويل تساوي صفر .

تعتبر النباتات الخضراء محولات رديئة للطاقة و ذلك لأن كفاءتها التحويلية لا تتجاوز ١% من إجمالي الأشعة الشمسية التي تتلقاها .

فعندما تستقبل النباتات الخضراء على سبيل المثال ٥٠٠٠ كيلو كالوري من الطاقة الشمسية لكل م^٢ /يوم فإنها تستفيد فقط من ١% من تلك الطاقة أي ما يعادل ٥٠ كيلو كالوري /م^٢/يوم و يذهب الباقي على شكل حرارة .

و عند تحويل الطاقة المجمعة في النباتات الخضراء إلى المستهلكات فإن كفاءة استعادة المستهلكات تبلغ ١٠% منها في كل خطوة لاحقة .
 أي عندما يأخذ الحيوان الطاقة الكيميائية الممتلئة في الغذاء يتحول ١٠% منها فقط إلى طاقة كيميائية و كتلة حيوية (Biomass) في الجسم أما القسم المتبقي و البالغ ٩٠% فيذهب على شكل حرارة



و يعود هذا الهدر في الطاقة في المستويات الغذائية إلى عدة أسباب من أهمها

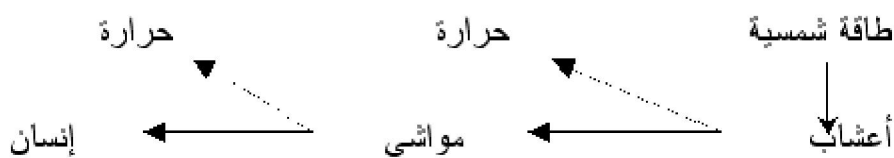
- ١- أن الكتلة الحية التي تأكلها المستهلكات لا تهضم كلياً و إنما يمر بعضها في الجهاز الهضمي دون الاستعادة منها .
- ٢- يتحول قسم كبير مما تأكله المستهلكات إلى غاز ثاني أكسيد الكربون و طاقة تستخدمها في الحركة و التنفس و الحفاظ على درجة حرارة الجسم و تشتتت هذه الحرارة في البيئة المحيطة .
- ٣- يذهب قسم كبير من الكتلة الحية مباشرة إلى الكائنات الحية المحللة على شكل فضلات .
- ٤- لا يستهلك سوى جزء بسيط من الكتلة الحية الموجودة في أي نظام بيئي .
 إن أبسط شكل لسريان الطاقة في النظام البيئي الطبيعي هي السلاسل الغذائية .

٢-٣ السلاسل الغذائية: (Food Chain)

تنتقل الطاقة ابتداء من النباتات خلال سلسلة من الكائنات الحية عبر مسارات تعرف بالسلاسل الغذائية ، و السلاسل الغذائية هي محاولة لتحديد مصير الكائن الحي في النظام البيئي ، و تعني السلسلة الغذائية تحويل الطاقة الكيميائية أو طاقة الطعام المستغلة من مصدر

ما عن طريق سلسلة من الأنواع المختلفة بحيث يأكل كل نوع من الكائنات الحية النوع الذي يسبقه في السلسلة .

فكل كائن حي من المستهلكات يتغذى على غيره و هو بدوره يشكل غذاء لغيره ، و يلاحظ أن السلسلة الغذائية يجب أن تبدأ بالمنتجات التي تصنع الطاقة و تخزنها ، و غالبا ما تكون السلاسل الغذائية على اليابسة قصيرة بحيث تتكون من حلقتين أو ثلاثة حلقات و ذلك لوجود عدد كبير من آكلات الأعشاب كبيرة الحجم .
ففي المناطق الرعوية تتكون سلاسل الغذاء كما يلي :



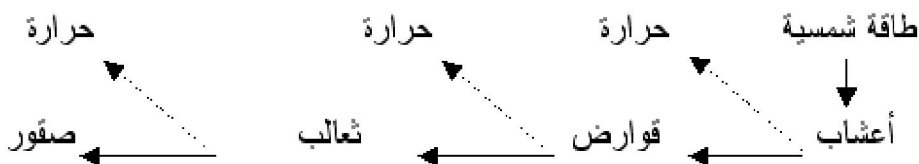
٣-٣ نماذج السلاسل الغذائية :

هناك ثلاثة نماذج للسلاسل الغذائية :

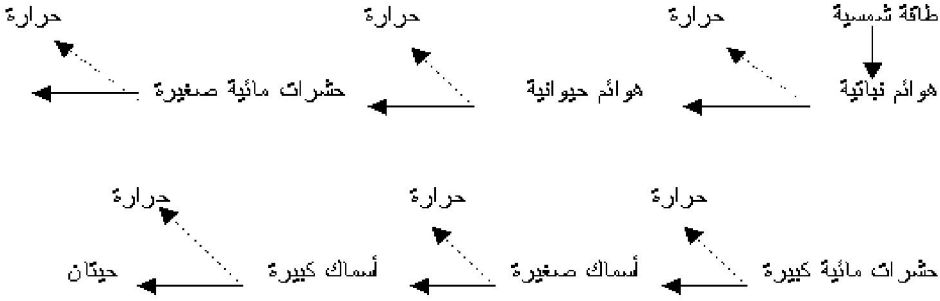
السلاسل الغذائية الرعوية (Grazing Food Chain) :

تبدأ هذه السلاسل بالنباتات الخضراء التي تتغذى عليها العواشب التي تصبح بدورها غذاء للحيوانات المفترسة .

و في هذه السلاسل الكائنات الأصغر تؤكل من قبل كائنات أكبر و مثال على ذلك :

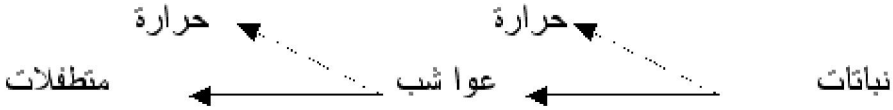


و في البيئات المائية تتكون السلاسل الغذائية من خمس حلقات أو أكثر ، نظرا لأن آكلات البلانكتون (Phyto Plankton) صغيرة جدا و مثال ذلك



السلاسل الغذائية الطفيلية :

و هنا الكائنات الأكبر توكّل من قبل الكائنات الأصغر فالأصغر و مثال ذلك :



السلاسل الغذائية الرمية :

تنتشر هذه السلاسل في جميع الأنظمة البيئية و لكنها تسود بشكل خاص في الأنظمة البيئية البرية و المائية الضحلة و تبدأ هذه السلاسل بالمادة العضوية غير الحية و تنتهي بالكائنات الحية الدقيقة المحللة و مثال على ذلك :

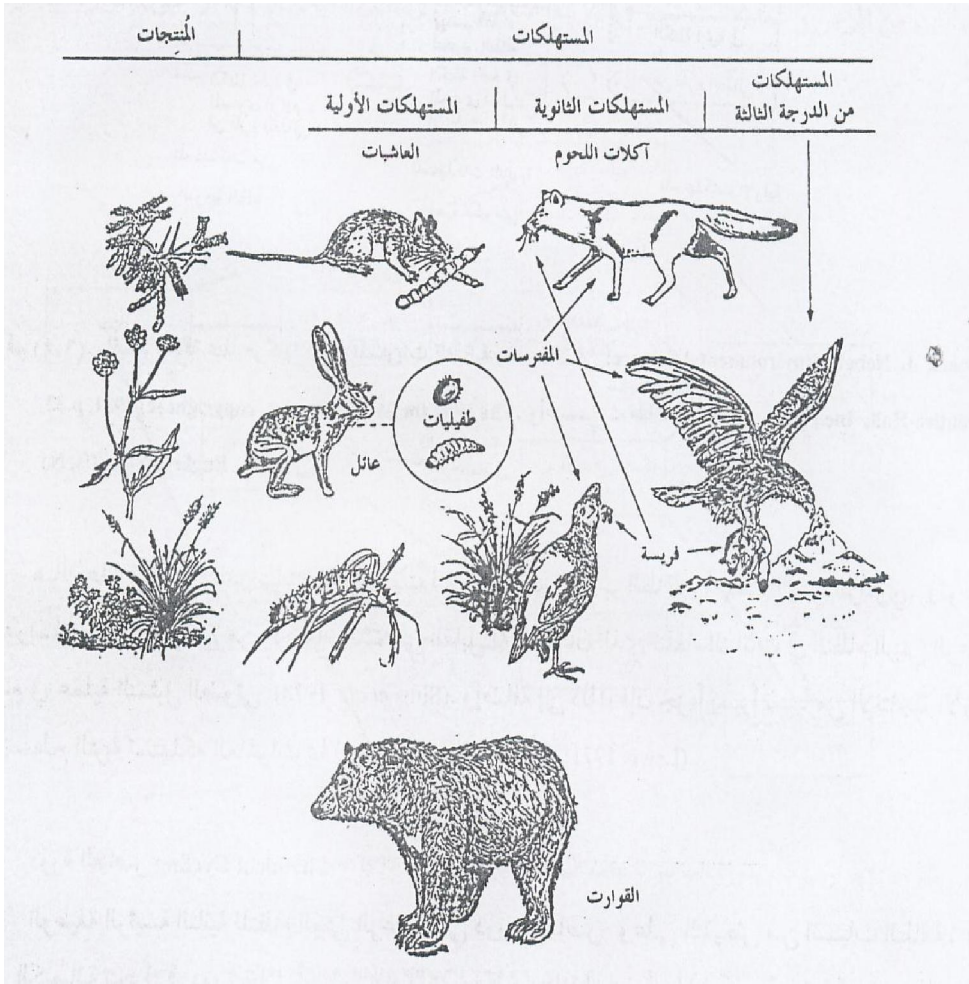


من الميزات التي تحققها السلاسل الرمية هي إعادة تكوين و إعادة دوران المادة الغذائية حيث أن النباتات و الحيوانات الصغيرة و الكائنات الحية الدقيقة توجد مجتمعة و إن المادة الغذائية سرعان ما يتم إعادة امتصاصها مباشرة من قبل نوع معين بعد طرحها من قبل نوع آخر

وتسمى كمية الطاقة المختزنة في المادة العضوية عند كل مستوى غذائي بالكتلة الحية (Biomass) و من قوانين الطبيعة أن عدد المستويات الغذائية محدود ، حيث أنه في كل انتقال من مستوى غذائي إلى مستوى غذائي آخر يتم فقد حوالي ٨٠-٩٠% من الطاقة المختزنة في المستوى الغذائي و هذا يعني أن كفاءة الاستفادة من الطاقة لا تزيد عن ١٠% و ومن هذا المنطلق يمكن القول إن الأعداد البشرية التي يمكن إطعامها ستزداد كلما ازداد اعتماد الإنسان في تغذيته على مستوى أدنى من المستويات الغذائية .

٣-٤ المستويات الغذائية Food Level

في النظم البيئية الطبيعية المعقدة نقول عن الكائنات الحية التي تحصل على غذائها من النباتات بعدد الخطوات نفسها بأنها تنتمي إلى المستوى الغذائي نفسه فالنباتات هي المستوى الغذائي الأول و العواشب تحتل المستوى الغذائي الثاني ثم تأتي آكلات اللحوم التي تحتل المستوى الثالث الخ الشكل (٣-١) .

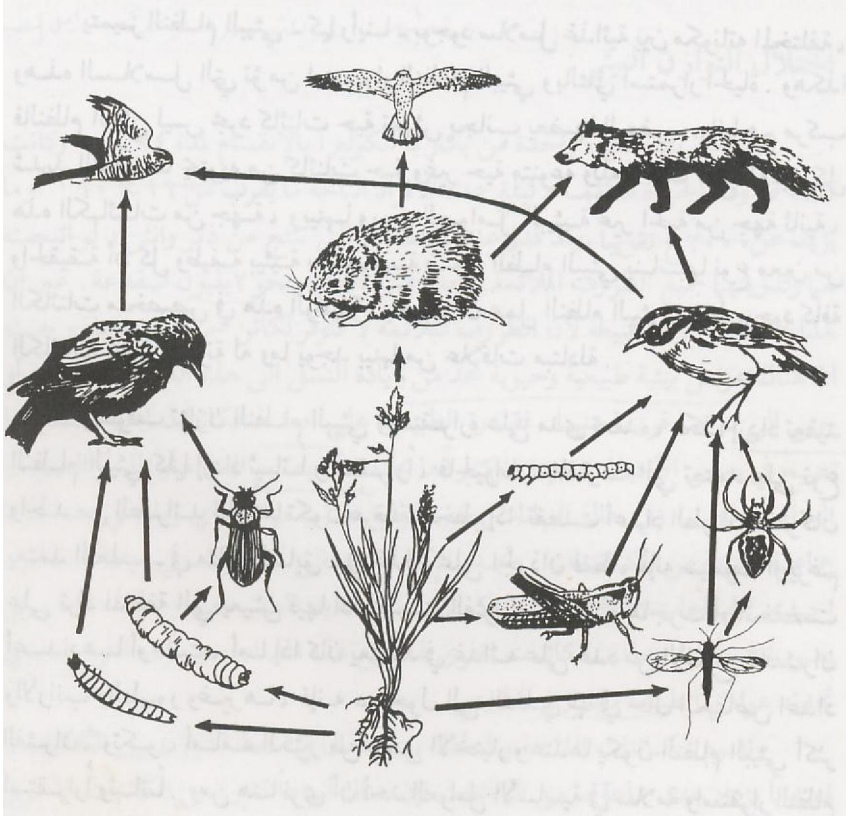


الشكل (١-٣) المستويات الغذائية (عن Nebel 1981)

٣-٥ الشبكات الغذائية (Food Webs) :

تكون السلاسل الغذائية في الطبيعة متداخلة و معقدة نظرا لأن معظم الكائنات الحية المستهلكة لا تتخصص في نوع واحد من الغذاء و إنما تستطيع الاستعاضة عن افتراس حيوان من نوع معين بافتراس حيوانات من أنواع أخرى مما يجعل هناك تداخلا بين السلاسل الغذائية يترتب عليه تكوين شبكات غذائية معقدة .

تعرف الشبكة الغذائية بالمجموع الكلي للعلاقات الغذائية في النظام البيئي الطبيعي التي تربط جميع الكائنات الحية بعضها ببعض (شكل ٣-٢)، وفي الشبكات الغذائية تصبح نماذج تدفق الطاقة من التعقيد بحيث لا يمكن معرفة جميع العلاقات الممكنة ، حيث تسعى الكائنات الحية المختلفة لتوسيع قاعدة الغذاء لديها لتشمل أنواعا عديدة مدفوعة بغريزة البقاء و أيضا من أجل تنوع مصادر الطاقة الغذائية .



الشكل (٢-٣) الشبكة الغذائية (العودات ١٩٨٨)

تعرف الأنواع التي تعتمد على نوع معين من الغذاء بالأنواع المتخصصة أما التي تعتمد على أنواع عديدة في غذائها فتعرف بالأنواع العامة .

و يتفاوت عدد المستويات الغذائية اعتمادا على عاملين هما :

١- طبيعة البيئة المحيطة و ما تحتويه من موارد بيئية و خصوصا في مستوى المنتجات و كذلك في الطبيعة الفيزيائية للمكان و ما يحتوي من مواطن بيئية و الأماكن التي تمارس فيها الكائنات الحية أدوارها الوظيفية و بالتالي فإن زيادة عدد الأنواع قد تؤدي إلى ازدياد طول السلسلة الغذائية و بالتالي تعقيد الشبكة الغذائية .

٢- أنواع الكائنات الحية المكونة للسلسلة و طبيعة غذائها و

أدوارها الوظيفية و كذلك أحجامها . و يعتبر الحجم عامل مهم جدا في

طول السلسلة الغذائية أو قصرها .

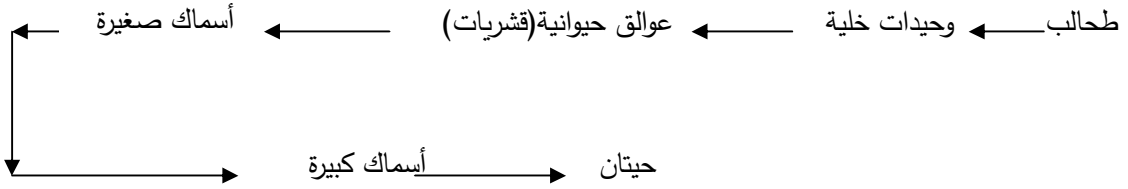
إذ يلاحظ أنه كلما ازداد حجم آكلات الأعشاب أصبحت السلسلة أقصر فمثلا السلسلة الغذائية في المناطق الرعوية :

أعشاب ← مواشي ← إنسان

تختلف عنها في المناطق البرية :

أعشاب ← حشرات ← قوارض ← ثعابين ← صقور

أو تلك التي في المناطق المائية :



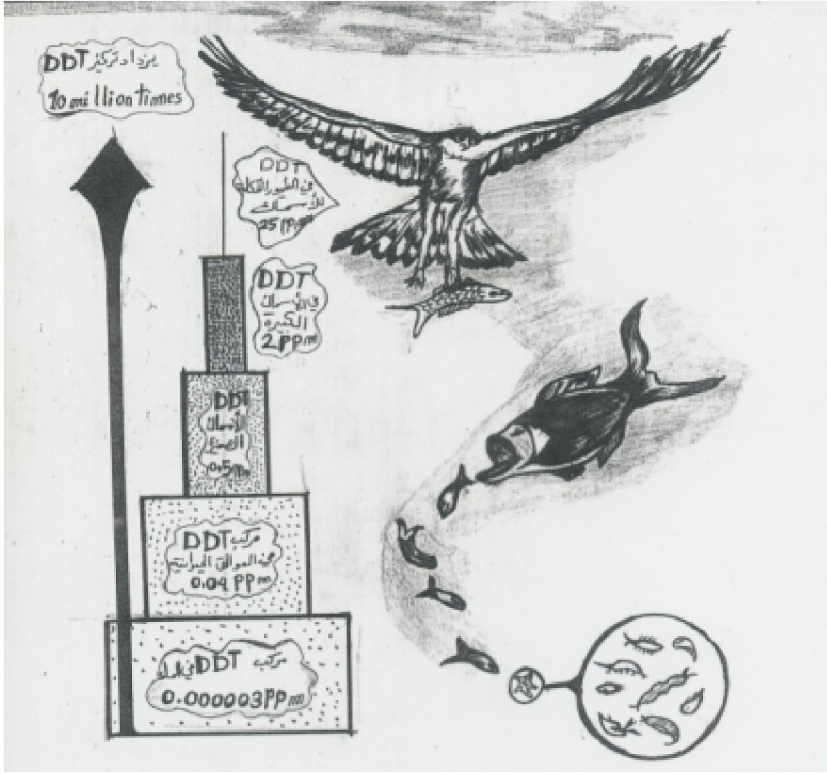
نرى أنه كلما قصرت السلسلة الغذائية كبرت الكتلة الحية التي يمكن أن تنتج قدرا معيناً من الطاقة و السبب في ذلك يعود إلى أن جزءاً من الطاقة يفقد عند الانتقال من حلقة إلى أخرى ، و بالتالي تكون السلاسل البرية القصيرة أعلى كفاءة من السلاسل المائية الطويلة نسبياً و عند فهم ديناميكية الشبكات الغذائية يمكن لنا الاستفادة منها عملياً في النواحي التالية :

١- المكافحة الحيوية (Biological Control) : يمكن لنا مكافحة الكائنات الضارة مثل الحشرات التي تلحق ضرراً بالإنسان و الحيوان و النبات و ذلك عن طريق نقل الفيروسات و الطفيليات التي تحد من انتشار الحشرات إلى المنطقة المطلوبة . و تعتبر هذه المكافحة بديلاً عن المكافحة الكيميائية التي تلوث عناصر البيئة و تقضي على أنواع مفيدة من الكائنات الحية .

٢-وقف ظاهرة انقراض الحيوانات و النباتات : حيث يفيد تفهم الشبكة الغذائية في معرفة المفترسات و آكلات الأعشاب التي تتغذى على الأنواع النادرة أو المهددة بالانقراض و بالتالي حماية هذه الأنواع و كذلك وضع المعايير البيئية و خصوصا من الناحية الغذائية لإعادة الحيوانات المنقرضة إلى شبكة غذائية معينة .

٣-توفير مؤشرات للسماح بنقل أو عدم نقل نوع معين من الكائنات الحية إلى بيئة جديدة و بالتالي تقدير ما تسببه هذه العملية من إخلال في التوازن البيئي . و من الأمثلة على ذلك ما حدث في أستراليا ، ففي عام ١٧٨٨ م أدخل إليها ثلاثة أرانب انفاق لم تكن أستراليا تعرفها من قبل و نتيجة لتوفر الغذاء و موارد المعيشة لهذه الأرانب و لعدم وجود تفاعلات سلبية كالنتافس و الافتراس مع حيوانات أخرى فقد ازداد عددها بشكل هائل خلال مدة قصيرة حيث أصبح عددها في سنة ١٩٥٠م حوالي ٧٥٠ مليون أرنب قضت على الغطاء النباتي و أثرت على توزيع العديد من الكائنات الحية التي كانت تعيش هناك و للسيطرة على هذه الأعداد الكبيرة طبق مفهوم مكافحة البيولوجية عن طريق حقن هذه الأرانب بفيروس مميت مما أدى إلى انتشار المرض بينها و بالتالي تخفيف أعدادها بنسبة ٨٠-٩٠% خلال ٣ سنوات فقط .

٤-تتبع تراكيز المواد السامة المتراكمة في أجسام الكائنات الحية فقد لوحظ أن هناك زيادة في تركيز بعض المواد المشعة و المبيدات في أجسام الكائنات الحية بشكل تصاعدي في السلسلة الغذائية . فمثلا لوحظ تضاعف في تركيز الفوسفور المشع في أجسام الكائنات الحية بمقدار ٢ مليون مرة عنه في مياه الأنهار و كذلك لوحظ زيادة في تركيز مركب (D.D.T) الذي استعمل للقضاء على البعوض في المستنقعات في أجسام الكائنات الحية حيث تكون نسبته غير ضارة في الماء و لكنها ستصبح ضارة كلما ارتفعت نحو الأعلى في السلسلة الغذائية نتيجة تراكمها و يحصل هذا لمركبات الزئبق و يعرف هذا بظاهرة الاغتناء الحيوي (Biological magnification) (الشكل ٣-٣) .



(Campbell 1992)

الشكل (٣-٣) ظاهرة التضخم البيولوجي لمركب DDT

٦-٣ الأهرامات البيئية (Ecological Pyramids) :

اعتاد علماء البيئة التعبير عن عدد الكائنات الحية أو كتلتها أو كمية الطاقة المخزنة بها بصورة أهرام تعرف بالأهرام البيئية و لقد وضع علماء البيئة ثلاثة نماذج رئيسية لتفسير الأهرامات البيئية (الشكل ٣-٣) و هي :

أهرامات العدد (Pyramids of numbers)

يعود هذا المفهوم إلى العالم (Elton ; 1927) و فيها تمثل كل حلقة من السلسلة الغذائية بمستطيلات ارتفاعها واحد و لكن يختلف طولها حسب عدد الأفراد عند كل مستوى و تظهر النتائج دائما على شكل هرم يمثل رأسه المستهلكات العليا و قاعدته الكائنات المنتجة . و نلاحظ تناقصا في أعداد الأفراد بدءا من المستويات الأولى و حتى المستويات الأخيرة و كذلك ازدياد حجم الأفراد و تناقص عددها .

توجد بعض الاستثناءات كما في حالة العناكب و الأفاعي و الذئاب التي يمكنها اصطياد فرائس أكبر منها حجما كالغزلان و الأيائل مثلا .

لا تقدم أهرامات العدد أي فكرة عن الكمية أو الوزن و لذلك لا يلجأ إليها الباحثون إلا في حالات خاصة كما أنها تعطي نفس الأهمية لكل الأفراد مهما كان حجمهم أو وزنهم .

تتميز أهرامات العدد بما يلي :

- يفوق عدد الحيوانات صغيرة الحجم عدد الحيوانات كبيرة الحجم كما أن تكاثرها يتم بسرعة أكبر .
- هناك حد أدنى و حد أعلى لحجم الفرائس التي تتغذى عليها الحيوانات اللاحمة و خاصة العليا منها . فالحد الأعلى يحدده كون المفترس غير قادر على افتراس حيوانات أكبر منه بالحجم أما الحد الأدنى فيحدده كون الطرائد لا تقي بحاجة الحيوان المفترس ، و من الصعب على المفترسات اصطياد أعداد من الفرائس لسد حاجتها من الغذاء و ذلك لأن لأعدادها غير كافية أو أن ذلك يحتاج على وقت طويل و هذا يفسر زيادة حجم المفترسات و قلة عددها عند الانتقال من مستوى إلى آخر .

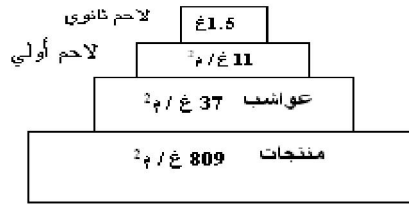
أهرامات الكتلة الحية (Pyramids of Biomass) :

و هو نموذج آخر من التمثيل حيث توضع فيه الكتلة الحية للأفراد التابعين لكل مستوى غذائي بمستويات ارتفاعها واحد لكن يختلف طولها باختلاف الكتلة الحية الجافة عند كل مستوى ، و يتكون لدينا هرم قاعدته المنتجات و قمته المستهلكات العليا ، و لأهرامات الكتلة الحية فائدة أساسية في الدراسات البيئية إذ إنها تدل على كمية المادة الحية الموجودة في كل مستوى غذائي ، و لكن توجد بعض الانتقادات لها و منها :

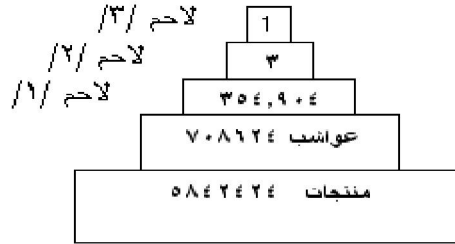
- تعطي نفس الأهمية لكافة الأنسجة عند الحيوانات المختلفة التي تتميز بتركيب كيميائي مختلف و بالتالي لها قيمة مختلفة من الطاقة .
- لا تأخذ بالحسبان عامل الزمن ، إذ إن الكتلة الحية المقاسة يمكن أن تكون قد تراكمت خلال بضعة أيام أو خلال عشرات السنين كما هو الحال في الغابات .
- لا توضح دور البكتيريا المفككة لأن لها كتلة حيوية منخفضة جدا إلا أنها شديدة الاستقلاب .

أهرامات الطاقة (Pyramids of Energy) :

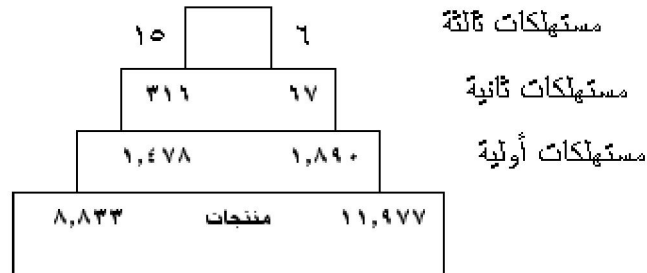
و تعتبر هذه الأهرامات عن انسياب الطاقة في الشبكات الغذائية حيث تتناقص الطاقة تصاعديا نحو القمة للهرم و فيها تمثل كل مستوى غذائي بمستطيل يتناسب طوله مع كمية الطاقة المتجمعة عند هذا المستوى في وحدة الزمن و المساحة ، و لأهرامات الطاقة دائما شكل مثلث تحتل قمته المستهلكات العليا و هذا النموذج لا يمكن قلبه و هو مثالي لتمثيل الأهرامات البيئية ويمكن تطبيقه في جميع البيئات المائية و البرية و يعود سبب نجاح هذا النموذج كونه يسير على مبدأ قانون الترموديناميك الثاني و الذي ينص على أن جزءا من الطاقة يفقد كلما تحولت من شكل إلى آخر .



أهرامات الكتلة الحية في الينابيع الحارة silver springs



أهرامات العدد في مرج من التجليات



أهرامات الطاقة في الينابيع الحارة silver springs في نظام بيئي نهري

الشكل (3-3) الأهرامات البيئية (Arms and camp , 1982)

٧-٣ الإنتاجية البيئية : Ecologicql Productivity :

٣-٧-١ الإنتاجية الأولية (Primary Productivity) :

يرتبط موضوع الإنتاجية بشكل أساسي بالمنتجات التي تستخدم طريقة البناء الضوئي أو البناء الكيميائي في توفير الطاقة و تخزينها على شكل مواد عضوية .
هذه المواد العضوية المخزنة في أنسجة الكائنات الحية المنتجة تسمى بالإنتاجية الأولية (Primary Productivity) والتي يمكن تعريفها بأنها معدل تخزين المادة العضوية الناتجة عن نشاط الكائنات الحية المنتجة في عمليتي التمثيل الضوئي والكيميائي في صورة مواد عضوية يمكن أن تستخدم على صورة مواد غذائية (Odum 1959) .
و يجب أن نميز بين نوعين من الإنتاجية الابتدائية :

- الإنتاجية الابتدائية الإجمالية (Gross Primary Productivity) التي تعني الإنتاج الكلي للمادة العضوية في وحدة مساحة و في وحدة زمن ، بما في ذلك الطاقة الضائعة على شكل تنفس (Respiration) و بمعنى آخر هي معدل عملية التركيب الضوئي في مساحة معينة و زمن معين . و تتباين إنتاجية النظم البيئية المختلفة من ٠.٥ غ مادة عضوية/م^٢/يوم إلى ما يقارب ٢٠ غ مادة عضوية/م^٢/يوم .
- الإنتاجية الأولية الصافية (Net Primary Productivity) و هي عبارة عن المقدار المتبقي من المواد العضوية في أنسجة المنتجات بعد استيفاء الاحتياجات اللازمة لتنفس النبات .

الإنتاجية الأولى الصافية = الإنتاجية الأولية الإجمالية - معدل التنفس

و تقاس الإنتاجية عن طريق حصاد المحصول المتكون في وحدة المساحة و خلال فترة زمنية معينة و من ثم حساب كتلته الحيوية (Biomass) و يقدر علماء البيئة أن الإنتاجية الصافية في الطبيعة تشكل حوالي ٥% من الإنتاجية الإجمالية في النظم البيئية المختلفة ، وتجدر الإشارة إلى أن مصطلحا الكتلة الحية (Biomass) والمحصول القائم (standing crop) مترادفين تقريباً ويشيران إلى وزن الكائنات الحية في زمن معين ولكن الفرق الرئيسي بين الإنتاجية و الكتلة الحية أو المحصول القائم هو أن الإنتاجية هي معدل مرتبط بفترة زمنية محددة من الزمن ، بينما تشير الكتلة الحية و المحصول القائم إلى كميات مقدره عند نقطة محددة من الزمن ، و يلاحظ أن الإنتاجية الأولية تتأثر بشكل خاص بعوامل عديدة أهمها درجة الحرارة و الهطول لذا

نجد أن أكثر النظم البيئية إنتاجية هي الغابات الاستوائية بينما تعتبر الصحارى و المناطق القطبية هي الأقل إنتاجية في الأنظمة البيئية .

٣-٧-٢ الإنتاجية الثانوية أو إنتاجية المستهلكات (Secondary Productivity)

تستهلك المستهلكات و المحلات الإنتاجية الصافية المتوفرة في بيئتها و بالتالي تتدفق الطاقة عبر كائنات أخرى و هنا يعبر عن الطاقة المخزنة في مستوى المستهلكات الثانوية و المحلات بالإنتاجية الثانوية .

و من الطبيعي أن تكون أقل مما هي عليه في الإنتاجية الأولية نتيجة تبعض الطاقة عند الانتقال من مستوى غذائي إلى مستوى غذائي آخر و كذلك بسبب الاستهلاك الذي حصل في المستوى الغذائي الأول حسب القانون الثاني من قوانين الترموديناميك .

أما العوامل التي تحدد الإنتاجية الثانوية فهي نوعية الغذاء و كمية الغذاء و تواجد الغذاء و يمكن استعمال عدة مقاييس لدراسة الإنتاجية الثانوية مثل قياس فعالية المستهلك في استخدام الطاقة من الطعام المستهلك و هي نسبة التراكم (A) (Assimilation) (مقدار ما يتراكم في الأنسجة الحية من مواد عضوية مبلعة) إلى الطعام المبتلع (I)

$$\frac{A}{I} \quad \text{أي}$$

٣-٨- الكفاءات البيئية (Ecological Efficiencies)

و تعرف على أنها النسبة المئوية للكتلة الحية الناتجة من مستوى غذائي معين و التي ستدخل في الكتلة الحية للمستوى الذي يليه و تختلف هذه الكفاءة باختلاف النوع أو الجماعات أو المستوى الغذائي .

فمثلا كفاءة النمو تكون أكبر في الحيوانات كبيرة الحجم و الصغيرة العمر عن الحيوانات صغيرة الحجم و المتقدمة في العمر .

و تكون كفاءة الامتصاص الغذائي أعلى منها في اللواحم منها في العواشب ، و من المفيد إعطاء مثال من أجل توضيح الكفاءة البيئية .
 ففي دراسات أودوم (Odum) لنظام بيئي مائي وجد أن كمية الطاقة الشمسية التي تصل إلى النباتات تعادل ١٧٠٠٠٠٠٠ كيلو حريرة/ م^٢/سنة و من هذه الكمية لم تحول النباتات عن طريق التركيب الضوئي سوى ٢٠٨١٠ كيلو حريرة/ م^٢/سنة ، الشكل (٣-٤) .

الطاقة المثبتة في المستوي الغذائي ن

أى أن الكفاءة البيئية للمنتجات = -----

الطاقة المثبتة في المستوي الغذائي ن-١

٢٠٨١٠

% ١.٢ = ----- =

١٧٠٠٠٠٠٠

و يستهلك التنفس ٥٨% من الطاقة المثبتة و يبقى فقط ٤٢% و هي الطاقة المتاحة للكائنات المستهلكة ، و لو تابعنا في المثال السابق إلى ما هو أبعد من الكائنات المنتجة لكي نتابع تدفق الطاقة في جميع المستويات الغذائية نرى أن العواشب تستهلك طوال العام ٣٣٦٨ حرة/ م^٢ و هذا يمثل إنتاجها الكلي و بالتالي فإن الكفاءة البيئية في مستوي الحيوانات العاشبة هي :

٣٣٦٨

% ١٦ = -----

٢٠٨١٠

أما النسبة الباقية و هي ٨٤% فتضيع بالتنفس أو تستهلك من قبل الكائنات المفككة .

من الشكل نلاحظ انخفاض الإنتاج الصافي من المستوى الغذائي إلى المستوى الذي يليه كما

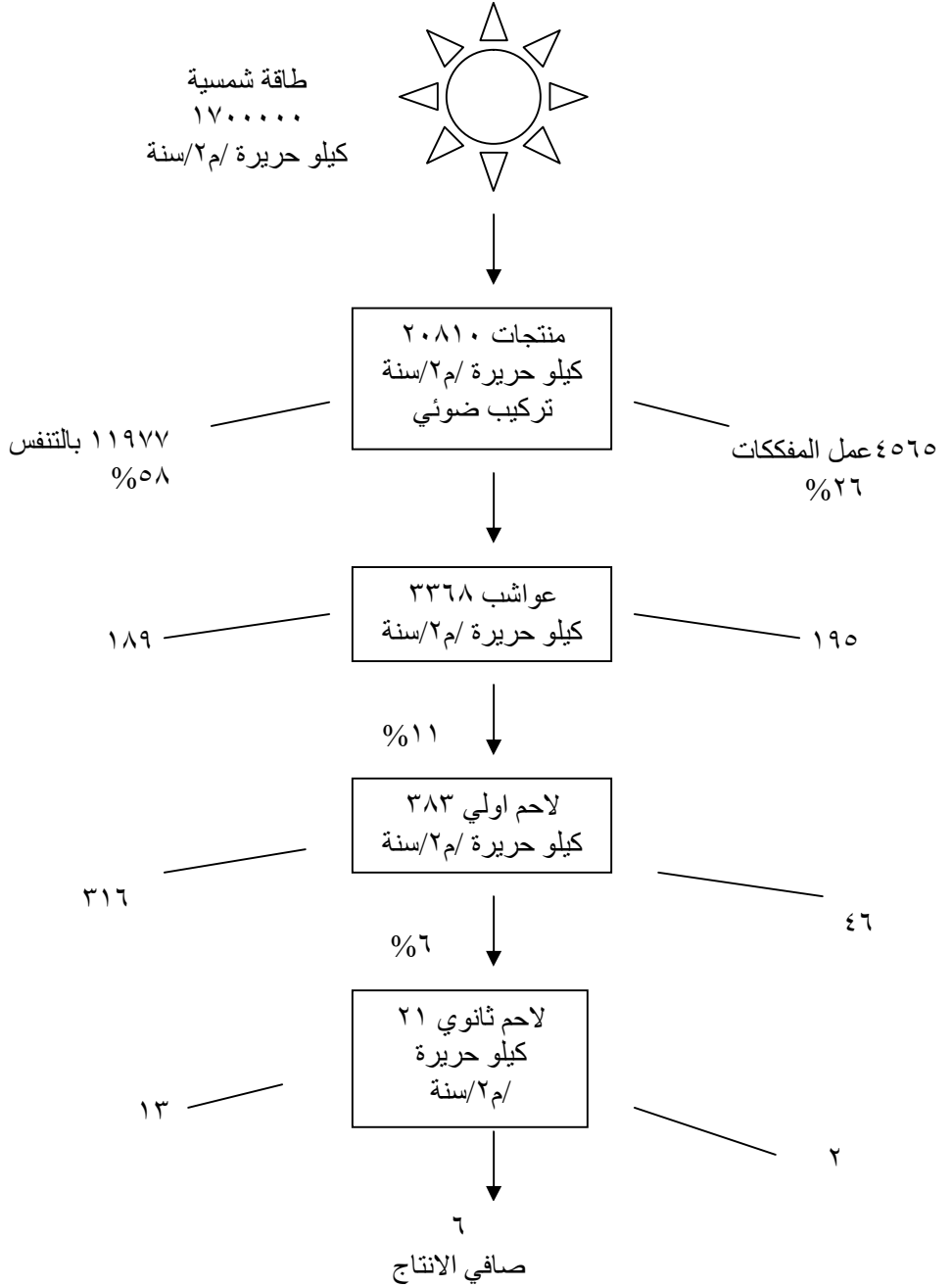
يبين أن الكفاءة البيئية في مستوى الحيوانات اللاحمة الأولية .

$$11\% = \frac{383}{3368}$$

و في مستوى اللواحم العليا

$$6\% = \frac{21}{383}$$

و هكذا يمكن أن نستنتج أنه كلما كانت السلسلة الغذائية قصيرة أي كلما كان المستهلك قريب من بداية السلسلة كانت الطاقة التي يمكن الحصول عليها أكبر و ذلك حسب القانون الثاني من قوانين الترموديناميك .



الشكل (٣-٤) الكفاءة البيئية لنظام بيئي مائي حسب اودم

الفصل الرابع

الدورات البيوجيوكيميائية

Biogeochemical Cycle of Elements

يوجد في الطبيعة حوالي ١٠٩ من العناصر الكيميائية المعروفة حتى الآن منها ما يقارب ٤٠ عنصراً تستخدمها الكائنات الحية كعناصر هامة لحياتها ، وتحتاج الكائنات الحية إلى بعض هذه العناصر بكميات كبيرة نوعاً ما وتعرف باسم العناصر الكبرى منها : الكربون، الهيدروجين، الأوكسجين، النتروجين، البوتاسيوم، وتحتاج إلى البعض الآخر بكميات ضئيلة جداً وتسمى العناصر الصغرى منها الزنك ، البورون ، الحديد، المغنسيوم.....الخ

تدور العناصر في الطبيعة من المكونات غير الحية إلى المكونات الحية ثم إلى المكونات غير الحية على شكل دورة (تدور من خلال الهواء والماء والتربة والصخور والرسوبيات والكائنات الحية).

يطلق على عملية تحرك العناصر من المكونات غير الحية إلى المكونات الحية للنظام البيئي ، و من ثم عودتها من جديد إلى الجزء غير الحي الدورات البيوجيوكيميائية وتوضح الدورات البيوجيوكيميائية حركة العناصر الغذائية في الأنظمة البيئية وكل دورة من هذه الدورات يمكن أن تقسم إلى قسمين : الأول: قطب التخزين وهو الجزء الأكبر من الدورة ويكون بطيء التحرك ويشمل المكونات غير الحية

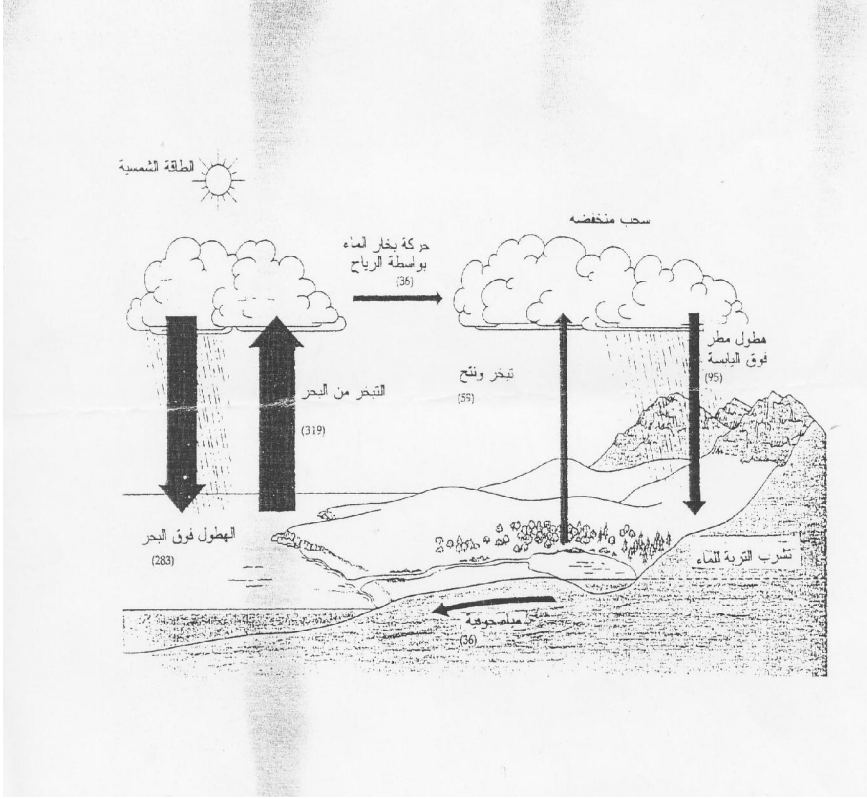
الثاني: قطب الدوران ويمثل الجزء الأصغر من الدورة الذي ينساب بين الكائنات الحية . وتوجد في الطبيعة دورتان رئيستان : الدورة الغازية والدورة الرسوبية .

٤-١ الدورة الغازية (The gaseous cycle):

تشمل الدورة الغازية دورات الكربون، النتروجين، الأوكسجين ، الهيدروجين والماء تعد الدورة الغازية أكثر كمالاً من الدورة الرسوبية ، نظراً لأن الدورة الغازية تسير بسرعة أكبر وهذا يعود إلى أن فترة بقاء عناصر الدورة الغازية في المستودعات تكون أقل كما أن الدورات الغازية تعتبر مكتملة الدوران ، قطب التخزين في الدورة الغازية الجو أو المحيطات.

١-١-٤ دورة الماء (The water cycle):

يعتبر الماء من أهم المصادر المتوافرة على سطح الأرض وفي داخلها وفي الغلاف الغازي والماء من المصادر الأساسية لحياة جميع أنواع الكائنات الحية ،وتغطي مياه المحيطات والبحار حوالي ٧٠,٨% من المساحة الكلية للكرة الأرضية الشكل (١-٤) .



الشكل (١-٤) دورة الماء في الطبيعة

وتتميز المياه بحركتها المستمرة في الطبيعة بفعل الطاقة الشمسية والجاذبية الأرضية إذ تقوم الأشعة الشمسية بتبخير حوالي مليار م^٣ من الماء من المسطحات المائية في الدقيقة ، حيث يتصاعد بخار الماء إلى الغلاف الغازي مكونا السحب التي تسقط منها الهطولات على سطح الكرة الأرضية ، بعد ذلك يكون مصير الماء إحدى الطرق التالية :

-يتدفق القسم الأكبر من المياه على شكل مياه سطحية بحكم الجاذبية الأرضية مكونا جداول صغيرة (جريان سطحي) تتجمع في أودية و أنهار تذهب إلى المياه السطحية (بحيرات ومحيطات وبحار) لتتبخر من جديد وتعود إلى طبقات الجو مغلقة بذلك الدورة. تعتمد كمية المياه الجارية على سطح الأرض على عدة عوامل من أهمها كمية وغزارة مياه الأمطار ونوعية التربة والغطاء النباتي .

-يتغلغل قسم من المياه باتجاه الجاذبية الأرضية مغذيا بذلك المياه الجوفية وتعود هذه المياه إلى الدورة من جديد عند استعمالها في مختلف الأغراض . وقد يبقى قسم منها محتجزا لفترات طويلة .

-تم الاستفادة من قسم من هذه المياه من قبل الكائنات الحية في بناء الكتلة الحية ، وتعود إلى الدورة بعد موتها وتحلل المواد العضوية
-يتم حجز بعض هذه المياه في الجليديات .
تقوم دورة الماء بعمل مهم في تنقية المياه وتزويد الكائنات الحية بالمياه وتجوية الصخور ونقل الرسوبيات وتشكيل المنظر الطبيعية (land scape).

تأثير الإنسان على دورة المياه :

يقوم الإنسان من خلال استعماله المختلفة للمياه باستنزاف وتلويث مصادر المياه وبالتالي الإخلال بهذه الدورة ومن الأمثلة على ذلك :

- ١- أن استعمالات المياه المفرطة خصوصا في محطات توليد الطاقة لأغراض التبريد وغير ذلك من الاستخدامات إضافة إلى بناء السدود الضخمة تساهم في تبخر قسم كبير من المياه وبالتالي زيادة نسبة بخار الماء في التروبوسفير وإحداث تغيرات مناخية
- ٢- زراعة المناطق الجافة بمحاصيل زراعية غريبة عن هذه البيئة ، وذلك باستخدام كميات هائلة من المياه الجوفية في عمليات الري ساهم في استنزاف هذه المياه وزيادة نسبة بخار المياه في التروبوسفير وبالتالي حدوث تغيرات مناخية .
- ٣- استعمالات الإنسان المختلفة للمياه دون أخذ الاحتياطات اللازمة لحمايتها اسهم في تلويث مصادر المياه مما أدى إلى إحداث أضرار جسيمة في صحة وسلامة البيئة .

٤-١-٢- دورة الكربون (the carbon cycle):

يعد الكربون المكون الأساسي للمواد العضوية وبذلك يرتبط بتبادلات الطاقة ، تتوافر مستودعات الكربون الرئيسية على كوكب الأرض في المناطق التالية :

-في الطبقة العلوية من الغلاف الصخري في الصخور الرسوبية (metamorphic rocks) التي أهمها الحجر الزيتي (oil shale) والفحم الحجري (coal) والصخور المتحولة الكلسية و الكلسية المارنية كما يتوافر الكربون في الغاز الطبيعي والبتترول

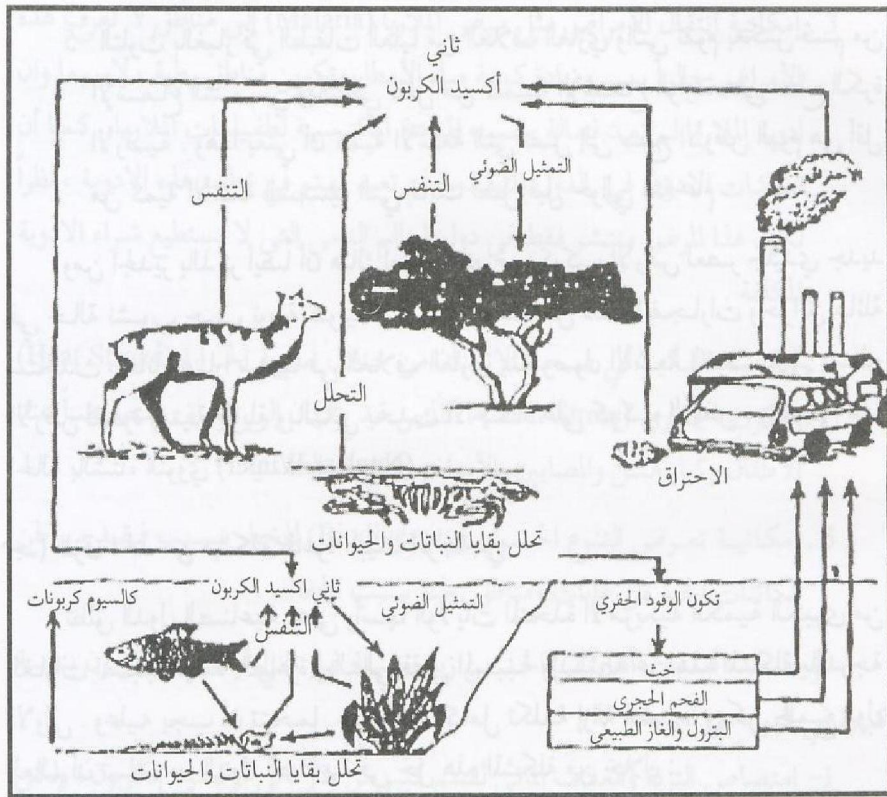
-في البحار والمحيطات على شكل كربونات ذائبة في الماء ورواسب بحرية .

-في التربة على شكل مواد عضوية وهواء تربة وكائنات حية نباتية وحيوانية ودقيقة.

-في طبقة التربوسفير من الغلاف الغازي على شكل غاز ثاني أكسيد الكربون CO2 تبدأ دورة الكربون بأن تقوم النباتات والطحالب الخضراء بأخذ CO2 من الهواء المحيط وتقوم بعملية التمثيل الضوئي وإنتاج المركبات العضوية ، وتتوقف في أثناء الليل عملية التمثيل الضوئي ويحل محلها عملية التنفس وينتج عن ذلك CO2 الذي يعود إلى الغلاف الجوي ثانية

ويترتب على عملية تجوية الصخور الرسوبية التي أسهمت في تكوينها المواد العضوية عودة قسم من الكربون المثبت إلى الغلاف الغازي ، حيث تأخذ الكائنات ذاتية التغذية من جديد .

تجدر الإشارة إلى أن لكل جزء من دورة الكربون أهمية خاصة فإذا قضي على النباتات الخضراء والطحالب الخضراء مثلا لا يمكن أن يخرج من المستودع الجوي ولو قضي على الكائنات الحية المحللة فإن المادة العضوية الناتجة عن مفرزات الكائنات الحية وعن بقايا أجسامها ستتراكم بسرعة ولا يعود الكربون إلى الغلاف الغازي وبذلك تختل الدورة الشكل (٤-٢) .



الشكل (٤-٢) دورة الكربون في الطبيعة

تأثير الإنسان على دورة الكربون :

أدت الأنشطة البشرية المختلفة وخاصة في المائة سنة الأخيرة إلى إحداث تغييرات في دورة الكربون من خلال زيادة كمية CO_2 التي تنتج عالمياً عن حرق الوقود الحفري وحرق الغابات والأعشاب ، كما ساهم قطع الغابات في الحد من امتصاص وربط CO_2 في الأنسجة النباتية بعد أن يستقبل سطح الكرة الأرضية أشعة الشمس يعكس قسم كبير من هذه الأشعة على شكل أشعة تحت الحمراء (infra red) لتجنب ازدياد درجة حرارة سطح الأرض وعند زيادة نسبة CO_2 في الغلاف الغازي (نسبة CO_2 في الهواء حالياً 0.03 % أي حوالي 300 ppm وتزداد سنوياً حوالي 0.2 %) تقل نسبة معدلات الأشعة تحت الحمراء المعكوسة من الأرض إلى الفضاء الخارجي وبالتالي تتجمع في الغلاف الغازي وهذا يعود إلى خصائص غاز CO_2 في امتصاص الأشعة تحت الحمراء الذي يؤدي إلى رفع درجة الحرارة للغلاف

الغازي وبالتالي رفع درجة حرارة الأرض وإحداث تغيير في المناخ العالمي وتسمى ظاهرة البيت الزجاجي أو الدفيئة الزجاجية (greenhouse effect) وتساهم في ظاهرة البيت الزجاجي ما يعرف بغازات البيت الزجاجي وهي إضافة إلى غاز CO₂ - الميثان - أكاسيد الأوزون ومركبات الكلور والفلور العضوية (CFCs) وبخار الماء وغيرها . هذا وكانت نسبة مساهمات غازات البيت الزجاجي في تسخين كوكب الأرض خلال عقد الثمانينيات من القرن المنصرم كالتالي :

CO ₂	61%
غاز الميثان	15%
أكاسيد النتروجين	10%
مركبات الكلور والفلور العضوية	9%
بخار الماء	4%

وجميع هذه الغازات تمتص الأشعة تحت الحمراء المنعكسة من على سطح الأرض لذلك تعمل على شكل مصيدة لهذه الغازات

هذا وقد تنبأت اللجنة الدولية للمناخ إلى أنه إذا بقيت انبعاثات غازات البيت الزجاجي على ما هي عليه اليوم ، فإن معدل ارتفاع درجة الحرارة العالية ستكون ما بين ١,٦ - ٤,٥ م وقد اقترح وزراء الاتحاد الأوروبي عام ١٩٩١ ضريبة الكربون اعتبارا من عام ٢٠٠٠ م وذلك للحد من انطلاق CO₂ وتحسين كفاءة استخدام الطاقة كما وقع العالم سنة ١٩٩٢ م اتفاقية حماية المناخ العالمي وذلك للحد من انبعاث غازات البيت الزجاجي وفي سنة ١٩٩٧ م قام ممثلون عن ١٦٦ دولة بوضع بروتوكول كيوتو (Kyoto protocol) من أجل خفض نسبة انبعاث CO₂.

وفي سنة ٢٠٠١م تم توقيع اتفاقية كيوتو التي تحدد حصة الغازات التي يسمح لكل دولة إطلاقها لكن الولايات المتحدة رفضت التوقيع علما أنها أكبر دولة ملوثة في هذا الصدد .

الأضرار المتوقعة من الإخلال بدورة الكربون :

قد تصبح ظاهرة البيت الزجاجي من أهم العوامل المحددة لنمو سكان العالم وذلك من خلال الأضرار التالية:

٣- انصهار كمية كبيرة من جليد القطبين مما يسبب ارتفاع منسوب البحار وتغيير نسبة الأملاح الذائبة فيها وغمر عدد من المدن الساحلية والقضاء على دلتا الأنهار وسهول الفيضانات وتحرير CO₂ المحتجز في الجليد والعودة إلى التبروسفير

- ٤- إمكانية اختلال الأنظمة الإنتاجية الزراعية في العالم بسبب زيادة كمية الأمطار في بعض المناطق في حين قد تتأثر مناطق أخرى بالجفاف والتصحر وهذا يعني أن تغيير نظام سقوط الأمطار قد يؤدي إلى حدوث نقص في الغذاء
- ٥- إمكانية انتقال الأمراض مثل الملاريا إلى مناطق لا تعرف هذه الأمراض حالياً بسبب زيادة كمية الأمطار الهائلة وتكوين مناطق رطبة
- ٦- إمكانية تعرض التنوع الحيوي (biodiversity) للخطر بسبب فقد مواطن الكائنات الحية من غابات ومناطق رطبة بسبب الجفاف
- ٧- إمكانية التأثير في صحة الإنسان من خلال ضربة الشمس، لكن هناك عدة أسباب أدت إلى الحد من زيادة نسبة CO2 في الجو بنسبة كبيرة من أهمها :
- ١- امتصاص التربة والغلاف المائي لقسم من CO2
 - ٢- عدم تحلل جميع المواد العضوية في فترة قصيرة من الزمن بل تحولها إلى دبال يتحلل ببطء أو البقاء كما يحدث لقسم كبير من المواد العضوية الموجودة في المستنقعات على شكل تورب
 - ٣- تأخذ العديد من أنواع الحياة البحرية كربونات الكالسيوم من المياه لبناء أصدافها وعند موتها يترسب قسم كبير منها على شكل ترسبات بحرية وقد تتحول إلى صخور رسوبية
 - ٤- التلوث بالغبار في طبقات الجو العليا والتي تقوم بعكس قسم من الإشعاع الشمسي وبالتالي تقلل من كمية الإشعاع الوارد على سطح الكرة الأرضية وهذا يعني أن كمية الأشعة التي تصل إلى سطح الأرض اليوم هي أقل من كمية الأشعة التي كانت تصل قبل حوالي مئة عام .
 - ٥- وجود الطحالب الخضراء التي تقوم بربط كميات كبيرة من المواد العضوية وقسم كبير منها يترسب في قاع البحار والمحيطات

٤-١-٣- دورة النيتروجين (The nitrogen cycle):

يشكل غاز النيتروجين حوالي ٧٨% من حجم الهواء الجاف وهو غاز خامل عديم الفائدة لمعظم الكائنات الحية ومن أجل الإستفادة من النيتروجين المتوفر في الغلاف الغازي بكميات كبيرة لابد من تحويل هذا الغاز الخامل إلى مركبات نيتروجينية تستطيع الكائنات الحية من الإستفادة منها وعملية التحويل تسمى تثبيت النيتروجين (nitrogen fixation)

يدخل النتروجين في تركيب المركبات العضوية مثل البروتينات (protein) اليوريا (urea) الببتيدات (peptide) والمركبات غير العضوية من أمونيا (ammonia) أمونيوم (ammonium) نترت (nitrite) نترات (nitrate)

يتم تثبيت النتروجين الجوي بطريقتين :

١- التثبيت الفيزيائي (الجوي) physical fixation :

هي عملية فيزيائية تنتج عن التأثير المؤين للبرق على غاز N₂ الذي يتحول إلى نترات No₃ والتي بدورها تتساقط مع مياه الأمطار على التربة والمياه السطحية . وتتوقف الكمية المثبتة بهذه الطريقة على الظروف المناخية وتتراوح عموماً بين ١٠ - ٢٠ كغ / هـ / سنة .

٢- التثبيت الحيوي (Biological fixation) :

تعيش في التربة والمياه بعض أنواع البكتيريا والطحالب التي تدعى مثبتات النتروجين الجوي الخامل (N₂) إلى مركبات تستطيع النباتات الخضراء الاستفادة منها مثل النترات No₃ الذي يعتبر أهم مصدر نتروجيني للنبات على الإطلاق وذلك لسهولة امتصاصه ومن أهم الكائنات الحية المثبتة للأزوت :

أ- كائنات حية تعيش حرة في التربة والمياه (freelifving) ومن أهمها Azotobacter وكلوستريديوم clostridium ويتبع هذه المجموعة بعض أنواع الطحالب الخضراء المزرقة bluegreen algae التابعة للأجناس : نوستوك Nostoc واناينا Anabaena و Claothrix والكمية التي تقوم بتثبيتها هذه الأنواع حوالي ٥ - ١٠ كغ / هـ / سنة .

ب - البكتيريا تكافلية المعيشة bacteria symbiotic مثل الرايزوبيوم Rhizobium المسؤولة عن التكافل مع البقوليات حيث تقوم بتحويل غاز النتروجين إلى أيونات الأمونيوم (NH₄) وتتم العملية في العقد الجذرية (Root nodules) لهذه النباتات والكمية المثبتة بهذه الطريقة حوالي ٢٠٠ - ٥٠٠ كغ / هـ / سنة أزوت

وتقوم البكتيريا التكافلية باختراق شعيرات جذور النبات محدثة عقداً جذرية حيث تعيش فيها وتقدم للنبات النتروجين في حين تقدم النبتة لها المواد العضوية اللازمة لحياتها وتعتمد الكمية المثبتة على عدة عوامل تشمل البكتيريا والظروف البيئية السائدة لذلك لا تحتاج البقوليات لأسمدة آزوتية وعند استعمال الأسمدة الأزوتية تكون هناك نتائج سلبية على عملية التثبيت وتلعب عملية التثبيت الأزوتي في البقوليات دوراً هاماً في إنتاج البروتين في العالم لاسيما أن الأسمدة النتروجينية مكلفة وتساهم في تلوث البيئة

ج- أنواع من الفطريات البسيطة *Actionmycetes* التي تعيش في تكافل مع بعض أنواع أشجار الغابات التابعة للفصائل التالية : *Salicaceae* , *Casuarinaceae* , *Fagaceae* و الزيزفون *Elaeagnus* و النغت *Alnus* .

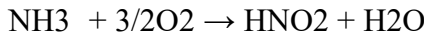
يوجد العديد من الأبحاث التي تحاول تطوير حياة تكافلية بين الأنواع المثبتة للنتروجين والمحاصيل الاقتصادية مثل القمح وفي حال نجاح هذه المحاولات ستقل حاجة الإنسان إلى الأسمدة النتروجينية وسيزداد معها إنتاج الغذاء في العالم ويقل التلوث واستنزاف مصادر الثروة - تبدأ دورة النتروجين (الشكل ٤-٣) عندما تقوم النباتات الخضراء بامتصاص النتروجين المثبت على شكل أيونات النترات السالبة أو أيونات الأمونيوم الموجبة بواسطة الأوبار الماصة حيث تستعملها في بناء الأحماض الأمينية ثم البروتينات ومن ثم تأتي المستهلكات وتتغذى على المنتجات فتحول البروتينات النباتية إلى بروتينات حيوانية - بعد موت هذه الكائنات يجري تفكك البقايا العضوية إلى عناصرها الأولية تحت تأثير عمل المحللات وذلك على ثلاثة مراحل :

١ - التفسخ : حيث تتفسخ البقايا العضوية تحت تأثير العفونات مثل الفيوزاريوم والبكتيريا فتحول البروتينات إلى أحماض أمينية ونواتج أخرى كالماء وثاني أكسيد الكربون وكبريت الهيدروجين والأمونيا . . . وفي النهاية يتشكل الدبال وتزداد سرعة التفسخ مع ازدياد درجة حرارة الوسط وارتفاع نسبة الرطوبة

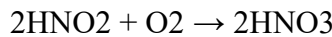
٢ - النشطرة *Ammonification* : وينتج عنها تشكل أملاح النشادر اعتباراً من الأحماض الأمينية والبولية ، فالكائنات الحية الدقيقة المسؤولة عن النشطرة تكون تابعة للأجناس *pseudomonas, bacillus* وينتج كمية كبيرة من النشادر NH_3 أما في الأوساط الحامضية فإن نشاط البكتيريا يكون ضعيفاً وتكثرت النشطرة هنا ناتجة عن نشاط الميكوريزا الخارجية *Mycorrhizes*

٣ - النترجة *Nitrification* : فيها يتأكسد النشادر NH_3 إلى حمض النتريت HNO_2 ثم حمض النترات أو الازوت HNO_3 على مرحلتين هما :

* النترزة *Nitrosation* : يتحول النشادر إلى حمض النتريت ثم إلى نترت باتحاده مع قواعد التربة والبكتيريا المسؤولة عن النترزة من جنس *Nitrosomonas* وذلك حسب المعادلة :



* النتررة *Nitratation* : يتأكسد حمض النتريت والنتريت إلى حمض النترت و نترات والبكتيريا التي تقوم بذلك تابعة للجنس *Nitrobacter* حسب المعادلة :



هناك شروط تتحكم في عملية النترجة :

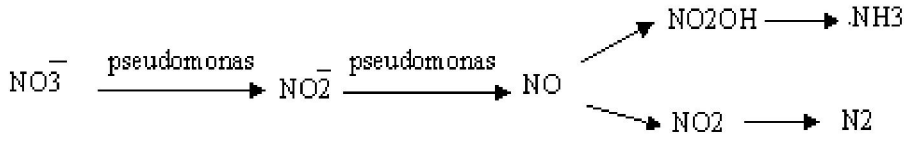
-توافر أيونات الأمونيوم فإذا كانت تراكيز ايونات الأمونيوم قليلة كانت عملية النترجة محدودة والعكس صحيح

-توافر التهوية الجيدة يساهم في الإسراع في عملية النترجة

- توافر رقم هيدروجيني متعادل يساهم في الإسراع في عملية النترجة

-توافر درجات دافئة وحتى ٤٠ م° تساعد على زيادة سرعة النترجة وتقل سرعتها كلما انخفضت درجة الحرارة وهذا يلاحظ في المناطق الشمالية الباردة والجبال العالية حيث البقايا العضوية تبقى مكدسة فوق سطح التربة ولا تتحلل إلا ببطء شديد وتجد النباتات صعوبة في التغذية الأزوتية

وفي الظروف اللاهوائية تختزل النترات من قبل بعض أنواع الكائنات الحية حسب المعادلة :



وتدعى العملية عكس النترجة (تطاير الازوت من التربة الزراعية) (Dentrification)

وبالتالي يفقد الأزوت من التربة ، إضافة إلى عملية عكس النترجة يمكن أن يحدث فقدان النتروجين من التربة من خلال :

- غسل النترات (leaching of nitrate) : بعد غسل التربة بمياه الأمطار أو مياه الري حيث تنتقل النترات إلى المياه السطحية والجوفية وهنا قد تعود النترات إلى الدورة من جديد إذا كانت الطيور والأسماك البحرية قد تغذت على كائنات استفادت من هذه النترات . وإذا لم تمتص النترات من قبل الطافيات النباتية أو أية نباتات مائية أخرى فإنها تقعد تدريجيا داخل رواسب بحرية عميقة ولا تعود إلى الدخول في الدورة من جديد إلا بعد كشف الطبقة الجيولوجية التي تحوي هذه الرواسب .

-تطاير الأمونيا (Ammonia volatilization) : تقعد الأمونيا من سطح التربة مباشرة بواسطة التطاير عند إضافة الأسمدة الحاوية على الأمونيوم إلى التربة القاعدية . ويزداد هذا التطاير بارتفاع درجات الحرارة ويكون فقدان الأمونيا من التربة الرملية أكثر من التربة الطينية ، نظرا لأن معادن الطين والمواد العضوية تدمص الأمونيوم ويؤدي إضافة روث

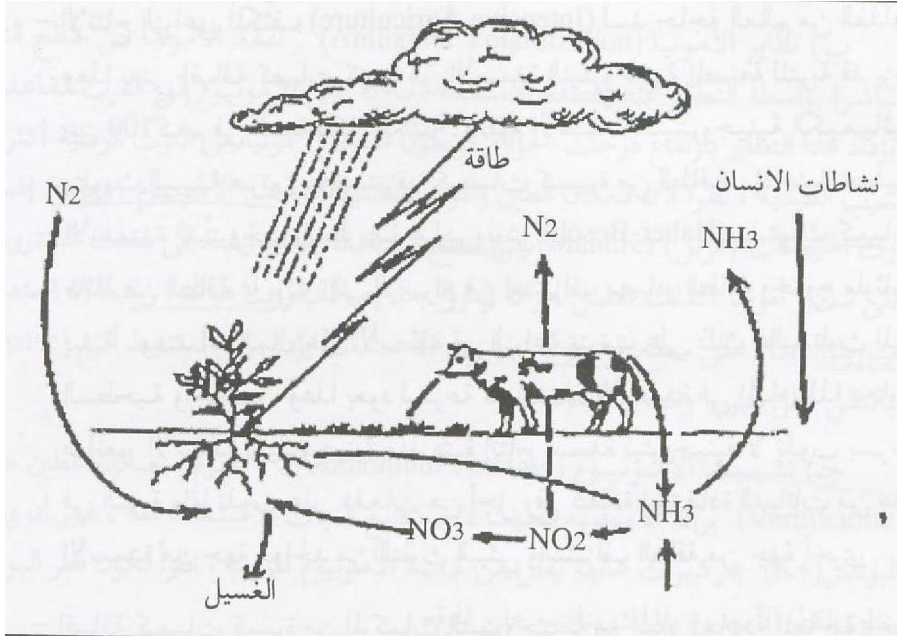
الحيوانات إلى الترب القاعدية إلى فقدان النتروجين على شكل أمونيا لذلك يفضل حراثة التربة بعد إضافة الروث مباشرة .

- تثبيت الأمونيوم (Ammonium fixation): تقوم معادن الطين مثل الفيروميكولايت

بربط الامونيوم بحيث لا يستطيع النبات الاستفادة منه.

- جني المحاصيل (plant uptake): تأخذ النباتات بالإضافة إلى المغذيات النتروجينية

من التربة وتستهلكها في بناء الخلايا والأنسجة النباتية ويقوم الإنسان بحصاد هذه المحاصيل وبيعها في الأسواق .



الشكل (٤-٣) دورة الأزوت في الطبيعة

تأثير الإنسان على دورة الأزوت : يدخل الإنسان من خلال أنشطته المختلفة

مصادر نتروجينية جديدة إلى دورة الأزوت مثل :

-الملوثات الهوائية وخاصة الناتجة عن حرق الوقود الحفري حيث تنتج كميات كبيرة من أكاسيد النتروجين قد تصل إلى حوالي ٥٠ كغ/هـ/ سنة في المناطق الصناعية وهذا مايساهم في زيادة حدة الأمطار الحامضية (Acid rain)

-الإنتاج الزراعي المكثف (Intensive agriculture): لسد حاجات العالم من الغذاء وهذا يعني إضافة كميات كبيرة من الأسمدة النتروجينية المصنعة للتربة قد يزيد عم ١٠٠ كغ/هـ/ سنة وتقوم الأسمدة الأزوتية بتلويث التربة مرتين وتستنزف كميات كبيرة من الطاقة عند تصنيعها بطريقة هابر وبوش (Haber – Boush) وبالتالي خروج ملوثات بيئية وعند استعمال هذه الأسمدة في الزراعة يترتب على ذلك غالبا تلوث المياه السطحية والجوفية وهذا يعود لسرعة ذوبان الأسمدة في المياه لذا يحاول صانعو الأسمدة الأزوتية منذ فترة انتاج أسمدة آزوتية لا تذوب بسرعة في التربة وإنما تذوب على دفعات من أجل رفع كفاءة استعادة النباتات من هذه الأسمدة من جهة أخرى والحد من التلوث البيئي واستنزاف الطاقة من جهة أخرى

-إضافة كميات كبيرة من المركبات النتروجينية مع مياه العادمة المعالجة وغير المعالجة إلى التربة ومصادر المياه .

تعتبر النترات إحدى الملوثات المائية المهمة وحسب مواصفات منظمة الصحة العالمية (WHO) يجب أن لا تزيد كمية النترات في مياه الشرب عن 45 ppm وأن لا تزيد كمية النترات التي يأخذها الإنسان في اليوم عن ٢٠٠ ملليغرام سواء بواسطة مياه الشرب والطعام معا وذلك لأن النترات تسبب مرض الإزرقاق عند الأطفال (blue baby syndrome) إضافة إلى تكوين مركبات نتروزامين المسرطنة (Nitrosamin) تتكون المركبات في بعض أنواع الأغذية المعلبة والتي تضاف إليها مركبات النترات والنتريت و في بعض المشروبات وبعض أنواع الجبن والمركبات المستخدمة وهي نتريت الصوديوم . وقد وضعت كل دولة مقاييس خاصة بها تحدد فيها القدر الذي يسمح بوجود النترات في مياه الشرب والأطعمة فمثلا فرنسا تعتبر المياه غير صالحة للشرب إذا زادت نسبة النترات فيها عن ١٠٠ ملغ /ل .

الدورات الرسوبية (The sedimentary cycle):

يقال عن الدورات الرسوبية إنها غير مكتملة لأن بعض المواد المكونة لها تنتهي داخل صخور رسوبية تخرج منها العناصر ببطء ومن ثم يصعب استئناف الدورة في حين تدور دورات الكربون والأكسجين والماء بسهولة لذلك فهي أكثر اكتمالا ومن أهم الدورات الرسوبية مايلي:

٤-١-٤ - دورة الفوسفور (The phosphorus cycle):

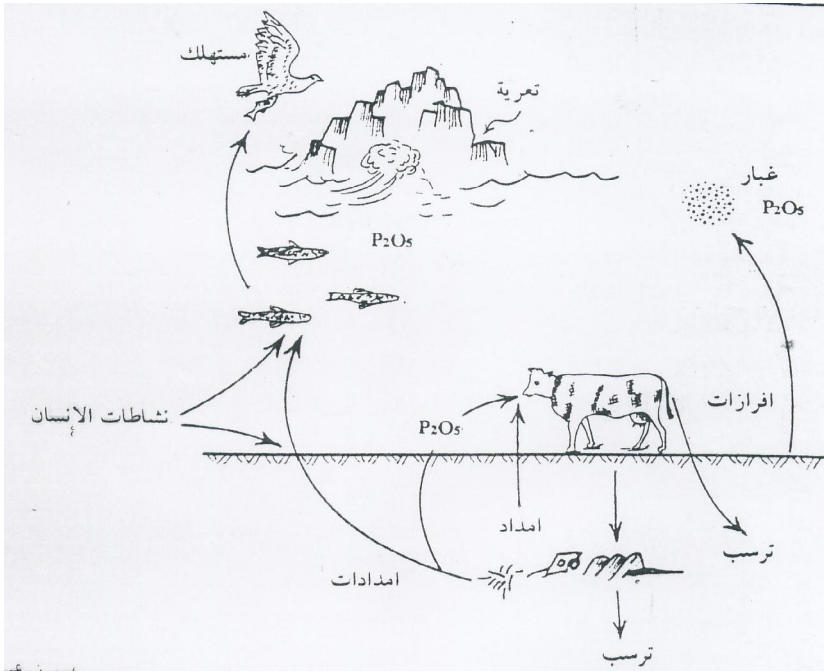
تعتبر دورة الفوسفور من أهم الدورات الرسوبية وذلك لأهمية الفوسفور في تركيب المادة الحية (protoplasma) والمادة الوراثية (DNA) والعظام علاوة على أهمية الفوسفور في تزويد خلايا الكائنات الحية بالطاقة كما يعد الفوسفور من العناصر الغذائية الكبرى . وتشكل صخور الفوسفات المستودع الرئيس لدورة الفوسفور، فبواسطة عملية التجوية يتم إطلاق قسم من الفوسفور إلى الدورة كما تساهم البراكين أيضا بإضافة قسم من الفوسفات الموجودة في باطن الأرض إلى الفوسفور .

وتبدأ دورة الفوسفور بأن تقوم المنتجات بأخذ الفوسفور على شكل أيونات (PO_4^{3-}) وتستخدمها في عمليات البناء الخاصة بها وتحصل المستهلكات على الفوسفور من المنتجات حسب السلسلة الغذائية. وعند موت الكائنات الحية المنتجة والمستهلكة تقوم الكائنات الحية المحللة بتحليل المواد العضوية حيث ينتج بالإضافة إلى المواد الأخرى (PO_4^{3-}) تمتصها النباتات من جديد وبذلك تغلق الدورة (الشكل ٤-٤) .

وتتقد غالبية مركبات الفوسفور عند انجراف التربة بواسطة الأنهار والسيول وتترسب على هيئة رواسب بحرية عميقة ولا تعود إلى المستودعات الأرضية أو إلى الدورة من جديد إلا عند حدوث اضطرابات تكتونية فتظهر مع الصدوع بعد فترة طويلة جدا من الزمن .

ولكن يعود قسم من الفوسفور إلى الدورة من جديد عندما تقوم المنتجات المائية باستخدام الفوسفور المذاب في الماء وتستوعبه في خلاياه ومن ثم تتغذى عليها المستهلكات . على سبيل المثال يقوم سمك السلمون بنقل الفوسفور داخل عظامه من البحار والمحيطات إلى مياه الأنهار الداخلية العذبة من خلال هجرته للتكاثر .

وترمي الطيور البحرية التي تتغذى الأسماك فضلاتها على الجزر حيث يقوم الإنسان بجمع هذه المخلفات واستعمالها في الزراعة (الغوانو Guano) وبالتالي تكون كمية الفوسفور المفقودة في النظام البيئي المتوازن قليلة جدا .



الشكل (٤-٤) دورة الفوسفور في الطبيعة

تأثير الإنسان على دورة الفوسفور :

يقوم الإنسان بتعدين الفوسفات من الصخور الفوسفاتية (Apatite) لتصنيع الأسمدة الفوسفاتية والمنظفات الكيميائية والمبيدات وغير ذلك وبالتالي إدخالها إلى دورة الفوسفور مما يزيد من سرعة الدورة واستهلاك المخزون الفوسفاتي ومن الجدير بالذكر أن استعمال الفوسفات يساهم في زيادة تركيز الكاديوم في البيئة وهذا يعود لوجود الكاديوم مع خامات الفوسفات في الطبيعة .

تدخل الفوسفات المذابة ولو بتركيزات قليلة مع المياه العادمة أو الأسمدة الزراعية أو غير ذلك من المصادر إلى المياه السطحية ببطء مما يؤدي إلى حدوث ظاهرة الإثراء الغذائي (Eutrophication) ويكون الفوسفور في أغلب الحالات العامل المحدد في عملية الإثراء الغذائي لأن المغذيات النباتية الأخرى من نيتروجين وبوتاس وغيرها غالباً ما تكون متوفرة في البيئات المائية بعكس الفوسفات وينتج عن عملية الإثراء الغذائي تكاثر النباتات والطحالب الخضراء وزيادة ترسباتها في المياه الأمر الذي يؤدي إلى تقليل عمق المياه وزيادة درجة العكورة وصعوبة حركة القوارب في المسطح المائي وتتحلل المواد العضوية المترسبة في المياه هوائياً وعند استهلاك الأوكسجين المذاب في المياه تتحول عملية التحلل الهوائية إلى عملية تحلل لا

هوائية ينتج عنها غازات سامة وروائح كريهة مثل كبريت الهيدروجين والميتان والأمونيا وغيرها الأمر الذي يؤدي إلى تغيير صفات الماء الكيميائية وتردي نوعيتها وموت الأسماك وتبدو هذه الظاهرة بوضوح في البحيرات التي تلقى فيها مياه الصرف الصحي .

تسبب المنظفات الصناعية إحداث تلوث لمياه الأنهار والبحيرات وبعض هذه المنظفات من النوع غير الثابت وتتأكسد بسهولة بواسطة الكائنات الحية الدقيقة وتتحول إلى مواد بسيطة لا ضرر منها وتعرف هذه المنظفات بالمنظفات اليسرة (الطرية) (soft detergent) أما المنظفات الثابتة الصلبة (Hard detergent) فهي تقاوم التحلل والتفكك وتسبب أضراراً للبيئة وقد ينتج عن إلقاء هذه المنظفات في المجاري المائية أن يتغذى سطحها بطبقة من الرغوة تؤدي إلى عزل مياه النهر عن أوكسجين الهواء مما يؤدي إلى موت الكائنات الحية .

حماية المياه من مشكلة الإثراء الغذائي :

- ١- ترشيد استعمال المنظفات الكيميائية الحاوية على الفوسفور .
- ٢- حماية التربة من الإنجراف لمنع وصولها إلى مصادر المياه السطحية مع الأسمدة الفوسفاتية .
- ٢- معالجة المياه العادمة لإزالة أكبر قدر ممكن من الفوسفور من المياه العادمة قبل تصريفها .
- ٣- ضخ الأوكسجين للمياه عند الحاجة وخاصة في فصل الصيف لرفع تركيز الأوكسجين المذاب في المياه .
- ٤- إزالة الرسوبيات الحاوية على المواد العضوية المستنزفة للأوكسجين في المياه كلما دعت الحاجة

الفصل الخامس

العوامل البيئية Ecological Factors وأثرها

على الكائنات الحية

يقصد بالعوامل البيئية عناصر الوسط التي يمكن أن تؤثر بشكل مباشر أو غير مباشر في حياة الكائنات الحية ، هذا وتؤثر العوامل البيئية في الكائنات الحية بأشكال مختلفة يمكن إيجازها بالتالي :

- عن طريق إقصاء بعض الأنواع من منطقة ما ، حيث تكون الظروف البيئية غير ملائمة لهذه الأنواع.

- عن طريق تغيير معدل الولادات والوفيات لبعض الأنواع ، كما تؤثر في حلقة التطور وتسبب الهجرات وبالتالي تؤثر في كثافة الجماعات .

- عن طريق ظهور بعض التغيرات التكيفية كتعديل معدل الإستقلاب ، والدخول في طور السكون والبيات الشتوي والسبات الصيفي .
تقسم العوامل البيئية إلى :

. Abiotic factors: العوامل اللاحيوية

. Biotic factors: العوامل الحيوية

العوامل اللاحيوية: Abiotic factors

تمثل العناصر غير الحية في النظام البيئي (عوامل المناخ + التربة) المصادر اللازمة للكائنات الحية ، وبالتالي فإن تفاعل هذه العوامل وتأثيرها المشترك على الكائنات الحية هو أساس تكوين المجتمع الحيوي والشكل النهائي الذي يوجد عليه في الوسط الذي يعيش فيه .

٥-١ العوامل المحددة ومستويات التحمل: (Limiting Factors And Tolerance Levels)

لكي ينمو أي كائن حي، يجب أن يتوافر في الوسط الذي يعيش فيه مجموعة من العناصر ، وعندما تكون كل العناصر أو العوامل ملائمة ماعدا واحدا فإن هذا الأخير يدعى

العامل المحدد للنمو Limiting Factors. أي أن هذا العامل هو الذي يحدد وجود و حياة الكائن الحي في وسط معين . ويستند مبدأ العوامل المحددة للنمو على قانونين هما قانون الحد الأدنى و قانون التحمل

١- قانون الحد الأدنى Law of Minimum :

وضع هذا القانون عالم الكيمياء العضوية الألماني ليبج Jusus Liebig في عام 1840 خلال دراساته على المحاصيل الحقلية . و ينص هذا القانون: على أن تواجد ووفرة وتوزيع أحد الكائنات الحية في مكان معين يتطلب الأساسيات الضرورية للنمو و التكاثر ، و أي عامل بيئي يكون قريباً من الحد الأدنى لنوع ما يكون في طريقه إلى أن يصبح عاملاً محدداً لهذا النوع .

. يعرف قانون ليبج العامل المحدد بأنه العامل المتاح بكمية تقارب الحد الأدنى لاحتياج الكائن الحي، ومثال ذلك عامل الماء في المناطق الجافة و قد اجتمع رأي العلماء على أن نمو و إنتاجية النباتات في مجتمع نباتي معين لا يعتمد بالدرجة الأولى على العوامل البيئية المتوفرة و إنما يكون مرتبطاً بشكل أكبر بالعامل المحدد سواء كان عامل الحرارة أو الرطوبة أو أحد العناصر الغذائية.... الخ و غيرها من العوامل .

ومن المعلوم أن العوامل البيئية لا تعمل منفصلة عن بعضها و إنما يوجد تفاعل بينها يؤدي إلى تأثيرات مشتركة مما يؤدي إلى ما يسمى بتداخل العوامل البيئية Ecological Factor Interaction

وعلى سبيل المثال يحدث في بعض الحالات أن يؤدي وفرة عامل بيئي معين في وسط معين إلى تغير في تأثير العامل المحدد بدرجة كبيرة، فمثلاً تستطيع بعض النباتات أن تستبدل بعض العناصر الغذائية قليلة التوافر في الوسط بعناصر أخرى متوفرة قريبة التركيب الكيميائي لهذه العناصر .

٢- قانون شيلفورد للتحمل Sheiford's law of tolerance :

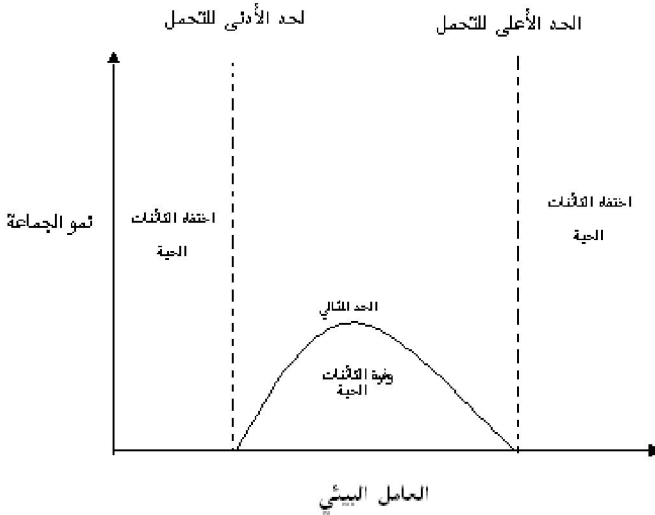
في عام ١٩١٣م وضع العالم Sheiford قانوناً يعتبر من أفضل المفاهيم المنهجية للمبادئ البيئية المتعلقة في توزيع الكائنات الحية ، و يطلق عليه قانون التحمل law of tolerance وينص على:

إن وجود وإزهار كائن حي أو مجموعة من الكائنات الحية مرتبط باكتمال مجموعة معقدة من الشروط وإن عدم نجاح الكائن الحي بالوجود والازدهار يمكن أن ينتج عن النقص أو

الزيادة كما ونوعاً في أي عامل من العوامل المتعددة التي يمكن أن تقترب من حدود التحمل لهذا الكائن .

وهذا يعني أن لكل عامل فيزيائي أو كيميائي في البيئة حداً أعلى و حداً أدنى تدعى حدود التحمل (Ecological Amplitude) فإذا حدث تجاوز لهذه الحدود فإنه يؤدي إلى اختفاء و زوال النوع من الوسط .

يعرف قانون شيلفورد حدود التحمل للعوامل البيئية بأنها درجات بيئية دنيا وقصى تبديها الكائنات الحية لتحمل تباينات مختلفة من العوامل البيئية و ينحصر بينهما مدى التحمل (الشكل ٥_١)، وتتأثر حدود التحمل بتداخل العوامل البيئية مما يؤدي إلى زيادة مدى تحمل الكائنات لأحد العوامل اعتماداً على تأثير عامل آخر بطريقة مباشرة .



الشكل (٥_١) قانون التحمل

يندرج تحت قانون التحمل بعض المبادئ الأساسية في علم البيئية و هي :

- ١- تظهر الكائنات الحية مدى تحمل واسع لعوامل بيئية معينة ، بينما تظهر مدى تحمل ضيق لعامل بيئي آخر في نفس الوقت .
- ٢- الكائنات الحية التي لها مدى تحمل واسع لمجمل الظروف البيئية المحيطة تكون واسعة الانتشار .
- ٣- لا تعيش الكائنات الحية في الوضع الطبيعي في الظروف المثالية من مجال التحمل و ذلك لأن تأثيرات العوامل البيئية يتداخل بعضها ببعضها الأخر و العوامل البيئية تعمل مجتمعة و ليس بصورة منفردة .

٤- عندما يعيش أحد أنواع الكائنات الحية تحت ظروف توجد بها قيمة أحد

العوامل البيئية بدرجة غير مثلى له فإنه ينتج عن ذلك غالباً اختزالاً لحدود التحمل بالنسبة للعوامل البيئية الأخرى إلى قيم أقل من المعتاد .

٥- فترة التكاثر عند الكائنات الحية هي المرحلة الحرجة التي تحتاج لظروف بيئية قريبة

من الحد المثالي . لذا نجد أن تكون البذور و البيوض و الأجنة لا يكون إلا في أوقات محددة من السنة و ذلك لعدم استمرارية الظروف المثالية على مدار السنة .

والكائنات الحية التابعة لنفس النوع يكون لها عادةً نفس مدى التحمل بالنسبة للعوامل

الفيزيائية والكيميائية ، ولكن في بعض الأحيان نجد أن بعض الأفراد من نفس النوع يملكون مدى تحمل مختلف (زيادة أو نقصان) عن مدى التحمل المعروف عند نفس النوع ويعود ذلك إلى الأسباب التالية :

a- التأقلم الجيني Genetic adaptation :

بين العالم السويدي *تيرسون* Turesson أنه توجد اختلافات جينية ضمن النوع ،

تجعل هذه الاختلافات الوراثية بعض الأفراد أكثر قدرة من غيرهم على التأقلم مع البيئة ودفع ،بمفهوم النمط البيئي Ecotype ليبين الاختلافات الجينية ضمن النوع الواحد .

وعلى سبيل المثال قد نحتاج إلى كمية من مبيد حشري أكثر تركيزاً لقتل إحدى الحشرات

من التركيز الذي نحتاجه لقتل حشرة أخرى من نفس النوع والجنس

b- التحمل الوظيفي أو الفيزيولوجي Physiological Tolerance:

وهذا يعود إلى قدرة جسم الكائن الحي على تحليل بعض أنواع الملوثات والتخلص

منها، فعلى سبيل المثال يقوم أنزيم دي هيدروكلوريناز (De Hydrochlorinase) في جسم الحشرات بالتخلص من سمية بعض أنواع المبيدات .

c- التحمل الفيزيائي (Physical Tolerance):

حيث يعتمد مدى تحمل الكائنات الحية للعوامل البيئية على الوضع الصحي للكائن

الحي ودورة الحياة .وعى سبيل المثال:تكون درجة تحمل الكائن الحي المريض أقل من تحمل

الكائن الحي السليم لنفس النوع ،كما أن درجة تحمل الأطفال أقل من درجة تحمل البالغين عند الإنسان .

ومن الجدير بالذكر أن معظم أنواع الكائنات الحية يكون لها فرصة على التأقلم مع

الظروف البيئية التي تحدث ببطء . ويتباين مدى التحمل والظروف المثلى للنوع الواحد ،

وخصوصاً إذا تواجد هذا النوع ضمن مدى جغرافي واسع ، وذلك بسبب ظهور تراكيب وراثية عن طريق الانتخاب الطبيعي والتكيف .

قانون العوامل المحددة Law of limiting factors

إن قانون العوامل المحددة ينتج عن دمج مفهوم الحد الأدنى ومفهوم التحمل وينص على

:

- (إن وجود وازدهار كائن حي أو مجموعة من الكائنات الحية يتعلق باكتمال مجموعة معقدة من العوامل ، وإن أي عامل بيئي يقترب من حدي التحمل الأدنى أو الأعلى أو يزيد عنهما يعتبر عاملاً محدداً لنمو هذا الكائن أو الكائنات الحية) .
- أي أن هذا القانون أدخل مفهوم الزيادة أو النقصان في عامل بيئي معين ، ويتضح من ذلك أن الكائنات الحية تتأثر بالعوامل التالية في الطبيعة :
- a- بكمية و تغيرات المواد المتوفرة في الوسط و التي تبدي الكائنات الحية بالنسبة لها حداً أدنى .
- b- بحدود التحمل الخاصة بالكائنات الحية نفسها و المتعلقة بهذه العوامل التي تؤلف الوسط أو البنية .

٥-٢-العوامل البيئية Ecological Factors

تشمل العوامل البيئية العوامل اللاحيوية و العوامل الحيوية و سوف نستعرض هنا أهم العوامل الاحيوية التي من أهمها:

٥-٢-١-الحرارة Temperature :

تعد الحرارة من أهم العوامل المناخية المحددة لنمو الكائنات الحية ، ولكل كائن حي مدى حراري يستطيع العيش فيه . وبشكل عام و بسبب خواص البروتوبلازم فإن معظم الكائنات الحية تعيش في مدى حراري يتراوح بين 0_ 55 م ومع ذلك فهناك كائنات حية قد تكيفت على تحمل درجات حرارية مرتفعة كالبكتريا المحبة للحرارة التي تعيش في الينابيع الكبريتية الساخنة و تتحمل درجات حرارة مرتفعة تصل إلى 100 م .

ويكون الحد الأعلى لدرجات الحرارة قاتلاً في معظم الحالات نظراً لتحطم الدهون و ما يترتب عليه من إتلاف لجدران الخلايا . كما تتعطل الأنزيمات الحساسة للحرارة العالية و تتخثر البروتينات ، وعلى العكس هناك أنواع تعتبر غير مرنة للتبدلات الحرارية ، إذ لا يمكنها أن تعيش في حدود ضيقة من درجات الحرارة كالمرجانيات التي لا تعيش إلا في البحار الدافئة التي حرارتها أعلى من 21م وكذلك ذبابة (تسي تسي) لا تعيش إلا في المناطق الاستوائية حيث متوسط الحرارة السنوية أكثر من 20م .

ويكون التغير الحراري أو التآرجح الحراري في المياه أقل منه على اليابسة، لذا يكون المجال الحراري للكائنات الحية التي تعيش في المياه أضيق نسبياً من المجال الحراري للكائنات البرية.

و يعتبر التغير في درجة الحرارة عاملاً فعلاً يؤثر على نشاط و نمو الكائنات الحية .

تكيف الكائنات الحية الحيوانية مع درجات الحرارة:

يمكن تقسيم هذه التكيفات إلى تكيفات شكلية و تكيفات فيزيولوجية .

*** التكيفات الشكلية :**

تتكيف الفقاريات المتجانسة الحرارة وفق العديد من القواعد البيئية مع بعض الإستثناءات

و من أهمها :

- قاعدة بيرغمان : يصادف القد الأكبر في أفراد النوع الواحد أو في مجموعة تصنيفية

من متجانسات الحرارة في المناطق الأكثر برودة ، و يؤيد هذه القاعدة افتراض ترموديناميكي

بسيط يقول أن سطح حيوان ما يتناسب مع مربع قده ، و بما أن خسارة الحرارة تتم أساساً عن

طريق السطح فإنها تتناسب معه ، وستكون هذه الخسارة كبيرة كلما كانت النسبة السطح /

الحجم كبيراً أي كلما كان الحيوان صغيراً ، أو ضخماً كان شكله مكتلاً أي أن النسبة السطح

/ الحجم صغيرة و بالتالي تكون خسارة الحرارة عنده قليلة و مثال ذلك طائر البطريق الذي

يعيش في القطب الجنوبي أكبر من البطريق الذي يعيش قرب خط الاستواء

- قاعدة آلن :

تكون زوائد الجسم من آذان و أطراف و أذنان أكثر قصراً كلما كان المكان أكثر برودة

و مثال على ذلك ثعلب الصحاري تكون أطرافه طويلة و أذناه كبيرتان أما الثعلب

القطبي فتكون أذناه قصيرتان و كذلك خرطوممه .

- قاعدة الفراء :

يكون فراء الثدييات في المناطق الباردة أكثر ثخانة من فراء الثدييات في المناطق الحارة

و مثال على ذلك النمر السيبيري تكون فراؤه أسمك من فراء النمر الهندي .

أما عند النباتات فنلاحظ تكيفات شكلية سببها تكيفات فيزيولوجية حيث تستطيع النباتات

أن تحمي نفسها من درجات الحرارة المرتفعة و ذلك عن طريق عكس الطاقة الحرارية و تغيير

وضع الأوراق بالنسبة لأشعة الشمس و النتح و غيرها الخ .

5-2-2- الضوء Light:

يعد الضوء من العوامل البيئية المهمة للكائنات الحية و خصوصا ذاتية التغذية ، و تتأثر الكائنات الحية بالضوء تبعا لنوعية الضوء (طول الموجة) و شدة الإضاءة و طول الفترة الضوئية و تعتمد كمية الضوء التي تصل إلى أي نقطة على سطح الأرض على الموقع الجغرافي و كمية السحب و فصول السنة و الوقت في أثناء النهار .
كما تعتمد كمية الإشعاع النافذ داخل المياه السطحية أيضا على العوامل السابقة بالإضافة إلى درجة شفافية الماء أو عكورته، فكلما كانت المياه عكرة قلت نسبة الضوء الداخلة إلى المياه .

أما في البحار فيؤدي اختراق الضوء للمياه إلى ترشيح الضوء الأحمر و الأزرق في الطبقات العليا و يبقى الضوء الأخضر الذي يمتص من قبل صبغات الكلوروفيل ، لذا يكون الضوء الباقي غير كاف لإتمام عملية التركيب الضوئي خاصة للطحالب الخضراء .
أما الطحالب الحمراء فهي تستخدم ما تبقى من الضوء المرشح أثناء اختراقه للمياه لتصنع مركبات الطاقة ، لذا نجد أن الضوء يحدد توزيع الطحالب الخضراء بأن يبقئها طافية أو قريبة من السطح الذي يخترقه الضوء ، أما الطحالب الحمراء فيمكنها أن تعيش في أعماق معينة . و من المعلوم أن الضوء يعتبر عاملا مؤثرا و حافزا للعديد من العمليات الحيوية المتعلقة بدورات الحياة ، و يتحكم في ضبط هذه العمليات الحيوية .
و يجمع العلماء على أن أفضل فترة للتزاوج يتحكم فيها أساسا الغدة النخامية التي تتأثر بدورها بعامل الضوء .

و يؤثر الضوء بشكل كبير على حالة السكون لدى الحشرات ، كما يتأثر سلوك اللافقاريات بشدة الضوء ، و مثال على ذلك الهجرة العمودية للهوائم الحيوانية في البحار و البحيرات حيث تتحرك هذه الحيوانات نهارا إلى الأسفل هربا من الضوء و تتجه للسطح خلال الليل .

٥-٢-٣- الأملح المعدنية (المغذيات الأولية) :

تعتبر الأملح المعدنية من العوامل المحددة لتوزيع الكائنات الحية و بشكل أساسي النباتات و قد بنى العالم البيئي " لبيج " مبدأه في الحد الأدنى اعتمادا على المغذيات الأولية .
كما نعلم فإن الأزوت و الفوسفور لهما أهمية كبيرة من الناحية البيئية حيث يشكلان الهيكل التركيبي للكائنات الحية و يليها البوتاسيوم و الكالسيوم و الكبريت و المغنزيوم .
هذه الأملح المعدنية التي تحتاجها النباتات و الحيوانات بكمية كبيرة تسمى المغذيات الكبرى أو العناصر الكبرى .

و هناك بعض المغذيات التي تحتاجها الكائنات الحية بكميات بسيطة و تسمى العناصر الصغرى و لكن عدم توافرها في التربة قد يؤدي إلى عدم الإنبات أو ظهور أعراض مرضية على النباتات و من هذه العناصر : الحديد - الزنك - المنغنيز - النحاس - الكوبالت... الخ .
و يعتبر الموليبيديوم ضروري جدا للبكتيريا و الطحالب الخضراء المزرقة التي تثبت النتروجين ، و نقصه يعتبر عاملا محدا للنبات .

٤- الغذاء العضوي :

لا تحتاج الكائنات الحية المنتجة لغذاء عضوي ، في حين تحتاج الكائنات الحية غير ذاتية التغذية إلى غذاء عضوي ، و يكون الغذاء في بعض الأحيان من العوامل المحددة بالرغم من توفر الكتلة الحية الكافية ، و خصوصا على اليابسة و يعود ذلك إلى عدة أسباب أهمها :

- ١- تعتمد العديد من الكائنات الحية في غذائها على نوع معين من الغذاء .
- ٢- تتوافر نوعية الغذاء المطلوبة بكميات كافية غالبا خلال فترة محددة من السنة .
- ٣- حتى عند توافر كميات كافية من الغذاء لا بد للكائنات الحية من البحث عنه .
- ٤- لا بد من التغذية على كميات كبيرة من النباتات بسبب قلة الاستفادة من الغذاء النباتي لأن الأغذية النباتية تحتوي نسبة قليلة من المواد البروتينية (١٠-٣٠ %) .

٥- الرطوبة (الماء) Water

يعد الماء من أهم العوامل البيئية و هو يدخل في تركيب الكائنات الحية و يشكل نسبة ما يقارب من (٦٠-٨٠ %) من أجسام الكائنات الحية و يرتبط وجود الكائنات الحية و وفرتها في أي منطقة بيئية بوفرة الماء و نسبة محتوياته من المواد العضوية و اللاعضوية و كذلك درجة ملوحته و حموضته .

٥-٣ تكيف الكائنات الحية (Adaptation)

تتعرض الكائنات الحية لتغيرات سلبية طارئة في البيئة مثل تغير درجات الحرارة و نقص الغذاء و غيرها من العوامل المحددة و تستطيع الكائنات الحية السيطرة على هذه التغيرات بعدة طرائق منها :

١ - التطور Evolution :

تطورت الكائنات الحية خلال التاريخ الطويل للحياة على كوكب الأرض و لا تزال هذه الكائنات تتطور باستمرار من خلال العوامل المسببة للتطور و من أهمها :

• الطفرات Mutation

عندما تتكاثر الخلايا تصبح الخلايا الجديدة عادة صورة عن الخلايا القديمة و لكن في بعض الأحيان يحدث خطأ طبيعي في عملية تكاثر جزيء DNA مما يؤدي إلى حدوث تغير في هذا الجزيء و بالتالي تغير في الصفات الوراثية و في أحيان تكون العوامل الخارجية مثل الإشعاعات أو بعض المواد الكيميائية السامة هي التي تؤثر على جزيء DNA و تغيره .

• الانتخاب الطبيعي Natural Selection :

توجد اختلافات في الصفات الوراثية بين أفراد أي مجموعة سكانية و تجعل هذه الاختلافات الفردية بعض الأفراد أكثر قدرة على التأقلم مع البيئة و تغيراتها و بالتالي تتكاثر أكثر من غيرها أما الأفراد التي لا تستطيع التأقلم مع التغيرات البيئية فإنها تزول .

• الانحرافات الجينية Genetic drifts :

تعود الانحرافات الجينية إلى التغيرات في تكرار أحد الجينات في مجموعة سكانية بالصدفة و ليس بسبب طفرات أو اختيار طبيعي أو هجرة ، و هذه الصدفة يمكن أن تحدد أي الأفراد التي تنفصل (تعزل) عن المجموعة السكانية الأصلية في مجموعة صغيرة و بالتالي أي الخصائص الجينية السائدة في هذه المجموعة السكانية الصغيرة المعزولة و يمكن أن تحدث الانحرافات الجينية في أي مجموعة سكانية صغيرة و تصبح مشكلة للنوع المهدد بالانقراض و ذلك لسببين :

(أ) قد تصبح الخصائص التي تجعل الكائن الحي أقل تكيفا مع البيئة و تغيراتها هي الخصائص السائدة مما يجعل فرصة النجاة من الانقراض أقل احتمالية .

(ب) تصبح قابلية التغير و التبديل للجينات محدودة و بالتالي تقل احتمالية التكيف مع ظروف البيئة الحالية و المستقبلية .

• الهجرة Migration :

تستطيع الحيوانات أن تترك و تهاجر من المكان الذي تعيش فيه باتجاه مكان آخر عند حدوث تغييرات سلبية طارئة ، و الهجرة تحدث من أجل التحرر من الظروف السلبية الطارئة أو البحث عن الغذاء أو التكاثر و غالبا ما تكون غريزية أو فطرية ، فمثلا عند انخفاض درجات الحرارة في الشتاء و قصر النهار تهاجر بعض أنواع الطيور من موطنها الأصلي إلى مواطن أخرى ، و كذلك الحال بالنسبة للحيوانات التي تعيش في منطقة التوندرا و خاصة كالأيائل التي تترك منطقة التوندرا في الشتاء و تتجه نحو منطقة الغابات المخروطية .

و في البيئة المائية تحدث الهجرة من أجل التكاثر و على سبيل المثال ، يهاجر سمك السلمون من البحر إلى الأنهار المجاورة من أجل التكاثر ، و من الجدير بالذكر أن هجرة أحد الأنواع إلى بيئة جديدة تؤدي إلى نقل الصفات الوراثية التي أحضرها معه إلى الكائنات الحية الأخرى من نفس النوع ، و عند تحليل الهجرة كوسيلة للتخلص من التغييرات الطارئة نجد:

(أ) أنواعا محددة فقط من الطيور و الحيوانات التي تهاجر من موطنها و ليس جميعها بالرغم من أنها تعيش في نفس المكان .

(ب) أن هناك علاقة عكسية بين الهجرة و مدى توفر الغذاء و أماكن التشتية في الموطن الأصلي، فكلما توفر الغذاء والأماكن الشتوية المناسبة في الموطن قل حافز الهجرة .

٢ - الاستقلالية أو التحرر Emancipation :

و ذلك عن طريق :

أ - التنظيم الحراري :

فمن المعروف أن الكائنات الحية تحتاج إلى درجات حرارة معينة لتمارس نشاطها على أكمل درجة و يتحكم بموازنة جسم الكائن الحي عاملا الحرارة الممتصة من الجسم و الحرارة الصادرة عنه . تتمص الكائنات الحية الحرارة من الأشعة الشمسية و من الأشعة المنعكسة من سطح الأرض و من الغذاء أيضا و تتطلق من الكائنات الحية الطاقة الحرارية الزائدة إلى الوسط الذي تعيش فيه على شكل تنفس و تبخر و نتح و تستطيع بذلك الكائنات الحية حماية نفسها من ارتفاع درجات الحرارة فوق حد معين ، كما تستطيع بعض الكائنات الحية التحكم بالموازنة الحرارية للجسم عن طريق الصفات المورفولوجية و بذلك تستطيع أن تتكيف و تعيش في عدة أقاليم مناخية ، و يتم التحكم بالموازنة الحرارية لجسم الحيوان عن طريق نمو الدهون أو الفراء أو الجلد الخ للوقاية من درجات الحرارة المنخفضة .

ب (التنظيم الرطوبي Hydro Regulation

يعد الماء من المواد الأساسية للكائنات الحية ، فالنباتات البرية تستطيع أن تعدل فتحات المسام لتوفير الرطوبة للنبات و تقوم بعض الأنواع الصحراوية في أوقات الجفاف بالتخلص من

بعض الأوراق ، و بعضها تخزن الماء في أنسجتها للاستفادة منها في فصل الجفاف ، و تحصل الحيوانات البرية على المياه اللازمة من خلال مياه الشرب و الغذاء و السطح الخارجي للجسم ، و يحصل بعضها الآخر على الماء بالاستفادة من الماء الموجود في الأبخار و الدرنات و الأوراق و غيرها من أجزاء النباتات . و تحصل بعض أنواع الحشرات و القوارض التي تعيش على الغذاء الجاف على حاجتها من المياه عن طريق أكسدة المواد الغذائية . و يفقد الحيوان المياه من خلال السطح الخارجي لجسمه و التنفس و الإفرازات السائلة و الصلبة .

ج) السبات (Dormancy)

تقلل بعض الكائنات الحية من نشاطها الحيوي إلى الحد الأدنى عند تعرضها لظروف خارجية سلبية ، و تدعى فترة الخمول تلك بالسبات و بذلك يتم التغلب على الظروف الطارئة حتى زوالها . و عند عودة الظروف إلى وضعها الطبيعي من جديد تعاود الكائنات الحية نشاطها من جديد ، فعلى سبيل المثال ، تدخل بعض أنواع الحيوانات في نوم شتوي عميق عندما تنخفض درجة حرارة جسمه إلى مستوي قريب من مستوي التجمد و بالتالي تنخفض سرعة نبضات القلب و التنفس للحد من استهلاك الطاقة و تستمد هذه الحيوانات عادة الطاقة من الدهون المخزونة في أجسامها .

د) التجنب و التعلم (Avoidance and Learning) :

تتغلب بعض الكائنات الحية على التغيرات السلبية الطارئة كارتفاع درجات الحرارة و الجفاف و غيرها من العوامل عن طريق تغيير مكان الإقامة أو تعديل نشاطها اليومي و السنوي ببقاء الحيوانات أثناء النهار في مخابئها و تبحث عن غذائها مساء .

فالأغنام مثلا تحمي رؤوسها من أشعة الشمس في فصل الصيف بوضع رؤوسها تحت أجسام بعضها البعض ، و يمكن للكائن الحي التكيف مع التغيرات البيئية بواسطة التعلم بالمحاولة و الخطأ و التعلم بالتبصر .

يستخدم الكائن الحي أسلوب التعلم بالمحاولة و الخطأ أثناء عملية التغذية ، فالسنجاب الصغير مثلا يقضي وقتا طويلا للتعلم على كسر ثمرة البندق و الحصول على الغذاء لكن بعد فترة قصيرة يصبح قادرا على كسر الثمرة بسرعة فائقة .

أما التعلم بالتبصر فيمثل الاستجابة الصحيحة و المباشرة و من أول مرة لأية ظروف جديدة و تتيح هذه الطريقة للكائن الحي استخدام خبراته السابقة للقيام بأي عمل دون اللجوء إلى أسلوب المحاولة و الخطأ و مثال ذلك الشمبانزي إذ يستطيع تناول غذائه من الموز بسهولة إذا

كان الموز معلقا و كان حوله مجموعة من الصناديق ، حيث يقوم الشمبانزي مباشرة بترتيب الصناديق فوق بعضها البعض ثم يتسلقها حتى يتمكن من تناول الموز .
و يلعب التكوين الوراثي دورا مهما في تحديد قابلية الكائن الحي للتعلم فالراكون مثلا لا يستطيع حل مشكلات تغذيته مباشرة باستخدام أسلوب التعلم بالتبصر و السبب في ذلك يعود إلى المحددات الوراثية و أما الإنسان مثلا فإن له القدرة على تعلم اللغات المختلفة . و عندما يزداد حجم الدماغ في الحيوان تزداد معه أهمية التكيف بالتعلم .
و الكائنات الحية التي تستطيع أن تتعلم و تتكيف و تغير نمط حياتها تبعا للتغيرات الطارئة تكون لها فرصة بقاء أفضل بكثير من الكائنات الحية التي لا تستطيع أن تتعلم ، كما أن درجة تكيف الكائن الحي مع الوسط البيئي تتوقف على تكوينه الوراثي .

٥-٤ الأدلة البيئية Ecological Indicators و الرصد البيئي Environment monitors

هناك بعض أنواع الكائنات الحية ذات حساسية خاصة للسموم و يمكن أن تستخدم كنظم حيوية للإنذار المبكر لرصد صحة البيئة ، و نظرا لكفاءتها و حساسيتها العالية فإن بعض الأنواع يمكن أن تحل محل أجهزة الرصد البيئي ذات التكاليف الباهظة .
و الأدلة البيئية هي كائنات حية دقيقة تعيش في ظروف بيئية خاصة ضيقة و محددة تماما بحيث يسمح وجودها بالاستدلال على الظروف البيئية عن طريق هذه الكائنات الحية .
و في الحقيقة تستخدم بعض أنواع الكائنات الحية كواشف تدل على الظروف البيئية المحيطة بها و ذلك إما بدليل وجودها أو غيابها و على سبيل المثال تنمو نباتات الجنس *Astragalus* مرتبطة بالسيليเนียม و هو من المعادن الموجودة في التربة و التي تتوافر بصورة عادية في رسوبيات اليورانيوم أو قريبة منها و لهذا تستخدم هذه النباتات للاستدلال على خام اليورانيوم
كما دلت الدراسات على أن وجود الصنوبريات و العرعر فوق مصادر اليورانيوم يؤدي إلى احتواء أعضائها الهوائية تراكيز عالية من اليورانيوم . (1952-1953-1954)
(Cannon

و يعتبر وجود البكتيريا القولونية في الماء دليلا على تلوث الماء بالبراز و مخلفات الصرف الصحي كما تستخدم الطحالب أيضا لنفس لهدف حيث تدل على التلوث بالمجاري العامة الذي يؤدي إلى ظاهرة الإثراء الغذائي و يوجد الكثير من الأنواع النباتية التي تدل على

المناطق الجافة و الرطبة و تدل بعض أنواع النباتات على نوع التربة و ملوحتها و نوع المناخ السائد

و هناك نوع آخر من الكواشف البيئية و هو ظهور أعراض مرضية معينة مرتبطة ببيئة معينة فتكون بعض أنواع النباتات تقرحات أو بقع استجابة لملوثات هوائية معينة فظهور علامات بيضاء صغيرة على نباتات التبغ يدل على مستويات عالية من الأوزون في الهواء و تعتبر الأشنيات من بين الأنواع التي تستخدم كمؤشرات للتعرف على صحة البيئة ، فهي تنمو على الصخور و تمتص المواد الكيماوية و المواد السامة من ماء المطر و من الهواء لدرجة الموت ، و بالتالي فإن مراقبة توزيع الأشن و انتشارها و كثافتها قد يساعد في الدلالة على حصر مناطق التلوث .

كما ثبت أن الحيوانات التي تتغذى بطريقة الترشيح مثل بعض الرخويات المائية أيضا يمكن أن تؤدي دورا فعالا في رصد التلوث البيئي نظرا لأنها تستخدم كميات كبيرة من الماء و تتركز السموم و المعادن الثقيلة و المبيدات في أنسجتها و تستعمل الكائنات الحية ذات مستويات التحمل الضيقة ككواشف بيئية أكثر من الكائنات واسعة التحمل و كلما ضاق مستوى التحمل زادت الدقة في الكشف عن الظروف البيئية و تعتبر الطحالب الدقيقة و المرئية من أفضل الكواشف البيئية لأنها تعطي استجابة حيوية سريعة ذات علاقة بالتركيب و الوظيفة لهذه الكائنات و فيما يلي أمثلة عن ذلك :

بعض النباتات دالة على الملوحة :

الطرفاء - الروثا *Salsola sp* - النيتون *Haloxylon sp* - السودة *Suaeda asphaltica*

بعض النباتات الدالة عن الترب الغنية بالمغنيزيوم في المنطقة الساحلية :

السكرية *Ptosimopappus bracteatus*

السنديان صغير الورق *Quercus microphylla*

بعض النباتات الدالة على الملوحة في التربة في سوريا .

-الطرفاء *Ta m arix tetranda* و *Ta m arix tetragyna* و هما

نوعان شجيريان يتحملان الملوحة العالية و يصادفان في مملحة تدمر حالياً .

-الفرقد *Nitraria retusa* نبات يصادف في البادية السورية و خاصة مملحة

جيروود على الترب العالية الملوحة جداً .

-السودة المثمرة *Suaeda fruticosa* و يصادف في المناطق الساحلية .

-السودة الاسفلتية *Suaeda asphaltica* و يصادف في البادية السورية .

-الروتا *Salsola ver m culata* و يصادف في البادية السورية على الترب العالية
الملوحة جداً .

-النيتون *Haloxylon articulatu m*, و يصادف هذا النبات ايضاً على الترب
العالية الملوحة .

بعض النباتات الدالة على الترب الغدقة الرطبة في سوريا :

-التيفا (الزال) *Typha angustata*

-السعد *Carex hispida*

-القصب *Phragmites communis*

بعض النباتات و المجتمعات النباتية الدالة على المناخ في سوريا :

-الفقيس *Helieborus vesicqrius* و الفاوانية *Poeonia corallina* و هما

نباتان يدلان على الطابق الرطب جداً و البارد .

-غابة الشوح *Abies cillicica* تدل على الطوابق الرطبة جداً و امطارها اكثر من

١١٠٠ مم / سنة .

-الشيخ *Artemeria herba alba* : من النباتات الدالة على الطوابق الجذافة في

سورية .

الفصل السادس

بيئة الجماعات والمجتمعات الحيوية

Population and Biotic Communities Ecology

٦-١ مفهوم الجماعة : Concept of Population

تعد الجماعة اللبنة الأساسية في علم البيئة حيث تكون المجتمعات ومن ثم النظم البيئية، وتعرف الجماعة على أنها مجموعة من الأفراد التابعين لنوع معين وتحتل موقعاً معيناً في زمن معين، وهذه الأفراد يتفاعل بعضها مع بعضها الآخر وتتشأ علاقات وتداخلات حيوية تنظم نموها وتكاثرها وانتشارها. ويجب الإشارة هنا إلى أن من الصعب تحديد حدود الجماعة مكانياً وزمانياً.

عند الدراسة الأولية للجماعات الحية المختلفة يكون من المفيد التعرف على خواص معينة للجماعات تميزها عن باقي حلقات الطيف البيولوجي، فنرى أن لها تنظيم تركيبى ووحدة وظيفية وطرز من النمو تختلف بموجبه الجماعات عن بعضها البعض.

يعتبر العلماء أن المعايير الرئيسية التي تتحكم في كثافة الجماعات العددية هي معدلات الولادة natality ومعدلات الوفيات mortality والهجرة الداخلية immigration والهجرة الخارجية (الاغتراب) emigration.

٦-٢ -٢-٦ فعاليات الجماعة population processes

٦-٢-١ معدل الولادات Natality:

يعرف معدل الولادة بأنه عدد الأفراد التي تنتجها جماعة ما في وحدة الزمن. وتؤدي نسبة المواليد إلى زيادة أحجام الجماعات وتعني إنتاج أفراد جديدة عن طريق الولادة، إنتاش البذور، فقس البيوض... الخ. وهنا لا بد من التفريق بين معدل الولادة النظري (الكامن) potential وهو عبارة عن الأفراد التي يمكن أن تنتجها جماعة ما في وحدة الزمن تحت

الشروط البيئية المثالية وهي ثابتة، وبين معدل الولادة الفعلي أو المحققة Realized والذي هو عبارة عن عدد الأفراد الناتجة في وحدة الزمن تحت الشروط البيئية للوسط وهي ليست ثابتة وتختلف باختلاف الشروط البيئية وباختلاف حجم وتركيب الجماعة.

٢-٢-٦ معدل الوفيات Mortality:

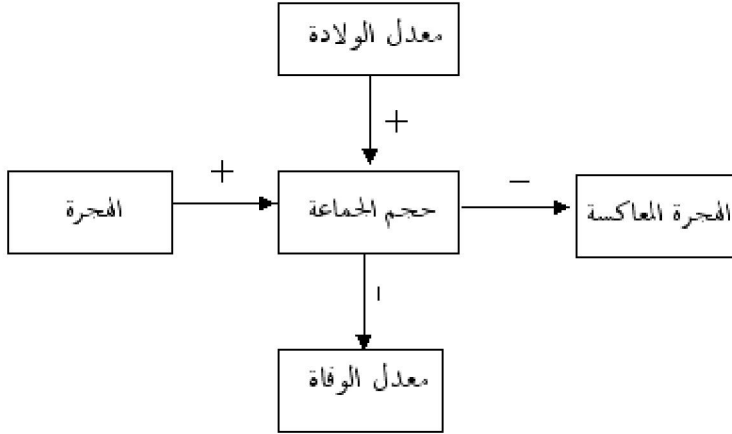
يعبر معدل الوفيات عن عدد الأفراد الذين يموتون في جماعة ما في وحدة الزمن. ومعدل الوفيات له أثر سلبي على حجم الجماعة، وهنا يجب التمييز بين ما يسمى العمر النظري أو درجة التعمير النظرية وهي طول مدة الحياة للأفراد تحت الشروط البيئية المثالية وهي ثابتة لجماعة ما (الوفاة تحصل بسبب الشيخوخة) وبين درجة التعمير الفعلية أو الحقيقية Actul longevity، وهي المدة الفعلية لطول حياة الأفراد وتحت ظروف الوسط الطبيعية وهي ليست ثابتة، حيث تؤثر فيها الظروف البيئية المتعددة كالاقتباس والأمراض والأخطار البيئية وبالتالي ينتهي عمر الفرد قبل أن يتقدم عمره ويصل للشيخوخة، وعلى سبيل المثال فإن العمر المتوقع لآبو الحناء الأوروبي Erythacus rubecula في بيئته الطبيعية هو سنة واحدة فقط ولكن في ظروف مثالية في المختبر فيمكن أن يصل العمر إلى ١١ سنة.

٣-٢-٦ الهجرة Immigration:

ويعبر عنها أحياناً بانتشار الجماعات dispersal وتعرف أنها تحرك الأفراد ضمن الجماعة من وإلى مكان التمركز (الموطن) أو وسط المعيشة، حيث يطلق على عملية قدوم أفراد من نفس النوع إلى مكان التمركز اسم الهجرة immigration وعلى عملية ترك الأفراد لمكان تواجد الجماعة اسم الهجرة المعاكسة emigration وبالتالي يكون حجم الجماعة معرض للزيادة أو النقصان بفعل الهجرة والهجرة المعاكسة. وغالباً لا تؤخذ الهجرة بالحسبان عند دراسة ديناميكية الجماعات باعتبار أن معدل الاغتراب في كثير من الأحيان يساوي معدل الاستيطان ومن ناحية بيئية تعد هذه الظاهرة هامة جداً لسببين أولهما في كونها تقلل من التزاوج الداخلي inbreeding وثانيهما أنها تزيد من نسبة تدفق المورثات مما يسمح بتغيير الصفات وإنتاج أفراد ملائمة للبيئة. وقد تكون لظاهرة الهجرة أهمية لبعض الجماعات وذلك عندما تكون محصلة الهجرة تميل للاغتراب أو الاستيطان مما قد يغير من معايير هذه الجماعات.

يمكن تمثيل تأثير كل من معدل الولادات و الوفيات و الهجرة و الهجرة المعاكسة على

حجم الجماعة بالمخطط (٦-١)



الشكل (٦-١) تأثير معدل الولادة والوفاة والهجرة والهجرة المعاكسة على حجم لجماعة

٦-٣ حالة الجماعة (صفات الجماعة) : Population State

٦-٣-١ كثافة الجماعة population density :

تعبر كثافة الجماعة عن العدد الكلي للأفراد التي تقطن منطقة معينة من الموطن البيئي لفترة زمنية معينة. وتعد الكثافة ذات أهمية بالنسبة لتوزيع وحجم الجماعة، ومن المهم التمييز بين نوعين من الكثافة وهما: الكثافة الخام (الظاهرية) crude density :

والتي تعني عدد الأفراد الكلي الموجودة في المساحة الكلية، والكثافة التخصصية أو البيئية ecological density والتي تعبر عن عدد الأفراد في المساحة المسكونة فقط .

٦-٣-٢ - السعة التحملية (درجة تحمل الوسط) Carrying capacity :

قد تصل أي جماعة إلى الكثافة العظمى المعروفة بنقطة التشبع، وهي ثابتة حتى لو زادت كمية الغذاء أو عدد أماكن المأوى، وغالباً ما يكون الوصول إلى نقطة التشبع في أماكن التوالد حيث تحد المساحة الثابتة من عدد الأزواج المتناسلة القادرة على التوطن في موطن بيئي معين، ويؤدي التزاحم الزائد للجماعات المحصورة وبصورة خاصة في المواطن الضيقة إلى تكوين نقطة تشبع، كما أنها قد تؤدي تحت ظروف متطرفة إلى الوحشية كأن تأكل صغارها أو بيضها أو يرقاتها.

ويميز كل منطقة ما يسمى بالسعة الحملية carrying capacity التي تعرف على أنها العدد الكلي للأفراد التابعة لنوع ما والتي تعيش في موطن بيئي تحت ظروف معينة. وإذا ما تغيرت هذه الظروف، إما سلباً أو إيجاباً فإن السعة الحملية سوف تتغير تبعاً لذلك بالزيادة أو النقصان، فإذا تغيرت المنطقة بالاتجاه الأحسن كتحسن المأوى وزيادة الغذاء ومناطق التوالد للجماعات تزداد السعة الحملية إلى أن تصل إلى نقطة لا يمكن أن تتغير بعدها. وتؤثر زيادة عدد السكان ونقصه بالكثافة السكانية فتعمل الزيادة العددية نحو خفض الكثافة لعدة أسباب منها:

(١) التنافس، حيث يصبح حاداً وخصوصاً على الطعام والمأوى والفراغ، مما يؤدي إلى وفيات بين الأفراد الضعيفة.

(٢) الافتقار، حيث يصبح أكثر شدة نظراً لزيادة أعداد الفريسة وسهولة الحصول عليها، مما يؤدي إلى زيادة السعة الحملية للكائن المفترس إلى أن تنقص جماعة الفريسة في الحجم .

(٣) الأمراض والتطفل، حيث تكون الفرصة مواتية نظراً لزيادة وازدحام الكائنات العائلة مما يؤدي إلى نقص في الكثافة السكانية.

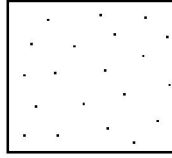
أما النقص السكاني فيؤدي في أغلب الأحيان إلى زيادات في الكثافة السكانية لتوافر الغذاء والمأوى والتزاوج والفراغ ويكون هذا عادة في الكائنات الانفرادية، أما بالنسبة للكائنات الاجتماعية فإن النقص السكاني قد يؤدي إلى تراجع وتدمير للكثافة السكانية، حيث يعد السلوك التجمعي بين الأفراد الاجتماعية عاملاً بيئياً ضرورياً يجب المحافظة عليه لبقاء الجماعة . فنحل العسل المعروف يحتفظ بدرجة حرارة ثابتة داخل الخلية عن طريق سلوك تجمعي لأفراد الخلية وذلك بأن تقوم بعض الأفراد بتحريك أجنحتها في الصيف لتبريد الخلية ويتجمع بعضها حول بعضها الآخر في الشتاء لتوفر الدفء في الخلية. وبصورة عامة تكون الأنواع الاجتماعية التي تتحرك على شكل قطعان أو أسراب أو تعيش بشكل مستعمرات أو خلايا هي التي تتأثر (من ناحية التناسل) بالتعداد الجماعي المنخفض ، وقد وجد أن بعض الثدييات مثل فأر الحقل تصبح عقيمة عندما تكون في جماعات صغيرة نتيجة لزيادة التزاوج الداخلي والذي يؤدي أحيانا إلى انقراض الجماعة .

٦-٣-٣ التوزيع المكاني للجماعة Distribution:

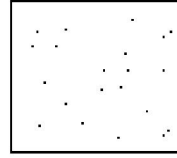
إن الأفراد التي تكون جماعة معينة تتوزع في المكان بأنماط مختلفة تعكس ردود أفعال هذه الأفراد تجاه المؤثرات الخارجية كالبحث عن الغذاء أو التنافس أو غيرها... الخ. ويقال عن أفراد جماعة ما أنهم متوزعون عشوائياً عندما يكون وجود أي فرد من الأفراد في مكان ما ليس له علاقة بوجود الأفراد الأخرى، ونادراً ما تشاهد هذه الحالة في الطبيعة وتحدث عندما يكون الموطن البيئي متماثل من حيث الموارد الطبيعية التي تهتم الكائن الحي وفي نفس الوقت عدم ميل الأفراد للتجمع. وبالمقابل إذا تواجد أفراد النوع الواحد بصورة متجانسة في الموطن فيقال أن التوزيع منتظم Regular ، حيث تترتب الأفراد بنمط معين يكفل أقل تنافس ممكن ، وهذا النوع من التوزيع ينتج عادة من شدة التنافس على موارد الموطن البيئي الطبيعي. ونراها في النباتات الصحراوية بشكل واضح حيث تفرز بعض الأنواع مواد كيميائية تمنع اقتراب نوع آخر من أجل استغلال أفضل للموارد المتاحة .



تجميحي



منتظم



عشوائي

الشكل (٦-٢) أنماط توزيع المكان للجماعات

والتوزيع الأكثر انتشاراً هو التجميحي أو التكتلي Clumped حيث تترتب أو تتجمع الأفراد على شكل تكتلات أو مجموعات وتنتج هذه التكتلات عادة عن علاقات زوجية وعائلية بين الأفراد كأن يحتفظ الذكر بإنائه وصغاره في بقعة معينة من الموطن البيئي وبشكل عام ينتج التوزيع التجميحي عن سببين رئيسيين هما :

- أ- عدم تجانس البيئة من حيث توزيع الغذاء والمأوى كأن يتجمع النمل في مناطق معينة من الحقل
- ب- السلوك الاجتماعي للنوع ذلك أن قطعان السمك وأسراب الطيور وقطعان الثدييات جميعها تتكتل تبعاً للسلوك الاجتماعي .

وفي واقع الأمر فإن نموذج الانتشار المنظم والتجميحي ليس إلا رد فعل الكائن الحي تجاه وسط المعيشة وتجاه التغيرات اليومية والفصلية للطقس .

٦-٣-٤ التركيب العمري للجماعة the age structure:

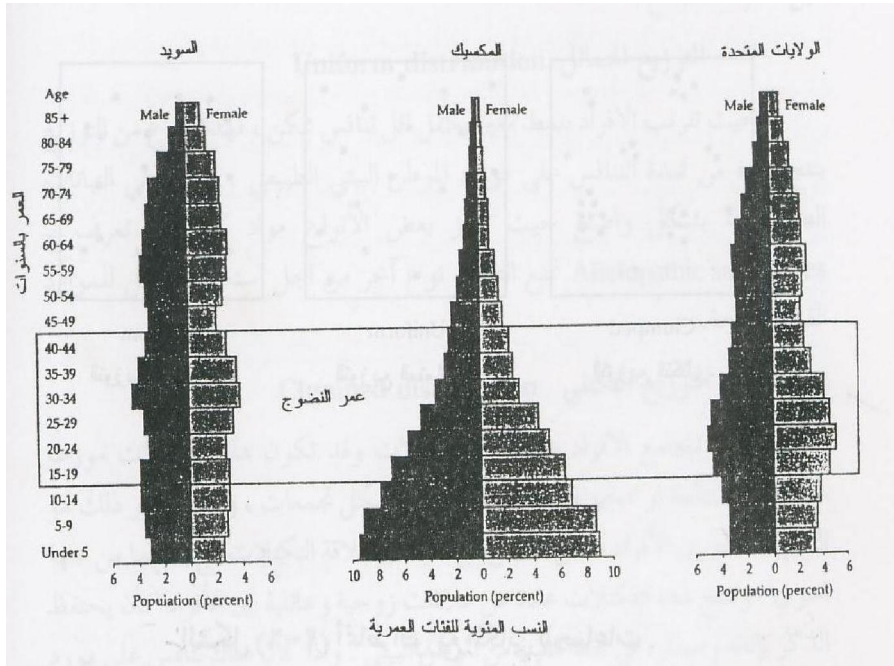
يعرف التركيب العمري للجماعة على أنه نسبة الفئات العمرية المختلفة بالنسبة لبعضها البعض ضمن الجماعة ككل .

إن توزيع الأعمار صفة هامة للجماعة إذ أنه يؤثر في عاملي الولادة والوفاة، إن نسبة فئات الأعمار المختلفة في جماعة ما تعطي فكرة واضحة عن مستقبل هذه الجماعة من حيث التكاثر .

يعبر عادةً عن التوزيع العمري للأفراد بأهرامات العمر Age pyramid ، وهي عبارة عن بيانات تعبر عن نسبة الأفراد في كل عمر حسب الجنس ومنها يمكن إعطاء فكرة عن تركيب الجماعة (فتية، كهلة) ومن خلال ذلك يمكن معرفة الأحداث التي تحيط بالجماعة ومعرفة تطورها المستقبلي الشكل (٦-٣) ومن الشكل نلاحظ أن الجماعة السكانية في السويد متوازنة و هذا ناتج عن التعادل بين معدل المواليد و معدل الوفيات ، مما يعني أن السويد مجتمع مستقل في توزيع الفئات العمرية ، أما الولايات المتحدة فنلاحظ أن حجم الفئة العمرية من (٠ - ٥) يقارب حجم الفئة العمرية الناضجة، و من ثم تتناقص أحجام الفئات العمرية من ٢٠ - ٤٠ سنة ، و يحصل ان يثبت الحجم في سن من (٤٠ - ٦٠ سنة) ومن ثم يتناقص تدريجياً .

أما المكسيك فنلاحظ أن فئة الصغار (قاعدة الهرم) تشكل أعلى نسبة في المجتمع ، مما يدل على ارتفاع نسبة المواليد من جهة و قصر طول العمر من جهة أخرى (بسبب الفقر) . و تتوقف النسب العمرية على معدل المواليد و معدل الوفيات و نوع الجماعة ، فمثلا تتميز بعض الجماعات بإنتاج كبير من الصغار مترافق مع وفيات مرتفعة ، فمثلا ينتج سمك الرنكا في المحيط الهادي ٨٠٠٠ بيضة لكل أنثى في الموسم الواحد يقفص منها ٩٥ % و لكن ٠.١ % فقط يبقى على قيد الحياة حتى سن البلوغ ، لذا يكون لهذه الجماعات أهرامات عمر ذات قواعد عريضة ، و من جهة أخرى تلد الأفيال و الحيتان مولودا واحدا فقط لكل أنثى كل بضع سنوات فيكون لأهرامات العمر قواعد ضيقة نسبيا و نسب بالغة متسعة .

تستخدم هذه الأهرامات لمراقبة الجماعات السكانية البشرية ونموها ، حيث تستفيد منها المؤسسات المختلفة لمعرفة ما تحتاجه كل فئة عمرية من مدارس وجامعات ومشافي وغيرها من الأمور التي تهم التنمية البشرية .



(Capbell ,1992)

الشكل (٦-٣) يظهر التركيب العمري لثلاث أمم بشرية عن

٦-٣-٥ أشكال نمو المجموعة : population growth forms

تمتاز الجماعات بأنها ليست كياناً ثابتاً ، فعند أي نقطة زمنية تمارس الجماعات نمواً و اتساعاً وانحداراً وتقلصاً ، وجميع الكائنات الحية لها القدرة على نمو جماعي محسوس ، وعادةً ما يظهر النمو في الكائنات الحية على شكل زيادات رياضية أسية وخصوصاً في المراحل الأولى من نمو الجماعات .

تتميز كل جماعة بنموذج خاص من النمو وتسمى هذه النماذج منحنيات النمو للجماعة، ولقد دلت الدراسات على نمو الجماعات الحيوانية إلى إبراز طرازين للنمو هما :

أ- النمو الأسي (المالتوسي) : Malthusian Growth

قدم عالم الاقتصاد الإنكليزي مالتوس في نهاية القرن الثامن عشر فكرته أن الجماعات عادة تميل إلى الازدياد بصورة أسرع مما يتوقع لها في أوساط معيشتها، وبصورة عامة لاحظ أن الجماعات كانت تميل للازدياد هندسياً أو أسياً (زيادة مضاعفة) بينما كانت تميل موارد غذائها

ووسائط عيشها لزيادة حسابياً (زيادة عادية)، مما يؤدي إلى استنزاف المصادر الطبيعية المتوفرة مثل الموارد الغذائية والفرغ البيئي نتيجة للتنافس الشديد، لذا ينحدر التزايد السكاني فجأة. أما الحالات الأشد قوة في الانحدار فيكون سببها المرض أو الفقر.

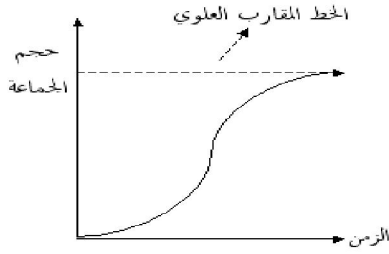
وهذا المنحى (J) ينطبق في الطبيعة على الطحالب والنباتات الحولية وبعض الحشرات. ويبين الشكل (٦-٤) منحى النمو المالتوسي حيث يلاحظ زيادة أسية في المراحل المبكرة من النمو السكاني مع انحدار سكاني مفاجئ ، وتكون الحدود العليا للنمو السكاني متميزة بالوفيات الفجائية والعنيفة في أغلب الأحيان .

ب- النمو النسبي (اللوجستيكي) Logistic growth :

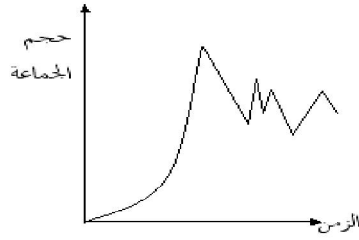
افترض فيرهنلست في عام ١٨٣٨ أن الجماعات تنمو عادةً بشكل منظم أكبر بكثير من ذلك النمو الذي افترضه مالتوس. ويعتقد فيرهنلست أن الجماعات تنمو بطريقة تمثل بمنحى شبيه بحرف S وعبر هذا الافتراض بالنظرية اللوجستكية لنمو الجماعة ، فقد بينت النظرية بأن للجماعات معدل نمو بدائي بطيء يزداد أسياً إلى أن يصل حداً أقصى ، بعدئذ يقل تدريجياً وليس بشكل مفاجئ ، ويكون الوصول إلى الحد الأقصى للنمو تدريجياً .

ومما يجدر ملاحظته أن المنحى اللوجستيكي والمنحى المالتوسي لا يختلفان في المراحل الأولى لنمو الجماعة ، فهما يظهران بداية بطيئة تتبعها فترة نمو أسي أو هندسي . إلا أنهما يختلفان أساسياً في المراحل العليا أو المراحل المتحكمة بالنمو . حيث يتميز المنحى المالتوسي على الأغلب بنمط جارف مأساوي لنمو محدد ، بينما يتميز المنحى اللوجستيكي بنمط منظم وتدرجي لتحديد نمو الجماعة .

وينطبق المنحى النسبي على نمو جماعة الخميرة وذبابة الفاكهة والنمل والنحل وغيرها من الكائنات الحية التي تتميز بتاريخ حياة بسيطة . وقد أدت هذه الأدلة إلى قبول علماء الأحياء منحى النمو النسبي واعتباره قانون نمو الجماعة ، واستعمل للتنبؤ بمستويات الجماعة المستقبلية عن طريق استخدام ما يسمى الخط المقارب العلوي للمنحنى أو مستوى الجماعة العلوي ، حيث يثبت النمو تقريباً . ويسمي علماء البيئة مستوى الجماعة العلوي بالسعة الحملية للمنطقة البيئية المدروسة. الشكل (٦-٤)



منحنى النمو السبي



منحنى النمو المالتوسي

الشكل (٦ - ٤) منحنى النمو المالتوسي و اللوجستيكي (Southwick , 1972)

٦-٤ العلاقات البيولوجية بين الأنواع :

يجزم العلماء بأنه لا يوجد أي نوع من الكائنات الحية يستطيع أن يعزل عن أنواع أخرى من الكائنات الحية ، بل تمارس جميع الكائنات الحية تفاعلات مباشرة أو غير مباشرة مع بعضها ، ويطلق على مجمل التفاعلات المتبادلة اسم التداخلات الحيوية . وقد تكون هذه التداخلات إيجابية وهي تفاعلات ينتج عنها على الأقل إفادة لأحد النوعين وعدم الإضرار بالنوع الآخر ، وقد تكون تداخلات سلبية وهي تفاعلات ينتج عنها الإضرار بنوع واحد على الأقل بكلا النوعين .

والجدول (٦-١) يلخص أهم التداخلات الحيوية الممكنة بين الأنواع المختلفة

جدول (٦-١) التداخلات الحيوية الممكنة بين الأنواع المختلفة من الكائنات الحية :

نوع الآخر	أحد الأنواع	نوع التداخل الحيوي
0	0	الحيادية
0	+	التعايش
+	+	التقايبض
+	+	التعاون
-	+	الافتراس
-	+	التطفل
-	-	التنافس
0	-	التضادية

- حيث أن : (+) تعني زيادة في نمو الجماعة .
 (-) تعني نقصان في نمو الجماعة .
 (٠) تعني عدم تأثر نمو الجماعة .

٦-٤-١-التعادلية neutralism :

وتعني أن هناك نوعين مختلفين لا يتأثران لا سلباً ولا إيجاباً بذلك التصاحب، وتتשא التعادلية عند توفر الغذاء والمأوى بصورة كبيرة بالنسبة للكائنات القاطنة .
 إلا أن السلوك التعادلي هذا قد يتغير عندما تتغير الظروف البيئية ، فحدوث كارثة أو تغير بيئي جذري يمكن أن يغير المتوفر من الغذاء والمأوى بحيث يجبر النوعان على استعمال أغذية أخرى أو البحث عن بديل للمأوى مما قد يؤدي إلى احتدام المنافسة بين النوعين وبالتالي تتغير العلاقة بينهما .

٦-٤-٢ المشاركة (الانتفاعية) commensalisms :

عندما تتفاعل الجماعات بأسلوب يكون نافعاً لأحدهما ومتعادلاً للآخر يشار إليه بالمشاركة . والأمثلة على المشاركة كثيرة إذ نراها في كل الأماكن وفي كل الأوقات . فقد توفر

كائنات حية كبيرة ملجأً لتعايش لكائنات أصغر ، وعلى سبيل المثال توفر جذوع الأشجار الضخمة ملاجئ للخفافيش والسحالي والحشرات وغيرها من الكائنات الحية . كما تتخذ النباتات العالقة (Epiphytes) من فروع الأشجار والشجيرات وسط نمو تنمو فيه كما تستخدمها دعامة تتعلق عليها .

وتختلف النباتات العالقة عن الطفيليات في كونها لا تستمد من عوائلها المواد الغذائية أو الماء، كما تختلف عن المتسلقات في كونها لا تتصل بالأرض إطلاقاً طوال فترة حياتها وتعتمد هذه النباتات على مياه المطر والندى في حياتها . كذلك فإن النباتات المتسلقة تنتمي إلى هذه المجموعة .

وتحوي معظم الحيوانات (بما في ذلك الإنسان) على متعايشات داخلية لا تسبب أمراضاً ، اذ تحتوي القناة الهضمية للإنسان أنواعاً من البكتريا والحيوانات الأولية بأعداد هائلة ، كما يحدث طراز آخر للتعايش عندما تستخدم أنواع من الحيوانات جحوراً أو أعشاشاً مجهزة من قبل أنواع أخرى

والمثال على التعايش بين الحيوانات كبيرة الحجم ما نراه بين سمك الريمورا وسمك القرش Remora-Shark، حيث يوجد لسمك الريمورا ممص على شكل محجم قوي يمك بواسطته جلد القرش لينقله بدوره إلى مسافات بعيدة وبصورة سريعة دون جهد يبذل من سمك الريمورا . كما تلتهم الريمورا بقايا الطعام الزائد بين فكي القرش في حين لا يتأثر سمك القرش من وجود الريمورا عليه .

والمشاركة قد تكون اختيارية أو إجبارية ، فالمشاركة الإجبارية تكون عندما يعتمد كائن حي وبشكل مطلق على نوع آخر ، فالعلاقة بين الطحلب basicaldia وبين بعض سلاحف المياه العذبة مثال على التعايش الإجباري ، حيث تنمو الطحالب على ظهور هذه السلاحف فقط .

والسرطان المحاري (حيوان من القشريات صغير الحجم) يعيش فقط داخل التجويف الجداري للمحار ، ودائماً تكون مثل هذه العلاقة علاقة موطن وليست علاقة تغذية .

وقد يكون التعايش اختيارياً وهذا يحدث غالباً ، وذلك عندما يستطيع الكائن المتعايش البقاء حياً عندما يكون بصورة مستقلة إلا أن كل واحد يتعزز بوجود الآخر ، والمثال على ذلك العلاقة بين كلب البراري Cynomys sp والبومة Speotyto sp ، إذ غالباً ما تعشش البومة في جحور كلب المروج لكنها لا تقتصر على العيش في مثل هذه الجحور والمثال الآخر القوارض المنزلية .

٦-٤-٣-التقايض Mutalism :

هو عبارة عن نوع من العلاقات الطيبة بين الكائنات الحية ينتفع من جرائها كلا المجموعتين المتدخلتين .

والمثال على ذلك هو الشيببات (Lichens) حيث يتحد الفطر في هذه الحالة (غالباً من الفطريات الزقية ونادراً من الفطريات البازيدية) مع طحلب أخضر مزرق مكونين بذلك جسماً واحداً يسمى (بالاشن) وفي هذه الحالة يمد الطحلب الفطر بالمواد الكربوهيدراتية على حين يمد الفطر الطحلب بالمواد البروتينية ومواقع التعلق والرطوبة .

والمثال الآخر العلاقة بين البكتيريا العقدية Rhizobium والبقوليات ، حيث تمد البكتيريا النبات بالأزوت وتحصل بالمقابل على الكربوهيدرات من جذور النبات والتقايض قد يكون إجبارياً وقد يكون اختيارياً ،والمثال على التقايض الإجباري النمل الأبيض Termites (آكل الخشب) إذ يعيش في القناة الهضمية للنمل الأبيض حيوان أولي يقوم بهضم مادة السيللوز الموجودة في الخشب وتسهيل عملية الهضم بالنسبة للنمل. وتكون العديد من علاقات التقايض اختيارية أي أن بمقدور كل نوع البقاء دون وجود النوع الآخر إلا أن كليهما ينتفعان عندما يعيشان سوياً. والمثال الآخر على التقايض هو التقايض بين النمل والمن.

٦-٤-٤-التعاون الأولي Protocooperation :

عبارة عن علاقة تنشط أو تحفز كلا النوعين ولكنها ليست إجبارية لأن النمو العادي للفرديين يستمر في غياب هذه العلاقة ، فمثلاً تستخدم العديد من السرطانات البحرية أجسام الإسفنجيات الحية وأجسام الجوفمغويات كنوع من التمويه لتغطية السطح العلوي من الجسم فيتحاشى السرطان الاقتراس من قبل الحيوانات الأخرى ، على حين يستفيد الكائن الآخر بانتقاله إلى مناطق تحتوي على كميات أكبر من الغذاء والأكسجين .

٦-٤-٥-الاقتراس predation :

الاقتراس هو عملية التهام كل أو جزء من الفريسة الحية (prey) عن طريق الهجوم المباشر عليها بواسطة المفترس (predator) ، وهي نوع من العلاقات العدائية التي تبدو لنا في الوهلة الأولى بأنها تقضي على الكائنات الحية ، ولكن نظرة على المدى البعيد تبين لنا أن هذه العلاقة لها الدور الكبير في تنظيم الجماعات ومنع ظاهرة التدمير الذاتي self-destruction (بسبب التضخم السكاني) من الحصول ، فمعظم الحيوانات في أي نظام بيئي يكون لها عدو واحد أو أكثر يقاوم زيادة السكان فيها .

والافتراس معروف ويمكن تمثيله في العلاقة بين الصقر والفأر والأفعى والفأر وبين الأسد والظبي وبين الأسماك الكبيرة والصغيرة . وهكذا فإن إزالة المفترس من منطقة بيئية يؤدي إلى زيادة أعداد الفريسة مما يؤدي إلى الازدحام الذي ينتج عنه تدهور ظروف السكن وانتشار الأمراض .

وقد تبين من الدراسات العديدة أن الافتراس يزيل بصورة اختيارية الأفراد حديثة السن والمعمرة والمريضة أو المصابة من جماعة الفريسة ، على حين تكون الحيوانات النشيطة والسليمة وجيدة التكيف أقل عرضة للوقوع ضحية للمفترس ، ومن هنا نرى الدور التنظيمي للافتراس في جماعات الحيوان .

وقد لا يكون الافتراس اختيارياً بأن يصيب الأفراد القوية السليمة كما في حالة طائر السنونو الذي يتغذى على الحشرات بغض النظر عن حالتها الصحية . وهناك العديد من الكائنات الحية التي تكيفت للحد من ظاهرة الافتراس . ويعتبر التلوين الوقائي protective coloration والتلوين التحذيري warning coloration والتكرار mimic ضمن هذه الفئة من التكيفات .

يلعب الافتراس دوراً مهماً في المحافظة على توازن النظام البيئي وذلك بالتخلص من الأفراد الضعيفة داخل النوع الواحد ، أما الأفراد القوية فهي تقاوم الافتراس ، وبذلك يساعد الافتراس على تحسين النوع ويؤدي في نفس الوقت إلى تقليل العدد والتخلص من الازدحام . وتحت الظروف الطبيعية يندر أن يؤدي الافتراس إلى انقراض نوع من الفرائس وإنما يكون هناك توازن بين أعداد الفرائس والمفترسات .

٦-٤-٦- التطفل parasitism:

التطفل علاقة بين نوعين من الأحياء لمصلحة أحد الطرفين على حساب الطرف الآخر ، وتعد الطفيليات كائنات حية تعيش داخل أو على جسم الكائنات الحية وتستمد غذاءها منها وقد تسبب للعائل ضعفاً أو موتاً ويكون التطفل شاملاً لجميع النباتات والحيوانات . ليس هناك خط واضح للتمييز بين الطفيلي والمفترس في بعض الحالات ، وبصورة طبيعية تسبب المفترسات هلاك فرائسها خلال وقت قصير على حين تحتاج الطفيليات إلى وقت كبير نسبياً وكذلك في حالة التطفل (معظم الأحيان) يكون الكائن المتطفل أصغر حجماً بكثير من العائل والعكس صحيح بالنسبة للافتراس فتكون عادةً الفريسة أصغر بكثير من المفترس .

٦-٤-٧- التنافس Competition:

هو البحث النشط الذي يقوم به الأفراد التابعة لنوعين أو أكثر عن نفس المورد في البيئة التي يعيشون فيها . والتنافس علاقة ذات أثر سيء على الكائنات الحية وهي من العوامل المحددة للكثافة وانتشار العديد من أنواع الأحياء في البيئات المختلفة .

لقد أظهرت الدراسات البيئية بأنه لا يمكن بصورة طبيعية لنوعين مختلفين من الكائنات الحية من احتلال نفس العش البيئي تماماً ، أي أنه لا يمكنهما الوجود معاً بمتطلبات متماثلة للغذاء والمسكن .

وهناك قاعدة بيئية تشير إلى أن الأنواع التي تعيش في منطقة معينة مع بعضها البعض وتتداخل في أعشاشها البيئية غالباً ما تتنافس على نفس الموارد وكثيراً ما يقوم أحدها بإزاحة الآخر ويطلق على هذه الظاهرة بالإقصاء التنافسي competitive exclusion أو مبدأ جوز للاستبعاد التنافسي . وقد أجرى (Gause,1934) مجموعة من التجارب على التنافس والتواجد المشترك لنوعين من البارامسيوم هما :

Paramecium caudatum, paramecium aurelia

فعندما يزرع النوعان بصورة منفصلة في المختبر فإن كل نوع ينمو بصورة جيدة على الوسط الغذائي نفسه ، ولكن عندما يزرع النوعان معاً فإن بارامسيوم أوريليا دائماً يقضي بارامسيوم كوداتم . وقد تتغير نتائج التنافس بين الأنواع تبعاً لتغير الظروف البيئية المختلفة ، وهناك تكييفات وأنواع من السلوك التي تجعل الكائن الحي منافساً قوياً منها :

- ١- العدوان السلوكي المجرد الذي يقوم فيه أحد الأنواع بطرد الآخر .
- ٢- معدل تكاثر عالي بحيث يؤدي إلى احتلال الموطن البيئي المحدد من قبل الصغار .
- ٣- نجاح أكبر في إيجاد الغذاء ومواقع الأوكار والتزاوج .
- ٤- قدرة أكبر على استخدام العلاقات التعاونية والاستفادة منها .
- ٥- مقاومة الأمراض .
- ٦- نجاح أكبر في تفادي المجابهة التنافسية .

٦-٤-٨-التضاد Amensalism:

عبارة عن علاقة يقوم بها نوع بالحد من نمو وانتشار نوع آخر ، ويؤثر النوع الأول في الثاني عن طريق تحويل الوسط لمصلحته ، وذلك عن طريق إفراز مواد كيميائية إلى الوسط .

ويعد هذا النوع من إفراز المواد من أشد أنواع المنافسة العدائية ، وتختلف علاقة التضاد عن التنافس في أن الأولى تعتمد في عملها على إفراز مواد إلى الوسط في حين أن الثانية تعتمد على استنفاد المواد من الوسط .

يتم إفراز هذه المواد إلى الوسط إما بالطرح السالب لها أي بالغسل من الأوراق بفعل مياه الأمطار ، كما هو الحال في تحرر مادة الجوغولون juglandine من ثمار وأوراق أشجار الجوز أو عن طريق تطاير التربينات من السطوح النباتية كما في الكينا ، أو تطاير الزيوت الأولية الأساسية من نبات الشيح الأبيض أو إفراز هذه المواد عن طريق الجذور كما في الأروكاريا أو تحلل النسج التالفة كما في الميس والسماق .

كما أن التضاد الحيوي antibiosis عبارة عن شكل من أشكال التضاد والذي يقوم فيه كائن حي بإنتاج مادة سامة ضد كائنات حية أخرى . والمثال المعروف على ذلك هو فطر البنسلين penicilium الذي ينتج مادة حيوية مضادة penicillin تسبب موت العديد من أنواع البكتريا .

٥-٦ بيئة المجتمعات الحيوية the ecology of biotic communities :

٥-٦-١ مفهوم المجتمع الحيوي :

إن تجمع أنواع مختلفة من الكائنات الحية في بيئة معينة يشكل وحدة حية يطلق عليها اسم المجتمع الحيوي biotic community فمثلا يتكون المجتمع الحيوي للغابة من أشجار وشجيرات وتحت شجيرات وأعشاب وحيوانات مختلفة وكائنات حية دقيقة وغيرها . إن وجود هذه الكائنات بعضها مع بعض في وحدة حيوية متفاعلة تشكل المجتمع الحيوي .

الكائنات الحية الموجودة في المجتمع الحيوي لا تملك نفس الأهمية البيئية من ناحية

تأثيرها في المجتمع الحيوي ، ويعتبر النوع ذو السيادة البيئية Ecological dominance هو الأهم قياسا إلى المجتمع البيئي حيث تدل السيادة البيئية على مدى علاقة هذا النوع في عملية تدفق الطاقة عبر المجتمع البيئي ، ويجزم العديد من العلماء أن النوع السائد بيئيا هو الذي يتحكم بشكل رئيسي في مصير المجتمع ، وإذا عزلناه تحدث تغيرات مؤثرة وفي المقابل فان عزل أي نوع آخر غير سائد قد لا يؤثر أو يكون تأثيره غير ملحوظ على حيوية المجتمع .

وتعتمد طبيعة المجتمعات الحية على عاملين أساسيين هما :

- ١- تأقلم وتكيف أفراد المجتمع مع البيئة الفيزيائية المحيطة
- ٢- مدى علاقة الكائنات الحية المكونة لهذا المجتمع بعضها مع بعضها الآخر

وكما للجماعة البيئية خصائصها وصفاتها يوجد للمجتمعات الحيوية صفات خاصة بها

مثل :

- ١- البنية structure
- ٢- التنوع diversity
- ٣- السيادة Dominances
- ٤- الوفرة النسبية relative abundance
- ٥- العش البيئي niche

٦-٥-٢ هيكل (تركيب) المجتمع الحيوي The community structure

ويقصد بذلك الشكل العام للمجتمعات الإحيائية ، وهذا الوصف ينطبق بصورة رئيسية على المجتمعات النباتية التي تتميز بالطبقية stratification كما هو الحال في النظام البيئي للغابة ، حيث هنالك عدة طبقات في الغابة وكل طبقة تشكل بيئة مصغرة لكائنات حية مختلفة تتوافق مع قدرة احتمالها ومتطلباتها الحياتية ، وتجدر الإشارة هنا إلى أن الكائنات الحية التي تستقطبها كل طبقة تتغير على مدار السنة أو الفصول وتتفاعل بعض هذه الكائنات الحية مع بعضها الآخر بشكل مستمر مشكلة بذلك مجتمع حيوي قائم بذاته .

ومن الجدير بالذكر هنا أن الشكل العام وهيكل المجتمع والمناطق الانتقالية البيئية يمكن تحديدها بالنظر والمراقبة بينما تحتاج الصفات الأخرى كالسيادة و الوفرة إلى المسح البيئي الميداني Ecological survey للتوصل إلى النتائج المرجوة .

٦-٥-٣ المنطقة الانتقالية البيئية (التخوم) Ecotone :

تحت الظروف الطبيعية تكون الحدود الفيزيائية للمجتمعات متغيرة ، ففي بعض المجتمعات نرى حدودا واضحة ومميزة بين مجتمعين ، بينما في ظروف أخرى تتزاحم الحدود وتتشابك بحيث يصبح من الصعب وضع حد فاصل بين حدود نهاية مجتمع ما وبداية آخر ، وعوضا عن ذلك توجد منطقة انتقال أو توتر بيئي ، بحيث تصبح الظروف لأي من المجتمعين

المتجاورين أكثر حدة ، وغالبا ما يحدث امتزاج لنوعين من المجتمعات ، تسمى هذه المنطقة بالمنطقة الانتقالية البيئية Ecotone ، وعلى سبيل المثال توجد مناطق انتقالية بين المراعي والغابات وبين الغابات والمستنقعات وبين المراعي ومجتمعات المياه العذبة .

ومن ميزات المنطقة الانتقالية :

١- وجود أعداد كبيرة من الأنواع في غالب الأحيان نتيجة لامتزاج الأنواع الأكثر تحملا من المجتمعات الحدودية وأنواع أخرى ليست مستوطنة . وتعرف الأنواع التي تقطن المناطق الانتقالية بالأنواع الحافية (Ectypes) وتعرف هذه الظاهرة بظاهرة تأثير الحواف Edge effect ، وقد تكون المناطق الانتقالية ذات حواف حادة كما هو الحال عند الانتقال من اليابسة إلى الماء ، حيث يكون مفاجئا بحيث لا يسمح المجال إلا لمنطقة انتقالية ضيقة للغاية .

٢- تكون كثافة العديد من الأنواع الحافية أعلى منها في المجتمعين المتجاورين .

٣- تمتاز الكائنات الحية التي تعيش في المنطقة الانتقالية بتأقلمها وتكيفها المتفوق على تأقلم وتكيف الكائنات الحية الموجودة في المجتمعات المتجاورة .

٦-٥-٤ مبدأ اتصال المجتمعات Continuum concept

ويعني ذلك انعدام المجتمعات المتميزة ذات الحدود الواضحة المعالم في الطبيعة فهناك تغير تدريجي في هيكل المجتمع الحيوي تبعا للتغير في عامل بيئي معين كدرجة الحرارة والرطوبة ونوع التربة أو الارتفاع عن سطح البحر . وقد أدخل هذا المصطلح حديثاً من قبل علماء البيئة اللذين لا يجدون تغيرات أو حدود قاطعة في تركيب الأنواع في المناطق التي يمكن أن يظهر فيها مجتمع متصل .

٦-٥-٥ التنوع diversity

إن أهم ما يميز المجتمعات الحيوية تنوعها ، أي احتواؤها على أنواعاً عديدة من الكائنات الحية ، والتنوع بالأساس ما هو إلا قياس للتباين في المجتمعات البيئية . إذ إن تباين الأنواع لمجتمع حيوي ما عبارة عن دالة لعدد الأنواع من كل نوع والعدد الكلي لأفراد جميع الأنواع في ذلك المجتمع .

ولقد وضع علماء البيئة معادلات رياضية للتنوع ومنها :

١- معامل سمبسون للتنوع

٢- دليل ماركاليف للتنوع

٣- دليل شانون للتنوع وغيرها الخ وسوف نستعرض هه الدلائل في الجزء

العملي من هذا المقرر .

وتجدر الإشارة إلى أن العوامل المحددة للتنوع تعتمد على قساوة الظروف البيئية ونوعية البيئة .

٦-٥-٦ السيادة dominance

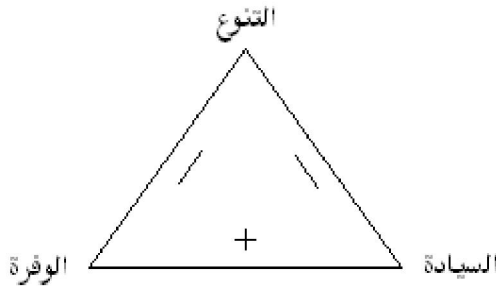
وتعتبر من الصفات البيئية التي يمكن تفسيرها او النظر إليها من عدة زوايا ، ويعتقد العلماء أن المجتمعات الحيوية التي يسيطر عليها نوع واحد أو عدة أنواع قادرة على التعامل والتفاعل مع الوسط الخارجي ، لذا تسمى هذه الأنواع المسيطرة بالكائنات السائدة . وتشعبت الآراء حول تحديد النوع السائد فهل :

١- النوع السائد هو الأكبر حجماً ؟

٢- النوع السائد هو الذي الأكثر وزناً ؟

٣- النوع السائد هو الأكثر عدداً ؟

٤- النوع الذي يسهم في انسياب وتدفق الطاقة بكفاءة أكبر؟ ، ومن أهم الإسهامات التي لها أثر في تفعيل أهمية السيادة ما اقترحه العالم Odum ١٩٦٩ بان السيادة تتناسب طردياً مع الوفرة Abundance وعكسا مع التنوع ، ووضع هذا التصور على شكل مثلث سمي باسمه معطياً دلالة واضحة على أن الأنواع التي تتميز بأعدادها العالية هي الأنواع السائدة (شكل ٦-٥-١) ، أي أنه كان من مؤيدي التوجه الذي يربط السيادة بالعدد وقد وافقه العديد من العلماء في هذا التوجه ، وعارض هذا التوجه علماء آخريين ، حيث أنهم أعطوا ثقل السيادة للأنواع التي تتميز بوظائف معينة في المجتمع ومن أهمها كفاءة نقل الطاقة من مستوى غذائي إلى آخر .



الشكل (٦-٥-١) مثلث Odum للسيادة

ويعتقد علماء آخرون أن النوع السائد هو النوع الذي يقلل من التنافس ما بين الأنواع عن طريق الافتراض ، وهذا نوع من التحكم في المجتمعات عن طريق اتزان النظم البيئية .
ويوجد توجه آخر وهو أن النوع السائد هو الذي يستغل المكونات الغذائية والعوامل اللاحية بشكل أفضل من غيره (غذاء ، حرارة ، رطوبةالخ) وبالتالي يعتبر هذا النوع هو الأقدر على الاستمرار في حال تعرض المجتمع لمؤثر بيئي معين وبالتالي يعتبر هذا النوع هو السائد . واجتمع العلماء على أهمية توحيد الآراء المختلفة حول السيادة مع العلم أن العامل المشترك ما بين التوجهات المختلفة حول السيادة المختلفة هو أن النوع الذي سيعتبر سائدا هو نوع مهم لحياة المجتمع البيئي .

٦-٥-٧ العيش البيئي (العيش الوظيفي) Niche :

تعتبر هذه الصفة من مميزات المجتمعات المعقدة غاية التعقيد ومن الصعب إيجاد مرادف بكلمة واحدة يوضح مفهوم النيتش Niche وتعتبر هذه الميزة من الظواهر المهمة للمجتمعات لذا من الضروري سرد آراء وتوجهات العلماء والمدارس البيئية المختلفة للتوصل إلى تفهم أفضل لهذا الظاهرة :

١- كان من أوائل العلماء الذين طرحوا فكرة أو صفة العيش الوظيفي هو عالم الطيور المعروف (١٩٢٨ - 191٧) joseph grinnel واعتبر العيش الوظيفي جزء من الوسط المحيط يحتله كائن حي معين تتوافق قدرته الاحتمالية وصفات هذا المكان ، ولكن لاحقا اعتبر علماء آخرون أن ما يتحدث عنه (غرينل) هو الموطن Habitat وليس العيش الوظيفي .

٢- في العام ١٩٢٧ ظهر العالم تشارلز التون Charles Elton بمفهوم آخر : وهو الحيز الذي يشغله الكائن الحي على أن يتمكن من إظهار دوره الوظيفي في الطبيعة .

٣- في العام ١٩٥٩ دفع العالم Hutchinson بمفهوم أوسع للعيش الوظيفي حيث اعتبر هذا العالم أن العيش الوظيفي هو حيز في مكان بيئي معين تتداخل و تتوافق فيه جميع العوامل الحياتية و غيرالحياتية بحيث يستطيع الكائن الحي الذي يشغل هذا الحيز من ممارسة وظيفته في النظام البيئي ، وقال أن العيش الوظيفي هو أصغر وحدة مساحية تتوفر فيها جميع متطلبات الكائن الحي أي إن العوامل الحية تقع ضمن الحدود المثالية وضمن التدرج المرغوب .

ويعتقد العلماء بأنه نجح في إعطاء صورة أفضل لهذا المفهوم .

٤ - ووصف العالم pianka عام ١٩٧٨ عالم البيئة التطورية المعروف العش الوظيفي :

أفضل ما يستطيع الوصول إليه الكائن الحي من ناحية تكيفه وتأقلمه لأصغر وحدة وظيفية في البيئة .

ويقسم العش الوظيفي في الطبيعة إلى قسمين رئيسيين:

١- العش الأساسي FUNDAMENTAL TALNICHE

٢- العش المستحدث RELHZED NICHE

والفرق بينهما أن العش الأساسي هو الحيز الدقيق الذي يشغله نوع واحد فقط من الكائنات الحية .

وهنا يعتقد العلماء بوجود غياب التنافس ما بين هذه الأنواع و الأنواع الأخرى ومن المعروف أن التنافس حركة ديناميكية من صفات المجتمعات الحيوية، و سيقى العش الأساسي حرا لفترة معينة من الزمن ولابد من أن يأتي وقت يفرز هذا الحيز كائناً حياً آخر يتطلب نفس الصفات والمتغيرات التي يحتويها العش الأساسي ، فيحدث التنافس بين النوعين ويحتل الأكثر منافسة الحيز الأصلي (العش الأساسي) أما النوع المطرود فإنه يكون عشا خاصا به على حواف العش الأساسي فيسمى بالمستحدث ومن هنا نستطيع القول إن العش المستحدث هو نتيجة التنافس الذي حصل بين النوعين

وهذا المفهوم يطابق تماما فرضية العالم الفرنسي ١٩٣٤ Gause والمعروفة بالإقصاء التنافسي Competitive exclusion وهذه الفرضية تفيد انه لايمكن لنوعين أن يشغلا نفس الحيز .

٦-٧ تطور المجتمعات - التعاقب succession

٦-٧-١ مفهوم التعاقب :

تعتبر النظم البيئية في طبيعتها حركية ، و في تغير مستمر ، و من الضروري التأكيد على أن المكونات الحيوية للنظام البيئي تتغير و تتبدل باستمرار ، و هي عرضة لانقراض و اختفاء أنواع و ظهور أنواع جديدة .

إذا لاحظنا الغطاء النباتي vegetation في منطقة معينة ولمدة زمنية معينة نلاحظ في هذا الغطاء النباتي نمطين من التبدلات وهي :

تبدلات تطراً على الغطاء النباتي دون أن يتبدل شكله العام أو بنيته أو تطبقه وتسمى هذه التبدلات التذبذبات ومثال ذلك تغيرات الغطاء النباتي من فصل إلى آخر أي لا يحدث تبدل في عدد الأنواع النباتية ولا في نسبة تمثيل كل نوع ولا في تطبيقه وهناك تبدلات أخرى تطراً على الغطاء النباتي وتحوله من نمط إلى آخر أي أنها تبدل بنية الغطاء النباتي وتركيبه النوعي ومثل هذه التبدلات تحتاج إلى وقت طويل ويسمى هذا التبدل بالتعاقب succession .

لقد كانت الأفكار المتعلقة بالتغيرات التعاقبية و الثبات و الاستقرار مثار جدل واسع و موضوعاً للتغيرات المختلفة .

يعرف التعاقب البيئي بأنه مجموعة الخطوات و المراحل المتتالية التي بموجبها يحتل مجتمع ما ذو متطلبات بيئية خاصة موقع مجتمع آخر عبر الزمن حتى الوصول إلى المجتمع المتوازن و الذي يدعى مجتمع الأوج Climax يكون المجتمع الأوجي في حالة توازن ديناميكي Dynamic equilibrium نسبي مع البيئة المحيطة حيث لا يمكن أن يظهر مجتمع آخر أكثر تقدماً منه على الموقع نفسه . يرافق التغير في المجتمع النباتي تبدل في المجتمع الحيواني الذي يعيش في الموقع أيضاً .

و تسمى المجتمعات التي توالى على موقع ما للوصول إلى مرحلة الأوج بالمجتمعات الانتقالية أو العرضية ، و تشكل كل مرحلة من هذه المراحل مجتمعاً قائماً بذاته و له احتياجاته الخاصة .

٦-٧-٢- أنماط التعاقب :

يطلق اسم التعاقب الأولي Primary succession على تتالي المجتمعات على أرض جديدة لم يسبق أن غزتها النباتات من قبل ، و يبدأ عادةً بنباتات رائدة ، و يسير ببطء ليصل إلى مرحلة الأوج .

أما التعاقب الثانوي Secondary succession فهو تتالي عدة مجتمعات نباتية على موقع ما سبق و أن وجدت فيه مجتمعات أوجية أو عرضية و تهدمت بسبب كالحرائق و الضغوط البشرية أو الطبيعية . و في هذه الحالة تكون أرض الموقع متطورة لدرجة تسمح بغزوها من قبل مجتمعات أكثر تقدماً مما عليه الحال في الأرض العارية ، و هذا يفسر كون التعاقب الثانوي أسرع من التعاقب الأولي .

يطلق على التعاقب الأولي اسم التعاقب التقدمي أيضاً إذ انه يؤدي إلى ظهور مجتمعات معقدة و متنوعة ذات كتلة حيوية كبيرة ، و يرافق ذلك زيارة في رطوبة الموقع ، و ظهور الترب المتطورة

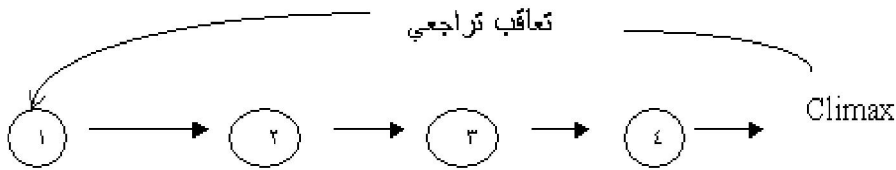
أما التعاقب التراجعي فهو التعاقب الذي يقود إلى مجتمعات بعيدة عن الأوج ذات تركيب بسيط أو قليلة التنوع ، و يرافق ذلك تشكل مواطن رطبة جداً أو جافة جداً .

يعتبر المناخ العامل المحدد لاتجاه التعاقب بشكل عام ، غير أنه في بعض الحالات تنشأ مجتمعات أوجية نتيجة تأثير عامل التربة فيتشكل أوج تربي Edaphic climax فيكون المناخ في مثل هذه الحالة غير قادر على فرض سيطرته على الصخرة الأم ، و تنشأ بذلك مجتمعات أوجية متعددة ضمن منطقة لها مناخ واحد (Barbour et . al , 1980)

٦-٧-٣- تاريخ دراسة التعاقب :

بدأت فكرة التعاقب النباتي تتوضح في نهاية القرن التاسع عشر و بخاصة ما يتعلق بدراسة الغطاء النباتي في الغابات ، و منذ بداية هذه الدراسات اعتبرت التذبذبات في الغطاء النباتي الناتجة عن التبدل الفصلي أو الفرق بين سنة و أخرى ثانوية و اتجهت الأنظار نحو التعاقب ذي المنحى الواضح أي التعاقب التراجعي و التعاقب التقدمي .

و في سنة ١٩١٦ نشر كليمنتس Clemnts أفكاره حول التعاقب النباتي يرى كليمنتس أن التعاقب على شكل تبدل في نمط الغطاء النباتي موجه ، حيث يهبط كل نمط من الغطاء النباتي الظروف المواتية للنمط الذي يليه ، حتى يصل الغطاء النباتي إلى الأوج أو إلى الغطاء النباتي الذروي Climax الذي يعتبره كليمنتس ثابتاً أو متوازناً مع الظروف البيئية و المناخ السائدين ، و بالتالي فإن الغطاء النباتي الذروي لا يتبدل في حال ثبات عوامل البيئة و المناخ (الشكل ٦-٦-١)



الشكل (٦-٦-١) مراحل التعاقب الأولي حسب كليمنتس

٦-٧-٤ - مراحل التعاقب :

يميز الباحثون في الوقت الحاضر المراحل التالية للتعاقب :

١. بداية التعاقب
٢. هجرة الأنواع
٣. الاسترساء
٤. التنافس
٥. تفاعل الأنواع بعضها مع بعضها الآخر أو تبدل الموقع
٦. الأوج أو الذروة

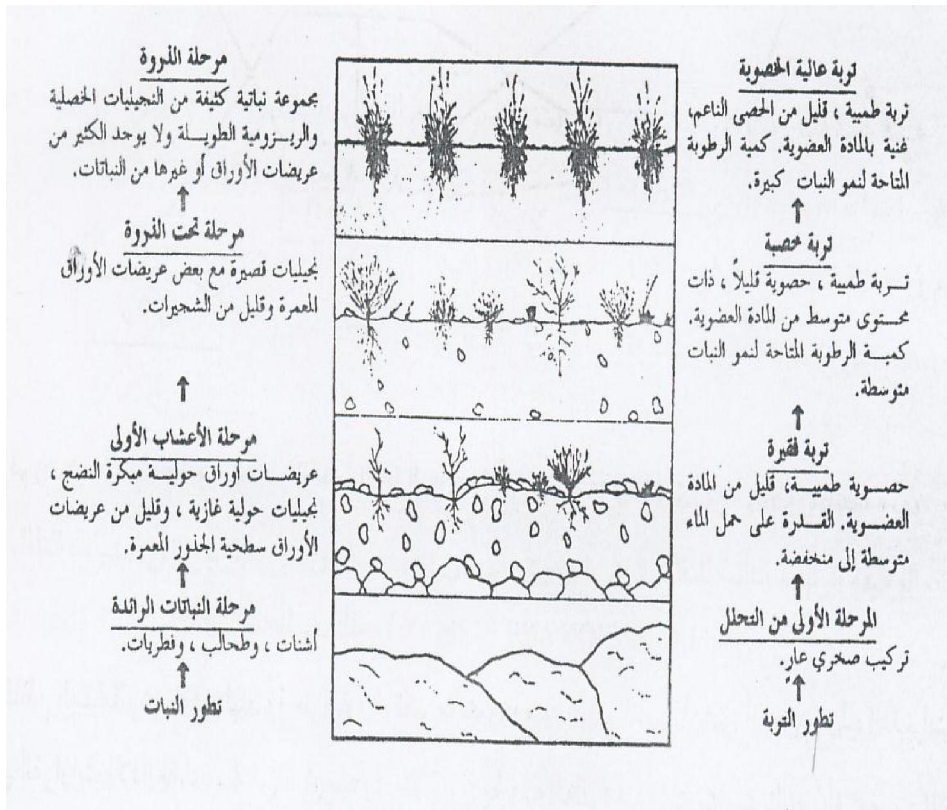
هذه المراحل مقبولة من قبل غالبية الباحثين ، رغم أن هناك بعض الخلاف على مضمون كل مرحلة ، و لكن هناك خلاف واضح حول تبدل الموقع تحت تأثير التعاقب و هناك خلاف آخر حول ثبات الذروة أو الأوج و التأكيد على ذلك .

٦-٧-٥ - أمثلة على التعاقب و مرحله :

١ - التعاقب الأولي Primary succession

التعاقب الأولي هو ذلك التعاقب الذي يبدأ من أرضٍ جرداء أو مسطح مائي مفتوح (المناطق الأولية) فقد تكون هناك مواقع دقيقة (Microsites) في الأرض العارية يمكن أن تنمو فيها الأشنيات و الطحالب و الحزازيات ، و حيث تحدث تعرية للصخور ، و يضاف إليها الماء و المادة العضوية بفعل نشاط الحزازيات و الطحالب ، تتشكل تربة بسيطة غير متطورة ، و يمكن لبذور النباتات المجاورة أن تكون جاهزة للإنبات في هذه المواقع لتوطين نباتات وعائية ، و عادةً ما تكون هذه النباتات حولية و قادرة على تحمل ظروف قاسية و مع استمرار التعرية و تشكل المزيد من التربة تبدأ بعض النباتات المعمرة في الاستيطان ، و هذه النباتات عادةً ما تكون عشبية ، و لكن في النهاية إذا ما سمحت الظروف البيئية تظهر النباتات الخشبية .

إن كل مرحلة من المراحل السابقة تؤثر في التربة و المناخ الدقيق Microclimate مما يجعلها أحياناً أكثر ملاءمةً لنمو نباتات ذات احتياجات مائية و غذائية أعلى و هكذا ، و لذا فإن بعض أنواع النباتات تغير الوسط الذي تنمو فيه بحيث يصبح غير ملائم لنموها و تستبدل بنباتات أخرى الشكل (٦-٧-١) و تزداد الكتلة الحية (للنباتات و الحيوانات) و مخزون الطاقة الكلي و التنوع و معدل دورة العناصر كلما تقدمت مراحل التعاقب (Lewis 1969) و يمكن أن نلخص مراحل التعاقب الأولي فيما يلي :



الشكل (٦-٧-١) التعاقب الأولي في مراعي الأعشاب النجيلية (عن Gay 1965)

١. تطور التربة من الصخرة الأم
٢. زيادة أعمار الأحياء مع تقدم مراحل التعاقب
٣. استبدال الأنواع ذات المدى البيئي الواسع بأخرى تحتل عيش بيئي Niche أكثر ضيقاً وتخصصاً .
٤. زيادة تراكم الأنسجة النباتية الحية و المخلفات النباتية في وحدة المساحة مع تقدم مراحل التعاقب .
٥. التغير في حجم النباتات من الصغير إلى الكبير
٦. زيادة عدد السلاسل الغذائية
٧. زيادة استقرار المجتمع
٨. تناقص الإنتاجية الصافية للنباتات
٩. ثبات رطوبة و اتزان عناصر الموقع .

٢- التعاقب الثانوي secondary succession :

التعاقب الثانوي هو التعاقب الذي يحدث عند تدهيم الغابة الأوجية أو المجتمع الأوجي بفعل بعض العوامل المدمرة كالحرائق والرعي الجائر أو القطع فإذا أدى تدهم المجتمع الأوجي إلى تدهم التربة تهتما جزئيا فان مراحل التعاقب تكون قليلة العدد ويعود المجتمع الأوجي بسرعة أما إذا كان التدهم كليا كما في حالة الحرائق المتكررة على نفس الموقع فان مراحل التعاقب تكون عديدة وتحتاج لفترة طويلة ونأخذ مثال على التعاقب الثانوي في سلسلة الجبال الساحلية وعلى ارتفاع بين ٢٠٠-٧٠٠ م عن سطح البحر وعلى أترية التيراروسا ابتداء من ارض عارية مهملة حيث يمر التعاقب بالمراحل التالية (نحال ١٩٨٢) :

١- مرحلة النباتات الرائدة :

تكون نباتات هذه المرحلة ذات مرونة عالية في تحملها ظروف الوسط القاسية ومن هذه النباتات الشعير البصيلي *Hordeum bulbosum* والاصبعية المتكتلة *Dactylis glomerata* و *Fumana Arabica* والرزية الناعمة *Oryzopsis miliacea*

٢- مرحلة النباتات العشبية :

وتكون هذه المرحلة ممثلة ببعض الأنواع مثل *Thymbra*, *Pollinia distachya*, *Andropogon hirta*, *spicata*

٣- مرحلة البلان :

يسيطر على هذه المرحلة نبات شوكي هو البلان *Poterium spinosum* حيث يعمل على تثبيت التربة ، كما يرافقه أنواع أخرى جفافية .

٤- مرحلة القريضة :

تتألف المرحلة من القريضة الوبرية *Cistus villosus* والقريضة البيضاء *Cistus salviaefolius* وأنواع أخرى مرافقة

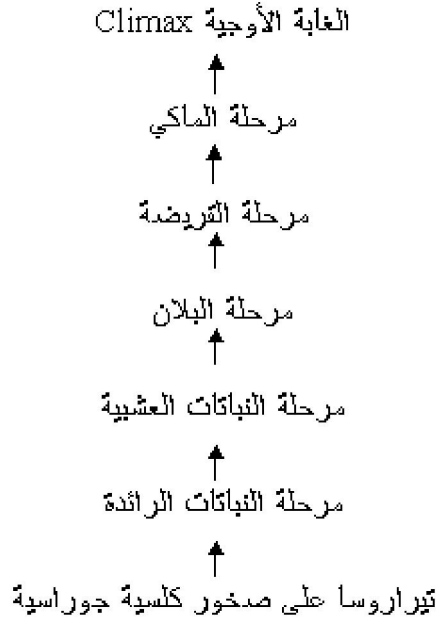
٥- مرحلة ماكي السنديان العادي والبطم الفلسطيني :

إن المرحلة السابقة تهيء مع الزمن بيئة ملائمة لنمو أنواع هذا الماكي الذي يتألف بصورة أساسية من السنديان العادي *Quercus calliprinos* الذي يرافقه دوما البطم الفلسطيني *Pistacia palaestina* مع أنواع أخرى مرافقة مثل القطلب *Arbutus sp.* والاصطرك *Styrax officinale* والزعرور *Crataegus sp.* وغيرها .

٦- مرحلة الغابة الأوجية Climax :

في هذه المرحلة يخف عدد الأنواع النباتية بالمقارنة مع المرحلة السابقة ، حيث تتألف الغابة الأوجية من أشجار كبيرة من السنديان العادي بشكل أساسي يرافقه عدد قليل من الأنواع

الأخرى المرافقة كالبطم الفلسطيني و الغار و السنديان البلوطي ، و تصل التربة في هذه المرحلة إلى أوجها و تعطي تربة بنية متوسطة مع أفق وبالي واضح .
و يمكن إيضاح المراحل السابقة للتعاقب الثانوي بالشكل (٦-٧-٢)



الشكل (٦-٧-٢) التعاقب الثانوي في الجبال الساحلية (نحال ١٩٨٢)

ملاحظات بيئية حول التعاقب :

١. إن كل مرحلة من مراحل التعاقب السابقة الذكر تعبر عن مجتمع نباتي له تركيب نباتي خاص و شروط بيئية معينة .
٢. يطلق على مجموع المجتمعات المتتالية نحو الأوج بالمجتمعات العرضية .
٣. إن معرفة مراحل التعاقب لها أهمية كبرى لأنها تعكس الشروط البيئية السائدة في الموقع من حيث المناخ و التربة ، كما أنها تسمح بمعرفة مدى البعد أو القرب من المجتمع الأوجي ، و شدة تدهور الموقع ، و بالتالي انتخاب الطرق التربوية الملائمة للتقدم نحو الأوج و منع التدهور .
٤. كلما اتجهنا نحو المجتمع الأوجي تزداد أهمية المظاهر التالية :
أ- الكتلة الحية

- ب- تعقد الشكل المظهري
- ج- خزن العناصر الغذائية في الكتلة الحية .
- د- أهمية دور المحلات في دورات العناصر
- هـ . تنوع الأنواع و تباينها
- و- استقرارية المجتمع نظراً لطول تعبير الأنواع .
- ز- تناقص الإنتاجية الصافية و تصبح الأعشاش البيئية أكثر ضيقاً و تخصصاً

الفصل السابع

مدخل إلى التنوع الحيوي

٧ - ١ - مفهوم التنوع الحيوي :

يمثل التنوع الحيوي العمود الفقري لحماية الكائنات الحية ، و قد نجد لمصطلح التنوع الحيوي عدة معان مختلفة ، و التعريف الذي أورده المرفق العالمي لحماية الحياة البرية (WWF 1989) يعرف التنوع الحيوي بأنه ملايين النباتات و الحيوانات و الكائنات الدقيقة بما فيها من جينات وراثية ، و البيئات والأنظمة البيئية المتداخلة التي تشترك تلك الكائنات الحية في نسجها بما يعرف باسم المجال الحيوي ، من خلال التعريف السابق فان التنوع الحيوي لا بد و أن يتضمن ثلاث مستويات تشمل :

١ - التنوع النوعي Species diversity :

و يتضمن ذلك المجموع الكلي لأنواع الكائنات الحية الموجودة على سطح الأرض من أديها إلى أرقاها ، إن التنوع في الأنواع يمثل المدى الكامل لتطور و تأقلم الأنواع في بيئة معينة و من ثم فان التنوع على مستوى المجتمعات الحيوية يمثل الاستجابة الشاملة من الأنواع للظروف البيئية المختلفة . يمد التنوع الحيوي على المستوى النوعي الناس بالمصادر الطبيعية، و على سبيل المثال فان الغابة الاستوائية المطيرة بها العديد من الأنواع التي تنتج العديد من المنتجات النباتية و الحيوانية و التي تستخدم غذاء و دواء و كساء .

٢ - التنوع الوراثي Genetic diversity :

و نقصد بذلك التنوع الوراثي في نطاق الأنواع ، أي تنوع المورثات عند الأنواع النباتية و الحيوانية و الكائنات الحية الدقيقة ، أو بتعبير آخر التباين الوراثي ضمن كل نوع من أنواع الكائنات الحية .

و التنوع الوراثي ضروري لكل نوع لصون نشاطه الحيوي و قدرته على التزاوج و مقاومة الأمراض و القدرة على التأقلم مع ظروف التغير ، كما أن للتنوع الوراثي أهمية خاصة في برامج التربية لدعم و تحسين المحاصيل الزراعية و الإنتاج الحيواني .

٣ - تنوع المجتمعات الحيوية Biotic communities diversity :

المقصود بذلك التنوع في الموائل و النظم البيئية ، أن كل مستويات التنوع الحيوي ضرورية لاستمرار بقاء الأنواع و كذلك للمجتمعات الطبيعية و من ثم لضمان بقاء الجنس البشري حيث تمثل المجتمعات الحيوية في مختلف الأنظمة البيئية من صحاري و مراعي و أراضي رطبة و غابات، الأساس في أداء تلك الأنظمة البيئية الموجودة في تلك البيئات ، مما يمكنها من

توفير الحاجات الأساسية للبشر وكذلك حماية التربة من التآكل وتجديد نقاء الهواء و الغذاء و الماء (Odum 1977) .

و نشير هنا إلى أن العلاقة بين التنوع على مستوى الأنواع و التنوع على المستوى الوراثي كبيرة إذ أن تقلص رقعة نوع نباتي معين و زواله من بعض البيئات ينعكس سلباً على التنوع الوراثي عند هذا النوع و يسهم في تبسيطه وراثياً و هذا ما يعرف بانجراف المورثات مما يخفف من قدرته على التكيف مع التغيرات التي يمكن أن تطرأ على البيئة كما يمكن أن يسبب خسارة كبيرة من حيث إمكانية الاستفادة منه عملياً في عمليات التحسين الوراثي للأنواع المزروعة و الحيوانات .

٧-٢ - أهمية التنوع الحيوي :

تعود أهمية التنوع الحيوي بالنسبة للمجتمع الإنساني إلى الأسباب التالية :

١- المحافظة على وظائف النظم البيئية لأنها هي التي تجعل كوكب الأرض صالحاً للسكن (مثل تبادل الكربون ، تعويض المياه الجوفية ، خصوبة التربة ، و تنظيم حرارة الأرض ، و المناخ الموضوعيالخ) .

٢- يتيح للإنسان قيماً جمالية و علمية و ثقافية لاغنى عنها ، بالرغم من عدم قدرتنا على قياسها أو تتميتها ، و لكنها محسوسة و معترف بها مع ذلك .

٣- انه مصدر للكثير من المنتجات المستخدمة عالمياً من غذاء و كساء و دواء و مواد بناء و مازال عطاؤها مستمراً و الكثير منه مجهول و ينتظر الكشف عنه ، و خاصة من الموارد الصيدلانية و الكيميائية و هي رصيد لا ينضب من المواد الخام للتكنولوجيا الحيوية و الهندسة الوراثية .

٤- توفير القاعدة لتحسين المحاصيل الزراعية و النباتات التزيينية و العلفية و الأشجار المثمرة و الحراجية و الحيوانات المستأنسة .

٥- توفير مناطق طبيعية متنوعة ذات أهمية علمية و جمالية و ثقافية و تربية و ترفيهية .

٦- المساهمة في التنمية المستدامة على المستويات المحلية و الإقليمية و العالمية عن طريق الاستغلال الرشيد للموارد الحيوية .

٧- توازن المناخ المحلي و العالمي عن طريق الغابات الطبيعية

و فيمايلي بعض الأمثلة عن فوائد التنوع الحيوي في بعض المجالات :

- **المقاومة الحيوية للآفات :** يمكن استخدام الأنواع البرية كعوامل تحكم حيوية ، ففي بعض الأحيان نجح علماء الأحياء في التحكم في الأنواع المدخلة و المسببة للمشاكل عن طريق

البحث عن آفات تنمو في موطنها الأصلي بحيث تكون من الأعداء الطبيعيين لتلك النباتات بحيث يمكنها أن تقوم بتقليص حجم جماعات تلك الأنواع الدخيلة ، و المثال على ذلك نبات الصبار الذي ادخل إلى استراليا من أمريكا الجنوبية ، فانتشر و خرج عن السيطرة ، ثم وجد علماء الأحياء ضالتهم في يرقات إحدى الحشرات (*Cactobastis cactorum*) التي تتغذى على هذا النبات في موطنه الأصلي فادخلوه إلى استراليا حيث استطاعت تحجيم المساحة التي يغطيها نبات الصبار ، و هكذا فان الموائل الطبيعية لها قيمة عظيمة كمخزون لآفات المكافحة الحيوية .

- **الصيدلية الطبيعية** : تمثل البيئات الطبيعية على المستوى العالمي مخزوناً مهماً لنباتات العقاقير الطبية الجديدة و من الأمثلة على ذلك نبات العناقية الوردية (*Catharanthus roseus*) من الفصيلة الدفلية و الذي ينمو في مدغشقر يستخدم لاستخراج عقارين لهما فعالية عالية و لهما تأثير علاجي كبير على مرض هودجكن و أنواع أخرى من سرطان الدم ، حيث أن العلاج بهذه العقاقير رفع نسبة فرص شفاء الأطفال المصابين بسرطان الدم في الحياة من ١٠ % إلى ٩٠ % .

إن شجرة التاكسوس (*Taxus bacata*) الأوروبية و الأمريكية (*Taxus brevifolia*) لها فوائد طبية حيث استخلص من اوراقها مواد مقوية للقلب و مهدئة و مقشعة ، كما استطاع الباحثون الحصول منها على مادة التاكسول (*Taxol*) لمكافحة مرض السرطان.

مما لا شك فيه أن معظم المركبات الفعالة في الأدوية التي يتم إنتاجها حالياً بالطرق الصناعية فقد تم التعرف عليها في البداية في الأنواع البرية و هي النباتات التي كانت تستخدم في طب الأعشاب فلقد استخدم اليونانيون القدماء و كذلك قبائل الهنود الحمر خلاصة نبات الصفصاف (*Salix sp*) لتسكين الألم ، و قد ادى ذلك فيما بعد الى اكتشاف المركب الفعال في تسكين الألم ، كذلك استخدام نبات الكوكا (*Erythoxylum coca*) أدى إلى تخليق بعض المشتقات مثل النوفاسين و الزيلوكسين اللذين يستخدمان مخدراً موضعياً في طب الأسنان و الجراحة .

من المعروف أن العشرين دواء الأكثر استخداماً في الولايات المتحدة الأمريكية تعتمد على مركبات عرفت أولاً في صورة منتجات طبيعية ، هذه المركبات يقدر حجم مبيعاتها بحوالي ٦ مليار دولار سنوياً كما يقدر الباحثون أن ٢٥ % من الوصفات الطبية المستخدمة في الولايات المتحدة تحتوي على مكونات فعالة مشتقة من مصدر نباتي ، إضافة إلى ذلك فان العديد من المضادات الحيوية كالبنسلين و التتراسكلين مستخرجة من الفطريات و الكائنات الحية الدقيقة الأخرى .

إن إضافة أصول وراثية جديدة للعديد من الأنواع الحيوية له قيمة استخدام عظيمة كمخزون رئيسي للتطبيقات الصناعية و الزراعية و لتحسين التركيب الوراثي للمحاصيل ، فالتحسين الوراثي المستمر للنباتات المزروعة ضروري لزيادة الإنتاج و لحمايتها من الآفات المقاومة للمبيدات و السلالات الأكثر شراسة من الفطريات و الفيروسات و البكتيريا (Baskin 1997) .

يمكن ربط الفشل المأساوي في زراعة بعض أنواع المحاصيل بصورة مباشرة بانخفاض التنوع الوراثي في تلك المحاصيل ، مثال ذلك : الإصابة بلفحة البطاطا في أيرلندا عام / ١٨٤٦م / ، و تدهور إنتاج القمح في الاتحاد السوفيتي السابق عام / ١٩٩٢ م / ، و هي أمراض ارتبطت بتدهور و انخفاض التنوع الوراثي بين تلك المحاصيل ، و للتغلب على هذه المشاكل يجب أن تستبدل بهذه المحاصيل الحساسة سلالات جديدة مقاومة للأمراض ، و يأتي مصدر مقاومة الأمراض في نباتات المحاصيل دائماً من الأقارب البرية لها و من السلالات المتأقلمة للأنواع المستأنسة التي يزرعها الإنسان تطوير سلالات جديدة لمحصول ما يمكن أن يكون له تأثير اقتصادي واضح ، و على سبيل المثال فإن التحسينات الوراثية في المحاصيل المزروعة في الولايات المتحدة أدت إلى زيادة قيمة الحاصلات بمتوسط مليار دولار سنوياً خلال الفترة من عام / ١٩٣٠ م / إلى عام / ١٩٨٠ م / كما أن التحسين الوراثي لسلالات الأرز و القمح في آسيا أدى إلى زيادة الإنتاج بما يقدر بحوالي / ٣.٥ / مليار دولار سنوياً . إن اكتشاف نوع بري من البندورة في عام / ١٩٦٢ م / في البيرو ، ثماره غنية جداً بالسكريات و لها نكهة خاصة ، و عندما تم نقل الجينات المسؤولة عن ذلك ساعد على زيادة القيمة الإنتاجية للصناعات القائمة على البندورة بمقدار / ٨٠ / مليون دولار سنوياً .

كما يتوقع ان يؤدي اكتشاف نوع من الأقارب البرية لنبات الذرة في المكسيك إلى حدوث زيادة تقدر بمليارات الدولارات بالنسبة للزراعة الحديثة لأنه سيسمح بإنتاج نوع من الذرة عالي الإنتاج .

إن الشعير البري (*Hordeum spontaneum*) الموجود في الحالة البرية في سوريا مقاوم جداً لمرض الصدأ كما انه يحتوي على أكثر من (١٥) مورثة مسؤولة عن المقاومة ضد هذا المرض مع العلم أن الأصناف المقاومة للصدأ من أصناف الشعير المزروعة (*Hordeum vulgare*) لا تحتوي أكثر من ثلاثة مورثات .

٧ - ٣ - أين يوجد التنوع الحيوي :

و تمثل بيئة الغابات الاستوائية المطيرة و الشعاب المرجانية و البحار العميقة و البحيرات الاستوائية الكبيرة مجموعة من أغنى البيئات في وفرة أعداد أنواع الكائنات الحية فيها و

ذلك على أساس ما يوجد بها من مستوى كبير للتنوع الحيوي (Heywood 1995) ، إلا أن ذلك لا ينفي وجود بعض البيئات الأخرى التي تتميز أيضا بوفرة في تنوع الكائنات الحية فيها و مثال ذلك الغابات و المراعي و الصحاري ، كما يتضح ذلك في المناطق المعتدلة التي يسودها المناخ المتوسطي مثل جنوب أفريقيا و جنوب كاليفورنيا و جنوب غرب استراليا و تشيلي و دول حوض المتوسط و التي ينمو فيها غطاء نباتي شجيري (Cowling.et.al.1996) .

التنوع في الغابات الاستوائية المطيرة أساسا هو نتيجة للتنوع الهائل في أنواع الحيوانات داخل طائفة واحدة مثل الحشرات ، أما في مناطق الشعاب المرجانية و البحار العميقة فان التنوع ينتشر ليشمل نطاقاً أوسع من الشعب و الطوائف الحيوية الأخرى .

و ربما يعزى التنوع في البحار العميقة إلى عدة أسباب منها مثلاً قدم النشأة ، و ضخامة المساحة ، و طول فترة التكون ، والانعزال الجغرافي بسبب وجود اليابسة كحواجز تفصل المساحات المائية ، والانخفاض النسبي لمعدلات تغير صفات البحار ، و أخيرا التميز بوجود رسوبيات من أنواع معينة .

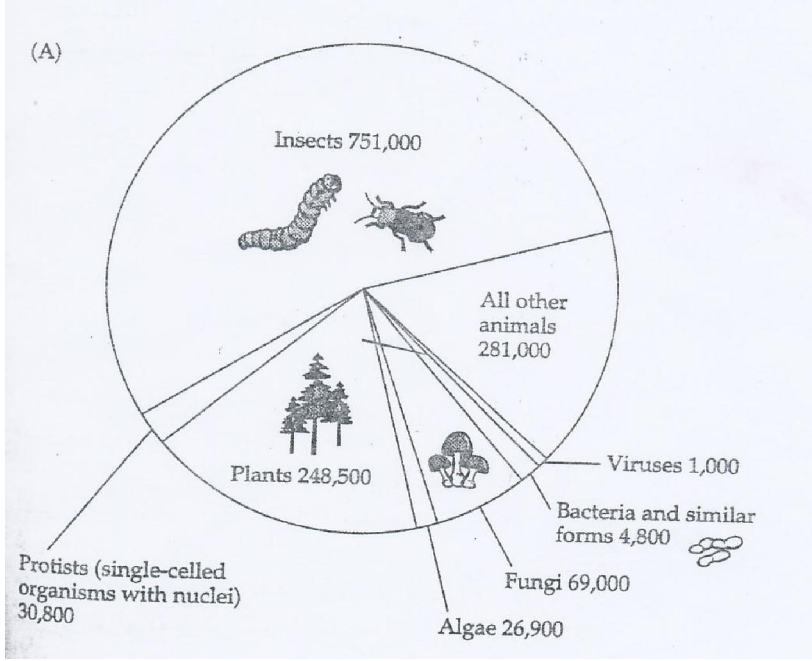
يبلغ عدد الأنواع النباتية الوعائية في الدنمارك حوالي ١٠٠٠ نوع وفي الجزر البريطانية ١٧٠٠ نوع و في سوريا ٣٠٠٠ نوع و في كندا حوالي ٣٢٧٠ نوعاً شجرياً و في المقابل فان جزر مالوي تحتوي لوحدها على حوالي ٨٠٠٠ نوع من النباتات الزهرية تابعة لـ ١٥٠٠ جنس ، كما أن المنطقة الماليزية (ماليزيا - اندونيسيا و الفلبين) تحتوي على ما يقارب ٢٥٠٠٠ نوع زهري أي ما يعادل ١٠ % من العدد الكلي للأنواع النباتية الزهرية في العالم ، كما أن كولومبيا التي لا تتجاوز مساحتها ١ % من مساحة اليابسة تحتوي على ١٠ % من المجموع الكلي العالمي للنباتات و الحيوانات .

أما فيما يتعلق بالأنواع الشجرية المكونة للغابات الطبيعية ، فقد دلت الدراسات الإحصائية على ازدياد عددها في الغابات المدارية و على سبيل المثال : يمكن أن نصادف في الغابات المعتدلة ما يقارب ٤٠ نوعاً شجرياً و شجيراً في الهكتار في شمال شرق الولايات المتحدة و في سوريا ما يقارب ٣٠ نوعاً / هـ على حين يصل هذا العدد إلى ما يقارب ٥٥٠ نوعاً خشبياً في ماليزيا / هـ .

القاعدة العامة هي انه في أي قارة من قارات العالم يزداد عدد الأنواع كلما اتجهنا باتجاه خط الاستواء (الشكل ٧-١) .

الغابات الاستوائية المطيرة تشكل حوالي ٧ % من المساحة الكلية لكوكب الأرض و رغم ذلك فإنها تحوي أكثر من نصف أنواع الكائنات الحية في العالم (Whitmore 1990) يعتمد حوالي ٣٠ % من أنواع الطيور في العالم على الغابات الاستوائية حيث يوجد منها ١٣٠٠

نوع في المناطق الاستوائية الأمريكية و ٤٠٠ نوعا في أفريقيا الاستوائية و ٩٠٠ نوع في آسيا الاستوائية (Diamond 1987).



الشكل (٧-١) التوزيع النسبي للكائنات الحية المعروفة على المستوى العالمي

إن السؤال المنطقي الذي يطرح نفسه هو :

- لماذا تضم المناطق الاستوائية أنواعا من الكائنات الحية أكثر من غيرها ؟
للإجابة على هذا السؤال من المفيد أن نعرف أن هناك أدلة عديدة و مفصلة على أن
 البيئات الاستوائية تتميز بدرجة أعلى للتباين بين أنواعها ، كما أن هناك العديد من النظريات
 التي فسرت ذلك و أوضحت سبب هذا الثراء الحيوي (Pianka 1966) و الفقرات التالية تلقي
 الضوء على إجابة السؤال السابق .

١- التأقلم : إن المجتمعات الحيوية للمناطق الاستوائية أكثر ثباتاً من نظائرها التي
 تعيش في المناطق المعتدلة التي أصبحت أنواعا متأقلمة حيث اضطرت إلى الهجرة إلى تلك
 المناطق مستجيبة للمتغيرات في ظروف المناخ خلال العصور الجليدية .

تهيأت الفرصة خلال تلك الفترات الطويلة الماضية أمام حدوث عمليات التطور و
 نشأة الأنواع الجديدة لتحديث بدون انقطاع في المجتمعات الاستوائية ، و قد نجم عنها درجات

أعلى من التخصص و التأقلم مع الظروف المحلية لدى الأنواع المتطورة في المناطق الاستوائية

تنتشر الأنواع الاستوائية في مدى ضيق بين الشمال و الجنوب مقارنة بانتشار الأنواع التي تسكن في المناطق المعتدلة الأوسع نطاقاً، كما تبدو العديد من الأنواع الاستوائية متأقلمة تماماً مع بيئتها و ذلك من خلال تخصصها باستخدام المصادر و كذلك من خلال سلوكياتها التكاثرية .

٢ - **طبيعة المناخ** : يوفر الجو الدافئ و الرطوبة العالية في كثير من المناطق الاستوائية الظروف الأكثر ملاءمة لنمو و بقاء الكثير من الأنواع ، على حين نجد أن الأنواع التي تعيش في المناطق المعتدلة لديها آليات فسيولوجية تمكنها من تحمل ظروف البرد و التجمد الموجودة هناك ، من خلال أساليب و سلوكيات متخصصة مثل البيات الشتوي و السبات الصيفي و الهجرة مما يساعدها على الحياة خلال الفصل غير المناسب .

٣ - **دور الطفيليات** : من جوانب متعددة تعتبر دراسة حيوية المناطق الاستوائية بمثابة دراسة لبيولوجيا الأنواع النادرة .

فالأنواع الاستوائية قد تواجه ضغوطاً كبيرة نتيجة لوجود الطفيليات و انتشار بعض الأمراض و لعدم وجود فصل شتاء يحد من تكاثر و انتشار جماعات تلك الآفات .
تمنع الطفيليات الموجودة دائماً أي نوع أو مجموعة من الأنواع أن تسود تلك المجتمعات الحيوية و بذلك تهيب فرصة لأنواع عديدة لتتواجد معاً بأعداد قليلة لكل نوع منها ، و على العكس من ذلك في المناطق التي ربما لا يكون للآفات التأثير نفسه فيها نتيجة لبرد الشتاء الذي يسمح لنوع معين أو عدد محدود من الأنواع الأكثر تفوقاً في المنافسة أن تسود المجتمع و تسيطر على العديد من الأنواع الأخرى .

٤ - **أساليب التكاثر** : تكون معدلات التزاوج الخلطي بين الأنواع النباتية أعلى بين الأنواع النباتية الاستوائية عنه في تلك التي تعيش في المناطق المعتدلة (Bawa ١٩٨١) و نسبة كبيرة من هذا التزاوج الخلطي يؤدي إلى مزيد من التنوع الوراثي ، و إلى المزيد من التكيف المحلي و نشوء الأنواع الجديدة .

٥ - **الإنتاجية العالية** : تتلقى المناطق الاستوائية على مدار العام كم من الطاقة الشمسية أعلى مما تتلقاه المناطق المعتدلة و نتيجة لذلك فإن العديد من المجتمعات الحيوية في المناطق الاستوائية له معدل إنتاجية أعلى من نظيره في المجتمعات الحيوية التي تعيش في المناطق المعتدلة و هذه الإنتاجية العالية تؤدي إلى وجود قاعدة أوسع للموارد التي يمكن أن تدعم حياة عدد أكبر من الأنواع .

٧ - ٤ - أخطار التبسيط الحيوي و التبسيط الوراثي للأنواع :

هناك اتفاق بين العلماء على التأكيد بان العديد من الأنواع النباتية و الحيوانية البرية في العالم تتقلص رقعة انتشاره ، كما أن بعضها يختفي بمعدل لم يسبق له مثيل من قبل و ذلك نتيجة التغيرات الشديدة التي طرأت على البيئة الطبيعية بسبب إزالة الغابات الطبيعية و القطع الجائر لها ، و كذلك بسبب الحرائق و التلوث و التوسع في الزراعة في المناطق الجافة و شبه الجافة و التوسع في تخريب الموائل الطبيعية ... الخ و غير ذلك من التعامل غير الراشد مع الموارد الطبيعية المتجددة .

و من الجدير بالذكر أن الخسارة لا تكون عن طريق اختفاء الأنواع النباتية و الحيوانية فقط بل إن بعض الأنواع ، و لو انه لا يختفي فانه يتبسط وراثياً عن طريق زوال العديد من عروقه و أنماطه البيئية (Ecotypes) و ضروبه (Varieties) بسبب تقلص رقعة انتشاره الطبيعي و تدهور البيئات الطبيعية التي كانت تعيش فيها هذه العروق أو الطرز البيئية و الذي يمكن أن يستفاد منه مثلاً في تحسين المحاصيل الزراعية من اجل إيجاد أصناف مقاومة لظروف بيئية معينة أو ذات خصائص غذائية معينة .

كما أن زوال هذه العروق و الطرز البيئية و الضروب يؤثر سلباً في إمكانية تكيف الأنواع الباقية مع التغيرات المناخية الدورية و مع المشاكل البيئية الطارئة .

و على سبيل المثال أن زوال بعض العروق و الطرز البيئية و الضروب عند الأصول البرية للقمح المزروع أو الشعير المزروع سواء في سوريا أم في العالم يقلل من الإمكانيات المتوفرة في استنباط أصناف من القمح مع الظروف البيئية الجديدة ، و هذا يتطلب منا حماية العروق و الطرز البيئية و الضروب التابعة لنوع معين في بيئاتها الأصلية .

و هذا ما يتوجب علينا عمله من اجل صيانة الأصول البرية للمحاصيل الزراعية الهامة كالقمح و الشعير و الشوفان و الزيتون و العديد من الأنواع البقولية العلفية و التي تنمو طبيعياً في سوريا مساهمة منا في حفظ الأصول الوراثية لهذه المحاصيل البرية إذا أردنا المحافظة على استمراريتها و الاستفادة منها لصالح الإنسان من جهة أخرى .

إن بعض الأنواع النباتية و الحيوانية لا يختفي و لكنه يتبسط وراثياً ، و هذا يعني عملياً ضياع العديد من المورثات التي هي جزء من المدخرات الوراثية للأنواع النباتية و الحيوانية و ذلك نتيجة زوال بعض العروق و الطرز البيئية .

لذلك يجب التمييز بين فقدان الأنواع و فقدان المدخرات الوراثية و لهذا التمييز أهمية كبرى من الناحية النظرية و العملية معاً ، لاسيما بالنسبة للأنواع البرية نسبية (Wild relatives) المحاصيل المزروعة التي يحتاج تحسينها إلى تنوع في المورثات تبعاً للصفات

المرغوبة في الأصناف المحسنة ، فكلما كان التنوع الوراثي كبيراً في الأصول البرية للمحاصيل المزروعة كانت الصفات التي يمكن الحصول عليها في الأصناف الجديدة نتيجة التهجين أوسع و اشد تنوعاً .

هذا ومن الضروري التأكيد انه لابد من أن يحصل زوال طبيعي في العروق و الطرز البيئية و الضروب لأنواع النباتية و الحيوانية بسبب التغيرات التي تحدث في الطبيعة ، لذلك فمن المستحيل حماية كل المدخرات الوراثية لنوع ما ، إلا انه يجب المحافظة على اكبر قدر ممكن من التنوع الوراثي في الطبيعة و لاسيما بالنسبة للأصول البرية للمحاصيل الحقلية و الأشجار المثمرة و النباتات الرعوية و الحراجية و الأنواع النباتية و الحيوانية التي تبدو لها فائدة خاصة .

٧-٥- الوضع الحالي للتنوع الحيوي في العالم :

إن استراتيجيات صون التنوع الحيوي يجب أن تبنى بناء على حصر دقيق لإعداد الأنواع الموجودة في العالم و كيفية توزيعها (Heywood 1995) .

تبدو بعض مجموعات الكائنات الحية كالطيور و الثدييات و النباتات الزهرية التي تعيش في المناطق المعتدلة في وضع جيد نسبياً من حيث حجم المعلومات المتوافرة عنها ، و مع ذلك فانه حتى في تلك المجموعات فان هناك بعض الإضافات الجديدة نتيجة لما يتم اكتشافه و تصحيح تعريفه العلمي من الأنواع الجديدة كل عام ، فقد تم التعرف منذ عام ١٩٩١ م على ستة أنواع من الرئيسيات في البرازيل و هناك المزيد في الطريق إذا واصل العلماء جهودهم في البحث عنها .

في المجموعات الأخرى كالحشرات و العناكب و الديدان الثعبانية و الفطريات تتزايد نسبة ما يتم التعرف عليه من الأنواع الجديدة بمعدل سنوي يتراوح بين ١- ٢ % .
تم حتى الآن وصف ما يقارب ١.٥ مليون من الأنواع ، إلا انه يعتقد أن ضعف هذا الرقم ما يزال غير موصوف و خصوصاً في المناطق الاستوائية ، مما يقود إلى الاعتقاد بوجود ٥ ملايين نوع من أنواع الكائنات الحية في العالم .

المعروف علمياً حتى الآن أن أقصى مجموعة متباينة من الكائنات هي مجموعة الحشرات ، حيث يقدر عدد الأنواع المعروفة بالفعل منها حالياً حوالي ٧٥٠.٠٠٠ نوع أي ما يمثل حوالي نصف أنواع الكائنات الحية المعروفة في العالم .

إن الوضع الحالي للأنواع من حيث درجة تعرضها للتهديد بالانقراض لا يزال مجهول ، غير انه حسب تقديرات الاتحاد الدولي لصون الطبيعة (IUCN) فإن الأنواع النباتية المهددة تتراوح بين (٢٠ - ٢٥ ألفاً) ، كما أن الدور الفعلي للأنواع المختلفة في المحافظة على

النظم البيئية الطبيعية لا يزال مجهولاً ، لاسيما من حيث دورها في بنية ووظائف هذه النظم و طريقة عملها .

من إجمالي الأنواع النباتية الموجودة في الطبيعة ، لا يتجاوز عدد الأنواع المدروسة بشكل مفصل ٥٠٠٠ نوع من بينها ٣٠٠ نوع مستعملة من قبل الإنسان بدرجات مختلفة ، إلا أن المجتمعات البشرية لاتستعمل في غذائها الرئيسي إلا بحدود ٢٦ نوع ، و بشكل خاص أربعة أنواع هي القمح و الأرز و الذرة الصفراء و البطاطا ، و هو عدد قليل جداً مقارنة مع الأنواع العديدة التي يمكن أن تستخدم للغذاء فيما لو تم البحث عنها و دراستها و هذا يتطلب منا مايلي :

- أخذ الاحتياطات اللازمة و السريعة للحد من تدهور البيئات المحلية .
- تطوير المعرفة حول التنوع الحيوي و عن دور هذا التنوع في عمل و سلامة و توازن النظم البيئية الطبيعية .

إن انطفاء بعض الأنواع شيء لا بد منه في الطبيعة بسبب عملية التطوير المستمرة التي تؤدي إلى ظهور أنواع جديدة و اختفاء أنواع موجودة لعدم قدرتها على التكيف مع الظروف البيئية الجديدة ، غير أن الخوف يأتي من التسارع الذي يتم فيه اختفاء الأنواع النباتية و الحيوانية و الكائنات الحية الدقيقة بسبب الأنشطة البشرية غير العقلانية .
وبما أن الأنواع النباتية و الحيوانية توجد في نظم بيئية طبيعية ، لذلك فان الحفاظ عليها يتطلب حماية هذه النظم نفسها ، إذ انه من غير الممكن عملياً حماية نوع بمفرده بمعزل عن البيئة الموجودة فيها .

إن مساهمة السكان المحليين مهمة جداً لنجاح صون التنوع الحيوي و هذا يتطلب إشراكهم في اقتراح المشاريع ووضع الخطط و تنفيذها في هذا المجال و محاولة الاستفادة من معارفهم و خبراتهم التقليدية و تأمين ما يحتاجون إليه في حياتهم اليومية من النواحي الاقتصادية و الاجتماعية و الثقافية ، لاسيما في المناطق المحمية ، و خاصة محميات المحيط الحيوي حيث يسمح باستثمار الموارد الطبيعية من قبل السكان بهدف التنمية المستدامة و صون البيئة .

٦-٧ - لماذا يعتبر العلماء أن التنوع الحيوي يتضاءل :

إن الأسباب التي تدعو إلى اعتبار التنوع الحيوي في تضاؤل مستمر يمكن أن تقسم إلى

قسمين رئيسيين :

١ - الأسباب المباشرة :

آ - تجزئة المساكن الحيوية : يقصد بتجزئة الموائل البيئية تحويل منطقة كبيرة أجزاؤها متصلة إلى عدة أجزاء صغيرة المساحة و منفصلة عن بعضها ، فالموائل البيئية التي كانت تشغل في الماضي مساحات واسعة غالباً ما أصبحت مقسمة إلى قطع بواسطة الطرق و الحقول والمدن و العديد من الأنشطة البشرية المختلفة التي تمنع الحركة الحرة للأنواع .
ينتج عن تجزئة الموائل تخفيض المساحة الأصلية للبيئات ، إن تجزئة الموائل يهدد بقاء الأنواع بطرق متعددة :

- تجزئة الموائل يحد من قدرة الأنواع على الانتشار و تكوين المستعمرات عبر إنشاء الحواجز للانتشار الطبيعي .
- عندما تتجزأ الموائل فان قدرة الأنواع على الانتشار و تكوين المستعمرات الجديدة تتأثر بشدة عند الكثير من أنواع الطيور و الثدييات و أنواع الحشرات ، حيث لن تستطيع الوصول إلا إلى مسافات قصيرة جداً في المناطق المفتوحة .
- من أضرار عملية تجزئة الموائل اختزال قدرة الحيوانات على الرعي ، حيث تحتاج العديد من أنواع الحيوانات سواء كانت تعيش منفردة أو في مجموعات اجتماعية إلى الحركة بحرية عبر مساحات واسعة من الأرض لكي تتغذى على الموارد المختلفة المنتشرة .
- تقلل حواجز الانتشار أيضا من قدرة أنواع الحيوانات و النباتات المنتشرة في مساحات واسعة على التزاوج مما يؤدي إلى فقد قدرتها على التكاثر و بالتالي يقل إنتاجها من البذور
- تجزؤ الموائل البيئية ربما يسبب تدهور حجم الجماعة و الانقراض عن طريق تقسيم الجماعة الموجودة و المنتشرة إلى تحت جماعتين أو أكثر لكل منها منطقة محددة ، تلك الجماعات الصغيرة تكون أكثر عرضة لتدني قدرتها على التزاوج ، و تدفق المورثات و المشاكل الأخرى المرتبطة بالجماعات ذات الحجم الصغير .

ب - تدهور المساكن الطبيعية أو تدهيمها كلياً ، بسبب الاستغلال الجائر

للموارد الطبيعية المتجددة عبر الاستهلاك المباشر لها بواسطة الإنسان و التزايد السكاني المتفجر و كذلك نتيجة للأنشطة البشرية المختلفة
يعتبر فقد الموائل البيئية هو الخطر الأكبر الذي يهدد غالبية أنواع الفقاريات المعرضة للانقراض ، ففي العديد من بلدان العالم و خاصة الجزر ذات الكثافة السكانية العالية و جد أن معظم الموائل البيئية بها قد دمرت ، حيث إن أكثر من ٥٠ % من موائل الحياة البرية تم تدميرها في ٤٩ من أصل ٦١ من بلدان العالم القديم الواقعة في المناطق الاستوائية .

فمثلاً سجلت بنغلادش أعلى مستوى من تدمير تلك الموائل (٩٦ %) تليها

سيريلانكا (٨٦ %) ثم الهند (٧٨ %) و فيتنام (٧٦ %).

ج - الاستغلال الجائر للأنواع النباتية و الحيوانية : حيث أدى الاستغلال الجائر إلى تدهور و انحدار أنواع محلية عديدة و انقراضها حتى في العصور القديمة قبل مرحلة الثورة الصناعية ، و على سبيل المثال : العباءات التي كان ملوك هاواي يرتدونها في الاحتفالات كانت تصنع من ريش طائر المامو (Drepanis sp) و يحتاج تصنيع العباءة الواحدة إلى ريش حوالي ٧٠٠٠ طائر .

إن اصطياد البشر للحيوانات التي تتغذى عليها الأنواع المفترسة هو أحد الأسباب المهمة الأخرى لتدهور الكثير من تلك الأنواع . و يهدد الاستغلال الجائر حالياً حوالي ثلث الحيوانات الفقارية المهددة بالانقراض و النادرة على مستوى العالم من المتعارف عليه أن الاستغلال الجائر للموارد سرعان ما يتزايد عندما يتم إيجاد سوق تجارية لترويج منتجات لأنواع لم تكن مستخدمة من قبل .

تعتبر تجارة منتجات الحياة البرية هي السبب الأول المسؤول عن تدهور و انهيار العديد من الأنواع البرية و يقدر رأس المال المستثمر في هذه التجارة العالمية بأكثر من ١٠ مليار دولار سنوياً.

لقد قدرت كمية الأسماك المدارية التي تباع للمزارع المائية بحوالي ٥٠٠ - ٦٠٠ مليون سمكة و معظم المصدرين هم من الدول النامية و اغلب المستوردين هم من الدول المتقدمة جدول (٧ - ١) .

المجموعة	عدد وحدات التجارة السنوية	ملاحظات
الرئيسيات	٢٥ - ٣٠ ألف	اغلبها يستخدم في أبحاث الكيمياء الحيوية ، العرض في حدائق الحيوان ، السيرك و المجموعات الخاصة .
الطيور	٢ - ٥ مليون	للعرض في حدائق الحيوان ، طيور الزينة ، كما أن هناك تجارة في طيور الببغاء المشروعة و غير المشروعة .
الزواحف	٢ - ٣ مليون	للعرض في حدائق الحيوان ، كما أن هناك استخدام لحوالي ١٠ - ١٥ مليون من جلودها كما تستخدم فيما يقرب من ٥٠ مليون منتج صناعي .
اسماك الزينة	٥٠٠ - ٦٠٠	اغلب اسماك المياه المالحة الاستوائية تأتي من البرية ، و يستخدم في صيدها و سائل غير مشروعة تدمر الكائنات الحية الأخرى و الشعاب المرجانية .

الشعاب المرجانية	١٠٠٠ - ٢٠٠٠	يتم قطع الشعاب المرجانية لتزيين الأحواض المائية و صناعة مجوهرات المرجان .
الأوركيد	٩ - ١٠ مليون	ما يقرب ١٠ % من التجارة العالمية فيها يأتي من البرية و يكون مجهول المصدر لتفادي القواعد الناظمة لتجارتها .
الصباريات	٧ - ٨ مليون	ما يقارب ١٥ % من التجارة العالمية فيها تاتي من الحياة البرية

جدول (٧-١) مجموعات الكائنات البرية المستهدفة في التجارة العالمية

المصدر (Heimley , 1994) فيما عدا الشعاب المرجانية ، الأرقام تعبر عن عدد الأفراد المستخدمة

د- إدخال الأنواع الأجنبية : يتحدد مدى التوزيع الجغرافي لأنواع عديدة عن طريق الحواجز المناخية و البيئية الكبرى التي تحدد انتشارها ، فالثدييات في أمريكا الشمالية لا تستطيع عبور المحيط الهادي لكي تصل إلى هاواي و أسماك المياه العذبة في البحيرات الداخلية لأفريقيا لا تستطيع عبور اليابسة لكي تصل إلى البحيرات الأخرى المعزولة .
تمثل المحيطات و الصحراء و الجبال و الأنهار حواجز طبيعية تحد من حركة الأنواع و نتيجة للانعزال الجغرافي فان هناك أشكالاً للتطور و التكيف اكتسبتها الأنواع قد نشأت بطرق مختلفة في معظم أماكن العالم .

لقد أحدث الإنسان تغييراً جذرياً عندما نقل الأنواع بين مختلف مناطق العالم ففي العصور الحديثة ادخل الإنسان عدداً ضخماً من الأنواع إلى أماكن لم تكن موجودة بها سابقاً ولم يسبق ذلك إعداد الموائل المناسبة لها أو تأهيلها لكي تستطيع الحياة بكفاءة في الموائل الجديدة التي قدمت إليها ، ومن أهم الوسائل التي تم عن طريقها إدخال الأنواع الجديدة إلى موائل جديدة مايلي :

١ - الاستعمار الأوروبي .

٢ - إنتاج نباتات الزينة وزراعة المحاصيل .

٣ - النقل غير المتعمد .

٤ - المكافحة الحيوية .

اعتبر العالم التون (Elton 1958) إن إدخال الأنواع إلى أماكن جديدة يعتبر بأنه احد الاضطرابات التاريخية العظيمة في علوم الفلورا والفاونا.

تتسبب الأنواع الدخيلة في إزاحة الأنواع المستوطنة من خلال التنافس على الموارد المحدودة بل إنها قد تبديد الأنواع الحيوانية المستوطنة حتى تضعها على حافة الانقراض و قد تسبب تغيير البيئة بحيث تصبح غير مناسبة لحياة الكثير من الأنواع المحلية الأصلية .
تكون التهديدات التي تفرضها الأنواع الدخيلة من القسوة و الشدة من حيث تعطي جهود الحد من الظروف المواتية لها أولوية اكبر من باقي جهود حماية الأنواع المحلية .

هـ - التغير المناخي على المستوى الإقليمي و العالمي :

تعتبر غازات ثاني أكسيد الكربون و الميثان و الغازات النادرة الأخرى و أيضا بخار الماء من الغازات التي تعمل على حبس الطاقة التي تشع من الأرض في صورة حرارة و بالتالي يقل معدل فقد الحرارة من سطح الأرض بإشعاعها في الفضاء .

هذه الغازات تسمى غازات الصوبة الزجاجية و كلما زادت كثافة و تركيز هذه الغازات زادت الحرارة المتجمعة قرب سطح الأرض و بالتالي ترتفع حرارة سطح الكوكب .
المشكلة التي تواجهنا اليوم إن تركيز غازات الصوبة يزداد كثيراً نتيجة لنشاط الإنسان مما يؤدي إلى ارتفاع درجة حرارة الأرض فلقد تزايد تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي من ٢٩٠ - ٣٥٠ جزء في المليون خلال المئة سنة الأخيرة .

يوجد غاز آخر مهم من غازات الصوبة و هو غاز الميثان الذي ازداد تركيزه من ٠.٩ - ٠.٧ جزء في المليون خلال المئة سنة الماضية نتيجة زراعة الأرز و تربية الماشية و النشاط الميكروبي و حرق الغابات المدارية و إنتاج الوقود الحفري . من المتفق عليه بين خبراء الأرصاد على انه سوف تحدث زيادة إضافية في درجة حرارة المناخ العالية تتراوح ما بين ١ - ٣.٥ درجة خلال القرن القادم و الكثير من العلماء يتنبؤون بزيادة الظواهر الجوية المتطرفة من أعاصير و فيضانات في مناطق و زيادة الجفاف في مناطق أخرى نتيجة لهذا الارتفاع الحراري (Karl.et.al 1997) .

يبدو من المحتمل أن العديد من الأنواع سوف تكون غير قادرة على أن تتكيف بسرعة مع هذه الظروف لدرجة كافية كي تبقى على قيد الحياة و يقول العلماء إن أكثر من ١٠ % من الأنواع النباتية في الولايات المتحدة الأمريكية سوف تكون غير قادرة على مواجهة الحياة في ظل التغيرات المناخية الجديدة و سيتوجب عليها أما الهجرة إلى الشمال أو الموت .

سوف تسبب زيادة درجة الحرارة ذوبان الجليد في القطبين و نتيجة لذلك سوف يرتفع مستوى ماء البحر ما بين ٠.٢ - ١.٥ م مما يؤدي إلى غمر الشواطئ الحالية والأراضي الرطبة هذا الارتفاع المتوقع سوف يحدث بسرعة و سوف توجد أنواع عديدة غير قادرة على الهجرة بالسرعة الكافية لكي تتفادى آثار الارتفاع السريع لمستويات سطح الماء .

كما سيتعرض الغطاء النباتي لغابات المانغروف في المناطق الاستوائية للتأثر الشديد حيث يصبح الماء في هذه المناطق أكثر عمقاً مما يمنع من استقرار البادرات في هذه المواقع كذلك سيكون ارتفاع مستوى ماء البحر عاملاً حاسماً لوجود بعض أنواع الشعب المرجانية التي غالباً ماتت على عمق محدد في الماء في توازن دقيق و حساس بين الضوء و حركة الماء .

تهديد الشعب المرجانية يمكن أن يتضاعف بارتفاع درجة حرارة البحار أيضا .

و- التلوث بأشكاله المختلفة (الفيزيائي و الكيميائي و الحيوي): حيث يعتبر

التلوث أخطر مسبب للتدهور البيئي و مصادر التلوث عديدة مثل استخدام المبيدات ، الصرف الصحي ، الأسمدة الذائبة مع مياه الصرف الزراعي و المخلفات الصناعية و انبعاثات المصانع ووسائل المواصلات و الضوضاء و الأتربة العالقة و التلوث الإشعاعي .

في الوقت الحالي تعتبر قضية فهم الآثار العامة للتلوث على نوعية المياه و الهواء و التربة و كيفية التعامل معها من الموضوعات التي تحظى باهتمام شديد لدى مختلف الأوساط العلمية و الإعلامية و العامة أيضا وليس فقط بسبب تهديد التنوع الحيوي بل لتأثيرها على صحة الإنسان بالدرجة الأولى

ز - التراجع المتسارع في استعمال الأصناف البلدية التقليدية للمحاصيل

الزراعية و الأشجار المثمرة و الاستعاضة عنها بأصناف محسنة عالية الإنتاج و لكنها مبسطة وراثياً مقارنة مع الأصناف البلدية .

٢ - الأسباب المباشرة لتضاؤل التنوع الحيوي :

آ - الفقر المتقشي في العديد من بلدان العالم و خاصة بلدان العالم الثالث و تأثيره في الاستغلال الجائر للموارد الطبيعية .

ب - الحروب الأهلية و الإقليمية و العالمية .

ج - تسارع النمو السكاني و تزايد الضغط على الموارد الطبيعية من اجل تلبية حاجات

البشر .

د - أنماط الاستهلاك العصرية و انعكاسها السلبي على الموارد الطبيعية المتجددة .

هـ - استخدام عدد قليل من الأصناف النباتية و العروق الحيوانية في الزراعة و الغذاء

و الحراج و المراعي

و - عدم حساب قيمة تدهور البيئة و اختفاء الأنواع على المدى الطويل في مشاريع

التنمية .

ز - نقص المعرفة العلمية فيما يتعلق بالنظم البيئية الطبيعية و تدهور الطبيعة و علاقة ذلك بتدهور التنوع الحيوي ، إضافة إلى الجهل بأهمية التنوع الحيوي بالنسبة للتوازن البيئي المحلي و العالمي من جهة و بالنسبة لحياة البشر من جهة أخرى .

الفصل الثامن

النظم البيئية الطبيعية الرئيسة

Major Types of Ecosystems

تختلف البيئات (المناطق) الطبيعية الموجودة على سطح الأرض فيما بينها من حيث نباتاتها، و حيواناتها ، و طراز المعيشة بالنسبة للإنسان القاطن فيها ، نتيجة لاختلاف المناخ السائد في كل منطقة طبيعية .

و هكذا كلما انتقلنا من منطقة طبيعية إلى غيرها تختلف عنها بمناخها وجدنا اختلافاً واضحاً في شتى المظاهر البشرية و الحيوانية و النباتية .

و بالتالي تضم الكرة الأرضية عدداً كبيراً من النظم البيئية و التي يمكن تصنيفها إلى :

- نظم بيئية برية (أرضية)

- نظم بيئية مائية .

- نظم بيئية رطبة .

حيث يتكون كل نظام بيئي رئيس من نظم بيئية فرعية عدة مثل الغابات و الصحراء ، و المستنقعات ، و المياه المالحة ، و المياه العذبة الخ . و يتألف كل نظام بيئي من مجموعة مكونات حية و غير حية خاصة به ، كذلك يمتاز كل نظام بيئي بموارده الطبيعية الخاصة به، التي إذا استغلت بشكل غير متوازن ظهرت مشكلات بيئية تختلف في قوتها و أهميتها من نظام لآخر .

٨-١ - النظم البيئية الأرضية Terrestrial Ecosystems :

تشكل اليابسة حوالي ٢٥ % من سطح الأرض ، إلا أن النظم البيئية البرية أكثر تنوعاً و تعقيداً من النظم المائية . و نظراً لتشابه العديد من النباتات و الحيوانات في تكوين النظم البيئية الأرضية و صفاتها و توزيعها في مناطق ذات خصائص متشابهة، فتصنف إلى أقاليم حياتية (Biomes) .

و قد ظهرت اتجاهات عدة تتعلق بتصنيف التجمعات الحياتية الأرضية . و أهمها تلك الاتجاهات القائمة على استخدام النبات في عملية التقسيم لأن النباتات (وبخاصة الأشجار) تشكل أهم عناصر التجمعات الحيوية الأرضية . كما أن وجود تجمع نباتي معين في منطقة معينة يرافقه عادةً تجمعاً حيوانياً معيناً ، و ظروفأً جغرافية متجانسة تميز الوسط البيئي لذلك التجمع ، و مهما كانت التصنيفات فإن الوحدة التصنيفية الأساسية المستخدمة فيها هي التجمع النباتي أو العشيرة النباتية (Plant association) و يمكن التعرف إليها بسهولة من خلال الملاحظة الميدانية و المخبرية . و يمثل التجمع النباتي في هذا المجال أية مجموعة نباتية ذات تركيب محدود ، و مظهر متجانس ، و نمت في موطن يمتاز بظروف بيئية متجانسة .

و نجد في النظام البيئي ثلاثة نظم بيئية رئيسة هي :

- بيئة الصحارى .
- بيئة الغابات .
- بيئة الأعشاب .

٨-١-١ بيئة الصحارى Deserts :

يقصد بالصحراء المناطق التي يكون فيها معدلات التبخر تفوق التساقط بالإضافة إلى التفاوت الكبير في درجات الحرارة بين الليل و النهار، و الصيف و الشتاء ، كما تتميز التربة الصحراوية بقلّة المواد العضوية مما ينعكس على الغطاء النباتي الذي يصبح متناثراً مع ندرة وجود الأشجار فيه ، و كذلك وجود مناطق شاسعة عارية تماماً من النباتات .

و تصنف الصحراء على أسس مختلفة ، منها درجة الحرارة ، أو كمية المطر الساقطة أو نوع التربة و طبيعتها ، أو تضاريس الأرض و غيرها .

تصنيف الصحراء على أساس الموقع الجغرافي و طبيعة سطح الأرض :

١- الصحاري شبه الاستوائية Subtropical Deserts : تشكلت نتيجة الأحزمة الشبه ثابتة للضغط العالي فوق المناطق الاستوائية ، و من أمثلة هذا النوع المنطقة الجنوبية الغربية من شبه الجزيرة العربية .

٢- الصحاري الساحلية المعتدلة **Cool Coastal Deserts** : يندر سقوط المطر فيها رغم كون جوها قارس البرد أحياناً ، مثال ذلك صحراء ناميب و أتاكاما و باها و باتوجونيا .

٣- الصحراء المحتجزة عن المطر بسبب الجبال الشاهقة (صحاري ظل المطر **Rain - Shadow Deserts**) : تشكلت نتيجة لوجودها خلف الجبال التي تمنع وصول الغيوم القادمة من البحر إليها ، و من أمثلة هذا النوع من الصحاري هو صحراء موهافي و الحوض الكبير في أمريكا الشمالية و صحراء باتوجونيا في أمريكا الجنوبية .

٤- الصحاري القارية **Interior - Continental Deserts** : تتميز بانعدام تأثير البحار عليها إضافة لكونها تقع ضمن مساحات شاسعة من الأرض ، مثال عليها الصحراء الأسترالية و الصحراء القطبية و صحراء أمريكا الشمالية و صحراء شبه الجزيرة العربية و صحراء شمال أفريقيا .

تصنيف الصحراء على أساس درجة الحرارة :

١- الصحاري الباردة **Cold Deserts** : وهي الصحاري التي تتميز بفصل بارد ينخفض فيه متوسط درجة الحرارة إلى خمس درجات مئوية أو ما دون ذلك. و تكون درجة الحرارة في الصيف عالية نسبياً تصل إلى ٣٠°م وسطياً أو تزيد . و توجد هذه الصحاري في مناطق قارية بعيدة عن البحار ، و مثال ذلك صحاري المناطق القطبية و المعتدلة و صحاري الحوض الكبير في أمريكا الشمالية .

٢- الصحاري الحارة **Hot Deserts** : لا يحوي مناخها فصلاً شديداً البرودة ، و لا تنخفض متوسطات درجات الحرارة إلى ٥°م أو ما دون ذلك . و يكون فيها الصيف حاراً و الشتاء دافئاً. و يمكن تمييز نوعين من الصحاري الحارة :

• صحاري قارية بعيدة عن البحار و المحيطات : و تتميز بالتغيرات الشديدة في درجات الحرارة اليومية، مثل الصحراء الكبرى في شمال أفريقيا و صحراء الربع الخالي في المملكة العربية السعودية .

• صحاري ساحلية : تتميز بالتغيرات المحدودة في درجات الحرارة و تكون فيها الرطوبة النسبية أعلى مما هي عليه في الصحراء القارية ، و مثل ذلك صحراء بيرو في أمريكا الجنوبية .

تصنيف الصحراء على أساس كمية المطر :

١- **مناطق شديدة الجفاف Extremely Arid Regions** : و هي مناطق قد يمر عام أو عامين أو أكثر دون أن يهطل مطر ، أي أن المطر ليس حدثاً يتكرر سنوياً . و مثال ذلك المناطق الوسطى من الصحراء الكبرى و الربع الخالي و صحراء تكلاماكان في أواسط آسيا .

٢- **مناطق جافة Arid Regions** : و هي المناطق ذات المطر القليل غير المنتظم ، و التي لا يتجاوز فيها معدل الهطول السنوي عن ١٢٥ مم ، ويغلب فيها وجود النباتات المعمرة في الأراضي المنخفضة و المجاري المائية و الوديان التي تتلقى ماء الانسياب السطحي بالإضافة إلى ماء المطر . و هذه الصحاري بوجه عام لا يتيح مناخها و قلة مطرها زراعة أي نوع من المحاصيل الزراعية .

٣- **مناطق شبه جافة Semi - Arid Regions** : و هي المناطق التي يتراوح متوسط المطر السنوي فيها ١٢٥-٢٥٠ مم ، و تكثر فيها النباتات المعمرة، و هي أراض قد يتيح مناخها و مطرها زراعة أنواع معينة من المحاصيل ، و خصوصاً في الأراضي المنخفضة .

و تقدر المساحة الكلية للصحاري في العالم حوالي ٤٨.٣٥٠ مليون كم^٢ أي ما يعادل ٣٦.٣ % من المساحة الكلية لليابسة (Meigs , 1953) . و في حال اعتمادنا على صفات الأراضي و خصائص الغطاء النباتي فإن مساحة الصحاري الكلية قد تصل إلى حوالي ٤٣ % من مساحة اليابسة . و هذا الفرق يعود إلى تأثير الإنسان و تحويل هذا الجزء إلى أراضٍ صحراوية أي ما يعادل ٦.٧ % من المساحة الكلية لليابسة .

و الصحراء هي إقليم مناخي و جيومورفولوجي و نباتي تكون بعد انتهاء العصر المطير وحلول العصر الجاف ، أي قبل حوالي ٥٠ ألف سنة . و هناك أسباب عدة تؤدي إلى تكوين الصحراء نذكر منها :

- التغيرات المناخية العالمية لأسباب طبيعية و أنشطة بشرية .
- وقوع المنطقة في ظل الأمطار .
- الأنشطة البشرية من قطع الغابات و رعي جائر في المناطق الجافة .

و تعدد مشكلات نقص المياه، و توزيعها، و ارتفاع تركيز الأشعة فوق البنفسجية، و اختلاف معدلات درجات الحرارة أثناء الليل و النهار من أهم العوامل المحددة للكائنات الحية التي تعيش في الصحراء . و لذلك نجد أن النباتات و الحيوانات في هذا الإقليم ذات أنواع قليلة (شبكات و سلاسل غذائية بسيطة) و بكثافات بسيطة تطورت من حيث الشكل الخارجي ، و وظائف الأعضاء، و غير ذلك من الاستراتيجيات لتواجه الظروف الصحراوية المتطرفة . إذ

تمتاز النباتات الصحراوية بجذور كثيفة تخترق التربة لأعماق كبيرة ، وبأوراق مطوية بطبقة شمعية تمنع أو تحد من تبخر كميات كبيرة من المياه ، وكذلك تخزين المياه في الأنسجة النباتية ، و القدرة على التخلص من بعض الأوراق خلال فترة الجفاف و الاستفادة من ماء الندى الليلي بكفاءة عالية . كما أن بعض أنواع النباتات الصحراوية تكمل دورة حياتها (من البذرة إلى البذرة) في فترة الرطوبة القصيرة .

و نجد النباتات الصحراوية متفرقة و على شكل أعشاب و نباتات شوكية و شجيرات قصيرة و غيرها ، تسمى هذه النباتات الجفافيات (Xerophytes) و يخلو بعض المناطق شديدة الجفاف و مناطق الكثبان الرملية و المناطق الملحية من الحياة النباتية . **ونميز نوعين من النباتات الصحراوية :**

١- **النباتات الدائمة طوال العام Perennial Plants** : مثل الصبار (Cactus) و السنط (Acacia) و التي تأقلمت مع الظروف المناخية عن طريق رفع كفاءة الاستفادة من المياه المتاحة . إذ نجدها مطوية بمواد شمعية و مزودة بثغور أوراق قادرة على التحكم في عملية النتح و الاستفادة من الندى ، كما تخزن بعضها المياه خلال فترة سقوط الأمطار في الأنسجة و الأوصال أو الدرنات أو تمد جذورها إلى أعماق كبيرة في التربة كما يفعل نبات الحنظل.

٢- **النباتات المؤقتة سريعة الزوال Ephemerales** : و هي نباتات عشبية لا تستطيع أن تتكيف مع الجفاف تنمو مباشرة على مياه الأمطار، و نظراً لأن سقوط الأمطار يكون خلال فترات قصيرة و محدودة فإن هذه النباتات تعيش لفترة قصيرة و محدودة من الزمن تقدر بحوالي ٦-٨ أسابيع، و تترك خلفها بذوراً تبقى كامنة في التربة لحين سقوط الأمطار .

و يندر وجود حيوانات كبيرة الحجم في الصحاري على الرغم من وجود بعض الغزلان في الأراضي التي تسودها الشجيرات ، و أما القوارض فهي أبرز أنواع الثدييات التي توجد في الصحاري ، و تسود السحالي و الأفاعي أيضاً . وعموماً تتميز حيوانات البيئة الصحراوية بقدرتها على الركض أو الحفر أو القفز .

و أفضل الحيوانات تكيفاً في هذا الإقليم الحياتي الحشرات و الحيوانات ذات الدم الحار ، و يتكيف بعض الثدييات بواسطة فرائه السميك للحماية من الحرارة و البرودة ، و بعضها لها آذان كبيرة للتخلص من الحرارة المرتفعة (كالأرنب و الثعلب) ، و تكون الإفرازات الصلبة (الغائط) شبه جافة والسائلة ذات تركيز عالٍ جداً . و هناك العديد من الأمثلة للتكيف على هذا النظام البيئي الصحراوي .

٨-١-٢ بيئة الغابات Forests :

يغطي إقليم الغابات حوالي ثلث اليابسة على الكرة الأرضية ، و تعتمد هذه الغابات في نوعيتها و توزيعها على المناخ و التربة ، و تحتاج الغابات إلى كميات متفاوتة من المياه تختلف حسب نوعية الغابات . و تعد الغابات من المصادر الطبيعية المتجددة إذا استغلت بحكمة ، و تختلف الفترة الزمنية اللازمة لتجديد الغابات بين ٣٠-٣٠٠ سنة ، و يتوقف ذلك على نوعية الغابة و بيئتها .

١- الغابات المخروطية Coniferous Forests :

و تعرف هذه الغابات بالتايغا Taiga ، و تقع جنوب التوندرا في نصف الكرة الشمالي . و تتميز الأقاليم الباردة التي ترتفع فيها معدلات التساقط ، و تباين المناخ الفصلي ، و حيث يكون الشتاء طويلاً و الصيف قصيراً بسيادة الغابات الصنوبرية ، كما أن حجم النباتات و الحيوانات في تلك المناطق كبير ، إذ يصل ارتفاع الأشجار إلى ٤٠ متراً ، و تتنوع الحيوانات الفقارية ، و أبرز أنواعها الموط Moose ، و غزال الرنة Caribou و الدببة و الذئاب و القندس Beaver ، بالإضافة إلى أنواع عديدة من الطيور والأشجار و الشجيرات الصنوبرية . أما التربة فهي في أغلب الأحوال غير سميكة ، و قليلة الخصوبة ، و ذلك بسبب بطء عمليات تجوية الصخور في البيئات الباردة ، و قلة بقايا الأشجار الصنوبرية مما يقلل من كمية المواد العضوية في التربة ، و تعد إنتاجية الغابات الصنوبرية في هذا الإقليم قليلة نسبياً .

٢- الغابات المعتدلة (النفضية) Temperate Forests :

تصادف هذه الغابات جنوب منطقة انتشار الغابات المخروطية . و يتميز مناخها برطوبة عالية و توزع الفصول الأربعة بشكل شبه متساو على مدار العام . و تضم هذه الغابات أنواع السنديان Quercus و الزان Fagus و القيقب Acer ، و تكثر الصنوبريات في المناطق الجافة قليلاً و تختلط مع السنديانيات كما في منطقة شرقي ولاية تكساس ، أو تسود الصنوبريات كما في وسط الولايات المتحدة و غربها . و التربة تمتاز بعمقها و سماكة الأفق الدبالي بسبب توفر المادة العضوية . و تنتشر في هذه المناطق حيوانات ثديية كبيرة كالغزلان و القوارض و الضفادع و تكثر الطيور كالديك الرومي و كذلك الحشرات .

٣- الغابة المتوسطية Mediterranean Forests :

و هي الغابة التي تنتشر في المناطق التي تخضع للمناخ المتوسطي . و تنمو ضمن المواقع الجافة من هذا المناخ أشجار و شجيرات دائمة الخضرة ذات أوراق جلدية سميكة مشكلة غابات مفتوحة نسبياً و تسمى هذه الغابات ماكي Maquis في منطقة المتوسط و شابارال

Chaparral في كاليفورنيا و المكسيك و ماتورال Matorral في التشيلي و مالي Mallee في أستراليا . و يسود في هذه الغابات السنديانيات إضافة إلى بعض الأنواع الأخرى .
أما في المناطق الرطبة من هذا المناخ فتسود غابات الصنوبر الحلبي Pinus halepensis (شمال أفريقيا) و البروتي P. brutia (سورية) و الصنوبر الثمري P. pinea (لبنان) و السرو الدائم الخضرة Cupressus sempervirens (سورية) . و تنتشر في المواقع الأكثر رطوبة غابات الأرز Cedrus و الشوح Abies و بعض الأشجار المتساقطة الأوراق كالعنبر Quercus cerris و السنديان شبه العنبري Q. pseudocerris (سورية) .
تختلف الحيوانات عما هي عليه في الغابات المعتدلة ، فالعصافير أقل عدداً و الثدييات كذلك أما الحشرات فهي كثيرة ، هذا و تلعب الحرائق دوراً كبيراً في توازن و إعادة تجديد غطائها النباتي .

٤- الغابة الاستوائية المطيرة Tropical Rain Forest :

تسود هذه الغابة وسط أمريكا الجنوبية (غابات الأمازون) و وسط أفريقيا و جنوب شرق آسيا ، و يتميز المناخ في هذا الإقليم بمعدل درجات حرارة سنوي لا يقل عن ٢٠ م ، و رطوبة عالية ، و أمطار غزيرة . لذا نجد إنتاجية هذا النظام البيئي عالية جداً مقارنة مع النظم البيئية الأخرى .

كانت الغابات الاستوائية قبل تدخل الإنسان تغطي مساحة تقدر بنحو ١٦ / مليون كم^٢ ، بقي منها أقل من النصف .

و تؤدي الغابات الاستوائية في الوقت الحاضر دوراً مهماً في توازن البيئة العالمية و

ذلك للأسباب التالية :

- تعد من مصادر الثروة المتجددة إذا استغلت بصورة حكيمة .
- تعد مخزناً طبيعياً لمورثات العديد من أنواع الكائنات الحية الحيوانية والنباتية، حيث نجد أن الغابة الاستوائية تحوي حوالي ٧٤ % من جميع أنواع الكائنات الحية في النظم البيئية الأرضية .
- تعمل على توازن المناخ العالمي عن طريق تنظيم دورات الكربون و الماء والأوكسجين ، و لهذا نجد اتجاهاً عالمياً للمحافظة على غابات المنطقة الاستوائية وحمايتها من التدهور بهدف تنظيم هذه الدورات .

وتشكل الغابات الاستوائية في كثير من الأحيان مظلة من الأشجار بسبب كثافتها بحيث لا يصل إلى التربة سوى القليل من الضوء ، الأمر الذي يجعل الضوء العامل المحدد لنمو بعض

الأنواع النباتية الأخرى ، لذا ينمو هنا ما يعرف بنباتات الظل و هي نباتات لا تحتاج إلى كميات كبيرة من الضوء .

إن الحيوانات كثيرة و متعددة الأنواع بسبب قدم هذه المجتمعات الحيوية التي بقيت محافظة على نفسها دون أن يطرأ على المنطقة أي تغير في المناخ و كذلك بسبب تنوع مصادر الغذاء و التنوع الشديد في المساكن و الأعشاش البيئية . وهي تزخر بالحيوانات الشجرية و العصافير الزاهية و الحيوانات اللاقارية الضخمة الملونة .

و من الفوائد البيئية لإقليم الغابات ما يلي :

١-تعديل نوعية المناخ المحلي . حيث نجد أن نسبة الرطوبة في الغابة أعلى منها في المناطق العارية و التغيرات الحرارية اليومية و الفصلية أقل ، كما أن تأثير الرياح السلبي ينقلص بشكل كبير جداً.

٢-تنقية البيئة من التلوث الهوائي و المائي و الضوضائي و الإشعاعي. إذ تقوم الأشجار بحماية مصادر المياه الجوفية و السطحية من الملوثات مثل النترات و الفوسفات و ذلك عن طريق امتصاصها من المياه و استيعابها في خلاياها . إضافة إلى ما سبق تقوم الغابات بامتصاص العديد من المركبات العضوية و غير العضوية من المياه الملوثة ، كما تقوم الأشجار بامتصاص الملوثات الهوائية المختلفة و الإشعاع ، و من هنا يطلق على الغابات القريبة من التجمعات السكانية أو المدن " رئة المدينة " . كذلك تقوم الأشجار بامتصاص الأمواج الصوتية ، لذا يتم زراعة الأشجار حول التجمعات السكانية للحد من التلوث بالضجيج .

٣-زيادة قدرة المياه الجوفية على الاستعادة من مياه الأمطار و الثلوج ، حيث يقوم الغطاء النباتي بحماية التربة من قوة سقوط الأمطار و تسهل بذلك عملية ترسيحها داخل التربة ، و تساعد المواد العضوية (التي تأتي من الأشجار) في زيادة قدرة التربة على حفظ المياه ، و تساهم هذه المواد أيضاً مع جذور الأشجار في جعل التربة أكثر نفاذية و بذلك تسهل عملية تغلغل المياه إلى حيث المياه الجوفية .

٤-تعد الغابات من مناطق الراحة و الاستجمام للإنسان و هي بذلك تحسن من نوعية معيشته و بالتالي زيادة قدرته الإنتاجية .

٥-حماية التربة من الانجراف عن طريق تثبيتها بواسطة جذور الأشجار الكثيفة و زيادة كمية المواد العضوية في التربة.

٦-حماية سفوح الجبال من الانهيارات الأرضية Landslodes .

٧-تعد الغابة موطن العديد من أنواع الكائنات الحية .

٨-١-٣- بيئة الأعشاب Grassland (بيئة المراعي) :

هي مناطق يكون فيها التساقط Precipitation كافياً لنمو الأعشاب و بعض الأشجار المتفرقة . و تتعرض هذه المناطق للجفاف المنتظم و الحرائق مما يحد من نمو الأشجار ، ويمكن التمييز بين ثلاثة أنواع من مناطق الأعشاب :

١- الأعشاب الاستوائية أو السافانا Tropical Grassland

: Savanna

تنتشر أعشاب السافانا مع بعض الشجيرات و الأشجار المتفرقة على سهول منبسطة . و تقعد الأشجار و الشجيرات أوراقها خلال موسم الجفاف للحد من استهلاك المياه . و تعد الحشائش النمط النباتي السائد ، و قد يصل ارتفاعها إلى مترين . و تعد بيئة السافانا المدارية بيئة انتقالية بين الغابات المدارية و أراضي الحشائش ، حيث تتوفر كميات وفيرة من مياه الأمطار خلال السنة ، و لكن تخضع هذه المناطق لفترات جفاف طويلة . و تعد الحرائق المتكررة والتي تحدث خلال فترات الجفاف والرعي الجائر العوامل المحددة التي لا تسمح بوجود غابات في هذه المناطق. و أبرز نماذج السافانا توجد في أفريقيا و أستراليا و أمريكا الجنوبية ، و تعد هذه البيئة من أهم مناطق الرعي في العالم .

و تختلف آكلات الأعشاب في مناطق السافانا في طريقة تغذيتها فالزرافة تأكل أوراق الأشجار و الأغصان الغضة في أعالي الأشجار ، و تأكل الفيلة أوراق الأشجار و الأغصان السفلى ، و تتغذى الغزلان بأنواعها المختلفة و الحمار الوحشي على الأعشاب . و كذلك تحوي السافانا أنواعاً عديدة من الحيوانات ذات الحوافر Hoofed Animal أكثر من أي نظام بيئي طبيعي آخر . و تتناقص أعداد الحيوانات التي تتغذى على النباتات والحيوانات المفترسة قبل الأسود و الفهود و غيرها بسبب أنشطة الإنسان المختلفة و التي من أبرزها الصيد الجائر و الزراعة .

٢- أعشاب المناطق المعتدلة Temperate Grassland :

ينتشر هذا النوع من الأعشاب في مناطق واسعة من العالم ، و خصوصاً في أمريكا الشمالية حيث تسمى بالبراري Prairies و في أمريكا الجنوبية باسم البامبا Pampa و في أوروبا و آسيا و سورية بالبادية Steppe .

يتصف مناخ هذه المناطق بدرجات حرارة معتدلة مع وجود فصل شتاء أطول و أبرد من مناطق أعشاب السافانا. و يكون فصل الصيف جافاً و حاراً و الرياح مستمرة تؤدي إلى تبخر

كميات كبيرة من رطوبة التربة و لكن لا يحدث تعرية للتربة نظراً لوجود النباتات و جذورها التي تحميها من التعرية .

و البادية السورية تشكل أكثر من نصف مساحة سورية (٥٥ %) ، و هي سهول رعوية يسود فيها الأعشاب المعمرة كالقبا *Poa sp.* ، و شجيرات صغيرة كالشبح *Artemisia sp.* ، و البادية أراضي رعوية لا تصلح للزراعة الاقتصادية بسبب قلة الأمطار و تفاوتها بين عام و آخر ، لكنها تصلح كمرعى لكل من الحيوانات المستأنسة و البرية .

إن الظروف المناخية القاسية للبادية مع تربتها الفقيرة يجعل منها بيئة صعبة لنمو النباتات و عيش الحيوانات ، ومع ذلك فإنه يتواجد فيها تنوع كبير من النباتات و الحيوانات و التي تلائمت عبر آلاف السنين من الانتخاب الطبيعي كي تعيش تحت هذه الظروف .

يوجد في البادية السورية أربعة أنظمة بيئية أساسية ترتبط مع بعضها ، و لكل منظومة بيئية ما يميزها من النباتات و الحيوانات و هي :

أ- **السهول و الحزوم** : كالأراضي المحيطة بتدمر من الجهة الشرقية و الجنوبية والغربية، و محمية التليلة . حيث يغطيها شجيرات متفرقة تنبت بينها الأعشاب الحولية الموسمية من النجيليات و البقوليات كما تصادف الطرفاء *Tamarix sp.* على طول الوديان .

الأحياء البرية الخاصة بهذه المنظومة : مجموعات وفيرة من الأرانب و القوارض ، و كذلك خمسة أنواع من الحيوانات اللاحمة من الحجم المتوسط و ثلاثة من الحجم الكبير ، إضافة إلى ستة أنواع من الأفاعي، و تعد سهول البادية و حزومها هامة بالنسبة لثلاث فصائل من الطيور و هي : القبرات و طير الصُرْد أو أبو العسكر و طيور الأبلق و كلها تتواجد في البيئات الواسعة المفتوحة ، وهذه البيئة أيضاً هامة لعدة أنواع من الطيور المهاجرة المفترسة مثل طيور الحدأة و الحداية ، و الباز ، و النسور و طيور الرخمة و الصقور .

ب- **الجبال** : كالجبال المحيطة بمنطقة تدمر مثل أبو رجمين و جبل البلعاس و غيرها. و يتألف الغطاء النباتي من شجيرات معمرة متقزمة و أشجار متناثرة من البطم ينبت بينها أعشاب حولية كالنجيليات و البقوليات .

تعد الجروف الصخرية بيئة مناسبة لتكاثر عدد من أنواع الطيور الجارحة كالبيوم والنسر الذهبي و طير الرخم أو النسر المصري ، و أنواع عدة من الصقور ، و الطيور الخطافة كالسنونو .

ت- **تجمعات موسمية للمياه** : وهي منخفضات ذات أشكال و مساحات مختلفة (سبخات ، خبرات ، برك ، سدود) ، يتألف الغطاء النباتي من الطرفاء حول السبخات و من القصب أو الزل حول السدود الطبيعية و من طحالب و نباتات حولية .

يعتمد على هذه المنظومة عدد من أنواع الطيور المائية و خاصة في فصل الشتاء، و من هذه الطيور الكرك و البط و أنواع من الدريج و النكات و الطيور المهاجرة مثل أبو سعد و مزامير الرمال و دويكات الماء و الزقراق الشامي أو الطقطق .

ث- الواحات : كواحات تدمر و أرك و المحطة الثالثة و طرفة . و هي منخفضات ضحلة ترتبها لومية . و يتألف الغطاء النباتي من أشجار النخيل و الزيتون و الرمان و أيكات من الشجيرات و حقول زراعية .

تعد الواحات ملاذاً آمناً و هاماً للطيور المهاجرة من أنواع الجوارح المتعددة و أيضاً الورور . و الواحات غنية جداً باللافقاريات و خاصة في موسم الربيع و كذلك لجميع الطيور التي تتغذى على الحشرات ، و أيضاً بيئة هامة للضفادع و حيوان ابن آوى .

تعيش أنواع عديدة في مناطق الأعشاب المعتدلة من الحشرات مثل الخنافس و العناكب و الجنادب و الكلاب المتوحشة و الغزلان و السناجب و غيرها من آكلات الأعشاب صغيرة الحجم و معظمها يعيش في جحور داخل التربة و أغلب آكلات الأعشاب كبيرة الحجم تعيش في قطعان لحماية نفسها من المفترسات ، و أشهر أنواع آكلات الأعشاب كبيرة الحجم الثور الأمريكي (Bison) و الغزلان ، و لكن أخذ الإنسان يغير في نوعية الحيوانات التي تعيش في هذه المنطقة حيث أدخل إليها أعداد كبيرة من الأبقار و الأغنام . و أهم المفترسات في هذه البيئة القيوط Coyotes و الذئب الأمريكي صغير الحجم و الأسد الأمريكي Cougars و التي تعرضت للصيد الجائر لأسباب عديدة .

٣- أعشاب التندرا Polar Grassland Tundra :

تشكل بيئة التندرا حوالي ٤ % من مساحة اليابسة ، و تحتل أوسع مساحة لها في النصف الشمالي من الكرة الأرضية ، و يكون هذا الإقليم ما يقرب ٤٠ % من مساحة الاتحاد السوفياتي سابقاً ، كما أن كندا و النرويج تملكان مساحات واسعة من التندرا .

و تسود بيئة التندرا ظروف مناخية قاسية إذ تصل درجات الحرارة في فصل الشتاء إلى /⁺٣٥ م / و نظراً لهذه الظروف المناخية القاسية ، يقتصر نشاط الكائنات الحية غالباً من نهاية شهر أيار و حتى بداية شهر أيلول. و يقتصر نشاط الكائنات الحية شمال خط العرض ٧٣ على حوالي شهرين فقط .

و من حيوانات المنطقة غزلان الرنة و ثور المسك و كذلك الذئب و الثعالب و الأرناب الثلجية و غيرها

٨-٢ - بيئة المناطق الرطبة Wetlands :

و هي عبارة عن مسطحات مائية ضحلة تبقى طوال السنة أو خلال فترة زمنية طويلة من السنة تحت مياه الفيضانات العذبة أو المالحة ، وتعيش فيها النباتات المائية .

و يشمل هذا النظام سبخات البحار Mangrove و هي إقليم حياتي لنباتات دائمة الخضرة من أهمها الأشجار في مسطحات مائية مالحة ضحلة تقع في منطقة المد و الجزر للبحار الواقعة في المناطق الاستوائية و شبه الاستوائية . و تمتاز هذه النباتات بالقدرة العالية على تحمل الملوحة و وجود جذور للتنفس على سطح الماء .

كما يتضمن نظام المناطق الرطبة المستنقعات أو الأهوار Swamps التي تتكون في المناطق ذات الأمطار العالية ، أو من جراء ارتفاع المياه على سطح التربة ، خصوصاً في المناطق القريبة من المياه الجوفية ، أو نتيجة الترسبات العضوية في المسطحات المائية .

و تشكل المستنقعات و بخاصة في المناطق الحارة أو المعتدلة ، سلاسل و شبكات غذائية معقدة نظراً لتعدد أنواع الكائنات الحية التي تعيش في هذه المناطق . كما تعد المستنقعات أحد مصادر الغذاء البروتيني الهام من أسماك و طيور و حيوانات برمائية . و من أشهر النباتات الزراعية أو الطبيعية في المستنقعات الحارة أو المعتدلة الأرز الذي يعد الغذاء الأساسي لكثير من شعوب العالم كالصين و اليابان و الفلبين ، و كذلك نباتات البردي (Papyrus) التي استعملت في عصر الفراعنة للكتابة . أما في المستنقعات الباردة فتعيش نباتات مائية عديدة من أهمها السوسن Iris و بعض أنواع القصب Phragmites . ويمكن أن تغزو المستنقعات الضحلة بعض أنواع الأشجار إذا توافرت إمدادات كافية من الأوكسجين للجذور .

و تؤدي المستنقعات دوراً مهماً في تخفيف استثمار الغابات و قطعها لأغراض تصنيع الورق حيث أن نباتات المستنقعات تحتوي على نسب عالية من مادة السيلولوز المستعملة في صناعة الورق . وعند استغلال هذه النباتات في تلك الصناعة و تحت إدارة سليمة فإنه يمكن إنتاج كميات هائلة من المواد السيلولوزية نظراً لارتفاع إنتاجية نباتات المستنقعات . و عموماً تمتاز نباتات المستنقعات بقلّة عمق جذورها داخل التربة تحت المياه ، و بقدرتها على ضخ الهواء من الغلاف الغازي إلى منطقة الجذور و اللازم لعمليات تنفس الجذور .

و تعيش في المستنقعات أنواع عديدة من الحشرات الضارة مثل البعوض و العناكب و الجنادب ، و العديد من أنواع الطيور مثل البط و العصافير . ففي وسط أوروبا يعيش حوالي / ٩٨ / نوعاً من الطيور في المستنقعات ، أما في المناطق الاستوائية مثل مستنقعات النيل الأبيض في جنوب السودان فتعيش أنواع أكثر من تلك التي تتواجد في المناطق الباردة و

المعتدلة ، و يغلب على حيوانات هذه المستنقعات الحشرات و الطيور و الزواحف كالتماسيح و الأفاعي المائية الضخمة .

هذا وقد اختفت مساحات واسعة من أراضي المستنقعات في مختلف دول العالم بسبب تجفيفها للاستفادة منها في الزراعة و سد احتياجات الإنسان الغذائية ، و كانت الولايات المتحدة الأمريكية من أوائل دول العالم التي تنبعت إلى دور المستنقعات في البيئة فسنت القوانين لحمايتها و منعت بذلك تجفيفها .

و لكن مثل هذه السياسة البيئية لا تطبق فعلاً إلا في الدول التي تنتج فائضاً من الحبوب ، أما الدول التي تعاني من النقص في إنتاج الغذاء (و هي أغلب دول العالم النامية) ، فإنها مستمرة في تجفيف المستنقعات لتوفير الأراضي الزراعية لسد حاجتها من الحبوب على الرغم مما توفره هذه المستنقعات من البروتينات الحيوانية (مثال ذلك مستنقعات الغاب في سورية و أثر تجفيفه في البيئة) .

٨-٣- النظام البيئية المائية Aquatic Ecosystem :

تغطي المياه حوالي ٧١% من سطح الأرض ، و تعد من أكبر النظم البيئية على الإطلاق . و من خلال التيارات المائية التي تحدث بفعل الرياح ، و اختلاف كثافة المياه بسبب تفاوت درجات الحرارة ، و تركيز الأملاح في المياه يتم ربط أجزاء المياه مع بعضها أي أن نظام البيئة المائية مستمر بخلاف البيئة الأرضية .

تتكون التيارات المائية في المناطق الساحلية نتيجة لعمليات المد و الجزر الناجمة عن جاذبية القمر ، و تأخذ التيارات المائية اتجاه دوران الأرض .

و توجد ثلاثة أنواع رئيسة من التيارات المائية و هي: التيارات المائية السطحية ، و

التيارات المائية الوسطية ، و التيارات المائية العميقة .

و يختلف النظام البيئي المائي عن النظام البيئي الأرضي من حيث العوامل المحددة :

- الرطوبة و الحرارة هما العاملان المحددان الأساسيان للنظام البيئي البري ، بينما الأوكسجين المذاب و الأشعة الشمسية هما العاملان المحددان الأساسيان للنظام البيئي المائي .

- تؤثر معدلات درجة الحرارة في معدل كمية الأوكسجين الذائبة في الماء ، فكلما ارتفعت درجة حرارة المياه تناقصت كمية الأوكسجين الذائبة فيه ، كما أن ارتفاع درجة حرارة المياه يؤدي إلى تنشيط عمليات تحلل المواد العضوية و بالتالي زيادة استهلاك الأوكسجين التي قد تصل إلى حد إزالته تماماً مما يؤدي إلى القضاء على الكائنات الحية المائية الهوائية و

تحويل عمليات التحلل الهوائي إلى تحلل لاهوائي ، و يترتب عليه إطلاق الغازات السامة مثل الميثان (CH₄) و الأمونيا (NH₃) و كبريتيد الهيدروجين (H₂S) .

- و يتفاوت معدل درجة حرارة المياه يومياً و فصلياً ، غير أن التفاوت يقل عن تباين درجة حرارة الهواء اليومية و الفصلية في النظم الحياتية الأرضية . كذلك تتغير درجة حرارة الماء بمعدلات أقل من تغير درجة حرارة الهواء ، لذا فإن ارتفاع درجة حرارة الماء أو انخفاضها يتطلب طاقة حرارية أكبر من تلك التي يتطلبها الهواء .

- و تعد الأشعة الشمسية أيضاً من العوامل المحددة للحياة النباتية ، لكونها لا تستطيع اختراق عمق يزيد عن / ٣٠ / متراً تحت سطح الماء يكفي لعملية التمثيل الضوئي . و لذلك يتركز التمثيل الضوئي في النظم الحياتية المائية ضمن هذا العمق فقط . وتعتمد قدرة الأشعة الشمسية على اختراق المياه على عوامل عدة من أهمها درجة عكورة المياه ، فكلما زادت معدلات العكورة قلت قدرة الأشعة الشمسية على اختراق المياه .

٨-٣-١ بيئة المياه العذبة **Limnological Ecosystem** :

تحتل المسطحات المائية العذبة قسماً بسيطاً من الغلاف المائي و تكون ذات مساحات قليلة، لذا يكون ارتباطها وثيقاً مع المساحات الكبيرة من اليابسة التي تحيط بها حيث يوجد حوالي ٣ % فقط مياه عذبة في العالم .

و تعد المسطحات المائية العذبة إلى حد ما نظم بيئية تابعة للنظم البرية بالرغم من وجود حدود واضحة لهذه النظم المائية .

أ- البحيرات **Lakes** : و تتميز بتطبيق مياهها حيث يزيد عمقها عن / ١٥ / متراً

في أقاليم العروض المعتدلة . إذ تظهر طبقتان من الماء في فصل الصيف واحدة سطحية دافئة تقل كثافة الماء فيها نسبياً ، و أخرى سفلية باردة ذات كثافة مرتفعة نسبياً . و تكون الطبقة السطحية أخف بحيث يعلو الماء الدافئ طبقة الماء البارد الأثقل وزناً ، و يحدث اختلاط قليل بين الطبقتين ، كما يكون هناك أيضاً تبادل قليل للغازات بواسطة عملية الانتشار . و تصنف البحيرات من حيث إنتاجيتها ، أي مقدار الكائنات الحية التي يمكن أن تعيلها إلى :

١- بحيرات ذات إنتاجية قليلة : تكون فيها أعداد الكائنات الحية المنتجة قليلة بسبب قلة المغذيات النباتية من فوسفور و آزوت ، و تكون درجة تشبع المياه بالأوكسجين المذاب أكثر من ٧٠ % .

٢- بحيرات ذات إنتاجية متوسطة : تحوي تركيزات متوسطة من المغذيات النباتية ، و أعداد متوسطة من الكائنات الحية المنتجة ، و تتراوح درجة تشبع المياه بالأوكسجين المذاب ما بين ٣٠-٧٠ % .

٣- بحيرات ذات إنتاجية عالية : و تحوي تركيزات عالية من المغذيات النباتية ، و يوجد فيها أعداد كثيرة من الكائنات الحية المنتجة ، و تتراوح درجة تشبع المياه بالأوكسجين المذاب من ٠-٣٠ % .

٤- بحيرة هرمة : و تحوي على ترسبات سميكة من المواد العضوية ، و تنمو فيها نباتات مائية نصف مغمورة بكثافة عالية ، و تتحول هذه البحيرات مع الزمن إلى مستنقعات .
و يعتمد تحول البحيرات إلى مستنقع على مساحة البحيرة و عمقها و على طبيعة التربة في الأحواض المائية التي تصب فيها و التغيرات المناخية و استعمالات المياه لآلاف السنين .
و تزيد الأنشطة البشرية من معدلات تعرية التربة و انجرافها إلى البحيرات و بالتالي إلى المساهمة في تحويل البحيرات أو السدود المائية إلى مستنقعات .

ب- **الأنهار Rivers** : يعد اختلاف سرعة تيار الماء من جزء لآخر من النهر من العوامل المحددة الأساسية في البيئة النهرية . ففي المنابع تكون القنوات المائية ضيقة و شديدة الانحدار و تظهر الشلالات والمسارح التي تعترض المجرى النهري ، و عليه فإن الأحياء المائية في هذا القطاع تكيفت بأساليب معينة تمكنها من الاستمرار و البقاء ضمن ظروف اضطراب التيار المائي إذ تميل الأحياء المائية إلى الالتصاق بصخور سرير النهر نفسه كالطحالب الخضراء .

و تكيف بعض الكائنات الحية لتلك الظروف بتشكيل أجهزة امتصاصية تساعد على ثباتها مثل أفراخ الضفادع ، و يتميز البعض الآخر ببطون لاصقة تساعد على الالتصاق بالصخر مثل القواقع .

وتختفي المسارح في المجرى الأسفل و نقل سرعة التيار المائي و تزداد المجاري المائية اتساعاً ، و تظهر الرواسب في القاع ، و ترتفع معها إنتاجية البيئة ، و تظهر أنواع مختلفة من الأسماك . كذلك تكثر في هذا القطاع من النهر النباتات الطافية التي لا تحمل التيار المضطرب في المجرى الأعلى .

و لا تتواجد الطحالب و النباتات الجذرية بكثرة في البيئة النهرية و هذا يؤدي إلى قلة المصادر الغذائية بالمقارنة مع المستهلكات ، و نتيجة لذلك تعتمد المستهلكات على الموارد من المواد العضوية ، التي تأتي للنهر من البحيرات و الأراضي المجاورة و تنصرف مياهها إلى

النهر . كذلك يساعد الجريان السطحي على تزويد البيئة النهرية بالمغذيات النباتية اللازمة لرفع إنتاجية الكائنات النباتية .

العديد من الأنهار تعد مكاناً للتخلص من النفايات دون النظر ما تضر هذه النفايات في التجمعات الحياتية النهرية و تؤدي إلى تدهور نوعية المياه و تلوثها على طول النهر . و نتيجة لتغير الظروف البيئية تغيرت التجمعات الحياتية في بعض الأنهار و تم إحلالها بأنواع أخرى . إن استمرار التطور الصناعي و تركيز المصانع الصناعية على الأنهار و استمرار تصريف مياه المجاري في المناطق الحضرية إلى الأنهار سيؤدي إلى استمرار الضغوط البيئية على النظم الحياتية .

٨-٣-٢ بيئة المياه المالحة (البحار و المحيطات) Marin Aquatic

: Ecosystem

تعد البحار و المحيطات من أكبر النظم البيئية الطبيعية و تلعب دوراً أساسياً في دورة المواد البيوجيوكيميائية . و هي تدخل في تنظيم مكونات الغلاف الغازي و تحافظ على التوازن الحراري العالمي لأنها تعمل كخزان ضخم لغاز ثاني أكسيد الكربون و الأوكسجين . و كذلك البحار و المحيطات تعد مستودعاً كبيراً لكثير من الموارد الطبيعية كالبتترول و الغاز الطبيعي و الرمال و العديد من الخامات المهمة للإنسان .

و تصل إلى البحار كميات ضخمة و متنوعة من الملوثات و هذه تشكل خطراً عليها ، ولذلك لا بد من سن القوانين الدولية لحمايتها حيث أن البيئة البحرية يعيش فيها أكثر من ٢٥٠/ ألف نوع من النباتات و الحيوانات التي تشكل مصدراً غذائياً مهماً للإنسان .

و تحدد ملوحة المياه في البحار بمجموع الأملاح الذائبة في لتر واحد من الماء (حوالي ٣٥٠ غ / لتر) ، و أهم هذه الأملاح ملح الطعام . أما أهم الغازات الذائبة فهي غاز N₂ , O₂ التي نجدها في المياه السطحية بحالة اتزان مع مكونات الغلاف الجوي .

أما مصدر الأملاح الذائبة في مياه البحار و المحيطات فهي اليابسة نتيجة تعرض صخورها و تربتها لعمليات التجوية و التعرية حيث تنتقل مخلفاتها الذائبة و الصلبة عن طريق المياه السطحية أو الغلاف الغازي إلى المحيطات و تعمل هذه المواد على إبقاء هذا النظام البيئي المعقد في حالة توازن .

و يمكن تمييز مناطق عدة في البحار و المحيطات تجتمع في منطقتين رئيسيتين :

١- **المنطقة الساحلية** : هي منطقة التقاء اليابسة مع الماء ، و تحدد هذه المنطقة

بطرق مختلفة و يمكن أن تشمل جميع الرصيف القاري أو مناطق مميزة منه . و هي تشمل مصادر متجددة مثل الأسماك و مصادر غير متجددة مثل المعادن و البترول و على الرغم من أن هذه المنطقة تشكل حوالي ٨ % فقط من المحيطات و البحار إلا أنها تحوي نحو ٩٠ % من النباتات و الحيوانات المائية ، و تعد من أهم مناطق صيد الأسماك مثل سمك الكود (Cod) و السلمون و الهيرنج Herring .

و تضم المنطقة الساحلية أنظمة بيئية أهمها المصببات الخليجية Estuaries التي تتكون عند مصبات الأنهار من خلال خلط مياه الأنهار العذبة بمياه البحار المالحة ليتكون نظام بيئي معقد يقع في ملوحته بين الاثنين . و تساهم الأنهار في رفع إنتاجية هذا النظام البيئي من خلال نقل كميات كبيرة من المواد العضوية و المغذيات النباتية مما يجعله ذات إنتاجية عالية جداً .

و نجد في المناطق الساحلية الدافئة التي لا تنخفض درجة حرارة المياه فيها دون ٢٠م أن البيئة البحرية تصبح ملائمة لنمو الشعاب المرجانية Coral reefs ، حيث تشكل أنظمة بيئية خاصة بها تشترك فيها الحيوانات و النباتات البحرية و تكون حساسة لأية تغيرات تطراً على البيئة خاصة تلك الناتجة عن الأنشطة البشرية المختلفة كما هي الحالة في العقبة في الأردن . أما بالنسبة للمصادر غير المتجددة فتعد منطقة المياه الضحلة المصدر الرئيس للبترول و الغاز الطبيعي في العالم . و ترتب على ذلك مصادر تلوث جديدة و خطيرة على البيئة البحرية .

٢- **البيئة المحيطية أو أعالي البحار** : تمتد فيما وراء الرصيف القاري و

تشكل نحو ٩٠ % من المساحة الكلية للبحار و المحيطات ولكنها تحوي ١٠ % فقط من الكائنات الحية النباتية و الحيوانية .

و على الرغم من اتساعها إلا أنها غير منتجة نسبياً إذ لا تتوفر فيها المغذيات النباتية ، و لذلك تعد البيئات المحيطية صحاري من الناحية البيولوجية ، و بالرغم من كون البيئة المحيطية ذات إنتاجية منخفضة إلا أنها تحتوي واحات متناثرة غنية بالحياة البحرية .

الفصل التاسع

تلوث البيئة

إن مكونات النظام البيئي ترتبط مع بعضها حسب قوانين محددة تحقق التوازن البيئي، و ظهور مشكلات بيئية ينتج عن إخلال يطرأ على مكونات النظام البيئي .

و مما لاشك فيه يعد الإنسان بأنشطته المختلفة و استثماره لموارد البيئة من أهم العوامل التي أدت إلى الإخلال بالتوازن البيئي . و لتجنب أو تقادي ظهور المشكلات البيئية يتوجب على الإنسان أن يستثمر الموارد البيئية بإدارة حكيمة و أن يأخذ بعين الاعتبار الآثار البيئية لأي نشاط أو مشروع يقوم به على الوسط البيئي من خلال القيام بدراسات حول تقييم الآثار البيئية للمشروع على توازن البيئة .

و من جهة ثانية ، لا يمكن استثمار موارد البيئة سواء المياه أو الغابات أو المعادن ، أو التربة أو الزراعة أو غيرها ، بالأساليب التقليدية و معالجة مشكلاتها من خلال الدراسات الفردية المنعزلة . حيث وجد أن المشكلات البيئية ذات طبيعة متداخلة يتطلب فريقاً متكاملًا من الاختصاصيين يقوم أولاً بدراسة الوسط البيئي قبل إقرار عملية الاستثمار ثم تقييم آثار المشاريع أو أساليب استثمار الموارد البيئية في الوسط البيئي ، و وضع البدائل قبل إقرار عملية الاستثمار .

9-1- مفهوم التلوث و المشكلة البيئية :

يمكن تعريف التلوث (Pollution) : بأنه كل تغير كمي أو كيميائي في مكونات البيئة الحية و غير الحية لا تقدر الأنظمة البيئية على استيعابه دون خلل .
أما الملوثات (Pollutants) : فهي المواد أو الجراثيم أو الطاقة التي تلحق الأذى بالإنسان و تسبب له الأمراض أو تؤدي به إلى الهلاك . و تسبب الملوثات المائية والهوائية و ملوثات التربة و الغذاء في كثير من الحالات أمراضاً بيئية مختلفة للإنسان مثل الملاريا و الكوليرا و الزحار و حمى التيفود و التي تسببها الإدارة السيئة للمياه و المياه العادمة و النفايات الصلبة كما هو الحال في بعض دول العالم النامي . و قد تخلصت الدول المتقدمة من هذه الأمراض البيئية و لكنها تعاني من أمراض بيئية مستعصية مثل أمراض الجهاز التنفسي و الحساسية و السرطان . و تصنف الملوثات إلى:

- ١- ملوثات عضوية قابلة للتحلل ، تتحلل في الطبيعة إلى مواردها الأولية، مثل السكريات و البروتينات و غيرها من المواد الطبيعية .
- ٢- ملوثات عضوية لها قدرة عالية على الثبات لا تتحلل في البيئة لفترة زمنية طويلة، مثل المبيدات الهيدروكربونية الكلورية . و كلما كانت الملوثات سهلة التحلل إلى موادها الأولية كان ضررها أقل و العكس صحيح أيضاً .
- ٣- العناصر السامة : مثل العناصر الثقيلة و التي لا تتحلل .
- ٤- كائنات حية تسبب الأمراض Pathogens للإنسان و الحيوان .

٥- ملوثات فيزيائية : تشمل الملوثات الإشعاعية و المجال

الكهرمغناطيسي و الحرارية و الضجيج .

و أفضل الطرق للحد من مشكلة التلوث هو تقليل انبعاث الملوثات من مصدرها ، و للحد من انبعاث الملوثات بأنواعها المختلفة يوجد خمس طرق رئيسة للسيطرة المركزية على مدخلات التلوث (غرابية والفرحان ، ٢٠٠٢) :

- الحد من الانفجار السكاني العالمي .
- الحد من إنتاج النفايات وإعادة الاستعادة منها .
- ترشيد استهلاك الطاقة .
- رفع كفاءة الأجهزة للاستفادة من الطاقة .
- التحول إلى مصادر الطاقة المتجددة .

و في الوقت الحاضر يواجه العالم مشاكل بيئية مثل تلوث الهواء و الماء و التربة وبالتالي تلوث السلاسل الغذائية إضافة إلى احتمال تدمير حزام الأوزون و حدوث ظاهرة البيت الزجاجي ، و انقراض أنواع عديدة من النباتات والحيوانات و غير ذلك من مشكلات ، و لذلك لا بد من إيجاد الحلول المناسبة للحد من التلوث لتصبح حياة الإنسان مستقرة وآمنة .

يستعمل الإنسان المواد الكيميائية في معظم شؤون حياته ، مثل صناعة المبيدات و الأدوية و مواد التجميل و الأنسجة الصناعية و الألوان و البلاستيك و المعادن و كذلك الصناعات الغذائية . حيث يعرف اليوم حوالي / ٤ / ملايين مادة كيميائية يضاف إليها سنوياً ٧٠٠-١٠٠٠ مادة جديدة ، و لكن يستعمل منها فقط / ٧٠ / ألف ، و هذا ما يؤدي إلى تفاقم مشكلة التلوث الكيميائي في العالم . و من المتوقع أن تحتوي هذه المجموعة الهائلة من المواد الكيميائية مركبات خطيرة ، لاسيما أن معظم الكيميائيات المستعملة تتسرب في البيئة و تلوثها . و للحد من خطورة استعمال المواد الكيميائية ، تقوم العديد من دول العالم اليوم بإجراء الفحوصات و جمع المعلومات قبل السماح باستعمال أية مادة كيميائية جديدة .

مما سبق يمكننا القول بأن المشكلة البيئية توصف بمظاهرها و أسبابها :

أ- مظاهر المشكلة البيئية :

- ١- استنزاف الموارد البيئية (الماء - المعادن - التربة) .
- ٢- التلوث البيئي : يتضمن تلوث الهواء و تلوث الماء و تلوث التربة .

٣- اختلال التوازن البيئي :ينتج عن الإحترار العالمي وتهتك الأوزون .

ب- أسباب المشكلة البيئية : تكمن الأسباب في الفكر البيئي . وفيما يلي

توضيح لأسباب نشوء المشكلة البيئية.

إن الفكر البيئي لم يتناول بالبيان أسباب المشكلة البيئية على أنها عنصر مستقل، و إنما تناولها من خلال عناصر أخرى تتعلق بعناصر المشكلة أو بطرق علاجها . و لذلك فقد جاء بيان تلك الأسباب بياناً عرضياً و سطحياً في الغالب لم يتجاوز الأسباب المباشرة القريبة إلى الأسباب الأساسية البعيدة ، و لم يتعد الأسباب الثانوية إلى الأسباب الأصلية الحقيقية .

لقد قامت في التاريخ حضارات إنسانية كثيرة ، تعامل فيها الإنسان مع البيئة تعاملأ عميقاً واسعاً ، و أنجز من تعامله ذلك منجزات مشهودة ، و لكن لم يصاحب تلك الحضارات و لم ينشأ عنها أزمة بيئية تسبب فيها الإنسان كهذه الأزمة التي نشأت عن الحضارة المعاصرة ، فلماذا انفردت الحضارة المعاصرة بهذه المشكلة البيئية من دون سائر الحضارات السابقة ؟

قيل في ذلك إن الإنسان في الحضارة الحديثة بلغ من العلم و التقنية ما استطاع به أن يسخر من مرافق الكون بطريق الاستثمار التصنيعي ما لم تبلغه أية حضارة سابقة ، فكان ذلك سبباً طبيعياً في حدوث مشاكل البيئة من شأنها أن تحدث تبعاً لكل استثمار لمقدرات الطبيعة إذا ما بلغ هذا الحجم الذي بلغه الإنسان في الحضارة الحديثة ، فكأن هذه المشاكل إذن أمر حتمي يفرضه التطور فيكون لازمة من لوازم التقدم في استثمار الكون ، ويعرف هذا الاتجاه في التفسير الحتمي لأسباب المشكلة البيئية بالحمية الحضارية (الحفار ، ١٩٨٥) .

و قيل إن من أكبر أسباب المشكلة البيئية هو الوضع السكاني على وجه الأرض ، فقد شهد هذا الوضع تكاثراً متصاعداً في أعداد السكان ، كما شهد تكديساً شديداً للناس في مناطق من الأرض دون أخرى هي في الغالب المناطق الحضرية في المدن و حولها ، و هذه الكثرة المتصاعدة من الناس أفضت إلى استنزاف متصاعد لموارد البيئة ، كما أنها مع ظاهرة التكدس أفضت إلى تراكم الفضلات المختلفة التي سببت التلوث البيئي على مستويات متعددة ، و يحظى هذا السبب بتأييد كبير في الفكر البيئي (حاتوغ ، ١٩٩٦) .

و من التفسيرات الواردة في أسباب هذه الأزمة خطأ الإنسان في تقدير القانون الاقتصادي الذي أصبح منذ زمن هو الموجه الأكبر لمسيرة الحياة الإنسانية ، و يتمثل ذلك الخطأ في إهمال المقدرات البيئية من حسابات التكلفة الاقتصادية . فهذه المقدرات لم تكن في الفكر الاقتصادي يتم استنزافها من قيمة التكلفة ليكون لها اعتبار اقتصادي ، و ذلك باعتبارها عطاء مجانياً غير محسوب ، وقد أدى هذا الخلل في القانون الاقتصادي إلى استنزاف موارد

البيئة بغير حساب إذ هي خارج نطاق التكلفة ، و هو ما أدى بالتالي إلى تفاقم المشكلة البيئية في وجوهها المختلفة (آل قور ، ١٩٩٤ ، و بيليت ، ١٩٩٤) .

و مما قيل من تلك التفسيرات أن الإنسان وجه جهده التكنولوجي إلى ما فيه استثمار للبيئة في مرافقها المختلفة ، فبرع في ذلك براعة فائقة ، و لكنه غفل عن أن يوجه جهداً تكنولوجياً موازياً لمعالجة الآثار السلبية التي يفضي إليها ذلك الاستثمار و المتمثلة بالأخص في التلوث البيئي ، و نتيجة للتقدم التكنولوجي بالنسبة للاستثمار و التخلف فيه بالنسبة لتلافي آثاره السلبية تفاقم تلك الآثار دون أن تستطيع التكنولوجيا مجاراتها حتى عندما أراد الإنسان ذلك ، و انتهى الأمر إلى استفحال المشكلة البيئية ، ولو قدر أن الإنسان وازى منذ البداية بين تكنولوجيا الاستثمار و تكنولوجيا التوقي من آثاره السلبية ما كانت لتحدث الأزمة البيئية الراهنة ، أو على الأقل ما كانت لتصل إلى الحجم الذي وصلت إليه (آل قور ، ١٩٩٤) .

إلا أن هذه الأسباب كلها و غيرها مما هو مشابه لها يبدو أنها بالرغم مما ينطوي عليه بعضها من الواجهة لم تعد في الفكر البيئي أسباباً كافية للإقناع منذ بعض الزمن ، و تحت إلحاح التناقض للأزمة البيئية وقع التوجه للبحث عن أسباب أخرى أكثر عمقاً من تلك التي ظلت تُردد زمناً طويلاً ، ولذلك فقد ظهر اتجاه جديد في البحث عن أسباب المشكلة البيئية يعمد إلى البحث عنها في العلاقة الروحية بين الإنسان و البيئية ، بدلاً مما كان مألوفاً من البحث عنها في العلاقة المادية بينهما ، و بذلك انفتح مجال جديد لتقدير تلك الأسباب هو المجال الثقافي بعدما كان ذلك التقدير منحصراً في المجال المادي.

و قد ظهرت بذور هذا الاتجاه عند نقاد الحضارة الغربية من فلاسفة الحضارة أمثال اشفيتسر ولكونت دي نوي و ألكسيس كارل ورني دبو و أمثالهم ، ثم تأثر به بعد ذلك الفكر البيئي ، و جعلت مقولة السبب الثقافي لأزمة البيئة تتردد عند الكثير من الباحثين و المؤلفين فيه ، و لعلها قد بلغت أوجها عند آل قور في كتابه " الأرض في الميزان " حينما وجه مجمل فكره في هذا الكتاب إلى اعتبار أن السبب الأصلي في الأزمة البيئية هو التصور الفكري الثقافي الذي حمله إنسان الحضارة الحديثة عن البيئة، وأن معالجة حقيقة لا تتحقق إلا بتغيير فكري ثقافي عميق لهذا التصور الثقافي ، و من بين ما عبر به عن فكرته تلك قوله : " إن نوعنا الحي تعود على النمو و الازدهار داخل رحم الحياة المحكم القائم على مفهوم الاعتماد المشترك ، و لكننا اخترنا أن نخرج من الجنة [بتصور أنفسنا منفصلين عن كوكب الأرض] . و ما لم نعثر على طريقة غير بها على نحو جذري حضارتنا و طريقتنا في التفكير فيما يتعلق بالعلاقة بين الجنس البشري و كوكب الأرض فإن أولادنا سيرثون أرضاً خراباً (آل قور ، ١٩٩٤) .

إن النوع الأول من الأسباب هو نوع بالرغم مما تتضمنه بعض نماذج من بعض الوجاهة، إلا أنه في مجمله يتصف بقدر غير يسير من السطحية التي كان بها يمس الظواهر و لا ينفذ إلى الأعماق ، و يحصر العلاقة بين الإنسان و البيئة في بعدها المادي فحسب ، و معظم الأسباب التي ذكرت من ذلك النوع إنما هي نتائج لأسباب قبلها و ليست أسباباً أصلية في ذاتها ، و لذلك فهي تظل هي بدورها محل أسئلة تتطلب أجوبة ، و لم ترق إلى أن تكون في ذاتها جواباً ، فلماذا لم يطور الإنسان التكنولوجيا الوقائية بموازاة تطويره للتكنولوجيا الاستثمارية ؟ و لماذا لم يحتسب الفكر الاقتصادي استهلاك المقدرات البيئية ضمن قيمة التكلفة ؟ و هل المشكلة البيئية حتمية حضارية لا مفر منها إذا مارس الإنسان على الأرض حضارة متطورة ؟ إنها أسئلة تبين كلها عن الطابع السطحي المحدود لتلك الأسباب .

و أما النوع الثاني من الأسباب ، و هي تلك التي تتدرج في المجال الثقافي فيبدو أنها أكثر عمقاً من الأولى ، و يمكن أن تعتبر المدخل الأوفق لتقدير أسباب مشكلة البيئة ، و تقدير حلولها تبعاً لذلك ، فالإنسان إنما يتصرف في الطبيعة وفقاً لتصوره لحقيقتها و حقيقة علاقته بها فيما إذا كانت تلك العلاقة مجرد علاقة مادية آلية ، أو هي علاقة ذات بعد وجداني روحي ، و من منطلق ذلك التصور تتحدد كيفية التعامل معها ، و تتحدد بالتالي نوعية آثاره فيها ، و الأزمة البيئية الراهنة إنما كانت بحق نتيجة لتصور إنسان الحضارة الراهنة للبيئة تصوراً مادياً صرفاً كانت فيه تلك البيئة مجرد مخزن للبضائع يغترف منه ذلك الإنسان ما يشبع شرهه المادي في شعور إزاءها تشوبه في الغالب روح الاستنقاص و العداة .

إلا أن الفكر البيئي الذي بدأت بوادر توجهه إلى هذا النوع من الأسباب لم تتضح فيه الآراء بعد ، و لم يتجاوز أمره حد التوجه العام إلى تفصيل الأفكار و توضيحها ، و أغلب من تناول هذا النوع من الأسباب بالبيان إنما وقف عند حد النداء بتغيير الوجهة في البحث عن الأسباب و بالتالي في البحث عن الحلول دون شروع حقيقي في تفصيل الخطوط التي تقتضيها تلك الوجهة ، و الكلمة التي أوردناها آنفاً عن آل قور - و هو من أكبر المتحمسين لهذه الوجهة الجديدة تبين عن هذا المعنى خير بيان .

و يعتقد أن هذا الفكر البيئي و هو سليل الفكر المادي في عمومته سوف لن تكون له القدرة على التفصيل في هذا السبب الثقافي لأزمة البيئة ، و لا القدرة بالتالي على تفصيل الحلول لهذه الأزمة من منظور ثقافي ، ففاقد الشيء لا يعطيه ، و هنا يأتي دور الدين و الفلسفة الروحية في التوجيه إلى الكشف عن أسباب الأزمة البيئية في الخلل الثقافي الذي أصاب العلاقة بين الإنسان و البيئة ، و التوجيه إلى حلول لتلك الأزمة تقوم على إصلاح الخلل في تلك العلاقة . حيث انتهى آل قور في كتابه الأرض في لميزان إلى أن الفكر الفلسفي المادي الذي

انبتت عليه الحضارة الحديثة هو الذي أدى إلى الأزمة البيئية ، وأن الحل لهذه الأزمة أصبح موكولاً إلى حد كبير للأديان والفلسفات الروحية، وضمن ذلك في فصل عنوانه " نزعة بيئية نابغة من الروح " (النجار، ١٩٩٩) .

إذن أصبحت مشكلات البيئة تهدد الحياة النباتية و الحيوانية و حياة الإنسان نفسه ، و نظراً لارتباط الحياة البشرية بعوامل البيئة المحيطة و انطلاقاً من ضرورات التنمية المستدامة و استغلال مصادر البيئة استغلالاً رشيداً ، فإنه من الضروري وقف التدهور البيئي و إصلاح ما أفسده الإنسان خلال الفترات السابقة و من الضروري أيضاً التخطيط العلمي السليم لاستغلال مصادر البيئة بشكل يؤمن استمرار عمل النظم البيئية الطبيعية .

إن الكثير من اتجاهات التنمية الحالية تؤدي إلى إفقار أعداد متزايدة من الناس و تؤدي في الوقت نفسه إلى تدهور البيئة (التصحر و تدهور الغابات و تلوث الماء و الهواء) ، إذ كيف يمكن لهذه التنمية أن تخدم عالم هذا القرن الذي ستتضاعف فيه أعداد الناس الذين يعتمدون على البيئة نفسها .

لذا فإن تجنب مشكلات البيئة و التنمية يتطلب مساراً جديداً للتنمية و هو التنمية المستدامة التي تلبي حاجات الحاضر دون المساومة على قدرة الأجيال المقبلة على تلبية احتياجاتها، كما ينبغي أن تدخل الاقتصاديات و البيئة بصورة مترابطة في عمليات صنع القرار و سن القوانين ، ليس بهدف حماية البيئة فحسب بل لحماية التنمية و تعزيزها ، ذلك أن التنمية و البيئة مرتبطتان بصورة متساوية في تحسين مستقبل الإنسان . كما تتطلب التنمية المستدامة مدخلاً جديداً تتوجه الشعوب عن طريقه نحو نمط من التنمية يجمع بين الإنتاج و حماية الموارد البيئية و تعزيزها . و إن هذا التوجه مطلوب في بلادنا أكثر منه في البلدان الأخرى نظراً لأن الموارد الطبيعية في بلادنا أكثر منه في البلدان الأخرى نظراً لأن الموارد الطبيعية في بلادنا تعرضت لفترة طويلة من الاستغلال غير المنظم الذي ينتج عنه تدمير الجزء الأعظم من الغابات و المراعي الطبيعية و انقراض كثير من الأنواع الحيوانية و انخفاض أعدادها انخفاضاً كبيراً .

٩-٢- التلوث بالنفايات الصلبة (solid waste refuse):

إن ازدياد عدد السكان و ارتفاع مستوى المعيشة و التقدم الصناعي والزراعي وعدم اتباع الطرق الملائمة في جمع النفايات الصلبة ونقلها ومعالجتها أدى إلى زيادة كمية النفايات بصورة كبيرة ، وبالتالي تلوث عناصر البيئة من أرض و هواء و ماء و استنزاف المصادر الطبيعية في مناطق عديدة من العالم . وقد أصبحت اليوم إدارة النفايات الصلبة في جميع دول العالم من الأمور الحيوية للمحافظة على الصحة و السلامة العامة .

وتهدف إدارة النفايات الصلبة إلى إزالة المواد المتعفنة من المناطق السكنية و الصناعية لمنع انتشار الأوبئة و الأمراض و إعطاء المنطقة منظراً حضارياً بالإضافة إلى معالجة النفايات بطريقة مقبولة . و تشمل إدارة النفايات الصلبة جميع عمليات جمع النفايات و نقلها و معالجتها و التخلص منها بأعلى كفاءة و أقل تكلفة .

مصادر النفايات الصلبة : تصنف النفايات الصلبة حسب مصدرها إلى : نفايات

منزلية ونفايات تجارية ونفايات صناعية ونفايات إنشاءات . و تصنف حسب طبيعتها إلى :

-نفايات عضوية و غير عضوية

-نفايات قابلة للتعفن و غير قابلة للتعفن .

-نفايات قابلة للحرق و غير قابلة للحرق .

٩-٢-١ النفايات الصلبة المنزلية: Domestic solid waste

يقصد بالنفايات الصلبة المنزلية المخلفات الناجمة عن المنازل و المطاعم (نفايات المطابخ Garbage) و الفنادق ونفايات الشوارع Street refuse والنفايات التجارية Rubbish و نفايات محطة معالجة المياه العادمة التي تحجزها المصافي عند دخول المياه العادمة إلى المحطة . و يضاف للنفايات الصلبة المنزلية النفايات الصلبة الصناعية و التي تكون مكوناتها متشابهة لمكونات النفايات الصلبة المنزلية ، ويمكن جمعها و نقلها و معالجتها مع النفايات الصلبة المنزلية دون أن تشكل خطراً على الصحة و السلامة العامة .

هذا وقد أصبحت اليوم النفايات المنزلية تسبب خطراً على البيئة بسبب دخول نفايات سامة إلى هذه النفايات بالإضافة إلى تزايد حجم النفايات المنزلية باستمرار . وتختلف كمية النفايات الصلبة المنزلية من مكان إلى آخر حسب الكثافة السكانية و ارتفاع مستوى المعيشة و الوعي البيئي و الفصل من السنة إذ غالباً ما تصل كميات النفايات أقصاها في فصل الصيف حيث تكثر الخضراوات و الفواكه و غيرها .

وعموماً لا تشكل النفايات الصلبة المنزلية مشاكل عملية إذ يمكن جمعها و نقلها و معالجتها بكفاءة عالية جداً ، و دون إحداث أضرار بالصحة و السلامة العامة ، هذا ويجب التخلص من النفايات الصلبة المنزلية بسرعة و ذلك لوجود مواد عضوية تتعفن بسرعة ، و تتصاعد منها روائح كريهة ، و تسبب تكاثر الحشرات و القوارض

٩-٢-٢ النفايات الصناعية و الخطرة

:Industrial and Hazardous Waste

تتعدد الأنشطة الصناعية في الدول ، و ينتج عنها مخلفات و فضلات مثل النفايات الصلبة الصناعية و المياه العادمة و الملوثات الغازية و الملوثات الإشعاعية و الملوثات الحرارية و الضجيج . و تختلف نوعية النفايات الصناعية و كميتها باختلاف نوعية الصناعة و

طريقة الإنتاج. إذ يمكن للصناعة المتطورة أن تقلل من كمية النفايات الناتجة عنها و ذلك عن طريق إعادة الاستفادة بأكبر قدر ممكن من النفايات و اتباع الطرق الحديثة في التصنيع مما يؤدي إلى توفير في استهلاك مصادر الطاقة و الثروة و رفع الجدوى الاقتصادية للصناعة و لاسيما أن العالم الآن يواجه نقصاً متزايداً في العديد من المصادر الطبيعية .

و ينتج عن بعض الصناعات نفايات خطيرة Hazardous Waste على صحة و سلامة الإنسان و البيئة ، ويمكن تعريف النفايات الخطيرة بأنها " مواد صلبة أو غازية أو سائلة ذات صفات فيزيائية أو كيميائية أو حيوية تتطلب شروط خاصة لجمعها و نقلها و معالجتها من أجل حماية الصحة و السلامة العامة " و لذلك لا بد من جمعها و نقلها و معالجتها منفصلة عن النفايات الأخرى و بطرائق خاصة غير تلك المتبعة في جمع و نقل و معالجة النفايات الصلبة المنزلية . ويصل عدد المواد السامة و الخطيرة المعروفة في الوقت الحاضر آلاف عدة و هي آخذة بالزيادة يوماً بعد يوم .

كما لا بد أيضاً من الإشارة إلى أن النفايات المشعة Radioactive Waste تعد من أخطر أنواع النفايات على الصحة والسلامة العامة.

ومن الجدير بالذكر أن مشكلة التخلص من النفايات الخطر تعد من أهم المشكلات البيئية في الدول الصناعية حالياً . و يعود ذلك إلى أن العديد من الدول الصناعية أصبحت غير قادرة على التخلص من هذه النفايات بسبب الكلفة الباهظة و الخطورة العالية . ومن هذا المنطلق نجد أن العديد من الدول الصناعية على أتم الاستعداد لدفع مبالغ طائلة لدول العالم النامي التي توافق على التخلص من هذه النفايات في أراضيها .

٩-٢-٣ النفايات الصلبة الزراعية Agricultural solid waste

تشمل النفايات الصلبة الزراعية جميع النفايات أو المخلفات الناتجة عن جميع الأنشطة الزراعية و نفايات المسالخ و النفايات البلاستيكية الناتجة عن استعمال البلاستيك كمهاد Mulch لمنع نمو الأعشاب الضارة و الحد من فقد الماء ، بالإضافة إلى مخلفات البلاستيك الناتجة عن البيوت البلاستيكية الهالكة . و من أهم هذه النفايات روث الحيوانات و جيفها و بقايا الأعلاف و مخلفات حصاد النباتات . وتختلف كمية النفايات الزراعية و نوعيتها حسب نوع الزراعة و الطريقة المكثفة أو العمودية Intensive Agriculture التي تتبع في كثير من الدول يستغل كل متر من التربة الزراعية أو خطيرة تربية الحيوانات لزيادة كمية الإنتاج النباتي و الحيواني مما يؤدي إلى إنتاج كميات كبيرة من النفايات التي تتطلب المعالجة بسبب الروائح الكريهة المترتبة عليها ، و تلويث مصادر المياه .

و عموماً لا تشكل هذه النفايات الزراعية مشكلة بيئية إذا ما أعيدت إلى دورتها الطبيعية . ومن أهم تأثيرات النفايات الزراعية في البيئة ما يلي :

-الروائح الكريهة stench ، بسبب تراكم مخلفات الحيوانات و تحللها لا هوائياً

-مخاطر صحية ، خصوصاً عندما تمتزج مخلفات الحيوانات مع المخلفات

البشرية.

-تلوث المياه بالفضلات العضوية يؤدي إلى استنزاف الأوكسجين المذاب و

بالتالي موت الأسماك .

-حدوث ظاهرة الإثراء الغذائي .

٩-٢-٤ - النفايات الناجمة عن معالجة المياه العادمة

(الحمأة sludge) :

يقصد بالحمأة المواد الصلبة العضوية و غير العضوية الممزوجة بنسب عالية من المياه تنتج من معالجة المياه العادمة في محطات المعالجة ، علماً أن المواد الصلبة التي تفصل في محطة المعالجة في المصافي لا تعد من الحمأة بل من النفايات الصلبة .

و نظراً لأهمية الحمأة الناتجة من المياه العادمة المنزلية و التي تمتاز باحتوائها على جراثيم و فيروسات و طفيليات مسببة للأمراض و نسبة عالية من المواد العضوية ، و المغذيات النباتية و الحمأة الناتجة عن المياه العادمة الصناعية الناتجة عنها . و عموماً تتوقف كمية الحمأة نوعيتها حسب نوعية الصناعة الناتجة عنها . و عموماً تتوقف كمية الحمأة و نوعيتها على درجة كفاءة محطة المعالجة و نوع المياه العادمة و درجة تركيز الملوثات في المياه العادمة .

و تزداد أهمية الحمأة في العالم يوماً بعد يوم بسبب انتشار محطات معالجة المياه العادمة للحد من مشكلة تلوث المياه . و هناك دراسات عديدة حول إمكانية الاستعادة من الحمأة الناتجة عن المياه العادمة المنزلية و التي أثبتت جدوى استعمالها في زراعة الشعير و القمح و الفصة.

٩-٢-٥ - نفايات التعدين Mining Waste :

يقصد بنفايات التعدين الأثرية و الحجارة الحاوية على متبقيات خامات التعدين الناتجة عن عمليات الاستخراج و الاستخلاص و الطحن و المعالجة . و تعتمد خطورتها على نوعية

المواد الداخلة فيها ، و في حال وجود مواد سامة في أتربة المناجم فإن ذلك يؤدي إلى تلوث البيئة .

و تطالب قوانين معظم دول العالم شركات التعدين بإعادة منطقة التعدين إلى وضع قريب من الوضع الذي كان سائداً قبل بدء التعدين ، من حيث إعادة زراعة النباتات الطبيعية قدر الإمكان و عدم ترك المنطقة في حالة سيئة كما هي الحال في كثير من دول العالم النامي . لذلك تزال التربة التي تغطي الموقع الأصلي و تخزن لإعادتها بعد انتهاء عمليات التعدين و زراعة النباتات الأصلية فيها . و تضر عمليات التعدين في البيئة للأسباب التالية:

- تؤدي إزالة التربة إلى تدمير مواطن النباتات و الحيوانات التي تعيش فيها و عليها .

- عند تواجد التعدين تحت مستوى منسوب المياه الجوفية فإن ذلك يؤدي إلى تسرب هذه المياه و بالتالي هدرها أو تدميرها . كما أن إزالة التربة يؤدي إلى جعل المياه الجوفية دون حماية من التلوث و بالتالي تصبح المياه الجوفية عرضة للتلوث .

- تسهم عمليات الاستخراج و الاستخلاص و الطحن و النقل و المعالجة مساهمة فعالة في زيادة حدة التلوث الهوائي و الضوضائي في المنطقة .

- و في حالة تخزين الأتربة الناتجة عن عمليات التعدين بشكل غير سليم فإن ذلك يؤدي إلى مشكلات بيئية كتلوث الهواء و مصادر المياه و التربة و تدمير المنظر الجمالي للمنطقة.

٩-٢-٦ - نفايات الهدم و البناء

:Building and Demolition Wastes

و هي نفايات خاملة من مواد البناء مثل الرمال و الحجارة و لا تشكل خطراً على صحة الإنسان و سلامته ، و تنتج عن عمليات هدم و بناء المنشآت. و نظراً لعدم احتوائها على مواد ضارة في البيئة يمكن استعمالها في عمليات الردم المختلفة و فتح الطرق العامة ، و تسوية المنحدرات على جوانب الطرق و غيرها .

إن إدارة النفايات الصلبة هي المسؤولة عن تحديد أماكن التخلص من نفايات الإنشاءات و لا يسمح بإلقائها دون تخطيط مسبق لذلك . و هناك العديد من الشركات في الدول الصناعية أخذت تعيد الاستفادة من هذه المواد في عمليات البناء بعد فصلها و معالجتها.

٩-٢-٧- التخلص من النفايات الصلبة :

إن أول خطوة في إدارة النفايات الصلبة هي عملية جمع النفايات الصلبة بأنواعها المختلفة ، و تمثل عملية نقلها حلقة الوصل بين عملية الجمع و المعالجة. و تشمل عملية جمع النفايات جميع العمليات ابتداءً من إنتاج النفايات و جمعها ، و حتى تتم عملية نقلها إلى مكان المعالجة و يجب أن تتم عملية الجمع و النقل للنفايات دون إحداث روائح أو غبار أو ضوضاء أو تناثر للنفايات في الشوارع.

و من الجدير بالذكر أنه حسب معلومات البنك الدولي لعام ١٩٩٢ هناك ٣٠-٥٠% من النفايات تبقى في دول العالم النامي دون جمع ، حيث تتراكم هذه النفايات على الطرقات و المناطق المفتوحة بين المنازل و تسبب مشاكل صحية للسكان . و تعاني المناطق السكنية الفقيرة أكثر من غيرها بسبب نقص أو عدم توفر الخدمات . بالإضافة إلى ذلك يقوم بعض السكان في الأحياء الفقيرة ببناء منازلهم على حساب الشوارع و الطرقات الأمر الذي يحول هذه الشوارع و الطرقات إلى ممرات غير صالحة لدخول آليات إدارة النفايات الصلبة . إن بقاء النفايات دون جمع و نقل يؤدي إلى :

- إعطاء المنطقة مظهراً غير حضاري.
- تكاثر الحشرات و القوارض التي تنقل الأمراض.
- تلوث الهواء بسبب قيام السكان بحرق هذه النفايات بين المنازل.
- انتشار الرائحة الكريهة في المنطقة .
- يتعرض الأطفال أكثر من غيرهم للمخاطر الصحية بسبب اللعب بهذه النفايات .

تعد عملية النقل و الجمع مهمة للمحافظة على الصحة و السلامة العامة في المدن الصغيرة و الكبيرة على حد سواء ، لذلك تحاول إدارة النفايات الصلبة دائماً اتباع الطرائق الاقتصادية و الصحية لإنجاز هذه العمليات .

و تتم عملية جمع النفايات الصلبة من المناطق السكنية و التجارية و الصناعية معاً إذا كانت مكونات نفايات المناطق التجارية و الصناعية مشابهة للنفايات المنزلية و لا تحتوي على مواد ضارة أو خطيرة . و في حالة تواجد مواد صلبة و خطيرة لا يسمح لها بالجمع و النقل و المعالجة مع النفايات الصلبة المنزلية ، فإنها تجمع و تنقل على انفراد و تحت شروط معينة .

تستعمل أساليب عدة لجمع النفايات المنزلية كما في الأردن و سوريا و معظم البلاد العربية ، حيث يقوم عامل التنظيفات بجمع النفايات في أكياس بلاستيكية ، أو صفائح معدنية مفتوحة من المنازل إلى أماكن تجميع مؤقتة بين الأحياء السكنية في المدن و من ثم تقوم عربات نقل النفايات بنقلها إلى أماكن التخلص منها .

تسود طريقة الجمع المنفصل للنفايات في بعض المدن التي يتمتع قاطنوها بدرجة عالية من الوعي البيئي ، حيث يجمع الورق ، و المعادن ، و البلاستيك و غيرها من المواد منفصلة عن بعضها ، و هنا تقوم مؤسسات خاصة أو رسمية بجمع هذه المواد لإعادة الاستفادة منها ، و في بعض الحالات يتم وضع المواد القابلة لإعادة الاستفادة في حاويات خاصة و في مكان عام، فعلى سبيل المثال تتم عملية جمع الزجاج بصورة منفصلة بحيث توضع الحاويات الخاصة بهذا الغرض في أماكن مختلفة من المدينة و من ثم يتم جمعها . و تتطلب هذه الطريقة أن يكون المواطن على درجة عالية من الوعي البيئي لضمان نجاحها و التي تعد خطوة جيدة على طريق الحد من التلوث و ذلك بالتقليل من كمية النفايات الصلبة و استهلاك الطاقة و استنزاف المادة الطبيعية .

و من طرق جمع النفايات الصلبة الجديرة بالذكر طريقة الحاوية الخضراء Green dustbin حيث يزود كل منزل أو عائلة بحاويتين للنفايات الأولى لجمع المواد العضوية التي يمكن استعمالها في إنتاج الدهان Compost و الثانية الخضراء لجمع النفايات الجافة حيث يتم فرز النفايات (ورق ، كرتون ، بلاستيك ... الخ) في محطات خاصة ثم تجهز لبيعها . و لعل من أهم إيجابيات هذه الطريقة ما يلي :

- تحتاج إلى استثمار قليل من أجل إنشاء النظام و تشغيله .
- يمكن تطبيق هذه الطريقة بسهولة .
- الحد من كمية النفايات الواجب التخلص منها و الحد من التلوث البيئي .

هذا و تبدأ عملية جمع النفايات في أماكن إنتاجها كالمصانع و المساكن ، إذ يقوم منتجو النفايات بعملية جمع أولية في حاويات مخصصة للجمع ، و تكون هذه الحاويات بأحجام مختلفة و ذات زوايا مستديرة (غير حادة) لمنع تراكم النفايات في الزوايا و يسهل تفرغها و تنظيفها و إغلاقها لمنع وصول الحشرات و القوارض إلى محتوياتها . و يراعى أن تكون الحاويات بمختلف أحجامها ذات مواصفات موحدة تمكن عربات جمع النفايات الصلبة بالإضافة إلى المحافظة على صحة و سلامة عمال جمع النفايات .

و بشكل عام توجد ثلاثة أساليب رئيسية لجمع النفايات الصلبة و هي:

١- طريقة التفرغ المباشر : و هي أكثر الطرق انتشاراً على الإطلاق في جميع أنحاء العالم حيث يتم تفرغ الحاوية في عربة النقل و من ثم تعاد الحاوية إلى مكانها. و تقدر سعة الحاوية بحوالي (١١٠ لترات) . وتصنع من البلاستيك المقوى بمواصفات موحدة لتسهيل عملية تفرغها ، و تخفيف وزن الحاويات ، والحد من التلوث بالضجيج الناتج عن تفرغ الحاويات المعدنية و تحريكها . وقد مكنت التطورات التقنية في صناعة البلاستيك في الوقت الحاضر من إنتاج حاويات بلاستيكية مقاومة للكسر الحريق.

٢- طريقة تبديل الحاوية المعبأة بالنفايات بحاوية خالية و هذه الحاويات تكون كبيرة ذات سعة تتراوح ما بين ٣.٥-٤ م^٣ و مجهزة أحياناً بجهاز لضغط النفايات ، و تستعمل هذه النوعية من الحاويات في بعض التجمعات السكانية الفقيرة و غير المنظمة وفي المصانع.

٣- طريقة الأكياس الورقية و البلاستيكية : و هي ذات أحجام مختلفة لا تزيد سعتها عن / ١٠٠ / لتر . و أشهر الدول التي تستعملها هي هولندا و السويد و الأردن و لا ينصح باستعمال هذه الطريقة لأن الأكياس تكون عرضة للتمزق بسهولة بواسطة المواد الصلبة ، كما أن الحيوانات و الأطفال يمزقون الأكياس و يبعثرون النفايات مما يؤدي إلى تكاثر الحشرات و القوارض و يعطي المنطقة منظرًا غير حضاري ، و تتم عملية نقل النفايات الصلبة بواسطة عربات نقل مخصصة لهذا الغرض بحيث يتم تفرغ الحاويات دون إحداث ضوضاء، أو تطاير للغبار و الأوراق.

٩-٢-٨- الإدارة المتكاملة للنفايات:

من الممكن حل مشكلة النفايات إلى أبعد الحدود ، و جعلها مصدر ثروة تسهم في دعم الاقتصاد الوطني ، و تأمين فرص عمل ، و الحد من استيراد بعض أنواع المواد الخام و مكافحة التلوث ، و ذلك بإتباع أسلوب الإدارة المتكاملة للنفايات . و تعتمد الإدارة المتكاملة للنفايات على ما يلي :

الحد من إنتاج النفايات و يتطلب ذلك المشاركة الواسعة و الفعالة من المجتمع ككل . فالصناعة يمكن أن تسهم في الحد من إنتاج النفايات عن طريق تصنيع سلع يمكن أن تخدم المستهلك مدة طويلة و تصنيع سلع قابلة للتدوير و غير ذلك من الإجراءات . و يمكن للدولة أن تسهم في الحد من إنتاج النفايات من خلال قوانين تلزم المصنع أو المنتج بأن يستعيد من

المستهلك مواد التغليف . و هذا القانون سيؤدي إلى خفض كميات النفايات الصلبة ، لاسيما و أن الصناعات يمكنها أن تطور تصاميم أفضل لمنتجاتها التي يمكن أن تعبأ بها بشكل أفضل . كما يمكن للدولة أن تخفف الضرائب عن الصناعات التي تقلل من إنتاج النفايات بالإضافة إلى تطوير برامج تربية تساعد المستهلك على اتخاذ قرارات ذكية فيما يتعلق بالمشتريات . و يمكن للمواطن الواعي أيضاً أن يساهم في الحد من إنتاج النفايات من خلال تغيير عاداته الاستهلاكية والتوجه إلى الصناعات النظيفة (Clean Technologies) مما يجبر الصناعات على تطوير سلع نظيفة (Clean Products) من خلال ما يعرف بملصق السلع النظيفة (Clean Product Label) .

الجمع المنفصل للنفايات (Separate Collection) ، حيث يتم فرز النفايات حسب نوعيتها ، و قد تحدثنا عن هذا الموضوع .
إعادة الاستفادة من النفايات و قد تطرقنا إلى هذا النوع .
المعالجة و التخلص من النفايات التي لا يمكن الاستفادة منها بطرق الحرق أو الطمر أو غير ذلك .

البحث و التطوير لإيجاد طرق و تقنيات جديدة للوصول إلى بيئة نظيفة مستدامة .
التدريب باستمرار لرفع كفاءة العاملين في الإدارة المتكاملة للنفايات .

٩-٣- تلوث المياه :

الماء هو مادة الحياة ، و سيد الشراب ، و أحد أركان العالم ، بل ركنه الأصلي : فإن السموات خلقت من بخاره ، و الأرض من زبده ، و قد جعل الله منه كل شيء حي . يعد الماء من أهم المصادر الطبيعية على كوكب الأرض ، حيث تزداد الحاجة للمياه كماً و نوعاً لمختلف الاستعمالات على نطاق عالمي يوماً بعد يوم بسبب زيادة عدد سكان العالم و ارتفاع مستوى المعيشة و انتشار الصناعة و زيادة الرقعة الزراعية المرورية إلى غير ذلك . كذلك يعد معدل استهلاك الفرد للمياه في الوقت الحاضر مؤشراً على مستوى حياة الفرد ، و يستهلك مواطن الدول المتقدمة كمية أكبر من المياه من مواطن الدول النامية . لذلك لا بد من الإدارة الحكيمة لمصادر المياه في جميع مراحلها للمساهمة في الوصول إلى بيئة نظيفة و قابلة للاستمرار .

تتميز المياه بخواص فيزيائية و كيميائية و حيوية تجعلها أهم مادة في الطبيعة بالنسبة لجميع أنواع الكائنات الحية . و يستعمل الماء في نقل الغذاء إلى الخلايا و الأنسجة و تصريف الفضلات . و المياه أيضاً وسط لحياة العديد من أنواع الكائنات الحية النباتية و الحيوانية و الدقيقة.

يعد تلوث الماء من أخطر أنواع التلوث عامةً ، لأن الماء جُعل منه كل شيء حي ، فهو يؤثر إذا ما لُوث في كل أشكال الحياة . و قد تعرض الماء للتلوث في كل أوضاعه و مواقعها ، سواء في صورته جارياً أو راكداً أو جليداً على وجه الأرض ، أو مخزوناً في باطنها ، أو بخاراً في الجو . و يمكن تصور المدى الخطير من التلوث الذي أصاب الماء تغلغلاً وسعة انتشار فيما وُجد من كميات كبيرة من المبيدات الكلورية في ثلوج القطب الشمالي .

و يُصاب الماء بالتلوث على أنحاء مختلفة متعددة . فالمياه العذبة المخصصة للاستعمال الإنساني تُلوث في المنازل حينما ترسل في المجاري و تختلط بأنواع كثيرة من الملوثات ثم تنتهي إلى الأنهار أو إلى البحار فتلوثها أيضاً ، كما تُلوث في المصانع حينما تُرسل منها مخلوطة بالنفايات الكيميائية و المعدنية و بدرجات عالية من الحرارة لتنتهي أيضاً إلى الأنهار و البحار فتزيدها تلوثاً .

و المياه الجوفية تنسرب إليها الأسمدة و المبيدات النباتية و الحشرية السامة ، و مياه الأنهار و البحار تلوث بالإضافة إلى ما يصلها من المجاري بالزيوت النفطية المفرغة فيها عمداً بأعمال الصيانة للسفن و المعامل أو غير عمد بالكوارث التي تتحطم فيها ناقلات البترول . و المياه المتبخرة الصاعدة إلى السماء يصيبها هناك التلوث بالأغبرة و الغازات السامة التي تلوث الهواء ، فإذا هي تنزل مياهاً ملوثة فيما يعرف بالأمطار الحمضية ، و هكذا يبدو أن التلوث يصيب المياه في كل أوضاعها و مواقعها .

و حينما تتلوث المياه فإن الحياة كلها تتعرض للأخطار ، فإن الإنسان في كثير من مناطق العالم يصاب بأمراض عديدة نتيجة المياه الملوثة التي يستعملها . و الحيوانات و خاصة البحرية منها تصاب بسبب التلوث المائي بكوارث تفقد فيها أعداد كبيرة منها بل تنقرض منها أنواع بأكملها . و النباتات تعاني هي أيضاً من هذا التلوث المائي ، و يصاب كثير منها بسببه بالانقراض أو بنقصان الإثمار .

٩-٣-١ - الأنشطة البشرية في الأحواض المائية :

الأنشطة البشرية في الأحواض المائية متعددة و يمكن التمييز بين ثلاثة أنواع من الأحواض المائية في العالم :

الأحواض المائية الطبيعية ، التي لم تعثرها أية تغييرات أو آثار للأنشطة البشرية ، و هذه نادرة جداً .

الأحواض المائية الزراعية، وهي التي يسودها النشاط الزراعي، وتسهم الزراعة المكثفة (Intensive Agriculture) في تدهور نوعية المياه بوسائل مختلفة، إذ تزيد عمليات تعرية التربة من الحمولة الرسوبية للمجاري النهرية، ويتم غسل الأسمدة والمبيدات وغيرها بالإضافة إلى فضلات الحيوانات من الأراضي الزراعية إلى مصادر المياه.

ج) الأحواض المائية التي تسودها الأنشطة الصناعية و المراكز العمرانية ، و نجد أن هذه الأحواض المائية تعاني من أكبر مصادر التلوث (المياه العادمة الصناعية و المياه العادمة المنزلية و النفايات الصلبة ... الخ) .

بالإضافة إلى ذلك هناك العديد من الأنشطة البشرية التي تؤثر سلباً في نوعية المياه المتاحة وكميتها، و لعل من أهم الأمثلة على ذلك :

أولاً- تغيير مجاري المياه :

يؤثر الإنسان في مجاري المياه الطبيعية من خلال مشاريعه الهندسية الضخمة مثل :

أ) بناء السدود و البحيرات الاصطناعية و الخزانات الضخمة ، و يعتقد أن أول سد بني في التاريخ كان في مصر قبل حوالي ٥٠٠٠ سنة ، و منذ ذلك اليوم و حتى يومنا هذا تحسنت تقنيات بناء السدود من أجل توفير مياه الري و الشرب و الحماية من الفيضانات و إنتاج الطاقة و توفير مصادر كافية للسكان من أجل الحياة و التطور . و يقدر عدد السدود التي تبنى سنوياً بحوالي ٧٠٠ سد في العالم ، و الاتجاه السائد هو بناء سدود ضخمة . فالسد العالي في مصر يحوي في بحيرة ناصر حوالي ١٥٧ بليون م^٣ .

و بالرغم من الفوائد الجمة لهذه السدود إلا أن هناك بعض السلبيات قد تجعل من فائدة بناء سدٍ ما أمراً مشكوكاً فيه و ذلك للأسباب التالية:

- تعد عمليات توليد الطاقة الكهربائية من الطاقة المائية المخزنة في السدود من العمليات الخطرة نظراً لأن السدود تحوي كميات كبيرة من المياه فعند انهدامها بواسطة الضغوط المرتفعة للمياه أو الزلازل أو التفجيرات العسكرية (حروب ، نشاطات إرهابية ... الخ)

، فإن هذه المياه ستتدفق بحيث يمكن أن تقتل أعداداً كبيرة من الناس و تقضي على أراضي منتجة .

- لا شك في أن غمر مساحة معينة من الأرض بالمياه يؤدي إلى القضاء على بعض أنواع النباتات و الحيوانات التي لا تستطيع مغادرة المنطقة .
- نظراً لحجم و مساحة المياه في السودان فإن ذلك قد يؤدي إلى تغيير مناخ المنطقة بسبب زيادة نسبة الرطوبة.

- للمياه المخزنة في السودان ضغط مرتفع على الصخور ، و في حالة كون المنطقة غير مستقرة جيولوجياً فإن ذلك قد يساهم في إحداث الزلازل في المنطقة .
- حدوث الأمراض التي تنتشر بواسطة المياه ، خصوصاً في دول العالم الثالث ، بسبب عدم اتباع الأساليب السليمة في حماية هذا المصدر المائي من التلوث .
ب) تبطين مجاري المياه ، و ينتج عن ذلك زيادة سرعة جريان المياه و بالتالي انخفاض مستوى منسوب المياه الجوفية . كما تتأثر أيضاً الكائنات الحية التي تعيش في هذه المياه بسبب زيادة سرعة المياه و القضاء على مواطن بعضها التي تعيش بين الصخور التي كانت موجودة في مجاري المياه الطبيعية .

ثانياً- تأثير الإنسان في منسوب البحيرات :

يهبط مستوى المياه في البحيرات لأسباب عديدة من أهمها التغيرات المناخية و الاستعمالات البشرية للمياه . كما يسهم الإنسان أيضاً عن طريق بناء السدود في تقليل كمية المياه التي تصل إلى البحيرات ، و لعل من أشهر الأمثلة على ذلك استغلال مياه نهر الأردن من قبل إسرائيل و بناء السدود الذي ساهم في انخفاض منسوب مياه البحر الميت .

ثالثاً- إزالة الغابات و تأثيرها على جريان الأنهار :

يسهم قطع الغابات في زيادة قوة السيول و إحداث الفيضانات و تعرية التربة . كما تتغير أيضاً كيميائية المياه الجارية بسبب وجود كمية كبيرة من المغذيات النباتية و التي تدور ضمن دورة المواد البيوجيوكيميائية ، لاسيما أن الأشجار عبارة عن مستودع ضخم لهذه المغذيات النباتية .

رابعاً- إحداث تغيرات في المياه الجوفية :

يعتمد العديد من دول العالم الثالث على المياه الجوفية لتأمين احتياجاتها من المياه . و إذا لم يكن استخراج المياه الجوفية بطريقة حكيمة ، فهناك مشاكل عديدة ستجم عن ذلك من

أهمها انخفاض مستوى منسوب المياه الجوفية. و عندما تكون خزانات المياه الجوفية بالقرب من مياه البحار أو من مياه جوفية مالحة فإن الضخ الجائر للمياه الجوفية العذبة سيؤدي إلى التناقص المستمر في كمية المياه العذبة التي تم ضخها . لذلك فإن الآبار التي كانت تنتج مياهاً عذبة في البداية تبدأ بإنتاج مياه مالحة تدريجياً مع تناقص مخزون المياه العذبة كما حدث في حوض الضليل في الأردن . كما يسهم الضخ الجائر للمياه الجوفية في الانخساف و تكون فجوات جوفية (Subsidence and Sink holes) . و الفجوات الجوفية عبارة عن فراغات و كهوف تحدث في الصخور القابلة للتجويف مثل الحجر الجيري نتيجة إذابة المياه الجوفية لبعض مكونات الصخور . و عندما تنتضب المياه الجوفية تفقد الضغط داخلها و تتحطم تحت تأثير ثقل الطبقات الصخرية فوقها . و تؤدي هذه العملية إلى تدمير مسامية الصخور و تقلل من قدراتها على خزن المياه. كما تؤدي هذه العملية أيضاً إلى الانخساف ، و قد يبلغ هذا الانخساف أو الهبوط عدة أمتار . و ينتج عن ذلك أضرار في المنشآت مثل التصدعات في الأبنية ، و في المناطق المنخفضة الساحلية يمكن أن يؤدي ذلك إلى إغراق هذه المنطقة .

خامساً- التجمعات السكانية و تأثيرها في المياه:

يساهم الزحف العمراني في تغطية مساحات واسعة من الأرض بالإنشاءات الإسمنتية و الطرقات و المطارات بالإسفلت ، مما يؤدي إلى التقليل من مساحة الأرض التي يمكن للمياه تغلغلها لتغذية المياه الجوفية ، خصوصاً في الخزانات المائية الجوفية المحصورة (Confined Aquifer) التي تتغذى من مناطق محدودة . أما في المناطق التي تكون فيها الخزانات المائية الجوفية غير محصورة (Unconfined Aquifer) فيكون الزحف العمراني أقل أهمية بالنسبة لتغذية المياه الجوفية بسبب اتساع مساحة منطقة التغذية . و للتجمعات السكانية تأثيرات سلبية في تلوث المياه و جريان المياه السطحي (Runoff) و زيادة استخراج المياه الجوفية و غير ذلك من الآثار السلبية.

٩-٣-٢ - مصادر تلوث المياه Source Of Water Pollution

تزداد الحاجة إلى المياه الصالحة للشرب و الاستعمال المنزلي و الزراعي و الصناعي و الاستجمام و توليد الطاقة على نطاق عالمي . و لكن تلوث مصادر المياه السطحية و الجوفية في معظم دول العالم أخذ يقلص من إمكانية استغلال مصادر المياه دون معالجة مكلفة .

يعرف تلوث المياه بأنه أية مخلفات من أي مصدر من المصادر يكون من شأنها التأثير في المياه و أوجه استخداماتها المختلفة أو أن تضر بصحة البيئة.

تدخل الملوثات إلى مصادر المياه السطحية ، سواء كان ذلك من أماكن ثابتة و محددة (Point Source Of Pollution) مثل مخارج محطات معالجة المياه العادمة التي تلقي بمياهها المعالجة في النهر أو البحيرة ، أم كان بدخول الملوثات إلى المياه من مناطق عديدة غير ثابتة (Non Point Source Of Pollution) مثل الجريان السطحي للمياه القادمة من الأراضي الزراعية (Agricultural Runoff) و المحملة بالعديد من الكيماويات الزراعية أم كان من الجريان السطحي للمياه القادمة من المناطق الحضرية (Urban Runoff) و المحملة بالعديد من أنواع الملوثات .

و يمكن تصنيف الملوثات التي تدخل إلى مصادر المياه السطحية إلى المجموعات التالية:

١ - المواد المستهلكة للأوكسجين المذاب في الماء (Oxygen Demanding

(Materials

يمكن القول : إن أية مادة يمكن أكسدتها في المياه تسمى مادة مستهلكة للأوكسجين و هذه المواد عبارة عن مواد عضوية قابلة للتحلل بالإضافة إلى بعض المواد غير العضوية . و كما نعلم فإن استنزاف الأوكسجين المذاب من المياه يؤدي إلى موت الأسماك و الكائنات الحية المائية الهوائية الأخرى خفياً . و تصبح هنا الكائنات الحية المحللة اللاهوائية هي السائدة ، و تحلل المواد العضوية لا هوائياً و تنتج عن ذلك غازات كبريتيد الهيدروجين و الأمونيا و الميثان ، و لغازي كبريتيد الهيدروجين و الأمونيا تأثير سام و رائحة كريهة ، و تصعد هذه الغازات إلى سطح الماء على شكل فقاعات هواء .

لذا يقاس تركيز الأوكسجين المذاب في المياه باستمرار ، لاسيما و أن تركيز الأوكسجين الذائب في المياه يشير إلى درجة تلوث المياه بالمواد العضوية القابلة للتحلل .

و فيما يلي نستعرض أهم المواد المستهلكة للأوكسجين المذاب في المياه :

أولاً- المياه العادمة Wastewater :

تعرف المياه العادمة بأنها المياه الناتجة عن أنشطة الإنسان في السكن و الصناعة و الزراعة و إفرازات الحيوانات . و تحتوي المياه العادمة حسب المصدر ملوثات عضوية و غير عضوية و جرثومية و إشعاعية و حرارية ، و تتواجد الملوثات العضوية و غير العضوية و

الجرثومية في المياه العادمة على شكل مواد قابلة للتسرب و مواد عالقة و مذابة على شكل غروي . و فيما يلي نستعرض أهم أنواع المياه العادمة :

- المياه العادمة المنزلية (Domestic Waste Water = Sewage) :

هي المياه الناتجة عن استعمالات المنازل و المؤسسات و المعامل أو المصانع التي تكون مياهها العادمة مشابهة للمياه العادمة المنزلية و يمكن معالجتها بالطريقة نفسها .

و تكون المياه العادمة المنزلية عكرة ذات لون مائل إلى الأصفر أو داكن و تحتوي على بقايا منظفات كيميائية و ورق صحي و غائط و بول ، و كميات هائلة من البكتيريا ، و الفطريات و الفيروسات و حيوانات وحيدة الخلية مثل البروتوزوا و حيوانات أكبر حجماً مثل النيماطودا و الحشرات . و يسبب بعض هذه الكائنات الحية الأمراض الخطيرة للإنسان .

و تحسب كمية المياه العادمة المنزلية (Hydraulic Load) وفق المعادلة التالية :

كمية المياه العادمة المنزلية = كمية المياه المستهلكة في الاستعمال المنزلي - كمية

المياه التي لا تدخل إلى المجاري العامة .

و عموماً يمكن أن يتحول ٨٠ % من المياه المستهلكة للاستعمال المنزلي إلى مياه عادمة أما في الدول النامية ذات المناخ الحار فإن النسبة تكون أقل من ذلك نظراً لتسرب كميات كبيرة من المياه من الشبكة قبل وصولها إلى المستهلك و ارتفاع معدلات التبخر .

و تعتمد كمية استهلاك المياه للفرد على عوامل عدة منها : ارتفاع مستوى معيشة

الفرد ، و مدى توفر المياه الجيدة و أسعار المياه و غيرها . هذا و تخضع كمية المياه العادمة المنزلية الواصلة إلى محطة المعالجة إلى ذبذبات خلال ساعات اليوم ، و ذبذبات يومية خلال الأسبوع ، و شهرية . ففي ساعات الصباح الباكر ، و حتى الساعة الخامسة صباحاً تقل كمية المياه العادمة ، ثم تبدأ بالتزايد من الساعة السادسة صباحاً و حتى الساعة الواحدة ظهراً ثم تبدأ بالتناقص تدريجياً . و في بداية الأسبوع تتجه ربات المنزل إلى أعمال الغسيل و التنظيف مما يؤدي إلى زيادة كمية المياه العادمة الناتجة . و في نهاية الأسبوع ، و العطل الرسمية يقل استعمال المياه و بالتالي يقل إنتاج المياه العادمة .

و عموماً تقل الذبذبات في إمدادات المياه العادمة كلما زاد عدد سكان المنطقة المشمولة

في محطة معالجة المياه العادمة .

هذا و يقل تركيز الملوثات في المياه العادمة كلما زاد استهلاك الفرد للمياه ، نظراً لأن

كمية الملوثات (الإفرازات البشرية) للفرد ثابتة تقريباً . علماً أن قسماً من المواد المذابة و غير المذابة في المياه العادمة يعود أصلاً إلى المياه المستعملة أصلاً .

- المياه العادمة الصناعية (Industrial Waste Water) :

تستعمل المياه في الصناعة كمادة خام أو مادة مساعدة في الإنتاج أو لأغراض التبريد . و تأخذ المصانع المياه إما من شبكة المياه العادمة أو من المياه الجوفية أو السطحية التابعة للمصنع . وبعد استعمال المياه تخرج على شكل مياه عادمة صناعية ، لذلك يمكن تعريف المياه العادمة الصناعية على أنها المياه الناتجة عن الاستعمالات الصناعية المختلفة و التي تحتوي حسب المصدر على مواد كيميائية ضارة و لا يسمح لها بأن تتقل و تعالج مع المياه العادمة المنزلية .

و عند مقارنة المياه العادمة الصناعية مع المياه العادمة المنزلية نجد أن المياه العادمة المنزلية تحتوي على ملوثات عضوية و غير عضوية و بنسب مختلفة و تكون غير متجانسة و سهلة المعالجة . في حين تكون المياه العادمة الصناعية أكثر تجانساً و تحتوي حسب المصدر على مواد سامة صعبة التحلل .

و لذلك يجب مراقبة المصانع المنتجة للمواد السامة و الضارة بدقة و أن لا يسمح لها بالتخلص من المياه العادمة في مصادر المياه أو المجاري العامة قبل أن تقوم هذه المصانع بمعالجة المياه العادمة الصناعية حسب المواصفات المعتمدة و ذلك للمحافظة على الصحة و السلامة العامة .

و تعتمد كمية استهلاك المياه في الصناعة و بالتالي معدلات إنتاج المياه العادمة على عدة عوامل من أهمها:

أ- نوعية الصناعة و كمية الإنتاج الصناعي ، حيث ينتج عن صناعة الحديد و الصلب ملوثات تختلف عن الملوثات الناتجة عن صناعة الألبان . و كلما زادت كمية الإنتاج الصناعي كلما زادت كمية المياه العادمة الناتجة.

ب- أساليب الإنتاج حيث ذلك أنه في الصناعة نفسها و لكن باتباع أساليب مختلفة في التصنيع يمكن أن ينتج كميات مختلفة من المياه العادمة.

ج- أسعار المياه و صرامة القوانين البيئية ، إذ كلما زادت صرامة القوانين البيئية و ارتفعت أسعار المياه ، كلما حاولت المصانع تقليل كمية المياه المستعملة و ذلك عن طريق إعادة الاستفادة من المياه العادمة قدر الإمكان.

- المياه العادمة الصناعية غير العضوية :

تنتج المياه العادمة غير العضوية عموماً من الكسارات ، والخلاطات الإسمنتية المركزية، والمقالع الحجرية، ومصانع الحديد والصلب، ومعامل معالجة المعادن (Galvanic Industrie) وغيرها من الصناعات الأخرى.

و تحتوي هذه المياه العادمة على نسب عالية من المواد الغروية و التي يمكن ترسيبها بواسطة المواد المخثرة مثل أملاح الحديد و الألمنيوم .

- المياه العادمة الصناعية العضوية :

تنتج المياه العادمة الصناعية العضوية من عدد من الصناعات كالصناعات الدوائية ، و مصانع الجلود ، و الدباغة ، و الأقمشة ، و الورق ، و مصافي البترول ، و غيرها ... و تختلف نوعية المواد العضوية الناتجة حسب نوعية الصناعة ، إذا أن بعض هذه المواد العضوية ضار و صعب التحلل ، و البعض الآخر أقل ضرراً و سهل التحلل .

: المياه العادمة الزراعية (Agricultural Waste Water)

تشمل المياه العادمة الزراعية المياه الناتجة عن الأنشطة الزراعية المختلفة ، خصوصاً المياه العادمة الناتجة عن الإنتاج الحيواني المكثف (Manure) . و هذه المياه العادمة عبارة عن المياه المستعملة في الإنتاج الحيواني مخلوطة مع بول و غائط الحيوانات.

و تحتوي المياه العادمة الزراعية على مواد عضوية سهلة التحلل و لا تشكل خطراً على البيئة عند اختيار الطريقة الملائمة لعمليات المعالجة مثل إعادة المواد إلى دورتها الطبيعية عن طريق استعمالها في الزراعة و الحراج ، و بذلك يمكن الاستفادة من المغذيات النباتية و المواد المحسنة للتربة المتواجدة في المياه العادمة الزراعية . و تجمع المياه العادمة الزراعية عادةً في حفر خاصة ثم تضح و تنشر على الأراضي الزراعية و الحراجية .

و نظراً لانتشار مزارع تربية الحيوانات المختلفة ، و تناقص مساحات الأراضي الزراعية التي يمكنها استيعاب المياه العادمة و وجود المياه الجوفية بالقرب من سطح التربة ، أصبحت المياه العادمة الزراعية تشكل عبئاً على البيئة و بخاصة في ريف الدول الصناعية . لذلك لا بد من معالجتها ، و عدم السماح لها بدخول المجاري العامة للمعالجة مع المياه العادمة المنزلية ، نظراً لعظم الملوثات العضوية (Biological Load) التي تحتويها ، و التي لا تتحملها محطة المعالجة إلا عندما تكون المحطة مصممة لتحمل هذا العبء .

و تجدر الإشارة أيضاً إلى المياه العادمة الزراعية الناتجة عن تصنيع العلف للحيوانات و ذلك عن طريق تخمير الذرة و ورق الشوندر السكري (Silage) .

و ينتج عن تخمير الطن الواحد من هذه النباتات حوالي ٤٥٠ لتر مياه عادمة تحتوي على تركيز عالٍ من المواد العضوية و الأحماض العضوية مثل حامض الخليك (Acetic)

(Acid) و حامض اللبن (Lactic Acid) بالإضافة إلى مركبات النيتروجين المختلفة. و يجب عدم السماح لهذه المياه العادمة بالتسرب إلى مصادر المياه .
و يبين الجدول (٩-١) تركيز المياه العادمة الزراعية الناتجة عن تخمير الذرة و الشوندر السكري .

جدول (٩-١) المياه العادمة الزراعية الناتجة عن تخمير الذرة أو أوراق الشوندر السكري

التركيز مقدراً بـ (غرام / لتر)	المادة
٨٠٠ - ٤٠	الأوكسجين المستهلك بيوكيميائياً) (BOD5
٢	النيتروجين الكلي (Total N)
٢	الفسفور الكلي (Total P)
٤	البوتاس (K)
٧-٤	الكلور (Cl)
٠.٦	السلفات (SO ₄)

بالإضافة إلى ذلك هناك العديد من الملوثات الزراعية الكيماوية من أسمدة و مبيدات و غيرها من الكيماويات التي تستعمل في الإنتاج الزراعي (Agrochemicals) التي تأتي من الأراضي الزراعية الواسعة ، و تدخل المياه السطحية ، خصوصاً في فصل الشتاء عند سقوط الأمطار و في فصل الربيع عندما ينصهر الجليد و تجري المياه على شكل مياه جارية .

ثانياً- مياه الأمطار و الجريان السطحي (Rainfall and Runoff) :

يعتقد الكثيرون أن مياه الأمطار نقية و لا تحتوي على ملوثات ، و لكن ذلك غير صحيح كلياً ، حيث أثبتت الفحوصات المخبرية أن مياه الأمطار في المناطق الصناعية تكون في الدقائق الأولى من سقوطها (خصوصاً عند انحباس المطر لفترة طويلة من الزمن) ملوثة بدرجة تساوي تلوث المياه العادمة المنزلية . و يبين الجدول (٩- ٢) درجة تركيز الملوثات في مياه الأمطار حسب بعض الباحثين :

جدول (٩- ٢) درجة تركيز بعض الملوثات في مياه الأمطار (مغ / لتر)

الملوثات	١	٢	٣
المواد القابلة للترشيح	٧	١٢.٥	٣.٥
الأوكسجين المستهلك كيميائياً	١٨.٦	٢٥.٦	-
الأمونيا	١.٢٦	١.٥٨	٠.٦
الفسفور الكلي	٠.١٠	٠.٢٦	٠.٠٣ ١
كادميوم	٠.٠٠٠ ٨	٠.٠٠١	٠.٠٠٠ ٣
كروم	٠.٠٠١ ٩	٠.٠٠٢	-

٠.٠٠٠ ٧	٠.٠١٢	٠.٠٠.٢١	نحاس
٠.٠٠٦ ٧	٠.١١	٠.٠٠.٣١	رصاص
٠.٠٠٦	٠.٠٠٨	٠.١٢	زنك

و تتلوث مياه الأمطار كنتيجة لتلوث الغلاف الغازي الذي تخترقه و تلوث سطح الأرض.

و من أهم الملوثات الموجودة في الغلاف الغازي التي تغسل مع مياه الأمطار هي :
الغبار و البكتيريا ، و أكاسيد النيتروجين ، و الكبريت و التي تهطل على شكل أمطار حامضية و خاصة في المناطق الصناعية مثل غرب أوروبا و الولايات المتحدة الأمريكية و كندا

و عند سقوط الأمطار على سطح الأرض (التربة و طرق المواصلات و المباني و غيرها) و التي تحتوي على ملوثات عديدة مثل النفايات و المخلفات الحيوانية و الأجسام المطاطية الدقيقة الناتجة عن احتكاك عجلات السيارات مع الطرق و الأجسام الاسبتوزية الناتجة عن كوابح السيارات (البريكات) ، يتم نقل هذه المواد مع مياه الأمطار إلى مصادر المياه.
لذلك أخذ بعض دول العالم الصناعي يصرف مياه الأمطار إلى برك أو بحيرات اصطناعية خاصة لمعالجة مياه الأمطار أو لترسيب بعض الملوثات المحمولة مع مياه الأمطار قبل تصريفها إلى مصادر المياه (بحيرات ، سدود) و ذلك لحد من تلوث هذه المصادر المائية

٢- المواد العضوية السامة (Toxic Organic Chemicals):

تدخل إلى مصادر المياه السطحية آلاف المواد العضوية ، منها ما هو طبيعي (مثل المواد التي تنتجها الطحالب و البكتيريا التي تعيش في المياه و النفط الخام) ، و لكن معظمها من صنع الإنسان و التي يستعملها في شؤون حياته المختلفة .

و من أهم الأمثلة على المواد العضوية الخطرة ما يلي :

أ- التلوث بالنفط (Oil Pollution) :

لقد أخذ تلوث المياه بالنفط يزداد يوماً بعد يوم ، خصوصاً في البحار و المحيطات على الرغم من أن هذه المصادر المائية ستصبح من مصادر الغذاء المهمة لتغذية الأعداد المتزايدة من سكان العالم ، و الحد من مشكلة الجوع العالمي .

و هناك عدة أسباب لتلوث مياه البحار و المحيطات من أهمها السفن المحملة بالنفط و من أشهر الأمثلة على ذلك حادثة اصطدام و جنوح ناقلة النفط توري كانيون (torry Canyon) في بحر المانش سنة ١٩٦٧ حيث تسرب حوالي ١١٧ ألف طن من النفط الخام إلى البحر . كما تقوم العديد من ناقلات النفط بتفريغ النفط من صهاربها في المياه ثم غسل هذه الصهارب و تفريغ المياه العادمة الناتجة عن عملية الغسل في المياه دون معالجة بالرغم من وجود قوانين البيئة الصارمة التي تمنع ذلك .

و عند استغلال و استثمار آبار النفط في البحار يحدث تسرب للنفط و الغاز إلى المياه مما يؤدي إلى تلوثها و من أشهر تلك الحوادث في العالم تسرب النفط إلى المياه من أحد الآبار في سانتا باربارا في الولايات المتحدة الأمريكية ، و تسرب النفط من حقل النيوروز الإيراني سنة ١٩٨٣ و تلوث مياه الخليج العربي .

كما ساهمت حربا الخليج الأولى و الثانية في دخول كميات كبيرة من النفط إلى مياه الخليج العربي و التي سيعرف تأثيرها في البيئة في المستقبل.

وقد ظهرت مشكلة تلوث الشاطئ السوري بعد إنشاء المصبات البترولية في اللاذقية وطرطوس . وبالتالي نجد أن ساحل طرطوس أشد المناطق الساحلية تآثراً بالتلوث و يليه ساحل بانياس الذي اختفت من شواطئه الثروة السمكية وتأتي بالدرجة الثالثة منطقة اللاذقية التي تعرضت أخيراً للتلوث. ومن أسباب تلوث الشاطئ السوري أيضاً التيارات البحرية والرياح وما تحمله من مواد بترولية من الشاطئ اللبناني الذي يعتبر ملوثاً بكامله ماعدا منطقة البترون، وسبب ذلك يعود إلى وجود مصفاة بترول الزهرانة ومصفاة بترول طرابلس وغيرها (نحال، ١٩٨٨) .

و يعد النفط و مشتقاته من الملوثات المائية التي تتميز بانتشارها السريع على سطح الماء و تكون طبقة رقيقة يتراوح سمكها بين أجزاء من الميكرون و ٢ سم (Oil Slick) ، و تقوم هذه الطبقة بعزل المياه عن الغلاف الغازي و بذلك تمنع التبادل الغازي بينهما . هذا و يغطي طن واحد من النفط دائرة يقدر قطرها (٢١ كم) .

و يؤدي تلوث المياه بالنفط إلى جعلها غير صالحة للاستعمال ، وقتل العديد من الكائنات الحية الحيوانية و المائية كلياً أو جزئياً . و عند حدوث التلوث بالنفط يتوزع أولاً على سطح المياه و خلال الأسبوع الأول و الثاني تتبخر المواد النفطية السريعة التبخر ، أما المواد

الأخرى فبعضها يذوب في الماء ، و يتشتت باقي النفط ثم يكون مع مياه البحر مستحلباً (Emulsion) تترسب بعد أسابيع قليلة على قاع البحر أو تذهب مع التيارات المائية إلى الشواطئ و عند ترسب النفط في قاع البحر تحدث له عملية تحلل هوائية حيث يمتص الأوكسجين المذاب في الماء و يستهلك في عملية التحلل مما يؤدي إلى نقص حاد في الأوكسجين .

و من أهم الوسائل المتبعة لمعالجة تلوث النفط هي الأساليب الكيميائية و ذلك بإضافة مركبات كيميائية على بقع النفط لترسبها في قاع البحر . و لا ينصح باستخدام هذه الطريقة نظراً لأنها لا تتخلص من النفط و إنما تنقله من سطح المياه إلى قاع المياه و تضيف مواد كيميائية و ملوثات جديدة للمياه .

بالإضافة إلى الأساليب الكيميائية آنفة الذكر ، تستخدم أساليب فيزيائية أو ميكانيكية . و قد صمم لهذا الغرض سفن خاصة لجمع و فرز الزيوت من المياه حيث تجمع الطبقة السطحية للمياه و المحتوية على الزيت ، و من خلال فرق الكثافة بين النفط و الماء يتم فصله و جمعه و من ثم إعادة الاستفادة منه .

ب- العصاره (Leachate) : تكلمنا عنها في موضوع الطمر الصحي .

ج- تكون مركبات جديدة ضارة :

تشير الدراسات إلى أن بعض المواد الكيميائية العضوية التي توجد في مصادر المياه السطحية يمكن أن تكون قد تكونت نتيجة تفاعلات كيميائية جرت بين المركبات الكيميائية الموجودة في المياه ، و لعل أشهر الأمثلة على ذلك مركبات (Trihalomethane) الضارة جداً مثل الكلوروفورم (Chloroform) الذي ينتج عند تطهير مياه الشرب الحاوية على مواد عضوية أو كلورة المياه العادمة بعد المعالجة . و كذلك الحال أيضاً بالنسبة لمركبات الكلورفينول التي تنتج أيضاً عن كلورة المياه الحاوية على الفينول . و هنا تصبح هذه المواد أكثر سمية و يصبح للمياه طعم و رائحة يشبهان مطهر اليود ، و قد تحدث أمراض سرطانية نتيجة ذلك .

٣- العناصر السامة :

تحتاج الكائنات الحية إلى العديد من العناصر الضرورية (Essential Elements) لحياتها و نشاطها مثل النحاس و الزنك و حيث تساهم هذه العناصر في العملية البيوكيميائية داخل أجسام الكائنات الحية . و هناك بعض العناصر غير ضرورية للنباتات و لكنها حيوية للحيوانات مثل اليود الذي يسبب نقصه مرض الغدد الدرقية عند الإنسان .

هذا و يجب أن يكون تركيز هذه العناصر بالتركيز الذي تحتاجه الكائنات الحية بدقة و هو التركيز الأمثل (Optimum Concentration) .

و إذا كان التركيز أقل من التركيز المطلوب (Deficient Concentration) فإن ذلك يؤدي إلى أعراض نقص مرضية ، و إذا زاد التركيز عن التركيز المطلوب بعض الشيء أصبح التركيز ساماً (Toxic Concentration) ، و عندما يزداد التركيز السام فقد يصل التركيز إلى حد التركيز القاتل (Lethal Concentration) .

أما بالنسبة للعناصر غير الضرورية (Non-essential Elements) حياة و نشاط الكائنات الحية أو العناصر السامة مثل الرصاص و الكاديوم فهي ضارة أو سامة . و نفرق هنا بين تركيز التحمل (Tolerable Concentration) الذي تستطيع الكائنات الحية التعايش معه ، و التركيز السام الذي يؤدي إلى إحداث تسمم مزمن (Chronic Toxicity) (تسمم يحدث من خلال تناول مادة سامة بتركيز قليل خلال فترة زمنية طويلة) ، أو تسمم حاد (Acute Toxicity) (تسمم الكائن الحي الذي يحدث مباشرة عند التعرض للمادة السامة) ، و عندما يزداد التركيز السام قد يصل التركيز إلى التركيز القاتل .

و لعل من أهم و أخطر العناصر على صحة و سلامة الإنسان العناصر الثقيلة (هي العناصر ذات الكثافة الأعلى من 5g/cm^3) و التي من أهمها الزئبق و الكاديوم و الرصاص و الكروم . و بعكس المواد العضوية القابلة للتحلل ، لا تتحلل العناصر في الطبيعة و تتراكم في المكونات الحية و غير الحية للبيئة .

و تدخل هذه المعادن أو العناصر السامة إلى البيئة من مصادر عديدة مثل معامل صهر المعادن و حرق الوقود الحفري و محطات حرق النفايات الصلبة و أماكن طمر النفايات و المياه العادمة الصناعية و مياه الأمطار التي تنقل الملوثات الهوائية و الملوثات المتراكمة على الطرقات و غير ذلك من المصادر .

و لوجود المعادن الثقيلة في المياه تأثيرات سلبية صحية على صحة الكائنات الحية و سلامتها، و تقلل من كفاءة محطات معالجة المياه . و تكون المعادن الثقيلة في المياه على الأشكال التالية : مربوطة مع الرسوبيات أو مربوطة مع المواد العالقة أو مذابة في المياه.

٤- الكائنات الحية المسببة للأمراض (Pathogens and Parasites):

تسبب جراثيم الأمراض و الطفيليات التي تعيش في المياه العديد من الأمراض للإنسان و الحيوان ، إذ يقدر أن حوالي ٨٠ % من أسباب المرض في العالم (خصوصاً العالم النامي) تعود إلى المياه و المياه العادمة . و يمكن تصنيف الأمراض ذات الصلة بالمياه إلى :

أ- الأمراض المحمولة بالمياه (Water-borne Diseases) :

و هي أمراض ناتجة عن وجود جرثومة المرض في المياه بسبب تلوث المياه بالفضلات البشرية و الحيوانية . و تصل معظم هذه الجراثيم إلى المياه عن طريق المياه العادمة . و من أهم هذه الأمراض الكوليرا و حمى التيفود و الإسهالات و التهاب الكبد.

ب - الأمراض الناتجة عن عدم الغسل بالماء (Water-washed Diseases) :

تحدث هذه الأمراض بسبب قلة استعمال الماء في الصحة العامة و النظافة الشخصية و الغذاء ، و من أهم هذه الأمراض التهاب الجلد و العيون و البارانتيفويد.

ج-الأمراض المتمركزة في المياه (Water-based Diseases) :

تنتج هذه الأمراض عن ناقل المرض الذي يعيش فترة من حياته في جسم حيوان مائي و من أهم هذه الأمراض البلهارسيا و الدودة الشريطية .

د- الأمراض ذات العلاقة بالمياه (Water-related Diseases) :

تحدث هذه الأمراض بواسطة نقل الحيوانات أو الحشرات التي تعيش بالقرب من المياه جرثومة المرض إلى الإنسان عن طريق العض أو مص الدم مثل مرض الملاريا الذي ينقله البعوض و مرض النوم الذي ينقله ذباب التسي تسي .

و تعاني معظم دول العالم الثالث التي لا تقوم بحماية مصادر مياه الشرب من التلوث، أو لا تطهر مياه الشرب ، من حدوث وفيات لأعداد كبيرة من السكان و خصوصاً بين الأطفال . و تقدر منظمة الصحة العالمية أنه نتيجة لتلوث مصادر مياه الشرب و نقص المياه يموت يومياً في دول العالم الثالث حوالي ٢٥ ألف إنسان . و يبين جدول (٩- ٧) أهم الأمراض التي تنتقل بواسطة مياه الشرب الملوثة .

٥- المواد غير الذائبة (Non Dissolved Solids) :

هناك العديد من المواد غير الذائبة و القابلة للترسب ، مثل حبيبات التربة و الصخور و المواد العضوية و المواد الدقيقة الناتجة عن أعمال التعدين و البناء ، تحمل في المياه و تترسب المواد الأثقل وزناً مثل الرمال و السلت سريعاً في المياه أولاً ، أما الحبيبات الدقيقة مثل معادن الطين و جزيئات المواد العضوية فتبقى عالقة في المياه لفترة من الزمن قد تصل إلى أسابيع أو حتى إلى أشهر قبل ترسبها .

و يمكن التخلص من معظم المواد القابلة للترسب في محطات معالجة المياه بسهولة . و عموماً لا تشكل هذه المواد ، باستثناء مواد الأسبست (Asbestos fibers) ، خطراً على صحة الإنسان و سلامته . أما المواد الدقيقة العالقة في المياه التي لا يتم إزالتها عند معالجة المياه فيمكنها أن تدمص و تركز مواد سامة مثل المعادن الثقيلة و المبيدات أو الجراثيم المسببة للأمراض مثل البكتيريا و الفيروسات ، و بالتالي تشكل خطراً على صحة الإنسان و سلامته

عند استعمال هذه المياه لأغراض الشرب . و تسهم المواد العالقة و القابلة للتسيب في تعكير المياه مما يؤدي إلى قتل أو تقليل نمو النباتات المائية بمنع الضوء الشمسي من الوصول إليها للقيام بعملية التمثيل الضوئي .

و تقتل الحيوانات المائية مثل الأسماك بدخول هذه المواد إلى خياشيمها و إغلاقها و تقلل قدرة بعض أنواع الكائنات الحية في العثور على غذائها ، بالإضافة إلى تعطيل المضخات المائية و التوربينات المستعملة في توليد الطاقة . كما أنه عند ترسيب المواد على قاع المسطحات المائية يقضي على أماكن تفريخ بعض أنواع الأسماك ، و تمتلئ البحيرات والسدود و قنوات الأنهار و المجاري المائية بالترسبات . و تعد الإدارة السليمة من أهم الطرق للحد من هذه الترسبات التي تمنع انجراف التربة.

٦- الإشعاع (Radiation) :

نظراً لأهمية هذا الموضوع فسيتم شرحه في التلوث الإشعاعي .

٧- الحرارة (Heat) :

ترفع درجات حرارة المسطحات المائية من أنهار و بحيرات من خلال الأنشطة الصناعية و توليد الطاقة . و تلعب محطات توليد الطاقة الدور الأساسي في تلوث المياه السطحية الحراري . و تسخن محطات توليد الطاقة النووية المياه إلى درجة تزيد نحو ٤٠ % عن محطات توليد الطاقة التقليدية التي تستعمل الوقود الحفري مثل البترول و الفحم . و نتيجة لذلك ، تصبح درجة حرارة مياه التبريد مرتفعة و قد تسبب أضراراً للحياة المائية التي تصلها هذه المياه و يختل بذلك التوازن البيئي :

١- التغيير في المناخ المحلي في منطقة محطة توليد الطاقة الكهربائية بسبب

ارتفاع درجة الحرارة و زيادة نسبة الرطوبة .

٢- فقر المياه الساخنة بالأوكسجين بسبب قلة ذوبانه في المياه الساخنة ، و

زيادة كثافة النباتات المائية و البكتيريا المحللة ، و زيادة سرعة تحلل الملوثات العضوية ، و بالتالي استهلاك الأوكسجين و انقلاب عملية التحلل الهوائية إلى تحلل لا هوائية ، و موت الكائنات الحية الهوائية و خروج الروائح الكريهة مثل غازات الأمونيا و كبريتيد الهيدروجين و الميثان .

٣- رفع درجات حرارة المياه إلى ٦ درجات مئوية في فصل الشتاء يحرم بعض

أنواع الأسماك من السبات الشتوي . و نظراً لقلة الغذاء في فصل الشتاء فإن أغلب هذه الأسماك

تموت جوعاً . كما أن ارتفاع درجة حرارة المياه يؤدي إلى الإسراع في العمليات الحيوية ، و بالتالي زيادة سرعة التنفس و زيادة استهلاك الأوكسجين الذائب الذي تقل نسبته في الماء مع ارتفاع درجة الحرارة .

٤- زيادة تأثير سمية المركبات الكيميائية في المياه من جراء ارتفاع درجة حرارتها .

٥- تسبب الحرارة المرتفعة في المياه ، هجرة بعض أنواع الكائنات الحية الحيوانية إذا كان ذلك ممكناً ، و سيادة أنواع جديدة من النباتات التي تلائمها درجة الحرارة المرتفعة .

٩-٣-٣- حماية البيئة المائية من التلوث (Water Pollution)

: (Control)

عملاً بقوله تعالى : (وجعلنا من الماء كل شيء حي) ، لا بد من حماية المصادر المائية من التلوث الذي يهدد معظم مصادر المياه في العالم للمحافظة على حياة الإنسان و سلامته ، و ذلك من خلال الإجراءات التالية:

١- سن القوانين و التشريعات الخاصة بنوعية المياه و ضبط تلك النوعية من خلال مراقبة التلوث الناتج عن الأنشطة البشرية المختلفة و رصدها ، و يقوم بهذه المهمة جهاز مختص يضع المواصفات للملوثات الخارجية عن الأنشطة البشرية بموجب تعليمات و لوائح . و من الجدير بالذكر أن إدخال مبدأ ((الملوث يدفع)) (Polluter Pays Principle = PPP) في قانون البيئة يسهم في تشجيع الصناعات في البحث عن وسائل و طرق للحد من التلوث بالرغم من أن هذا الإجراء يزيد من كلفة الإنتاج في الصناعة . كما أنه لا بد من عقد الاتفاقات الدولية لحماية المصادر المائية من التلوث و الاستنزاف.

٢- التوعية و التربية البيئية (Public Awareness and Education) ، لا بد من خلق وعي بيئي و تربية بيئية لدى جميع سكان العالم و ذلك من أجل إعداد أفراد متوافقين مع البيئة و يحافظون عليها . هذا و قد أصبحت التربية البيئية اليوم ركناً من أركان المحافظة على البيئة ، يتكافل دورها مع التشريعات البيئية و الإجراءات التكنولوجية .

٣- تحديد مناطق حماية مصادر المياه الجوفية و السطحية ، إذ تتعرض مصادر المياه المختلفة لمصادر التلوث الناتجة عن الأنشطة البشرية المختلفة و من هذا المنطلق أخذ العديد من دول العالم يحدد مناطق حماية مصادر المياه الجوفية و السطحية . حيث تدرس منطقة الرغد المائي و مجرى المياه الجوفية و السطحية و اتجاه الجريان و نوعية الملوثات و نوعية التربة و الصخور المحيطة بالمصدر المائي و مصدر التلوث . و من المعروف أن بعض ملوثات المياه يتحلل بسرعة في أثناء تغلغل الماء في التربة و الطبقات

الصخرية كما يتم ترشيح البكتيريا و الفيروسات بكفاءة عالية . أما الأملاح الذائبة مثل ملح الطعام و المواد المشعة فإنها تصل إلى المياه الجوفية . كما توجد مواد يتم امتصاصها من التربة و الصخور مثل بعض المعادن الثقيلة و المبيدات .

٤- التنقية الذاتية للمياه السطحية Self Purification of Surface Water

عندما يتعرض نهر ما للتلوث فإنه بعد جريان المياه لمسافة ١-٣ كم من منطقة دخول الملوثات إلى النهر فإن نسبة التلوث في النهر تتناقص أو تزول كلياً . و لو أقيمت المياه العادمة على التربة ثم أخذت عينات المياه من التربة على أعماق مختلفة لوجدت أن المياه العادمة الراشحة في التربة قد فقدت العديد من الملوثات التي كانت تحملها . و عند وضع المياه العادمة في وعاء و تركها لمدة من الزمن يلاحظ في بادئ الأمر زيادة في عكورة المياه ، و عند توفر مصدر كافٍ للضوء تغزو الطحالب المياه و يتحول لونها إلى اللون الأخضر ، و بعد فترة من الزمن تموت الطحالب و تترسب مع مواد أخرى و تصبح المياه أكثر نقاوةً و صفاءً . لقد وهب الله سبحانه و تعالى الطبيعة أو البيئة قدرة عالية على التنقية الذاتية من الملوثات . و تجري هذه العملية بواسطة عوامل فيزيائية و كيميائية و حيوية تعمل على إزالة الملوثات من البيئة .

٥- معالجة المياه العادمة Wastewater Treatment :

و يقصد بمعالجة المياه العادمة جميع العمليات التي تهدف إلى التخلص من الملوثات المائية حسب الحاجة ، فإذا كانت المياه المعالجة ستستعمل مثلاً في الإنتاج الزراعي فلا داعي لمعالجة متقدمة للحصول على جودة مياه عالية . و يوجد العديد من الطرق لمعالجة المياه العادمة في المرحلة الثانية ، و يتطلب اختيار الطريقة المثلى أخذ العوامل البيئية و الاقتصادية و التقنية و الاجتماعية بالإضافة إلى الاستعمال النهائي للمياه العادمة المعالجة بعين الاعتبار . و تشمل العوامل البيئية التأثيرات في البيئة المحيطة من تربة و ماء و هواء و انعكاسها على الكائنات الحية . أما العوامل الاقتصادية فتشمل الكلفة الإنشائية و التشغيلية ، و تشمل العوامل التقنية توفر الخبرات و قطع الغيار و الظروف المناخية و الفاقد من المياه عن طريق التبخر ، و الطبوغرافية و الأحمال الصدمية و غيرها . أما العوامل الاجتماعية فتشمل تقبل السكان للمحطة و المخاطر الصحية .

تجمع المياه العادمة بواسطة مجاري الصرف الصحي (Sewers) لنقلها إلى محطة معالجة المياه العادمة . و يستخدم نظام مجاري الصرف الصحي المنفصل لنقل المياه العادمة فقط إلى محطة المعالجة ، و تصرف مياه الأمطار بواسطة طرق أخرى (Separate Sewers)

(System) ، و تستعمل هذه الطريقة في المناطق التي تسقط عليها أمطار بمعدلات قليلة و غير منتظمة ، أو يستخدم بواسطة نظام مجار موحد لنقل المياه العادمة مع مياه الأمطار (Combined Sewers System) ، و تستعمل هذه الطريقة في المناطق التي تسقط بها معدلات مياه أمطار عالية .

٩-٤ - تلوث الهواء (Air Pollution) :

يتعرض الهواء بصورة شديدة للتلوث ، و يشكل الغاز الناتج من دخان المصانع و من عوادم السيارات نسبة كبيرة من هذا التلوث . و لا توجد مدينة في وقتنا الحاضر لا تعاني من هذا التلوث الجوي . و تلوث الهواء لا تظهر نتائجه بسرعة و لكن بشكل تراكمي ، فإذا ظهرت آثاره ، جاءت حادة و مسببة للأمراض ، و لذلك قال آل قور في مشكلة تلوث الهواء : " إن هذه المشكلة - تلوث هواء كوكب الأرض - هي التي تمثل الخطر الاستراتيجي الحقيقي الذي علينا الآن مواجهته " إشارة منه إلى خطر هذه المشكلة على استمرارية الحياة ، فضلاً عن خطرها الناجز على الأحياء من الحيوان و النبات .

يعد تلوث الهواء من الظواهر التي يرجع عمرها إلى عمر الحضارات القديمة ، و قد بدأت هذه الظاهرة منذ معرفة الإنسان للنار أي قبل حوالي ٥٠ ألف سنة . إلا أن حجم التلوث آنذاك كان محدوداً لا يتعدى كهف الإنسان الأول . و بدأت تتضح ظاهرة التلوث الهوائي في العصور الوسطى بسبب زيادة معدلات نمو المدن و الصناعة .

و أصبح التلوث خطراً في بعض المناطق مما دفع بعض الدول إلى دراسة تلك الظاهرة ففي إنكلترا تكونت أربع هيئات فيما بين الأعوام ١٢٨٥-١٣١٠ م لدراسة تلوث الهواء الذي نجم

عن التحول من استخدام الحطب إلى الفحم في أفران صناعة الجير ، و قد أخذت الملوثات في الزيادة السريعة في الجو منذ الثورة الصناعية ، بحيث أصبحت الملوثات بعد الحرب الأهلية الأمريكية مشكلة مزمنة في الولايات المتحدة ، و قد بلغ حجم الملوثات في بعض المناطق حداً كبيراً حتى أصبحت تشكل غطاءً كثيفاً يحجب جزءاً من أشعة الشمس من الوصول إلى سطح الأرض ، كما هي الحال في مدينة نيويورك و مدينة شيكاغو ، إذ تحجب الملوثات الهوائية هاتين المدينتين ما بين ٢٥ % إلى ٤٠ % من الأشعة الساقطة .

و يرى علماء المناخ و الأرصاد الجوية أن طبيعة التروبوسفير قد بدأت تتغير و يختل توازنها بسبب زيادة حجم الملوثات في الهواء . ويمكن القول إن مشكلة التلوث الهوائي تعود إلى استغلال و استنزاف موارد الطاقة و زيادة التركيز الصناعي و السكان في المدن . و يعرف تلوث الهواء بوجود مادة أو مواد كيميائية أو إشعاعية أو جرثومية في الهواء تؤثر في صحة الإنسان و سلامته و راحته. أما الملوثات الهوائية (Air Pollutants) فهي مواد كيميائية (سائلة أو صلبة أو غازية) أو إشعاعية أو جرثومية يمكن أن تسبب للإنسان أو الحيوان أو الإنشاءات أية أضرار .

٩-٤-١ - الملوثات الهوائية (Air Pollutants) :

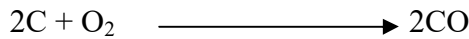
هناك العديد من الملوثات الهوائية التي تقسم إلى ست مجموعات رئيسة لتسهيل دراستها

و هي :

١- أكاسيد الكربون CO_x : وتشمل أول أكسيد الكربون وثاني أكسيد الكربون :

- أول أكسيد الكربون CO ، يتميز غاز أول أكسيد الكربون بكونه ساماً و عديم اللون و الرائحة . و ينتج عن الاحتراق غير الكامل للمواد العضوية ، أي عند وجود نقص في الأوكسجين أثناء عملية الاحتراق . وترجع خاصية السمية لأول أكسيد الكربون إلى قوة اتحاده مع هيموغلوبين الدم حيث يحل مكان الأوكسجين و يمنع نقل الأوكسجين إلى خلايا الجسم الأمر الذي قد يسبب الموت . كما يتم تحت درجات الحرارة العالية تحويل غاز ثاني أكسيد الكربون إلى غاز أول أكسيد الكربون .

حرارة عالية



و تقدر كمية أول أكسيد الكربون المنتجة عالمياً بحوالي (٣٠٠) مليون طن سنوياً . و تعد السيارات و تدفئة المنازل و الصناعات المختلفة المصادر الرئيسية لأول أكسيد الكربون في

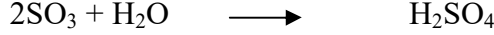
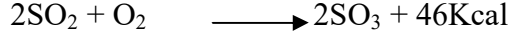
الغلاف الغازي . و يتم أكسدة القسم الأعظم من أول أكسيد الكربون إلى ثاني أكسيد الكربون و بذلك يدخل في دورة الكربون الغازية .

أما بالنسبة لغاز ثاني أكسيد الكربون فقد تم الحديث عنه في دورة الكربون .

٢ - أكاسيد النيتروجين **Nox** : يقصد بأكاسيد النيتروجين مركبات النيتروجين الغازية و التي تتكون عند اتحاد النيتروجين و الأوكسجين تحت درجات حرارة عالية كما هي الحال عند احتراق البنزين و السولار في المركبات كالسيارات و غيرها . و أهم هذه المركبات أول أكسيد النيتروجين **NO** ، و ثاني أكسيد النيتروجين **NO₂** . و هذه الغازات سامة حيث تكون حامض النيتريك في الرئتين و تحدث فيها التهابات خطيرة ، و قد تؤدي إلى الموت خلال نصف ساعة إذا وصلت نسبتها في الهواء إلى (٠.٠٧ %) ، و تتحد هذه الأكاسيد أيضاً مع هيموغلوبين الدم و تمنع نقل الأوكسجين إلى الخلايا . و يتعرض الأطفال أكثر من غيرهم لهذا النوع من التسمم ، و يلاحظ في الحالة ازرقاق الشفاه عند الأطفال . و تعد أكاسيد النيتروجين من الملوثات التي تسبب تساقط الأمطار الحامضية في المناطق الصناعية في أوروبا و كندا و الولايات المتحدة . و تتفاعل أكاسيد النيتروجين في الهواء مع المركبات الهيدروكربونية و الأوكسجين في فترات الإشعاع الشمسي العالي (و خاصة في فصل الصيف) بواسطة تفاعلات ضوئية بفعل الأشعة فوق البنفسجية (أشعة **UV**) ، تتحول بذلك إلى مركبات شديدة الأكسدة من أهمها غاز الأوزون و فوق أكسيد استيل النترات (**Perxyacetylnitrate = PAN**) و هي التي تهاجم الأغشية المخاطية و العيون و الجهاز التنفسي . و عند ارتفاع تركيز الأوزون في الجو إلى حوالي (**300mg/m³**) يقل مدى الرؤيا و تسمى هذه الحالة بالضباب الكيميائي (**Photochemical smog**) أو ضباب لوس أنجلس . و من أهم مصادر أكاسيد النيتروجين عوادم المركبات المختلفة و مصانع حامض النيتريك و محطات الطاقة الكهربائية التي تستخدم الوقود الحفري .

٣ - أكاسيد الكبريت **Sox** : و تشمل ثاني أكسيد الكبريت **SO₂** و ثالث أكسيد الكبريت **SO₃** . غاز ثاني أكسيد الكبريت عديم اللون و ذو رائحة حادة يؤدي إلى السعال . و ينتج القسم الأعظم منه بسبب احتراق الوقود الحفري ، إذ يحتوي الوقود الحفري على نسب مختلفة من الكبريت الذي يخرج إلى الغلاف الغازي على شكل ثاني أكسيد الكبريت عند احتراقه ، و يعد الكبريت من العناصر اللازمة لحياة و نشاط النباتات الخضراء ، و مادامت نسبة قليلة من غاز ثاني أكسيد الكبريت في الجو موجودة فإن ذلك يؤدي إلى زيادة نمو النباتات .

و يتفاعل غاز ثاني أكسيد الكبريت مع أوكسجين الهواء و بخار الماء و ينتج حامض الكبريت كما توضح المعادلة التالية :



و يسقط حامض الكبريت مع الأمطار على شكل أمطار حامضية تغير خصائص المياه و التربة الحيوية و الكيميائية و بخاصة عند تواجد نقص في كربونات الكالسيوم . و تحدث غازات ثاني أكسيد الكبريت أضراراً بالغة في الصحة ، حيث تسبب التهابات خطيرة في الجهاز التنفسي تظهر على شكل نوبات تنفسية حادة تكون مصحوبة بالتهابات رئوية مزمنة ، و تمتص النبتة الخضراء غاز ثاني أكسيد الكبريت من خلال الثغور (Stomata) ، حيث يتحد مع محلول الخلية مكوناً حامض الكبريتيك الذي يحد من نمو النباتات .
و تتعرض المباني و بخاصة القديمة (الأثرية) إلى تأثير غاز ثاني أكسيد الكبريت الذي يؤدي إلى تآكل أو تجوية هذه المباني .

٤- المواد العضوية المتطايرة (Volatile Organic Compounds=Vocs) : و

تشمل هيدروكربونات غازية و سائلة مثل الميثان و الكلوروفورم (Chloroform) . بالإضافة إلى ذلك هناك العديد من الملوثات العضوية المتطايرة التي لما يستطع العلم التعرف عليها بعد بسبب قصور التقنيات التحليلية الحالية . و أهم مصادر هذه الملوثات مصافي البترول و محارق النفايات الصلبة . و تشكل الهيدروكربونات عنصراً مهماً في تكوين الضباب الدخاني ، و تسبب بعض المركبات الهيدروكربونية الحلقية مثل البنزوبيرين (Benzopyrene) الذي يوجد في الغازات العادمة للسيارات والغازات الناجمة عن حرق الفحم ، الأمراض السرطانية للإنسان .

٥- المواد العالقة في الهواء (Suspended Particulate Matter=SPM): و

تكون هذه المواد على نوعين :

أ- دقائق صلبة (Solid Particles) ، مثل الغبار (Dust) و السناج (Soot) و المعادن الثقيلة مثل الرصاص و الكاديوم . و تبقى هذه المواد عالقة في الهواء حسب حجمها و وزنها و تأثير الجاذبية الأرضية و الظروف المتاحة عليها .
و لعل أهم و أخطر هذه المواد الدقائق ذات الحجم الأقل من واحد ميكرومتر ، وهي التي يمكن أن تبقى لمدة نحو عشرة أيام في طبقة التروبوسفير ، ولمدة قد تصل إلى خمس سنوات في طبقة الستراتوسفير و هي فترة زمنية كافية لنقلها لمختلف مناطق العالم . كما أن

صغر حجمها و قدرتها على اختراق خطوط دفاع الرئتين ، بالإضافة إلى قدرتها على ادمصاص جزيئات من مواد سامة أو مسرطنة يجعلها خطيرة على صحة الإنسان و سلامته. و يمكن تمييز أنواع متعددة من الحبيبات الدقيقة مثل :

-الغبار (Dust) : الذي ينتج عن تذرية المواد الصلبة بفعل الرياح . و بناء على حجم جزيئات الغبار يمكن تمييز الغبار الخشن الذي يتراوح حجمه بين ٥ و ١٠ ميكرون و الغبار الدقيق الذي يقل حجمه عن ٥ ميكرون . و بمرور الزمن يترسب الغبار الخشن و قسم من الغبار الدقيق و خصوصاً مع سقوط الأمطار . و عند التنفس يتم ترشيح الغبار الخشن بواسطة شعيرات الأنف التي تمنعها من الدخول إلى الجهاز التنفسي . لذا لا يشكل هذا النوع من الغبار خطراً على الصحة العامة، غير أنه يمكن أن يسبب جروحاً للعيون ، خصوصاً للعمال الذي يعملون في أماكن تنتج هذه النوعية من الغبار مثل الكسارات (حيث يلاحظ احمرار عيون عمال الكسارات) . أما بالنسبة للغبار الدقيق فيكون عالقاً في الهواء ، و تخضع حركته لدرجة الحرارة و حركة الرياح و يشكل خطراً على الصحة العامة نظراً لقدرته على دخول الرئتين و من ثم إلى الدم و قدرته على نقل المواد السامة.

- البخار المعدني (Fume): وهي عبارة عن مواد صلبة دقيقة تكونت نتيجة التكثف

ب- قطرات سائلة (Liquid Droplets) ، مثل الأحماض و الزيوت و المبيدات و تكون على شكل ضباب ورذاذ .

٦- المواد الكيميائية والمؤكسدة والمتطايرة في الغلاف الغازي خلال تفاعل الأوكسجين وأكاسيد النيتروجين والمواد العضوية المتطايرة تحت تأثير الأشعة الشمسية: مثل الأوزون وفوق أكسيد استيل النترات (PAN).

٩-٤-٢- مصادر ملوثات الهواء (Sources of Air Pollutants):

يمكن أن نميز بين مصادر التلوث الطبيعية و البشرية في الغلاف الجوي. ولا تُحسب المصادر الطبيعية التالية مصدراً للتلوث ، نظراً لأن تركيزها نادراً ما يسبب مخاطر للبيئة ، كما أنها لا تنتج بسبب الأنشطة البشرية.

- ١- حرق الغابات من جراء الصواعق .
- ٢- غبار لقاح أزهار النباتات.
- ٣- التعرية الهوائية للتربة .
- ٤- البراكين .

- ٥- تطاير المركبات العضوية من أوراق النباتات و تحلل المواد العضوية.
- ٦- الإشعاعات الطبيعية من مناجم اليورانيوم و الفوسفات و الجرانيت .

لاشك أن ملوثات الهواء الناتجة عن الأنشطة البشرية التي تضاف إلى طبقتي التروبوسفير و الستراتوسفير تشكل أهم مصدر لتلوث الهواء . و يمكن أن تصنف مصادر التلوث الناجمة عن الأنشطة البشرية إلى :

١- المصادر الثابتة (**Stationary Sources**) : مثل محطات توليد الطاقة الكهربائية و المصانع حيث يتم الاحتراق في مكان ثابت .

٢- المصادر المتحركة (**Mobile Sources**) : تسهم وسائل المواصلات الحديثة بأنواعها المختلفة في تلويث الهواء و خصوصاً في المدن ، وقد أدى التزايد السريع في عدد المركبات إلى زيادة ملحوظة في تلوث الهواء في العالم . و تعتمد درجة التلوث الناجمة عن المركبة على نوعية المحرك و حالة العربة أو المركبة العامة و كثافة حركة المرور . ويعتمد توزيع الملوثات الناتجة عن المركبات على الظروف المناخية و الطبوغرافية . فإذا كانت المركبة تسير في نفق فإن نسبة توزيع الملوثات تكون أقل بكثير من سير المركبة على شارع مفتوح أو جسر أو طريق سريع .

ففي الشوارع المفتوحة تبين القياسات على أنه على بعد ٣٠ م ينخفض مستوى التلوث بنحو ٥٠% من قيمته . أما الرصاص فقد أخذت نسبته تقل نظراً لصدور قانون الرصاص في مختلف دول العالم منذ سنة ١٩٧٨ .

تنبعث عند احتراق البنزين أو الديزل الغازات العادمة و بتركيزات عالية نسبياً و على نفس الارتفاع الذي يتنفس منه الإنسان و هذا ما يزيد من خطورة المشكلة جدول (٩-٣) .

جدول (٩-٣) معدل الملوثات الناتجة عن مركبات الديزل و البنزين مقدرة

(mg/L)

سيارات الديزل	سيارات البنزين	نوعية الملوثات
٢٩.٥٠	٢٤٩	أول أكسيد الكربون
١.٨٠	٩.٦٣	هيدروكربونات
٧.٢٠	٩.٨٥	أكاسيد النيتروجين
٤.١٥	٠.٣٧	ثاني أكسيد الكربون
-	٠.٣٧	رصاص
١.٩٠	-	سناج

بالإضافة إلى ذلك تتبخر هذه المواد (بنزين و ديزل) من الكاربوريكتور و من خزان وقود المركبة ، و تتطاير المواد الصلبة الدقيقة و الخطرة من جراء استهلاك الإطارات المطاطية و الكوابح (اسبست) و الغبار الموجود في الشوارع أثناء حركة المرور، بالإضافة إلى الضجيج الذي يؤثر سلبياً في الجهاز العصبي للإنسان .

كما تسهم الطائرات و القطارات و السفن ... الخ في تلوث الهواء . و يمكن القول: إن الطائرات المدنية و العسكرية أخذت تسهم بشكل كبير في تلوث الهواء نظراً لنشاط حركة الطائرات في العالم .

٩-٤-٣ - الملوثات الهوائية الأولية و الثانوية (Primary and

: (Secondary Air Pollutants

الملوثات الهوائية الأولية هي ملوثات كيميائية تدخل مباشرة إلى الهواء بسبب الأنشطة البشرية مثل :

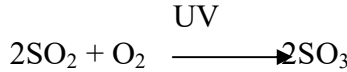


أو بسبب خروج SO_2 عند ثورة البراكين

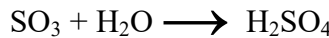


و من الجدير بالذكر أن SO_2 يخرج أيضاً عند حرق الوقود الحفري .

أما الملوثات الثانوية فهي مواد كيميائية تتكون في الهواء نتيجة حدوث تفاعل بين الملوثات الأولية و بعض مكونات الهواء مثل بخار الماء حيث يعمل ضوء الشمس في حالات عديدة كعامل مساعد مثل (Photochemical Oxidants) :

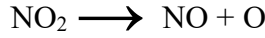


و يتفاعل SO_3 مع بخار الماء في الهواء مكوناً قطرات صغيرة جداً (Droplets) من حامض الكبريت كالتالي :

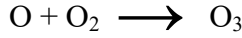


و كذلك الحال أيضاً بالنسبة لثاني أكسيد النيتروجين الذي يتفاعل بواسطة الأشعة فوق البنفسجية .

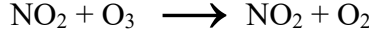
UV



UV



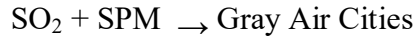
UV



٩-٤-٤- تلوث هواء المدن :

تشير العديد من الدراسات الوبائية إلى أن أحد الأسباب لكثير من الأمراض التي يعاني منها الإنسان اليوم في المدن مثل أمراض الجهاز التنفسي و أمراض القلب و سرطان الرئة هو التلوث الهوائي . فقد وصلت معدلات التلوث الهوائي في مدن كثيرة درجة الخطورة و بدأ السكان يحسون بمشكلة التلوث الهوائي و خطورته . و قد وجد أن مجموعة ملوثات الهواء السائدة فوق المدن إما أن تكون :

١- **ضبخان دخاني (Industrial Smog)** : ويتكون من ثاني أكسيد الكبريت و مواد عالقة مثل قطيرات حمض الكبريت حيث تكون ضباباً داكناً يسمى هواء المدن الداكن (Gray Air Cities) .



و يسود هذا النوع من التلوث في فصل الشتاء خصوصاً في ساعات الصباح الباكرة ، في المدن القديمة ذات النشاط الصناعي و التي تستعمل الفحم و البترول مصدراً للطاقة و يسودها شتاء بارد ماطر مثل مدينة لندن و لذلك يسمى هذا النوع في بعض الأحيان أيضاً (London Smog) . هذا و قد خف هذا النوع من التلوث بسبب وقف استعمال الفحم الحجري .

٢- **الضبخان الكيميائي أو ضبخان نوس أنجلوس (Photochemical Smog)**: عبارة عن مزيج من الملوثات الأولية مثل (NO , CO , Hydrocarbons) و الملوثات الثانوية مثل NO₂ , HNO₃ , O₃(PANs) ينتج بتفاعل بعض هذه الملوثات مع بعضها الآخر تحت تأثير الأشعة الشمسية (UV) .

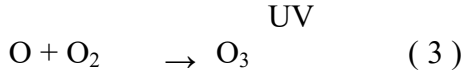
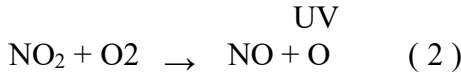
و يسود هذا النوع من الضبخان في المدن ذات المناخ الجاف و الحار حيث يتوفر الإشعاع الشمسي النشط ، خصوصاً عندما يكون الهواء ساكناً . وتكون هذه المدن عموماً حديثة ذات نشاط صناعي قليل ، و لكن توجد فيها أعداد هائلة من وسائل المواصلات الحديثة . و يحدث هذا النوع من الضبخان في فصل الصيف بين الظهر

و الساعة الرابعة من بعد الظهر ، و من أشهر المدن التي تعاني من هذه المشكلة لوس أنجلوس و سدني .

يبدأ تكون الضبخان الكيميائي خلال ساعات الصباح عندما تكون حركة المرور في أوجها :



ثاني أكسيد النيتروجين عبارة عن غاز أصفر ذي رائحة حادة و يسمى الهواء البني في المدن (Brown Air Cities) ، و بعد زيادة نشاط الإشعاع الشمسي تحدث التفاعلات التالية:



و يكون أكبر تركيز للأوزون (Peak Level) حوالي الساعة العاشرة صباحاً . كما يتكون أيضاً بعض الملوثات مثل فوق أكسيد الهيدروجين (H_2O_2) بين الساعة العاشرة صباحاً و الرابعة بعد الظهر ، و يعتمد ذلك على الحالة الجوية و الملوثات الموجودة . بالإضافة إلى ذلك تتطاير الهيدروكربونات (مثل البنزين المسكوب على الأرض و البنزين غير كامل الاحتراق و المحاليل الكيميائية) حيث تتفاعل هذه المواد و تكون الأوزون و (PANs) و يكون أكبر تركيز لها عند الظهر في الأيام ذات الإشعاع الشمسي النشط . يعتمد بقاء و تكرار الضبخان الكيميائي الضوئي في المدن على الطقس و الطبوغرافية و الكثافة السكانية و الصناعية و مصدر الطاقة المستعمل في الصناعة و النقل . في المدن ذات الأمطار العالية يتم غسل و تنقية قسم كبير من الملوثات الهوائية و تساعد الرياح على نقل الملوثات الهوائية و إحلال هواء أنقى فوق المدن .

وتسهم التلال والجبال حول المدن في الحد من تدفق الهواء في المناطق المنخفضة وبالتالي يزداد تركيز الملوثات، نظراً لعدم نقلها بواسطة الهواء، وتساهم المباني في المدن أيضاً في الحد من سرعة الرياح و حركتها .

من المعروف أن الهواء الساخن يتحرك عمودياً من سطح الأرض و حتى المناطق العليا من طبقة التروبوسفير ، فعند تسخين سطح الأرض نهاراً يسخن الهواء بالقرب من سطح الأرض حيث يتمدد و تقل كثافته و يصعد ناقلاً و مخففاً للملوثات الهوائية ، و يحل محله هواء من المناطق المحيطة ، و هذه العملية تسهم في منع زيادة تركيز الملوثات الهوائية من الوصول إلى تركيز خطر بالقرب من سطح الأرض .

و لكن في بعض الأحيان يتم حبس هواء بارد كثيف تحت طبقة هوائية دافئة و أقل كثافة في وادي أو مدينة و تسمى هذه الحالة الانحباس الحراري (Thermal Inversion) . و ينتج عن ذلك منع الملوثات الهوائية من الانتقال إلى الأعلى من المنطقة . و يبقى هذا الوضع لعدة ساعات أو لعدة أيام .

و تشكل المدن الضخمة جزراً حرارية (Urban Heat Island) فعند اقتراب المسافر من المدن الكبيرة يلاحظ تركيز الدخان و الضباب و الغبار على شكل قبة (Dust Dome) تعلو المدينة في الجو مما يؤدي إلى حجب جزء من الإشعاع الشمسي يقدر بحوالي ٢٠ % (خصوصاً الأشعة فوق البنفسجية) و بالتالي يقل مدى الرؤيا .

لذلك يلاحظ ارتفاع معدل مرض كساح الأطفال بسبب نقص فيتامين D كما يلاحظ قلة الإصابة بسرطان الجلد في هذه المدن بالمقارنة مع الريف المجاور . و تسهم هذه الملوثات في زيادة تكرار الضباب و تساقط الأمطار .

وتعد هذه الظاهرة من صفات المدن الصناعية الضخمة مثل شيكاغو و نيويورك . فعند تحويل الطاقة من شكل إلى آخر (حسب قانون الديناميكا الحرارية) يذهب إلى الغلاف الغازي جزء من هذه الطاقة و تسخنه ، كما تسهم الكثافة السكانية و الصناعية و حركة المركبات و التدفئة و غير ذلك في ارتفاع درجات الحرارة داخل المدينة بحيث تصبح على شكل جزر حرارية محاطة بالمناطق غير المأهولة الأكثر برودة . و يبلغ هذا التفاوت بين المدينة و المناطق المجاورة لها بضع درجات مئوية ، و قد يزيد الفرق في بعض الأحيان عن ١٠°م ، لذلك ينصهر الجليد و تزهر النباتات في المدن بشكل أسرع من المناطق المجاورة .

و تتكون قبة الغبار فوق المدن نتيجة ارتفاع الهواء الساخن داخل المدن حاملاً معه الجسيمات الدقيقة مكونة طبقة من الملوثات الهوائية العالقة في الهواء يزيد تركيزها بمئات المرات من التركيز فوق المناطق غير المأهولة .

٩-٤-٥ - تلوث الهواء داخل المباني (Indoor Air Pollution) :

يقضي الناس حوالي ٨٥ % من حياتهم داخل أماكن مغلقة مثل المنازل و أماكن العمل و وسائل المواصلات حيث يتنفسون الهواء الموجود داخل هذه الأماكن . و في بعض الحالات تكون ملوثات الهواء داخل هذه الأماكن المغلقة أعلى منها في الخارج في الهواء الطلق (Outdoor) و لعل أهم أسباب تركيز هذه الملوثات ما يلي:

- ١- وجود العديد من الكيمائيات داخل المنازل و المصانع الملوثة للهواء .
- ٢- نظم التدفئة و الطبخ السيئة .

٩-٤-٦- تأثير التلوث الهوائي في البيئة :

لقد أثبت الكثير من الدراسات الوبائية و المخبرية أن المصدر الأساسي للكثير من الأمراض التي يعاني منها الإنسان في النصف الثاني من القرن العشرين مثل أمراض الجهاز التنفسي و أمراض القلب و سرطان الرئة و الإنفلونزا و غيرها هو التلوث الهوائي (Airborne Pollutants) . و قد وصلت معدلات التلوث في مناطق كثيرة إلى درجة الخطر أو بمعنى آخر زادت عن حدود القدرة الاحتمالية لبعض عناصر النظام الحيوي ، وبدأ الكثير من السكان يحسون بمشكلات التلوث و خطورتها .

فالضباب الدخاني (Smog) الذي عرفت تكراره مدينة لندن منذ نهاية القرن التاسع عشر يؤدي إلى تهيج العيون و الصداع و الإعياء ، وأمراض الصدر ، و ضيق التنفس . و تعد أمراض الجهاز التنفسي من أخطر آثار التلوث الهوائي و أكثرها شيوعاً و بخاصة أمراض سرطان الرئة ، و التهابات القصبة الهوائية ، و انتفاخ الرئة ، و صعوبة التنفس ، و تنتج أمراض الجهاز التنفسي عن الحبيبات الدقيقة الملوثة و العالقة في الهواء التي لا يمكن احتجازها في الأنف و من ثم تصل إلى الرئتين .

و قد شهد العالم كوارث حقيقية بسبب التلوث و خاصة بعد الثورة الصناعية ، إذ رافق ارتفاع معدلات التلوث الهوائي وفيات فجائية ، و أسوأ تلك الحوادث ما حصل في مدينة لندن ، عام ١٩٥٢ ، حيث توفي بسبب الضبخان ٤٠٠٠ شخص ، و قد كانت أمراض القلب و الجهاز التنفسي تشكل ٨٤ % من حالات الوفيات تلك . و زادت معدلات الوفيات بسبب التهاب القصبة الهوائية بحوالي عشرة أضعاف عما كانت عليه قبل تكون الضبخان في منطقة لندن .

و أول كارثة في التلوث الجوي تم تسجيلها في الولايات المتحدة . تلك التي تعرضت لها مدينة دونورا (Donora) في ولاية بنسلفانيا ، خلال شهر تشرين الثاني ، عام ١٩٨٤ ، إذ كانت المدينة آنذاك صغيرة و لا يزيد عدد سكانها عن ١٤٠٠٠ نسمة ، و من أهم الصناعات التي كانت تقوم فيها صناعة الصلب ، و صناعة حامض الكبريت و مصنع لإنتاج الزنك ، و في خلال أربعة أيام توفي عشرون شخصاً و مرض ٥٩٠٠ شخص آخرون بسبب تكون الضباب الدخاني .

و قد أرجع لارسن ارتفاع معدلات الوفيات إلى زيادة معدلات تركيز ثاني أكسيد الكبريت في الجو ، و زيادة تركيز الحبيبات الدقيقة العالقة . ذلك أن وجود هذين الملوثن جنباً إلى جنب

يجعل تأثيرهما في الصحة العامة تضافياً . و بمعنى آخر فإن تأثيرهما يفوق حاصل مجموع تأثير كل منهما على حدة .

و بصورة عامة فإن من الصعب التوصل إلى نتائج قطعية حول العلاقة بين ارتفاع معدلات الوفيات و زيادة تركيز الملوثات الهوائية في الجو . و أياً كان الأمر فقد تم تطوير منهجين لدراسة تلك الظاهرة ، المنهج الأول و يعرف بالمنهج الوبائي على حين يعرف المنهج الثاني بالمخبري ، و ذلك يعني إخضاع سموم الملوثات للتجارب المخبرية.

و يقوم المنهج الأول على التحليل الإحصائي لتأثير تلوث الهواء في السكان في الظروف الطبيعية ، و على الرغم من أهمية هذا المنهج فإن عدم الأخذ بعين الاعتبار جميع المتغيرات البيئية يجعل من الصعب تأكيد علاقة السبب و النتيجة بصورة صحيحة . ففي مدينة لوس أنجلوس مثلاً يرى الباحثون أن معدلات التلوث العالية تظهر خلال الفترات التي ترتفع فيها درجة الحرارة . و من ثم زيادة معدلات الوفيات ربما ترجع إلى عامل واحد أو كليهما . و من هنا تأتي صعوبة تحديد القدرة الاحتمالية للسكان بشكل أكيد و واضح . بل إن مثل هذه المواضيع تعد من أصعب الدراسات البيئية .

أما المنهج الثاني فيعتمد على التحصيل المخبري بالدرجة الأولى ، و تحت ظروف معينة حيث يقوم الباحثون بضبط متغير أو متغيرين في المختبر و فحص تأثيرهما في الكائنات الحية الحيوانية (كالحرارة و تركيز الملوثات كل على حدة في فترة تعرض الكائن الحي للملوثات ... الخ) . و بالرغم من التوصل إلى نتائج جوهرية حول تأثير متغيرات التلوث في الكائن الحي إلا أنه لا يمكن تعميم نتائجها على البيئة كما هي في الطبيعة ، لأن البيئة تتضمن عدداً كبيراً من المتغيرات التي تتربط و تتفاعل معاً ضمن علاقات معقدة.

كما تختلف طبيعة العلاقات تلك في وسط المدينة الصناعية عنها في الأطراف أو في القطاع الريفي من منطقة معينة ، أو في المنطقة الطبيعية التي لم تتل منها بعد يد التخريب . ويرجع ٦٦% من أول أكسيد الكربون في المدن الصناعية الأوروبية و الأمريكية إلى حركة النقل و المرور داخل المدن ، و تتوقف معدلات خروج أول أكسيد الكربون من السيارات على سرعة الحركة داخل المدينة ، إذ كلما زادت الحركة قلت معدلات أول أكسيد الكربون الصادرة . و بالتالي فإن تخطيط حركة المرور داخل المدن بصورة جيدة (تسهيل سرعة الحركة) تساعد على تخفيف معدلات الملوثات الهوائية .

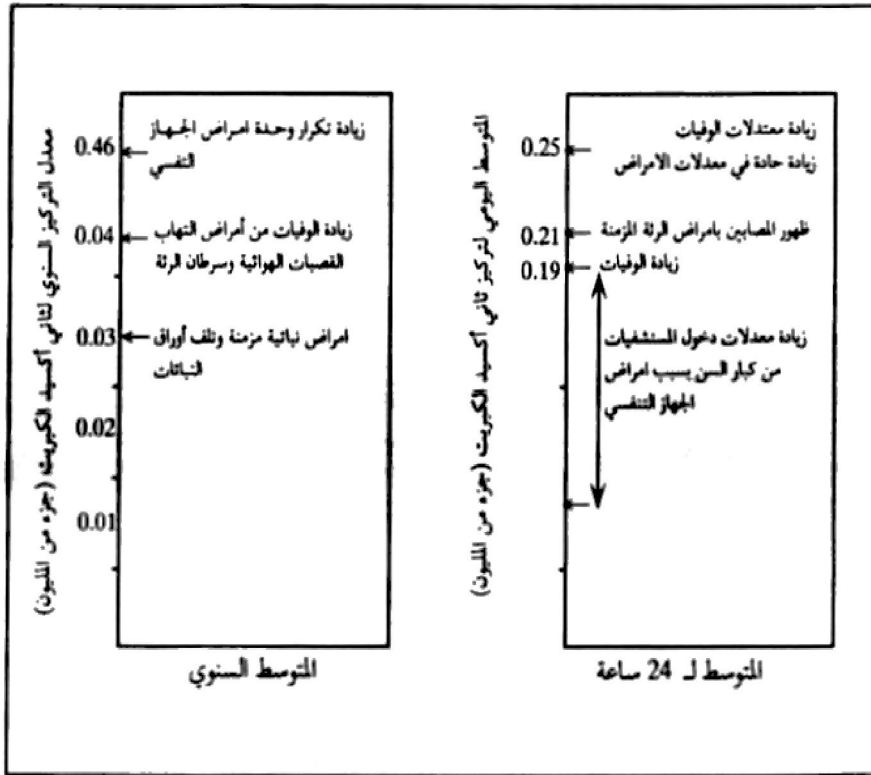
و تؤدي زيادة تركيز معدلات أكاسيد النيتروجين إلى تآكل الألياف القطنية و ألياف النايلون و تآكل المعادن المطلية بالنيكل ، كذلك تؤثر تلك الأكاسيد في النباتات الطبيعية و

نباتات المحاصيل و تدهور الإنتاج مع زيادة تركيز أكاسيد النيتروجين ، كذلك تتزايد أمراض التهاب القصبات الهوائية بزيادة تركيز تلك الملوثات .

وقد أدت زيادة تركيز ثاني أكسيد الكبريت في جو المدينة الصناعية في الولايات المتحدة شمال غرب أوربا إلى تكرار حوادث المطر الحامضي حيث يتساقط ثاني أكسيد الكبريت مع المطر و الثلج.

كذلك يؤدي المطر الحامضي إلى زيادة معدلات التجوية في مواد البناء و المباني و خاصة في الحجر الكلسي ، و الرخام و الإسمنت . إضافة إلى ما سبق زاد في العقدين الأخيرين تركيز ثاني أكسيد الكبريت في المياه السطحية مما أدى إلى اختفاء بعض الكائنات الحية من المجاري النهرية و البحيرات (تخفيض الرقم الهيدروجيني) .

و يعمل ثاني أكسيد الكبريت على زيادة معدلات تآكل المواد المعدنية ، و بالتالي تناقص فترة ديمومتها . أما تأثير ارتفاع معدلات تركيز ثاني أكسيد الكبريت في صحة الإنسان فيظهر ذلك في اضطراب الجهاز التنفسي و ظهور أمراض الرئة المزمنة ، و أمراض القلب ، و كما ذكر آنفاً . تزداد خطورة ثاني أكسيد الكبريت حين يجتمع في الجو مع الملوثات الأخرى الدقيقة . و يبين الشكل (٩-١) ، تأثير تركيز ثاني أكسيد الكبريت و الحبيبات الدقيقة في الصحة العامة ، و تؤكد الدراسات الإحصائية وجود ارتباط إحصائي قوي و مهم بين ارتفاع معدلات الوفيات بأمراض الجهاز التنفسي و صعوبة التنفس و التهاب القصبات الهوائية و درجة تركيز الحبيبات الدقيقة و ثاني أكسيد الكبريت في منطقة سكنية ما .



شكل (١-٩) تأثير تركيز أوكسيد الكبريت والحبيبات الدقيقة في الصحة العامة

٩-٤-٧- حماية الهواء من التلوث

(Controlling Air Pollution) :

تختلف برامج ضبط نوعية الهواء عن برامج ضبط نوعية المياه ، إذ تفرض عمليات ضبط الهواء تحديات أكبر بالمقارنة مع عمليات ضبط المياه ، بسبب الحركة الدائمة للهواء و عدم استقراره . ففي الوقت الذي يتم فيه تنفيذ برامج ضبط المياه ضمن وحدات أرضية محددة ، تعرف باسم (الأحواض المائية) فإنه لا يمكن تنفيذ برامج ضبط الهواء ضمن (أحواض هوائية Air Sheds) إن جاز التعبير ، إذ لا تتحصر الرياح و الملوثات التي تنقلها في منطقة جغرافية محددة كما هو معروف بالنسبة للمجاري المائية التي يتكون منها الحوض المائي . و تحت هذه الظروف فإنه لا يمكن تحديد أحواض هوائية لتكثيف العمل و تنفيذ برامج ضبط الهواء ، و لذلك فإن أفضل الطرق هي تقليل انبعاث الملوثات من مصادرها مع التركيز على تنفيذ برامج أخرى هي :

أ- سن القوانين و التشريعات الخاصة بنوعية الهواء و ضبط تلك النوعية كما هي الحال في قانون الهواء النظيف الأمريكي لعام ١٩٧٠ ، و التعديلات التي أجريت عليه ، التي انتهت بوضع مواصفات لنوعية الهواء ، و انبعاث الملوثات من السيارات و المصانع و محطات توليد الطاقة و غيرها ، و تتضمن تلك المواصفات الثانوية الحد من تأثير تلوث الهواء في المحاصيل الزراعية و الرؤية و المناخ و المواد و راحة الإنسان ، أما المواصفات الرئيسية فقد بنيت على أساس تحديد الآثار الخطيرة للملوثات في صحة الإنسان مع احتياط خاص لكبار السن و الأطفال .

و قد أسهمت التعديلات التي أضيفت إلى قانون الهواء النظيف ، في عام ١٩٧٧ ، في الحد من تدهور نوعية الهواء في الولايات المتحدة ، كذلك أسهم قانون السلامة المهنية و الصحة الأمريكي الذي وضع عام ١٩٧٠ ، في وضع مواصفات للحد من أخطار التعرض للمواد السامة و الخطرة أثناء العمل في المصانع و المهن الصناعية المختلفة. و من الجدير بالذكر أن إدخال مبدأ (الملوث يدفع) في قانون البيئة يساهم في تشجيع الصناعات في البحث عن وسائل و طرق جديدة للحد من التلوث بالرغم من أن هذا الإجراء يزيد من كلفة الإنتاج الصناعي . بالإضافة إلى ذلك لا بد من عقد الاتفاقات الدولية لحماية الهواء و المناخ على المستوى الإقليمي و العالمي .

ب- نشر الوعي البيئي الخاص بالتلوث بين السكان و إشراكهم في عملية اتخاذ القرار حول الحد من التلوث مثل ترك سياراتهم في منازلهم أياماً معينة ، و استعمال المواصلات العامة لتقليل عادم السيارات من جهة و توفير الطاقة من جهة أخرى . و قد طبقت مثل هذه المعايير في اليابان و الدانمارك و السويد و إيطاليا و اليونان ، و قد أدى هذا الإجراء في مدينة بروكسيل (في بلجيكا) مثلاً إلى خفض نسبة غاز أكسيد النيتروجين في أيام العطلات إلى ٧٥ % و ثاني أكسيد الكربون إلى ٩٠ % .

ج- استغلال مصادر الطاقة البديلة مثل الطاقة الشمسية و الرياح و المد و الجزر و طاقة باطن الأرض . و اتجهت الجهود العلمية في الوقت الحاضر ليس فقط إلى الحد من استهلاك الوقود الحفري و معالجته لتقليل حجم الملوثات ، و إنما تطوير استخدام مصادر الطاقة الأخرى.

د- تخطيط المدن بصورة أفضل ، ومراقبة نموها السكاني ، و نمو الأنشطة الاقتصادية و بخاصة الصناعية و تخطيط حركة المرور و ذلك للحد من حجم الملوثات ، و كذلك يراعى التخطيط الجيد زيادة المساحات الخضراء في المدينة ، إذ يجب ألا تقل المساحة الخضراء في المدينة عن ١٥ % من مساحتها . إن زيادة المساحات الخضراء يعني زيادة إنتاج الأوكسجين و

زيادة استهلاك ثاني أكسيد الكربون بفعل الغابات ، إضافة إلى قيمة المساحات الخضراء من الناحية الجمالية و الترفيهية .

و تتضمن عملية تخطيط المدن أيضاً تشجيع بناء مدن صغيرة بدلاً من استمرار المدن الكبيرة في النمو و التضخيم ، وتحديد النشاط الصناعي في المدن ، عدم السماح بإقامة أنشطة صناعية جديدة ، و كذلك تحديد المسافات المناسبة بين المدن لتخفيف حدة الضغط الحضري و السكاني في الأقاليم المختلفة.

و قد أدى النمو العشوائي للمدن في الفترات السابقة إلى التحام المناطق السكنية بالمناطق الصناعية ، أو تطويق المناطق الصناعية بحيث أصبحت الأخيرة في كثير من المدن تقع في وسط المناطق السكنية ،حتى أصبح التخلص من هذا الوضع بهدف حماية البيئة أمراً مكلفاً إن لم يكن متعذراً .

هـ- استعمال تكنولوجيا متقدمة لضبط التلوث و تطويرها باستمرار و ذلك للوصول إلى المواصفات المعتمدة من خلال :

١- السيطرة على مدخلات التلوث (Input Control Methods) ، التي تعالج المشكلة قبل حدوثها ، و هي طريقة ذات فعالية عالية و أقل كلفة على المدى البعيد ، ويعالج كل نوع من الملوثات بطريقة خاصة .

٢-السيطرة على مخرجات التلوث (Output Control Methods) ومعالجة التلوث حال دخوله إلى البيئة ، و تمتاز هذه الطريقة بصعوبة التطبيق و الكلفة العالية .

٩-٤-٨- الآثار الكونية للتلوث :

إن التأثيرات التي يمكن أن يحدثها تلوث الهواء في مكونات النظام البيئي على نطاق محدود كالمدن و المناطق الصناعية ، و لكن يمكن لتلوث الهواء أن يحدث تأثيرات تمتد على مساحات واسعة تشمل الغلاف الجوي للكرة الأرضية (تغير المناخ أو الاحترار العالمي - الأمطار الحامضية - تدمير طبقة الأوزون) .

يعتبر الغلاف الجوي مورداً طبيعياً أساسياً ، فمكوناته بالصورة الموجود عليها هي أساس الحياة على سطح الأرض . كما يعتبر مورداً جارياً (Flow Resource) أو متجدداً (Renewable Resource) كما يصنفه البعض . فهو يحتوي على الأكسجين و النيتروجين و الكربون ، و هذه العناصر و غيرها يتفاعل بعضها مع بعضها الآخر بفعل الطاقة الشمسية التي تحولها إلى أشكال مختلفة من المركبات الملائمة لاستهلاك النبات و الحيوان، و هي تتوافق في نظام تحكمه قوانين تضبط تناسق الأنظمة الطبيعية لكوكب الأرض . فالدورة الهوائية العامة

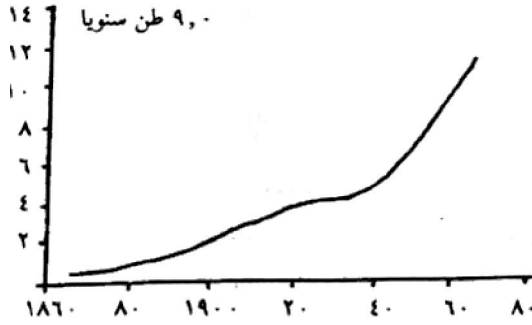
والدورة الهيدروولوجية والدورة البيولوجية والدورات الجيومورفولوجية و دورة الطاقة تعمل جميعاً في توافق ضمن نظام بيئي عام يمثل وحدة العالم و يكفل البقاء لأنظمتها البيئية متماسكة متوازنة كما خلقها الله .

و من أهم الدورات التي تحدث ضمن الغلاف الجوي دورة الأكسجين و دورة ثاني أكسيد الكربون و دورة النيتروجين . فالأوكسجين الذي يمثل ٢١ % تقريباً من مجمل حجم الغلاف الغازي يعتبر أحد ضرورات الحياة ، و هذا أيضاً له المقدرة على امتصاص الإشعاع الشمسي ، و العكس في النيتروجين الذي يمثل نحو ٧٨ % من حجم الهواء ، و بعض أنواع البكتيريا التي توجد في عقد جذور النباتات البقولية لها المقدرة على تثبيت النيتروجين اللازم لخلق مركباته التي توجد في جميع أشكال الحياة على سطح الأرض .

و إلى جانب الأكسجين و النيتروجين اللذين يمثلان نحو ٩٩ % من حجم الهواء الجاف (قرب سطح الأرض) توجد عناصر أخرى تؤلف جميعها النسبة الصغيرة الباقية من حجم الهواء و أهمها الأرجون (Argon) الذي يمثل وحده ٠.٩٣ % ، يليه بقية العناصر التي تقاس بأجزاء من المليون أو البليون و هي ثاني أكسيد الكربون (٣٤٠ جزء في المليون) و النيون (Neon) و الهليوم و الكريبتون (Krypton) و الميثان و الهيدروجين و أكسيد النيتروجين و أول أكسيد الكربون و الأوزون و الرادون و غيرها .

و من الغازات التي أخذت تزداد زيادة كبيرة في الغلاف الجوي نتيجة لأنشطة الإنسان و خاصة الصناعية ثاني أكسيد الكربون ، فعلى الرغم من أنه يمثل نسبة ضئيلة جداً من حجم الهواء (٠.٠٣ %) إلا أنه مسؤول إلى حد كبير عن تسخين الغلاف الجوي . و هو مشارك أساسي في عملية التمثيل الضوئي للنبات ، و يسمح بمرور الإشعاع الشمسي ذي الموجات القصيرة ، على حين يمتص الإشعاع الأرضي ذا الموجات الطويلة ، و هو من الأشعة تحت الحمراء (Infrared) التي تتسبب في رفع درجة حرارة الغلاف الجوي و خاصة في الطبقة السفلى منه حيث يمثل ثاني أكسيد الكربون و معه غازات أخرى عديدة (مصيدة الحرارة) قرب سطح الأرض و هو ما يطلق عليه (الاحتباس الحراري) أو (أثر الصوبة) (Greenhouse Effect) .

و لقد ثبت من القياسات التي أجريت منذ أواخر القرن التاسع عشر أن هذه النسبة قد ارتفعت بالفعل ارتفاعاً مطرداً ليس فقط فوق اليابسة و بل فوق المحيطات أيضاً، و قد قدرت نسبة الزيادة بحوالي ١٤ % عام ١٩٦٠ عنها في مطلع القرن العشرين (Robnson, 1986) (انظر الشكل ٩-٢) .



شكل (٩-٢) ازدياد ملوثات الهواء بين ثاني أكسيد الكربون من مصادر الوقود الحفري فقط
(عن Williamson)

و طبقاً للتقارير الحديثة زاد ثاني أكسيد الكربون بنسبة تتجاوز ١٢ % خلال السنوات الثلاثين منذ أوائل الستينات من القرن العشرين (تقرير البنك الدولي ، ١٩٩٢) . و إذا كانت نسبة ثاني أكسيد الكربون في الجو قد زادت زيادة كبيرة بسبب تلوث الهواء فإن هناك عاملاً آخر بشرياً يسهم في ارتفاع نسبة ثاني أكسيد الكربون في الجو و هو إزالة الغابات ، فالنباتات على اليابسة تأخذ ثاني أكسيد الكربون في المادة الحية . و قبل أن يتدخل الإنسان و يعرقل الدورة الطبيعية للكربون كانت كمية الكربون التي يثبتها النبات كل عام تعادل كمية الكربون التي تطلق إلى الجو في صورة ثاني أكسيد الكربون من عمليات التنفس و التحلل . و معنى ذلك أن تدخل الإنسان بإزالة الغطاء النباتي و خاصة الغابات على نطاق واسع يخل بدورة الكربون حيث يقلل فرص تثبيت النباتات لثاني أكسيد الكربون و بالتالي ترتفع نسبته بالجو .

و هناك غازات أخرى أصبحت من مكونات الغلاف الجوي الرئيسية خاصة في المناطق الصناعية نذكر منها ثاني أكسيد الكبريت و أكاسيد النيتروجين التي أخذت تزداد في الجو نتيجة لزيادة استخدام الوقود الحفري (الفحم و البترول و الغاز الطبيعي) . و هذه الملوثات مع اتحادها بالرطوبة الجوية و مياه المطر تؤدي إلى تكون ما يعرف بالمطر الحمضي (Acid Rain) الذي يمثل مشكلة بيئية خطيرة تواجه الأقطار الصناعية . و قبل تدخل الإنسان كانت نسب هذه الغازات بالجو ضئيلة جداً حيث يمثل ثاني أكسيد الكبريت و أكسيد النيتروجين جزءاً واحداً في البليون لكل منهما و لكن زادت كمية هذه الغازات في الجو بما قدر بنحو ٩٠ مليون طن للأول و ٢٥ مليون طن للثاني عام ١٩٩٢ كما سنرى فيما بعد .

و من الغازات الأخرى التي كانت تمثل نسبة ضئيلة أيضاً من حجم الغلاف الجوي أول أكسيد الكربون (ما يتراوح بين ٠.٠٥-٠.٢ جزء من المليون) و لكنه زاد زيادة كبيرة في الجو

نتيجة للتلوث ، و تتسبب وسائل النقل و خاصة السيارات بنحو ٦٠ % مما يدخل منه من الملوثات الصناعية .

و إلى جانب هذه الغازات الكيماوية هناك بخار الماء الذي يحمله الهواء في الطبقة السفلى للغلاف الجوي و تتراوح نسبته بالجو ما بين ٤ % من حجمه في المناطق الحارة الرطبة، و أقل من ١ % في المناطق الباردة من خط عرض ٥٠° حتى القطب ، و برغم صغر هذه النسبة فإنه يمثل مصدر جميع أشكال التكاثف و التساقط .

و بخار الماء له أهميته حيث إنه منفذ للإشعاع الشمسي أكثر من الإشعاع الأرضي ، و من ثم يعمل كعائق دون تسرب الإشعاع الأرضي بسرعة إلى طبقات الجو العليا و يحميها من التناقضات الكبيرة في درجات الحرارة .

أما الغبار و الذرات العالقة في الغلاف الجوي والتي يطلق عليها (Aerosols) فهذه تتسبب فيها الطبيعة بنسبة كبيرة ، و لكن الأنشطة البشرية المتزايدة قد أدت إلى زيادة نسبة الغبار في الجو و التي يقدرها البعض بنحو ٢٠% من جملة ما يدخل الغلاف الجوي من غبار ، و النسبة الباقية تستأثر بها العوامل الطبيعية و في مقدمتها الغبار البركاني و العواصف الترابية . و هذه العوامل تتسبب من وقت إلى آخر في زيادة نسبة الغبار في الجو ، و لكن مهما زادت فإن العمليات الديناميكية في الغلاف الجوي قادرة على التعامل مع هذه الملوثات وتوزيعها وبالتالي عودة الغلاف الجوي إلى طبيعته ، قد تستغرق هذه العمليات فترة طويلة خاصة في حالة ثوران البراكين العنيفة . فعلى سبيل المثال عندما ثار بركان كراكاتو الشهير عام ١٨٨٣ بإندونيسيا (جزر الهند الشرقية) قذف برماد بركاني قدر حجمه ببضعة كيلو مترات مكعبة في الغلاف الجوي ، و هذه الكمية يعتقد بأنها قد ترسبت كلها على سطح الأرض في أقل من خمس سنوات .

أما الغبار الذي تذروه الرياح فسرعان ما يترسب خاصة بعد هدوء الرياح و انتهاء العواصف الترابية ، كما تعمل الأمطار على غسل الغبار مثل المطر الأحمر (Red Rain) الذي يسقط على جنوب أوروبا في بعض الأحيان ، و هو نتيجة لعملية تنظيف الغبار الذي تحمله الرياح التي تهب على أوروبا قادمة من الصحراء الإفريقية محملة بكميات كبيرة من الغبار ، كما هو الحال في رياح السيروكو المحلية التي تتسبب في المطر الأحمر على إيطاليا .

و قد أثبتت القياسات التي أجريت في مناطق مختلفة من العالم منذ الثلاثينيات من القرن العشرين و في أماكن متباعدة مثل سويسرا و إقليم القوقاز و جزر هاواي ارتفاعاً حاداً في الغبار و المواد العالقة بالجو .

و إلى جانب العواصف الترابية و الغبار البركاني كعوامل طبيعية تلوث الجو فهناك أيضاً مصدر طبيعي آخر يسهم في ذلك و هو الأدخنة المتصاعدة من حرائق الغابات و الحشائش التي تحدث بفعل صواعق البرق ، و تحدث هذه الحرائق بالآلاف سنوياً ، و أحياناً يتسبب الإنسان نفسه في هذه الحرائق كما هو الحال في السافانا الإفريقية . وهناك أيضاً مصدر طبيعي آخر يتسبب في إضافة عناصر غازية إلى الجو مثل ما يتصاعد من تحلل المواد العضوية من غازات مثل الميثان الذي يتولد في المستنقعات و المواد النباتية المتعطنة و مثل سلفات الهيدروجين من النفايات و المواد المتحللة .

من العرض السابق يتضح أن العوامل الطبيعية تسهم في ملوثات الجو منذ القدم ، ولكن الأنشطة البشرية قد أضافت كميات هائلة من الملوثات إلى الغلاف الجوي و خاصة من الصناعة و محطات الطاقة التي تعمل بالوقود الحفري ، و كذلك وسائل النقل ، و أن الغلاف الجوي بتركيبته التي أوجده الله بها قد تغيرت بنسب متفاوتة من عنصر إلى آخر . و قد قدر أن نسبة ما يسببه الإنسان في تلوث الهواء من المصادر البشرية إلى جملة المصادر من بعض العناصر الأساسية تبلغ نحو ٧٠% في ثاني أكسيد الكبريت و ٦٠% في أول أكسيد الكربون و ٢٠% في ثاني أكسيد الكربون ، و من ثم زادت نسبة الملوثات عما كان يستوعبه الغلاف الجوي من المصادر الطبيعية ، وبالتالي أصبحت العمليات الديناميكية للنظم البيئية عاجزة عن التعامل مع هذه الملوثات و إعادة توازنها من جديد . و بذلك حول الإنسان ظاهرة التلوث الجوي في المناطق الرئيسية للتلوث الجوي في العالم (شكل ٩-٣) إلى مشكلة ظهرت بشكل حاد منذ الثورة الصناعية نتيجة للطفرة الكبيرة التي حدثت في نمو الصناعة و استخدام الوقود الحفري و التوسع في وسائل النقل حتى أصبحت الملوثات التي يضيفها الإنسان إلى الغلاف الجوي يفوق خطرها بكثير خطر الملوثات الطبيعية ، حتى أصبح الإنسان لا يدفع ثمن تقدمه العلمي و الصناعي فقط ممثلاً في تلوث البيئة و ما يسببه من مردودات سلبية عليه و لكنه أيضاً أصبح المهدد الأول لها. وعلى حد تعبير ميلر J.L.Mayler في كتاب يعالج البيئة العضوية باسم (الأزمة البيئية Eco-Crisis) أن الإنسان يعاني من مرض بيئي فرضته التكنولوجيا (Mayler, 1970) .



شكل (٩-٣) محاولة لتوزيع المناطق الرئيسة لتلوث الهواء في العالم

و المشكلة أن الإنسان لا يتعامل مع البيئة و الموارد الطبيعية بما يحفظ لها توازنها و تجدها . فمن قوانين الطبيعة الأساسية أن العمليات التي تحكم النظم البيئية تتصف بالديناميكية و هي عمليات قد يصيبها الإنهاك ، و لكنها سرعان ما تستعيد شبابها و توازنها من جديد ، و النقطة الحرجة التي تحفظ لها هذا التوازن هي ما يقصده علماء البيئة (بالضغط الحرج) (Critical Stress) و هي النقطة التي تصل عندها الدورات الطبيعية إلى درجة الفساد بحيث يختل توازنها الطبيعي . و من ثم فإن النقطة الحرجة بالنسبة للإنسان هي كيف يمكنه أن يستغل موارد البيئة و منها الغلاف الجوي بطريقة تتجدد فيها العمليات الطبيعية بدلاً من أن تتدهور و تختل .

و فيما يلي دراسة تفصيلية للتغيرات المناخية الناجمة عن الأنشطة البشرية و خاصة الصناعية .

أولاً- الاحترار العالمي Global Warming (تغير المناخ) :

الاحتباس الحراري (أثر الصوبة) :

إن تأثير الصوبة (Greenhouse Effect) أو ظاهرة البيوت الزجاجية و ما يترتب عليه من تغير الحرارة فوق سطح الأرض يرجع إلى انحباس ثاني أكسيد الكربون و غيره من الغازات قرب سطح الأرض بما لا يسمح بتشتتها في الغلاف الجوي .

فالمعروف أن الغلاف الجوي يوصل الإشعاع الشمسي إلى الأرض ، و هو أساساً من الأشعة فوق البنفسجية ذات الموجات القصيرة ، و هذا الإشعاع يعيد السطح انبعائه إلى الجو في شكل موجات أشعة تحت حمراء ، و هذه بدلاً من تشتتها يقتصها الغلاف الجوي قرب سطح الأرض . و يزيد من ذلك الغازات المنحسبة الأخرى التي تعمل على ارتفاع درجة الحرارة و في مقدمتها ثاني أكسيد الكربون والغبار و المواد العالقة ، مما تسببه ظاهرة الصوبة التي تسمح باقتناص الإشعاع الشمسي و تعوق الإشعاع الأرضي المرتد من التشتت في طبقات الجو العليا محدثاً ما يشبه أثر الصوبة . إذن فإن زيادة ثاني أكسيد الكربون و غازات الصوبة الأخرى ستؤدي إلى ارتفاع درجة الحرارة .

و قد ظلت المعرفة بأثر (الصوبة) على المناخ و ما تسببه من احترار أو دفء تشغل بال العلماء منذ القرن التاسع عشر ، بل إن فوريير J.B.Fourier هو أول من أطلق هذا المصطلح (Greenhouse Effect) عام ١٨٢٤ . و في أعوام ١٨٩٦-١٩٠٣-١٩٠٨ نشر العالم السويدي أرثينوس S.Arthenius في ثلاث مقالات متتابعة أن احتراق الفحم سيزيد من تركيز ثاني أكسيد الكربون في الجو و سيعمل على تدفئة الأرض (The World Bank, 1998) .

و قد ظل أثر الصوبة على المناخ محل جدل منذ أواخر القرن التاسع عشر حول ما إذا كان ثاني أكسيد الكربون في الجو سيزداد . و عن مدى تأثير هذه الزيادة على درجة الحرارة في العالم . و قد أثبتت الملاحظات و الدراسات الدقيقة التي أجريت منذ ذلك الحين حتى الوقت الحاضر أن هناك زيادة مطردة في نسبة ثاني أكسيد الكربون بالجو . و منذ عام ١٩٥٨ أخذت عمليات رصد ثاني أكسيد الكربون تزداد اتساعاً ، وقدرت نسبة الزيادة بنحو ١٤ % عام ١٩٦٠ عنها في مطلع هذا القرن ، و ذلك من ثاني أكسيد الكربون المنبعث من الوقود الحفري . حتى المناطق البعيدة عن الأقاليم الصناعية قد شهد الجو فيها زيادة ثاني أكسيد الكربون ، فقد أثبتت القياسات من عمليات الرصد أن هذا الغاز قد زاد فوق القارة القطبية الجنوبية (أنتاركتيكا) بمقدار ١.٣٠ جزء في المليون .

و قد أثبتت القياسات التي أجريت في فترة أحدث (١٩٦٠-١٩٨٥) أن مستويات ثاني أكسيد الكربون قد زادت فوق جزر هاواي من ٣٢٠ جزء في المليون إلى أكثر من ٣٤٠ جزء في المليون .

هذا و قد تطور انبعاث ثاني أكسيد الكربون تطوراً كبيراً نتيجة للتطور الصناعي و إطراد زيادة الملوثات الصناعية ، فقد قدر أن جملة انبعاث ثاني أكسيد الكربون في العالم بلغت سنة ١٩٦٥ نحو ٣٠١٢ مليون طن من الكربون ، وصلت إلى ٥٩٢٢ مليون طن عام ١٩٨٩ ، وإلى ٦ بليون طن من الوقود الحفري فقط عام ١٩٩٢ . و هذه الكمية موزعة على الدول الرئيسية كما يوضحها الجدول رقم (٩-١١) .

و يعتبر ثاني أكسيد الكربون أهم غازات (الصوبة) حيث يمثل نحو ٦٠% من مجمل هذه الغازات ، يليه الميثان بنسبة ١٥% ، و الكلوروفلوروكربون (C.F.C) ١٢% ، و ٨% لأوزون طبقة تروبوسفير ، و ٥% لأكسيد النيتروز ، كما أن بخار الماء من أهم الغازات الطبيعية .

أما عن أثر زيادة ثاني أكسيد الكربون و غازات (الصوبة) الأخرى فقد كان هناك تناقض في الآراء حول هذه النقطة ، إذ إن البعض و هم القلة يرون أن زيادة ثاني أكسيد الكربون و غيره من الغازات و المواد العالقة تؤدي إلى انخفاض درجة الحرارة على مستوى العالم ، نظراً لفقدان نسبة من الإشعاع الشمسي الواصل إلى الأرض بفعل الامتصاص و التشتت كما سبق القول ، وقد حاول بونتي Ponte إرجاع الانخفاض الذي حدث في درجات حرارة العالم في الفترة من الأربعينيات إلى السبعينيات إلى هذا العامل ، و لكنه لم يذكر أن الأعوام التالية (فترة الثمانينيات) شهدت أدفاً عقد منذ القرن الثامن عشر إذا زادت درجة الحرارة بمعدل ١/٢ درجة مئوية عما ساد العالم منذ قرن مضى ، و يرى جون جريبين J.Gribbin أن هذا يتمشى مع التوقعات المبنية على تقديرات ظاهرة (الصوبة) و إن كان نصف الكرة الشمالي قد شهد انخفاضاً نسبياً عام ١٩٨٤-١٩٨٥ نتيجة لأثر بركان (تشيشون) Chichon عام ١٩٨٢ و حجبته لأشعة الشمس ، وقد عادت الحرارة إلى الارتفاع بعد ذلك .

جدول رقم (٩-٤) تطور انبعاث ثاني أكسيد الكربون في الفترة ١٩٨٩-٦٥ في بعض الدول
(ملايين الأطنان من الكربون)

الدولة أو الإقليم	١٩٦٥	١٩٨٩
الولايات المتحدة	٩٤٨	١٣٢٩
المملكة المتحدة	١٧١	١٥٥
ألمانيا	١٧٨	١٧٥
اليابان	١٠٦	٢٨٤
الصين	١٣١	٦٥٢
الهند	٤٦	١٧٨
الشرق الأقصى و شمال أفريقيا	٣٧	١٨٩
جملة العالم	٣٠١٢	٥٨٢٢

المصدر : معدل عن جدول أ-٩ ص٤٢٢ تقرير البنك الدولي ١٩٩٢

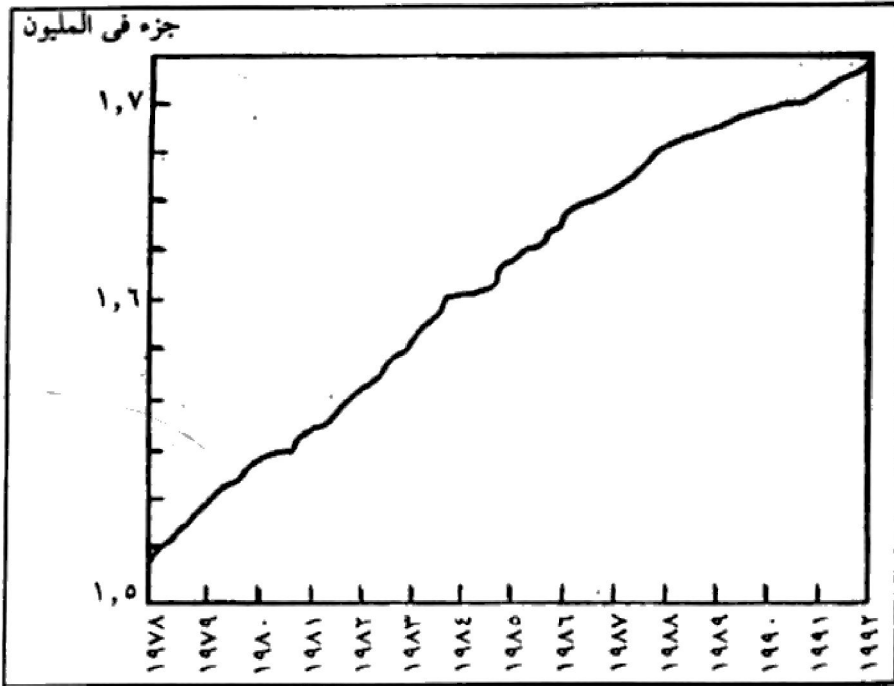
و لعل من أهم مؤيدي الفرضية القائلة بانخفاض درجة الحرارة نتيجة للغبار البركاني هو إدسو Idso كما أشرنا من قبل ، و في مقالاته منذ عام ١٩٨١ يرى أن زيادة ثاني أكسيد الكربون لها أثر لا يستحق الذكر بل ربما يؤدي إلى البرودة و ليس الدفاء - حتى على مستوى العالم . وقد تعرضت آراؤه هذه لهجوم كبير من أنصار الرأي القائل بارتفاع درجة الحرارة . و في تقرير لمجلس الأبحاث القومي الأمريكي U.S.National Research Council عام ١٩٨٢ اتهمت الطرق التي اعتمد عليها إدسو Idso بالخلل و أن ملاحظاته و تفسيراته ليست مكتملة .

و يستند الرأي القائل بارتفاع درجة الحرارة نتيجة لزيادة ثاني أكسيد الكربون و الغبار و المواد العالقة بالجو على أن هذه العناصر تقلل من الفاقد من الإشعاع الأرضي إلى الفضاء ، و لقدرة هذه العناصر على امتصاص كل من الإشعاع الشمسي و الأرضي فإن ذلك يؤدي إلى زيادة في درجة حرارة الجو ، و يقدر علماء الأرصاد الجوية أنه لولا وجود ثاني أكسيد الكربون لانخفض معدل درجة حرارة الكرة الأرضية بمقدار ٢٠° ف (حوالي ١١ م) .

أما عن تقديرات ارتفاع درجة الحرارة الناجم عن زيادة ثاني أكسيد الكربون في الجو فقد قرر روبنسون Robinson أن زيادة هذا العنصر نتيجة لتنامي الأنشطة البشرية ، وخاصة الصناعية من ٣٠٠ جزء في المليون إلى ٦٠٠ جزء في المليون يتوقع له أن يرفع درجة الحرارة بحوالي $1\frac{1}{2}$ م، بل إن الإسقاطات المستقبلية باستخدام النماذج الرياضية لتقدير الزيادة في

درجة حرارة الأرض نتيجة لتضاعف ثاني أكسيد الكربون تتراوح بين $1\frac{1}{2}$ و $4\frac{1}{2}$ م . و في أحدث التقارير العلمية التي وضعها فريق دولي من الخبراء المعنيين بتغير المناخ فإن الآثار المباشرة للاحتباس الحراري (من ثاني أكسيد الكربون و غازات الصوبة الأخرى) تؤدي إلى زيادة الحرارة بنحو ١.٢ م .

و تدل قياسات ثاني أكسيد الكربون أنه كان يمثل ٢٦٠ جزء في المليون فقط قبل الثورة الصناعية ثم أخذ يزداد منذ ذلك الحين حتى بلغ ٣١٠ جزء في المليون عام ١٩٧٥ ، ثم أخذ يزداد بمعدل جزء واحد في المليون تقريباً حتى وصل ٣٣٥ جزء في المليون عام ١٩٨٠ ، و يبلغ حالياً نحو ٣٥٠ جزء في المليون ، و يتوقع له أن يصل إلى ٤٥٠ جزء في المليون بحلول عام ٢٠٥٠ ، على أساس ما يقدر البعض بمعدلات متزايدة لثاني أكسيد الكربون تبلغ نحو ٢ جزء في المليون سنوياً .



شكل (٩-٤) مستويات غاز الميثان في الغلاف الجوي في الفترة من ١٩٧٨-١٩٩٢ (عن ماكنزي)

و يعتقد البعض أن التغيير في تركيب مكونات الغلاف الجوي و خاصة ثاني أكسيد الكربون له أثره على توازن الغلاف الجوي و على دورة هذا العنصر مع الغلاف الحيوي و الغلاف المائي . و يذهب البعض إلى أكثر من ذلك فيرون أن تغيراً كبيراً في الغلاف الجوي يمكن أن يحدث في المستقبل البعيد . و يبنون تصورهم هذا على ما حدث في الماضي السحيق من اختلافات ضخمة في تركيب عناصره الأساسية ، فمنذ بلايين السنين كان الغلاف الجوي يتألف أساساً من غاز الميثان Methane و الأمونيا Amonia ، و هذا التركيب يختلف كلية عن مكونات الجو الأساسية في الوقت الحاضر . و لغاز الميثان تأثيره على درجة الحرارة ضمن غازات (الصوية) . و تدل الدراسات على أن مستويات غاز الميثان في الغلاف الجوي آخذة في الزيادة كما يتضح من شكل (٩-٤) .

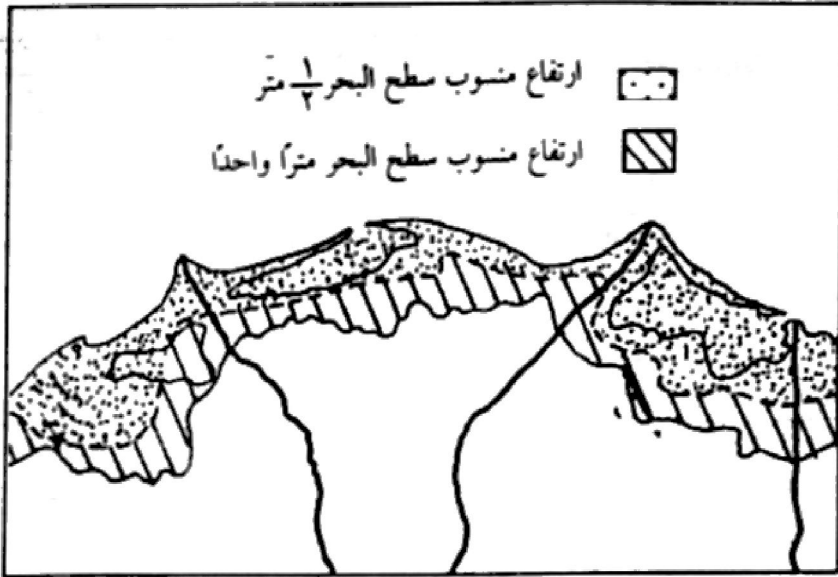
أثر ارتفاع درجة الحرارة :

نأتي الآن إلى الآثار الناجمة عن ارتفاع درجة حرارة العالم نتيجة لأثر الصوية أو (الاحتباس الحراري) قرب سطح الأرض . و الرأي السائد أن الارتفاع المطرد في الحرارة يمكن أن يؤدي إلى ذوبان الجليد في المناطق القطبية و قمم المرتفعات المغطاة بالثلوج و انصراف المياه الذائبة بكميات هائلة إلى البحار و المحيطات ، مما يؤدي إلى ارتفاع منسوب سطح البحر بالنسبة لليابس ، و بالتالي غمر الأراضي الساحلية و الجزر المنخفضة . و تختلف تقديرات هذا الارتفاع طبقاً للاختلافات حول مدى ارتفاع درجة الحرارة كما سبق أن ذكرنا .

فقد نشرت وكالة حماية البيئة الأمريكية عام ١٩٨٨ تقريراً حول التوقعات الطويلة الأمد، يرى أن منسوب سطح البحر سيرتفع متراً واحداً بحلول عام ٢١٠٠ ، و لكن من واقع تحليل سجلات ١٩٣ محطة لقياس اتجاه مستوى سطح البحر ظهر ارتفاع مقداره ١٢ سم على مدى قرن من الزمن (١٨٨٠-١٩٨٠) . و تمكن فريق بحث آخر من توقع أن الارتفاع سيتراوح بين ٢٠-٣٠ سم بحلول عام ٢٠٥٠ . و يفرض أن مضاعفة ثاني أكسيد الكربون ستسبب ارتفاعاً

في درجة الحرارة مقداره ٣ م فإن مستوى سطح البحر سيرتفع ما بين ٤٠-٦٠ سم في منتصف القرن القادم . بل إن البعض يقترح الارتفاع بنحو متر واحد فوق منسوبه الحالي على عام ٢٠٥٠ و ليس ٢١٠٠ كما ذكر من قبل .

و هناك تقديرات تعطي قيمة مرتفعة كثيراً عن هذه الأرقام ، فقد اقترح هوفمان Hoffman و كيز Keyes و تيتاس Titas عام ١٩٨٣ بأنه بمرور الزمن و على المدى الطويل فإن ارتفاع درجات الحرارة و ذوبان الجليد في المناطق القطبية و تمدد مياه المحيطات ربما تؤدي إلى رفع منسوب سطح البحر بما يتراوح بين ٣ و ٤ أمتار . و لكن طبقاً لأحدث التقارير (عام ١٩٩٠) يرجح أن المدى المتوقع لارتفاع مستوى سطح البحر سيتراوح بين ٠.٢-٠.٧ متراً بحلول عام ٢٠٧٠ .

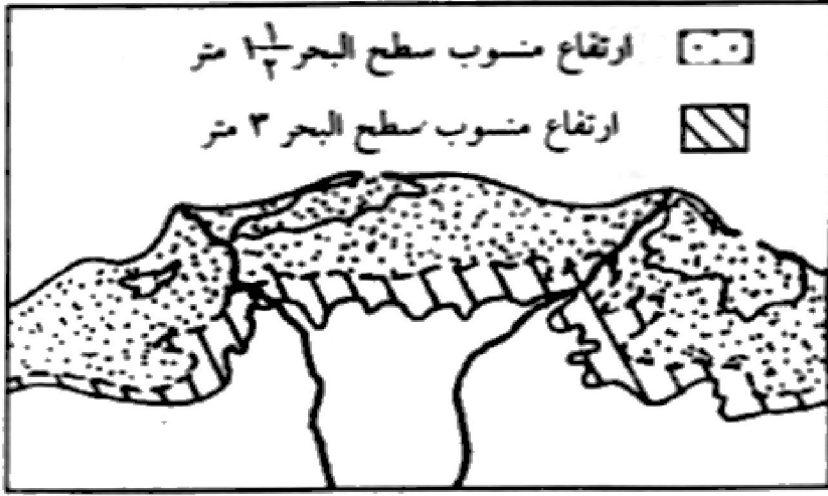


شكل (٩-٥) الأراضي التي يتوقع غمرها بمياه البحر

و رغم هذا التباين الكبير في التقديرات السابق ذكرها فإن أخطر الأبعاد البيئية لارتفاع منسوب سطح البحر هو طغيان مياه البحر و المحيطات على السواحل و الأراضي المنخفضة في كافة بقاع العالم ، بل إلى اختفاء جزر و مدن بأكملها تقع عند منسوب سطح البحر الحالي أو تحته . و يذكر جريبين J.Gribbin في كتابه الذي سبقته الإشارة إليه ضمن الأمثلة التي ذكرها ما ستعرض له دلتا النيل نتيجة لارتفاع منسوب سطح البحر اعتماداً على إسقاطات لبرنامج الأمم المتحدة للبيئة (UNEP) و دعمها بخريطة لدلتا النيل (شكل ٩-٥) . و قد قرر أنه بارتفاع منسوب سطح البحر ١/٢ متر فقط ستغمر المياه مساحة قدرها ١٧٥٤ كم^٢ و يتأثر بها من السكان نحو ٣.٣ مليون نسمة . و إذا ما ارتفع هذا المنسوب متراً واحداً كما هو

متوقع بعد منتصف القرن القادم بقليل سيطنغى البحر على مساحة قدرها ٤٤٧٦ كم^٢ ، و يتأثر من السكان نحو ٥.٣ مليون نسمة .

و هناك تقديرات متشائمة مبنية على تقديرات مبالغ فيها عن ارتفاع منسوب سطح البحر ، فقد أورد لين Lean و هنريتشسن Hinrichsen في الأطلس القيم الذي نشره عام ١٩٩٢ أن دلتا النيل ستعرض أطرافها الشمالية للغمر بحلول عام ٢٠٥٠ بما يقرب من ١٩ % من مساحة الأراضي الزراعية و يسكنها نحو ١٦ % من السكان . و قد أوردنا خريطة للدلتا تبين الأراضي التي يتوقع أن تغمر بمياه البحر عند ارتفاع منسوبه إلى $1\frac{1}{2}$ م و إلى ٣ أمتار (شكل ٩-٦) . و هي أرقام مبالغ فيها حيث إن عدداً من العلماء قد قدروا في عام ١٩٠٠ الارتفاع المتوقع لمنسوب سطح البحر بما يتراوح بين ٠.٢ - ٠.٧ متراً عام ٢٠٧٠ كما سبق القول . و من هنا فإن خريطة جريبين (شكل ٩-٢) أقرب إلى هذا التقدير و خاصة الأجزاء المظللة بمستوى سطح البحر عند ارتفاعه $\frac{1}{2}$ متر .



شكل (٩-٦) نقلاً عن أطلس البيئة

و قد ذكر (أطلس البيئة) أمثلة أخرى للأراضي التي ستعرض للغمر من الجزر و الأراضي الساحلية و دلتات الأنهار أنه في حالة دولة مثل بنغلاديش سيغمر البحر ١١ % من أراضيها عام ٢٠٥٠ ، و يتأثر بذلك ٩ % من سكانها نتيجة لغرق الأراضي المنخفضة بدلتا نهر الجانج . و بحلول عام ٢١٠٠ قد ترتفع نسبة الأراضي المغمورة إلى ٣٤ % و يتأثر بها ٣٥ % من السكان . و قس على ذلك بقية مصبات و دلتات الأنهار و الأراضي الساحلية الرطبة في جميع جهات العالم. و مثل هذه التقديرات مهما كانت توقعات مستقبلية و قد تكون

غير دقيقة إلا أنها ينبغي أن تنبه الدول المعنية بهذه المشكلة إلى وضع الحلول الممكنة لحماية سواحلها و دالات أنهارها المعرضة لطغيان مياه البحر .

و مما يدعو للتفاؤل ما يبذل من جهود حثيثة على المستوى العالمي لضبط انبعاث ثاني أكسيد الكربون المسبب لارتفاع درجة الحرارة و بالتالي تقليل المخاطر المتوقعة التي تتعرض لها سواحل العالم .

و إلى جانب الآثار الناجمة عن ارتفاع منسوب سطح البحر نتيجة لارتفاع درجة حرارة العالم . فإن هناك آثاراً بيئية و اقتصادية عديدة أورد معظمها خبراء التنمية و البيئة على النحو التالي: (تقرير البنك الدولي للتنمية و البيئة)

١- تأثر الزراعة و رعي الماشية في المناطق الحدية و إن كان لا يوجد دليل كافٍ عن المكاسب أو الخسائر .

٢- يمكن أن تتعرض النظم البيئية للتهديد أو التغير .

٣- تأثر المستوطنات البشرية لاسيما في المناطق المعرضة لمخاطر الفيضان و الجفاف و العواصف .

٤- إغراق الأراضي الساحلية الزراعية فضلاً عن مراكز العمران و الأنشطة الصناعية و السياحية و التجارية.

٥- زيادة التكاليف الناتجة عن حماية السواحل و قد قدر أن هذه التكاليف تصل في الولايات المتحدة إلى ٠.٠٤ من الناتج المحلي الإجمالي إذا ما ارتفع سطح البحر متراً واحداً . و أثبتت الدراسة أنه في حال تضاعف ثاني أكسيد الكربون فإن التكاليف الإجمالية للتكيف مع تغير المناخ ترتفع بما يقدر بنحو ١ % و بطبيعة الحال تكون هذه النسبة أكثر ارتفاعاً في الدول ذات المساحات الواسعة من الأراضي المنخفضة أو الدول المؤلفة من الجزر ، كما تشير الدراسة أن تثبيت انبعاث غازات الصوبة عند المستويات الحالية يعني خفض الإنتاج على المستوى العالمي بما يتراوح بين ٣ % ، ٧ % بنهاية القرن القادم .

و جدير بالذكر أن التقرير (تقرير البنك الدولي المشار إليه) لم يناقش بالتفصيل أخطر المشكلات المتعلقة بزيادة الجفاف الذي يتوقع أن يصاحب ارتفاع درجة الحرارة في مناطق عديدة من العالم إلى جانب زيادة معدلات البخر / النتح ، و ذلك في الأقاليم الجافة و شبه الجافة و مدى تأثر الأقاليم العالمية لإنتاج الحبوب كما في أمريكا الشمالية و روسيا، حيث ستصبح أكثر جفافاً مما هي عليه الآن مما يؤدي إلى انخفاض إنتاجية القمح و الذرة ، كما أن التقرير لم يناقش الجوانب الإيجابية لارتفاع درجة الحرارة .

حلول مشكلة احترار الأرض بسبب غازات الصوبة :

أصبحت مشكلة تلوث الهواء و في مقدمتها احترار الأرض بسبب غازات (الصوبة)
Green house Effect مشكلة عالمية . فالملوثات التي تتسبب فيها دولة قد تضار بها دول
أخرى ، فضلاً عن أن انعكاسات ارتفاع درجة الحرارة - كما سبق أن رأينا - ليست محلية فقط
بل عالمية . و لهذا فإن التعاون الدولي يصبح أمراً حيوياً بالنسبة لإمكانية خفض الانبعاثات من
ثاني أكسيد الكربون و غازات (الدفيئة) الأخرى .

و يأتي في مقدمة الحلول لهذه المشكلة خفض مصادر تلوث الهواء المتمثلة أكبر تمثيل
في احتراق الوقود الحفري . و لعل فرض ضريبة على استهلاك الطاقة سيقبل نسبياً من
استخداماتها و سيدفع إلى ابتكار تقنيات جديدة للاقتصاد في الطاقة أو لإيجاد مصادر بديلة
للطاقة الحفرية . و يمكن تحقيق ذلك ليس فقط على مستوى الحكومات و الأفراد و لكن
بالالتزامات و الاتفاقيات الدولية .

و من المقترحات المتعلقة بذلك خفض الدعم الذي تقوم به كثير من الأقطار لاستهلاك
الطاقة ، فهذا سيؤدي إلى خفض انبعاث ثاني أكسيد الكربون و تحقق مكاسب اقتصادية كبيرة .
و تشير تقديرات خبراء البنك الدولي إلى أن إلغاء الدعم على الطاقة التجارية في بعض البلدان
يؤدي إلى تخفيض في انبعاث ثاني أكسيد الكربون بنسبة ٢٩ % في أوروبا الشرقية و الاتحاد
السوفييتي السابق و ١١ % في البلدان النامية (عام ١٩٩٥) .

و من المقترحات الأخرى فرض ضرائب على الكربون . و يرى الخبراء أن ذلك يمكن
تعويضه بالتقليل من ضرائب الدخل و مصادر الضرائب الأخرى مما يؤدي إلى الاتجاه إلى
توفير الطاقة ، و في الوقت نفسه يحسن من نوعية البيئة .

إن العبء الأكبر في حل مشكلة انبعاث ثاني أكسيد الكربون من الصناعة يقع أساساً
على عاتق الدول الصناعية المسببة الأكبر لها ، في الوقت الذي تتطلع كافة دول العالم إلى
إيجاد حلول ممكنة لذلك . و دول الشمال الصناعية الغنية عليها أن تدفع ثمن التلوث الذي
تسببه للعالم ، فالولايات المتحدة و كندا تتسببان في انبعاث ما يقرب من نصف ملوثات الكربون
و دول أوروبا الشرقية و الاتحاد السوفييتي السابق أكثر من ٤٠ % ، على حين أن دول العالم
الثالث مجتمعة لا تمثل أكثر من ٧ % .

و لخطورة الانعكاسات البيئية لارتفاع درجة حرارة العالم نتيجة للاحتباس الحراري لغازات
(الصوبة) فقد عقدت عدة مؤتمرات لبحث هذه المشكلة و طرق الحلول الممكنة للحد من
انبعاث ثاني أكسيد الكربون . و قد عقد أول مؤتمر عالمي عن المناخ في جنيف عام ١٩٧٩

لبحث الاحترار العالمي " Global Warming " و تشكلت لجنة من مجموعة خبراء علميين تعرف باللجنة الدولية لتغير المناخ (IPCC) International Panel On Climate Change لبحث هذه القضية .

و في عام ١٩٩٠ عقد المؤتمر العالمي الثاني في جنيف أيضاً لعرض النتائج التي توصلت إليها اللجنة في تقريرها التقييمي للوضع ، و قد قدرت اللجنة تخفيض ٦٠ % من انبعاث ثاني أكسيد الكربون لكي يثبت عند مستوى عام ١٩٩٠ ، و في عام ١٩٩٢ عقد مؤتمر هام هو مؤتمر (قمة الأرض) في ريودي جانيرو بالبرازيل . و قد صدر عن المؤتمر اقتراح بإعداد ثلاث معاهدات دولية لحل المشكلات البيئية و كان أولها ما يخص (التغير المناخي) . و قد نصت المعاهدة على ضرورة العمل على خفض معدلات انبعاث ثاني أكسيد الكربون و غيره من غازات (الصوبة) بحلول عام ٢٠٠٠ لتعود لمعدلات ١٩٩٠ و قد وقعت مائة دولة على هذه المعاهدة .

و قد تضمن جدول أعمال المؤتمر مجموعة من المواضيع كان أهمها الاستثمار في بحوث الطاقة و تطوير بدائل للطاقة غير الكربونية .

و خلال عام (١٩٩٥) عقد في برلين مؤتمر دولي عن المناخ و البيئة بمشاركة نحو ١٧٠ دولة ، و ذلك لمناقشة نتائج المؤتمر السابق و معاهدة (التغير المناخي) و مدى ما تحققه لصون المناخ و البيئة و التزامات الدول الصناعية نحو هذا الهدف و المقترحات الجديدة حول خفض غازات (الصوبة) . و قد وافق الأعضاء على مشروع وثيقة لتخفيض معدلات انبعاثات هذه الغازات التي تتسبب في احترار الأرض و كلفت لجنة خاصة لوضع بروتوكول يكون جاهزاً للتوقيع في مؤتمر المناخ المزمع عقده في اليابان عام ١٩٩٧ .

و قد عقد مؤتمر المناخ العالمي بالفعل في كيوتو باليابان في ديسمبر ١٩٩٧ الذي حاول التوفيق بين وجهات نظر كل من الولايات المتحدة و أوروبا الغربية و اليابان حول نسب خفض انبعاث ثاني أكسيد الكربون بالنسبة لمستويات ١٩٩٠ ، و صدر بروتوكول كيوتو الذي تعهدت الدول الموقعة عليه بتخفيض انبعاث غازات (الصوبة) بمعدل ٥.٢ % أقل من مستويات ١٩٩٠ و ذلك خلال الفترة ٢٠٠٨-٢٠١٢ .

و من الحلول المطروحة لكبح جماح ثاني أكسيد الكربون في الجو أن يجد العالم طريقة للحد من إزالة الغابات و لاستزراع غابات جديدة ، فالغطاء النباتي كما ذكرنا يقوم بامتصاص ثاني أكسيد الكربون أثناء نموه مما يقلل من معدلات تزايد ظاهرة (الصوبة) . و الغابات تتعرض للتدمير و الإزالة بواسطة الإنسان ، ويكفي أمثلة على ما تتعرض له أغنى الغطاءات

النباتية في العالم و هو الغابات المدارية المطيرة من أن خبراء المنظمات الدولية المعنية بالبيئة و الموارد الطبيعية يقدرّون أن هذه الغابات تتعرض للإزالة (سواء لأغراض تجارية من أجل تصدير الأخشاب أو لإحلال الزراعة و تربية الحيوان محلها ، أو للمشاريع الإنشائية و الطرق) بمعدل يبلغ ١١٠ ألف كم^٢ سنوياً ، و بهذا المعدل فإن هذه الغابات ستختفي خلال أقل من قرن من الزمن، و تدميرها أصبح الآن من الكثافة لدرجة أن ثاني أكسيد الكربون الذي كانت تمتصه هذه الغابات يعادل قدر ما تطلقه استخدامات الوقود الحفري . و ليست أهمية الغابات المدارية المطيرة للمناخ قاصرة على ثاني أكسيد الكربون فقط بل أهميتها في الأمطار ، فكثير من الباحثين يتفقون على أن حوالي ٥٠% من أمطار حوض الأمازون في الوقت الحاضر يسهم في صنعها أشجار الغابة (Allen, 1986) .

إن الدول الصناعية الغنية - و هي المتسببة في معظم ثاني أكسيد الكربون الذي ينبعث إلى الغلاف الجوي - يمكنها أن تساعد الدول النامية التي تقع فيها معظم الغابات المدارية المطيرة و تضطرها الظروف الاقتصادية إلى التوسع في استغلال الغابات من أجل تصدير الأخشاب ، أو من أجل إحلال الزراعة لمقابلة حاجات السكان المتزايدة من الغذاء أو من أجل مشروعات التوطين .

ويمكن أن يخصص (صندوق عالمي) لمساعدة الدول على الحد من إزالة الغابات و استزراع غابات جديدة . و قد أمكن التوصل إلى اتفاق بين عدد من الدول الصناعية في كانون الأول ١٩٩١ يقضي بتوفير ٢٥٠ مليون دولار لتمويل المرحلة الأولى من برنامج رائد للحفاظ على الغابات المطيرة في البرازيل باعتبارها مستودعاً فريداً للموارد الطبيعية و هو هام للعالم أجمع و لصون التنوع البيولوجي . و إذا ما نفذ ذلك فسيكون له فائدة مزدوجة : الحفاظ على التنوع ، و التقليل من ثاني أكسيد الكربون المتسبب في التغير المناخي.

و يمكن للشركات الصناعية أن تتشئ مشاريع للتشجير في مناطقها الصناعية لتساعد على امتصاص جزء من ثاني أكسيد الكربون الذي تتسبب في انبعاثه في الجو . و بالفعل بدأت هذه الفكرة تأخذ حيز التنفيذ في أول مشروع من نوعه في العالم ، فقد وافقت شركة خدمات الطاقة التطبيقية الأمريكية على أن تقوم بزراعة ٥٢ مليون شجرة في جواتيمالا خلال عقد التسعينات كجزء من برنامج لتطوير الأرض تسهم فيه وكالة العون الحكومية الأمريكية ، و يقدر أن محطة الطاقة ستطلق ٣٨٧.٠٠٠ طن من ثاني أكسيد الكربون سنوياً ستمتصها الأشجار المزروعة.

ثانياً - المطر الحامضي Acid Rain

يقصد بمصطلح المطر الحامضي Acid Rain أو التساقط الحمضي Acid Precipitation الأمطار الملوثة بالمواد الكيماوية خاصة ثاني أكسيد الكبريت و أكاسيد النيتروجين و الهيدروكربونات ، حيث تختلط هذه العناصر الكيماوية مع الرطوبة الجوية لتكون المطر أو البَرَد (Hail) أو الثلج الممزوج بأحماض الكبريت و النتريت. و هذا التساقط الحمضي له انعكاساته الخطيرة على حموضة مياه الأنهار و البحيرات و مسؤول عن التدهور الذي يصيب التربة و التدمير الذي تتعرض له الغابات و مصائد الأسماك ، حتى أصبحت الأمطار الحامضية من أخطر المشكلات البيئية التي يواجهها العالم في الوقت الحاضر . و قد استخدم مصطلح (المطر الحامضي) أو (التساقط الحمضي) منذ أوائل الأربعينيات من هذا القرن عندما أخذت الآثار البيئية الناجمة عنه تزداد باطراد و تفرض نفسها على المهتمين بقضايا البيئة و الموارد الطبيعية .

و يعتبر الإنسان مسؤولاً عن مشكلة المطر الحامضي بما أضافه إلى الغلاف الجوي من كميات هائلة من ملوثات الأنشطة الصناعية التي تزداد باطراد النمو الصناعي و خاصة في مجال حرق الوقود الحفري كما هو الحال في محطات توليد الطاقة الكهربائية الحرارية و الصناعات الكيماوية و معامل صهر المعادن . صحيح أن هناك مصادر طبيعية كانت و لا تزال تتسبب في تلوّث الجو بثاني أكسيد الكبريت و أكاسيد النيتروجين و الهيدروكربونات ، و لكن النظم البيئية كانت كفيلة بالتعامل معها من خلال الدورات الهوائية العامة و حفظ توازنها من جديد . و العوامل الطبيعية تضيف من حين لآخر كميات كبيرة من هذه الملوثات أثناء ثوران البراكين أو حرائق الغابات و تسقط من الأمطار فتتأثر بها البيئة ، و لكنها كانت تأخذ في الزوال بمرور الوقت طال أو قصر ، فحتى في أعنف البراكين التي حدثت بكوكب الأرض كانت الرياح و التيارات الهوائية تشتت الملوثات . و من الأمثلة على ما حملته البراكين من كميات

هائلة من الغبار البركاني و سحب الذرات الكبريتية بركان تامبورا Tambora في إندونيسيا الذي ثار عام ١٨١٥ و لفظ مقذوفات قدر حجمها بنحو ٨٠ كم^٣، و بركان كراكاتو الشهير بإندونيسيا أيضاً لفظ في ثورانه عام ١٨٨٣ نحو ٥٠ مليون طن من المقذوفات البركانية و وصل ارتفاعها ٥٠ كم ، لفت الكرة الأرضية في نحو أسبوعين. و من أمثلة البراكين الحديثة الثوران بركان تشتشون Chichon عام ١٩٨٢ الذي كون سحابة من المواد الكبريتية حملتها الرياح التجارية و خلال عام واحد كانت قد كونت غطاءً غلف الكرة الأرضية .

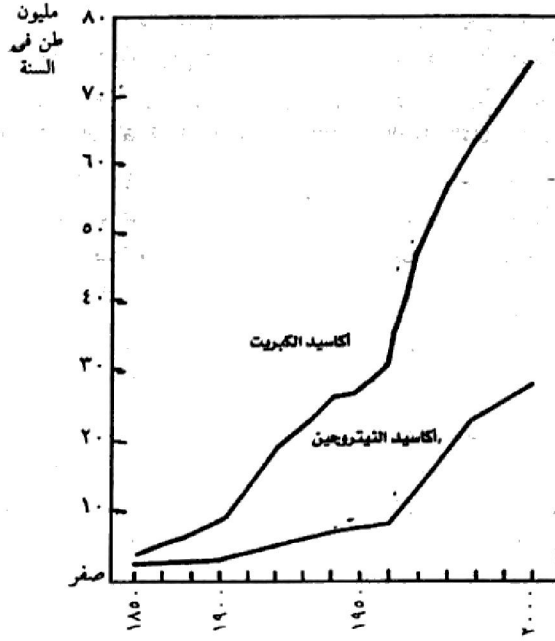
هذه البراكين تقع في النطاقات الاستوائية و المدارية مما يمكن الغبار البركاني من الانتشار فوق الأرض ، أما البراكين التي تحدث في العروض العليا قرب الدائرة القطبية الشمالية فليس هناك دلائل على وصول أثرها إلى نصف الكرة الجنوبي .

هذه الملوثات الكبريتية التي تتسبب فيها العوامل الطبيعية لا تقاس بما أضافه الإنسان منها نتيجة لأنشطته الصناعية ، فقد قدر أن ٩٠ % من ثاني أكسيد الكبريت في غرب أوروبا من صنع الإنسان و تقل هذه النسبة في الولايات المتحدة إلى نحو ٥٠ % . و تختلف مصادر التلوث بالأحماض الكبريتية من دولة إلى أخرى ، ففي الولايات المتحدة و بريطانيا يرجع حوالي ٦٦ % من ثاني أكسيد الكبريت من محطات الكهرباء الحرارية التي تعمل بالفحم ، على حين أن معامل صهر المعادن في كندا تستأثر بنحو ٦٣ % ، إذ يوجد بها أكبر مصدر مفرد لثاني أكسيد الكبريت من صهر النيكل في العالم و ذلك في سدبري Sudbury بأنتاريو. و قد قدر أن هذا المصهر قد أطلق في الغلاف الجوي في عقد واحد (١٩٦٩-١٩٧٩) من ثاني أكسيد الكبريت أكثر مما أطلقته جميع البراكين في تاريخ الكرة الأرضية (McCormick, 1986) .

لقد زادت الأمطار الحمضية المحتوية على أكاسيد الكبريت و النيتروجين زيادة مطردة مع زيادة استخدام الوقود الحفري و الفحم و البترول و الغاز الطبيعي في محطات توليد الطاقة الحرارية و الصناعات الكيماوية و مصاهر المعادن، حتى قدر أن انبعاث غاز الكبريت في أوروبا قد زاد بنسبة ١٥٠ % في مدى ربع قرن (١٩٥٠-١٩٧٥). بل إن مستويات الحموضة في مياه الأمطار في شمال شرق الولايات المتحدة قد أصبحت الآن أكثر بمقدار ٢٠ مرة عما كانت عليه عام ١٩٥٥ . و قد قدر انبعاث الكبريت و النيتروجين عام ١٩٩٢ على مستوى العالم بنحو ٩٠ مليون طن و ٢٥ مليون طن لكل منهما على التوالي . و يبين شكل (٩-٧) تطور انبعاث ثاني أكسيد الكبريت و النيتروجين من المصادر البشرية في الفترة ١٩٥٠-٢٠٠٠ .

إن المطر الحمضي لا تتأثر به فقط مناطق المصدر و لكن ينتقل بفعل الرياح عبر آلاف الكيلومترات بعيداً عنه ، و من ثم فإن أثره لم يعد محلياً بل صار إقليمياً و عالمياً ،

فانبعاث ثاني أكسيد الكبريت التي تكون المطر الحمضي الذي يسقط على أقطاب غرب أوروبا ليس مصدره هذه الأقطار فقط وإنما يأتي جزء كبير منه من أقطار بعيدة خاصة بريطانيا . كما تتأثر مناطق بعيدة عن إقليم المصدر في الولايات المتحدة ، بل و يعتقد أن الأمطار الحمضية التي تسقط على شرق كندا جزء كبير منها مصدره الولايات المتحدة الأمريكية خاصة من مناطقها الصناعية الشمالية الشرقية .



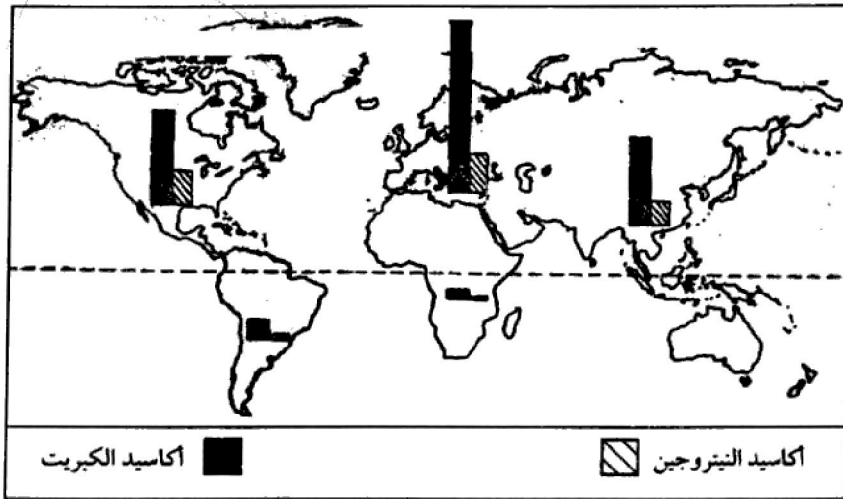
شكل (٧-٩) انبعاث أكاسيد الكبريت والأزوت في الغلاف الجوي من المصادر البشرية خاصة حرق الوقود الحفري (عن ماكنزي)

و في الكتاب القيم وضعه ماكرومك McCromick عن الأمطار الحمضية باسم (الكوكب الحمضي Acid Earth) أورد دراسة عالمية رائدة للمشكلة ، و عرض فيه نماذج للأقطار التي يمثل التلوث الحمضي فيها مشكلة خطيرة و هي الأقطار الإسكندنافية، ألمانيا ، بريطانيا ، بلجيكا ، هولندا ، بولندا ، روسيا ، الولايات المتحدة ، كندا و اليابان و الصين . و تعتبر السويد و النرويج و فنلندا أول من اهتم بتشخيص التدمير الذي أحدثه المطر الحمضي فيها ، و موقع هذه الدول جعلها عرضة لاستقبال الملوثات الحمضية من بريطانيا و كذلك من الدول الأوروبية الأخرى ، و عانت و لا زالت تعاني من آثار هذه الملوثات الحمضية على البحيرات و الأنهار و التربة و الغابات . و منذ الستينات أخذت المخاطر تزداد وضوحاً و المشكلات البيئية تتفاقم ، مما أدى إلى عقد مؤتمر ستوكهولم عن المطر الحمضي عام ١٩٨٢

، و تعتبر هذه الأقطار مستقبلية للملوثات الحمضية من مصادر أجنبية خاصة بريطانيا بنسب مرتفعة حيث تقدر النسبة في السويد إلى ٥٨ % بل إنها تبلغ أقصاها في هولندا ٧١ % . أما في الدانمارك فتبلغ النسبة ٥٤ % و في بلجيكا ٥٣ % .

أما عن كمية انبعاث ثاني أكسيد الكبريت إلى الجو فإن المملكة المتحدة ، تأتي كأكبر دولة في غرب أوروبا و رابعة أكبر دول العالم . و قد قدرت كميات ثاني أكسيد الكبريت عام ١٩٧٢ بنحو ٥.٦ مليون طن انخفضت عام ١٩٨٢ إلى نحو ٤.١ مليون طن . كما بلغ انبعاث أكاسيد النيتروجين حوالي ١.٧ مليون طن عام ١٩٧٢ لم تنخفض إلا بنسبة صغيرة عام ١٩٨٢ . و بريطانيا مسؤولة عن تلوث مناخها المحلي بهذه الملوثات ، إذ إن نسبة ما تتلقاه من مصادر خارجية تعتبر منخفضة (تقترح بعض التقارير نسبة ١١ %) . أما الدول التي تلي بريطانيا في انبعاث ثاني أكسيد الكبريت سنة ١٩٨٠ في دول الاتحاد الأوربي فهي على الترتيب : ألمانيا ، إيطاليا (٣.٨ مليون طن) ، فرنسا (٣.٣ مليون طن) يلي ذلك من الدول الأوربية إسبانيا ، بلجيكا ، اليونان ، هولندا ، و الدانمارك .

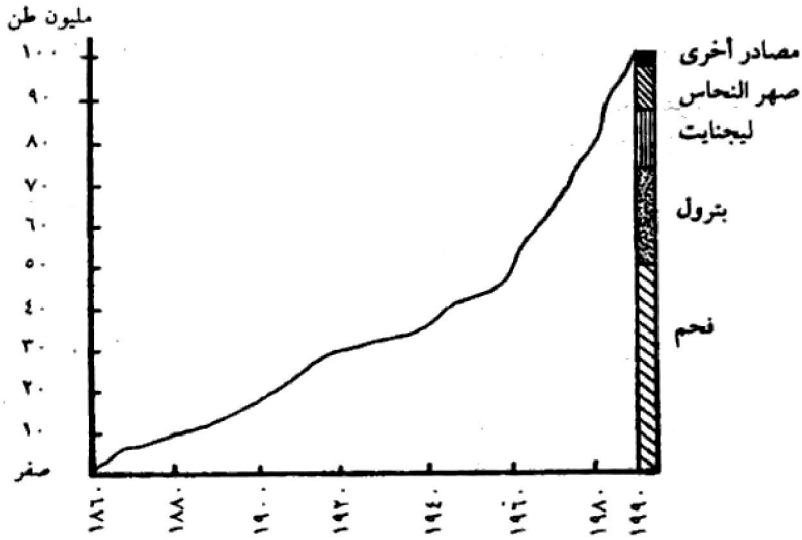
أما عن دول الاتحاد الأوربي مجتمعة فقد قدر أنها لوثت الجو بنحو ١٧.٦ مليون طن من ثاني أكسيد الكبريت من مصادر محلية و خارجية ، و تبلغ نسبة الوارد إلى هذه الدول من الدول الأوربية الأخرى أعلاه في هولندا (٧١ %) و الدانمارك (٥٤ %) و بلجيكا (٥٣ %) كما سبق القول و ذلك في مقابل ١١ % فقط في بريطانيا .



شكل (٨-٩) انبعاث أكاسيد الكبريت والنتروجين في الغلاف الجوي في خمسة أقاليم عام ١٩٨٠ طن/ سنة (عن ماكزي)

و على مستوى العالم فإن التوزيع الجغرافي للمطر الحمضي (شكل ٨-٩) يكاد يتركز معظمه في الأقطار الصناعية في نصف الكرة الشمالي و خاصة في العروض الوسطى في مهب الرياح العكسية التي تقوم مع التيارات العلوية النفاثة Jet Streams بنقل هذه الملوثات مئات الكيلومترات مما يمكن أن يجعلها عالمية التوزيع مستقبلاً .

أما عن مصادر انبعاث ثاني أكسيد الكبريت من المصادر البشرية فيوضح (شكل ٩-٩) نسب هذه المصادر ، و يمثل الفحم يليه البترول ففحم اللجنائيت أهم هذه المصادر إذ تستأثر وحدها بنحو ٩٠ % و النسبة الباقية معظمها من صهر المعادن خاصة النحاس .



شكل (٩-٩) انبعاث ثاني أكسيد الكبريت عن المصادر البشرية (عن جودي)

ضبط التلوث الحمضي : يتمثل ضبط التلوث الحمضي في مجالين :

أ- **التعاون الدولي** : يتفق العلماء على الضرر الذي تحدثه الأمطار الحمضية و إن كانت تتفاوت آراؤهم من حيث حجم الضرر الناتج بسببها ، فالبعض يرى أن المشكلة أخف وطأة مما يعتقدده الكثيرون ، على حين أن البعض الآخر يصف التلوث الحمضي بأنه (قنبلة بيئية موقوتة) على حد تعبير وزير البيئة الكندي عام ١٩٧٧ .

و قد اتضح لنا مما عرضناه من أمثلة مدى خطورة التلوث الحمضي . و لا شك أن الحل يكمن في التعاون بين الدول لتقليل انبعاث الملوثات الحمضية و في مقدمتها ثاني أكسيد الكبريت و أكاسيد النيتروجين . و لما كانت هذه المشكلة لا تعتبر محلية فقط بل إقليمية و عالمية فإن الحلول المقترحة ينبغي أن تكون بتعاون دولي و اتفاق بين الدول الصناعية المتسببة الأولى في التلوث الحمضي على خفض معدلات انبعاث الملوثات الحمضية و على الطرق الممكنة لخفضها . وكثير من الدول تشكو غيرها في أنها المتسببة في نسبة كبيرة من الملوثات الحمضية التي تسقط عليها كما رأينا من قبل . فالأقطار الإسكندنافية تنتقد ببطء استجابة بريطانيا لخفض انبعاث ثاني أكسيد الكبريت التي تصل إليها على شكل أمطار حمضية مع الرياح العكسية الغربية و الجنوبية الغربية ، و منذ السبعينيات ثار جدل بين الولايات المتحدة و كندا حول المتسبب الأول في الملوثات الحمضية التي تصيب الطرف الآخر ، بل إن هذا الجدل وصل إلى حد الأزمة بين الحكومتين عام ١٩٨٤ لعدم اتخاذ الولايات المتحدة الإجراءات بخصوص التلوث الحمضي و كانت هذه المسألة من أكثر القضايا حساسية بينهما .

و لأن مشكلة المطر الحمضي لم تقدر أبعادها عالمياً بحجم مقلق إلا خلال العشرين سنة الماضية فقط فقد بدأ يظهر بعض التعاون لأول مرة منذ أواخر السبعينيات ، ففي عام ١٩٧٩ وضع لأول مرة ميثاق جنيف لتأثيرات تلوث الهواء على المدى الطويل عبر حدود الدول ، و وقعت عليه ٣٥ دولة منها بريطانيا و الولايات المتحدة و ألمانيا و فرنسا . و على الرغم من أن هذا الميثاق كان يفتقر إلى قوة التنفيذ فقد كان له قيمة رمزية في التوقيع عليه من دول في غرب و شرق أوروبا و الاتحاد السوفيتي السابق و الولايات المتحدة و ذلك لتخفيض انبعاث ثاني أكسيد الكربون و أكاسيد النيتروجين .

و في عام ١٩٨٢ عقد مؤتمر ستكهولم عن (التلوث الحمضي و البيئة) Acidification of the Environment و قد أكد المؤتمر على خطورة مشكلة التلوث الحمضي و أنه ينبغي اتخاذ الإجراءات الكفيلة بتخفيض انبعاث ثاني أكسيد الكبريت ثم أكاسيد النيتروجين و اتباع أكثر التقنيات في ضبط التلوث من بينها استخدام الوقود الذي تنخفض به نسبة الكبريت .

و في كانون أول ١٩٨٣ اقترحت لجنة تابعة للاتحاد الأوروبي تخفيضات تصل إلى ٦٠ % لثاني أكسيد الكبريت و ٤٠ % لأكاسيد النيتروجين .

و في عام ١٩٨٤ عقد مؤتمر أوتاوا بكندا حول المطر الحمضي و ناقش اقتراح الأقطار الإسكندنافية تخفيض انبعاث ثاني أكسيد الكبريت بمقدار ٣٠ % على الأقل كل ١٠ سنوات ،

و تشكل ناد من الدول الموقعة على هذا الاتفاق عرف بـ (نادي الثلاثين بالمائة) (30 % Club) و وقعت عليه إحدى و عشرون دولة ليس من بينها الولايات المتحدة و بريطانيا .
و في حزيران ١٩٨٤ عقد مؤتمر ميونيخ بهدف تشجيع مزيد من الدول للانضمام لنادي (الثلاثين بالمائة) و لكن لم تتم الموافقة على نسب التخفيضات التي اقترحتها اللجنة. وفي عام ١٩٨٥ عقد اجتماع هام في هلسنكي لصياغة بروتوكول خاص بتخفيض ثاني أكسيد الكبريت على نفس أسس نادي الثلاثين بالمائة على أن تصل إلى هذه النسبة بحلول ١٩٩٣ . و قد وقعت عليه الدول الإحدى و عشرين نفسها و ظلت الولايات المتحدة و بريطانيا على موقفهما .
واضح من ذلك أن دولاً من أكبر دول العالم في انبعاث ثاني أكسيد الكبريت و أكاسيد النيتروجين مثل الولايات المتحدة و بريطانيا و بولندا لم تلتزم بتخفيض الملوثات الحمضية بالنسبة التي اقترحها نادي الثلاثين بالمائة ، و هذا و لاشك يضعف من كفاءة الاتفاقيات و التعاون الدولي في حل المشكلات البيئية. و يرجع إحجام بعض الدول عن الالتزام بتخفيض انبعاث الملوثات الحمضية إلى أن التقنيات المتعلقة بذلك تزيد من تكلفة الإنتاج و ترفع من سعر السلع الصناعية . و حسب تقدير لجنة تابعة للاتحاد الأوروبي فإن التكاليف الإضافية لهذا التخفيض تصل على ١٠ % من جملة تكاليف الإنتاج . كما أن لجنة أمريكية عام ١٩٨٤ رأّت أن تخفيض ثاني أكسيد الكبريت في الولايات الأمريكية الشرقية بنسبة ٣٥ % بحلول عام ١٩٩٥ سيكلف ما بين ٣ إلى ٦ مليار دولار . و لكن يرد على ذلك بأن هذه التكاليف الإضافية لضبط التلوث الحمضي لا تقاس بالأضرار الطويلة الأجل التي تتعرض لها الموارد الطبيعية كما سبق أن رأينا ، إذ لا يمكن ترك الملوثات الحمضية تدمر موارد المياه والتربة و النبات و المنشآت و صحة الإنسان بدعوى أن تكاليف مكافحة التلوث عالية.

ب- الحلول العملية لمشكلة المطر الحمضي : يكمن الحل الرئيسي لهذه المشكلة في تخفيض نسبة انبعاث ثاني أكسيد الكبريت و أكاسيد النيتروجين . و قد شهد العالم اهتماماً متزايداً بالحلول الممكنة التي تمخض عنها بروتوكول هلسنكي عام ١٩٨٥ كما سبق أن ذكرنا . و قد ناقش ماكورمك McCormic في كتابه القيم عن (الكوكب الحمضي) الذي سبق ذكره ، و في فصل مطول منه الطرق الكفيلة بضبط التلوث الحمضي . و يمكننا أن نشير باختصار إلى بعض الجوانب الهامة ، فهو يذكر أن هناك مسارات أربعة لتخفيض انبعاث الملوثات الحمضية و هي استخدام وقود قليل التلوث ، و تقليل الملوثات أثناء عملية الاحتراق ، وترشيح الملوثات الصناعية و صيانة الطاقة :

١- استخدام الوقود قليل التلوث من الفحم و البترول المنخفض في محتواه من الكبريت و تقليل استخدام الفحم البني الرديء الذي ترتفع فيه نسبة الكبريت ، و كذلك الزيوت الثقيلة التي قدرت عام ١٩٨٠ بنحو ٧٠ % من الناتج العالمي من البترول . و يتطلب التحول إلى الوقود الذي تقل به نسبة الكبريت تعديلاً في نظام استخدام الطاقة كما يخضع الوقود الحفري إلى عمليات طبيعية و كيميائية لتقليل نسبة الكبريت قبل عمليات الاحتراق ، و ذلك بإضافة أكاسيد و كربونات الكالسيوم إلى الفحم البني و قد قدر أن هذه الطريقة تزيل ما يتراوح بين ٤٠ % ، ٦٠ % من الكبريت .

٢- أما أثناء عملية الاحتراق فيمكن إضافة مسحوق الحجر الجيري في أفران الاحتراق حيث يتعامل الجير مع الكبريت ليحول جزءاً كبيراً منه إلى سلفات الكالسيوم ، و قد قدر أن هذه الطريقة تخفض ثاني أكسيد الكبريت بنسبة تصل على ٨٠% و أكاسيد النيتروجين بنسبة ٥٠% .

٣- و فيما يختص بإمكانية ضبط ثاني أكسيد الكبريت بعد الاحتراق فيتمثل في ترشيح الملوثات عن طريق مواد كالجير أو مواد تمتص الغازات من عوادم الاحتراق ، و هذه الطريقة تتطلب تكاليف إضافية تتراوح بين ١٥ % و ٢٠ % من جملة تكاليف محطة لتوليد الطاقة.

٤- أما عن صيانة الطاقة فتمثل في رفع كفاءة استخدام الوقود الحفري و تطوير التقنيات المتصلة بتشغيله و التوسع في استخدام الطاقة النظيفة مثل الطاقة الشمسية و طاقة الرياح و كذلك التوسع في الطاقة الكهربائية الهيدرولوجية .

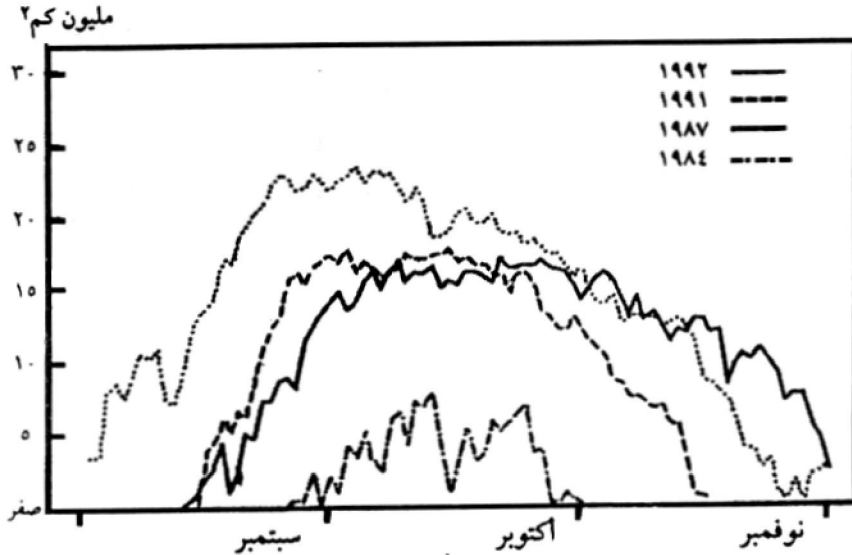
و يذكر ماكنزي Mackenzie التطورات التي حدثت في الاستفادة من طاقة الرياح خلال التسعينيات ، ففي عام ١٩٩٢ بلغت الطاقة المولدة من الرياح على مستوى العالم أكثر من ٢.٦ مليون كيلووات و تنمو بمعدل ١٣ % سنوياً . كما أن صادرات العالم من الخلايا الضوئية التي تحول طاقة الشمس مباشرة إلى كهرباء حققت زيادة سنوية مقدارها ١٥ % ، كما أن الكهرباء المولدة من الطاقة الحرارية الأرضية (Geothermal) زادت من نحو ثلث مليون كيلووات فقط عام ١٩٥٠ إلى نحو ٩.٤ مليون كيلووات عام ١٩٩١ .

أما عن معالجة الموارد الطبيعية التي تضررت بالفعل من المطر الحمضي فقد استخدم الجير في تقليل حموضة البحيرات الحمضية في الأقطار الاسكندنافية و كندا منذ أواسط السبعينيات ، و طبقت هذه الطريقة في نحو ١٥٠٠ بحيرة في السويد و أعطت نتائج مشجعة ،

و وجد أن آثار الجير المضاف قد تستمر ما بين ٣ ، ٥ سنوات . و قد استخدم الجير منذ سنين في خلطه بالتربة الحمضية لتقليل نسبة الحموضة.

ثالثاً- تآكل طبقة الأوزون Ozone Depletion :

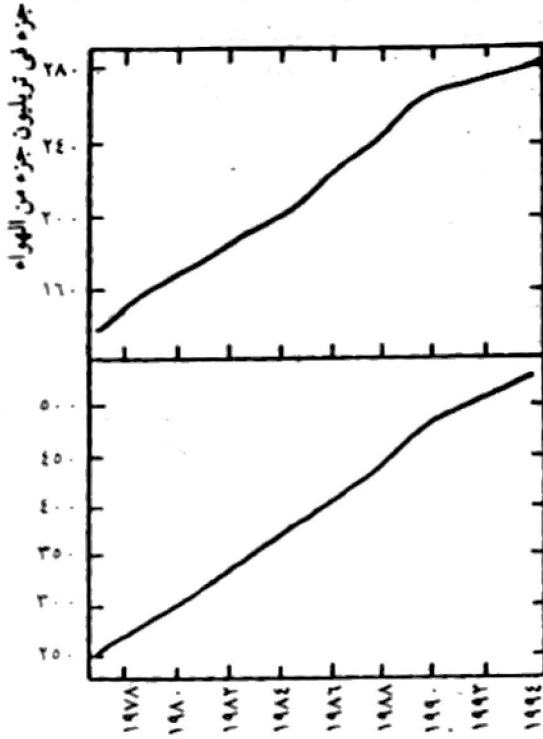
يوجد جزء صغير جداً من الأوكسجين بالغلاف الجوي على شكل أوزون Ozone نتيجة لتفاعلات كيميائية ضوئية تتضمن الأشعة الشمسية فوق البنفسجية (Ultraviolet) و يتمثل ٩٠ % من الأوزون في الجزء العلوي من طبقة ستراتوسفير Stratosphere على ارتفاع يتراوح بين ١٩ ، ٤٨ كم فوق سطح الأرض . و ١٠ % فقط منه يتمثل في طبقة تروبوسفير Troposphere ، و أقصى تركيز للأوزون يتمثل في الغلاف الجوي على ارتفاع يتراوح بين ٢٠ ، ٤٠ كم.



شكل (٩-١٠) تطور مساحات ثقب الأوزون فوق القارة القطبية الجنوبية خلال ربيع أعوام ١٩٨٤ حتى ١٩٩٢ (نقلاً عن ماكنزي)

و تقوم طبقة الأوزون المركزة في طبقة ستراتوسفير خاصة في الثلث العلوي منه بامتصاص الأشعة فوق البنفسجية ، و قد أثبتت الملاحظات فوق معظم القارة القطبية الجنوبية (أنتاركتيكا) تدني حاد في كمية الأوزون في أواخر الشتاء و الربيع من أيلول إلى كانون أول و تبلغ أقصاها في تشرين أول (شكل ٩-١٠) و أصبح من المقبول الآن أن هذا الثقب في الأوزون (Ozone Hole) قد تتسبب فيه مادة الكلوروفلوروكربون Chloroflorocarbon (C.F.C) التي تتبعث من صناعات متعددة في مقدمتها الثلاجات و أجهزة التكييف و الأيروسول و أدوات الرش و الرغاوي البلاستيكية و الدهان و المواد الطاردة للحشرات ، كما تتسبب فيها أيضاً الانفجارات النووية و الطيران المرتفع الأسرع من الصوت .

و لكن إلى جانب هذه المصادر البشرية هناك أيضاً مصادر طبيعية حيث يضاف إلى الجو ملايين الأطنان من الكلور سنوياً من مياه البحر و من ثوران البراكين .



شكل (٩-١١) الزيادة المستمرة في الكلوروفلوروكربون ١٢ (أعلى) و فلوروكربون ١١ (أسفل)

[عن ماكنزي]

و يرجع العلماء السبب في تآكل الأوزون و في وجود ثقب الأوزون فوق القارة القطبية الجنوبية أن مركبات الكلوروفلوروكربون تتحلل بعد مدة طويلة في طبقة ستراتوسفير لتطلق عنصر الكلورين Chlorine الذي ينشط و يتعامل مع جسيمات السحب الثلجية فوق المناطق

القطبية ، خاصة في أواخر الشتاء و الربيع و يحدث نتيجة لذلك التفاعلات الكيميائية الضوئية حيث تعمل الأشعة فوق البنفسجية على تكسير مركبات الكلوروفلوروكربون و إطلاق عنصر الكلورين Chlorine الذي يدمر الأوزون .

واضح من ذلك مدى الارتباط بين تدمير طبقة الأوزون و بين البرودة الشديدة في المناطق القطبية ، حيث تنخفض الحرارة في الشتاء الجنوبي فوق القارة القطبية الجنوبية إلى - ٨٠ م و تنخفض فوق القطب الشمالي إلى -٧٢م في سحب طبقة الاستراتوسفير في الشتاء كما سبق الذكر .

و لقد أصبح واضحاً للعلماء منذ منتصف السبعينيات من القرن الحالي أن الأنشطة البشرية التي يتخلف عنها ملوثات الكلوروفلوروكربون كافية لتآكل طبقة الأوزون بحيث لا يمكن أن تستعيد توازنها لتبقى على الصورة التي وجدت عليها قبل تدخل الإنسان و تسببه في الزيادة المستمرة في انبعاث هذه الملوثات (شكل ٩-١١) . و قد تأكد عام ١٩٨٥ هذا الرأي عندما حدث تآكل شديد في طبقة الأوزون فوق القارة القطبية الجنوبية ، و أن هذا التآكل يسير بمعدلات سريعة (٥٠% عام ١٩٩١ عن المستويات السابقة) . و قد أثبتت صور الأقمار الصناعية وجود ثقب في طبقة الأوزون فوق القارة القطبية الجنوبية حيث تقدر مساحته بنحو ٢٠ مليون كم^٢ (شكل ٩-١١) . و فوق القطب الشمالي يحدث أيضاً نقص في الأوزون و لكنه لم يصل إلى حد الثقب كما هو الحال فوق القارة القطبية الجنوبية ، لأن البرودة أقل و فرص تكون جسيمات الثلج أقل لأنها هي التي تساعد على تحطيم الأوزون . و من المتوقع أن يزداد الوضع سوءاً و يواصل ثقب الأوزون اتساعه بزيادة انبعاث الكلوروفلوروكربون .

أثر تآكل الأوزون على البيئة :

أ- الأثر المناخي : تمثل طبقة الأوزون التي يتركز معظمها في طبقة الإستراتوسفير وقاءً لكوكب الأرض يحميه من الأشعة فوق البنفسجية (Ultraviolet) . و الأوزون في طبقة ستراتوسفير السفلى يعمل على امتصاص الأشعة الشمسية فوق البنفسجية ذات الطاقة الحرارية العالية مما يرفع درجة حرارة هذه الطبقة و من ثم فإن الأوزون يؤدي وظيفتين أساسيتين تجعلان كوكب الأرض ملائماً للحياة : الأولى أنه يمثل طبقة رقيقة حول الأرض ترشح نحو ٩٩% من الأشعة الشمسية فوق البنفسجية الواصلة إلى الأرض ، و هو بذلك يمثل درعاً يقي الحياة على سطح الأرض من الأثر المدمر للأشعة فوق البنفسجية . و الوظيفة الثانية للأوزون أنه يلعب دوراً مهماً في تنظيم حرارة الأرض ، فبامتصاصه للأشعة فوق البنفسجية يحدث الدفء في طبقة الاستراتوسفير ، و هذا النطاق الدافئ يمثل غطاء يدعم النظام المناخي للأرض في طبقة

التروبوسفير التي تقع أسفله و يساعد على توازن حراري نسبي على سطح الأرض . و معنى ذلك أن أي تدهور للأوزون سيحدث العكس إذ يبرد الاستراتوسفير ، و بالتالي يتأثر التروبوسفير و يختل التوازن الحراري على الأرض ، إلا أن هذا الأثر يحد منه إلى حد ما انطلاق جزء من الأشعة تحت الحمراء ذات الموجات الطويلة في التروبوسفير ، و هذه أيضاً يجد جزء منها طريقه إلى الفضاء الخارجي.

و الواقع أن هذا الأثر التبادلي لانخفاض الحرارة أو ارتفاعها على سطح الأرض عملية معقدة ، نظراً لتداخل مجموعة من العوامل بعضها يسبب زيادة الحرارة و بعضها الآخر يسبب نقصانها ، فتآكل طبقة الأوزون و قلة ترشيحها للأشعة فوق البنفسجية يزيد نسبة ما يصل منها إلى سطح الأرض مسبباً زيادة الحرارة ، و لكن هذا الوضع يتأثر ببرودة طبقة الاستراتوسفير الناجمة عن نقص ما تمتصه من الأشعة فوق البنفسجية . إلى جانب ذلك هناك الأثر الذي يطرأ على ما ينبعث من الأشعة تحت الحمراء إلى طبقة التروبوسفير . يضاف إلى ذلك أنه على الرغم من أن ثقب الأوزون الذي يسمح بزيادة الأشعة فوق البنفسجية الواصلة إلى الأرض يتركز فوق القارة القطبية الجنوبية ، إلا أن ذلك له أثره على درجة الحرارة على الكرة الأرضية كلها. و يرى البعض أن الناتج الصافي لهذه العوامل المتضاربة و المتداخلة يمثل فروقاً طفيفة للغاية يقدرها إنهولت Enhalt بأن أي نقص في تركيز الأوزون بنسبة ٢٠% يؤدي إلى نقص في الحرارة على سطح الأرض بمقدار ربع درجة مئوية فقط .

هذا ، و يقدر البعض أن الأوزون قد تناقص في طبقة الاستراتوسفير فوق القطب الجنوبي بنحو ٦% في العشرين سنة الماضية . وفي نصف الكرة الشمالي حدث انخفاض بنفس النسبة ما بين عامي ١٩٦٩ ، ١٩٨٦ في الشتاء ما بين خطي عرض ٥٣° ، ٦٤° شمالاً ، و تقل النسبة عن ذلك فوق العروض الأدنى . إلا أن هناك نظريات تقترح أن استنزاف الأوزون بفعل ملوثات الكلوروفلوروكربون خلال تلك الفترة لا يمكن أن تزيد عن ٢% .

ب- الأثر البيولوجي : إذا كان الأثر المناخي من حيث علاقة استنزاف الأوزون في طبقة الاستراتوسفير محدوداً للغاية كما سبق أن ذكرنا فإن الأثر البيولوجي على الكائنات الحية شديد ، وذلك نتيجة لزيادة الأشعة فوق البنفسجية الواصلة إلى سطح الأرض . و هذه الأشعة بالقدر الذي كان يصل إلى الأرض قبل تدخل الإنسان له أهميته للحياة ، و لكن زيادة الأنشطة البشرية وما يتخلف عنها من ملوثات مدمرة لطبقة الأوزون قد أدى إلى زيادة تركيز ما يصل من الأشعة فوق البنفسجية بدرجة تضر بكافة أشكال الحياة على سطح الأرض. و يمكن تلخيص بعض الآثار البيولوجية الضارة نتيجة لزيادة الأشعة فوق البنفسجية فيما يلي:

١- تؤدي كثافة الأشعة فوق البنفسجية إلى تثبيط عملية التمثيل الضوئي للكائنات العضوية مما يكون له آثار ضارة عليها و على نموها . و أكثر هذه الكائنات تأثراً هي العوالق النباتية (البلاكتون النباتي) التي تتواجد قرب سطح البحر و من ثم فهي عرضة للتأثر بهذه الأشعة مما يقلل من معدلات إنتاجيتها ، و في الوقت نفسه يقل تثبيتها لكاربون الغلاف الجوي ، و بالتالي تدهور البلاكتون و تتدهور معه الحياة البحرية التي يعتبر البلاكتون النباتي هو أول السلسلة الغذائية للكائنات الحية البحرية الأخرى . و قد أثبتت الدراسات أن زيادة الأشعة فوق البنفسجية في القارة القطبية الجنوبية (أنتاركتيكا) أثناء ذروة ثقب الأوزون كافية لإحداث انخفاض موسمي في إنتاجية البلاكتون النباتي بنسبة تتراوح بين ٦ % ، ١٢ % .

٢- بين الدراسات التي أجريت على بعض المحاصيل الزراعية نتيجة لزيادة الأشعة فوق البنفسجية أن الإنتاجية قد انخفضت في محاصيل مثل الذرة و القمح و فول الصويا و بعض أنواع الأرز و الخضراوات ، و ذلك بسبب خفض معدلات التمثيل الضوئي و بالتالي نمو النبات و إن كان بعضها قد استطاع التكيف .

٣- زيادة الأشعة فوق البنفسجية نتيجة لتآكل طبقة الأوزون انعكاسات على صحة الإنسان . فهذه الأشعة اللاقحة تسبب حروق الجلد و الحساسية و سرطان الجلد . و هناك تقديرات مقلقة لزيادة هذا المرض إذ قدر البعض أن نقصاً في مستويات الأوزون بنسبة ٥ % سيضيف ما يتراوح بين ٢ ، ٦ حالة سرطان جلد بالولايات المتحدة وحدها ، كما أن الأكاديمية القومية الأمريكية للعلوم قد قدرت أن تدهور الأوزون بنسبة ١ % فقط سيسبب ١٠.٠٠٠ حالة سرطان جلد سنوياً ، كما تنبأت وكالة حماية البيئة الأمريكية أن ٣٩ مليون شخص سيصابون بسرطان الجلد خلال القرن القادم ، هذا إلى جانب أمراض العيون مثل إعتام العدسة (الكتركت) .

حلول مشكلة تآكل طبقة الأوزون :

تتمثل هذه الحلول في خفض انبعاث الملوثات المسببة لتدمير طبقة الأوزون و في مقدمتها مركبات الكلوروفلوروكربون المدمر الأول للأوزون . و خفض هذه الانبعاثات لا يقع على عاتق دولة دون أخرى بل على مستوى العالم أجمع ، و خاصة الأقطار الصناعية المتسبب الأول في هذه الانبعاثات . و لا يمكن وجود التزام دولي إلا عن طريق الاتفاقيات الدولية و التعاون الدولي في مجال التحكم في الملوثات التي تدمر طبقة الأوزون ، و إن كانت بعض الدول الصناعية قد قامت بمبادرات باتخاذ إجراءات لتخفيض الكلوروفلوروكربون بإلزام

المصانع بإحلال مواد أخرى أقل خطورة . و قد طبق هذا في الولايات المتحدة عام ١٩٧٨ و في كندا عام ١٩٨٠ .

أما على المستوى الدولي فقد عقد أول مؤتمر هام لمناقشة مشكلة ثقب الأوزون تحت رعاية برنامج الأمم المتحدة للبيئة (United Nations Environmental Programme) (UNEP) و ذلك في مونتريال بكندا في أيلول عام ١٩٨٧ ، و قد تمخض المؤتمر عن بروتوكول وقعت عليه إحدى و ثلاثون دولة و يقضي بتجميد استهلاك مركبات الكلوروفلوروكربون على ما هي عليه عام ١٩٩٠ ، يلي ذلك خفض مقداره ٢٠% عام ١٩٩٤ ثم ٥٠% بحلول عام ٢٠٠٠ . و قد اجتمع الموقعون على بروتوكول مونتريال في هلسنكي في مايو ١٩٨٩ مع مشاركين من خمسين دولة أخرى للبحث في تقليص ذلك و إيجاد البدائل لهذه المركبات المدمرة للأوزون . و قد توصلت بعض الشركات الصناعية بالفعل إلى مركب هيدروكلوروفلوروكربون (Hydro Chloro Fluro Carbon) الذي وجد أنه أقل في تدميره للأوزون بنحو ٩٥% و إن كان مناسباً فقط لبعض الصناعات مثل تعليب الأغذية .

و على الشركات الصناعية المنتجة للكلوروفلوروكربون أن تبحث عن بديل لاستعماله في صناعة الثلاجات و في نظم تكييف الهواء . و لمساعدة الدول النامية في خفض انبعاث الكلوروفلوروكربون أنشئ عام ١٩٩٠ صندوق تابع للأمم المتحدة لحماية طبقة الأوزون و مقره مونتريال بكندا . و قد خصص من ميزانية الصندوق ملايين الدولارات لدعم بعض المشروعات في عدد من الدول النامية و ذلك بهدف الحد من استعمال الكلوروفلوروكربون و الغازات الأخرى المدمرة لطبقة الأوزون .

يعد الضجيج أو الضوضاء أحد أشكال التلوث الفيزيائي الذي يخضع له الإنسان خصوصاً سكان المدن الكبيرة الذي يعانون منه في المسكن و الطريق ، و في كثير من الأحيان أثناء العمل.

و يمكن تعريف الضجيج بأنه أي نوع من الأصوات التي تزعج الإنسان أو تضر به ، و يصعب في بعض الأحيان الاتفاق بين الناس على وصف صوت معين بأنه مزعج أو غير مزعج بسبب الاختلافات الثقافية أو العمرية أو غير ذلك . فعلى سبيل المثال ، تعد موسيقى الديسكو الصاخبة متعة للشباب الأوربي و عذاباً لا يطاق للشباب الشرقي . و عند الرجوع إلى تعريف منظمة الصحة العالمية لسلامة الإنسان الذي يقول : إن سلامة صحة الإنسان لا تعني خلوه من الأمراض فحسب بل رفايته الاجتماعية و النفسية أيضاً، يمكن عد الضجيج مضرراً بالصحة حسب ذلك التعريف.

و يتكون الصوت كما هو معروف إما نتيجة تصادم أجسام صلبة ، أو تأثير قوي على أجسام صلبة ، أو تدفق الغازات و السوائل و ما يترتب عليه من تموجات أو اهتزازات. و ينتقل الصوت على شكل تموجات تنتشر في جميع الاتجاهات المحيطة بمصدر الصوت بواسطة الغازات أو السوائل أو الأجسام الصلبة ، و لا ينتقل الصوت بواسطة الفراغ . و تصل التموجات إلى أذن الإنسان بواسطة الهواء على موجات متتالية حيث تهز جزيئات الهواء و ينتج عن ذلك تضغط أو تخلخل في الهواء (أي ارتفاع أو انخفاض في ضغط الهواء) تؤثر في جهاز الأذن الداخلية و الأعصاب السمعية المرتبطة مع الدماغ.

ويمكن تمييز صفات الصوت حسب تردد موجاته أي عددها (Frequency) في الثانية، و حسب شدة أو قوة (Intensity) تلك الموجات . و يقاس تردد الصوت بالهرتز Hertz=Hz وهي وحدة قياس عالمية أوجدها الفيزيائي الألماني بارك هازون ، وتعني عدد الموجات في الثانية . حيث إن الهرتز الواحد يساوي تردد موجة واحدة في الثانية ، و تتناسب قوة الصوت تناسباً طردياً مع المساحة الواقع عليها الصوت و عكسياً مع المسافة عن مصدره في الوحدة الزمنية . و أما تأثير الصوت في الإنسان فإن قوة الصوت الواقعة على الأذن هي المهمة في الوحدة الزمنية . و يمتاز الإنسان السليم بقدرة سمع دنيا نسبية ، و هي الحد الأدنى للصوت الذي يستطيع أن يسمعه و يمكن عدها بأنها تساوي (١) . و تستطيع الأذن البشرية أن تسمع أصواتاً أقوى من قدرة السمع الدنيا النسبية (١) بمئات الملايين من المرات ، فعلى سبيل المثال ، تقدر قوة الصوت الناتجة عن طائرة نفاثة أقوى بليون مرة من قوة الصوت عند قدرة السمع الدنيا . و هنا تتجاوز قوة الصوت حدود ما يسمى بحدود الألم السمعي ، و يقع بين قدرة السمع الدنيا النسبية و حدود الألم السمعي ما يسمى بمدى قوة صوت المحادثة أو الراديو .

و بالطبع لا يوجد إنسان يستطيع أن يحدد أن صوتاً معيناً أقوى من صوت آخر بليون مرة ، لذلك تكون قوة الصوت هنا نسبية و غير كافية للتعرف بدقة على قوته . كما أنه يتوجب علينا أيضاً التعامل مع أرقام عالية جداً.

ويقدم علم الرياضيات خدمة جيدة في هذا المجال ، إذ يمكن كتابة أرقام عالية جداً بأرقام قليلة و ذلك باستعمال القوة (Exponent) مثل :

=	١٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠
$١٠^{١٢}$
=	١٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠
$١٠^٩$
=	١٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠
$١٠^٦$
=	١٠٠٠٠
$١٠^٣$
=	١٠٠
$١٠^٢$
=	١٠
$١٠^١$
=	١
$١٠^٠$

و عند استعمال القوة كوحدة قياسي يمكن تمثيل أرقام من ١ إلى بليون بأرقام تتراوح بين صفر و ١٢ ، و تسمى وحدة القياس هذه بالوحدة الجرسية (Bel) حيث إن :

= ١٢ بل	١٠ ^٢
٩ = بل	١٠ ^٩
= صفر بل	١٠ ^٠

و تساوي كل وحدة قياس جرسية عشر وحدات عشرية تسمى ديسيبل dB
= Decibels و يمكن تغطية مدى السمع من واحد إلى بليون بوحدات الديسيبل
من صفر إلى ١٢٠ ، فعلى سبيل المثال ، فإن الصوت الذي تساوي قوته ٦٠
ديسيبل يعني أن هذا الصوت أعلى من قوة صوت قدرة السمع الدنيا النسبية بمليون
مرة .

و من الأمثلة على قوة الأصوات ما يلي :

مصدر الصوت	ديسيبل ل
الطائرة النفاثة	١٣٠
حد الألم السمعي	١٢٥
الموسيقى الصاخبة	١٢٠
المنشار الميكانيكي على بعد متر واحد	١١٠
تصنيع المعادن الصلبة (المحددة)	١٠٠
الكوبرسر (حفارة الشوارع)	٩٠
الحد الحرج للصوت و الذي يؤدي إلى أضرار سمعية عند استمراره	٨٥
السيارة على بعد سبعة أمتار	٨٠

المحادثة العادية	٦٠
الموسيقى الهادئة	٤٠
بداية الإزعاج	٣٥
الهمس	٣٠
المشي البطيء على السجاد	٢٠
صوت أوراق الأشجار	١٠
الحد الأدنى للسمع	صفر

و من الجدير بالذكر أن زيادة قوة الصوت بمقدار (١٠) ديسيبل تعطي الإحساس للإنسان بمضاعفة شدة الصوت ، أي أن صوتاً شدته (٧٠) ديسيبل يبدو أعلى مرتين من صوت شدته (٦٠) ديسيبل.

هذا و تلعب الفترة الزمنية و شدة الصوت دوراً مهماً في التأثير في الإنسان . و ينخفض تأثير الصوت في الإنسان عند خفض المدة الزمنية التي يتعرض لها الإنسان للصوت مع بقاء شدته ثابتة . ففي حالة تعرض شخص ما لصوت شدته ٩٣ ديسيبل لمدة ثماني ساعات يومياً ، فإن مقدار تأثير الصوت بنفس الشدة على الإنسان ينخفض إلى النصف في حالة انخفاض مدة التعرض له لمدة أربع ساعات يومياً . و يختلف الوضع بالنسبة لتأثير اختلاف شدة الصوت في الإنسان مقارنة مع تأثير الفترة الزمنية السابق ذكرها . فقد دلت الدراسات التجريبية بأن التأثير الناتج عن تخفيض شدة الصوت بمعدل ٣ ديسيبل يعادل التأثير الناتج عن التخفيض بمعدل نصف الفترة التي يتعرض لها الإنسان . و بمعنى آخر فإن تعرض الإنسان لصوت شدته ٩٠ ديسيبل و لمدة ثماني ساعات يؤدي إلى نفس التأثير لصوت شدته ٩٣ ديسيبل و لمدة أربع ساعات.

كما دلت الدراسات على أن تخفيض عدد مصادر الصوت (بنفس الشدة) إلى النصف يؤدي أيضاً إلى خفض شدة الصوت بثلاثة ديسيبل . فعلى سبيل المثال ، ينجم عن ٢٠٠٠ سيارة في الساعة تحت ظروف معينة و على بعد ٣٥ م من الشارع الذي تسير عليه صوت تبلغ شدته ٦٥ ديسيبل . و تحت نفس الشروط يعطي نصف هذا العدد من السيارات (أي ١٠٠٠ سيارة) في الساعة ٦٣ ديسيبل . أما الـ ٥٠٠ سيارة فتحت نفس الظروف ينجم عنها صوت شدته ٥٩ ديسيبل .

٩-٥-١ - مصادر الضجيج :

من أسباب الضجيج المهمة التخطيط العشوائي في استعمالات الأرض مثل انتشار المصانع و المعامل بين الأحياء السكنية و في وسط المدن . مثال ذلك تركيز معامل الطوب و البلاط و مناشير الحجر في الأحياء السكنية . كما تعد وسائل النقل من مركبات و قطارات و طائرات من مصادر الضجيج المهمة و خصوصاً عند انعدام الصيانة السليمة لها و عند مرور خطوط المواصلات الرئيسية من وسط الأحياء السكنية . و من المصادر الحديثة للضجيج المنبعثة من الراديو و التلفزيون في المنازل، و مكبرات الصوت و المسجلات في محال بيع أشرطة الفيديو و الموسيقى ، و المقاهي، و المطاعم ، و النابغة من قلة احترام بعض الناس لغيرهم.

٩-٥-٢ - تأثير الضجيج على الإنسان :

دل العديد من الدراسات الخاصة بمعرفة تأثير الضجيج على الإنسان على أن الضجيج العالي يؤثر سلباً على حالته النفسية ، و على الأداء الوظيفي للجسم ، و يظهر التأثير السلبي للضجيج في الأداء الوظيفي للجسم عند التعرض لأصوات عالية تزيد شدتها عن ٩٠ ديسيبل و لفترات طويلة من الزمن . و أحياناً لفترات قصيرة في حالات الضجيج ذي الشدة القصوى ، و يؤدي هذا الوضع إذا لم تتوفر الحماية الكافية للأذن إلى تدهور تدريجي في حاسة السمع ربما تنتهي بالصمم التام . و تؤدي الانفجارات التي تولد أصواتاً تزيد شدتها عن ١١٥ ديسيبل إلى تمزيق غشاء الطبلة و الإصابة بالصمم . كما يسبب الضجيج أيضاً ارتباكات معوية و ضعفاً عاماً في الدورة الدموية .

و يظهر التأثير النفسي للضجيج في الإنسان على شكل توتر عصبي و كآبة مما يحد من القدرة على التركيز و الإنتاجية ، و قد يشكو بعض العمال من أثر الضجيج الذي يعانون منه في مكان العمل و الذي يستمر تأثيره بعد مغادرتهم العمل لمنزلهم على شكل رنين مستمر . وقد ركزت بعض الدراسات الحديثة على تأثير الضجيج في عمال المصانع و تأثير ذلك على الإنتاجية في العمل . و قد أوضحت تلك الدراسات أن الحد الأعلى لتحمل الضجيج هو ٩٠ ديسيبل خلال ساعات العمل اليومية و هي (٨ ساعات) و فوق هذا المستوى يصبح الإنسان معرضاً للخطر و لا بد من حماية السمع . و يعتقد أن مستوى ٨٥ ديسيبل لا يسبب خطراً على الإنسان عند التعرض المستمر له . و من الجدير بالذكر أن تأثير الضجيج على

الإنسان يختلف من شخص لآخر حسب اختلاف العمر و الجنس و الحالة النفسية والصحية و طبيعة العمل.

٩-٥-٣- مكافحة الضجيج:

تهدف مكافحة الضجيج التوصل إلى أقل مستوى ممكن للضجيج و ذلك باتباع أفضل الوسائل الممكنة و بتكلفة معقولة . و يمكن مكافحة الضجيج بطريقتين هما :

١- الأسلوب المباشر و يهدف إلى مكافحة الضجيج في مصدره (كالمصنع و السيارة .. الخ) و هذا بلا شك أفضل الطرائق لأنه يحمل المسبب للضجيج مسؤولية التخلص منه . و تكون مكافحة الضجيج هنا بالحد من صدور الضجيج من المصدر نفسه وإما بمنع انتشار الضجيج إلى البيئة المحيطة. و على سبيل المثال يمكن الحد من شدة الضجيج بسبب وسائل النقل بالوسائل التقنية و يتطلب ذلك الأمر رفع أسعار وسائل النقل بنسبة ٥ % ففي السيارات الصغيرة يمكن تخفيض حوالي ٥ ديسيبل من شدة الضجيج الناتج عنها ، و في السيارات الشاحنة حوالي ٨ ديسيبل ، و في الباصات حوالي ١٠ ديسيبل . أما في بعض أنواع الطائرات النفاثة (جمبوجيت Air bus , Dc 10 و البوينغ) فقد تم سنة ١٩٧٣ تخفيض ١٥ ديسيبل من شدة صوتها . و قد ازداد اليوم عدد الطائرات النفاثة التي قللت من شدة الضجيج . و من الجدير بالذكر أن طائرة الكونكورد الفرنسية البريطانية تعد أكبر طائرة ملوثة بالضجيج لذا لا يسمح لها بالهبوط في مطارات بعض الدول .

٢- الأسلوب غير المباشر : يهدف إلى حماية الشخص من التعرض للضجيج و يتم ذلك بعدة طرائق مثل :

- الحماية الشخصية من الضجيج عن طريق سد الأذنين بواسطة مواد بلاستيكية لدنة خاصة أو بقطعة من القطن ، أو بوضع كامات خاصة على الأذنين ، أو ملابس خاصة تحمي جميع أجزاء الجسم من الضجيج . و قد انتشر استعمال هذه الملابس الخاصة عند العاملين في ورش صيانة الطائرات ، و مرشدي الطائرات على الأرض و بخاصة في المطارات العسكرية . و يشترط في هذه المواد المستعملة للحماية الشخصية ألا تؤثر في صحة الإنسان أو تعيق حركته .

- إقامة الحواجز الصوتية لمنع انتشار الضجيج إلى المناطق المجاورة و خصوصاً طرق المواصلات الرئيسية ، و يمكن أن تكون هذه الحواجز إسمنتية أو ترابية أو من مادة الكومبوست ، أو أحزمة خضراء تعطي المنطقة منظرًا حضارياً .

- استعمال الزجاج العازل في المنازل (الزجاج المزدوج مثلاً) و يمكنها أن تقلل من شدة الصوت بحوالي ٤٠ ديسيبل .
- منع خروج الضجيج من المنازل (كالموسيقى و بخاصة أثناء الحفلات و غيرها) بعد الساعة العاشرة و حتى الساعة السادسة صباحاً و بإجراء حكومي .

٩-٦ - التلوث بالإشعاع Radiation Pollution :

في وقتنا الحاضر لم تعد سرّاً علمياً النتائج و المضاعفات الخطيرة التي تسببها تسرب الإشعاعات و الفضلات النووية من انفجار نووي أو من مفاعل متفجر ، فالذي يدرك طبيعة

الأخطار على الإنسان من جراء هذه الحوادث يصاب بالذهول ، فالإشعاعات النووية تقترب نوعين من التأثير على الإنسان ، جسدي مباشر و وراثي ينتقل من جيل إلى آخر و ثمة علاقة بين الجرعة المشعة و مدى الإصابة التي تحدثها .

و تختلف التعديلات حول الحد الأدنى من الإشعاع الذي يمكن أن يكون مأموناً عند التعرض له . حيث كانت التقديرات المفترضة هي ٣٧ / م (وحدة قياس إشعاعية) الحد الأعلى و المسموح به لتعرض الإنسان ، و بعد أبحاث طويلة اعتقد العلماء أنه لا توجد جرعة مأمونة البتة من الإشعاع ، و أية جرعة مهما كانت صغيرة لا بد أن تحمل معها مخاطرها .
و لكن يبقى التلوث الإشعاعي في البيئة لفترات زمنية طويلة جداً ، و يعد التلوث الإشعاعي أخطر أنواع التلوث على الإطلاق . و الإشعاع (Radiation) عبارة عن طاقة تكون على شكل جسيمات (دقائق) سريعة أو موجات كهرومغناطيسية .

٩-٦-١ - مصادر الإشعاع :

تشمل مصادر الإشعاعات كل من :

أ- مصادر الإشعاعات الطبيعية (Sources of Natural Radiation) :

تعرضت الكائنات الحية منذ بداية الحياة إلى الإشعاعات الطبيعية ، و ساعدت و بلا شك على إحداث طفرات (Mutation) في جميع أنواع الكائنات الحية . و من أهم مصادر الإشعاعات الطبيعية ما يلي :

١- الأشعة الكونية (Cosmic Radiation) : و تصل هذه الأشعة من الشمس و من داخل و خارج مجرتنا (Galaxy) . و تتأثر كمية هذه الإشعاعات في المجال المغناطيسي للأرض الذي يجعل كميتها بالقرب من القطبين أكثر من كميتها عند خط الاستواء . و يقوم الغلاف الغازي بحماية الأرض من بعض الإشعاعات الكونية . لذا يتعرض المسافرون جواً إلى كميات ليست قليلة من هذه الإشعاعات.

٢- إشعاعات القشرة الأرضية (Earth's Crust Radiation): تحتوي صخور القشرة الأرضية والتربة على مواد مشعة مثل اليورانيوم (U) والثوريوم (Th) و البوتاسيوم (K^{40}) و الرادون (Ra) بتركيز مختلف من إشعاع الخلفية Background Radiation و على سبيل المثال نجد لبعض مناطق في البرازيل معدلات إشعاعات تزيد ٦٠-١٠٠ مرة عن معدل الإشعاع في مناطق أخرى من العالم . و عند استعمال مواد القشرة الأرضية (رمال ، حجارة و غيرها) في عملية البناء (منازل ، سدود و غيرها) و خاصة تلك التي تحتوي على

تركيز عال من الإشعاعات فإنه يتم نقل مصادر مشعة إلى هذه الإنشاءات و التي تصبح بدورها مصدراً للإشعاعات .

٣- إشعاعات الهواء و الماء و الطعام : يأخذ الإنسان أيضاً كمية لا بأس بها من الإشعاعات الطبيعية الموجودة في الهواء الذي يتنفسه و الماء الذي يشربه و الطعام الذي يأكله . و من هنا لا مفر من تعرضنا يومياً للإشعاع سواء بشكل مباشر أو غير مباشر . فالكربون ١٤ المشع يأخذه الإنسان من غذائه من النبات ، و يأخذ الثوريوم ٢٣٢ مع الطعام و الشراب واليوتاسيوم ٤٠ من منتجات الألبان . و تؤثر هذه الإشعاعات في جسم الإنسان من الداخل و بخاصة نخاع العظم و الرئتين.

ب- الإشعاعات الصناعية :

أضاف الإنسان منذ بداية الأربعينيات إلى الإشعاعات الطبيعية و الإشعاعات الصناعية و بذلك ازدادت كمية الإشعاعات التي يتعرض لها الإنسان اليوم ، و تستعمل الإشعاعات في عدد من المجالات مثل :

- الطب الذي يستعمل الأشعة في عملية التشخيص و العلاج و بذلك يتعرض المريض و الفنيون لهذه الإشعاعات.

- التفجيرات النووية و هي أكثر المصادر خطراً على البيئة فكل تفجير نووي يؤدي إلى زيادة تلوث عناصر البيئة (كالأرض و الماء و الهواء و السلاسل الغذائية) و بالتالي تسبب تلوثاً داخلياً و خارجياً للإنسان ، فعنصر الاسترونشيوم ٩٠ يدخل في تركيب العظام بدلاً من الكالسيوم نظراً لتشابه العنصرين الكيميائيين و يصدر الإشعاع من داخل العظام . وقد عرفت مدى خطورة التفجيرات النووية منذ اختراع أول ثلاث قنابل ذرية : الأولى التي استخدمت للتجربة و الاثنان المتبقيتان اللتان ألقيتا على مدينتي هيروشيما و نجازاكي في اليابان سنة ١٩٤٤ . و قد فجرت القنابل الذرية التي تحتوي على اليورانيوم (٢٣٥) في وسط هاتين المدينتين بطريقة لا سلكية على ارتفاع ٧٠٠ م. بعد إلقاء القنبلة النووية على مدينة هيروشيما التي كان يسكنها حوالي ٤٥٠ ألف ياباني مات منهم على الفور ١١٧ ألفاً و تشوه مائة ألف مواطن و ما زال المواطنون يموتون من آثار الإشعاع حتى اليوم.

- المفاعلات النووية التي تستخدم لتوليد الطاقة الكهربائية و هنا يبقى معظم النشاط الإشعاعي في قلب المفاعل ، بعد سنة أو أكثر يوقف المفاعل مؤقتاً و يستبدل الوقود بغيره . و قد جاء انصهار قلب المفاعل النووي و تسرب الإشعاعات في محطة تشيرنوبل السوفيتية في أوكرانيا سنة ١٩٨٦ لندكرنا من جديد بخطر الإشعاعات النووية التي تنتشر بسرعة

و تقضي على كل شيء . و تخرج الإشعاعات عادةً من المفاعلات النووية لتوليد الطاقة الكهربائية إلى البيئة عن طريق المياه العادمة و الغازات العادمة ليس فقط عند حدوث خلل لهذه المفاعلات الذرية و بل أثناء العمل العادي للمحطة أيضاً.

و تحاول محطة الطاقة النووية الحد من كمية الغازات العادمة المشعة الخارجة إلى البيئة عن طريق إبقاء هذه الغازات قدر الإمكان في حلقة مغلقة يعاد استعمالها من جديد، أو عن طريق تخزين الغازات العادمة في مخازن خاصة كبيرة و ينتظر حتى تقعد الغازات العادمة بعض إشعاعاتها و توفر ظروف جوية ملائمة لإطلاقها إلى الغلاف الغازي حيث تنتشر به . و هنا يلعب ارتفاع المدخنة و سرعة الرياح و الطقس السائد دوراً مهماً في عملية توزيع الغازات المشعة في الغلاف الغازي . و عموماً نجد أكبر تركيز للإشعاعات على التربة على مسافة ١-٣ كم من محطة الطاقة النووية في اتجاه الرياح السائدة .

و تزداد خطورة هذه الغازات المشعة عندما تحتوي على جزيئات صلبة دقيقة متوسطة الحجم تمتص الإشعاعات و تصبح بدورها مشعة ، لذا لا بد من إزالة هذه الجزيئات من الغازات قبل إطلاقها إلى الغلاف الغازي.

أما المياه العادمة المحتوية على الإشعاع فيتم أولاً فصل أكبر قدر ممكن من المواد المذابة و غير المذابة و الغروية بواسطة عمليات التخثير و الترسيب و تبادل الأيونات Ion Exchange قبل إخراجها من المحطة .

و لحماية البيئة من أي خلل يمكن أن يحدث للمفاعلات الذرية يجب مراقبة هذه المحطات باستمرار . و قد توصلت دراسة حكومية للمفوضية التنظيمية الذرية في الولايات المتحدة الأمريكية حول الأضرار المحتملة لحوادث قد تقع في محطات الطاقة النووية إلى أن عدد القتلى في أسوأ الحالات يمكن أن يزيد عن ١٠٠ ألف نسمة، كما يمكن أن تصل قيمة الأضرار المادية إلى حوالي ٣٠٠ بليون دولار . و تعتمد هذه الدراسة على ما تسميه المفوضية بحدث المجموعة واحد . و هو الحادث الذي يشمل ضرراً ذرياً جوهرياً و قاسياً نتيجة انصهار المفاعل و فشل جميع أجهزة السلامة في السيطرة عليه ، و تسرب جميع محتويات المفاعل الذري .

و يقدر موظفو المفوضية أن احتمال مثل هذا الحادث الذي يعد أفدح بكثير من حادث محطة تري مايل إبلان قرب مدينة هاريسبورغ في بنسلفانيا الأمريكية سنة ١٩٧٩ بواحد إلى مئة ألف .

د- الاستعمالات الأخرى:

يدخل استعمال المواد المشعة في بعض البحوث الفيزيائية ، و الكيميائية ، و الأحياء ، و الطب ، و الصيدلة ، و الزراعة . كما تستخدم أيضاً بعض أنواع الإشعاعات (أشعة جاما) لحفظ الأغذية كاللحوم و الأسماك و الفواكه . و تستعمل الإشعاعات في الصناعة في عدد من المجالات مثل تحديد مقدار التسرب في أنابيب النفط و اكتشاف عيوب صناعة المعادن و صقلها و غير ذلك .

هـ- اليورانيوم المستنفذ (Depleted Uranium) :

عبارة عن معدن ثقيل سام له نشاط إشعاعي قليل (أقل بحوالي ٤٠% من نشاطه الإشعاعي الطبيعي) يطلق دقائق ألفا و بيتا و أشعة جاما . يستخلص اليورانيوم المستنفذ على شكل منتج ثانوي (By Product) خلال تركيز خامات اليورانيوم الطبيعية . يستعمل هذا اليورانيوم في صناعة الذخيرة Munitions المخصصة لتدمير الدروع (الدبابات) و التحصينات القوية (مثل ملجأ العامرية في العراق الذي تم تدميره خلال حرب الخليج الثانية) . و يستعمل اليورانيوم المستنفذ أيضاً في صناعة الدروع لجعلها أكثر صلابة و حمايتها من الذخيرة التقليدية و في تقوية هياكل الطائرات و السفن و غير ذلك من الاستعمالات .

اشتهر اليورانيوم المستنزف عالمياً في أعقاب حرب كوسوفو سنة ٢٠٠٠ ، فقد استعمل في حرب الخليج الثانية ضد العراق سنة ١٩٩١ قبل استعماله في حرب كوسوفو . و تدعي نشرات وزارة الدفاع الأمريكية أن هذا النوع من اليورانيوم لا يضيف إشعاعات ذات أهمية إلى البيئة ، كما أنه لا يشكل خطراً على صحة الإنسان طالما بقي خارج الجسم .

٩-٦-٢- تأثير الإشعاع على الكائنات الحية :

تدخل الإشعاعات إلى البيئة من مصادر مختلفة ، و تؤثر على الكائنات الحية من إنسان و حيوان و نبات و كائنات حية دقيقة ، و يعتمد تأثير الإشعاعات على الكائنات الحية على نوعية الكائن الحي ، و درجة الإشعاع ، و الفترة الزمنية التي يتعرض إليها الكائن الحي . و عموماً تتأثر الكائنات الحية بالإشعاعات في مرحلة الطفولة أكثر من تأثرها في المراحل الأخرى نظراً لنشاط الخلايا الكبير أثناء مرحلة الطفولة .

و يكون تأثير الإشعاعات الطبيعية أو الصناعية في الكائنات الحية بنفس الطريقة فمن الإشعاعات تخرج جزيئات ذات طاقة عالية بحيث تحدث تغير في ترتيب الأحماض الأمينية في المادة الوراثية و الأنزيمات تنتج منها أضرار وراثية تنتقل إلى الأجيال القادمة أو أضرار جسدية تؤثر فقط في الكائن الحي المصاب . و تتراوح الفترة الزمنية ما بين تعرض الكائنات الحية

للإشعاعات و حدوث الضرر من عدة ساعات إلى عشرات السنين. و يبين الجدول (٩-٥) مدى تأثير الإشعاعات في جسم الإنسان:

جدول (٩-٥) مدى تأثير الإشعاعات على جسم الإنسان

التأثير في الإنسان	درجة تركيز الإشعاع راد
تغير بسيط لصور الدم	٥٠-١
١٥-٥ % من الأشخاص يتعرضون للتقيؤ و الإجهاد و لا تحدث أضرار	١٢٠-٨٠
تقيؤ و أعراض مختلفة مع إمكانية حدوث وفيات	٢٦٠-١٣٠
تقيؤ و أعراض مختلفة تحدث وفيات في الأسبوع الثاني و حتى السادس	٣٣٠-٢٧٠

و يتوقف تأثير الإشعاع على الأجنة البشرية على مرحلة النمو ، فإذا تعرضت البويضة الملقحة أثناء الأسابيع الأولى للإشعاع يتم انفصالها عن الرحم و يحدث الإجهاض . و إذا كان عمر الجنين حوالي ثلاثة أشهر فإنه يتعرض لنشوهات جسدية خصوصاً في الجهاز العصبي و العيون . أما في الفترات التي تلي الأشهر الثلاثة فإن الجنين يتعرض إلى تشويه الأيدي و الأرجل . و تتأثر الأجنة حتى و لو بتركيزات بسيطة بالإشعاعات ، لذا لا يسمح بأخذ صورة الأشعة للحوامل .

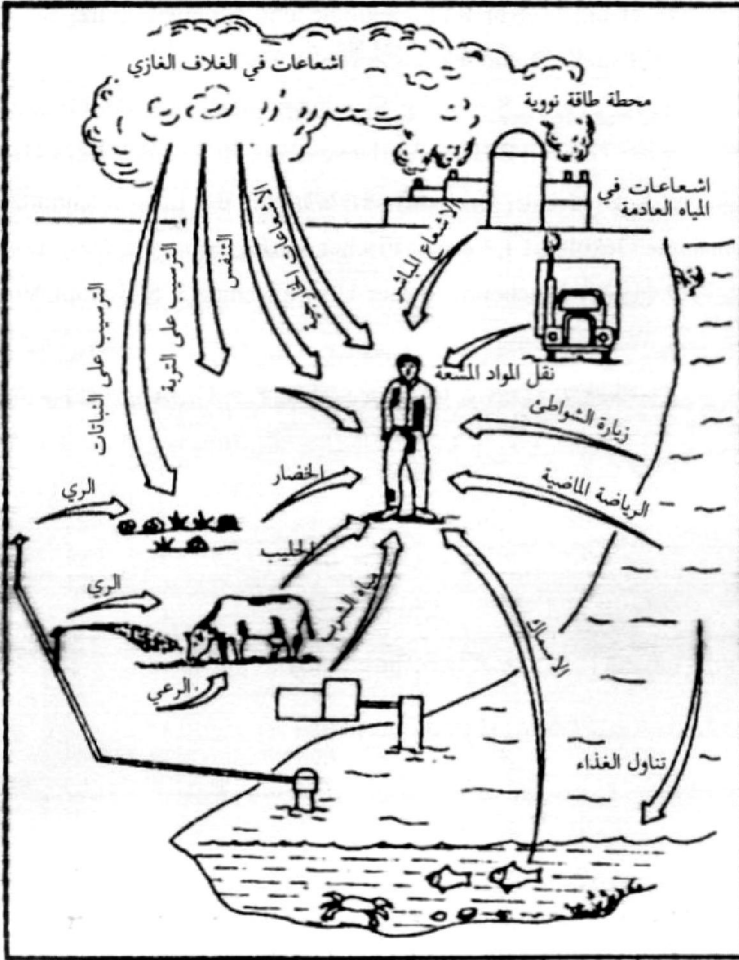
و من أشهر تأثيرات الإشعاعات في الإنسان سرطان الدم و العقم و سرعة الهرم و نقص المناعة لمقاومة الأمراض . ويشبه تأثير الإشعاعات في الحيوانات تأثيراتها في الإنسان ، و يتوقف ذلك على نوع الحيوان و مرحلة حياته من طفولة و شيخوخة . فالحشرات عندما تكون في طور الشرنقة تتعرض لحياتها للخطر بتركيز تبلغ حوالي ٢٠٠ راد في حين تتحمل نفس الحشرة الناضجة ما بين ٥٠٠٠ - ٨٠٠٠ راد . و لكنها تصاب في هذا التركيز بالعقم ، و هذا ما يستعمل في مكافحة الحشرات الفيزيائية. أما التركيز القاتل $LD = Lethal Dose$ و هو التركيز الذي تموت به ٥٠ % من الكائنات الحية المعالجة فتتراوح في الحشرات ما بين

٥٠٠٠٠ - ١٠٠٠٠٠٠ راد . و من خلال المملكة الحيوانية نجد المناعة ضد الإشعاعات في ازدياد من الثدييات إلى الفقاريات ثم إلى الحشرات .

و يتوقف تأثير الإشعاعات في النباتات أيضاً حسب نوعية النباتات . فعندما تتعرض النباتات للإشعاع لا تتأثر جميع أنواعها بنفس الدرجة فهناك أشجار لها مناعة عالية ضد الإشعاع و أخرى لها مناعة قليلة .

و يكون تأثير الإشعاع على النظم البيئية الطبيعية بشكل عام عن طريق تغيير مكوناتها الحية ، فقد وجد أن تعرض نظام بيئي طبيعي إلى الإشعاع بتركيزات ٢-٣ راد يؤدي إلى تقليل عدد أنواع الحيوانات . أما التعرض للإشعاعات بتركيزات ٢٠-٣٠ راد فقد قللت من مناعة أشجار الأوراق العريضة ضد الحشرات . و أخيراً عند زيادة تركيز الإشعاعات يمكن القضاء على النظم البيئية الطبيعية .

و يتعرض الإنسان للإشعاعات الخارجية في المحيط الذي يعيش فيه ، و هنا يتعرض جميع أعضاء الجسم للإشعاعات الخارجية و الإشعاعات الداخلية الموجودة في جسم الإنسان الناتجة عن تنفس مواد مشعة و تناول غذاء و شراب ملوث بالمواد المشعة فغازات التريتيوم (Tritium) و الرادون (Radon) ذات المصدر الطبيعي و اليود و الكيريتون ذات المصدر الصناعي تدخل إلى جسم الإنسان أثناء عملية التنفس . كما أن الهباء الجوي الدقيق يستطيع اختراق جدران خلايا الرئتين و يستقر في الجهاز التنفسي أو يدخل في مجرى الدم . و بالنسبة لتلوث المواد الغذائية التي تزرع بالقرب من المحطات النووية لتوليد الطاقة الكهربائية و مياه الشرب فتكون غالباً ذات تركيز بسيط ، غير أن هذا التركيز يتضاعف من خلال السلاسل الغذائية . و يبين الشكل (٩-١٢) بعض الإشعاعات التي يتعرض لها الإنسان من المصادر المختلفة .



شكل (٩-١٢) الإشعاعات التي يتعرض لها الإنسان من المصادر المختلفة

٩-٧- تلوث التربة :

تعد التربة وسطاً حيوياً معقداً فهي تتألف من جزيئات معدنية و مواد عضوية و كائنات حية ، كما أنها مركز لدورات العديد من العناصر في الطبيعة .

تتلوث التربة بطرق و أشكال مختلفة ، و يؤدي هذا التلوث إلى قتل العديد من الكائنات الحية التي تسهم في تحليل المواد العضوية و تشكيل الدبال ، و بالتالي تؤدي إلى تدهور خصوبتها و انخفاض إنتاجيتها كما و نوعاً من جهة ، و إلى التأثير في صحة الإنسان عن طريق المحاصيل أو المياه الملوثة من جهة أخرى . و من أهم الملوثات للتربة هي الأسمدة و المبيدات و الفضلات المنزلية و الصناعية و العناصر المشعة و التلح و غيرها . و تعتبر التربة مصدراً رئيساً لتلوث المياه خصوصاً في المناطق الغزيرة الأمطار ، كما أنها مصدر لتلوث الهواء بالغبار و المبيدات....الخ

(أ) ملوثات التربة :

١- الأسمدة : تعد عملية التسميد الكيميائي من أهم طرق تحسين خصوبة التربة و زيادة قدرتها الإنتاجية ، إلا أن الإفراط في استعمالها إلى ارتفاع نسبة العناصر الكيميائية كالنترات في الماء الأرضي و البحيرات الذي يختزل إلى نترت في جسم الإنسان و يصبح ساماً ، فضلاً عن أن بعض الأسمدة كالنترات تحوي على عناصر مشعة لها أثر متبق ضئيل جداً يزداد تركيزها مع الزمن الطويل .

إذاً الإفراط في استخدام الأسمدة ينعكس سلباً على النبات و على البيئة المحيطة . ففي النيات نفسه تنخفض جودة الإنتاج و تقل فيه نسبة السكر و المادة الجافة و الفيتامينات . و تقصر فترة التخزين للمنتج ، و تتراكم فيه بشكل زائد مادة النترات . أما على صعيد البيئة فإن زيادة استخدام هذه الأسمدة عن المعدلات الطبيعية أدى إلى تلوث المياه الجوفية بمادة النترات نتيجة غسل التربة فأصبحت غير صالحة للشرب . كذلك أدت الزيادة الكبيرة في استخدام الأسمدة دوراً كبيراً في انتشار التلح و زيادته و بالتالي إلى التصحر .

و قد تبين أن زيادة استخدام الأسمدة الأزوتية يقلل فعالية المبيدات الحشرية ، و كذلك تغيير القيمة الغذائية للأعلاف كثيراً بسبب محتواها من النترات فكلما زاد ذلك المحتوى قل إنتاج الحيوانات من الحليب و انخفاض وزنها .

٢- المبيدات : يعد الاستخدام اللاعقلاني للمبيدات و الإسراف في استعمالها أحد أهم أسباب الخلل بالتوازن الطبيعي في كثير من الحالات و المناطق ، فقد تضاعفت أعداد و أنواع الحشرات المكتسبة للمناعة ، و تلوثت البيئة بكل عناصرها (هواء و ماء و تربة و بشكل خاص المزروعات) . و حسب إحصائيات منظمة الصحة العالمية فإن هناك حادثة تسمم في كل

دقيقة نتيجة لاستخدام المبيدات في الدول النامية . و هناك إصابات جديدة تكتشف كل يوم على الإنسان و يكون سببها المبيدات الكيماوية و تركيباتها الجديدة ، و تقوم المنظمات الدولية المعنية بتحريم هذه المبيدات التي يثبت ضررها للإنسان يوماً بعد يوم .

بصورة عامة و إن استخدام المبيدات على اختلاف أنواعها بتركيز عالية و بشكل غير مرشد يؤدي في معظم الحالات إلى الأخلال بالتوازن الطبيعي في التربة عن طريق موت أعداد كبيرة من الأعداء الحيوية و تلوث التربة بشكل لا يمكن إصلاحه إلا على المدى البعيد .

٣- النفايات الصلبة : و قد تم شرحها بالتفصيل سابقاً .

٤- المخلفات السائلة : يؤدي ري التربة الزراعية بمياه المجاري و بمياه الأنهار الملوثة دون معالجة إلى انتشار الجراثيم في التربة و انتقال هذه الأحياء إلى الإنسان عند استهلاكه الخضراوات و خصوصاً الورقية منها . كما يؤدي الري بمياه المجاري أيضاً إلى تملح التربة على المدى البعيد و تدهم بنيتها الفيزيائية و ذلك بفعل انسداد مسامات التربة بالمواد المعلقة الدقيقة .

٥- المواد المشعة تم التكم عنها سابقاً .

(ب) العوامل التي تساعد على زيادة تلوث التربة :

١- ممارسات الإنسان الخاطئة اتجاه الغطاء النباتي بهدف الاستفادة من هذه الثروة . أدت بتجاوزها حدود الطاقة التجديدية للموارد إلى التدهور البيئي كالرعي الجائر و إزالة الغابات و زراعة الأراضي الهامشية و غيره .

٢- الاستخدام السيئ للمياه و الموارد المائية المتاحة .

٣- استعمال المياه الملوثة أو المياه العادية دون تنقية .

٤- تطبيق التقنيات الحديثة دون أن يتم تطويرها بما يتناسب مع الظروف المحلية السائدة أدى إلى تكوين القشرة السطحية و ضغطها و طحن التربة السطحية مما يسهل تعريتها و انجرافها .

٥- التلوث البيئي بغاز الكبريت و الأوزون بالإضافة إلى الأمطار الحامضية يهدد الغابات الطبيعية و الأراضي الزراعية في كثير من الدول .

٦- إخراج مساحات واسعة من الأراضي الزراعية و الرعية نتيجة للزحف العمراني و الاستعمالات الحضرية .

و هنا لابد من ذكر أهم الإجراءات و العمليات المتخذة لمكافحة تلوث التربة و عدم الإفراط باستخدام الأسمدة الكيماوية و المبيدات الكيماوية :

٩-٧-١ - مكافحة المتكاملة :

إن الاستعمال الدائم للمبيدات ليس الحل الطويل الأمد لحماية الإنتاج الزراعي و الصحة العامة . ففي الوقت الذي نجد فيه اتجاهاً متصاعداً لاستهلاك المبيدات الزراعية لدى الدول النامية ، نجد أن الدول المتقدمة قطعت شوطاً بعيداً في التحذير من التمادي في استخدام المبيدات ، فمنظمة الأغذية و الزراعة (الفاو) صنفت ٤٠٠ مبيد يعود تاريخها منذ ٥٠ عاماً ما زالت تستخدم في الدول النامية و ما زالت هذه الدول تستعمل الأنواع الرخيصة من المبيدات التي لا جدوى اقتصادية منها ، نسبة لمقاومة سلالات الآفات لها بالإضافة إلى آثارها الضارة بصحة الإنسان و سلامة البيئة بدرجة كبيرة .

إن الأبحاث تعزز الاتجاه العام للحد من استخدام المبيدات كلياً و اللجوء لأساليب المكافحة المتكاملة الأكثر ترفقاً بالبيئة و التي تهدف إلى تطوير طريقة للتحكم بالحشرات و الأعشاب الضارة من منطلق توحيد كل طرائق التحكم البيولوجية و الكيميائية و البيئية . و فيما يتعلق بالطريقة الكيميائية ، توجه الجهود نحو ما يسمى " المبيدات الانتقائية " التي يفترض فيها قتل الحشرات المستهدفة دون أي تأثير على أعدائها الطبيعيين للمحافظة على التوازن الطبيعي دون أن تترك أثراً متبقياً يلوث البيئة .

تعريف المكافحة المتكاملة : هي استعمال الطرق التقنية و الحيوية و الإدارية و جميع الوسائل الملائمة للبيئة . للتوصل إلى درجة فعالة في مكافحة الآفات و القضاء عليها بأسلوب اقتصادي فعال . دون الإضرار بالأعداء الطبيعية للآفات و العمل على إكثارها و توزيعها في الوقت المناسب .

الهدف من المكافحة المتكاملة : هو ابتغاء أكثر ما يمكن من المحصول بتكاليف أقل و جودة عالية مع مراعاة البيئة و المحافظة عليها لنا و لأجيالنا التي ستأتي من بعدنا .

تصميم برنامج المكافحة المتكاملة : حتى نستطيع تصميم برنامج المكافحة المتكاملة على محصول ما ضد آفة أو مجموعة من الآفات نحتاج إلى دراسة كاملة من أجل الحصول على المعلومات اللازمة لإعداده و هي :

- ١- دراسة حياة النبات و أطواره و تعامله مع البيئة .
- ٢- دراسة توزيع الآفات في المحصول و على صعيد المنطقة .
- ٣- دراسة عدد الآفات التي لا يسبب وجودها أضرار اقتصادية .
- ٤- دراسة أهم العوامل الطبيعية التي تساعد على تقليص عدد الحشرات .
- ٥- دراسة الزمن و المكان الذي تظهر فيه العناصر المضادة .

٦- دراسة تأثير الوسائل المستعملة على الحشرات و على العناصر المضادة و على البيئة .

و للقيام بمثل هذه الدراسات لا بد من مشاركة أخصائيين أكفاء في هذا الميدان .

الأمور الواجب مراعاتها لتصميم برنامج مكافحة المتكاملة :

١- يجب العلم أن المحاصيل تصاب بعدة آفات . لكن يجب الاهتمام بالآفات التي تؤثر تأثيراً اقتصادياً على المحصول . و هذه الآفات تسمى بالآفات الرئيسية التي يجب تحديد الحد الحرج للإصابة بها و يعرف هذا الأخير بأنه التعداد الحشري الذي عنده تكون تكاليف التدخل بعناصر مكافحة مريحة للمزارع بالمقارنة بالتكاليف التي سيتكبدها عند الخسارة العالية في المحصول .

٢- يجب على كل مصمم لبرامج مكافحة المتكاملة التعامل مع بيئة النبات بالقدر الذي يجعلها قادرة على خفض تعداد الحشرات الضارة . و يتم هذا باستخدام الأصناف النباتية المقاومة وراثياً للآفات و تشجيع تكاثر الأعداء الطبيعية و القضاء على أماكن تغذية و حماية و اختباء و توالد الآفات . و ذلك بتصميم دورة زراعية مناسبة تمنع انتشار الآفات و غير ذلك .

٣- البحث على طرق مكافحة لا تخل بالنظام البيئي الذي يعيش فيه النبات . كلما وصل تعداد الآفات الضارة حداً أعلى من الحد الاقتصادي الحرج و أصبح الحال يستدعي التدخل . و أفضل هذه الطرق استخدام الأعداء الطبيعية و الأصناف المقاومة و المعاملات الزراعية المحددة لانتشار الآفات . و إذا لم تنجح هذه الطرق في الحد من تعداد الحشرات إلى الحد الاقتصادي و أصبح التدخل بالمبيدات ضرورياً فإن البرنامج يشترط التدقيق في اختيار المبيد و مقدار تركيزه و وقت المعالجة به لكي لا يؤثر على الأعداء الطبيعية و لا يلوث البيئة الموجودة في منطقة الرش المحيطة بالمحصول الرئيسي .

٤- التقصي المستمر لمستويات الإصابة بالآفات في المحاصيل المختلفة إذ على أساسها يمكن تحديد الوقت الملائم للتدخل بنوع ما من طرق المكافحة . و باستمرار هذا التقصي لمستويات الإصابة

بالآفات يمكن إدراك أهميته من منطلق التغير الدائم للظروف الجوية و نمو
النبات التي تسبب في تغير المجتمعات الحشرية . مما يجعل تعدادها ينقص
أو يتضاعف في وقت قصير و يصبح آنذاك التدخل عديم الجدوى بعد
فوات الأوان .

و تختلف ظروف التقصي لمستويات الإصابة حسب البيئة النباتية ، نوع الآفة ،
الظروف الجوية و نوع الموارد المادية الموجودة . و أهم هذه الطرق هو استخدام المصائد
الضوئية أو الجنسية ، و الجاذبات اللونية ، و أخذ عينات النبات و فحصها في المختبر ، و
مراقبة المحصول من قبل أخصائي .

و ينبغي الإشارة هنا إلى أن هناك طرق أكثر تقدماً تعتمد على استقبال المعلومات حول
مستويات الإصابة ، و الأعداء الطبيعية و الظروف المناخية من حرارة و رطوبة و ضوء و
غيرها . و بعد ذلك يقوم الحاسوب بتصوير نمو المحصول في ظل هذه المعلومات و يقترح
الحلول المناسبة للتدخل في الوقت المناسب .

الطرق الواجب اتباعها في برامج مكافحة المتكاملة :

١-العمليات الزراعية : تعتبر هذه الطريقة من أسس المكافحة المتكاملة عند مكافحة

الآفات حيث يجب تنفيذ العمليات الزراعية التالية :

- اتباع الدورة الزراعية .
- استعمال الأسمدة العضوية المتخمرة و الابتعاد عن الأسمدة الكيماوية .
- اختيار موعد الزراعة و الحصاد لتلافي ظهور الآفة .
- تنفيذ عمليات الري حسب حاجة المحصول .
- الحراثة في الوقت المناسب و خاصة في نهاية فصل الخريف بعد تساقط
الأوراق .
- التخلص المناسب للأشجار و إزالة بقايا التقليم و الاستفادة منها في صناعة
السيلاج و الأسمدة .

- القضاء على النباتات البرية الآوية للآفة و التي تهجر منها إلى المحصول

- استخدام بذور خالية من الأمراض و الحشرات .

٢-المكافحة الميكانيكية و الطبيعية : و تشمل استخدام الحرارة في قتل الآفات كتعقيم

تربة البيوت البلاستيكية الزراعية بالحرارة و البخار الساخن لقتل الآفات المرضية و وضع الشبك

السلكي أو المصنوع من البلاستيك لمنع دخول الناموس و الذباب إلى المباني و وضع شبكات ذات ثقوب ضيقة (مصافي) على فوهات مواسير الري لمنع تسرب بذور الحشائش الضارة إلى مناطق زراعة المحاصيل و استخدام المكافحة الميكانيكية بوضع مصائد الحشرات (الجنسية و الغذائية و اللونية) و آلات إخافة الطيور و منع اقترابها من المحاصيل الهامة بإصدار أصوات مزعجة تدفع بالطيور إلى مناطق ثانية .

٣- استعمال أصناف النباتات المقاومة للآفات : تستخدم الأصناف النباتية المقاومة للحشرات و الأمراض كأسلوب فعال من أساليب المكافحة المتكاملة و هناك الآن ما يقرب من مائة و خمسين صنفاً مقاوماً لآفات النيما تودا لخمسة و عشرين محصولاً و هناك أكثر من مائة صنف نباتي مقاوم لخمسة و عشرين نوعاً من الحشرات و أكثر من مائة و خمسين صنفاً مقاوماً لمجموعة كبيرة و متنوعة من الآفات المرضية و تأتي هذه الأصناف النباتية المقاومة من برامج التربية التي يركز فيها العلماء على انتخاب العوامل الوراثية المقاومة للأمراض و الآفات .

٤- المكافحة الحيوية : إن استخدام أو تشجيع تكاثر المتطفلات و المفترسات و الممرضات ليعتبر من أهم مكونات برامج المكافحة المتكاملة و لقد أثبتت هذه الطريقة نجاحاً كبيراً ضد الآفات و هناك دلائل علمية تؤكد أن الخفض العددي الطويل المدى لمستويات الإصابة بالآفات لا يمكن الوصول إليه دون اللجوء إلى المكافحة الحيوية بوصفه عنصراً مكملاً .

و هناك أمثلة عديدة على استخدام المكافحة الحيوية سأذكر بعضاً منها:

- استخدام العدو الحيوي حشرة أبو العيد ضد حشرة المن على النقاح .
 - استخدام العدو الحيوي حشرة أبو العيد ضد حشرة الذبابة البيضاء على الحمضيات .
 - استخدام العدو الحيوي فطر تريخودرما أبو العيد ضد فطر F.Ox .
- ٥- الحجر الزراعي : يعتبر الحجر الزراعي من أهم العمليات الوقائية التي تحد من دخول الأمراض و الآفات و انتقالها من مكان إلى آخر .

لذلك لا بد من التشديد على المواد الزراعية عند دخولها إلى القطر و مراقبتها مخبرياً بأخذ عينات مختلفة من أجل تحليلها و عزل الإصابات إن وجدت . و بناءً على نتائج التحليل هذه يمكن أن يقرر مصير المواد المستوردة بالقبول أو الرفض .

٦- استخدام المبيدات : إذا استدعى الحال اللجوء إلى المبيدات الكيميائية فيجب استخدام تلك التي لا تضر بالبيئة أو بالأعداء الطبيعية و يكون هذا الاستخدام فقط عند الوصول إلى الحد الحرج للإصابة بالآفات . و الأجدى من ذلك هو استخدام المبيدات الحيوية .

٧- كسر ظاهرة تكون المناعة للمبيدات : عند الآفات باستعمال المبيدات بتراكيز منخفضة و برفع الحد الاقتصادي الحرج للإصابة بالآفات و باستخدام المبيدات في دورات تبادلية .

٩-٧-٢- الزراعة العضوية (الحيوية) :

هي عمليات الإنتاج الزراعي التي تتم دون استخدام الأسمدة الكيماوية المصنعة أو المبيدات الكيماوية و لكن يستخدم فيها الأسمدة العضوية الطبيعية (الكمبوست) و العناصر الغذائية الطبيعية التي لم تدخل عمليات التصنيع الكيماوي مثل : الفوسفور الصخري أو الفلد سيار... الخ.

كما يستخدم فيها عمليات المقاومة الحيوية باستخدام منتجات طبيعية مثل : الكبريت أو الجير أو باستخدام أنواع من البكتريا و الحشرات النافعة لوقاية النباتات و إحداث حالة من التوازن .

إن الزراعة باستخدام الأسمدة الكيماوية المصنعة و المبيدات الكيماوية كانت من أهم أسباب انتشار كثير من الأمراض الخطيرة التي أصابت الإنسان نتيجة تلوث البيئة بشكل عام و تلوث الغذاء و الماء و الهواء بشكل خاص مما دعا إلى مطالبة العلماء و الأطباء و المفكرين بضرورة المحافظة على البيئة و على الصحة و من أهم الأساليب لتحقيق ذلك هو أسلوب استخدام الزراعة العضوية .

الفصل العاشر

الأخطار البيئية و تقييم الآثار البيئية

١-١٠ الأخطار البيئية (Environmental Hazards)

إن أية إساءة للبيئة أو كارثة طبيعية في أي مكان من العالم هي إساءة للعالم بأسره ، ما دامت الآثار السلبية الناجمة عن ذلك مرشحة للوصول إلى الطرف الآخر من العالم . و هذا يعني أن آثار التلوث و تدهور البيئة لا تقف عند حدود معينة و لا تطال نظاماً أو بلداً بعينه ، بل هي مشكلات إنسانية ما دام الإنسان ككائن مسؤولاً عن توليدها .

لا يمكن النظر إلى البيئة على أنها محايدة ، فهي تمثل المسرح المكاني للأنشطة البشرية . و توجد في الحقيقة طرائق من التفاعلات المعقدة بين المجتمعات البشرية و النظام البيئي الطبيعي و التي تتفاوت في المكان و الزمان ، و مع تطور المجتمعات البشرية ، تغيرت نظرة الإنسان إلى البيئة الطبيعية و مواردها و تغيرت كذلك أنماط تفاعله معها و تقييمه لها ، و عموماً تم التركيز أثناء هذه التغيرات على ثلاثة أنماط من التفاعل هي :

المحددات البيئية (Environmental Constraints)

الموارد البيئية (Environmental Resources)

الأخطار البيئية (Environmental Hazards)

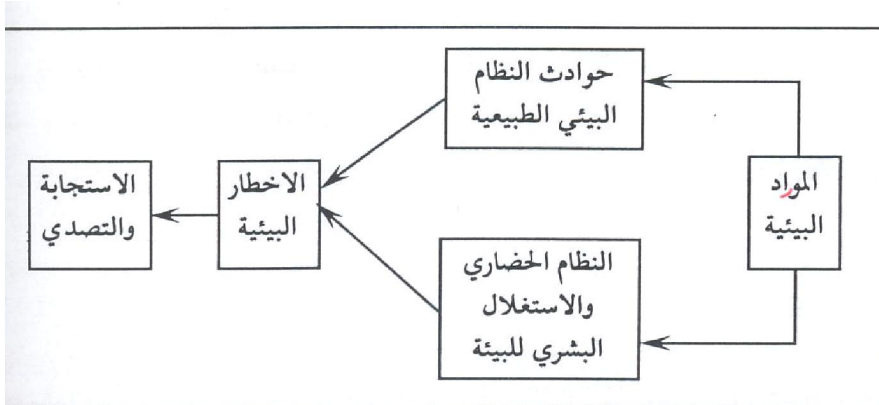
تظهر المحددات البيئية بسبب الصعوبات التي تفرضها البيئة تجاه عمليات النشاط البشري أو عند محاولة استغلالها من قبل الإنسان ، فالغابات الكثيفة ، و المستنقعات ، و المنحدرات الجبلية الشديدة الانحدار ، و الأراضي القاحلة ، و المناطق القطبية بمناخها المتطرف القاسي تعد من المحددات البيئية ، حيث تمثل تلك المناطق من الناحية البيئية أقاليم غير صالحة للنشاط البشري ، و قد أمكن التغلب على تلك المحددات من خلال التنظيم البشري ، و التقانة ، و الاستثمارات الهائلة في مجال العمالة و رأس المال . إذ نشهد أمثلة عديدة في العالم لإزالة الغابات الكثيفة و إحلالها بالعمران و الزراعة (مثل دول غرب أوروبا ، البرازيل ، شرقي الولايات المتحدة ، و دول أفريقيا المدارية ، و بلاد الشام خاصة لبنان و غيرها) و كذلك تجفيف مياه المستنقعات و استصلاح أراضيها و استغلالها في الزراعة .

و تعديل المنحدرات لإنشاء المراكز العمرانية و الطرق ، و المدرجات الزراعية كاليمين و فلسطين و سلطنة عمان و لبنان و غيرها من مشاريع الري و استصلاح الأراضي الصحراوية (

كما هي الحال في الأغوار الأردنية و الواحات المصرية و واحات شبه الجزيرة العربية ، و فلسطين و ليبيا و غيرها) .

و يقصد بالموارد البيئية المتغيرات أو عناصر البيئة الطبيعية ذات القيمة للمجتمعات البشرية التي يمكن استغلالها لرفاه الإنسان كالمناخ (الأمطار و الفيضانات) و التربة ، و النباتات الطبيعي ، و الثروات المعدنية الباطنية ، و الموارد المائية : الأنهار و المياه الجوفية و غيرها ، أما الحوادث البيئية المتطرفة (Environment Events) التي تكلف المجتمعات خسائر فادحة في الأرواح و الممتلكات ، أو تدمير المنشآت المختلفة فيطلق عليها مصطلح الأخطار الطبيعية (Environment Natural Hazards) .

و من الضروري الإشارة إلى أن التفاعل بين عناصر النظام الطبيعي و الأنشطة البشرية (الإنسان و مستواه التقني و الاقتصادي و الاجتماعي و السياسي) ينتج منه الموارد و الأخطار البيئية . و بالرغم من أن تفاعل النظم الطبيعية و الحضارية يسبب حدوث الأخطار البيئية شكل (١٠-١) إلا أنه لا يمكن مساواة النظامين (الطبيعي و الحضاري) في كونهما المسبب لتلك الأخطار ، فالفيضانات مثلاً يمكن أن تكون مصدر خطر و مصدر ثروة في آن واحد ، مصدر خطر لأنها تدمر المراعي و المساكن و الأراضي الزراعية في السهول الفيضية ، و مصدر ثروة طبيعية لأنها تضيف المخصبات (راسب الفيضان) إلى تربة السهل الفيضي ، و يكمن الخطر هنا في عملية الاستقرار و بناء المراكز العمرانية في السهل الفيضي الذي يتعرض للفيضان بين فترة و أخرى .



شكل (١٠-١) النظامان البيئي الطبيعي و الحضاري و التفاعل بينهما من خلال استغلال الموارد البيئية و تكوين الأخطار البيئية و حدوث الاستجابة و التصدي .

يمكن القول إنه في الوقت الذي بدأ فيه الإنسان يكثف جهوده للسيطرة على النظام البيئي الطبيعي و استغلال موارد البيئة بدأت الكرة الأرضية تواجه أخطار و كوارث و أزمات

بيئية آخذة في التزايد ، و يترتب على تكرار الأخطار و الكوارث البيئية خسائر مادية في الأرواح و الممتلكات في البيئات المختلفة من العالم ، و ظهرت دراسات عدة تتضمن تحذيرات متواصلة من الأخطار البيئية أبرزها التقرير المسمى (العالم سنة ٢٠٠٠) الذي رفع إلى الرئيس الأمريكي في تموز من عام ١٩٨١ ، و يتضمن التقرير تنبؤات و إسقاطات لسكان العالم ، و الموارد و نوعية البيئة حتى نهاية القرن العشرين ، كذلك صدر عدد تموز ١٩٧٨ من المجلة التي تصدرها وكالة حماية البيئة الأمريكية بعنوان (البيئة العالمية) حيث تضمن دراسات تصور الوضع البيئي العالمي و الأخطار البيئية المترتبة ، كذلك صدرت دراسة في مجلة الموارد (Resources) الأمريكية في صيف ١٩٩٢ تبين تزايد أخطار الكوارث الطبيعية و الصناعية بين عامي ١٩٤٥ و ١٩٨٦ ، و تزايد حوادث الوفيات المترتبة عليها سواء في الدول الصناعية أو الدول النامية .

و يمكن إيجاز أسباب حدوث الأخطار أو الكوارث البيئية و تكرارها فيما يلي :

١. الزيادة السريعة في عدد السكان على المستوى العالمي .
٢. تزايد استغلال الموارد الطبيعية و تزايد الضغوط عليها .
٣. الاستغلال غير المخطط للموارد و استنزافها إما بأساليب بدائية أو بتكنولوجيا متقدمة لم تعرف آثارها البيئية مسبقاً .
٤. العادات و التقاليد الاجتماعية السائدة التي تحد من القدرة على التصدي للأخطار و الكوارث الطبيعية .

و من المناسب التمييز بين مصطلحات مثل : (Disaster , Risk , Hazard) فالخطر البيئي (Hazard) يعني التهديد الكامن للمجتمع البشري أو الإنسان ، بينما يعني (Risk) احتمالية وقوع أو حدوث الخطر البيئي ، أما الكارثة (Disaster) فهي تعني تحقق أو تأكيد تحقق نتائج وقوع الخطر و كذلك مقياس الأثر أو إنتاج الخطر البيئي (Realization of Hazard) ، و يمكن تمييز عدة أنواع من الأخطار البيئية بالنسبة للإنسان و ذلك على النحو التالي :

١. أخطار على السكان أنفسهم يترتب عليها الهلاك أو الإصابة بجروح ، أو أمراض خطيرة أو ضغوط نفسية و غيرها .
٢. أخطار على الممتلكات يترتب عليها إصابة الممتلكات بأضرار بالغة أو تلفها كلياً ، بالإضافة إلى خسائر اقتصادية أخرى .
٣. أخطار على البيئة يترتب عليها تدهور النظام الحيوي كالحياة البرية و النباتية و حدوث التلوث و غيرها .

و قد حدد المشتغلون بالكوارث الطبيعية العالمية بأن الكارثة هي تلك التي تترتب عليها وفاة مئة شخص ، أو إصابة مئة شخص بجروح طفيفة أو بالغة ، أو خسارة مادية في الممتلكات تعادل مليون دولار أمريكي أو يزيد ، و تجدر الإشارة إلى أن ٩٥% من الكوارث الطبيعية تقع في الدول النامية المكتظة بالسكان ، و قد وقعت فيما بين ١٩٤٥-١٩٨٦ حوالي ١٢٠٠ كارثة طبيعية كانت حصيلة كل كارثة أكثر من ٢٥ حادثة وفاة ، بمعنى أن تلك الكوارث نجمت عنها وفاة ما يزيد على مليون نسمة ، كذلك وقع في الفترة نفسها أكثر من ١٥ ألف نسمة .

و أبرز الكوارث الطبيعية التي حدثت خلال الفترة نفسها ، زلزال الصين عام ١٩٧٦ الذي ذهب ضحيته ٢٥٠ ألف نسمة ، و إعصار بنغلادش عام ١٩٧٠ الذي توفي بسببه ٢٢٥ ألف نسمة ، و حادثة المصنع الكيميائي في مدينة بهويال الهندية عام ١٩٨٤ الذي ذهب ضحيته ١٧٠٠ نسمة و جرح ٢٠٠ ألف نسمة آخرين ، و كذلك كارثة التسونامي في الجزر الآسيوية التي تسببت بوفاة أكثر من ٢٧٣ ألف قتيل في / ١٣ / دولة ، و يلاحظ تباين كبير في الخسائر المادية سواء في الممتلكات أو في الأرواح بسبب تلك الكوارث ، و يتفق هذا التباين إلى حد كبير مع الاختلاف أو التباين في توزيع الثروة أو الدخل على الرغم من أن معدل تكرار الأخطار البيئية في الدول المتقدمة أعلى منه في الدول النامية ، إلا أن الخسائر المترتبة عليها في الوفيات أقل منها في الدول النامية ، بينما ترتفع معدلات الخسائر المادية و خاصة المنشآت الاقتصادية في الدول المتقدمة . و يعزى ذلك إلى تطور أجهزة المراقبة و الإنذار المبكر ، و سرعة إخلاء السكان عند وقوع الكارثة ، و الوعي البيئي لدى السكان ، و تجاوبهم مع المؤسسات الحكومية المحلية أو المركزية عند وقوع الخطر أو الكارثة .

و ينحصر ٩٠% من الكوارث الطبيعية في أربعة أنواع هي :

- ١ . الفيضانات و تمثل ٤٠% من الكوارث .
- ٢ . الأعاصير المدارية و تمثل ٢٠% من الكوارث .
- ٣ . الزلازل و تمثل ١٥% من الكوارث .
- ٤ . الجفاف و يمثل ١٥% من الكوارث .

يضاف إلى ذلك حوادث الإنهيارات الأرضية و البراكين و غيرها ، أما الكوارث التي تنشأ بسبب النظام الحضاري (الأنشطة البشرية) فأبرزها الحوادث الصناعية و ما يترتب عليها من تسرب الغازات السامة كانهجار محطة تشيرنوبل النووية (في الاتحاد السوفيتي سابقاً) ، و تسرب الإشعاع النووي ، و انفجار المصنع الكيميائي في بهويال الهندية و غيرها. إن ٩٠% من

حالات الوفيات الناجمة عن الكوارث الطبيعية تحدث في دول العالم الثالث التي يسكنها ثلثا سكان العالم .

١-١-١٠ الأفكار و المفاهيم الخاطئة حول الأخطار البيئية :

يمكن حصر ستة أفكار خاطئة أسيء فهمها حول الأخطار البيئية و هي :

١- **المبالغة في الكارثة** : حين نسمع بمصطلح الكارثة يتبادر إلى الذهن الزلزال و البراكين و الأعاصير و الفيضانات و الجفاف و الإنهيارات الجليدية و غيرها ، و ما يترتب عليها من فقدان أعداد كبيرة من السكان و خسائر مادية باهظة ، و تصور وسائل الإعلام عادة تلك الكوارث و تعرضها بأسلوب يكشف عنفها و أثارها التدميرية ، كما حصل مثلاً في زلزال أرمينيا (١٩٨٨) ، و أعاصير الولايات المتحدة و زلزال كاليفورنيا (١٩٨٩) و أعاصير بريطانيا (١٩٨٧) ، و فيضانات نهر السفرن (Severn) في بريطانيا سنة (١٩٩٠) ، و لا شك في أن حوادث الزلازل العنيفة المدمرة و غيرها من الكوارث البيئية المتطرفة مثل تلك نادرة أو قليلة الحدوث بالرغم من أنها حقيقة تقع بين فترة و أخرى ، فالزلازل مثلاً تقع على مستوى العالم بمعدل يتراوح بين ٥٠ و ١٠٠ ألف هزة سنوياً وفق ما تسجله المرصد الزلزالية ، إلا أن حوالي ألف هزة فقط يشعر بها الإنسان ، و حوالي مئة هزة أرضية تسبب الدمار و الخسائر المادية و حوالي عشر فقط يترتب على حدوثها وقوع كوارث، و لذلك يجب التركيز هنا على الزلازل التي يترتب عليها كوارث .

٢- **عجز المجتمعات البشرية تجاه الكوارث** : يظهر في كثير من المجتمعات سوء فهم تقليدي للمسلك البيئي و اعتبار الكوارث الطبيعية ظواهر يصعب أو لا يمكن التنبؤ بوقوعها و بخاصة تلك التي تترك آثاراً تدميرية على السكان الأبرياء و غير المستعدين لمواجهةها . و يعزى في كثير من الأحوال وقوع الكارثة على أنه من صنع الله سبحانه و تعالى (Acts of God) ، و في الحقيقة فإن جميع الحوادث الطبيعية لها أسبابها و أنماطها و قوتها و فترات لرجوعها و حدوثها ، و من هنا يساعد فهم النظام البيئي الطبيعي و الدراسات التي وضعت بهذا الصدد على معرفة فترات الرجوع ، و كذلك التنبؤ بوقوعها .

و تجدر الإشارة إلى أنه تقع كوارث طبيعية من فترات رجوع ٢٥٠ سنة أو أكثر ، و هذه الفترات الزمنية البعيدة بين الكوارث المتطرفة تقع خارج مدى السياسات التخطيطية في البيئة ، و في الغالب يؤخذ بعين الاعتبار عند تخطيط أو إنشاء مشاريع هندسية مكلفة فترات رجوع كوارث (كالفيضانات) من مدى ٢٥ و ٥٠ و ١٠٠ سنة فقط .

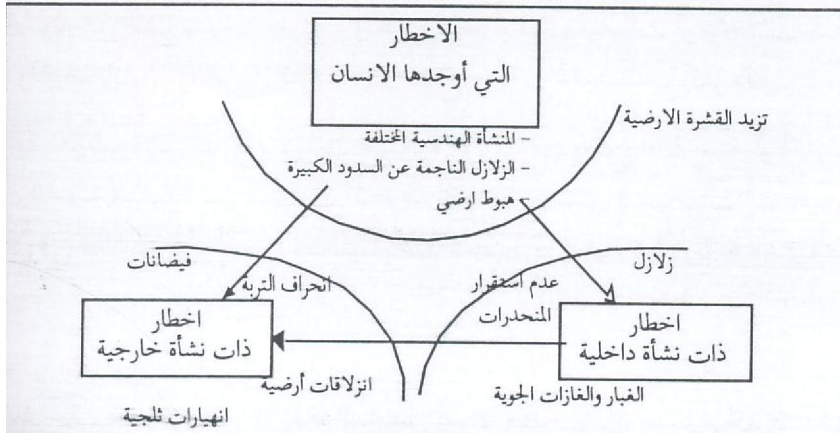
و غالباً ما ينسى السكان الكارثة بعد وقوعها بفترة و لا يتذكر الفرد عادة سوى الحاجات الآتية المفرحة ، فمثلاً يمكن أن يدفع الشخص أموالاً طائلة لشراء سيارة جديدة أكثر من استعداده لدفع تأمين منزله أو تقويته ضد أخطار أو كوارث معينة ، و نتيجة لذلك تبقى المجتمعات البشرية مكشوفة لهذه الكوارث و معرضة لأخطارها .

٣- إرجاع الأخطار أو الكوارث الطبيعية إلى النظام الطبيعي فقط : كان هذا الوضع

صحيحاً في المجتمعات القديمة ، و لكن بعد النهضة الصناعية و الحرب العالمية الثانية أصبح الإنسان من أسباب تسارع الكوارث الطبيعية و أحياناً سبباً لحدوث الأخطار البيئية ، فقطع الغابات مثلاً أدى إلى زيادة معدلات انجراف التربة و الانهيارات الأرضية و تزايد معدل الفيضانات ، و لذلك فإن دور الإنسان هنا واضح في زيادة معدل الأخطار الطبيعية ، بمعنى أن للإنسان يداً في تكرارها و تزايد معدلاتها بسبب أنشطته، كذلك الحال بالنسبة للتلوث سواء الجوي أو تلوث المياه و التربة فالإنسان هو المسؤول الأول عن وقوع الأخطار و يبين الشكل (١٠-٢) أنواع و أخطار البيئة .

٤- المبالغة في عنف الأخطار البيئية : تركز وسائل الإعلام عادة على إظهار عنف

الأخطار البيئية ، و يسود الاعتقاد لدى معظم السكان أن الأخطار البيئية عنيفة . و إن صح ذلك بالنسبة للأخطار ذات المنشأ الجيوفيزيائي كالزلازل و البراكين ، و الحوادث ذات المنشأ المناخي كالأعاصير فإن هذا غير صحيح بالنسبة إلى الأخطار الأخرى كالتصحر و الجفاف و موجات الحر و البرد الشديد و الضباب بالرغم من أن أخطار الأخيرة مكلفة و يترتب عليها خسائر مادية كبيرة و خسائر في الأرواح علماً أن عملية التدمير بحد ذاتها لا تبدو عنيفة مطلقاً .



شكل (١٠-٢) أنواع الأخطار البيئية

٥-المبالغة بأعداد الضحايا بسبب الأخطار البيئية : يبالغ في الخسائر من الموتى كمقياس للتعبير عن عنف الكارثة و بخاصة من قبل وسائل الإعلام ، حيث تقوم الأجهزة المعنية بتحديد أعداد الموتى و المصابين بجروح فور وقوع الكارثة ، و يوجد في الحقيقة مشكلة عند استخدام تلك الأرقام في مقارنة آثار الكوارث بين الدول أو الأقاليم المختلفة ، فمن الواضح أن متغيرات مثل العمر ، و مدى العمر المتوقع ، و المهارات و الاتجاهات هي متغيرات مهمة عند محاولة قياس كلفة الكارثة و آثارها في تقصير حياة السكان . مثال ذلك زلزال (Tangshen) في الصين الذي أدى إلى قتل ٢٥٠ ألف نسمة سنة ١٩٧٦ ، إلا أن تأثيره في الاقتصاد الصيني كان ثانوياً ، و يمكن أن تكون آثار هذا الزلزال أعظم لو تعرضت له العاصمة بكين ، أو هونج كونج أو سان فرانسيسكو ، أو سويسرا . و لذلك تعد الخسائر في الأرواح مقياساً غير مناسب لقياس عنف الكارثة :

أولاً : يؤثر توقيت حدوث الكارثة في أعداد الخسائر بين الأرواح ، فإذا ما حدث زلزال أوهاريكين في الليل و الناس معظمهم نيام فستكون الخسائر بالتأكيد أقل مما لو حدث في النهار .

ثانياً : تتفاوت أعداد الخسائر في الأرواح نظراً لتفاوت استعداد المجتمعات للتصدي للكوارث الطبيعية ، فالكوارث المتناظرة أو المتشابهة في القوة مثل زلزال أرمينيا (١٩٨٨) و زلزال سان فرانسيسكو (١٩٨٩) كانت آثارها في القوة من حيث الخسائر مختلفة ، و أحياناً تكون الكارثة عنيفة إلا أن الخسائر في الأرواح متدنية جداً ، من هنا لا تدل الخسائر في الأرواح على عنف الكارثة .

و أياً كان الأمر فإنه من الصعب تقويم آثار الكارثة على الرغم من إمكانية تقدير الخسائر في الممتلكات المدمرة ، و إصلاح التلف ، و كلفة دفن الموتى ، و إنشاء وسائل دفاعية تجاه الكوارث ، و الخسائر في الإنتاج الزراعي ، إلا أنه من الصعب تقدير قيمة الحياة ، و الآثار النفسية للكارثة ، و الضغوط و الشعور بالقلق من الكارثة ، و فقدان المناظر الجميلة الجذابة... الخ .



شكل (١٠-٣) أنواع الأخطار و الكوارث البيئية

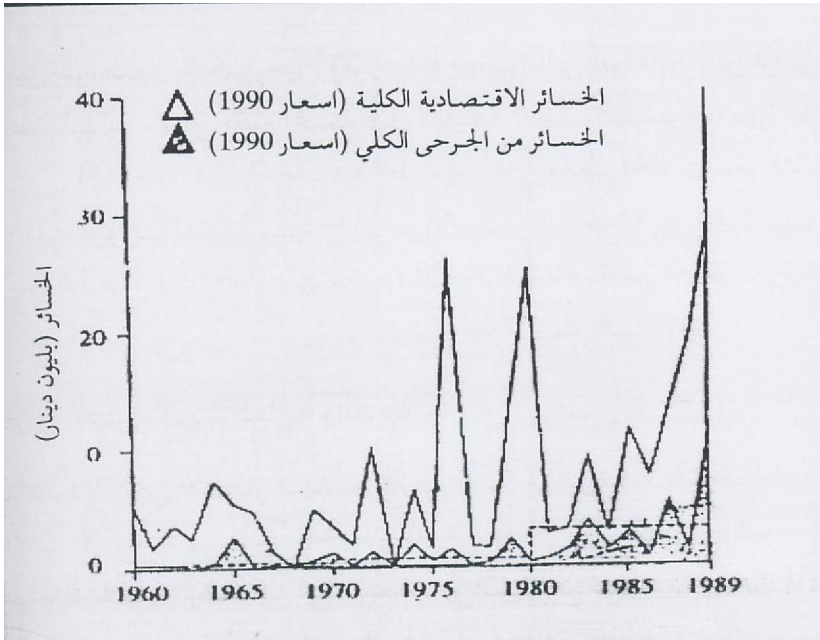
٦-الإيمان بالتكنولوجيا : يتعلق بسوء فهم التكنولوجيا ، و هو اعتقاد معظم الناس أنها قادرة على توفير الحماية من الأخطار البيئية ، بمعنى وضع المجتمع فوق الطبيعة " تلعب التكنولوجيا دوراً معقداً في العلاقات بين المجتمعات البشرية و البيئة الطبيعية " . ففي معظم الحالات توفر التكنولوجيا أدوات حماية من الكوارث (مثل السدود ، الحواجز الاصطناعية للحماية من الفيضانات ، وتقوية المباني ضد الزلازل ، وتوفير المعلومات بواسطة الأقمار

الصناعية عن أخطار الكوارث) ، إلا أنها من جهة أخرى ترفع من حساسية أي مجتمع تجاه الأخطار البيئية .

١٠-١-٢ تزايد خطورة البيئة العالمية و العربية :

يلاحظ ٩٠% من الأخطار البيئية تقع في الدول النامية المكتظة بالسكان . و تتفق الاختلافات الإقليمية في معدل الخسائر المادية سواء في الممتلكات أم الأرواح إلى حد كبير مع الاختلافات الإقليمية في معدل الخسائر المادية أو التباين في توزيع الدخل ، وعلى الرغم من أن معدل تكرار الأخطار البيئية العنيفة (و خاصة الطبيعية) في الدول النامية قليل ، إلا أن معدلات الخسائر في الأرواح و الممتلكات ترتفع فيها، على حين تقتصر الخسائر الناجمة عن الأخطار البيئية في الدول المتقدمة على النواحي المادية و بخاصة المنشآت الاقتصادية ، و يعزى ذلك إلى تطوير أجهزة المراقبة و الإنذار و إخلاء السكان عند وقوع الخطر ، و الوعي البيئي لدى السكان و تجاوبهم مع المؤسسات الحكومية المحلية أو المركزية أو الفيدرالية عند وقوع الكارثة .

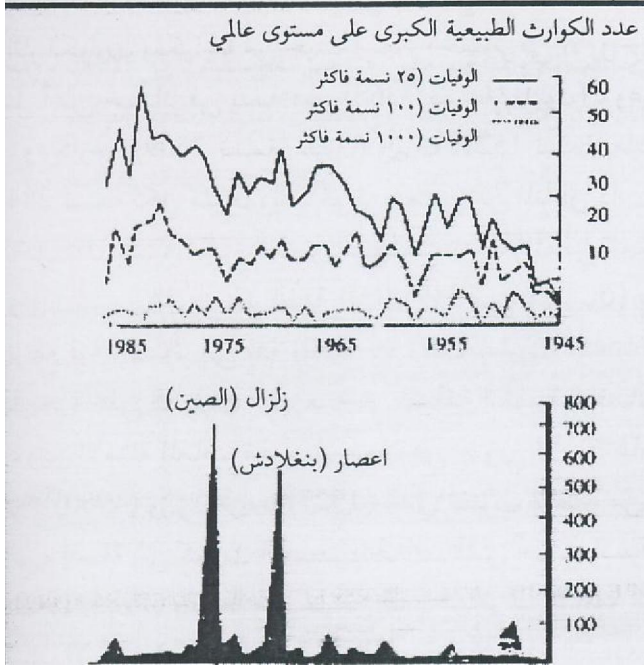
و ليس هناك مجال للشك في أن الأخطار و الكوارث البيئية أصبحت أكثر تكراراً ، حيث تؤكد المعلومات الحديثة من المصادر المختلفة تزايداً ملحوظاً في عدد الكوارث على المستوى العالمي ، و في الوقت نفسه تزايد الخسائر المادية و الكلفة السنوية للكوارث (شكل ١٠-٤) و لهذا السبب أعلنت الأمم المتحدة أن عقد التسعينات سيكون عقد الحد من الكوارث كذلك يتضح تزايد تعرض بعض الدول مثل الولايات المتحدة لأخطار أعاصير الهاريكين و تزايد آثارها التدميرية بالرغم من تزايد الإنفاق على إجراءات الحماية و الوقاية من أخطارها،



شكل (١٠-٤) تزايد الخسائر المادية و الكلفة السنوية للكوارث



شكل (١٠-٤ أ) معدل الوفيات لكل مليون بسبب الكوارث الطبيعية



شكل (١٠-٤ ب) الوفيات بسبب الكوارث الطبيعية (١٩٤٥-١٩٨٥) على مستوى العالم و عدد الوفيات جراء الكوارث الطبيعية الكبرى .

كما يظهر من الخسائر المادية التي لحقت بالولايات المتحدة في العامين ١٩٩٢ و ١٩٩٣ التي وصلت إلى ٤٠ بليون دولار من جراء (أعاصير فلوريدا و وسط الولايات المتحدة) ، و من الملفت للنظر أيضاً تزايد تكرار الهزات الأرضية العنيفة المدمرة ، و تزايد معدلات الخسائر المادية (١٩٤٠-١٩٧٩) ، و يرى البعض أن هذا يرتبط بتزايد النشاط الزلزالي في نطاقات الزلازل العالمية ، و يعتقد البعض الآخر أن سبب هذه الزيادة ربما يعود إلى التطورات العلمية المتعلقة برصد الزلازل و تسجيلها ، و أساليب جمع المعلومات و تمريرها بوصفه نتيجة لتطور تكنولوجيا الاتصالات ، لقد سببت الكوارث الطبيعية في العقدين الأخيرين مقتل ثلاثة ملايين إنسان ، و أثرت بشكل مباشر في ٨٠٠ مليون نسمة (إما فقدوا سكنهم ، و إما تعرضوا لتدمير نووي ، و إما خسروا بلايين الدولارات) . و يتراوح معدل القتلى على المستوى العالمي جراء الكوارث بين ١٥٠-٢٠٠ ألف نسمة ، و يتذبذب هذا الرقم بسبب ذبذبة قوة الكوارث و تكرارها ، و احتمالية أو فرض التعرض للكوارث ، يبين الشكل (١٠-٤ أ) معدل الوفيات لكل مليون بسبب الكوارث الطبيعية على مستوى العالم (١٩٤٧-١٩٨٥) ، و يتضح من الشكل أن آثار الكوارث و تكرارها من حيث ارتفاع الخسائر في الأرواح يتكرر في الدول النامية ، إذ تصل

أعلى خسائر في بنغلادش (٣٣٦٨ نسمة/مليون) ، و غواتيمالا (٣٣٦٨ نسمة/مليون) ، و نيكارغوا (٢٦٠٩ نسمة/مليون) و إيران (١٥٢١ نسمة/مليون) ، على حين تصل خسائر اليابان ٢٨٤ نسمة لكل مليون ، و يعد الوطن العربي من المناطق ذات الخسائر القليلة نسبياً ، إذ تدخل دول شبه الجزيرة العربية و العراق و الأردن في الفئة (٠-٩٩ نسمة/مليون) و دول المغرب العربي في الفئة (١٠٠-٣٤٩ نسمة/مليون) باستثناء المغرب الأقصى الذي ترتفع فيه الخسائر إلى فئة (٩٩-٥٠٠ نسمة/مليون) (Jones ١٩٩٢.٤٧.٤٦) و من الأمثلة التاريخية على الكوارث الطبيعية في المناطق العربية فيضان سد مأرب في اليمن و انهياره ، و من الأمثلة المعاصرة فيضان معان في جنوبي الأردن عام ١٩٦٦ ، و زلزال الأصنام في الجزائر عام ١٩٨٠ ، و زلزال أريحا عام ١٩٢٧ الذي تقترب المنطقة من فترة رجوعه مع نهاية القرن الحالي ، إضافة إلى كوارث التصحر و الجفاف الذي أصاب السودان و الصومال ، (١٩٦٨ . ١٩٧٣ . ١٩٨٠ . ١٩٨٤) و غيرها ، وعلى الرغم من قلة الخسائر في المنطقة العربية مقارنة مع دول العالم الثالث ، إلا أن مشكلة الدول العربية ليست الأخطار الطبيعية بقدر ما هي الأخطار العسكرية و السياسية و الحروب المرافقة لها ، و عدم احترام إنسانية الإنسان ، في الوقت الذي تشكل فيه الكوارث " ضريبة طبيعية " تحد من التقدم الاقتصادي في دول العالم الثالث و تحد من تطوير الإجراءات الوقائية و نشر الوعي البيئي للحد من الآثار السلبية للكوارث ، فإن الكوارث السياسية في الوطن العربي تشكل " الضريبة البشرية " التي تسهم في تراجع الاقتصاد العربي بسبب ارتفاع كلفة النفقات العسكرية و الحروب ، و لعل في كارثة الاحتلال الصهيوني لفلسطين و الحرب العراقية - الإيرانية و حرب الخليج و حصار العراق ثم احتلاله و الاحتلال الأوربي الأمريكي للصومال ، و الحرب الخفية ضد السودان وأخيراً الحرب على لبنان آثاراً بيئية باهظة التكلفة (لا مجال للخوض في تفاصيلها) على فلسطين و العراق و الصومال و السودان و المنطقة العربية بأسرها .

و استناداً إلى المسوحات البيئية الضعيفة المتناثرة و المتعلقة بالأخطار البيئية في المنطقة العربية ، يمكن حصر عدة أخطار تهدد أقطار الوطن العربي من وقت لآخر و هي :

١. قطع الغابات و تراجعها ، و الرعي الجائر ، و الزحف الصحراوي و الجفاف ، و انجراف التربة .
٢. عدم كفاية التخلص من النفايات و بخاصة نفايات المدن الكبرى .
٣. نفايات المصانع و المناجم مثل مناجم الفوسفات في الأردن ، و محطات معالجة المياه العادمة ، و مصافي النفط ، و محطات توليد الطاقة الحرارية .
٤. التلوث المائي بالنفط و تدهور الحياة البحرية بما فيها الثروة السمكية .

٥. شح الموارد المائية السطحية و الجوفية .
٦. التلوث بالضجيج بسبب كثافة السير و المصانع في المدن ، و التلوث .
٧. الحرائق و بخاصة في الغابات و مناطق الترفيه و التنزه .
٨. الفيضانات .
٩. العواصف الغبارية (رياح السموم و الخماسين والهبوب ، العواصف الثلجية و البرد)

١٠-١-٣ إدارة الأخطار البيئية و التوافق معها :

تم تطوير عدد كبير من الاستراتيجيات في الدول المتقدمة للتقليل من أثر الكوارث في المجتمع، وتتوقف هذه الاستراتيجيات على طبيعة الخطر أو الكارثة ، و مستوى التكنولوجيا و التقدم في المجتمع ، و المستوى الاقتصادي . و تتضمن عملية التصدي للخطر إدراك الخطر و التعرف إلى أنماط الاستجابة البشرية و أنواعها ، و تؤثر نوعية الخبرة و المعرفة في الدول النامية و ذات الدخل المتدني في نوعية الاستجابة و التصدي و فعاليتها ، و تتم معرفة الخطر من خلال التعرف إليه ، و تقديره ، و تقويمه ، و التعامل معه ، و الخيار المناسب لردة الفعل، و السياسات الموضوعية للتصدي له ، على معلومة مهمة مثل : تكرار الخطر البيئي و ديمومته أو فترة مكوثه في منطقة معينة ، و المساحة المتأثرة بالخطر أو سرعة وصول الخطر البيئي إلى ذروته و التنوع المكاني للكارثة و ما إذا كان متفرقاً أو مركزاً ، و الفترة الفاصلة بين تكرار الخطر في مكان معين .

و ترتبط استراتيجية الاستجابة لأخطار البيئة بعدة عوامل رئيسة هي :

١. مدى إدراك البيانات البيئية و استيعابها ، و الوعي و الإدراك المتوافر لتحقيق التوافق المناسب .
٢. اختلاف المفاهيم تجاه الخطر و الانفتاح السكاني و تزويدهم بالحديقة و الحذر حتى يكونوا مستعدين لتلقي الإنذارات و تعليمات التوافق .
- و يمكن تقليل أثر الخطر باتباع الوسائل التالية :
١. وضع عراقيل أمام الخطر مثل أكياس الرمل أمام الفيضان ، و الترحيل الطارئ بهدف إطالة أمد الحدث ليسهل التعامل معه .
٢. استعمال نظم الإنذار المبكر .
٣. الإسراع في التوافق الحضاري أي استعمال ما يتوافر لدى المجتمع من معطيات حضارية و ثقافية و تكنولوجية لتجنب الخطر .
٤. تطبيق أنشطة أخرى بشكل فوري لتقليل حساسية الناس من الخطر .

٥. اختيار أساليب للتوافق طبقت في مكان ما ، أو نقلها إلى بيئة أخرى للاستفادة منها .

٦. التوقيت لمثل هذه الاستجابات مهم جداً لرفع فعاليتها ، أي اختيار الوقت المناسب عند تطبيقها .

و عموماً يتم احتواء الخطر البيئي وفق نموذجين و هما التوافق (Adjustment) و التكيف (Adapattion) و التوافق نوعان ، التوافق الهادف و المخطط على المدى الطويل ، و التوافق الآني الذي يتم عند وقوع الحدث مباشرة .

أما التكيف فيشمل التكيف الحضاري أي استخدام التكنولوجيا للتصدي للخطر ، و التكيف البيولوجي أي باستعمال أساليب حيوية للتصدي للخطر كوقف انتشار المطر من خلال التطعيم و تكوين المناعة عند الأفراد أو تغيير نمط الغذاء .

و قد يكون التوافق إما على شكل أفراد أو جماعات صغيرة متجاورة ، وإما على نطاق الحكومات فيما بينها . و يختلف التوافق من فرد إلى آخر ، و من حكومة لأخرى بسبب ما يلي :

١. اختلاف مستوى الوعي و الثقافة البيئية لدى الأفراد ، و تباين مستوى الإدراك و الحس الفردي تجاه الخطر ، و اختلاف الخطة التي يضعها الفرد لنفسه للتوافق مع الخطر البيئي.

٢. المستوى العلمي و التكنولوجي الاقتصادي للجماعات .

٣. مدى توافر وسائل المواصلات و الاتصالات التي تساعد على الإنذار المبكر ، و وضع خطط الطوارئ و الإخلاء السريعة .

٤. درجة القدرة الاحتمالية و التجربة عند الأفراد و الجماعات تجاه الخطر البيئي .

فالقدره الاحتمالية للمجتمع تحدد طبيعة التوافق مع الخطر البيئي ، و ترتبط أيضاً القدره الاحتمالية بالمستوى الاجتماعي و الاقتصادي و التكنولوجي للمجتمعات .

و تؤدي عملية التوافق إلى التخفيف من الآثار المادية للخسارة ، أو توزيع الخسائر (كالتأمين على الممتلكات مثلاً) ، أو تحديث طاقة احتواء أو استيعاب الخسائر ، و هذه بدورها تشكل العمود الفقري لمعظم استراتيجيات التصدي للأخطار البيئية ، إضافة إلى تقدير آثار الأخطار و الكوارث في المستقبل و التنبؤ قبيل وقوعها .

١٠-٢ - تقييم الآثار السلبية (Environmental Impact)

(Assessment)

١٠-٢-١ مفهوم تقييم الأثار البيئية :

يعني الأثر البيئي (Environment Impact) أي تغيرات في خصائص الوسط البيئي ، أو إيجاد ظروف بيئية جديدة مفيدة أو ضارة بفعل نشاط أو مجموعة أنشطة محددة و واضحة ، و تختلف الظروف البيئية التي تتأثر بأي نشاط تبعاً لاختلاف النشاط أو الأنشطة البيئية و مقياسها و موقعها ، و يقصد بتقييم الأثار البيئية الإجراءات العملية أو المنهجية التي تصمم لمعرفة الأثار البيئية لأي نشاط تنموي و توقعها (إقامة المصانع و المطارات و محطات توليد الطاقة و محطات معالجة المياه العادمة و الطرق السريعة و غيرها) على البيئة و كذلك على صحة الإنسان و راحته ، ، و يتم تفسير النتائج و تبادل المعلومات حول تلك الأثار . و يعد تقييم الأثار البيئية جزءاً مهماً من التخطيط و التشريعات و السياسات و البرامج البيئية ، و من المناسب التمييز بين التغيرات الطبيعية (التي تحدث بفعل النظام الطبيعي) و التغيرات في الوسط البيئي من صنع الإنسان أو فعله، و كذلك التمييز بين التغيرات البيئية من جهة ، و نتائجها المفيدة أو الضارة من جهة أخرى .

و يطلق أحياناً على التغيرات من صنع الإنسان (Man - Induced Chang) و الأثار الإيجابية الناجمة عنها مصطلح " الأثر " أي (Effect) أما النتائج الإيجابية أو النافعة و السلبية الضارة (أو المؤذية) المترتبة على تلك التغيرات فيطلق عليها مصطلح الأثار البيئية (Impact) ، و عموماً يدل مصطلح الأثار البيئية في الوقت الحاضر على نتائج التغيرات السلبية ، المؤذية أو الضارة فقط .

و بالتالي تتضمن الأثار البيئية (Impact) تقيماً أو حكماً على تلك التغيرات ، يمكن أن تكون الأثار البيئية أحياناً مفيدة لبعض المواطنين أو فئات من المجتمع و لكنها مؤذية للبعض الآخر .

و يمكن تصنيف الأثار البيئية إلى أثار أولية (رئيسة) تحدث مباشرة بفعل المشروع أو التدخل في الوسط البيئي ، و أثار ثانوية غير مباشرة ، و يترتب على مدخلات (Inputs) المشروع التنموي للأثار البيئية الأولية ، بينما مخرجاته (Outputs) الأثار الثانوية ، و يسهل قياس تحليل الأثار الأولية ، بينما يصعب قياس الأثار الثانوية . و في أغلب الأحوال تكون الأثار الأولية أكثر خطورة و أهمية من الأثار الثانوية ، فقد تكون الأثار الأولية الناجمة عن إنشاء مدينة صناعية في موقع ما تغيراً في الأنواع النباتية كنتيجة للتغيرات في استعمال الأراضي ، بينما قد تكون الأثار البيئية الثانوية للنفايات الكيميائية و أدخنة المصانع التهديد بانقراض عدة أنواع نباتية أو ندرة أنواع أخرى لاحقاً ، و يمكن توضيح الأثار الأولية و الأثار الثانوية على النحو التالي :

يؤدي قطع الغابات و الرعي الجائر إلى تسارع عمليات انجراف التربة ، و بالتالي تزايد الحمولة الرسوبية للمجاري النهرية ، و يؤدي ارتفاع الحمولة الرسوبية إلى تناقص الإشعاع الشمسي و كمية الضوء التي تخترق مياه النهر .

١٠-٢-٢-عوامل الأثر البيئي ، و مجالات الاهتمام البيئي في التقييم :

يتوقف اختيار الآثار البيئية أثناء القيام بعملية تقييم تلك الآثار على نوع المشروع و طبيعته، أو التنمية المقترحة ، أو التدخل الذي سيخضع للتقييم ، و أياً كان الأمر ، تتضمن الآثار البيئية التي يجب أخذها بعين الاعتبار : نوعية الهواء و ضبط النوعية ، التعديل في ظواهر الطقس ، المحافظة على البيئة ، المواد السامة و الخطرة ، المواصلات و النقل ، أسلوب التخلص من النفايات الخطرة ، المناظر الطبيعية الخلابة ، المواضيع الأثرية و التاريخية و السهول الفيضية و الأحواض المائية ، و استصلاح أراضي مناطق التعدين ، المنتزهات الوطنية و الغابات و الحدائق ، التربة و النباتات الطبيعية، انجراف التربة و الحمولة الرسوبية ، الضجيج ، التلوث الكيميائي للمنتجات الغذائية ، الإشعاع ، صحة المجتمع، تلوث المياه و ضبط النوعية ، الحفاظ على الحياة البرية و غيرها .

و في حالة أنشطة تعدين الفحم الحجري كمثال ، فإن الآثار البيئية المتوقع أخذها بعين الاعتبار هي :

١. الآثار البيئية الطبيعية : و تضم تعديل خصائص الجو ، أشكال الأرض و التربة ، أنماط الحت ، حمولة النفايات الصلبة ، النظم البيئية الأرضية و المائية ، كفاءة استعمالات الطاقة ، التغييرات في كمية الحياة السطحية و نوعيتها .
٢. الآثار البيئية الاجتماعية : و تشمل التغييرات في الخصائص الديموغرافية و السكانية ، و الصحة و السلامة العامة ، أنماط الأنشطة السكانية ، الخدمات و اتجاهات المجتمع.
٣. الآثار البيئية الجمالية : و يقصد بها التغييرات التي تطرأ على الخصائص الجمالية لمناطق التعدين .

٤. الآثار البيئية الاقتصادية : و تشمل التغييرات في قيم الأراضي و أسعارها ، الوظائف ، و الضرائب و الدخل الإقليمي ، و أسعار الطاقة و غيرها .

و لمعرفة الآثار البيئية الكامنة أو العوامل البيئية التي يجب أخذها بعين الاعتبار توضع قوائم استبانة (Questionnaire Checklist) خاصة بالنشاط (أو المنطقة) الذي يراد إجراء تقويم الآثار البيئية له ، و يمكن أن تضم قائمة الاستبانة بناء على المتغيرات العوامل التالية :

١. الآثار البيئية للتلوث

(أ) نوعية الهواء

١. هل يؤثر النشاط أو التدخل إلى انبعاث ملوثات سامة و خطرة إلى الجو ؟
٢. كيف يؤثر التدخل أو النشاط في نوعية الهواء ؟
٣. هل يؤدي التدخل إلى تراجع نوعية الهواء ؟

(ب) نوعية المياه

٢. كيف يؤثر النشاط أو التدخل على درجة وفرة المياه و تزويدها و استعمالاتها و نوعيتها ؟
٣. هل يؤدي التدخل إلى تلوث بحري ؟
٤. هل يؤدي التدخل إلى تحويل المياه من حوض نهري لآخر ، و هل يكون له تأثير في نوعية و كمية المياه و كميتها في أحد الحوضين المائين ؟
٥. هل يكون للتدخل أثر في تدهور نوعية المياه السطحية أو المياه الجوفية ؟
٦. هل يترتب على النشاط طرح مواد سامة أو نفايات صلبة في المسطحات المائية ؟
٧. هل يكون للتدخل دور في رفع كمية الرواسب و الحمولة الرسوبية في المسطحات المائية ؟

٨. هل يعدل النشاط من درجات حرارة المسطحات المائية ؟

(ج) نوعية الضجيج

٢. هل يترتب على التدخل ظهور الضجيج و هل له آثار في الإنسان ؟
٣. هل سيكون الضجيج من نماذج و مستويات مختلفة غير معروفة في المنطقة و هل يؤثر في المنطقة ، و المناطق المجاورة ؟

(د) النفايات الصلبة

٢. هل يؤثر التدخل في عمليات إدارة النفايات الصلبة و التخلص منها ؟
٣. ما النفايات الصلبة الجديدة التي تترتب على النشاط أو التدخل ؟

(هـ) الإشعاع

٢. هل يترتب على التدخل ظهور أي نوع من الإشعاع و ما آثاره في المنطقة و المناطق المجاورة ؟

(و) المواد السامة / الخطرة

١. هل يؤدي التدخل أو النشاط إلى تكوين مواد خطرة بسبب سميتها ، أو قابليتها للاشتعال أو الانفجار ؟

٢. هل يؤدي التدخل إلى تكوين مواد جديدة تلوث الغذاء و البيئة ؟

٢. الآثار البيئية على النباتات الطبيعية و الحياة البرية

(أ) هل يؤدي التدخل إلى تدمير النباتات و الحياة البرية أو الحياة البحرية ؟

(ب) هل يكون للتدخل تأثير في طريقة غذاء و مأوى الطيور ؟

(ج) هل يكون للتدخل تأثير في تغيير مسلك الأسماك و الثدييات و الحشرات ، و

الحيوانات البرمائية و غيرها ؟

(د) هل يكون للتدخل تأثير في الإنتاجية الحيوية و الحياة البرية ، أو فقدان كائنات حية ،

أو أثر في انقراض بعض الأنواع البرية و غيرها ؟

٣. الآثار البيئية على الطاقة و الموارد الطبيعية

(أ) هل يترتب على التدخل استعمال موارد طاقة غير متجددة و بكميات كبيرة ؟

(ب) هل يؤثر التدخل في إنتاج الطاقة الكهربائية أو توليدها أو نقلها أو استعمالها ؟

(ج) هل يؤثر التدخل في إنتاج طاقة النفط و استخراجها أو نقلها ، أو استعمالاتها ؟

(د) هل يؤثر التدخل في إنتاج الغاز الطبيعي و نقله ، و استعمالاته ؟

(هـ) هل يؤثر التدخل في إنتاج طاقة الفحم الحجري أو تعدينه ، أو تصنيعه أو حفظه ،

أو

أو نقله أو استعمالاته ؟

(و) هل يؤثر التدخل في صيانة الموارد الطبيعية و الطاقة و حفظها ؟

٤. الأخطار البيئية و الجيولوجية

(أ) هل يؤثر التدخل في نوعية التربة ؟

(ب) هل يؤثر التدخل في استقرار المنحدرات (مثل زيادة عدم الاستقرار) ؟

(ج) هل للتربة و الصخر تأثير خطر في حالة استعمالها كمادة للبناء ؟

(د) هل يؤدي التدخل إلى زيادة الجريان السطحي و الحث في المنطقة ؟

(هـ) هل يؤدي التدخل إلى زيادة أخطار الحريق في المواقع ؟

(و) هل تؤثر شدة الانحدار و تضرس المنطقة في البناء و التصريف المائي ؟

(ز) هل توجد أخطار جيولوجية كالصدوع أو إمكانية التعرض للفيضانات ، أو الانهيارات

الأرضية و يمكن أن تؤثر في الموقع / المنطقة ؟

٥. الآثار البيئية لاستعمالات الأراضي و إدارة الأراضي

(أ) التزه و الترفيه

١. هل يكون للتدخل تأثير في المنتزهات الوطنية أو أية مناطق أخرى معروفة بأهميتها أو قيمتها الجمالية ؟

(ب) المواقع الأثرية و التاريخية

١. هل يؤثر التدخل في المواقع الأثرية و التاريخية ؟

(ج) العنصر الجمالي

١. هل يؤدي التدخل إلى تعديل في الخصائص الجمالية للمنطقة؟

(د) الاقتصادية و الاجتماعية

١. هل يؤدي التدخل إلى تشويه استعمالات الأراضي ؟

٢. هل يؤدي التدخل إلى تعديل في القاعدة الإقتصادية للمنطقة ؟

٣. هل يؤدي التدخل إلى زيادة المرور و المركبات و الاختناقات المرورية ؟

٤. هل يؤدي التدخل إلى التأثير في الكثافة السكانية ؟

٥. هل يؤدي التدخل إلى تعديل خصائص الحي الاجتماعية و تماسكه ؟

٦. هل يؤدي التدخل إلى خلق فرص عمل ؟

٧. هل يؤدي التدخل إلى تغيير في موقع السكن و الأعمال ؟

٨. هل يتطلب التدخل التوسع في قاعدة الخدمات ؟

٩. هل يؤدي التدخل إلى تغيير في نوعية حياة السكان المقيمين ؟

١٠. هل يؤدي التدخل إلى نمو سكاني و تجاري و صناعي و نمو اقتصادي عام في المنطقة ؟

١٠-٢-٣- منهجية تقييم الآثار البيئية :

تعد منهجية تقييم الآثار البيئية جزءاً من عملية التخطيط ، و صناعة القرار بشأن التدخل أو النشاط أو المشاريع التنموية المقترحة ، و بناء على الآثار البيئية للمشروع أو التدخل يتم اتخاذ القرار إما بتنفيذ المشروع ، أو وقف المشروع ، أو تعديل المشروع ، و سواء كان المشروع أو التدخل حكومياً أم كان مشاريع خاصة بالقطاع الخاص . حيث يبين الشكل (١٠-١) علاقة عملية تقييم الآثار البيئية بصناعة القرار أو التخطيط . و تجدر الإشارة إلى أن عملية تقييم الآثار البيئية هي عملية مستمرة تبدأ قبل اتخاذ القرار النهائي بشأن أي مشروع أو تدخل و تستمر بعد تنفيذ المشروع ، حيث تتم مراقبة المشروع بعد الانتهاء منه لضمان عدم ظهور آثار بيئية سلبية تؤثر في الوسط البيئي . و قد طورت عدة مناهج للقيام بتقييم الآثار البيئية في الدول المتقدمة (الولايات المتحدة ، كندا ، بريطانيا ، أستراليا و غيرها) ، و لا نعتقد أن تلك المناهج

تطبق في كثير من دول العالم الثالث ، و الدول العربية . و تتفق تلك المناهج في التركيز على ثلاثة محاور في العملية و هي :

١ . معرفة الأنشطة البشرية (أو التدخل) و التغييرات التي تطرأ على الوسط البيئي بفعل تلك الأنشطة (النمو السكاني ، و المشاريع التنموية ، الاستخدام المكثف للتكنولوجيا في استغلال و إدارة الموارد ، و التحضر السريع) .

٢ . التعرف إلى الوسط البيئي و بخاصة العلاقات بين الأنشطة و خصائص البيئة ، و معرفة التغييرات في عناصر البيئة ، و قدرات الحمولة البيئية و محدداتها ، و معرفة أهمية التنوع في الوسط البيئي .

٣ . إدراك الآثار البيئية و بخاصة السلبية ، و مؤشرات تدهور البيئة ، و التلوث ، و تدهور الموارد البيئية ، و كذلك معرفة و توزيع الآثار البيئية و التغييرات البيئية ، بمعنى من المستفيد من تلك الآثار ، و من يدفع الثمن .

و يمكن إيجاز خطوات صنع القرار و تقييم الآثار البيئية كما يلي :

أ) تحديد الأهداف : تحدد الحكومة عادة الأهداف العامة كخطط التنمية الاقتصادية ، و رفاهية السكان ، أو الأهداف التفصيلية مثل الخطة الخمسية و تفاصيل المشاريع التي تتضمنها . و تحدد الأهداف الإطار الذي تنفذ من خلاله السياسات التنموية و البرامج و أي تدخل في الوسط البيئي .

و تأخذ الأهداف التي تتضمن اعتبارات بيئية اهتماماً كافياً من المخططين أثناء عملية التخطيط و تنفيذ المشاريع (التي تتضمنها الأهداف) التي قد يكون لها آثار بيئية في الوسط البيئي . و في هذه الحالة تمثل عملية تقييم الآثار البيئية إحدى وسائل تحقيق تلك الأهداف .

ب،ج) تترجم في هذه الخطوات عملية تحقيق الأهداف في المشاريع أو التدخل في الوسط البيئي . و يراعى في هاتين الخطوتين أن يتم التأكيد على الاعتبارات البيئية من قبل صناع القرار و منذ المرحل الأولى للتخطيط ، و ليس قبل اتخاذ القرار النهائي (الخطوة ٧ ، شكل ١٠-٥) .

د) يمكن خلق الأنشطة ، أو المشاريع ، أو أوجه التدخل بعدة طرائق و ذلك على النحو التالي:

١ . من خلال البرامج الحكومية المركزية (شكل ١٠-٥ ، ٤آ) .

٢ . من خلال البرامج المقترحة من المجالس المحلية و الحكومية ، أو من القطاع الخاص ، و لكنها تمول إما عن طريق المعونات أو القروض الحكومية أو القطاع الخاص (آ ب) (شكل ١٠-٥) .

٣. من خلال البرامج من المجالس الحكومية أو من القطاع الخاص ، ولكنها تخضع للموافقة أو الترخيص من قبل الحكومة المركزية (C٤ ؛ شكل ١٠-٥).

و يمكن أن يكون تمويل المشاريع عن طريق موارد خارجية سواء من خلال التعاون الثنائي بين دولتين أو عن طريق وكالات التنمية الدولية ، ويشتمل التدخل هنا المشاريع الهندسية (مثل النفط و المواصلات و الأنابيب) . و التدخل الإداري (مثل إعادة بناء الخدمة الحكومية في مجال إدارة الغابات) أو تدخل تشريعي ، مثل وضع القوانين الخاصة بتنظيم استعمال الأراضي ، أو ضبط استخدام المبيدات .

و نادراً ما كان يتم في السابق التركيز على الآثار البيئية للمشاريع ، و أثرها في نوعية البيئة . أما في الوقت الحاضر فإن عملية تقييم الآثار البيئية (الخطوة ٦) أصبحت أساسية و لا يمكن إغفالها .

هـ) تحديد الآثار البيئية العامة

يتوقف على التقييم الأولي للمشروع ما إذا كان سيكون له آثار بيئية مهمة في الوسط البيئي ، و بالتالي اتخاذ القرار بالقيام بعملية تقييم الآثار البيئية التفصيلية ، مع التأكد من اختبار البدائل المقترحة للمشروع . و يمكن تحقيق هذه المهمة من خلال مختص يعمل رسمياً مع هيئة التخطيط ، أو من خلال الاستشارة العلمية عن طريق مجموعة من المختصين في هذا المجال . فإذا قرر المختصون أن المشروع المقترح خفيف التأثير على الوسط البيئي أو معدوم التأثير يتميز القرار بتنفيذ المشروع (الخطوة ٦) و ربما تتضمن هذه الخطوة إعداد مذكرة تفسيرية تعرض على الجمهور لتبرير هذا التدخل .

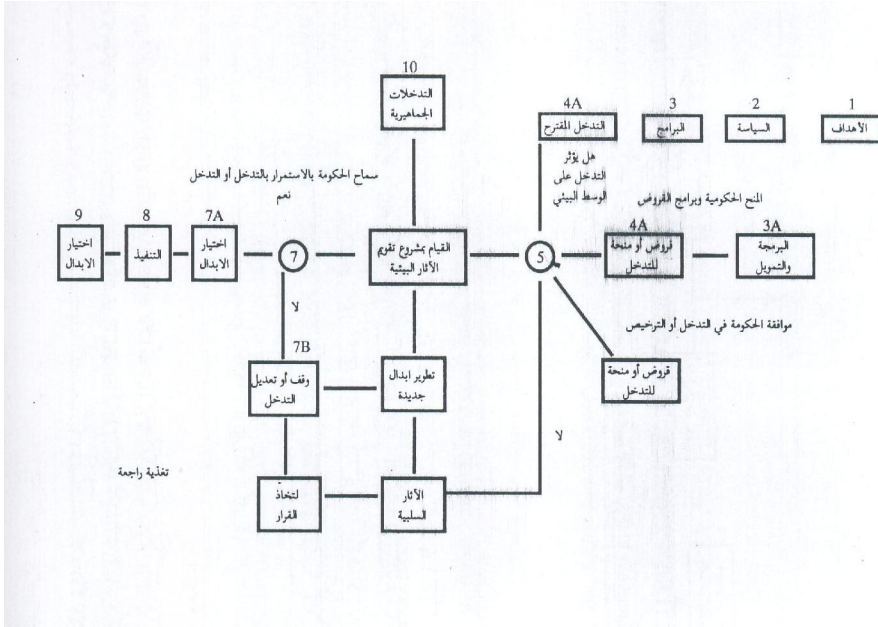
و) تقييم الآثار البيئية

عند التأكد من أن المشروع أو التدخل ستكون له آثار بيئية مهمة في الوسط البيئي ، تتخذ هيئة التخطيط قراراً بالقيام بعملية تقييم الآثار البيئية للمشروع و بدائله المختلفة (الخطوة الأولى A٦) حيث يتم في هذه المرحلة إشراك الجماهير و جماعات البيئة في العملية . و في هذه المرحلة يتم ما يلي :

١. تصميم عملية تقييم الآثار البيئية مع الأخذ بعين الاعتبار مدخلات من العناصر البيئية المتأثرة في المشروع .

٢. القيام بوصف و تحليل شامل و تفصيل للتدخل في المشروع المقترح ، و كذلك وصف تحليل شامل للوسط البيئي ، مع إبراز للعناصر البيئية التي ستأثر من المشروع أو التدخل المقترح و تقويمها ، مع الأخذ بعين الاعتبار التغذية الراجعة (الخطوة ٦ ، شكل ١٠-٥) .

٣. اقتراح الإجراءات الوقائية و تقييمها ثم عرض نتائج الدراسة و توصياتها

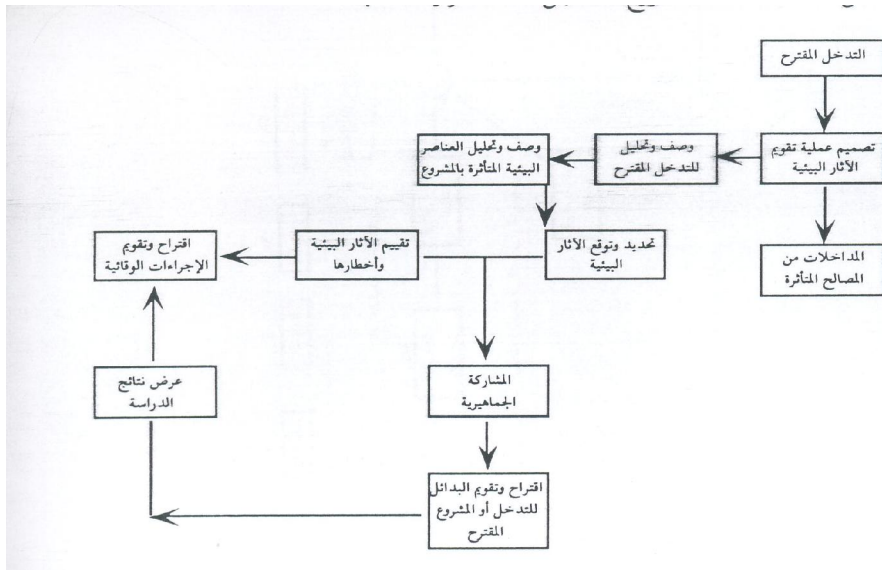


شكل (١٠-٥) تقييم الآثار البيئية بوصفه جزءاً من عملية التخطيط و صناعة القرار

ز) اتخاذ القرار

بعد مراجعة نتائج التقرير الخاص بتقييم الآثار البيئية و دراستها ، يتخذ القرار بالاستمرار بالمشروع (أي تنفيذه) . و إذا كانت الآثار البيئية للمشروع سلبية يتوقف تنفيذه . و قد يعدل المشروع باستخدام التغذية الراجعة و إعادة عملية التقييم للمشروع المعدل من جديد ، و هكذا .

و يتراوح صناع القرار في الرتبة ما بين القمة مثل رئيس الجمهورية أو رئيس الوزراء ، أو من رتبة أقل أو أصغر مثل اللجان الخاصة بهذا الغرض كتلك التي توجد في وزارات التخطيط و البيئة ، أو أية مؤسسة أو دائرة حكومية مختصة ، و أياً كان صانع القرار ، فإنه ينتظر أن يكون قراره حكيماً و صائباً تقادياً للصراع مع المعارضة السياسية أو جماعات الأحزاب البيئية و غيرها . و قد تتضمن صناعة القرار طلب غرامات مالية على المشروع بهدف تحويلها لأغراض تحسين نوعية البيئة . و يكون للمستشارين عادة دور مهم في توضيح المسائل البيئية المتعلقة بالمشروع مما يسهل اتخاذ القرار المناسب .



شكل (١٠-٦) إجراءات تقييم الأثار البيئية

١٠-٣- أهم المشكلات البيئية العربية :

إن المشكلات البيئية في الوطن العربي تنطلق عموماً من مشكلات الضغط السكاني في بعض الأقطار العربية كمصر و الأردن و لبنان و تونس و المغرب حيث يفوق النمو السكاني الزيادة في معدلات الإنتاج ، و هذا يؤدي إلى هبوط مستوى المعيشة . و في غيرها من الأقطار تؤدي قلة الأيدي العاملة إلى النتيجة نفسها ، و على حين يوجد نقص في الأراضي الزراعية بالنسبة لسكان الأقطار الأولى ، نجد أن ملايين الدونمات في الأقطار الأخيرة محتاجة للسواعد التي تحرثها و التي ترفع من مستوى اقتصادها . إن الكفاية الإنتاجية لأقطار الوطن العربي لا تتفق مع مساحته الشاسعة كما لا يتفق عدد سكانه مع تلك المساحة ، و ذلك لأن معظم مساحة هذا الوطن صحارى قاحلة تتناثر فيها الواحات ، و حتى في الأرض القابلة للزراعة تختلف و يتفاوت مستوى القدرة الزراعية و الفنية و مستوى الكثافة في أقطار هذا الوطن ، و يمكن أن نقول إن الوطن العربي في مجموعه لا يعاني من مشكلة اكتظاظ السكان و لكنه يعاني من سوء توزيع السكان ، و مشاكله و مشاكل أقطاره الأخرى المفتقرة إلى السكان لا يمكن أن تحل إلا على أساس اعتبار هذا الوطن وحدة واحدة ، محتاجة للتنظيم و التخطيط السكاني ، و لهذا المنطلق من التفكير صلة واضحة بمشكلات البيئة التي تشابه في نوع المشكلات البيئية أيضاً التي تعاني منها الدول العربية بحيث يقل عدد السكان نلاحظ التوسع المفرط في الزراعات و

إزالة الأحراج وتجفيف المستنقعات و الإكثار من استعمال المبيدات الكيميائية . و حيث يكثر عدد السكان تبرز مشكلات التصحر و تآكل التربة و الجفاف و الفقر و ما شابه ذلك .
إلا أنه عموماً يمكننا أن نقول إن المشكلات البيئية في بلدان الوطن العربي تتزايد بوتائر عالية بسبب الفقر و الجهل و الجفاف ، و كذلك بسبب التمدين العشوائي الخدمي و الصناعي و السياحي ، هذا التمدين المترافق بزيادة سكانية كبيرة . و يمكن أن نلخص أهم المشكلات العربية البيئية بما يلي :

١ . نقص المياه : تعاني معظم بلدان منطقة الشرق الأوسط من عدم كفاية المياه ، وقد حذرت الأمم المتحدة للبيئة من احتمال نشوب نزاعات في الشرق الأوسط ومناطق كثيرة من العالم بسبب تقاسم الموارد المائية المحدودة . ومع أن مصادر مياه الشرب لا تكفي إلا أن بعض الدول العربية تعامل المصادر المائية كالأنهار معاملة مقابل القمامة .

٢ . التلوث البحري : أصبح البحر الأبيض المتوسط مهدداً بالموت نتيجة تلوثه الكثيف إذ تتسرب إليه سنوياً كميات هائلة من الرواسب قدرتها " الخطة الزرقاء " التي وضعها برنامج الأمم المتحدة للبيئة بنحو مليار طن . و تتبعث إلى أجوائه كميات كبيرة من ملوثات المصانع العديدة المقامة على سواحه . و بذلك تتدهور أحوال الثروة الحيوانية فيه بشكل خطير نتيجة تراكم الترسبات و النفايات المنزلية و الصناعية و تسرب النفط من ناقلات النفط التي تسجل فيه حركة كثيفة جداً . و تفقد الأراضي المنتجة على سواحه خصوبتها بفعل الملوحة ، و تدمر الغابات و تتدهور نوعية الحياة في المدن الكبيرة و الواقعة على سواحه بسبب عمليات البناء العشوائية .

و تلوث الشواطئ و مياه البحر أمر واضح في سورية و في تونس و في المغرب حيث تتسرب كميات كبيرة من النفط قبالة السواحل المغربية مما يهدد الثروة البحرية و موسم السياحة اللذين يوفران موارد رئيسية للاقتصاد المغربي و يؤمنان معيشة عدد كبير من السكان . و كذلك الأمر في الجزائر التي تنفق الكثير من الأموال لتطهير المناطق الساحلية من التلوث ، و قد أكد طلبة أن مياه الخليج العربي تعد أكثر تلوثاً من أية مساحات مساوية لها في العالم بمعدل ٤٣ ضعفاً .

٣ . تآكل التربة و التصحر : و هذه ظاهرة عامة في جميع البلدان الزراعية تقريباً في الشرق الأوسط . إذ يكثر استخدام المبيدات الزراعية على نطاق واسع و بأسلوب غير منظم مما يؤدي إلى تغيير كبير في الخواص البيولوجية للتربة و تآكلها و اتساع و انتشار ظاهرة التصحر .

و هذا أمر يمكن ملاحظته بوضوح في معظم _ إن لم نقل جميع _ البلدان العربية "مصر ، الجزائر ، السعودية " . و في تونس مثلاً يبلغ عدد الخسائر السنوية على صعيد الأراضي المنتجة ٢٩ ألف هكتار من أصل ٩ ملايين هكتار ، و يتلف تأكل الأراضي ١٠ آلاف هكتار و الفيضانات نحو ألف هكتار ، و في المغرب طرحت مشكلة التصحر بحدة بعد أن ألحق التصحر أضراراً كبيرة في الزراعات و سبب هجرة كثيفة من الأرياف إلى المدن المكتظة بالسكان بحثاً عن مورد الرزق ، و قد تفاقم هناك زحف الصحراء الناجم عن عوامل مناخية و جيولوجية و عن سوء استعمال أنظمة البيئة المتمثل في تدمير الغابات و قطع الأشجار و الرعي الجائر ، فدمر الغطاء النباتي و تراجعت المساحات الخضراء و المرعي و الزراعات .

٤ . اكتظاظ المدن بالسكان و تلوث أجوائها : و أمر نلاحظه في الكثير من المدن العربية ففي دمشق تبلغ نسبة الكثافة السكانية ١٠٥٠٠ نسمة في الكيلو متر المربع ، و يؤدي تلوث أجواء المدن إلى إصابة المواطنين بالأمراض المرتبطة بتلوث الجو كأمراض التنفس و الدم .

و في القاهرة تضيق الشوارع بالسكان اللذين يعيشون في أجواء غير صحية نتيجة التلوث بغازات المصانع و عوادم السيارات .

٥ . التمدن العشوائي : و هو يفرز كثيراً من التشويهاات الخطرة في البيئة كالقمامة التي يصعب تصريفها و تدمير المناطق الزراعية الغنية بسبب الحاجة إلى إسكان الأعداد الكبيرة المتزايدة من السكان ، و في تونس يقطن التمدن حوالي أربعة آلاف هكتار من الأراضي الزراعية سنوياً . كما أن الارتفاع الكبير لعدد السكان في معظم البلدان العربية يؤدي إلى التمدن العشوائي بكل أخطاره و خصوصاً الاستغلال الكثيف للموارد و بالتالي توليد التلوث و إنتاج النفايات .

٦ . مشكلات الاستقرار الأمني : كما في السودان و لبنان و العراق حالياً . حيث أدت ظروف الحرب اللبنانية إلى إفلات الوضع من كل القيود و الضوابط ، فتشوه جمال الطبيعة و تلوثت الشواطئ و مياه البحر ، و أقيمت المساكن دون تخطيط و تكدست النفايات في الشوارع التي تحولت إلى مقابل للقمامة ، و أقيمت المصانع غير المجهزة بالمرشحات الضرورية وسط الأحياء السكنية و برز نقص المياه و استهلكت الآبار الجوفية فتسربت إليها مياه البحر و غير ذلك .

إن تعدد و فرز مشكلات البيئة في الوطن العربي لا يعني أننا لا نضعها ضمن الإطار العام للملوثات في الكوكب الأرضي ، و ذلك أن شكل الحياة في كوكبنا هو شكل مركب شديد التعقيد لما يحتويه من كائنات حية متنوعة و للعلاقات المتبادلة بين هذه الكائنات فيما بينها من جهة و بينها و بين العوامل البيئية من جهة أخرى . و هناك نوع من التنظيم الذاتي المتبادل بين الطبيعة و الحياة يجري بواسطة الحلقات البيولوجية العظيمة مثل حلقات الكربون و الأزوت و الأوكسجين و الفوسفور ، إلا أنه خلال ربع القرن الماضي و بسبب التلوث الهائل الناتج عن الصناعة و بسبب القطع الكبير للغابات و انجراف التربة تأثرت هذه الحلقات البيولوجية مؤدية إلى انعكاسات خطيرة على الحياة الأرضية و خاصة الحياة الإنسانية ، و يؤكد العلماء أنه إذا تتابع التدهور البيئي فإن الحياة ستزول .

الفصل الحادي عشر

حماية البيئة

بعد التعرف على النظم البيئية والتوازن البيئي وكيف يحدث الخلل فيها نتيجة استنزاف الموارد البيئية بصورة لا عقلانية ، وكذلك التلوث البيئي ، يبقى السؤال كيف نحمي بيئتنا ونحافظ عليها من التدهور ؟ .

قامت الحضارة الغربية على رأس حضارات كثيرة سعياً لتحصيل المنافع المجهدة من البيئة ، وقد شاب هذا السلوك عنف أدى إلى إحداث أضرار بالغة بالبيئة . ولذلك من أجل حماية البيئة وعدم الإضرار بها لا بد من تحرير علاقة الإنسان بالبيئة بحيث توجه إلى استئناس البيئة وتضبط مبادئ ذلك الاستئناس وقواعده ، أي توجه إلى الرفق بالبيئة والحفاظ عليها ويتكون لدينا معادلة دقيقة بين الانتفاع بالبيئة والرفق بها لا يميل فيها أحد الطرفين على حساب الآخر ، بل يتوازى الطرفان بحيث يتم استئناس البيئة بالقدر الذي ينجز فيه الإنسان وظيفته ولكن يتم أيضاً الحفاظ عليها وصيانتها من أن تنالها الأضرار .

وفي معرض التعدد والتنوع للدراسات البيئية التي تهدف جميعها إلى تحقيق مقصد حماية البيئة تنتهي إلى محورين أساسيين :

- محور تلتقي فيه مجموعة الدراسات في تحقيق حماية البيئة بهدف صيانتها والحفاظ عليها بتجنيبها ما يمكن أن يلحق بها الخلل من سلوك الإنسان ، وبتميمتها تنمية تجبر ما يؤخذ منها أو ما قد يحدثه ذلك الأخذ من خلل . ويتضمن هذا المحور :

- حماية البيئة من التلف .

- حماية البيئة من التلوث .

- الحماية التتموية .

- ومحور تلتقي فيه مجموعة الدراسات في تحقيق الرفق بالبيئة يقصد منه استهلاك الموارد البيئية بما تتحمله طبيعة البيئة وما تقتضيه حاجة الإنسان ، بحيث لا يكون ذلك الاستهلاك مؤدياً إلى إرهاق لها يسبب خللاً لا تتحمل جبره ، و يتضمن هذا المحور :

- الاقتصاد في الموارد المتجددة .

- الاقتصاد في الموارد الناضبة .

١١-١ حماية البيئة من التلف :

المقصود بالتلف هو مصير مقدرات البيئة إلى الهلاك ، أي كل ممارسة بيئية تؤدي إلى إتلاف شيء من البيئة سواء كان متمثلاً في إتلاف أفراد من مفرداتها أو في أنواع من أنواعها أو في نظام من أنظمتها . فالإتلاف بصور عامة هو مطلق الاستهلاك الذي لا يتم للإنسان بقاء للحياة ولا نمو فيها إلا به . ولذلك يتمثل الإتلاف في أحد نوعين :

- الإتلاف العبثي : الذي لا ينتج عنه أي منفعة حقيقية للإنسان .

- الإتلاف القارض : أي الذي يؤدي إلى عجز البيئة عن التعويض الذاتي فيحدث الانقراض .

إذاً يجب حماية البيئة من هذين النوعين من التلف لما يفضي إليه كل منهما من خلل بيئي يعطل كفاءة البيئة عن أداء مهمتها في استمرار الحياة ، أي يؤدي إلى خلل في أداء البيئة لوظيفتها .

آ-حماية البيئة من التلف العبثي :

تدور العناصر في الطبيعة من المكونات غير الحية إلى المكونات الحية ثم إلى المكونات غير الحية على شكل دورة . أي أن النظام البيئي الطبيعي يوجد على هيئة حلقات متصلة مع بعضها البعض وتشكل دورة النظام البيئي الطبيعي . ويساعد فهم الدورات الطبيعية وسريان الطاقة في البيئة على تفهم المشاكل البيئية مثل كيفية حدوث التلوث وانتقاله إلى الإنسان وإلى الكائنات الحية الأخرى ، وكمية الطاقة اللازمة لإنتاج المواد الغذائية للأعداد المتزايدة من سكان الأرض ، وحل المشكلات البيئية المعاصرة مثل تسخين كوكب الأرض وحزام الأوزون .

إذاً مصير الإنسان مرتبط بالتوازنات البيولوجية وبالسلاسل الغذائية التي تميز الأنظمة البيئية ، وإن أي تعطل في هذه التوازنات والسلاسل ينعكس مباشرة على حياة الإنسان . وبالتالي كل شيء في البيئة يوجد على أساس أنه حلقة في سلسلة الدورة البيئية الكبرى التي تتم بها الحياة ، وإذا ما كانت بعض أفراد البيئة ينالها التلف في تلك الدورة يؤدي إلى إحداث الخلل فيها .

وحماية البيئة من الإلتلاف العبثي لمقدراتها يوجه إلى الحفاظ على مكونات البيئة أن تهدر في غير منفعة ، وبإنقاذها من التلف حينما تتعرض له . وهذا يبدو جلياً من القانون الذي وضعه أبو بكر عند فتح الشام لصيانة البيئة من التلف بقوله : " لا تقتلن امرأة ولا صبياً ، ولا كبيراً هرمًا ، ولا تقطع شجراً مثمرًا ، ولا تخربن عامراً ، ولا تعقرن شاة ولا بعيراً إلا لمأكلة ، ولا تغرقن نخلاً ولا تحرقنه " .

وقد عرفت الحروب في مختلف الحضارات بأن المتقاتلين فيها يعمدون إلى الاعتداء على البيئة بإتلاف المزروعات والأشجار لخصومهم بوصفه وسيلة من وسائل التغلب . والأخطر من ذلك كله أن تلوث البيئة لم يعد ناتجاً عن أنشطة لخدمة الإنسانية فقط ، وإنما دخلت الأنشطة العسكرية في حالات الحرب وفي حالات السلم لتضيف ملوثات أخرى أكثر خطراً . فإضافة إلى ملايين البشر الذين قتلوا تحت قصف القنابل العادية في الحرب العالمية الأولى وقصف القنابل الذرية في الحرب العالمية الثانية ، وما سبقهما وما تبعهما من حروب في مختلف بقاع العالم ، فإن ما خلفته تلك الحروب من آثار بيئية لا يمكن أن نحصره بدقة ، كما لا يمكن أن ننسى الآثار البيئية الخطيرة التي تخلفها التجارب النووية والتفجيرات المختلفة ، وتحرك البوارج الحربية والطائرات النفاثة الحربية وطائرات النقل ، وتسرب الإشعاعات النووية من المفاعلات سواء كان منها لأغراض سلمية أو حربية . مع الإشارة أيضاً إلى الآثار البيئية الخطيرة التي سببتها حروب البلقان وأفغانستان والعراق ولبنان نظراً لاستخدام أسلحة غير تقليدية ذات قوة تدميرية عالية لاتطول الإنسان ومنشأته فقط ، وإنما تطول كل مكونات الحياة .

ب-الصيانة من التلف القارض :

أدى تدهور الغطاء النباتي الطبيعي وكذلك الصيد غير المنظم إلى تعرض عدد كبير من النباتات والحيوانات البرية إلى الانقراض . وتدل الإحصائيات أن أكثر من (٢٠) ألف نبات معرض للانقراض على الأرض ، وكذلك فإن (٢٠٠) نوعاً من الثدييات ، و (٣٥٠) نوعاً من الطيور مهددة بالانقراض وهذه خسارة كبيرة جداً للإنسان . إن اختفاء هذه الأعداد الكبيرة من النباتات والحيوانات يساهم في تبسيط الأنظمة البيئية ويجعلها أكثر عرضة لفقدان توازنها واستقرارها .

إذاً قيام الإنسان بإتلاف المقدرات البيئية إلى درجة يؤدي فيها إلى أن تؤول العناصر البيئية المتلفة إلى انقراض في نوعها لا تقدر البيئة على جبره ، فإن هذا الإلتلاف حينئذٍ يصبح أمراً محظوراً .

ولعل من أهم الأمثلة التي جاءت بالعمل على حماية الأنواع البيئية من الانقراض هو المحميات الطبيعية التي لم يعرفها الإنسان إلا حديثاً ، ولكن العرب منذ ألف وخمسمائة سنة كانوا يعتمدون هذه الفكرة في الجزيرة العربية - خاصة في الحرم المكي (٣٠ كم قطره) جعل أرضاً محمية صيانة للبيئة من أن ينال بعض مكوناتها الانقراض ، لأن الناس يتقاطر إليه من أصقاع الأرض ، ولو أبيع فيه الصيد لانتهى الأمر إلى انقراض الحيوان البري منه (نجار، ١٩٩٩) .

إذن صيانة البيئة بحماية عناصرها من الانقراض سلباً بالامتناع عن استهلاكها بما يفرضي إلى انقراضها ولو في منفعة ، وإيجاباً بالحيولة دون انقراضها بعوامل خارجة عن إرادة الإنسان .

١١-٢ حماية البيئة من التلوث :

إن تلويث البيئة كما رأينا يغير من النسب الكمية أو الكيفية في مكونات البيئة مما يؤدي إلى تعطيل العناصر البيئية من أن تؤدي دورها النفعي بل قد تحولها إلى عناصر سامة تضر بحياة الإنسان . ومن الإجراءات التي يمكن من خلالها حماية البيئة من التلوث ما يلي :

أ- المحافظة على نظافة البيئة : وذلك بتنظيم جمع المخلفات الصلبة (مخلفات المنازل والمطاعم ، ومخلفات الصناعة) ونقلها والتخلص منها . كما أن المصانع الحديثة تحاول أن تعيد استعمال فضلاتها للمحافظة على سلامة البيئة من جهة وللاستفادة من هذه الفضلات من جهة ثانية .

ب- حفظ توازن البيئة : ليس التلوث ناشئاً من سموم وعفونات بل هو أيضاً ذلك الاختلال الذي يصيب ما قدرت عليه البيئة من مقادير كمية وكيفية فيكون سبباً في اضطراب توازنها . فمثلاً الماء النقي إذا ما سقيت التربة بمقادير زائدة عن الحد فأغرقها اعتبر تلوثاً لأنه يؤدي إلى انسداد مسامات التربة واختناق النبات بسبب انعدام التهوية ، وكذلك إلى تملح التربة .

وعند الحديث عن تلوث الماء والهواء والتربة تكلمنا عن حماية البيئة من التلوث المائي والتلوث الهوائي وتلوث التربة سابقاً .

و للحفاظ على بيئة سليمة ونظيفة لا بد أن يواكب الحضارة من تقدم وازدهار تطوراً موازياً في الوعي بصيانة البيئة من التلوث قانونياً وإدارياً وتقنياً ، بحيث لا ينشأ سبب للتلوث إلا ينشأ موازياً له إجراء عملي مقاوم له ، فلا تتراكم المشكلة ولا تتفاقم كما حصل في بعض

الحضارات لافتقارها إلى ثقافة مصاحبة في الرفق بالبيئة والحفاظ عليها فانتهى بها الأمر إلى زوال بعضها والبعض الآخر إلى ظهور مشاكل بيئية كبيرة تحتاج إلى فترة كبيرة من الزمن للتغلب عليها بالإضافة إلى التكاليف والخسائر الباهظة .

١١-٣ الحماية التنموية :

إن الموارد البيئية تشمل الموارد الحية (المتجددة Renewable) كالهواء والماء والنبات. وغير الحية (غير المتجددة Nonrenewable) كالمعادن . وصيانة الموارد الطبيعية الحية ترتبط ارتباطاً وثيقاً بالنظم البيئية والإبقاء عليها سليمة متوازنة دون أن يعترها الخلل والتدهور . والحفاظ على هذه الموارد الطبيعية من التدهور أو النفاذ لا بد من التعامل معها برفق ، أي الاستفاح بها دون الإضرار بها وصيانتها من النفاذ لكي تحافظ البيئة على توازنها الكمي والكيفي الذي يكون به حفظها للحياة وتمييزها إياها .

تهدف صيانة الموارد الحية إلى الحفاظ على النظم البيئية من التدهور والاستنزاف وذلك باستغلال الموارد التي نعتمد عليها استغلالاً يحافظ على ديمومتها وعلى إطالة أمدها لكي تظل تعطي بصفة دائمة ، وكذلك حماية التنوع الوراثي للكائنات الحية . ويمكن أن نوجز أهداف صيانة الموارد الحية بالآتي (Allen , 1980) :

أ- صيانة العمليات البيئية ونظم إعالة الحياة : فهذه تحفظ للغلاف الجوي ديناميكيته وللعمليات البيئية ديمومتها ، مثل دورة الأوكسجين و دورة CO₂ في الطبيعة والعمليات المتعلقة بتكوين التربة وتدوير المواد الغذائية فيها ، وصيانة النظم البيئية للنبات والحيوان والكائنات الحية الدقيقة التي تتفاعل مع عناصر البيئة غير الحية . وهذه النظم تحتفظ باتزانها ما دام لم يطرأ عليها تغيير بفعل الإنسان ، وهذا التغيير يجعل هذه النظم عاجزة عن استعادة اتزانها الطبيعي . ومن ثم فإن صيانة هذه العمليات ضرورة للحفاظ على النظم الطبيعية وهو القاعدة الأساسية التي تعتمد عليها كافة المجتمعات البشرية .

ب- استخدام النظم البيئية والسلالات النباتية والحيوانية بما يكفل لها طول البقاء ويتحقق ذلك بالاستخدام العاقل والمتوازن لهذه النظم بما يسمح لها أن تتجدد ولا تتبدد بفعل الأنشطة البشرية . ولهذا أهميته الكبيرة ، ليس فقط للمجتمعات التي يقوم اقتصادها المعيشي على الموارد الطبيعية سواء صيد البحر أو البر أو الرعي أو الجمع أو قطع الأخشاب ، ولكن أيضاً وعلى نطاق أوسع للمجتمعات التي يقوم اقتصادها واستغلالها للموارد على قاعدتها الأساسية وهي النظم البيئية ، فإذا ما استغلت هذه الموارد استغلالاً هدمياً لا يسمح بتجديدها ، فإن العالم سواء

في الدول النامية أم المتقدمة سيواجه بمشكلات حرجة سواء في مجال إنتاج الغذاء أو الدواء أو المواد الأولية اللازمة للصناعة .

ج- المحافظة على تنوع الأجناس الوراثية النباتية والحيوانية ، فهذا التنوع البيولوجي يعتبر أمراً ضرورياً للمحافظة على استمرار فرص الاختيار أمام الإنسان في الحاضر والمستقبل . كما أن هذا التنوع يعتبر أساسياً لتحسين إنتاج الغذاء والمواد الخام النباتية اللازمة للصناعة ، وذلك من خلال برامج تهجين سلالات جديدة لها خاصية مقاومة الظروف البيئية أو توفير إنتاجية أكبر من المحاصيل .

يتضح لنا مما سبق أهمية تكامل ثلاثية (التنمية ، البيئة ، الإدارة) في تحقيق صيانة فعالة للموارد الطبيعية تكفل حمايتها من التدهور والاستنزاف والتدمير . فعند وضع الخطط الاقتصادية القائمة على استغلال الموارد الطبيعية ينبغي مراعاة الأبعاد البيئية والمردودات السلبية لهذه الخطط على الموارد . وهذا لا يتأتى إلا بإدارة رشيدة واعية للمخاطر التي يسببها الاستخدام الهدمي للبيئة . وبذلك تتحقق صيانة فعالة للموارد الطبيعية تطيل أمد عطائها لمقابلة الطلب المتزايد على السلع والخدمات بما يلبي حاجات الحاضر والمستقبل .

١١-٣-١ التنمية الزراعية وأبعادها البيئية :

كيف يمكن أن نحقق التوازن بين التنمية الاقتصادية ومردودها السلبى على البيئة والموارد الطبيعية وبين صيانة هذه الموارد من التدهور والاستنزاف والتدمير . وهل يمكن أن تسير خطط التنمية الاقتصادية والاجتماعية قدماً دون انعكاسات ضارة على سلامة البيئة ومواردها ؟ وبمعنى آخر هل يمكن تحقيق تكامل بين خطط التنمية وبرامج صيانة الموارد البيئية ؟ وللإجابة على هذا السؤال لا بد من مناقشة الجوانب التالية : العلاقة بين البيئة والتنمية ، والمردود البيئي السلبى للمشاريع والأنشطة الزراعية ، وتقييم المردود البيئي والتخطيط البيئي ، والتنمية المستدامة .

آ- العلاقة بين التنمية والبيئة :

توجد ثلاث وجهات نظر في تفسير العلاقة بين التنمية والبيئة وإدارة الموارد . فوجهة النظر الأولى تتمثل في مفهوم المعيارية أو العقلانية في سياسة اتخاذ القرار ، وهي وجهة نظر نفعية تضع المنفعة وتحقيق أقصى ربح ممكن في المقام الأول . فهي تحدد الأهداف من الاستغلال الاقتصادي للموارد وعناصره مثل دراسة الجدوى ، التكاليف العائد ، التوافق مع

القرارات السياسية . بل إن المغالين من أصحاب هذه النظرة من مستغلي الموارد ينظرون إلى الاعتبارات المتعلقة بصيانة الموارد على أنها عقبات في سبيل التنمية .

أما وجهة النظر الثانية فهي على النقيض تنظر إلى البيئة والموارد الطبيعية بمفهوم سلوكي أو أخلاقي (Moralistic) نابع من الإحساس بمسؤولية الإنسان اتجاه بيئته . ومن أمثلة ذلك جماعة السلام الأخضر (Green Peace) . وبين هذه وتلك تقوم وجهة النظر الوسطية التي تتوافق مع تحقيق العائد الاقتصادي من استغلال الموارد ، ولكن أيضاً مع وجود برامج لحماية البيئة وصيانة الموارد بحيث يتحقق التكامل بين خطط التنمية الاقتصادية وبين سلامة البيئة ويتحقق للموارد الحية التجدد ولنظمها البيئية التوازن وطول البقاء .

وبهذا المفهوم فإن التنمية والبيئة - كما وصفها تقرير البنك الدولي - فالتنمية الاقتصادية والإدارة السليمة للبيئة جانبان متكاملان . فبدون حماية بيئية ملائمة ستتهار التنمية وبدون تنمية تتعذر صيانة البيئة والموارد الطبيعية .

ومن ثم فإن صيانة الموارد الطبيعية من الاستغلال الهدمي والتدميري يحتل أحد العناصر الأساسية في أية تنمية اقتصادية أو اجتماعية قائمة على استغلال الموارد الطبيعية . ومن هنا يتحقق تضافر خطط التنمية مع صيانة الموارد لا التنافر بينهما ، وتحقق الرفاهية للمجتمعات خاصة في الريف . إن سكان الريف وخاصة في الأقطار النامية تعتمد حياتهم بشكل مباشر على الموارد البيئية من تربة ونبات طبيعي وموارد مائية . وصيانة هذه الموارد من التدهور والاستنزاف يمكنهم من استغلال موارد البيئة المتاحة ، وفي الوقت نفسه يضمن لها الحماية من التدهور ويتحقق بذلك هدفان : تحسين مستوى المعيشة وضمان استدامة عطاء هذه الموارد لنقابل ليس فقط الحاجات في الحاضر ولكن أيضاً في المستقبل (البناء، ١٩٩٨) .

ب- المردود البيئي السلبي للمشاريع والأنشطة الزراعية :

للمشاريع والأنشطة الزراعية التي لا تراعي الأبعاد البيئية مردود بيئي سلبي يتمثل في إلحاق الضرر بالبيئة والموارد الطبيعية ، بل قد ينعكس أثرها على المشروع ذاته . فمثلاً نتيجة لبناء السد العالي في مصر فإن منسوب الماء الأرضي قد هبط في المجرى الأدنى للنهر خلف السد مما مكن المياه المالحة قرب الساحل من ارتفاع منسوبها وتمليح التربة الواقعة فوقها وتقليل جدواها الزراعية . هذا الخلل في التوازن المائي الحساس بين السحب من المياه الجوفية وبين مصادر التزويد قد ظهرت آثاره في كثير من النظم البيئية في دول أخرى من العالم :

١- تدهور المراعي : يمتاز كل نظام بيئي بخصائص ينفرد بها وهي المناخ والتربة والتضاريس ، وكذلك الغطاء النباتي الذي يحوي الخصائص السابقة . وهناك حمولة رعية مثلى لكل مجتمع رعي (عدد الحيوانات في وحدة المساحة في وحدة الزمن) وذلك ليتمكن من دوام إنتاجية المرعى . وكل حمولة رعية جائرة (تفوق قدرة تحمل المرعى) تشكل عاملاً أساسياً في مسلسل تدهور هذا المرعى الذي يتبعه بشكل ملموس عدة نتائج منها تدهور الغطاء النباتي وانجراف التربة .

وقد تعرضت المراعي الطبيعية بصفة عامة في كافة البلاد العربية إلى مجموعة من العوامل المدمرة التي أضرت بها ضرراً كبيراً . وكان من أشدها ما حدث من توسع في الزراعات الهامشية على حساب المراعي ، وتقطيع للأشجار والشجيرات (لاستعمالها كوقود)، بالإضافة إلى ذلك زيادة عدد الحيوانات في بعض المناطق ، ثم تفكك النظم والتقاليد الرعية القديمة التي تتحكم في تنقلات القطعان وما يتصل بها من حقوق الرعي ، وذلك دون بديل من التشريع والتقنين الذي يكفل حماية وصيانة هذه الموارد الطبيعية الضخمة . وقد ساعد على حدوث ذلك انتشار وسائل النقل الحديثة والميكنة الزراعية التي مهدت للتوسع في المناطق الهامشية من ناحية ، بالإضافة إلى ما تم من زيادة موارد جديدة لمياه شرب القطعان في مناطق الرعي ، دون تنظيم لحسن استخدامها ، وكانت النتيجة الطبيعية لكل ذلك هي ازدياد معالم الرعي الجائر ، ثم تدهور المراعي بزوال كثير من الأعشاب والشجيرات والأشجار الرعية الهامة ، ثم تسارع وتفاقم مظاهر الانجراف وزحف الصحراء .

وتعد البادية السورية مثلاً واضح على تهديم الإنسان للبيئة الطبيعية بإدارته اللاواعية وبعدم معرفته لعمل الأنظمة البيئية . حيث كانت حالة المراعي في البادية السورية جيدة وخصبة غزيرة الإنتاج مغطاة بنبات طبيعي متوازن مع البيئة (المناخ والتربة) وقادر على تجديد نفسه باستمرار ، أما الآن فهي تعاني من تدهور كبير في مراعيها فبدأت الصحراء بالزحف إليها وحتى إلى بعض المشروعات الزراعية . وللحد من تدهور المراعي وحماية أراضي البادية وتطويرها لابد من وضع برنامج متكامل يهدف إلى تطوير البادية السورية والحفاظ على ما تبقى من الغطاء النباتي ووقف التصحر . حيث قامت وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي في القطر السوري بوضع برنامج يتضمن إجراءات لتحسين المراعي و مكافحة التصحر ومن فقرات هذا البرنامج ما يلي :

أ- تقسيم البادية السورية إلى جمعيات تربية الأغنام وتحسين المراعي .

ب- إحداث مراكز لتربية الأغنام وتحسين المراعي .

- ج- استزراع بعض أراضي البادية بشجيرات رعوية .
- د- تكامل تربية الحيوان ضمن السياسة الزراعية وإدخال زراعة الأعلاف الخضراء في الدورة الزراعية التقليدية ودورها في الحد من الرعي الجائر .
- هـ- صيانة الموارد الرعوية ومنع الفلحاحات .
- و- الاهتمام بتوفير المياه في البادية السورية عن طريق تنوع المصادر .
- ز- تثبيت الكثبان الرملية .

٢- **تدهور التربة** : تمثل التربة أحد الموارد الزراعية المتجددة ، فلولاها لما نما نبات أو زرع ولما قام نشاط زراعي في العالم . وهي التي تمدنا بمقومات الغذاء والمواد الخام الزراعية اللازمة للصناعة . ورغم ذلك فهي من أكثر موارد العالم التي تواجه التدهور والتدمير نتيجة للأنشطة البشرية المتعددة مثل الزراعة التدميرية أو التوسع العمراني ، أو ما تتعرض له من تعرية نتيجة لإزالة الغابات من منابع الأنهار مما يؤدي إلى انجراف التربة . كما أن الإسراف في إزالة الغطاء النباتي خاصة في المناطق الجافة وشبه الجافة يؤدي إلى نشاط عمليات التعرية . هذا فضلاً عن الممارسات الزراعية السيئة التي تؤدي إلى تملح التربة أو فقد خصوبتها .

وتسير عمليات تدهور التربة بمعدلات سريعة ، فقد قدر أنه لو استمر المعدل الحالي لتدمير التربة على مستوى العالم فإن ثلث مساحة الأراضي الزراعية سوف تختفي في أقل من عشرين عاماً . ويحدث هذا التدهور في الأقطار النامية والمتقدمة على حد سواء . وهناك تقرير عالمي لتدهور التربة تحت إشراف برنامج الأمم المتحدة للبيئة (UNEP) أظهرت نتائجه أن ١.٢ مليار هكتار، أي ما يقارب (١١%) من الغطاء النباتي في العالم قد أصابه تدهور معتدل أو شديد للتربة خلال السنوات الخمس والأربعين الماضية بسبب الأنشطة البشرية . ونتيجة لذلك تتناقص إنتاجية المحاصيل الغذائية الأساسية في كثير من الأقطار وخاصة في أفريقيا جنوب الصحراء . بل إن هناك دراسات خلصت إلى أن تعرية التربة في دول متقدمة كالولايات المتحدة يمكن أن تؤدي إلى انخفاض غلة الحبوب بنسبة تتراوح بين (٣ و ١٠%) في نهاية القرن العشرين .

ويرجع ماكنزي الأسباب الرئيسية لتدهور التربة نتيجة الأنشطة البشرية إلى الرعي الجائر وإزالة الغابات والممارسات الزراعية وجمع أخشاب الوقود والتلوث الصناعي (Mackenzie , 1995) .

ومن أهم المخاطر التي تتهدد التربة هي الانجراف وزحف الرمال والتصحر . **فالتصحر** : يعد من أبرز المشكلات البيئية التي لها أبعاد اجتماعية واقتصادية وسياسية ، حيث يقع تحت تأثير الخطر المباشر للتصحر أكثر من (٢٠%) من سطح الأرض (نحو ٣٠ مليون كم^٢) وتتعرض إنتاجية حوالي (٢٠٠ ألف كم^٢) سنوياً إلى نقطة (صفر الإنتاجية الاقتصادية) ويفقد الإنتاج الزراعي ما يقدر بنحو (٢٦) بليون دولار في السنة . ويهدد التصحر مستقبل مئات الملايين من سكان المناطق الجافة وشبه الجافة التي تمثل نحو (١٥%) من سكان العالم، بل إنه يقدر أن ما يتراوح بين (٥٠ - ٧٨) مليون نسمة يتأثرون مباشرة بانخفاض الإنتاجية المرتبطة بعمليات التصحر الجارية .

ويمكن تعريف التصحر وفقاً لمؤتمر الأمم المتحدة عن التصحر الذي عقد في نيروبي عام (١٩٧٧) بأنه ((تدهور أو تدمير القدرة الحيوية الكامنة للأرض بما يؤدي في النهاية إلى ظروف شبيهة بالصحراء ، واعتبر التصحر حالة تدهور واسعة الانتشار للنظم البيئية تحت ظروف مشتركة من تذبذب المناخ والاستخدام الجائر للأرض)) .

أسباب التصحر :

إن التصحر ما هو إلا ظاهرة مشتركة بين الظروف المناخية وضغط الأنشطة البشرية ، وهو ما اتخذته هيئة الأمم المتحدة في الاعتبار عند وضع الخطط المتعلقة بمقاومة التصحر . وقد أورد كيمب (Kemp) منظومة لأسباب التصحر التي تؤدي في مجملها إلى تعرية التربة وتدهورها وزحف الصحراء (Kemp , 1990) ، الشكل (١١-١) .



الشكل (١١-١) أسباب التصحر

أولاً- العوامل الطبيعية :

أ- الظروف المناخية وفي مقدمتها عامل الجفاف . ومن الأمثلة على ذلك نوبات الجفاف التي ضربت إقليم الساحل الإفريقي خلال الفترة (١٩٦٨ - ١٩٧٣) وآثارها المأساوية . وهذا يبين مدى أهمية هذا العامل في حدوث التصحر . وليس أدل على ذلك من أنه قد تقرر في مؤتمر الأمم المتحدة وبرنامج الأمم المتحدة للبيئة عام (١٩٧٧) إعداد خريطة للعالم تحدد عليها المناطق التي تتعرض تدريجياً للتصحّر وقامت منظمتا الفاو واليونسكو بالتعاون مع منظمة الأرصاد الجوية العالمية (WMO) في وضع هذه الخريطة التي رسمت بمقياس (٢٥:١) مليون

والتي ركزت على العامل البيومناخي حيث حددت ثلاثة أقاليم هي : شبه الجافة ، والجافة ،
وشديدة الجفاف ، على أساس معدل البخر الحقيقي بالنسبة للتبخر/النتج الممكن .

ومناخ المناطق الجافة وشبه الجافة عرضة للتذبذب والاختلافات الكبيرة من سنة إلى
أخرى خاصة في كمية المطر الساقط . وهناك ميل واضح إلى وجود تتابع بين فترة من السنوات
الرطبة تتراوح بين (٣ ، ٥) سنوات يليها فترة جافة مماثلة . وفي مناطق معينة هناك اتجاه
لطول فترات التدني في التساقط لعقد أو عقدين يكون لها انعكاسات واضحة على اللاندسكيب
والموارد . ويجدر بالذكر أن الإنسان نفسه قد يساعد على الجفاف ، وذلك من خلال ممارساته
غير السليمة في استخدامات الأرض من رعي جائر وزراعة متدنية وقطع للشجيرات من
أجل الوقود ، مما يؤدي إلى انكشاف السطح وبالتالي رفع معدل الألبيدو (Albedo) .

ومن ثم فإن الممارسات البشرية غير المسؤولة يمكن أن تؤدي إلى تعديل المناخ الخاص
أو الدقيق (Microclimate) قرب السطح . وبالتالي تمثل عاملاً يضاف إلى ما يشبه الأنشطة
البشرية من تصحر في المناطق الجافة وشبه الجافة .

ب- الظروف النباتية المرتبطة بالمناخ (البيومناخية) ، فالجفاف يؤدي إلى فقر الغطاء
النباتي ، وهذا بدوره يزيد من انكشاف التربة للحرارة الشديدة مما يزيد من عملية البخر/النتج
ويؤدي في النهاية إلى زيادة جفاف التربة ، وبالتالي نشاط عمليات التعرية المائية والهوائية على
الخصوص . ويحدث التدهور النباتي في المراحل المبكرة لعملية التصحر عندما يؤدي تدهور
الغطاء النباتي إلى زيادة قابلية التربة لهذه العمليات ، وتستمر هذه العملية مقترنة بتدهور بنية
التربة وخصوبتها نتيجة للإفراط في الزراعة والرعي وسوء إدارة الري .

ويأخذ التدهور النباتي شكلين رئيسيين : الأول يتمثل في نقص في الكثافة العامة للغطاء
النباتي (الكتلة النباتية الحية) ، والثاني في نقص نسبة الأرض المغطاة بالنبات ، وهذا النقص
يحدث عند قطع الشجار من أجل الزراعة أو الرعي أو من أجل أخشاب الوقود أو العلف أو عند
الإفراط في الرعي . ويترتب على ذلك تعديل في منظومة الأنواع النباتية ، وقد تتحول إلى
حشائش أقل قابلية لغذاء الحيوان وإلى شجيرات شوكية وهي من نباتات المناطق الأكثر
جفافاً .

ج- درجة حساسية الأرض للمتغيرات البيئية ، فالنظم البيئية الحساسة والهشة تكون
عرضة للتصحر أكثر من غيرها . وترتبط درجة حساسية الأرض بالمناخ وخاصة عامل الجفاف

وانحباس الأمطار وبحالة النبات الطبيعي ، وكذلك بالتربة ومدى تحمل كل منهما للضغط البشري .

وفيما يختص بتعرية التربة كأحد العمليات الطبيعية المسببة للتصحّر فإن ذلك يتمثل أساساً في تعرية التربة وتدهورها ، ويحدث ذلك في التعرية المائية والهوائية وعمليات التخوير ، وارتفاع منسوب الماء الأرضي وارتفاع الملوحة والقلوية في التربة . ونتيجة لتدهور الغطاء النباتي تتكشف التربة وتصبح عرضة لعمليات التعرية وخاصة عند حدوث جرف للطبقة العلوية بفعل السيول الفجائية . والتعرية الهوائية تقوم أيضاً بدور نشط في جرف التربة العلوية المفككة وهي الطبقة الدقيقة الحبيبات والتي تحتوي على المادة العضوية مخلفة التكوينات الخشنة . ومن الأمثلة على أثر التعرية بفعل الرياح في إقليم الساحل الإفريقي رياح الهرمطان وهي تهب شمالية شرقية في فصل الجفاف وتحمل كميات هائلة من الأتربة تكون سحباً من الغبار قد ترتفع إلى (٦.٠٠٠ متر) . ويقدر أن الرياح تنقل أكثر من (١٠٠) مليون طن من الأتربة من غرب أفريقيا غرباً إلى المحيط الأطلسي خلال فصل الصيف وبعضها يصل حتى جزر الهند الغربية .

ومن الأمثلة البارزة على تذرية الرياح لكميات هائلة من التربة ما يحدث في حوض الغبار (Dust Bowl) بالسهول الوسطى شبه الجافة بالولايات المتحدة ، فخلال الثلاثينات من القرن الماضي اجتاحت العواصف الترابية مساحات شاسعة من هذه السهول واكتسحت التربة السطحية كلية وحملت ملايين الأطنان من الأتربة . وفي عام (١٩٣٤) أدت موجة الجفاف الشديد إلى جفاف الحشائش بل وإلى موت (٧٥%) منها . وكانت نتيجة ذلك تعرية التربة ونشاط عمليات انجرافها . وفي ربيع عامي (١٩٣٤ ، ١٩٣٥) كونت الأتربة المنجرفة بفعل الرياح في حوض الغبار سحباً من الغبار وصلت كثافتها إلى سمك (٧٠٠٠) قدم .

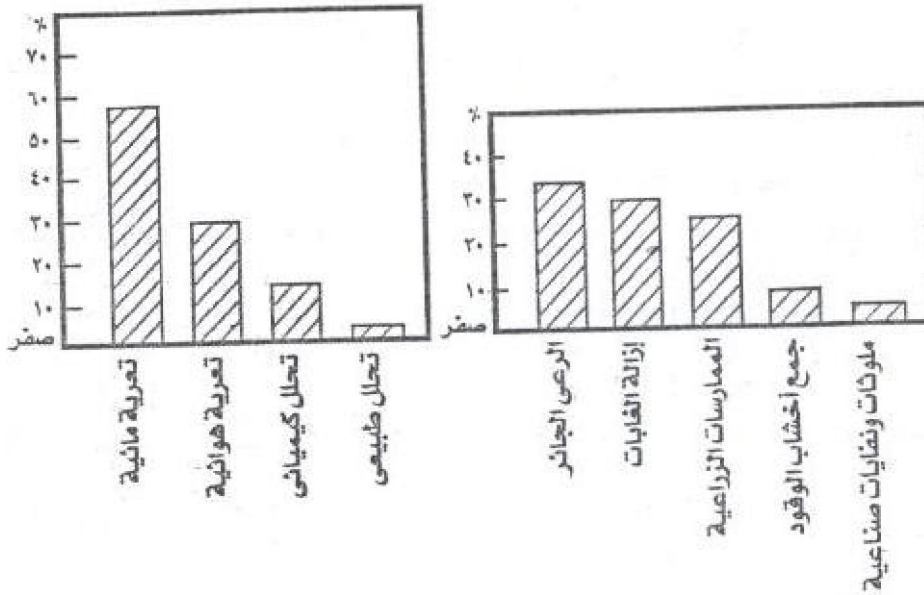
ويقدر أولدمان (Oldeman) الشكل (١١-٢) أن التعرية المائية تمثل نحو (٥٦%) من جملة العوامل المسببة لتعرية التربة بفعل العوامل الطبيعية على حين تمثل التعرية الهوائية (الرياح) حوالي (٢٨%) والتحلل الكيميائي نحو (١٣%) والتحلل الطبيعي (٣%) .

ثانياً- الأنشطة البشرية :

يعتبر البعض أن الأنشطة البشرية متمثلة في الاستخدام السيئ للأراضي هي المسئول الأول عن التصحر ، وأن العوامل الطبيعية تأتي بعد ذلك .

ويتمثل ذلك في أربعة أنواع رئيسية في عملية التصحر وهي الرعي الجائر، الزراعة المفرطة، إزالة الغابات، سوء إدارة الري وموارد المياه.

١- الرعي الجائر: يؤدي الرعي الجائر الذي لا تتناسب فيه كثافة حيوانات الرعي مع الطاقة التحملية للمراعي إلى تدهور الغطاء النباتي وإلى التغيير في توازن النظام البيئي، حيث تتدهور الحشائش المستساغة بالنسبة للحيوان، والتي تعمل في الوقت نفسه على تماسك التربة، على حين تنتشر الشجيرات الشوكية التي تقاوم الجفاف، وهذه لها أهمية أقل كغذاء للحيوان أو في تماسك التربة، وبالتالي تصبح عرضة لنشاط عمليات التعرية بفعل العوامل الطبيعية.



الشكل (١١-٢)

نسبة عوامل تدهور التربة إلى جملة الأراضي المعرّاة بفعل العوامل الطبيعية (المصدر نفسه)	نسبة العوامل البشرية في تعرية التربة إلى جملة الأراضي المعرّاة (المصدر: أولدمان عن ماكنزي)
---	--

ويمثل الرعي الجائر أكبر نسبة في تعرية التربة بفعل العوامل البشرية حيث يمثل نحو (٣٥%) من جملة الأرض المعرّاة كما في الشكل (١١-٢)، ويحدث هذا في الأقطار النامية والمتقدمة على حد سواء.

ويعتبر الرعي جائراً إذا زاد الضغط البشري على المراعي الطبيعية إلى النقطة التي عندها يحدث (الضغط الحرج Critical Stress) والتي عندها تأخذ النباتات في التدهور ، وذلك إذا تعدت معدلات أعداد قطعان الرعي عن وحدة حيوانية (Livestock Unit) واحدة في كل خمسة هكتارات من المراعي في المناطق الجافة وبما يتراوح بين (٣ - ٥) وحدات في الهكتار في المناطق شبه الجافة التي تتمتع بإدارة رعية جيدة ، بل إنها في المناطق شديدة الجفاف يبلغ هذا المعدل وحدة حيوانية لكل (٥٠) هكتاراً أو أكثر كما هو الحال في صحارى المملكة العربية السعودية .

والمناطق التي تتعرض فيها الأرض للتصحّر بسبب الرعي الجائر تزداد فيها أعداد الحيوانات عن الطاقة التحملية للمرعى ، وتقدر بنسبة ما بين (٥٠ - ١٠٠) % في أفريقية بل إنها تبلغ أربعة أضعاف طاقة المرعى في شمال العراق وتبلغ ثلاثة أضعاف في سوريا .

يضاف إلى الضغط الحيواني على المراعي ما تتعرض له من زحف الزراعة التي تتسع على حساب المراعي مما يؤدي إلى تناقص مساحتها ، ويؤدي ذلك إما إلى زيادة كثافة الرعي الجائر وإلى اضطراب الرعاة إلى الزحف نحو إقليم أكثر جفافاً .

وليس هذا الأمر قاصراً على الرعي البدوي التقليدي ولكن أيضاً يتمثل في مناطق الرعي التجاري المتقدم ، ففي الولايات المتحدة تنتج نصف المراعي ذات الملكية الخاصة من الأعلاف نصف طاقتها الكاملة أو أقل ، وذلك بسبب الرعي الجائر الذي يتسبب بالتالي في تعرية التربة .

٢- إزالة الغطاء الشجري : يتمثل هذا الغطاء في المناطق شبه الجافة والجافة من أشجار وشجيرات قزمية تنتشر خلال الحشائش . وهذه الأشجار تتعرض للإزالة تحت ضغط حاجة السكان المحليين إلى أخشاب الوقود أو كأعلاف للحيوان أو كمواد بناء محلية أو لإحلال الزراعة محلها ، وتسبب إزالة الغطاء الشجري بنحو (٣٠%) من جملة الأراضي المعرّاة بفعل العوامل البشرية ، الشكل (١١-٢) ، ويتسبب جمع أخشاب الوقود في حوالي (٨%) .

وتمثل الأخشاب المستخدمة في الوقود نسبة مرتفعة من جملة الطاقة المستهلكة التي يحصل عليها السكان في بعض الدول قد تصل إلى أكثر من (٩٠%) من الاستهلاك القومي للطاقة . وتستخدم الأخشاب خاماً أو بعد تحويلها إلى فحم نباتي . وفي القارة الأفريقية ككل يقدر نصيب الأخشاب من جملة حجم الطاقة المستخدمة نحو (٥٨%) وفي جنوب شرق آسيا (٤٢%) وفي أمريكا الجنوبية (٢٠%) . ونتيجة لهذا الطلب الشديد على أخشاب الوقود تتجدد الأرض من غطائها النباتي وتنشط بها عمليات التعرية وتزداد كثافة هذا الاستغلال حول المدن

ومراكز الصناعة . ففي أحد مراكز صيد الأسماك في إقليم الساحل الأفريقي تستخدم الأخشاب كوقود في تجفيف الأسماك حيث يتم استهلاك ما يقرب من (١٣٠) ألف طن من الأخشاب سنوياً وامتد تدمير المساحات الشجرية لمسافة قد تمتد لنحو (١٠٠ كم) حول هذا المركز . وحول مدينة الخرطوم كانت أشجار السنط تغطي المنطقة في عام (١٩٥٥) ولكن لم يبق منها سوى بقع متناثرة خلال (١٠٠ كم) من المدينة .

وقد قدر LeHouerou عام (١٩٧٧) أنه في المناطق التي تمتد على طول هوامش الصحارى في أفريقية والشرق الأوسط تستهلك الأسرة المكونة من خمسة أفراد سنوياً جميع مواد الوقود المتاحة في هكتار واحد من السهوب الشجرية . وبتقديره للسكان المعتمدين على هذا النوع من الوقود بنحو (١٠٠) مليون فإن (٢٥) مليون هكتار سنوياً ستتعرض للتدمير وتصبح قاحلة وقابلة للتصحّر (Kemp , 1990) .

أما فيما يختص بإزالة الغطاء الشجري من أجل إحلال الزراعة محله في الأراضي شبه الجافة في المناطق النامية فيمارس فيه ما يعرف بالزراعة المتنقلة التي في ظلها تترك الأرض بوراً لعدة سنوات قد تصل إلى ما يتراوح بين (٢٠-٣٠) سنة بعد زراعتها لعدة سنوات حتى تتجدد خصوبتها والانتقال إلى أرض جديدة ، ولكن تحت زيادة السكان والضغط على الأرض تختصر فترة التبوير مما لا يتيح للأرض وقتاً كافياً لتجديدها وإعادة توازنها البيئي وبالتالي تتعرض لعمليات التعرية .

٣- سوء الممارسات الزراعية : ويتمثل ذلك في الزراعة الجائرة وهي التي يزداد فيها الضغط الزراعي على الأرض بما لا يتناسب مع طاقتها الإنتاجية . وتقدر نسبة إسهام الممارسات الزراعية من العوامل البشرية المسؤولة عن تعرية التربة بنحو (٢٨%) من مجموع الأراضي المعرّاة راجع الشكل (١١-٢) . ويزداد الاستنزاف للأرض الزراعية عند تحويلها من مجرد زراعة مطرية معيشية إلى زراعة تجارية أو مروية .

والزراعة المطرية يمكن قيامها في الأراضي شبه الجافة وخاصة الهوامش الرطبة لهذه المناطق وهي التي يتراوح مطرها السنوي ما بين (٣٠٠ - ٥٠٠) ملليمتر وهذه الكمية تلائم الزراعة الواسعة جداً . وتلائم كذلك مع ترب السهوب الصحراوية (البنية) . ولما كانت كمية الأمطار القليلة الساقطة تتركز في بضعة أشهر فإن التطور المعدني والعضوي لهذه الترب يقتصر على الفترة التي تسقط فيها الأمطار . ولقفر الغطاء النباتي فإنها فقيرة في مادة الدبال (Humus) التي تتراوح بين (٢٠-٣٠)% عند السطح وتقل تدريجياً كلما زاد العمق . ومن ثم فهي تناسب محاصيل معينة ودورة زراعية خاصة ينبغي أن تتخللها فترة بور طويلة حتى تستعيد

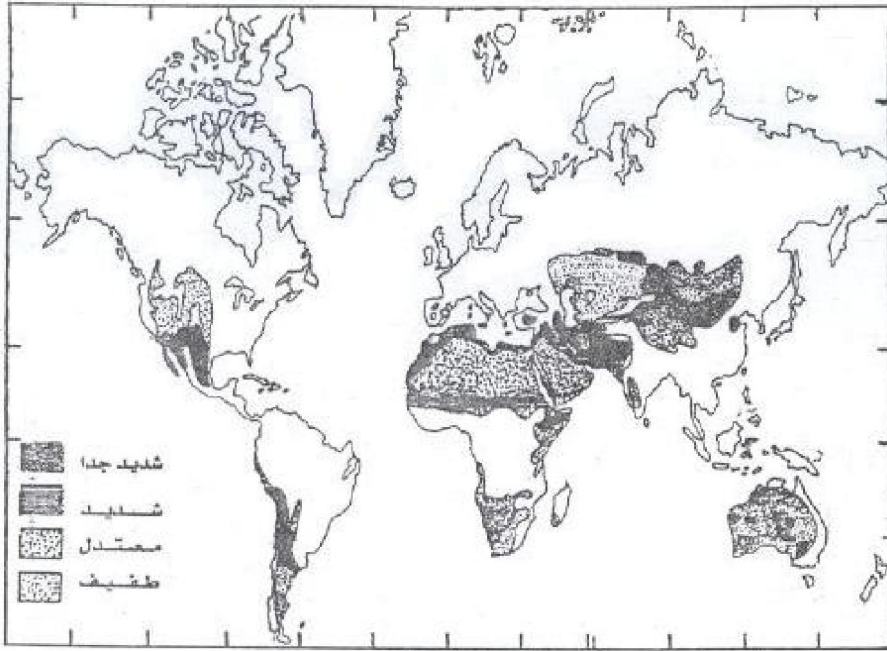
التربة خصوبتها . ومعنى ذلك أن كثافة الاستغلال الزراعي في مثل هذه الترب الهشة نتيجة لزيادة السكان إلى جانب سوء الممارسات الزراعية سواء في طرق الزراعة أو اختيار دورات زراعية غير مناسبة أو تقصير فترة تبوير الأرض يعرض الأرض الزراعية للتدهور والتعرية .

وفي حالة تحول الزراعة في الأراضي شبه الجافة إلى زراعة تجارية أو مروية فإن ذلك يزيد من كثافة استخدام الأرض الزراعية . وقد ضرب (Grainger) مثلاً لذلك بمنطقة زراعية بجنوب تونس مساحتها (٢٠٠) كم^٢ على هامش الصحراء الكبرى تحولت إلى زراعة آلية كثيفة وتركز سكاني من البدو الذين تم توطينهم في هذا المشروع الذي يقع في منطقة تتراوح أمطارها بين (١٠٠ - ٢٠٠) ملمتر سنوياً فقط والذي حل محل منطقة رعي متقل من قبل . وقد أدى استخدام الحرث الآلي إلى زيادة التعرية وسفي الترب الرملية الجافة بوساطة الرياح ، هذا فضلاً عن أن أعداد الحيوانات لم تقل على الرغم من تقلص أراضي الرعي ، كما أن توطين البدو ركز القطعان حول المناطق السكنية مما زاد من الضغط على مياه الآبار وعلى الأرض على حد سواء وأدى إلى تصحر المنطقة (Floret, 1977) .

٤- سوء ممارسات الري : يعتمد استغلال الأراضي في المناطق الجافة في الزراعة على الري أكثر أنواع استخدامات الأراضي الزراعية سواء في أودية الأنهار دائمة الجريان أو المجاري النهرية الموسمية أو المياه الجوفية . ومشاريع الري الدائم مكنت من زراعة الأرض زراعة كثيفة ، إلا أنها قد أدت إلى زيادة في ملوحة التربة التي تعتبر خاصية من خواص معظم المناطق الجافة وشبه الجافة ، لأن التبخر/النتح يزيد عن التساقط . ومن ثم فإن الأملاح تتراكم لعدم كفاية الأمطار على غسلها من التربة . واستخدام الري على نطاق مكثف بما تحويه من نسبة ملوحة يمكن أن يبني مستويات الملوحة في التربة نتيجة لارتفاع منسوب الماء الرضي بفعل الخاصة الشعرية . وتعمل عملية التبخر على تركيز الأملاح على سطح التربة أو قريباً منه ، كما أن نظم الري الدائمة مكنت من استخدام كميات كبيرة من المياه ، فضلاً عن أن إنشاء السدود والقناطر على الأنهار للتحكم في جريان المياه يزيد من عملية التبخر في المياه المخزونة ، كما أن شق قنوات الري على مناسيب أعلى من الأرض المزروعة قد ساعد على عملية الرش خاصة في الترب المسامية .

ويذكر جودي (Goudie) أن الزيادة في ملوحة التربة ليست قاصرة على المناطق المروية ، ففي بعض جهات العالم نتجت ملوحة التربة عن إزالة الغطاء النباتي ، لأن ذلك يسمح بتعمق أكثر لمياه الأمطار في طبقات التربة مما يتسبب في ارتفاع منسوب الماء الأرضي ، ويؤدي إلى رشح مياه مالحة أحياناً في الأراضي المنخفضة . ومن المناطق التي مثلت فيها مياه الري مشكلة خطيرة لتملح التربة ما يتمثل في سهل نهر السند بباكستان حيث تذكر التقارير

أن نحو (٤.٦) مليون هكتار من جملة الأراضي الزراعية ومساحتها (٢٥) مليون هكتار قد أصبحت في معظمها أراضي نشعة أو ضعيفة الصرف ، وأن (١.٩) مليون هكتار شديدة الملوحة ، و (٤.٥) مليون هكتار بها بقع ملحية ، وأن (٠.٤) مليون هكتار تفقد سنوياً لانتشار الملوحة . ويقدر أن نسبة الأراضي المتأثرة بالملوحة أو النشع نتيجة للري الدائم نحو (٥٠%) في العراق ، و (٢٥%) في باكستان كلها ، و(٥٠%) في وادي الفرات بسوريا ، و (٣٠%) في مصر ، وأكثر من (١٥%) في إيران .



الشكل (١١-٣) حالة التصحر في العالم عام ١٩٨٢ (عن Dregne)

ضبط التصحر : عند مناقشة الوسائل الكفيلة بضبط التصحر والتحكم في زحف الصحراء فإنه من الطبيعي أن نستبعد العوامل الطبيعية وفي مقدمتها المناخ ، إن سيطرة الإنسان عليه وبالتالي على عامل الجفاف وتذبذب التساقط شبه معدومة ، ومن ثم سنركز على العوامل البشرية التي يمكن التحكم فيها . وفيما يلي عرض للجهود الممكنة لمكافحة التصحر :

أولاً- ضبط الرعي :

يعد الرعي الجائر الذي لا تتناسب فيه كثافة الحيوان مع الطاقة التحميلية للمراعي من أهم أسباب التصحر ، ومن ثم فإن هذه الكثافة ينبغي ألا تزيد عن وحدة حيوانية واحدة لكل خمسة هكتارات في المناطق الجافة ، ومن (٣ - ٥) وحدات حيوانية/هكتار في المناطق شبه الجافة على حين تتدنى لتصبح وحدة واحدة لكل (٥٠) هكتاراً في المناطق شديدة الجفاف . فإذا ما تجاوزت الكثافة هذه الحدود أصبح الرعي جائراً وترتب على ذلك تدهور النظام البيئي للمراعي . هذا ما حدث بالفعل في مناطق كثيرة من العالم وفي مقدمتها إقليم الساحل الإفريقي خاصة خلال موجة التصحر التي ضربت الإقليم في السبعينات .

ويتفق الخبراء على خمس طرق كما يذكر جرينجر (Grainger) يمكن بها تحقيق تقدم في ضبط الرعي الجائر وهي :

١- تحسين نوعية الحيوان بمقاومة الأمراض واختيار سلالات جديدة ، ومعنى ذلك اعتبار (الكيف أهم من الكم) .

٢- زيادة مبيعات الحيوانات لغرض الذبح حتى تتناقص أعدادها بما يتناسب مع طاقة المراعي . وهنا يقترح تقديم إعانات تشجيعية للرعاة للتخلص من بعض حيواناتهم وتحقيق الربح . ومن المقترحات المتعلقة بتحديد طاقة المراعي ألا تزيد أعداد الحيوانات عن (٨٠%) من هذه الطاقة في السنوات الجيدة بحيث يتوفر (٢٠%) منها لسنوات الجفاف .

٣- تحسين المراعي عن طريق تحسين عمليات الإنبات وإعطائها وقتاً كافياً لكي تجدد نموها وزرع محاصيل علف جديدة . ومن الأمثلة على ذلك ما حدث في الهند حيث أدخل نوعان من حشائش الرعي من استراليا خلال مشروع بتكلفة (١٠٣) مليون دولار في وسط الهند وغربها، وذلك بتمويل من البنك الدولي . وقد أدى ذلك إلى تحسن نوعية المراعي وإنتاج العلف . وقد نجحت مشاريع مماثلة في تونس وباكستان واستراليا والاتحاد السوفيتي السابق . هذا إلى جانب زراعة أنواع من الأشجار تستخدم كعلف للحيوان وكخشب للوقود .

٤- تحسين البيئة الأساسية في المراعي وفي مقدمتها حفر الآبار من أجل سقي الحيوان ومد الطرق إلى الأسواق .

٥- تغيير نظم الرعي القائمة بتحديد طرق الرعي وتنظيمه في مناطق معينة لتشجيع الرعاة وقطعانهم على الاستقرار وتأسيس مزارع مخصصة للرعاة يزاولون فيها الزراعة إلى جانب الرعي . ووضع خطط لتطوير تربية الحيوان على المستوى الإقليمي .

ثانياً- التحكم في قطع الأشجار وزراعة غابات جديدة من أجل خشب الوقود :

فقد سبق أن ذكرنا أن من أهم أسباب التصحر هو إزالة الغطاء النباتي من الأشجار التي تستخدم أساساً في الوقود للاستخدامات المنزلية ، فضلاً عن إزالة الغطاء الشجري لإحلال الزراعة المتقلبة محله وذلك في الدول النامية . وتشير التقديرات إلى أن أكثر من (١٥٠٠) مليون نسمة في هذه الدول تعتمد على الأخشاب كمصدر للوقود والتدفئة . ويقدر الاستهلاك السنوي من الأخشاب بأكثر من ألف مليون متر مكعب تحتل أكثر من (٨٠%) من جملة استهلاك الأخشاب في الدول النامية وباستثناء الكميات المصدرة .

ويكمن الحل في استزراع غابات لخشب الوقود من أنواع سريعة النمو تقاوم الجفاف . ومن أمثلة ذلك المشروع الذي مؤله البنك الدولي بالنيجر في الفترة من (١٩٧٩ - ١٩٨١) حيث أقيمت مزارع للأشجار مساحتها (٧٧٩) هكتار مثلت أشجار النيم (٧١%) منها والباقي لأشجار الكافور . كما أقامت مصلحة الغابات في مالي مزارع لإنتاج أخشاب الوقود في الفترة (١٩٨٠ - ١٩٨٥) بتمويل من البنك الدولي كذلك حيث زرع حوالي (٢٢٧٣) هكتار . وفي السنغال مؤلت وكالة المعونة الأمريكية مشروعاً لاستزراع أشجار خشب الوقود في الفترة (١٩٧٩ - ١٩٨٣) .

والى جانب المشاريع الحكومية التي تقوم بها الدولة بمساعدات خارجية فهناك أيضاً ما يقوم به المواطنون المحليون من التوسع في زراعة الأشجار . ومن الأمثلة على ذلك ما حدث في الصين حيث قدر أن مساحة الغابات قد زادت خلال الفترة (١٩٥٠ - ١٩٨٣) بنسبة (٦٠%) وذلك ضمن مشروع ضخم (السرور الأخضر Green Wall) في مواجهة الزحف الصحراوي في صحراء جوبي . وفي كوريا الجنوبية قام (٢٠٠٠٠٠) مزارع من أعضاء التعاونيات لتنفيذ مشروع لزراعة مليون هكتار من أشجار خشب الوقود والفواكه خلال الفترة (١٩٧٣ - ١٩٧٧) . وفي الهند قامت مشاريع بفضل جهود السكان المحليين في بعض الولايات . ففي ولاية جوجارات شجعت الولاية عدداً من القرى على إنشاء مزارع لأشجار خشب الوقود والعلف والفواكه ، ولم يأت عام (١٩٨٢) حتى كان (٢٨٠٠٠٠) هكتار من الغابات المستزعة قد قامت . وفي ولاية اتاربرادش قام مشروع مماثل عام (١٩٧٦) بمساعدة البنك الدولي كان يهدف إلى زراعة (٤٨٠٠٠٠) هكتار من الأشجار نفذ منها نحو (١٤%) . وفي عام (١٩٨٤) قامت مزارع الغابات على مساحة (٩٧٠٠) هكتار على زمام القرى ، فضلاً عن (١٨٠٥٥٨) هكتار على أراضي غابية متدهورة ، و (٣١٠٣٩٧) هكتاراً على طول الطرق والقنوات .

وفي الهند أيضاً طبق ما يعرف بالزراعة المختلطة مع الغابات (Agro – Forestry) حيث وضع برنامج عام (١٩٧٠) أدخلت فيه زراعة الغابات ضمن أوجه استخدامات الأرض الزراعية ، واتبعت هذه الطريقة في دول إفريقية عديدة . وهذه الطريقة توفر مصدراً رخيصاً للأخشاب لانخفاض تكلفة زراعتها كما يزرع أسفلها محاصيل تستفيد من ظلال الأشجار في المناطق الجافة وشبه الجافة . كما أنّ تحلل أوراقها المتساقطة في التربة يزيد خصوبتها . فضلاً عن ذلك فهي تمثل مصدات للرياح الساخنة مما يقلل من سرعتها وحماية التربة والنباتات من آثارها . وقد أثبتت دراسة لمنظمة الأغذية والزراعة (FAO) أن مصدات الرياح يمكن أن تؤدي إلى زيادة المحصول بنسبة (١٠%) .

إنه من الضروري إلى جانب إنشاء مزارع لإنتاج خشب الوقود ، العمل على توفير مصادر بديلة له مثل الطاقة البيولوجية ، والنفايات العضوية المتوفرة لدى الأقطار النامية يمكن استخدامها من خلال التحلل في إنتاج الغاز العضوي (غاز الميثان) إلى جانب استخدامها لتسميد الأرض . وهذه العملية تحقق أكثر من غرض ، فهي إلى جانب توفيرها لمصدر إضافي للطاقة يمكن استخدامه في الأغراض المنزلية خاصة في الريف ، فإنها تخفف من نقل وتخزين النفايات العضوية وتقلل من تلوث البيئة . وقد قامت الحكومة السورية باستخدام بدائل عديدة للطاقة عوضاً عن الاحتطاب كاستخدام مشتقات البترول وكذلك استخدام الطاقة الشمسية.

ثالثاً- ضبط تعرية التربة وسفي الرمال :

تعتبر الرياح إحدى العوامل التي تسبب في تعرية التربة وسفي الرمال بالمناطق الجافة وشبه الجافة وذلك نظراً لأن التربة تقتدر إلى غطاء نباتي يحميها من التعرية ، وإن كانت التربة تتعرض أحياناً لعمليات جرف خطيرة عند حدوث السيول الجارفة . ويمكن مقاومة تعرية التربة بكسر حدة الرياح بزراعة أنواع من الأشجار سريعة النمو مقاومة للجفاف تستخدم مصدات للرياح ومن أهم أنواعها الكافور (Eucalyptus) والكزورينا (Casuarina) ويمكن لهذه الأشجار أن تنمو في مناطق يزيد مطرها عن (١٠٠) ملليمتر سنوياً .

أما مقاومة سفي الرمال التي تذورها الرياح باستمرار أو بتعرية الرياح لترب الكثبان الرملية التي تستغل في الرعي أو الزراعة فإن ذلك يتمثل في وقف زحف الرمال . ويقاوم هذا الخطر محلياً بزراعة الأشجار أو غرس البوص أو الجريد أو أعواد النباتات ، مما يعمل على إعاقة الرمال الساخنة وجعلها تتراكم أمام المصدات . وهذه الطريقة يمكن استخدامها أيضاً في تثبيت الكثبان الرملية المتحركة القريبة من الأراضي الزراعية حيث توضع هذه المصدات على

طول قمم الكثبان ، مما يضطر الكثبان كما يقول هيوم (Hume) ((إلى أن تبني نفسها إلى أعلى بدلاً من تحركها إلى الأمام)) (Hume, 1925) .

إلى جانب هذه الطرق التقليدية في تثبيت الكثبان الرملية وإعاقة تقدمها نحو الأراضي الزراعية هناك التقنيات الحديثة التي تتمثل في رش الكثبان بالقار . وقد وجد أن القار يؤدي إلى لصق حبيبات الرمال بعضها ببعض ويمكنها من مقاومة رياح تصل سرعتها إلى (٧٠ ميل/ساعة) . كما وجد أيضاً أن هذه الطريقة تساعد سطح الكثيب على الاحتفاظ بالرطوبة مما يسمح لجذور النباتات بالنمو . وقد طبقت هذه الطريقة منذ الخمسينات والستينات في واحة الإحساء بالمملكة العربية السعودية وفي ليبيا وفي صحراء راجستان بالهند ، وكذلك في صحارى جنوب غرب الولايات المتحدة (البناء، ١٩٧٤) .

رابعاً- تطوير الممارسات الزراعية :

تتصف الترب في المناطق الجافة وشبه الجافة وهي الميدان الرئيسي للتصحر بأنها ترب هشة قليلة العمق فقيرة في المواد العضوية . ومن ثم فإن الاستغلال الزراعي لهذه الترب يتطلب إجراءات خاصة نذكر أمثلة منها :

١- اختيار سلالات جديدة من المحاصيل والنباتات المقاومة للجفاف مثل الشعير والذرة الرفيعة ، ومن الأشجار الزيتون واللوز .

٢- ومن الأمثلة على العمليات الزراعية التي تعمل على تخفيف حدة انحدار المياه وجرف التربة على السفوح ما يعرف بالزراعة الكنتورية أو الحرث الكنتوري (Contour - Strip - Ploughing) على سفوح التلال في المناطق الجافة وشبه الجافة التي تتعرض لانجراف التربة بشدة ، نتيجة للسيول الجارفة التي تسببها الأمطار الإعصارية حيث إن الحرث على طول الكنتور يقلل من حدة انجراف المياه واكتساح التربة .

٣- التوسع في استخدام الأسمدة ، فالمعروف أن المناطق الجافة فقيرة في الغطاء النباتي ، ومن ثم فإن استخدام الأسمدة يؤدي إلى زيادة كثافة الغطاء النباتي وبالتالي زيادة الكتلة النباتية الحية التي تغطي الأرض وتقي التربة من عمليات التعرية الزائدة .

خامساً- نظام فعال للري والصرف :

إن أهم مظاهر التصحر في المناطق الجافة وشبه الجافة هي تملح التربة ، خاصة في الأراضي التي يمارس فيها الري الصناعي بطريقة خاطئة وتفتقر إلى نظام جيد للصرف كما سبق أن ذكرنا . ولما كانت ترب المناطق الجافة ترتفع بها عادة نسبة الملوحة فإن مياه الري

ينبغي أن تكون قليلة الملوحة . ومن مشكلات الري الدائم زيادة نسبة الأملاح بالتربة ، ومن ثم فإن أي نظام للري ينبغي أن يصاحبه نظام فعال للصرف حتى يمكن أن تساعد شبكة المصارف على خفض منسوب الماء الأرضي وتقليل الملوحة بالتربة السطحية ، لأن ارتفاع هذا المنسوب يعمل على حمل الأملاح المذابة إلى السطح مما يسبب ضرراً كبيراً للنبات . ومن هنا فإن السيطرة على منسوب الماء الأرضي وجعله منخفضاً يعتبر من أهم أسس مقاومة الملوحة بالتربة .

تضافر الجهود الدولية في مكافحة التصحر :

لما كان التصحر مشكلة عالمية لا تتجو من مخاطرها قارة من القارات وتواجهها دول نامية ومتقدمة على حد سواء فإن الجهود الدولية سواء على مستوى الحكومات أو المنظمات المعنية بالمشكلة لها أهميتها الكبيرة في مقاومة التصحر .

ويعتبر برنامج الأمم المتحدة للبيئة (UNEP) في مقدمة الهيئات المعنية بمقاومة التصحر . وقد عقد مؤتمر الأمم المتحدة ، وذلك بعد تعرض إقليم الساحل الإفريقي للظروف المأساوية التي صاحبت موجة التصحر التي ضربت الإقليم . وقد وافق المؤتمر على خطة عمل (Plan of Action) على المستوى القومي والعالمي موجهة إلى الحكومات لكي تسترشد بها في التعامل مع الظروف التي تتداخل في صنع هذه المشكلة بهدف تطوير استخدام الأرض استخداماً عاقلاً يقلل من مخاطر التصحر . وقد تضمنت خطة العمل هذه (٢٨) توصية تضمها ثلاثة مكونات هي :

١- تقييم حالة التصحر واتجاهه بعد سبع سنوات من عقد المؤتمر .

٢- تقييم التقدم الذي حدث في تنفيذ خطة العمل .

٣- تقييم التنظيمات المؤسسية والمالية التي تدعم الخطة .

وقد وضع المؤتمر تصوراً بإمكانية النجاح في وقف التصحر على مستوى العالم بنهاية القرن العشرين من خلال التعاون بين برنامج الأمم المتحدة للبيئة (UNEP) وبين الحكومات والمنظمات غير الحكومية وإنشاء صندوق عالمي للتصحر تسهم بتمويله المساعدات الدولية . ولكن يبدو أن الهدف الذي وضع بقهر التصحر بحلول القرن (٢١) بعيد المنال ، لأن هذه الخطة تسير بخطوات بطيئة ، وذلك لعدم الالتزام بتنفيذها سواء من الدول المانحة أو الدول صاحبة المشكلة . هذا فضلاً عن ضعف وسائل التنسيق بين هذه الدول . ولكن رغم ذلك فهناك مؤسسات حققت نجاحاً في هذا المجال نذكر منها (نادي الساحل Club du Sahel) وهو

منظمة غير تابعة للأمم المتحدة ، وقد تعهد بتقديم أكثر من (٢٠٠٠) مليون دولار لتنمية دول الساحل الإفريقي التي تعاني من التصحر (Dregne, 1984) .

٣- تدهور الغابات :

تمثل الغابات أحد أهم أوجه استخدام الأراضي فهي تغطي نحو (٤٠٩٣) مليون هكتار تعادل حوالي (٣٠%) من جملة استخدام الأراضي في العالم ، وهي بذلك تفوق المساحة الكلية للأراضي الزراعية والمراعي الدائمة (FAO, 1981) . وتعتبر الغابات مصدراً هاماً للأخشاب أو المواد الغذائية والطبية والمواد الخام التي يؤخذ منها مثل الزيوت النباتية (جوز الهند ونخيل الزيت) ومثل المطاط والألياف . وتوصف الغابات بأنها رئة العالم فهي تمتص غاز ثاني أكسيد الكربون من الجو لتحوّله إلى مادة نباتية وتطلق الأكسجين ، وهي بذلك تحفظ الدورة الطبيعية لهذين الغازين في الجو . ويقدر أن كمية أكسيد الكربون التي تمتصها هذه الغابات تعادل كميات انبعاث ثاني أكسيد الكربون الناتج عن استخدام الوقود الحفري . وتتنوع الغابات في العالم تبعاً لحرارة والأمطار ما بين غابات استوائية ومدارية رطبة (الغابات المطيرة Rain Forests) وغابات العروض المعتدلة الدفيئة والغابات النفضية والمخروطية (الصنوبرية) . ولكل من هذه الغابات أهميتها النباتية والاقتصادية ، فالغابات المخروطية هي أهم مورد للأخشاب اللينة (Soft Wood) في العالم ، على حين أن الغابات الأخرى في معظمها تعطي الخشب الصلب (Hard Wood) .

وتمثل الغابات المدارية الرطبة أهمية خاصة فهي تسهم في زيادة الرطوبة والأمطار عن طريق عملية البخر/النتح ، إذ يقدر أن غابات الأمازون تتسبب في نصف الأمطار الساقطة على الحوض . وإلى جانب ذلك فالغابات الموجودة في مناطق تقسيم المياه تعمل على التوازن المائي وتحمي التربة من الانجراف .

وقد احتفظت هذه الغابات أكثر من غيرها بثباتها منذ ملايين السنين ضد الذبذبات المناخية التي شهدها العالم ، وهي أكثر النظم البيئية تنوعاً في الأحياء النباتية والحيوانية فقد قدر أن الغابات المطيرة في جنوب شرق آسيا تضم أكثر من (٢٥) ألف نوع من النباتات المزهرة وآلاف الأنواع من الحيوانات والطيور والحشرات . وعلى مستوى العالم تحتوي على (١٥٥) ألف نوع من الأنواع النباتية المعروفة . وقد حظيت هذه الغابات المطيرة بأهمية خاصة من قبل علماء النبات والبيئة وصيانة الموارد لما تتعرض له من تدهور وتدمير في الوقت الحاضر يفوق أية غابات أخرى في العالم . ومصادر التدمير متعددة منها تزايد الطلب العالمي من الأخشاب ، فمنذ عام (١٩٥٠) زاد الاستهلاك العالمي من الأخشاب بنسبة (٢٥%) ونصف الكميات

المستهلكة استخدمت في الوقود معظمها في الأقطار النامية والباقي خشب الصناعة ويستهلك معظمه في الأقطار الصناعية .

وقد تعرضت غابات العالم بمختلف أنواعها للإزالة بمعدلات سريعة إذ إن برنامج الأمم المتحدة للبيئة (UNEP) قد قدر ذلك بنحو (٢٩٠) مليون هكتار في الفترة ما بين عامي (١٩٦٠ - ١٩٨٠) . وطبقاً لأحدث التقديرات (١٩٩٠ - ١٩٩٥) فقد بلغ المعدل السنوي لإزالة الغابات على مستوى العالم نحو (٠.٣%) وبلغت هذه النسبة أعلاها في قطر عربي هو لبنان (٧.٨%) على حين وصلت في ماليزيا إلى (٤.٣%) ، وفي الفلبين (٣.٥%) ، وفي كوستاريكا (٣%) وفي باكستان (٢.٩%) وفي سوريا (٢ و٢%) (البنك الدولي ، ١٩٩٩) .

وتتعرض الغابات المطيرة للإزالة بالحرق أو القطع من أجل الزراعة المتقلبة أو التجارية . وتقدر منظمة الأغذية والزراعة أن ما يتراوح بين (٥ - ١٠) مليون هكتار من الغابات تزال سنوياً من أجل الأنشطة الزراعية . هذا إلى جانب ما تتعرض له هذه الغابات من تطهير من أجل المشاريع العمرانية وشق الطرق .

وطبقاً لتقديرات (١٩٩٠ - ١٩٩١) فإن ما بين (١٦ - ٢٠) مليون هكتار من هذه الغابات يُزال سنوياً من أجل الأغراض المختلفة ، وفي ضوء هذا المعدل فقد قدر أنها قد تختفي في مدى أقل من مائة عام ، بل إنه يقدر أن (٥٠%) فقط من الغابات المدارية المطيرة الناضجة هو الموجود الآن . بل إن هذه النسبة تقل عن ذلك في دول مثل نيجيريا وغينيا وساحل العاج (١٠%) ، ومثل الفلبين وتايلاند (٢٠%) ، بل و (٥%) في بنغلادش . وعلى مستوى العالم فإن أحدث التقارير تشير إلى أن ما يتراوح بين (٧٥٠ - ٨٠٠) مليون هكتار من أصل (١.٥) بليون هكتار قد أزيلت ، ومعظم الباقي يتمثل في غابات الأمازون حيث تغطي الغابات نحو (٦٠٠) مليون هكتار ، وفي ماليزيا تختفي الغابات المدارية بمعدل يزيد عن ربع مليون هكتار سنوياً ، وذلك لإحلال زراعة المطاط ونخيل الزيت ، وفي اندونيسيا يوجد نحو (٢٧) مليون هكتار كمناطق جرداء نتيجة الإفراط في إزالة الغابات .

وهناك مصدر تهديد للغابات المدارية ممثلاً في التنوع الوراثي ، فكثير من الأنواع النباتية والحيوانية تختفي باختفاء الغابة . فالغابات المدارية التي تغطي (٧%) فقط من سطح الأرض ونحو (١.٥) مليار هكتار تمثل أغنى النظم البيئية على وجه الأرض من حيث الكتلة الحيوية والتنوع البيولوجي ، فهي تحتوي على ما قد يصل إلى نصف أنواع العالم . وقد قدر الاتحاد الدولي لصيانة الطبيعة (IUCN) أن نحو (٢٥) ألف نوع من النباتات معرض للتهديد إلى جانب أكثر من ألف نوع من الحيوانات والطيور والزواحف والأسماك ، كما يقدر أن تطهير

الغابات المدارية قد يؤدي إلى حد انقراض أنواع عديدة من الكائنات الحية واختفاء هذه الأنواع يؤدي إلى تغير في توازن الأنظمة البيئية التي تمثل هذه الكائنات أحد عناصرها. ومعدلات الزيادة السريعة في إزالة الغابات المدارية الرطبة في الأقطار النامية يشبه ما حدث للغابات المعتدلة في الأقطار الصناعية في الماضي حيث أُزيل ثلث هذه الغابات على مستوى العالم

ويعتبر التهديد الذي يواجه التنوع البيولوجي الوراثي في العالم أهم مصادر التهديد التي تتعرض له الحياة البرية في العالم حيث قدر الصندوق العالمي للحياة البرية (WWF) Wildlife Fund أنه خلال الفترة (١٩٧٠ - ١٩٩٥) تسبب الإنسان في تدمير نحو (٣٢%) من الحياة الطبيعية طبقاً لمؤشر الكوكب الحي Living Planet Index الذي وضعه الصندوق .

ولكي تتحقق صيانة فعالة للغابات المدارية فلا بد من إتباع سياسات تنموية تحافظ على هذه الغابات من التدهور والتدمير في ظل تنمية مستدامة متكامل فيها خطط التنمية مع برامج صيانة الموارد ، وذلك بتخفيف الضغط على الغابات التي تتعرض للإزالة على نطاق واسع سواء من أجل الحصول على الأخشاب كمصدر للوقود أو للتصدير أو من أجل التوسع العمراني والزراعي سواء للزراعة التجارية أو المتنقلة في الأقطار النامية . ويتطلب هذا النوع من الزراعة البدائية إزالة مساحات شاسعة من الغابات المدارية لإحلال الزراعة محلها ويقدر أن ذلك يمثل نحو (٦٠%) من عمليات إزالة الغابات المدارية الرطبة . ويمكن الاستعاضة عن ذلك بتكثيف الزراعة رأسياً مما يقلل من الضغط على الغابات . وقد أثبتت التجارب أن كل هكتار يتم تكثيف إنتاجيته الزراعية ينفذ ما يتراوح بين (٥ - ١٠) هكتارات من الغابات التي تُزال من أجل الزراعة المتنقلة (البنك الدولي ، ١٩٩٢) .

ومن الحلول الأخرى المقترحة لتخفيف الضغط على الغابات الطبيعية استزراع الغابات من أجل خشب الوقود أو الأخشاب التي تدخل التجارة الدولية ، وإنشاء مناطق غابات محمية لحماية ما تحتويه من أنواع نباتية وحيوانية فريدة . وقد أخذت كثير من الدول النامية في تطوير مزارع الغابات لتقليل الاعتماد على الغابات الطبيعية . ومن أمثلة ذلك كينيا وتنزانيا وزامبيا في أفريقيا ، والهند في آسيا ، وشيلي في أمريكا اللاتينية .

ومن أجل مقابلة الطلب العالمي على أخشاب الوقود فقد قدر البنك الدولي أن ذلك يتطلب زراعة (٥٥) مليون هكتار بالأشجار سريعة النمو بمعدل (٢.٧) مليون هكتار كل سنة وهي خمسة أمثال المعدل الحالي .

ج- تقييم المردود البيئي والتخطيط البيئي :

واضح من الأمثلة السابق ذكرها عن المردود البيئي أو الانعكاسات السلبية للمشاريع الزراعية والرعية مدى الآثار الخطيرة لهذه المشاريع على الإنسان والبيئة والموارد ، ويرجع ذلك أساساً إلى أن مثل هذه المشاريع لم تأخذ في الاعتبار الأبعاد البيئية التي ستجتم عنها وغياب تقييم المردود البيئي (Environmental Impact Assessment (EIA) .

ويعتبر تقييم مردود مشاريع التنمية الاقتصادية على البيئة من أهم الوسائل في صيانة الموارد البيئية من الانعكاسات السلبية لهذه المشاريع ، إذ ينبغي أخذ هذا المردود في الاعتبار عند قيام أي مشروع قائم على استغلال الموارد الطبيعية . والتقييم البيئي كما يعرفه درايفر (Driver) - وهو من خبراء تقييم المردود البيئي - هو عملية فحص تفصيلي ومنطقي وشامل لخصائص البيئة من الناحيتين الطبيعية والبشرية ، ثم تقدير الآثار المتوقعة للتنمية على البيئة سلباً أو إيجاباً . وبناء على ذلك تتخذ السلطات القرارات بموازنة الجوانب الاقتصادية والسياسية مع الجوانب البيئية (Driver, 1986) .

ويأتي تقييم المردود البيئي كعنصر من مجموعة عناصر متكاملة لعملية التخطيط للمشروع المراد قيامه ، أي تكامل بين التقييم البيئي والتقييم الاقتصادي . فعند التخطيط لقيام مشروع زراعي مثلاً لا ينبغي فقط أخذ الجوانب الاقتصادية التي تخص المدخلات (Inputs) والمخرجات (Outputs) للزراعة ومقدار التكلفة والعائد وإنما أيضاً ينبغي أن تتضمن تكاليف المشروع نفقات حماية البيئة وصيانة الموارد الطبيعية .

وقد أخذ الاهتمام بالتقييم البيئي (EIA) وبآثار النمو الاقتصادي على الموارد الطبيعية يزداد باطراد منذ أواخر الستينات حين أصدرت بعض الدول قوانين خاصة بالسياسة البيئية مثل الولايات المتحدة الأمريكية التي أصدرت قانون (السياسة البيئية القومية) (NEPA) National Environmental Policy Act عام (١٩٦٩) . وفي ظل هذا القانون فإن أي مشروع ينبغي أن يعد له تقرير مفصل عن المردود البيئي الذي يتوقع أن ينجم عنه ويشمل هذا التقرير العناصر التالية :

- ١- الانعكاسات البيئية للخطة المقترحة .
- ٢- التأثيرات الجانبية التي لا يمكن تجنبها .
- ٣- بدائل العمل المقترح والخيارات الممكنة .

٤- مقارنة بين الاستخدامات قصيرة الأجل للموارد البيئية وصيانة الإنتاجية وتحسينها على المدى الطويل .

٥- الالتزامات الواجبة التنفيذ تجاه الموارد في الخطة المقترحة .

فالتخطيط البيئي ضرورة للاستخدام العاقل للموارد ، وهذا يتطلب وجود نظام متكامل لتقييم النظم البيئية سواء على اليابس أو الماء لمعرفة مدى كفاءة هذه النظم لأوجه الاستخدامات المختلفة ، فضلاً عما يمكن أن يلحقها من أضرار نتيجة للمشاريع التي لم تراعى الأبعاد البيئية . ومن ثم فإن جميع جوانب الموارد لدولة من الدول يمكن أن تقيم قبل اختيارها لمشروع معين أو خطة تنمية معينة حتى لا يحدث التعارض بين أوجه الاستخدامات المختلفة فعلى سبيل المثال فإن التقييم البيئي للأراضي الساحلية الرطبة سيساعد على تحديد وجه الاستغلال الأمثل ، هل في الصيد أو في تحويلها إلى أراض زراعية .

وتمكن عمليات تقييم النظم متخذي القرارات الاقتصادية والسياسية الأخذ في الاعتبار المعايير البيئية مع المعايير الاقتصادية والاجتماعية وبالتالي يتمكنون من اقتراح خطط التنمية المعتمد على الموارد قبل فوات الأوان وتعذر تغييرها أو تعديلها . وتحتاج عمليات التقييم البيئي إلى أن يلحق بها تقويمات أخرى تفصيلية عن المردود البيئي للسياسات والمشاريع المقترحة . ويعتبر ذلك وسيلة لا غنى عنها للتدقيق في النتائج البيئية المحتملة للمشاريع المقترحة .

يضاف إلى ذلك أن مشاريع التنمية الاقتصادية قلما تتبنى مبدأ القطاعات المتداخلة ، إذ إنها تركز على تنمية قطاع في خطة مستقلة عن القطاعات الأخرى مما قد ينعكس سلباً على هذه القطاعات . كما أن هذه المشاريع تركز أساساً على استغلال المورد على حساب صيانتها ويزيد من هذه المشكلة قلة المتخصصين في مجال صيانة الموارد الذين ينبغي أن يكونوا ممثلين في لجان التخطيط حتى لا تأتي خطة التنمية مراعية فقط لتحقيق أفضل مردود ممكن من استغلال الموارد الطبيعية ، ولكن أيضاً لكي يراعى أن يكون هناك برنامج لصيانة المورد المستغل . ومن هنا تأتي أهمية الإستراتيجية العالمية لصيانة الموارد التي سبقت الإشارة إليها وهذه الإستراتيجية أعدها خبراء في المنظمات الدولية المعنية بصيانة الموارد ، مما لا يتاح لدولة مفردة في العالم . ومن هنا فإن هذه الإستراتيجية مطروحة للاسترشاد بها في تصميم برامج صيانة الموارد ضمن خطط التنمية الاقتصادية . وتوصي هذه الإستراتيجية بالتنمية التي تحقق الوفاء لحاجات الإنسان من ناحية ودمجها مع برامج لصيانة الموارد الطبيعية من ناحية أخرى بما يكفل التداخل بين خطط التنمية وبرامج الصيانة . ولا يخفى أن الصيانة تمثل أساساً ضرورياً لسلامة المورد الذي تقوم خطة التنمية على استغلاله .

د- التنمية المستدامة :

وهي إستراتيجية تنموية تمكن من إدارة الموارد الطبيعية والبشرية من أجل زيادة مصادر الثروة والرخاء على المدى الطويل (Repetto , 1986) .

يتضح من هذا التعريف مدى أهمية حماية البيئة وصيانة الموارد الطبيعية ، وخاصة تلك التي تركز على قاعدة بيولوجية ونظم بيئية حساسة . وهي جميعاً تمثل نظم إعالة الحياة على سطح هذا الكوكب . ولكنها لا تعني هذا فقط وإنما أيضاً تحقيق العدالة في توزيع الرخاء وضمان استقرار عطاء الموارد للأجيال القادمة . ومن ثم فإن التنمية المستدامة تتطلب التوازن بين الحاجة إلى التنمية ومتطلباتها وبين محدودية الموارد بما يحقق الرخاء للمجتمعات في الحاضر والمستقبل ، وهذا مرهون بتحسين إدارة الموارد وتغيير وتطوير أطر المؤسسات المعنية باستغلال الموارد الطبيعية من النواحي القانونية والسياسية والاقتصادية والثقافية التي تحقق الكفاءة والعدالة في استخدام الموارد .

مفهوم التنمية المستدامة و اتجاهاتها :

إن مستقبل الوطن العربي أصبح مرتبطاً بالتخطيط لتنمية دائمة و متواصلة و متجددة تلبى احتياجات الحاضر دون أن تضحى باحتياجات المستقبل و هو ذات المفهوم الذي أشارت إليه اللجنة الدولية حول البيئة و التنمية (لجنة برتلاند) في عام ١٩٨٧ . و وفقاً لذلك المفهوم فإن التنمية المستدامة لها ثلاثة أهداف رئيسية :

- أ- أهداف اقتصادية تتمثل في تحقيق النمو و المساواة و الكفاءة .
- ب- أهداف اجتماعية تتمثل في تحقيق قضايا التوظيف و المشاركة القابلة للتحرك أو الانتقال الاجتماعي ، التماسك الاجتماعي ، تعزيز الهوية الثقافية و إحداث التطور المؤسسي .
- ت- أهداف بيئية تتصل بسلامة المنظومة البيئية و الحفاظ على الطاقة التحميلية و التنوع الإحيائي و الاهتمام بالقضايا الدولية .

و في إطار نظم التنمية المستدامة ، لا يتم الاهتمام بتلك القضايا على المستويات المحلية و الإقليمية و الدولية إذ تتداخل محاور السياسة و الاستقرار و الأبعاد الثقافية و الترتيبات المؤسسية و الإدارية لتحدث التمازج بين الأهداف الاقتصادية و الاجتماعية و البيئية ، و يكون نتاجها تكاملاً شاملاً أو جزئياً .

و لا بد من التأكيد أن الدول العربية في أمس الحاجة اليوم إلى تنمية حقيقية تستخدم عناصر البيئة و مواردها الطبيعية و تضمن في الوقت نفسه عدم استنزافها و عدم تلوثها و بالتالي استمراريتها لأجل استخدامها من قبل الأجيال القادمة . إن العالم العربي بحاجة إلى تنمية

مستدامة تستند إلى أن الموارد الطبيعية محدودة و هي ملك للمستقبل بقدر ما هي ملك للحاضر ، كما أن التنمية المستدامة هي التنمية التي تنطلق من هذه المبادئ و تحقق التوازن بين الإنتاج و الاستهلاك ، و بين قدرة البيئة على العطاء و قدرتها على التكامل .

و سيظل التحدي أمام المجتمع العربي الآن هو كيف يمكن تحقيق تنمية اقتصادية و رفاهية اجتماعية بأقل قدر من استخدام الموارد الطبيعية و بالحد الأدنى من التلوث و الأضرار البيئية . هذا هو مفهوم و جوهر التنمية المستدامة .

و وفقاً للتجارب المتاحة في الدول العربية فإن مفهوم التنمية المستدامة يتفاوت في درجات الاهتمام و التركيز و التوجيهات فيما بين الأبعاد البيئية و الاجتماعية و الاقتصادية و الإنسانية و الإدارية . إلا أنه من الأهمية تحديد أربعة عوامل رئيسية لضمان استدامة تلك التنمية و هي تشمل :

- ١- عدم تجاهل المحددات و الضوابط البيئية .
- ٢- السعي إلى عدم تدمير و استنزاف الموارد الطبيعية .
- ٣- العمل على تطوير الموارد البشرية .
- ٤- العمل على إحداث تحولات جذرية في القاعدة الصناعية و الثقافية .

مرتكزات تحقيق التنمية المستدامة :

على مستوى القطاعات الزراعية ، هناك مجموعة من المرتكزات التي من المفترض العمل على تحقيقها وصولاً لغايات التنمية الزراعية المستدامة و تشمل تلك المرتكزات :

- ١- مقابلة الاحتياجات الغذائية للأجيال الحاضرة و المستقبلية .
- ٢- إتاحة إمكانية التشغيل و العمل مما يوفر الدخل المناسب و ظروف العمل المناسبة لكل العاملين في القطاع الزراعي .
- ٣- الحفاظ على طاقة الموارد للقاعدة الإنتاجية دون إحداث تأثيرات سلبية على معطيات البيئة مما يؤثر سلباً على الموروثات الاجتماعية و الهوية الثقافية للتجمعات السكانية .
- ٤- تقليل المخاطر التي يمكن أن تواجه القطاع الزراعي من جراء عوامل اقتصادية و اجتماعية مما يتطلب تعزيز الاعتماد على الذات .

و من الأهمية تحقيق تلك المرتكزات في إطار مفاهيم المساواة (Equity) و القدرة على التكيف (Resilience) و الكفاءة (Efficiency) و على الرغم من التوجهات الإنمائية التي تعمل بها الدول العربية لتحقيق تلك الغايات إلا أن هناك مجموعة من الصعوبات و المشكلات التي يمكن تحديدها فيما يلي :

- قصور السياسات الاقتصادية في معالجتها لمشاكل إدارة الموارد الطبيعية
- المشاكل الفنية الخاصة بتطوير و تقانات ملائمة و بالسعر المناسب .
- القصور في هيكلية اتخاذ القرار .
- عدم توفر الوعي الكافي .
- قصور قاعدة الإحصاءات للحسابات البيئية إضافة إلى القصور في استخدام المعلومات البيئية في عملية اتخاذ القرار .
- عدم وضوح حقوق الملكية للحيازات و الأراضي الزراعية مما تسبب في إحداث العديد من المشاكل البيئية (شيوخ الموارد)
- معارضة المجموعات التي تؤثر مصالحها الذاتية الشروط و الإجراءات التصحيحية للبيئة .

السياسات الزراعية الموجهة للتنمية الزراعية المستدامة :

من الأهمية عند إعداد السياسات الزراعية الأخذ في الاعتبار كل المكونات و العناصر المرتبطة بمفهوم التنمية الزراعية المستدامة و بلورتها وفقاً للأهداف المرتبطة بالسياسات الزراعية التي تشمل زيادة إنتاج الغذاء و زيادة الصادرات و الفائض باحتياجات القطاعات الأخرى من النواتج الزراعية و إتاحة المزيد من الفرص للتشغيل و العمالة .

و تشمل السياسة الزراعية الموجهة نحو التنمية المستدامة على مجموعة من السياسات الفرعية كذلك المتعلقة بالاستثمار و التمويل و الأسعار و الضرائب و الدعم و البحث العلمي إضافة إلى الإرشاد و البحث العلمي إضافة إلى الإرشاد و البنية الأساسية و الخدمات و التنظيمات فضلاً عن السياسات المتعلقة بالعلاقات و المصالح الإقليمية و الدولية و السياسات الخاصة باستغلال و صيانة الموارد و استخدام مستلزمات الإنتاج و تحديد و اختيار نظم الإنتاج .

١- سياسة الاستثمار الزراعي : من المفضل أن يكون التوجه إلى تشجيع الاستثمار في مجالات التنمية الزراعية البيولوجية (الحيوية أو العضوية) مقابل التنمية الآلية أو الميكانيكية أو تشجيع معدلات التكتيف الزراعي في حدود معدلات قدرة التجدد الطبيعي للموارد الأرضية و المائية . و من بين أولويات الاستثمار التي يجب أن تحظى بالاهتمام الاستثمارات الموجهة إلى البحث و الإرشاد و الخدمات الزراعية المكملة لها كالرعاية البيطرية . كما أنه من الأهمية مراعاة التوزيع الجغرافي للاستثمارات بحسب توزيع تواجد الموارد الطبيعية القابلة للاستغلال . و بالإضافة إلى تشجيع الاستثمار بوصفه هدفاً أساسياً فإنه من الأهمية التوازن بين الاستثمارات

ذات الطبيعة الإنتاجية المباشرة و بين تلك التي يمكن تسميتها باستثمارات الدفاع البيئي الموجهة لإصلاح ما يترتب على الاستثمارات الإنتاجية من آثار بيئية بغية الحفاظ على خصائص و قدرات قاعدة الموارد الطبيعية على الإنتاج .

و من ناحية أخرى فإن مثل هذا التوازن في توزيع أولويات الاستثمار يشمل أيضاً ملاءمة بين الاستثمارات في محاصيل الغذاء و مثيلاتها من المحاصيل الصناعية أو نقدية العائد و توازناً بين استثمارات الري و استثمارات الصرف و البزل ، و أيضاً بين استثمارات استصلاح الأراضي و الاستثمارات المكتملة لها مثل بنيتها الأساسية التي تيسر استغلال الأراضي الجديدة.

٢- سياسة التمويل الزراعي : بالعلاقة مع كل ما ذكر في مكون الاستثمار الزراعي فإن مكون التمويل في السياسة الزراعية يجب أن يراعي التوجه المتوازن نحو تمويل برامج التكثيف الزراعي (أسمدة ، علاجات ، ميكنة ...) و التي غالباً ما تكون من خلال قروض قصيرة أو متوسطة الأجل و بين تمويل برنامج الدفاع البيئي (صيانة التربة و حمايتها ، الري المرشد ، الري المغطي أو المبطن ، معالجة مياه الصرف) و التي غالباً ما تكون من خلال قروض طويلة الأجل .

إضافة إلى موضوع التوجه إلى تشجيع قروض صغار المنتجين بحكم أنهم يمثلون القاعدة الأكبر و تيسرها في الإجراءات و الشروط و الضمانات و التوسع في قبول ضمانات إنتاجية المشروع بعد تحليل تدفقاته النقدية المتوقعة بما ييسر على صغار المقترضين . إضافة إلى تشجيع اتجاهات الربط بين الاقتراض الزراعي و نقل التكنولوجيا التي يثبت جدواها الفنية و الاقتصادية تحت الظروف المحلية و خاصة تلك المكثفة لاستخدام عنصر العمل البشري و التوسع في مفهوم الاقتراض الزراعي ليشمل باقي الأنشطة الاقتصادية القائمة في الريف سواء اتصلت بالزراعة مباشرة أو غير مباشرة مثل التصنيع البيئي و الخدمات الريفية ذات العائد النقدي (كالمواصلات) و تشجيع الادخار العائلي خلال أوعية جاذبة و منافسة .

٣- سياسة الأسعار و التسويق الزراعي : إن توجهات السياسة الزراعية للتنمية القابلة للاستدامة في مكون الأسعار يجب أن تتجه نحو إزالة كافة تشوهات الأسعار التي نتجت من تدخلات إدارية بغية تقديم الدعم سواء للمنتجين أو المستهلكين من خلال الأسعار و وفقاً لسياسات الإصلاح الاقتصادي و التكيف الهيكلي فإن الأسعار لمعظم الحاصلات الزراعية تتحدد وفقاً لآليات السوق بوجه عام إلا أنه من الأهمية منع الاحتياطي بإمكانية تدخل الدولة مشترياً للحاصلات الزراعية الرئيسية في حال انهيار أسعار السوق عن حدود دنيا تلغنها الدولة مسبقاً (قبل البدء بالموسم الإنتاجي) يراعى فيها حسابات العائد/التكلفة بما يبقى للمنتج صافي

عائد يعادل مكافأة على استثماره و يسمح له بالوفاء باحتياجاته المعيشية الضرورية. و مثل هذا التدخل الحكومي - المشروط بانهييار الأسعار - يمكن أن يتم من خلال صندوق للمحافظة على الأسعار الزراعية للمحاصيل الرئيسية التي تأتي موارده من رسوم على الواردات الزراعية فضلاً عن مشاركة محدودة من قبل المنتجين .

و من جهة أخرى فإن مؤسسات التمويل الزراعي يمكن أن تتجه في إطار هذه السياسة الزراعية إلى تقديم قروض للتسويق بضمان الحاصلات ذاتها مما يسمح بانسياب عرض الإنتاج الزراعي خلال مواسمه و بالتالي يؤمن استقرار الأسعار فضلاً عن تشجيع إقامة هياكل تسويقية متكاملة الوظائف بما يقلل الفاقد في مختلف المراحل التسويقية .

كما يمكن لمؤسسات التمويل السعي إلى تشجيع تنظيمات المنتجين على القيام بدور فعال في عمليات التسويق بما يحقق حصول أعضائها على أسعار عادلة على منتجاتها كذلك فإن مكون الأسعار لا ينبغي أن يغفل أهمية التوجه حيثما كان للأخذ في الاعتبار تكلفة الخدمات الموردية بما يحقق كفاءة استخداماتها الإنتاجية و ترشيد تلك الاستخدامات .

٤- سياسة الضرائب الزراعية : في إطار هذه السياسة الموجهة للتنمية المستدامة من الأهمية تحقيق مبدأ (من يلوث عليه أن يدفع) و ذلك على كل أنشطة القطاع الزراعي بما يدخل حساب تكاليف استخدام الموارد و تجديدها ضمن التكلفة الإنتاجية للمنتج و التي يفترض أنه سيأخذها في الاعتبار منسوبة إلى العوائد المتوقعة عند اتخاذ قراراته الإنتاجية و أساليب استخدامه للموارد و لا فرق في ذلك إن كانت تلك الموارد في ملكيته أو حوزته الخاصة فإنها تعد أصلاً من الأصول الرأسمالية للمجتمع. إضافة إلى ذلك فإن مكون الضريبة الزراعية عليه أن يلعب دور التحفيز في توجهات الاستثمار الزراعي المحققة لأهداف السياسة الزراعية مثل إمكانية تخفيف الأعباء الضريبية على منتجي الغذاء مقابل زيادتها على منتجي السلع النقدية أو الصناعية و مثل تخفيف الأعباء الضريبية على المشروع الزراعي كثيف العمالة البشرية مقابل زيادتها على المشروعات المكثفة للأليات ، مثل تخفيف الأعباء الضريبية على المشروع الزراعي الذي يستخدم تقنيات ملائمة مثل الزراعة العضوية و المكافحة الحيوية مقابل زيادتها على المشروعات المكثفة لاستخدام الكيماويات .

٥- سياسات الدعم الزراعي : و المبدأ العام أنه من المفيد أن تبني السياسات الزراعية للتنمية المستدامة ضرورة تقديم أي دعم للأنشطة الزراعية - في إطار ما تقرره الدولة لدعم القطاع الزراعي ككل - في صورة صريحة و ليست ضمنية و يمكن أن يقدم الدعم الزراعي صراحة لأحد سببين أو كلاهما معاً كمكافأة مباشرة للمنتج الزراعي نتيجة التزامه بتوجهات السياسة الزراعية فيما يتعلق بالإنتاج و استخدام الموارد الطبيعية أو كعون مباشر للمنتجين الذين

لا تتيح لهم قدراتهم الإنتاجية الحصول على الحدود الدنيا من الدخل للوفاء بالتزاماتهم المعيشية (من هم تحت خط الفقر) كأسلوب للدعم أو عدم استخدام الأسعار المزرعية (سواء للمدخلات أو المخرجات) كأسلوب للدعم أو عدم استخدام أسعار السلع و الخدمات الاستهلاكية و العامة أيضاً كأسلوب الدعم لأن استخدام الأسعار غالباً ما يؤدي إلى إضعاف قدرات المنتج و المستهلك على حد سواء .

٦- سياسة البحث الزراعي : إن السياسة الزراعية الموجهة لإحداث التنمية المستدامة مطالبة بالاهتمام البالغ بتطوير البحث الزراعي لكي يقوم بدوره المأمول في إيجاد حلول عملية قابلة للتطبيق تحقق مطلبي زيادة الإنتاج و الإنتاجية مع المحافظة على قدرة الموارد الطبيعية الإنتاجية في الحاضر و المستقبل و هو ما يحمل تحديات كبيرة على البحث العلمي في تقديمه للبدائل التطبيقية . و من ثم فإن مكون البحث العلمي في هذه السياسة الزراعية ينبغي أن يتضمن الارتقاء بمستوى تأهيل الباحثين و تحفيزهم بوصفهم عاملين متميزين و أيضاً توفير الإمكانيات البحثية و التجريبية . كذلك ينبغي الاهتمام بوضع الخطط البحثية لتعالج مشاكل واقعية غالباً ما يكون الإرشاد الزراعي هو أهم مصادرها فضلاً عن التركيز على الانتقاء الفعلي لنتائج البحوث و التجارب و وصولها مبسطة بما يتلاءم مع المستويات الثقافية السائدة إلى المنتجين في الحقول عبر أجهزة الإرشاد و الاتصال .

و من النواحي الهامة للعمل البحثي في إطار التنمية الزراعية المستدامة ضرورة التوصل إلى صورة شاملة و دقيقة للموارد الطبيعية المتاحة لهذه التنمية و معدلات تجددتها الطبيعي و شروطه و العلاقات التفاعلية التي تترابط من خلالها خصائص هذه الموارد من جهة و مع استخداماتها من جهة أخرى و الأساليب العلمية للحد من النتائج السلبية لهذه التفاعلات و تدعيم ما قد يفسر عنه من نتائج إيجابية .

٧- سياسة الإرشاد الزراعي : يعد الإرشاد الزراعي من أهم مكونات السياسة الزراعية الموجهة لتطوير التنمية المستدامة إذ إنه يكون منوطاً ليس فقط بتوصيل المعارف و المعلومات المؤكدة على الاستدامة بل عليه أيضاً بإقناع المنتجين تبني الاستخدامات المرشدة للموارد و إكسابهم المهارات العملية لتطبيقها و ترسيخ اتجاهها (مسلكياً) قوياً لديهم بالالتزام المستمر بها و المسؤولية الفردية و الجماعية نحوها كي تصبح جزءاً من نسيج سلوكهم العادي و ضمن مكونات البناء القيم لهم و ذلك بما يحقق أعلى مستوى ممكن من المشاركة الشعبية في تحقيق التنمية المستدامة .

و وفقاً لهذه الأهداف الهامة ينبغي أن يشتمل مكون الإرشاد الزراعي التوجيهات و الالتزامات التي تثمر في الارتقاء بمستوى تأهيل المرشدين و تعميق خبراتهم و مهاراتهم العملية

و تحفيزهم و توفير الإمكانيات لهم. و إلى جانب ما سوف يعني به هذا المكون الإرشادي من تعدد أساليب و قنوات الإرشاد وفقاً لطبيعة و مستويات الفئات المستهدفة فعليه أن يعني بمدى فعالية و مصداقية مجموعة الحزم الفنية (التقنية) التي ينقلها جهاز الإرشاد .

٨- البنية الأساسية و الخدمات الريفية : إن السياسة الزراعية الموجهة نحو التنمية المستدامة بجانب حاجتها الملحة إلى مشاركة شعبية واسعة فإن نجاحها مرهون أيضاً باهتمام قوي و مؤثر من جانب الدولة لتأمين عناصر البنية الأساسية التي تحتاجها هذه التنمية المستدامة و أيضاً فرض الالتزام بتوجيهاتها بأساليب تتفق مع الإطار الثقافي - السياسي السائد في المجتمع، و على ذلك فإن توفير البنية الأساسية التي تستخدم هذه التنمية من طرق و موصلات و اتصالات و طاقة و مياه شرب و صرف صحي جنباً إلى جنب مع مشروعات الري و الصرف الزراعي و غيرها يجب أن تكون من الاهتمامات الجوهرية لهذه السياسة الزراعية .

و إلى جانب ذلك فإن توفير الخدمات الريفية مثل مرافق الخدمات التعليمية و وحدات الخدمات الصحية و مكاتب تسجيل الملكيات و إثبات تصرفاتها القانونية و الأسواق العاملة المنتظمة و وحدات الرعاية البيطرية و مراكز الاتصال الإرشادي و مراكز المراقبة الفنية للمتابعة و الرصد تعكس مدى الالتزام بتوجهات السياسة الزراعية فيما يتعلق بالاستخدامات المرشدة للموارد الإنتاجية الطبيعية .

٩- المشاركة الشعبية : إن توسيع و تعميق المشاركة الشعبية يعد محورياً أساسياً في تحديد فرص نجاح السياسة الزراعية الموجهة نحو التنمية المستدامة .

و من أهم الأدوار التي يجب على السياسة الزراعية الأخذ بها أن تشجع تنظيمات المزارعين الأهلية سواء كانت تعاونيات أو غيرها لتحسين كفاءة و ترشيد استخدامات الموارد الطبيعية الأرضية و المائية خاصة ما يتصل باتباع نظم الإدارة المزرعية للحيازات الزراعية الصغيرة بما يسمح بتطبيق دورات زراعية ملائمة و أساليب الزراعة العضوية و المكافحة المتكاملة بصورة أكفأ . فضلاً عن تشجيع أدوارها في توفير مدخلات الإنتاج و تسويقه بما يحقق للمنتجين أسعاراً عادلة . و بإمكان هذه التنظيمات أن تساعد في توفير القروض لصغار المنتجين و تشجيعهم على الادخار المنظم و التأمين و الاحتياط ضد مخاطر التقلبات الإنتاجية أو السعرية من خلال صناديق على مستوى التعاونيات القطرية و استخدام ما يتاح لها من موارد في مشروعات التصنيع الزراعي .

و من ناحية أخرى يجب أن توجه السياسات الزراعية اهتماماً خاصاً للفئات الريفية المهمشة برغم فعاليتها الإنتاجية و في مقدمتها المرأة الريفية و الشباب الريفية .

إن رعاية خاصة يجب أن تولى المرأة الريفية تثقيفياً و إرشادياً لرفع مستوى وعيها العام و البيئي بوجه خاص و إكسابها المهارات العملية التي تمكنها من اتباع ممارسات مزرعية و منزلية تصون البيئة و تحافظ عليها . علاوة على زيادة قدراتها على القيام بأنشطة إنتاجية متخصصة مولدة للدخل استفادة من الموارد الطبيعية و الزراعية غير المستغلة و بأساليب آمنة بيئياً . كذلك فإن اهتماماً مشابهاً يجب أن يعطى للشباب الريفي بما يزيد من فاعلية أدواره المتوقعة في تحقيق التنمية المستدامة من خلال برامج رفع مستوى معرفته و مهاراته البيئية و برامج عملية لمشاركة الشباب مباشرة في حملات التشجير و إصحاح البيئة و تجفيف البرك و المستنقعات حتى تتعمق لديهم السلوكيات الدفاعية عن البيئة .

١٠- السياسات القطرية و المصالح العربية المشتركة : إن أغلب الدول العربية التي تتميز بموارد زراعية زائدة عن حاجتها حالياً و مستقبلاً - لم تترجم - بطريقة كافية إعلاناتها عن تشجيع الاستثمار الزراعي إلى واقع عملي يحفز دول الفجوة الغذائية و الموارد الرأسمالية الفائضة على الاستثمار الزراعي في تلك الدول . و تواجه تلك الاستثمارات القليلة التي تمت عدة مشاكل معقدة تتمثل في ضعف الاستقرار السياسي و تضارب سياسات الاستثمار و التجارة . و هو ما دفع دول الموارد الطبيعية الشحيحة و الهامشية خاصة الأرض و المياه إلى تبني سياسات التوسع الزراعي داخلياً بتكاليف عالية . و في أغلب الأحيان بضغوط شديدة على مواردها بما يترتب عليه من مشاكل تدهورها و تلوث البيئة على المدى المتوسط و البعيد . و هي أمور تدفع على أن تتبنى السياسة الزراعية في كل قطر عربي توجهاً عاماً مشتركاً يسعى إلى تناسق السياسات القطرية الموجهة نحو التنمية الزراعية المستدامة . و إعادة صياغة و هيكلة توزيع الزراعة العربية القطرية لتضع في الاعتبار الميزات النسبية للموارد و الخبرات و توزيع مخاطر التلوث و الاستفادة من اقتصاديات النطاق و الإنتاج لسوق أكبر حجماً من المستوى الراهن و التعاون في مجال البحوث الزراعية و إدارة الموارد الطبيعية خاصة الأراضي و المياه و فتح الحدود أمام العمالة الماهرة و الخبرات الزراعية و البيئية و تبني خطوط دفاع مشتركة ضد التلوث المستورد و دعم مؤسسات التنمية القابلة للاستثمار و إدارة البيئة في الوطن العربي و هي جميعاً عناصر يمكن أن تشكل مع غيرها مكون البعد العربي القائم على أساس المصالح المشتركة في السياسات القطرية للتنمية الزراعية المستدامة .

المكونات الخاصة :

و تشمل هذه المكونات الخاصة للسياسة الزراعية الموجهة نحو التنمية المستدامة ما يتعلق بقضايا حيازة الموارد الطبيعية و استخداماتها و التصحر و المدخلات و الأساليب الإنتاجية و التصنيع الزراعي .

التشريعات و المؤسسات و الآليات المساعدة لإحداث تنمية زراعية مستدامة :

في سياق ما تقدم من مقترحات لإعادة صياغة السياسات الزراعية توجد بعض المقترحات المتعلقة بجوانب التشريع و تكوين المؤسسات و الآليات التي يمكن أن تساعد في الحفاظ على البيئة من التدهور و الاستنزاف و تقود لتنمية زراعية مستدامة. و تتسم هذه المقترحات بالعمومية و للأقطار أن تختار و تطور من المقترحات الخاصة بالتشريعات و النظم المؤسسية و آليات التنفيذ بما يتناسب و ظروفها الخاصة .

١-التشريعات : إن الجوانب القانونية المهمة في الإصلاحات التي تهدف إلى تبني الأقطار العربية لمفهوم التنمية الزراعية المستدامة كثيرة و معقدة و تحتاج إلى تصور طويل المدى. و لكن الجانب المهم في هذا الأمر هو رغبة الحكومات بدعم من مشاركة شعبية فعالة في تحديد الأهداف البيئية العملية للتنمية الزراعية القابلة للاستمرار. و لقد تمت من قبل محاولات من قبل المؤسسات الحكومية لإصلاح الضرر الذي أصاب البيئة بسبب الممارسات الخاطئة في استغلال البيئة غير أن الإصلاحات اتخذت منحى قطاعياً خاصة في مجال التشريع و القوانين. فهناك كم هائل من التشريعات في بلدان العالم العربي لتنظيم الزراعة و الري و الأنشطة المتصلة بهما تطبقه القطاعات المختلفة دون ارتباط أو تنسيق، و قد أدى عدم التنسيق هذا إلى افتقار البلاد العربية إلى قانون أساسي موحد للبيئة يتضمن أحكاماً عامة و مبادئ أساسية للحفاظ على البيئة و تنميتها و تقترح فيما يلي بعض التشريعات التي يمكن أن تساعد في تلافي هذا التقصير :

لا بد من إصدار قانون شامل لحماية البيئة يتضمن موجبات التنمية الزراعية القابلة للاستمرار و يشمل القانون البيئي موجبات عامة خاصة بإدخال التخطيط البيئي و المحاسبة البيئية في عمليات التنمية الاقتصادية كما يشمل أيضاً مبدأ عام هو أن يتحمل من يتسبب في إهدار المورد الطبيعي و الاجتماعي أعباء تكلفة استعاضته . و يختص هذا القانون البيئي الشامل بموجبات و مبادئ يتعين الالتزام بها عند وضع القوانين القطاعية الخاصة تلك القوانين يمكن أن تشمل المبادئ و الموجبات التالية :

١-١-قانون خاص بحيازة الأراضي : إن المزارع الذي يملك أرضه يرعى هذا المورد و يعمل على المحافظة عليه أكثر من المزارع الذي لا يتمتع بالملكية بإتباع ممارسات زراعية لا تنهك التربة و لا تستنزفها. لذا فإن حق استغلال الأرض عامل هام في أي خطة للحفاظ على

التربة و عليه لابد أن يكون التشريع الخاص بحق الاستغلال و التحويل و الإرث محدداً واضحاً. و لضمان الاستمرارية في المدى البعيد لا بد أن يصدر قانون يشجع الاستثمارات الدائمة في الأرض خاصة تلك التي تحد من الانجراف و تؤدي إلى تثبيت النباتات في التربة و تزيد من نفاذية الماء لها على أن يشمل القانون حماية الحيازات من التفتت آخذاً بالاعتبار الوضع الاجتماعي و الثقافي السائد .

١-٢- قانون خاص بحماية التربة : يجب استخدام قانون يوجه باستخدام الأراضي استخداماً رشيداً وفقاً للظروف المحلية و تحسين التربة و زيادة الحياة النباتية لمنع تصلب التربة و زيادة مكوناتها القلوية و منع التصحر و فقد المياه . و في سبيل حماية التربة و العمل لإثراء خصوبتها فإنه من الأهمية اتخاذ الإجراءات اللازمة التالية :

- أ- حماية التربة من عوامل التعرية و الانجراف بمختلف الوسائل العلمية .
- ب- عدم إجهاد التربة باتباع الدورات الزراعية الملائمة مع استعمال المخصبات التي تزيد من خصوبتها و لا ينتج عنها آثار جانبية ضارة .
- ت- حماية التربة الزراعية من التوسع العمراني و تقسيم و تنظيم و تصنيف أنواعها و استعمال ذلك لأغراض اقتصادية .

١-٣- قانون خاص بحماية النباتات : يشمل الآتي :

- ١- زيادة الطاقة الرعوية بمناطق الرعي عن طريق تنظيم الرعي و حماية المناطق الرعوية لإعطاء الفرصة للغطاء النباتي للنمو و التكاثر .
- ٢- إنتاج و زراعة النباتات الرعوية الملائمة و بذر الحشائش ذات القيمة العالية و الملائمة للظروف المحلية .
- ٣- حماية جميع أنواع الحياة النباتية من أشجار الفاكهة و غابات و محاصيل حقلية و غيرها من النباتات و خاصة البرية منها لمنع انقراضها .
- ٤- منع القطع الجائر للغابات بقصد توفير الطاقة أو إزالتها للزراعة أو الاتجار في الأخشاب لأغراض مختلفة .

١-٤- قانون خاص بحماية المصادر المائية :

- ١- من المهم إصدار قانون يوجه الجهات المختصة بالإشراف على مصادر المياه باتباع الطرق و الوسائل العلمية السليمة في الكشف عن هذه المصادر و استعمالها اقتصادياً و اتباع التقنيات التي تقلل من استهلاك المياه في كل النشاطات بما يكفل المحافظة على هذه المصادر و يضمن عدم إحداث أي أضرار بها بما يقلل أو يمنع استعمالها الاستعمال الأمثل و ذلك باتباع ما يلي :

- استعمال المخزون الجوفي بما يضمن عدم تداخل مياه البحر و مياه الطبقات الأخرى الأكثر ملوحة أو أقل نوعية خاصة في المناطق التي تجاور البحار .

-تنظيم الصرف الزراعي الاقتصادي و العملي .

-استعمال المياه في الزراعة بالقدر اللازم و الاقتصادي و يجب اتباع الأنظمة الزراعية من ناحية نوعية المزروعات و طرق الري بما يكفل أقل استعمال للمياه و أقل عائد للإنتاج .

-اتباع التقنيات الصناعية الحديثة التي تستعمل أقل قدر من المياه لكل وحدة إنتاجية .

٢- يصدر قانون يحظر القيام بإلقاء أو التخلص من أية مخلفات من شأنها أن تسبب تلوث المصادر المائية تلوثاً مباشراً أو غير مباشر .

١-٥-٥- قانون خاص بالمبيدات و الأسمدة الكيماوية : ينص على :

١- مراقبة و تنظيم تداول و بيع المواد و المبيدات الكيماوية و مراقبة تأثير

المخلفات الصلبة و السائلة على البيئة الزراعية و البشرية .

٢- وضع المواصفات القياسية للحدود الآمنة صحياً المتعلقة بالمتبقيات الكيماوية

في المنتجات الزراعية للحد من الإفراط في استعمال المبيدات الكيماوية و الهرمونات و منظمات النمو .

١-٦- قانون خاص بحماية الحياة البرية : يصدر قانون موجه بالمحافظة على كافة

الحيوانات و الطيور البرية و حمايتها من الانقراض بطريق الصيد أو التعدي على المأوى و قلة

الغذاء و على الأخص الحيوانات النافعة. و في سبيل ذلك يجب تخصيص و تحديد مناطق

محمية يحافظ فيها على كافة الحيوانات و الطيور البرية و يمنع الصيد فيها منعاً باتاً ضماناً لتكاثرها .

٢-المؤسسات :

إن إدارة الموارد الطبيعية الفعالة التي تؤدي لتنمية قابلة للاستمرار تتطلب خلق مؤسسات

إقليمية للتخطيط و السياسة الزراعية ذلك لأن اللامركزية تسهل عملية وضع الخطط على

المستويين إقليمي و مركزي و تحدد الطريقة التي تؤدي للتنظيم الفعال بين النشاطات التنموية

القابلة للاستمرار . كما أن اللامركزية تجعل المخططين أكثر معرفة و تفهماً و تجاوباً مع

المشاكل و الاحتياطات الإقليمية و بالتالي يصبح وضع الخطط و البرامج و المشروعات للتنمية

الزراعية القابلة للاستثمار مفصلاً لمقابلة الاحتياجات المحلية .و اللامركزية أيضاً تسمح

بمشاركة شعبية أكبر في وضع الخطط و اتخاذ القرارات و خاصة فيما يتعلق بتحقيق هدف

النمو الاقتصادي الأكثر عدالة و مقابلة للحاجات الأساسية للقطاع الأفقر من السكان .

٣-آليات التنفيذ :

إن تخطيط المشروعات و تنفيذها و البرامج التي تقود إلى تنمية زراعية مستدامة يتطلب إشراك المجتمع المحلي في عمليات التخطيط و التنفيذ و الصيانة و بالإضافة للمؤسسات الشعبية التي يجب أن تبنى و تمنح من السلطات ما يمكنها من المشاركة الفعالة في إدارة و صيانة الموارد الطبيعية تقترح الورقة إنشاء هيئة مركزية وطنية لحماية البيئة تتبع لها فروع في الأقاليم كما تتبع لها الهيئات و المراكز العلمية و الفنية التي تختص بمسائل حماية البيئة.

١١-٤ الاقتصاد في الموارد المتجددة :

موارد البيئة المتجددة هي تلك التي يمكن أن تتولد وتتكاثر ويخلف بعضها بعضاً سواء من خلال الدورة البيئية الطبيعية كما هو شأن الغازات من خلال التفاعلات المتعددة ، والمياه من خلال دورتها بين البحر واليابسة ، أو بفعل العمل الإنساني كما هو شأن ما يقع تتميته وتثميته من الحيوانات والنبات . فهذه المكونات البيئية بالرغم من أنها قابلة للتجدد والخلف بمقادير كبيرة قد تفوق حاجة الإنسان بكثير يجب الرفق بها في الاستهلاك بحيث لا يتجاوز الإنسان فيه حد الحاجة الحقيقية مهما كان الإنتاج فيها و فيراً ومهما كان زائداً عن الحاجة ومن الأمثلة على ذلك : ترشيد استهلاك الماء .

إن استنزاف المورد الحيوي من موارد الحياة متمثلاً في المياه أمر مشهود ، فهذا المورد سواء كان باطن الأرض أو على ظاهرها يتعرض لهدر كبير ، و ذلك بالاستهلاك الصناعي المفرط الذي يسحب الماء من مورده فراتاً ليلقي به نفاية مسمومة في المجاري و الأنهار و البحار ، و بالاستهلاك الزراعي الذي يتجاوز أضعافاً الحاجة الزراعية الحقيقية بإهدار المياه في زراعات غير مفيدة للإنسان أو باستعمال أساليب غير مناسبة في الري تضيع بسببها كميات كبيرة من مياه الري دون فائدة ، و بالاستهلاك المنزلي الذي نهدر فيه الكميات الكبيرة من المياه على الأغراض التي تكفيها الكميات الصغيرة بل على الأغراض التافهة في كثير من الأحيان ، و بهذا الاستهلاك المفرط لمورد المياه المتجدد أصبح هذا المورد بل أوشك على النضوب ، و أصبحت الحروب المقبلة بين بني الإنسان مرشحة لأن تكون متمخضة لسبب التدافع على ما تبقى من مورد مائي شحيح (آل قور ١٩٩٤) .

و يتم أيضاً استنزاف المكونات الحية التي هي مورد الغذاء و كثير من مرافق الحياة الإنسانية الأخرى . فالغطاء النباتي الذي يكسو وجه الأرض و خاصة الغابات تتعرض لإبادة متواصلة تقدر بما يعادل مساحة ملعب كرة القدم كل ثانية ، حتى انقرضت بذلك غابات كثيرة من سطح الكرة الأرضية و تسير غابات أخرى في طريق الزوال، و تتعرض في السياق نفسه الكثير من الفصائل النباتية إلى الانقراض ، إما بسبب الاستهلاك المفرط ، و إما بسبب التدخل الإنساني بالهندسة الوراثية لتلك الفصائل بهدف تحسين إنتاجها ، مما يفقدها نظام المناعة

الطبيعي الذي اكتسبته عبر ملايين السنين ، فتعصف بها الآفات المختلفة فتؤول إلى الانقراض (بيليت ، ١٩٩٤ و آل قور ، ١٩٩٤) . علماً بأن تلك النباتات التي تستنزف يؤول كثير منها بعدما يصنّع إلى أكوام من الأوراق تشبه الجبال لا تحمل إلا ضروباً من توافه الصور و الكتابات الترفيهية ، و يذهب كثير آخر منها في صناعة سلال لوضع القمامة و أنواع من الأثاث الرخيص كما عبر عن ذلك وزير البيئة البرازيلي معلقاً على ما تتعرض له غابة الأمازون من استنزاف هائل (آل قور ، ١٩٩٤) .

و لا يقل الاستنزاف الذي تتعرض له الكائنات الحيوانية عن الاستنزاف الذي تتعرض له الكائنات النباتية ، بل لعله أكثر استفحالاً و سوءاً ، فمخزون البروتين الحيواني يتعرض لتقلص كبير من جراء إهماله و الاستعاضة عنه بالبروتين النباتي الأيسر إنتاجاً من جهة ، و من جراء الاستنزاف الاستهلاكي من جهة أخرى ، فقد فقدت حيوانات كثيرة أهلية و برية بفقدان الكلاً التي حولت إلى مزارع نباتية أو آلت إلى التصحر . كما انقرضت أنواع كثيرة من الحيوانات البرية و البحرية الهامة قدرت أعدادها على مدى قرنين من الزمن بالمئات ، و ذلك في الغالب نتيجة لتدخل الإنسان إما بالتلوث البيئي ، أو بالاستهلاك المفرط ، أو بالصيد الجائر ، أو بتزوير بالفرو و العاج و ما شابهها من ضروب التصرف (الحفار ، ١٩٩٠ ، الحمد ١٩٨٦) .

إن هذا التبدد الإنساني لموارد البيئة عامة و الموارد الغذائية من حيوان و نبات خاصة ليرمز إليه في دلالة ذات مغزى عميق ذلك الملحوظ الذي لا تخطئه العين المجردة ، و ذلك عندما يرى الملاحظ ذلك التبدد مجسماً و متمثلاً في أعداد كبيرة من أجسام غريبة لبني الإنسان تتحرك في مدن العالم المترف و قد شوهتها السمنة أيما تشويه ، في حين تغلب أكثر الأجسام الأخرى في تلك المدن مغالبة شديدة بأنواع مختلفة من الأساليب و مقادير عالية من الأموال داء السمنة الذي أصبح هاجساً مخيفاً في ذلك العالم ، كما لا تخطئه الملاحظة أيضاً مجسماً في مزابل الكثير من مدن العالم المترف نفسه الذي تطرح فيها يومياً كميات معتبرة من الأغذية النباتية و الحيوانية نفايات منزلية و هي ما زالت على صلاحها للاغتذاء (حيث تقدر الأغذية الصلبة التي يلقي بها الأمريكيون في القمامة بنسبة ١٥% منها ، و لا شك أن نسبتها من الغذاء المستهلك أكبر من ذلك ، و كذلك ما يلقي بالقمامة بالكويت من الغذاء التالف يبلغ أحياناً نسبة ٤٥% منها) ، فليس داء السمنة و الأغذية الملقاة في المزابل فيما يشيران إليه من تجاوز الحاجة الغذائية إلا مصدرراً رمزياً بليغاً لما يمارسه الإنسان من الاستنزاف للموارد البيئية (الفقي ، ١٩٩٣) .

إن هذا الاستنزاف لموارد الطبيعة إنما يعتبر مظهرراً من مظاهر المشكلة البيئية باعتبار أنه استهلاك لمقادير من تلك الموارد تفوق المقادير التي تستطيع البيئة أن تستردها ضمن

دورها الطبيعية ، فكل الكائنات الحية تستهلك من موارد البيئة مقدراً ، لكنه مقدار في حدود إمكانها تعويضه خلال تفاعلها ، إلا أن الإنسان تجاوز في استهلاكه ذلك المقدار ، فأصبحت البيئة عاجزة عن تعويض ما يستهلك ، و يذكر في هذا الصدد أن انقراض العدد الكبير من الحيوانات بالإبادة الجماعية الذي يتسبب فيه الإنسان هو في البيئة " جرح غائر يبدو مستديماً لدرجة أن العلماء يقدرون أن الشفاء منه لن يحدث قبل مائة مليون سنة " (آل قور ، ١٩٩٤) . و هذا الوضع الاستهلاكي المتجاوز للحد لا يعتبر تهديداً حقيقياً للإنسان بنفاذ المصادر المباشرة لحياته في أجل غير بعيد فحسب ، و إنما هو تهديد حقيقي ناجز لحياته بما يحدثه من التلوث البيئي ، و بما يؤول إليه من اختلال في التوازن .

١١-٥ الاقتصاد في الموارد الناضبة :

من الموارد البيئية ما هو محدود الكمية ، وهو مع ذلك غير قابل للتجدد ، فيكون استهلاك مفضياً بالتدرج إلى النضوب في غير تعويض من نوعه ، وذلك مثل المعادن المختلفة ، ومصادر الطاقة الباطنية من فحم وبتترول وغاز . وإذا كانت الدراسات أو الحكومات قد وجهت إلى الاقتصاد في الموارد المتجددة كما رأينا ، فإن توجيهها إلى الاقتصاد في هذه الموارد الناضبة كان من باب الأولى ، إذ تلك يمكن تعويضها وهذه لا تجبر بالتنمية . ويكون الاقتصاد في استهلاك هذه المواد الناضبة بالوقوف فيه عند الحد الذي يؤدي الغرض ويلبي الحاجة ولا يتجاوز إلى الإسراف . فالإنسان يحتاج في إقامة حياته والقيام بوظيفته إلى المسكن والمركب والآلة ، وهي في غالبها تصنع من موارد بيئية ناضبة كالمعادن على اختلافها ، ونحتاج في إنجازها وتحريكها على كميات من موارد الطاقة ، وهذه وتلك محدودة الكمية في البيئة ، وهي غير قابلة للنمو لتعويض ما يُستهلك منها ، وكل هذه يطلب أن يكتفى فيها بما يوفي بالغرض وينهى عن أن يتجاوز الاستهلاك فيها ذلك الحد وبالتالي نحافظ على التوازن البيئي ولا تنتهي هذه الموارد إلى النضوب .

إن الاقتصاد في الموارد البيئية الناضبة يندرج ضمن ما قدرت عليه البيئة من تناسب بين مكوناتها الحية وغير الحية في حاجات بعضها إلى بعض ، فحينما يعتمد الإنسان في استهلاكها فإنه يكون قد انحرف في دورة البيئة بحسب ذلك التناسب ، فيفضي ذلك إلى توزع هذه الموارد على الأجيال القادمة ، كما يفضي أيضاً إلى توفر الفسحة الزمنية التي يمكن فيها الإنسان من استكشاف أو استصناع موارد أخرى تعوض الموارد الناضبة ، وأما حينما يقع الإسراف في هذه الموارد ، فإنها تنتهي سريعاً إلى النضوب ، وتحرم منها الأجيال اللاحقة قبل

أن يتيسر لها تعويضها بما يقوم مقامها في غير إضرار بالبيئة ، فنضطر إلى تعويضها بمواد بيئية أخرى غير مقدره لتعويضها ، وكل ذلك يؤدي إلى اضطراب بيئي كبير .

إن الحضارة الرومانية التي لها أثر في الحضارة الغربية كانت تسلك مسلك الإسراف في استنزاف مقدرات البيئة (مثل مصارعة الحيوانات وغيرها) دون وعي لما يؤدي إليه ذلك الاستنزاف من اضطراب وخلل فيها . وأما الحضارة الغربية فهي قد استصحت معاني السرف المنحدرة إليها من الحضارة الرومانية خاصة ، واستحدثت غايات تلتقي في مجملها عند تحقيق الرفاه المادي غاية عليا للحياة ، فأدى بها ذلك كله إلى أن أصبحت أكثر من أي حضارة سابقة لا تكتفي بأن تجعل من ذلك الإسراف قيمة عليا تجتهد فيه ، وتجذ في اختراع وسائله وطرقه وتتفنن في الدعوة إليه والإغواء به (النجار ، ١٩٩٩) .

إن مقياس التقدم والتخلف في هذه الحضارة هو مدى ما يستهلكه الفرد من الموارد ، وكلما كان شعب أو دولة أكثر استهلاكاً كانت أعلى شأناً في سلم التقدم الاقتصادي والحضاري وإذا ما خف الاستهلاك لسبب أو لآخر هبت أجهزة الدولة تدفع اليأس إليه ، وتجندت وسائل الإعلام تحت عليه وترغب فيه بأنظمة رهيبه للدعاية والإعلان . وكل استهلاك في أي مرفق من مرافق الحياة إنما هو في حقيقته استنزاف بصفة مباشرة أو غير مباشرة لموارد البيئة المتجددة منها والناضبة على حد سواء (النجار ، ١٩٩٩) .

وقد أفضى هذا المسلك الإسرافى لموارد البيئة بالحضارة الغربية إلى المآزق البيئي القائم راهناً ، فهذا المآزق هو في الشطر الأكبر منه ثمرة مرة لإسراف الإنسان في الاستهلاك البيئي ، إذ هذا الاستهلاك النهم الذي به يتحقق الرفاه غاية الحياة العليا أرقق البيئة إرهاباً بما استنزف من مواردها فأتى ذلك في توازن البيئة وبما نتج عنه من أسباب التلوث المختلفة ، فكانت له بذلك آثار سلبية مزدوجة يدعو بعضها بعضاً ويؤدي بعضها إلى بعض .

وقد كان آل قور صادق الوصف إذ يقول في هذا المعنى " إن حضارتنا نشدت بطريقة أكثر إخفاقاً بعادتها في استهلاك كميات أكبر وأكبر كل عام من الفحم والنفط والهواء النقي والماء والأشجار والطبقة السطحية من التربة وألف مادة أخرى نقتطعها من قشرة الأرض لنحولها جميعاً ليس إلى مجرد ما يقيم أودنا ويوفر لنا المأوى الذي نحتاجه ، ولكن بدرجة أكبر إلى ما لا نحتاجه : كميات هائلة من التلوث ، منتجات ننفق المليارات في الإعلان عنها لنقنع أنفسنا بأننا نريدها ، فوائض هائلة من المنتجات التي تعمل على خفض الأسعار بينما تتحول هذه المنتجات نفسها إلى فضلات " (آل قور ، ١٩٩٤) .

إذا النهج الصحيح يكتمل بالرفق بالبيئة خلال استنفاعها رفقاً يلتزم بصيانة مقدراتها ، وذلك بتميمتها أولاً ، وبحفظها من التلف والتلوث ثانياً ، كما يلتزم فيه بالاقتصاد في استهلاك مواردها المتجددة والناضبة .

بالإضافة لما سبق نلخص ما يلي :

إن الدور العالمي في التلوث البيئي و ضرورة تكاتف الجهود لإصلاحها لا يلغي دور كل بلد على حدة و دور المواطن أيضاً في الحفاظ على بيئة سليمة و الحد من الملوثات التي تؤثر على الماء و الهواء و التربة . حيث نجد أن ٨٠% من أسباب التلوث تعود إلى ما تنفثه وسائل النقل من غازات ، و بالتالي فإن على الجهات المعنية في قطاع النقل الاهتمام بوسائل النقل العامة و استخدام الحافلات العاملة على الكهرباء كما هي الحال في معظم دول العالم ، و كذلك الإسراع في استخدام المترو و التخلص من السيارات القديمة و تعميم استخدام البنزين الخالي من الرصاص . و على الصعيد الفردي يمكن أن يسهم كل منا في التخفيف من تلوث الهواء من خلال حرصه على صيانة مركبته أو مراقبة احتراق المازوت في المدافئ ، و عدم حرق القمامة و إلى ما هنالك من إجراءات ضرورية لحد من تلوث الهواء ، و المساهمة في زيادة الغطاء النباتي و المشاركة في حملات التشجير و حماية الأشجار و الغابات .

أما في مجال حماية المياه من التلوث فإن وقف الاستنزاف الجائر للمياه و ترشيد استخدامها و إعادة النظر في زراعة المحاصيل الشرة للمياه و إبعاد مخلفات الدباغات و المخلفات الصناعية و عدم رميها في شبكات الصرف الصحي إلا بعد المعالجة ، و عدم رمي الملوثات بالقرب من ينابيع المياه أو في مجاري الأنهار .

تشكل النفايات الصلبة و القمامة المنزلية و مخلفات المشافي و العيادات الخاصة أحد أهم العوامل الإضافية لزيادة التلوث ، و بقدر ما تستطيع البلديات إدارة هذا المرفق بشكل صحيح من حيث سرعة الترحيل ، و العمل على تصنيع القمامة ، و التأكد من تنفيذ الطرائق الصحيحة للتخلص من النفايات الطبية ، و الوصول إلى تعميم فرز القمامة ، و عدم حرق محتويات الحاويات و إلى ما هنالك من إجراءات يمكن للمواطن أن يلعب دوراً إيجابياً في هذا المجال ، و لا سيما إذا حرص على رمي قمامته في المواعيد المحددة و عزز الجهود المبذولة لنظافة شارع و حيه و مدينته ، و امتنع عن رمي القمامة إلا في الأماكن المحددة .

إن الحفاظ على بيئة نظيفة قليلة التلوث يحتاج إلى ترسيخ الوعي البيئي لدى المواطن الذي يدفعه إلى ترشيد استهلاك الماء و الطاقة ، و يعزز لديه الرغبة في التدخل لردع كل من يحاول الإساءة للبيئة سواء عن طريق صيد الطيور و الحيوانات البرية أو عن طريق هدر مياه الشرب أو الري أو عن طريق استخدام مركبة تنفث الغازات الضارة بالبيئة .

المصطلحات العلمية

abiotic	غير حيوي
abundance	وفرة
Acacia	السنت
Acid Rain	مطر حامضي

adaptation	تكيف
Adjustment	توافق
Adaptive evolution	تطور تأقلمي
Age pyramid	أهرامات العمر
Age structure	التركيب العمري
allelopathy	تضاد
Arithmetical increase	متوالية حسابية
Artemisia sp	الشيح
association (Plant)	عشيرة نباتية
Autocology	علم البيئة الذاتية
autotrophic	ذاتي التغذية
B	
biodiversity	تنوع حيوي
biotechnology	تقنية حيوية
Biomes	أقاليم حيوية
Bison	الثور الأمريكي
biosphere	محيط حيوي
Biological control	مكافحة حيوية
Biological indicators	دلائل حيوية
biomass	كتلة حية
biotic	حيوي
Blue-green algae	أشنيات خضراء مزرقرة
C	
Cactus	الصبار
carnivores	لواحم

Carrying capacity	السعة الحملية
Concentration	تركيز
Concentration (Optimum)	تركيز أمثل
Concentration (Deficient)	تركيز مطلوب
Concentration (Toxic)	تركيز سام
Concentration(Lethal)	تركيز قاتل
Concentration(Tolerable)	تركيز التحمل
Chromosomes	صبغيات
climax	أوج
Climatic climax	أوج مناخي
commensalism	مشاركة
community	مجتمع
Community (biotic)	مجتمع حيوي
Community (animal)	مجتمع حيواني
Community (plant)	مجتمع نباتي
competition	منافسة
Compost	كومبوست
consumer	مستهلك
Cougars	الأسد الأمريكي
D	
decomposer	مفكك (محلل)
Deficiency	نقص
Deforestation	إزالة الغابات
denitrification	إزالة الآزوت
density	كثافة

Desert	صحراء
Subtropical Deserts	صحارى شبه استوائية
Cold Coastal Deserts	صحارى ساحلية معتدلة
Rain - Shadow Deserts	صحارى ظل المطر
Interior - Continental Deserts	صحارى قارية
Cold Deserts	صحارى باردة
Hot Deserts	صحارى حارة
desertification	تصحّر
detergent	منظف
Disaster	كارثة
dispersal	انتشار
distribution	توزع
dominance	سيادة
Dust	غبار
E	
Ecology	علم البيئة
Ecosystems	نظم بيئية
Terrestrial Ecosystems	نظم بيئية أرضية
Ecosystem (aquatic)	نظام بيئي مائي
Limnological Ecosystem	بيئة المياه العذبة
Marin Aquatic Ecosystem	بيئة المياه المالحة (بحار ومحيطات)
Ecological efficiency	كفاءة بيئية
Ecological pyramid	هرم بيئي
Ecological succession	تعاقب بيئي
Ecotype	طرز بيئي

emigration	هجرة داخلية
environment	بيئة (وسط)
Environment Impact	أثر بيئي
Endemic species	نوع متوطن
Environmental resistance	مقاومة بيئية
Environmental Constraints	محددات بيئية
Environmental Resoureces	موارد بيئية
Environmental Hazards	أخطار بيئية
Ephemerales	نباتات مؤقتة سريعة الزوال
eutrophication	إثراء غذائي
evolution	تطور
Estuaries	المصبات الخليجية
Essential Elements	عناصر ضرورية
F	
fauna	فاونا
Flow of energy	تدفق الطاقة
flora	فلورا
Forests	غابات
Coniferous Forests	غابات مخروطية
Temperate Forests	غابات معتدلة
Midterranean Forests	غابات متوسطة
Tropical Rain Forest	غابات مطرية مدارية
Food chain	سلسلة غذائية
Food web	شبكة غذائية
Fresh water	ماء عذب

Fume	بخار معدني
Fog	ضباب
G	
genotype	طرز وراثي
Geometrical increase	متوالية هندسية
ground water	ماء جوفي
Gene bank	بنك وراثي
Global Warming	احتزاز عالمي (تغير المناخ)
growth	نمو
Grassland	بيئة الأعشاب
Tropical Grassland ,Savanna	بيئة الأعشاب الاستوائية (السافانا)
Temperate Grassland	أعشاب المناطق المعتدلة
Polar Grassland Tundra	أعشاب التندرا (القطبية)
Green dustbin	الحاوية الخضراء
Greenhouse Effect	احتباس حراري (أثر الصوبة)
H	
habitat	مسكن (موطن)
Hazard	خطر بيئي
Heat	حرارة
herbivores	عاشبات
Hydrologic cycle	الدورة المائية
Hoofed Animal	حيوانات ذات حوافر
I	
Immigration	هجرة معاكسة
individul	فرد

Interspecific competition	منافسة بين الأنواع
Iris	نبات السوسن
Intensive Agriculture	الزراعة المكثفة
J	
Jet Streams	تيارات عالية نفائة
K	
Keystone species	أنواع ارتكازية
L	
Lakes	بحيرات
Landrace	صنف بلدي
Leachate	عصارة
Lichens	حزازيات
Limiting factor	عامل محدد
Logistic growth	نمو نسبي
Landslodes	انهيارات أرضية
M	
mammal	حيوان ثدي (ثدييات)
management	إدارة
Mangrove	سبخات البحار
maquis	ماكي
microclimate	مناخ محلي
Minimum viable population	الحجم الحيوي للجماعة
migration	مهاجرة
monoculture	أحادية المحصول
mortality	معدل الوفيات

mutualism	تبادل (تقايض)
mycorrhiza	ميكوريزا
N	
natality	معدل الولادة
Nature Reserve	محمية طبيعية
net	صافي
neutralism	حيادي
niche	عش وظيفي
nitrogen	آزوت
Non Dissolved Solids	مواد غير ذائبة
O	
Oxygen Demanding Materials	مواد مستهلكة للأوكسجين المذاب في الماء
Oil Pollution	تلوث بالنفط
P	
parasite	طفيل
parasitism	تطفل
Pathogens	كائنات حية تسبب الأمراض
Pattern of distribution	نموذج التوزيع
Papyrus	نباتات البردي
pesticides	مبيدات
phosphore	فوسفور
plankton	عوالق
Population dynamics	ديناميكية الجماعات
Population processes	عمليات الجماعة

Population state	وضع الجماعة
Population system	نظام الجماعة
Pollution	تلوث
Air Pollution	تلوث الهواء
Water pollution	تلوث الماء
Noise Pollution	التلوث بالضجيج
Radiation Pollution	التلوث بالإشعاع
Pollutants	ملوثات
predation	افتراس
predator	مفترس
prey	فريسة
Primary succession	تعاقب أولي
producer	منتج
Perennial Plants	نباتات معمرة
Poa sp	القبأ
Phragmites	نبات القصب
R	
Radiation	إشعاع
Random	عشوائي
reaction	رد فعل
regular	نظامي
Relative abundance	وفرة نسبية
Relative dominance	سيادة نسبية
Renewable natural resources	مصادر طبيعية متجددة
reproduction	تجدد

Extremely Arid Regions	مناطق شديدة الجفاف
Arid Regions	مناطق جافة
Semi - Arid Regions	مناطق شبه جافة
Risk	احتمالية حدوث خطر بيئي
Rivers	أنهار
Runoff	مياه سطحية (جريان سطحي)
Rainfall	مياه أمطار
S	
Sand dune	كثيب رملي
Secondary succession	تعاقب ثانوي
Sludge	حمأة
Soil erosion	انجراف التربة
smog	ضبخان
Industrial Smog	ضبخان دخاني
Photochemical Smog	ضبخان كيميائي
stabilization	استقرار
Steppe	بادية
Sustainable development	تنمية مستدامة
Surface runoff	جريان سطحي
Survival rate	معدل البقاء
symbiosis	تعايش
synecology	علم البيئة الاجتماعية
system	نظام
Swamps	المستنقعات أو الأهوار
Suspended Particulate Matter	مواد عاققة في الهواء

Solid Particles	دقائق صلبة
Soot	سناج
T	
Tamarix sp	الطرفاء
Law of the minimum	قانون العامل المحدد
Tolerance	تحمل
Toxic Organic Chemicals	مواد عضوية سامة
Chronic Toxicity	تسمم مزمن
Acute Toxicity	تسمم حاد
Trophic level	مستوى غذائي
tundra	التونдра
U	
unstable	غير مستقر
V	
variables	متغيرات
Vertical stratification	تطبق عمودي
Volatile Organic Compounds	مواد عضوية متطايرة
W	
waste	نفايات
solid waste (refuse)	نفايات صلبة
Domestic solid waste	نفايات صلبة منزلية
Industrial and Hazardous Waste	نفايات صناعية وخطرة
Agricultural solid waste	نفايات صلبة زراعية
Radioactive Waste	نفايات مشعة
Mining Waste	نفايات التعدين

Building and Demolition Wastes	نفايات الهدم والبناء
Wastewater	مياه عادمة
Domestic Waste Water = Sewage	مياه عادمة منزلية
Industrial Waste Water	مياه عادمة صناعية
Agricultural Waste Water	مياه عادمة زراعية
Water cycle	دورة مائية
Water shed	مسقط مائي
Wetlands	بيئة المناطق الرطبة
wildlife	الحياة البرية
Wild relatives	أقارب برية
X	
Xerophytes	نباتات جفافية

المراجع العربية

١- أبو الفتوح حسين علي ، ١٩٩٧- البيئة الصحراوية العربية . عمان، دار الشروق، ٤٠٢ صفحة.

٢- البتانوني كمال الدين حسن، ١٩٩٢- بيئة صحراوية . مركز جامعة القاهرة للتعليم المفتوح، ٢١٤ صفحة .

- ٣- البنا علي علي ، ٢٠٠٠- المشكلات البيئية وصيانة الموارد الطبيعية . القاهرة ، دار الفكر العربي ، ٢١٦ صفحة .
- ٤- الخوري أكرم، عبيدو محمد، ١٩٩٣- البيئة العامة . مديرية الكتب الجامعية ، جامعة دمشق، ٢٨٧ صفحة.
- ٥- العودات محمد، ١٩٩٨- التلوث وحماية البيئة . الأهالي للتوزيع، دمشق .
- ٦- العودات محمد، ١٩٩٥- مشكلات البيئة . الأهالي للتوزيع، دمشق .
- ٧- المنظمة العربية للتنمية الزراعية ، ٢٠٠٠- مفهوم التنمية المستدامة ومركزاتها الأساسية، الخرطوم .
- ٨- المنظمة العربية للتنمية الزراعية ، ١٩٩٤- استشراف صورة الزراعة العربية لعام ٢٠٠٠ تحت مشاهد بديلة، الخرطوم.
- ٩- المنظمة العربية للتنمية الزراعية ، ١٩٩٤- الآثار المتبادلة بين البيئة والتنمية الزراعية ، الخرطوم .
- ١٠- المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم ، ١٩٧٧ - الإنسان والبيئة . مرجع في العلوم البيئية لمراحل التعليم العالي والجامعي - القاهرة ، ٥٤٠ صفحة .
- ١١- المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم ، الإستراتيجية العربية للتنوع البيولوجي - دراسة تحليلية ٤٩٤ صفحة .
- ١٢- المعيشة في البيئة ، كتاب مرجع للتربية البيئية . مترجم (١٩٩٠) الكويت ٤٩٤ صفحة .
- ١٣- النجار عبد المجيد عمر، ١٩٩٩- قضايا البيئة من منظور إسلامي . مركز البحوث والدراسات ، الدوحة ، قطر ..
- ١٤- السعدي ، حسين علي (٢٠٠٦) البيئة المائية . دار اليازوري للنشر والتوزيع ، عمان ٣٠٧ صفحة .
- ١٥- بركودة ، يوسف ١٩٨٨ البيئة وتوزيع النبات الجغرافي . المطبعة الجديدة ، دمشق ، ٣٥٥ صفحة .
- ١٦- حاتوغ - بوران . ع . وأبو دية ، م . ج . (١٩٩٦) . علم البيئة . دار الشروق للنشر والتوزيع ، عمان ، ٢٧٢ صفحة .
- ١٧- حسن عبد الهادي، ٢٠٠١- حماية البيئة من التلوث بالمبيدات الكيماوية وأفضل الحلول. منشورات دار علاء الدين ، دمشق .

- ١٨- سلوم . غسان ، ١٩٩٦ البيئة النباتية . مديرية الكتب الجامعية ، جامعة دمشق ، ١٧٢
صفحة .
- ١٩- سمير غبور ١٩٩٨ أوضاع التنوع الحيوي وصونه في الوطن العربي . مشروع تطوير
التعاون العربي في مجال المحافظة على التنوع البيولوجي . المنظمة العربية للتربية والثقافة
والعلوم . إدارة برامج العلوم والبحث العلمي . ١٠٨ صفحات .
- ٢٠- شلتوت ، ك . ج . (٢٠٢) . علم البيئة النباتية . المكتبة الأكاديمية ، القاهرة ، ٤٧٢
صفحة .
- ٢١- شهاب حسن ، ٢٠٠٤- المراعي والبادية . مديرية الكتب والمطبوعات الجامعية ، جامعة
البعث ، ٥٣٢ صفحة .
- ٢٢- شهاب حسن ، أحمد هيثم ٢٠٠٣- المناخ والأرصاء الزراعية . . مديرية الكتب
والمطبوعات الجامعية ، جامعة البعث ، ٢٨٨ صفحة .
- ٢٣- طلبة ، مصطفى (١٩٩٢) التحديات والآمال . حالة البيئة ١٩٧٢ - ١٩٩٢ مركز
دراسات الوحدة العربية . ص ٣ - ١٩٣ .
- ٢٤- غرايبة سامح ، الفرحان يحيى ، ٢٠٠٢- المدخل إلى العلوم البيئية . عمان ، دار الشروق ،
٤٤٨ صفحة .
- ٢٥- غوري ابراهيم حملي ، ٢٠٠٠- البيئات الطبيعية . حلب ، دار الشرق العربي ، ٣٦٦
صفحة .
- ٢٦- نحال ، ابراهيم ١٩٨٨ - أساسيات علم البيئة وتطبيقاته . مديرية الكتب والمطبوعات
الجامعية - جامعة حلب ، ٣١٩ صفحة .
- ٢٧- مجاهد ، أ . م ، العودات م . ع و آخرون ١٩٨٧ . علم البيئة النباتية - عمادة شؤون
المكتبات ، جامعة الملك سعود ، الرياض ، ٣٨٦ صفحة .
- ٢٨- وزارة البيئة- وحدة التنوع الحيوي ، ١٩٩٨- الدراسة الوطنية للتنوع الحيوي في الجمهورية
العربية السورية . برنامج الأمم المتحدة للبيئة .

المراجع الأجنبية

1. Baskin ,y. 1997 . the work or nature : how the diversity of life sus tains
us . island press , Washington , D. c

2. Bawa , K.s. (1981) evolution of sexual systems in flowering plants .
Ann .missouri Bot . Conserv . 16 : 31 – 41.
3. colwling , R.M , P,W.Rundel . 1996 . plant diversity in mediterranean
climate regions . trends in ecology and evolution 11: 362 – 366
- 4- Diamond , J.M . 1987 ex tant unless proven extinct ? or , exlinct unless
proven extan ? conservation biology 1 : 77 – 81
- 5- Elton , ch , (1927) Animal ecology . new york , Macmillan . (2 nded ,
1935 , 3 rd ed , 1974) pp : 5 -82
- 6- -FAO, 1996- Environment and sustainability issue in agricultural policy and
planning.
- 7- Gause , G . F (1934) th struggle for existence Baltiomor , Williams and
Wilkins . 163 pp
- 8- Grinnell , J . (1982) presence and absence of animals . univ . califo .
Chron . 30 : 249 – 450
- 9- Heywood , V . H . 1995 global biodiversity Assessment . Cambridge
University press , camridge
- 10- Hutchinson ,G . E . (1959) Homage to santa Rosalina , or whyare
There so many kinds of animals ? Amer . nature . 93 pp
- 11-Jones, D,k. 1992- Environmental Hazard, In: Bennettum R., and R. Estall.
Global Change 2 Challenge,: Geograpy for the 1990' s, riutledge, London, 27-
55.
- 12- Karl , T , N . Nicholls and J . Gregory . 1997 . the coming Climate .
seientific American 276 : 78 – 83
- 13-Kemp, D., 1991- Global Environmental Issues: A. Climato Logical
Approach. Routledge. London.
- 14- Odum , E . P . 1997 . Ecolgy : Abridge Between science and society sinauer

Associates , sunderland , MA

15-Smith, 1992- Environmental Hazard, Routledge, London

16-World Bank , 1997- Advancing sustainable development, The world bank and agenda 21.

17- Whitmore , T . C . 1990 An introduction to tropical rain forests clarendon press , oxford .