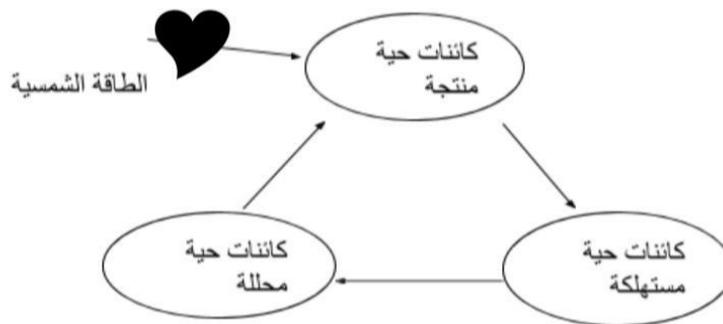


Ecosystem النظام البيئي

مفهوم النظام البيئي

لقد خلق الله سبحانه وتعالى كل شيء في هذا الكون بالحق وبقدر معلوم وفي إتران حيث قال تعالى (إنا كل شيء خلقناه بقدر) ويقول الله جل جلاله في مكان آخر (والارض مددناها وألقينا فيها رواسي وأنبتنا فيها من كل شيء موزون).

يعتبر النظام البيئي Ecosystem الوحدة الأساسية لعلم البيئة وان مفهوم هذا النظام عام ومتسع، وتتجلى أهميته الرئيسية في أنه يركز على إيضاح العلاقة المتبادلة الاجبارية بين الكائنات الحية فيما بينها من جهة وبين هذه الكائنات والمواد الغير الحية من جهة أخرى. أو بتعبير آخر (ان الكائنات الحية المكونة للنظام البيئي هي في تفاعل مع بعضها البعض بحيث يرتبط وجود بعضهما بالآخر، كما تكون أيضا في تفاعل مع المواد غير الحية ومع العوامل البيئية بحيث يشكل المجموع وحدة أو نظاما ديناميكيا متوازنا ومستقرا). ويمكن لنا أن نتصور النظام البيئي الطبيعي على شكل مجموعة حلقات متسلسلة ومتصلة مع بعضهما البعض كما هو مبين في الشكل رقم (1).



شكل (1) حلقات عمل النظام البيئي الطبيعي

يعد العالم البريطاني آرثر جورج تانسلي Arthur George Tansley أول من وضع مفهوم النظام البيئي في عام 1935. وقد عرفه بأنه (نظام يتألف من مجموعة مترابطة ومتباينة نوعا وحجما من الكائنات العضوية والعناصر غير العضوية في توازن مستقر نسبيا).

كما يعرف النظام البيئي بأنه (أية مساحة من الطبيعة وماتحوي من كائنات حية نباتية او حيوانية مواد حية وغير حية وكل هذه الكائنات الحية وغير الحية تكون في تفاعل مستمر مع بعضهما البعض، وكل العلاقات المتبادلة بين مكونات النظام البيئي مبنية على التبادل والطاقة. ويعرف أيضا النظام البيئي بأنه مجموعة من العناصر التي تتفاعل وظيفيا مع بعضهما البعض، داخل بيئة او مكان معين.

ويمكن القول أيضا ان النظام البيئي الطبيعي يتكون من مكونات حية وغير حية مختلفة، يكونان معا نظاما ديناميكيا متوازنا، وله صفة الحفاظ على التوازن بين جميع عناصره، بحيث تكون هذه المكونات مترابطة فيما بينها ويعتمد كل منها على الآخر اعتمادا وثيقا ويؤثر كل منهما في خواص الآخر أيضا. ويمكن تعريفه أيضا بالشكل التالي (كيان متكامل ومتوازن، يتالف من كائنات حية ومكونات غير حية وطاقة شمسية، ومن التفاعلات المتبادلة فيه). او بعبارة أخرى: هو عبارة عن وحدة من مكونات حية وغير حية تتفاعل فيما بينها، وتتبادل فيه أحياء غير حية مع الاحياء الحية تأثرا وتأثيرا وفق نظام متوازن مرن، لتستمر في أداء دورها في الحياة.

النظام البيئي Ecosystem عبارة عن وحدة تنظيمية في حيز معين تحتوي على عناصر حية وغير حية تتفاعل مع بعضها وتؤدي الى تبادل للمواد بين عناصرها الحية وغير الحية. لذا فالنظام البيئي، بما يشمل من جماعات ومجتمعات ومواطن بيئية مختلفة، يعني بصورة عامة التفاعل الديناميكي لجميع أجزاء البيئة، مع التركيز بصورة خاصة على تبادل المواد بين الأجزاء الحية وغير الحية (أي تحويل المواد اللاعضوية الى مواد عضوية ثم الى مواد لا عضوية مرة أخرى) في نظام بالغ الدقة والتوازن، حتى تصل إلى حالة الاستقرار.

يمثل الموطن البيئي Habitat وحدة النظام البيئي، حيث يمثل الملجأ أو المسكن للكائن الحي ليشمل جميع معالم البيئة، من معالم فيزيائية وكيميائية وحيوية، بينما تعتبر المواطن الدقيقة Microhabitates أصغر الوحدات البيئية المأهولة.

يتكون النظام البيئي إجمالاً في أبسط صورة من مكونات حية Biotic components ومكونات غير حية Abiotic components تشكلان معاً نظاماً ديناميكياً متزاناً.

ومن الجدير بالذكر ان النظام البيئي قد يتركز في أي منطقة صغيرة تتواجد وتستمر فيها الحياة على الكرة الأرضية . لذلك فإن البركة والمستنقع والبحيرة والحقل الزراعي وبقعة من غابة والمدينة والقارة والحديقة المنزلية وحتى المزرعة المختبرية كل واحدة من هذه يمكن ان تعتبر وحدات لأنظمة بيئية. يشكل العالم بأكمله نظاماً بيئياً ضخماً ومتوازناً وهو ما يدعى بالمحيط البيئي Ecosphere والذي يدعى كذلك الغلاف الحيائي Biosphere والذي يغطي المنطقة المذكورة على الكرة الأرضية التي تقطنها الأحياء من أعماق نقطة تحت سطح الأرض إلى أعلى نقطة في الجبال وقد يصل مداها أيضاً إلى الأجواء التي تتواجد فيها الأحياء.

هناك مصطلح آخر في علم البيئة هو الـ Environment ونعني به المحيط أو البيئة والعوامل المحيطية Environment factors وهي كل العوامل الخارجية التي تؤثر في الكائنات الحية على المدى القريب أو البعيد وتداخلاتها المختلفة . ويشمل المركبات العضوية وغير العضوية في المحيط البيئي الذي يجهز مكونات المجتمع الإحيائي بالطاقة والمواد الأولية لاستخدامها في النمو والبقاء.

ان عوامل المحيط تتضمن كل من عامل التربة والعوامل الطبيعية والمناخية التي تتضمن الطاقة الشمسية والغازات الموجودة في الهواء والمياه وعناصر المناخ كدرجة الحرارة والرطوبة والرياح وغيرها.

المفاهيم المتعلقة بالنوع والفرد:

هناك عدد من المفاهيم ذات العلاقة بالنوع Species والفرد Individual في النظام البيئي فيما يأتي بعضاً منها:

الموطن والمركز البيئي: Habitat and Ecological Niche

يعرف الموطن Habitat بأنه الوسط البيئي أو المكان الذي يعيش فيه أو يلجأ إليه الكائن الحي.

اما المركز البيئي Ecological niche فيعرف بأنه المكان الطبيعي الذي يحتله الكائن الحي فضلاً عن أثره الوظيفي في المجتمع.

وبمعنى آخر فإن المركز البيئي هو أكثر شمولاً من تعبير الموطن. فيعبر عن الموطن انه عنوان الكائن الحي، في حين يكون المركز البيئي حرفته بالمعنى الحيائي. وكان العالم جارلس التون Charles Elton (١٩٢٧) في انكلترا من الأوائل الذين استخدموا تعبير المركز البيئي Niche بمعنى الحالة الوظيفية للكائن الحي في مجتمعه .

المكافئ البيئي Ecological equivalent

تعرف الكائنات التي تحتل المراكز البيئية نفسها أو أخرى مشابهة لها في مناطق جغرافية بالمكافئات البيئية Ecological equivalent.

النظام البيئي الدقيق: Micro Ecosystem

يقصد بالنظام البيئي الدقيق بأنه نظام بيئي مصغر له حدود مميزة يمكن التأثير فيه وتكراره في أي وقت، وتحتوي هذه الأنظمة المصغرة على المكونات الأساسية للنظام البيئي. وتكون عادة على نوعين أحدهما يشتق مباشرة من الطبيعة وذلك من خلال نمو الكائنات وازدهارها في أوساط صغيرة. والثاني يدام بمختلف أنواع المثبتات الكيماوية مع توفير التدفق الداخلى والخارج للمغذيات والكائنات الحية المنظمة لها . ومن بين الأمثلة على الأنظمة البيئية الدقيقة هي أحواض اسماك الزينة .

التوازن البيئي: Environmental Stability

التوازن الطبيعي Homeostasis هو التعبير الذي ينطبق عموماً على ميل الأنظمة الحياتية لمقاومة التغير وتبقى في حالة متوازنة. لقد اتفق علماء البيئة على ان أي إخلال في التوازن الطبيعي لأي نظام بيئي يعد نوعاً من أنواع التلوث Pollution مما يدل على ان التوازن البيئي ذو أهمية في استقرار مكونات ذلك النظام البيئي ويقصد بالإخلال في التوازن الطبيعي هو التغيرات المفاجئة لإحدى أو أكثر من المكونات الإحيائية أو غير الإحيائية. ان التوازن الطبيعي على مستوى الكائن الحي هو من المفاهيم المعروفة جيداً في علم وظائف الأعضاء Physiology. وان التوازن بين الكائنات الحية والبيئة يمكن الإبقاء عليه أيضاً بعوامل تقاوم التبدل في النظام البيئي ككل.

تقسيمات النظم البيئية Types of Ecosystems

تُقسم النظم البيئية، من حيث توفر المكونات الحية والمكونات غير الحية، الى قسمين: نظام بيئي طبيعي أو متكامل، ونظام بيئي غير متكامل.

أولاً- النظام البيئي المتكامل Complete Ecosystem

ويشار له أحياناً بالنظام البيئي المفتوح Open Ecosystem، وهو الذي يحتوي على جميع المكونات الأساسية الأولية التي تشمل المكونات حية Biotic components والمكونات غير حية Abiotic components .

ثانيا- النظام البيئي غير المتكامل Incomplete Ecosystem

ويشار له أحياناً بالنظام البيئي المغلق Closed Ecosystem وهو الذي يفتقر الى واحد او أكثر من المكونات الأساسية، مثل الأعماق السحيقة للبحر، والكهوف المغلقة، حيث تشترك في كونها لا تحتوي الكائنات المنتجة لعدم توفر مصدر للطاقة الشمسية. ولذا تعيش أكالات القمامة والكائنات المُحللة على ما يسقط من مواد عضوية ونباتية وحيوانات ميتة من الطبقات العليا للمكان. وقد تتواجد قلة من البكتريا ذات البناء الكيميائي، لكنها لا تستطيع أن تنتج كمية فعليه من المادة العضوية. وقد توجد أشكال في الأنظمة غير الكاملة تتألف من الكائنات المنتجة والمحللة فقط مع غياب المستهلك كما هي الحال في نمو الطحالب السامة في الأنظمة البيئية المائية اذ تموت الكائنات المستهلكة عند تغذيتها مما يمنع سريان الطاقة خلال السلسلة الغذائية.

وهناك تقسيم آخر للنظام البيئي حسب مصدر الطاقة :

- 1- نظام بيئي طبيعي يُدار بالطاقة الشمسية، مثل المحيطات المفتوحة والغابات.
- 2- نظام بيئي بشري يُدار بالطاقة الشمسية، حيث يقوم الإنسان تبعاً لمصالحه المعيشية بإستبدال النباتات الطبيعية ببعض المحاصيل الزراعية ويضيف إليها مواد جديدة، كالأسمدة والمبيدات الحشرية، ومن أمثلتها البساتين والحقول الزراعية.
- 3- نظام بيئي صناعي يُدار بطاقة الوقود، حيث تعتمد طاقة هذا النظام على مصادر غير الشمس، كالكهرباء والوقود وغيرها. والنظام الثاني والثالث ساهما في تلوث البيئة بشكل كبير وأضرأ بعناصرها الحيوية وغير الحيوية.

تركيب النظم البيئية الطبيعية of Ecosystems The Structure

ينظر علم البيئة الى النظام البيئي الطبيعي Ecosystem بوصفه أية مساحة طبيعية وما تحويه من كائنات حية نباتية أو حيوانية أو مواد غير حية، بل ويعتبره بعض الباحثين بأنه الوحدة الرئيسية في علم البيئة. والنظام البيئي قد يكون بركة صغيرة، أو صحراء كبيرة. ويتكون النظام البيئي الطبيعي من:-

أولاً- المكونات او العوامل الحية Biotic Components or Factors

تشمل المكونات الحية جميع الكائنات الموجودة ضمن النظام البيئي المعني بالدراسة من حيوان ونبات وكائنات حية دقيقة. وتشتمل هذه المكونات على أعداد هائلة من الكائنات الحية المتنوعة في أشكالها وأحجامها وأنواعها وطرق معيشتها. ويشارك هذا العدد الهائل من الأحياء المتنوعة في مجموعة من الخصائص، تُعرف بمظاهر الحياة، كالإحساس والحركة والإغذاء والنمو والتنفس وطرح الفضلات والتكاثر، مظاهر تبديها أشكال الحياة المختلفة بصورة أو بأخرى.

مع ان للنظم البيئية الطبيعية إختلافات كبيرة فيما بينها، لكنها تشترك في صفة واحدة مهمة، وهي التركيب الحيوي، الذي يعتمد على علاقات التغذية بين الأعضاء المختلفة. فكل نظام بيئي طبيعي يحتوي على ثلاثة أنواع من الكائنات الحية مرتبطة غذائياً مع بعضها بعضاً، وهي: كائنات تصنع المواد وتسمى المنتجات Producers وأخرى تلتهم الغذاء وتسمى المستهلكات Consumers ، وثالثة تحلل المواد وتسمى المحللات Decomposers .

المنتجات Producers

وتشمل جميع الأنواع التي لها القدرة على صناعة غذائها بنفسها عن طريق عمليتي التركيب الضوئي والبناء الكيميائي، حيث تصنع مواد عضوية من مواد غير عضوية ومنها نباتات باختلاف أنواعها والطحالب وبعض البكتيريا. وتسمى أيضاً الكائنات الحية ذاتية التغذية Autotrophs التي بإمكانها أن تصنع الغذاء في عملية البناء أو التمثيل الضوئي، وفي هذه العملية تأخذ المنتجات غاز ثاني أكسيد الكربون من الجو بوجود أشعة الشمس، وتحتاج الى الماء والأملاح المعدنية ومصدر للطاقة لكي تبقى حية، وهي تنتج سكر الكلوكوز الذي يزود المنتجات بالطاقة اللازمة لعملياتها الحيوية، وتطلق غاز الأوكسجين. ثم تقوم المنتجات بتحويل سكر الكلوكوز الى مركبات عضوية Organic Compounds معقدة تشمل الكربوهيدرات والبروتينات والدهون وغيرها، تبني بها أنسجتها وأجزاءها، بوجود العناصر الغذائية الأخرى Mineral Nutrients كالنيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم والكبريت، التي تقوم بإمتصاصها من التربة أو من الماء مباشرة.

وتحصل المنتجات على المواد الأولية اللازمة لعملية البناء الضوئي من البيئة. والمنتجات توفر الغذاء لنفسها وللأحياء الأخرى التي تُعرف بالمستهلكات. وتعتبر عملية البناء الضوئي الوسيلة التي تتحول بواسطتها الطاقة الضوئية الى طاقة كيميائية. ولا يتم البناء العضوي ببساطة، وإنما يتضمن سلسلة متكاملة من التفاعلات الكيميائية التي تحتاج الى الأنزيمات والعديد من المركبات الوسيطة المعقدة.

B- المُستهلكات Consumers

وتشمل جميع الكائنات الحية التي لاتستطيع صنع غذائها بنفسها بل تأخذها جاهزا من المحيط، حيث تعتمد في غذائها على غيرها، مستعملة المواد العضوية المُنتجة من قبل الكائنات الكائنات الحية المنتجة (ذاتية التغذية)، سواء بصورة مباشرة او غير مباشرة ، أو تتغذى على بعضها. و تسمى أيضاً كائنات حية غير ذاتية التغذية Heterotrophs، لأنها غير قادرة على إنتاج مركباتها العضوية اللازمة للأغراض الغذائية الأساسية. وتشمل الحيوانات والفطريات وبعض الطلائعيات ومعظم البكتيريا. وتصنف الكائنات الحية المستهلكة حسب مصدرها الغذائي الى:

Herbivores	أكلات الأعشاب
Carnivores	أكلات اللحم
Omnivores	أكلات الأعشاب واللحوم

ان الحيوانات أكلة الأعشاب Herbivores أو العواشب تسمى المستهلكات الأولية Primary Consumers. أما الحيوانات التي تتغذى على المستهلكات الأولية فتسمى مستهلكات ثانوية Secondary Consumers ، فالغزال الذي يقتات على العشب يعد مستهلكاً أولياً، والذئب مستهلكاً ثانوياً عندما يتغذى على الغزال. وتسمى المستهلكات الثانوية والأعلى منها بأكلات اللحم أو اللواحم Carnivores أو المفترسات (الضواري) Predators. أما المستهلكات التي تتغذى على النباتات والحيوانات معاً فتسمى مستهلكات إختيارية (القوارت Omnivores) . وهناك مجموعة خاصة من المستهلكات تسمى الطفيليات esParasit وهي كائنات قد تكون نباتية او حيوانية تعيش في داخل الكائن الحي أو عليه، والذي يدعى العائل Host وتتغذى عليه خلال فترة من الزمن، ولكن لا تؤدي الى قتله مباشرة، بل الى إضعافه.

C - المُحلّلات Decomposers

وتضم هذه الكثير من أنواع الكائنات الحية غير ذاتية التغذية رمية أو طفيلية والتي تسبب تحلل أو تلف مكونات البيئة الطبيعية المحيطة بها، ومن أمثلة هذه العناصر: البكتيريا Bacteria ، والفطريات Fungi ، وبعض أنواع الحشرات التي تشترك في تحليل أجسام النباتات والحيوانات الميتة والفضلات العضوية . وتساعد عناصر التحلل على إعادة جزء من المادة إلى عناصرها الأولية كالنتروجين، والفسفور، وكالسيوم، والمغنسيوم وغيرها، وتستفيد منها عناصر الإنتاج حيث تستخدمها مرة أخرى في تكوين الغذاء، وبذلك تتكرر الدورة مرة أخرى.

وهذه الكائنات (المحلّلات) لا يمكن إعتبارها ذاتية التغذية، حيث أنها لا تصنع غذائها من مواد لا عضوية، ولا يمكن أيضاً ان نعتبرها كائنات مُستهلكة، حيث أنها لا تتناول طعاماً جاهزاً، بل إنها تقوم بتحليل الكائنات الحية بعد إنتهاء عملية التحليل الذاتي Autolysis (والتي تحدث داخل الكائن الحي بعد الموت مباشرة) وذلك للحصول على الطاقة اللازمة لحياتها ، وتسمى هذه الكائنات بالكائنات الطفيلية Parasitic عندما تعتمد في غذائها على كائنات حية، أو تكون كائنات رمية Saprophytic عندما تعيش على المواد العضوية الميتة. والكائنات المحللة توفر الحلقة الأساسية الأخيرة من الدورة الحياتية الضرورية لتجديد الحياة.

ثانياً" - المكونات أو العوامل غير الحية Abiotic components or Factors

وهي عبارة عن مجموعة من العوامل الغير الحية التي تؤثر في حياة الكائنات الحية، وتحدد نوعيتها وأماكن وجودها، كما تحدد نوعية العلاقات بين الكائنات الحية. وليس من الصعب تمييز هذه المكونات عن المكونات الحية، التي تمتلك مجموعة من الخصائص تعرف بمظاهر الحياة كالحركة، والإحساس، والإغذاء، والنمو، والتنفس، وطرح الفضلات، والتناسل، وهي مظاهر تبديها كل صور الحياة، صغيرها وكبيرها، نباتاتها وحيواناتها. بينما لا تبدي المكونات غير الحية أيّاً من مظاهر الحياة. ولعل هذا الفرق الواضح بين مكونات البيئة الحية ومكوناتها غير الحية هو الذي حدى بالبايولوجيين إلى تقسيم مكونات البيئة إلى عالمين متميزين: عالم حي، وعالم غير حي.

ويمكن تقسيم العوامل (المكونات) البيئية الغير حية الى قسمين رئيسيين هما العوامل الكيماوية العوامل الفيزيائية.

أولاً :- العوامل الكيماوية Chemical Factors

وتشمل:

- 1- المحيط المائي Hydrosphere
- 2- المحيط اليابس (محيط التربة) Lithosphere
- 3- المحيط الجوي (الغلاف الجوي) Atmosphere أو المحيط الحيوي Biosphere

(1) المحيط المائي Hydrosphere

تبعاً للعالم G. Hutchinson يتعين توفر ثلاث متطلبات تجعل من الغلاف الحيوي منطقة بيئية صالحة للحياة هي: توفر الماء بالحالة السائلة بكميات كافية لتسيير دفة الحياة، إستمرار وصول إمدادات من الطاقة من مصدر خارجي (أي الشمس). وضمان الإبقاء على الحدود المشتركة بين حالات المادة الثلاث: الصلبة والغازية والسائلة.

يعتبر الماء من أهم العوامل اللاحياتية. ويرتبط وجود الكائنات الحية ووفرته في أي منطقة بيئية بوفرة الماء ونسبة محتوياته من المواد العضوية واللاعضوية، وكذلك درجة حموضته وملوحته. وتكيف الكائنات الحية تبعاً لتوفر الماء، فنجد أنواع الكائنات الحية وتكيفاتها في الصحراء تختلف عن تلك الموجودة في بيئة مائية او متوسطة الجفاف او متجمدة، ويرتبط بالماء عاملين مهمين، هما: الهطول Precipitation والرطوبة Humidity.

إن الماء ركن أساسي من الأركان التي تهيئ الظروف الملائمة للحياة وإستمرارها. فهو المصدر والمكون الأساسي الذي يدخل في تركيب كل شيء في الكرة الرضية، وهو أكثر مادة موجودة في الغلاف الحيوي.

ويعتبر الماء مكوناً أساسياً في النظم البيئية وقد يشكل لوحده نظاماً بيئياً مستقلاً. ويمكن تلخيص أهميته في النظم البيئية البرية للخصائص التالية:

- 1- يكون 60-80 % من أجسام الكائنات الحية ، بما فيها الإنسان، كما يكون حوالي 70 في المئة من أجسام الأحياء الدنيا . كما أن الماء يكون حوالي 85% 90 - من البروتوبلازم .
- 2- ضروري لإتمام عمليات الهضم والامتصاص والإخراج حيث لا يمكن حدوثها إلا في وسط مائي .
- 3- يدخل في عملية التركيب الضوئي في النباتات التي تقوم بشرط جزيئه الماء واستغلال عناصرها في صنع السكريات .
- 4- يعمل على تنظيم وتثبيت درجة حرارة الجسم.
- 5- يعتبر الشكل الوحيد الذي يكون المحاليل اللازمة لإذابة عناصر التربة ونقلها الى داخل النبات ثم حركتها في الأوعية الناقلة النباتية .
- 6- تجري التفاعلات الكيميائية الحيوية تقريباً في وسط مائي سواء كانت في أجسام الحيوانات أو النباتات ولذلك فإن أي نظام بيئي واستمراره يعتمد كلياً على مدى حاجته الى الماء ووفرة الماء في ذلك النظام . تحصل الحيوانات على الماء إما بطريقة مباشرة من خلال شربه من المياه أو بطريقة غير مباشرة ويقصد به الماء الموجود في الغذاء كالأعشاب واللحوم وكذلك الماء المتولد في الجسم نتيجة لعمليات التمثيل الغذائي . فاحتراق الغذاء في الجسم للحصول على الطاقة تنتج كميات متباينة من الماء تختلف باختلاف نوع الغذاء . فاحتراق الدهون ينتج كمية من الماء أكبر منها عند احتراق المواد الكربوهيدراتية وهذه تنتج عنها كمية من الماء أكبر مما تنتجه البروتينات.

المحيط اليابس (محيط التربة) Lithosphere

يشمل المحيط اليابس الأجزاء الصلبة من الكرة الأرضية الى عمق يزيد قليلاً عن 3 أمتار، على اساس ان الظروف بعد ذلك تصبح غير قادرة على إعالة الحياة، حيث ترتفع درجة الحرارة، وينعدم الهواء، ولا يتوفر الغذاء. وتشكل التربة أساس أي نظام بيئي باعتبارها مصدر للكثير من العناصر الفلزية واللافلزية وهي الحال النهائي في دورات العناصر (K -Ca -P -S -C -N 2) وتسمى هذه العناصر المغذيات الكبيرة (Macronutrients) أي يحتاجها الإنسان والكائن الحي بكميات كبيرة لبناء البروتوبلازم وباقي مكونات الخلية وهناك نوع آخر من العناصر تسمى العناصر الصغرى (Micronutrients) والتي يحتاجها الجسم الحيواني والنباتي بتركيز ضئيلة للغاية وأذا زادت عن حد معين فأنها تكون سامة مثل (Fe -Cu -Mn -Zn) وتنشأ هذه العناصر جميعها من التربة ووفرتها تعتمد على تركيز أيون H⁺ الذي يعمل على ترسبها أو إذابتها حسب العنصر .

تُعرف التربة Soil على أنها المادة المعدنية التي قد توجد على هيئة صلبة (مثل الجلود، والحصى، والبروزات الصخرية الكبيرة، والقطع الكبيرة من الحجارة) أو على هيئة جزيئات معدنية ناعمة يشار إليها بالرمال، والغرين، والطين، تبعاً لنسجتها. وغالباً ما تحتوي هذه التربة على كميات ضخمة من المادة العضوية التي تكون دبالاً Humus غزير الإنتاج.

وتُعرف دراسة التربة بإسم علم التربة Pedology ، وهو فرع مرتبط بالعلوم التطبيقية، حيث يوفر معلومات قيمة لعلماء الزراعة والغابات والبيئة والجيولوجيا.

إن الصفات الكيميائية والفيزيائية للتربة تعتبر عاملاً مهماً في توزيع الكائنات الحية . ولذلك نلاحظ في كثير من الأحيان وجود مجموعات مختلفة من النباتات والحيوانات ضمن مناطق متجاورة تبعد بعضها عن البعض مسافات قصيرة . وتعتبر عاملاً مهماً في توزيع الكائنات الحية وخصوصاً النباتات التي تعتمد اعتماداً كلياً على التربة . وتعود أهمية التربة للكائنات الحية للأسباب التالية:

- 1-تقوم التربة ب تثبيت جذور النباتات.
- 2-تزود التربة النباتات بالماء والأملاح المعدنية (المواد المغذية).
- 3-تؤدي التربة مهمات النقل أو الغذاء أو الإيواء أو كمكان للراحة بالنسبة للحيوانات.
- 4-تحلل المواد العضوية بواسطة الكائنات الحية الدقيقة التي تعيش في التربة وإعادتها الى دورتها الطبيعية.

وتتكون التربة نتيجة لثلاث عوامل رئيسية (و التي بسببها يختلف نوع التربة من مكان الى آخر) هي:

1- التعرية الجوية Weathering

حيث درجات حرارة التجمد والإنصهار المتكررة، وخصوصاً عن طريق تجمد وإنصهار الماء الذي يتسرب بين شقوق الصخور الذي يؤدي الى التفكيك الفيزيائي للصخر ليعطي دقائق ناعمة نسبياً.

2- عمليات التآكل Erosion

وخصوصاً عن طريق التيارات المائية للسيول أو عن طريق المواد الكيميائية (ولاسيما الأحماض العضوية، التي تضاف الى التربة من قبل النباتات والحيوانات ونشاطات الإنسان المختلفة، والتي تغير من طبيعة الصخر الأصلي وتساعد في تجزئة وإذابة المكونات المعدنية) أو عن طريق بعض المواد المعدنية والكيميائية المتكونة من بقايا عضوية للنباتات والحيوانات أو التحلل الكيميائي للمواد المعدنية، حيث تختلط هذه المواد المعدنية أو الكيميائية مع ماء التربة الذي يتخلل حبيبات وشرائح التربة Soil profile ويحدث تفككاً في نسيج التربة.

3- الترسيب Sedimentation

وهذا يتم عن طريق الرياح بشكل أساسي، حيث تحمل جزيئات التربة من منطقة معينة وتلقي بها في منطقة أخرى.

مكونات التربة

تتكون التربة من أربعة مكونات رئيسية هي: الرمل، الطين، الغرين والدبال.

1- الرمل Sand

تتكون حبيبات الرمل من عملية التعرية الجوية لصخور السيليكات، وبالتالي تعتبر السيليكات ($2SiO$) أهم مكونات الرمال وقد تختلط عناصر أخرى، مثل كاربونات الكالسيوم في الشواطئ المرجانية والجزر. ويبلغ قطر حبات الرمل 50-200 ميكرون (الميكرون = جزء من الألف من المليمتر)، وهذا الحجم يعتبر كبيراً نسبياً، مما يجعل نفاذية الماء Permeability في الرمل عالية، ومما يجعل تهوية جذور النباتات بالأوكسجين عالية أيضاً. ولكن تكون الخاصية الشعرية Capillarity ضعيفة (إنتقال الماء من أسفل إلى أعلى في التربة اعتماداً على الخاصية الشعرية). وتعتبر التربة الرملية غير ناضجة وجافة نظراً لعدم قدرتها على الإحتفاظ بالمعادن وإرتفاع نفاذيتها ولتدني الخاصية الشعرية فيها.

2- الطين Clay

يتكون من التعرية الجوية لصخور الغرانيت، ويحتوي على مركبات الألمنيوم والمعادن المرافقة له. وتعتبر حبيبات الطين دقيقة، حيث يبلغ قطرها أقل من 2 ميكرون، وبالتالي يزداد تماسكها ببعضها، مما يجعل إحتفاظها بالماء مرتفع، مقارنة بالرمل، مما يحسن من الخاصية الشعرية لها. ولكن قوة تماسكها تجعل جذور النباتات غير قادرة على إختراقها، وبالتالي غير قادرة على الإستفادة من ما تحتفظ به من ماء. ويستطيع الطين أن يحتفظ بالمعادن، ولكن لنفس السبب السابق، وهو عدم قدرة الجذور على إختراقها، يجعل النباتات غير مستفيدة من هذه المعادن.

3- الغرين Silt

ويتكون من أنواع مختلفة من طبقات الصخور التحتية Parent rocks وتترسب بالتربة بواسطة الرياح والمياه، وخصوصاً في مناطق دلتا الأنهار، ويعتبر حجم حبيباتها وسطياً بين الرمل والطين، إذ يتراوح ما بين 2-50 ميكرون، ويشابه الغرين الطين في خواصه، لكنه أقل تماسكاً وصلابة.

4-الدبال Humus

وهو عبارة عن المادة العضوية في التربة، ويتكون من بقايا النباتات وفضلات الحيوانات المحللة جزئياً، ويعتبر الدبال ضروري للتربة، حيث يحافظ على الفراغات الهوائية في التربة الطينية، مما يقلل من صلابتها، كما يجعل التربة الرملية تحفظ كمية أكبر من الماء. ويمنع الدبال من عملية نزع المعادن من التربة، ويؤثر الرعي الجائر والزراعة المتكررة على كمية الدبال، ويقلل من نسبته، مما يجعلها غير مناسبة للزراعة.

وهناك التربة المزيجة Loam التي هي عبارة عن مكونين أو أكثر من المكونات الأربعة السابقة، وبالتالي تدمج الخواص الجيدة من كل نوع. وعلى سبيل المثال تكون التربة المزيجية ذات تهوية جيدة بفعل الرمل، وتستطيع الحفاظ على الماء والمعادن بفعل التربة الطينية، وعادة ما يكون فيها كمية مناسبة من الدبال (5-20% أو أكثر).

والتربة المثالية للنباتات هي التي تحتوي على 30 بالمائة رمل و 40 بالمائة غرين و 20 بالمائة طين.

هناك علاقة وثيقة ما بين المحتوى المائي للتربة وسعة التربة . فالتربة الرملية ذات القوام الخشن والدقائق الكبيرة نسبياً لا تحتفظ بمحتوى من الماء . ويُعبر عن المحتوى المائي للتربة بمصطلح السعة الحقلية Field capacity والذي يعرف على أنه كمية الماء التي تتمكن التربة من الاحتفاظ بها بعد زوال الماء تحت تأثير الجذب الأرضي ويعادل جهداً مائياً Water potential قدره (0.02) ميكا باسكال . وقد يكون المحتوى المائي عالياً جداً كما في حالة الري الجائر أو الفيضان إذ أنه يؤثر سلباً على نمو جذور النباتات وذلك لانعدام الهواء خاصة الأوكسجين بين دقائق التربة التي يحل محلها الماء مما يسبب اختناق الجذور (إيقاف عملية التنفس) . وتضاف الى التربة كميات متباينة من الدبال (Humus) الذي هو عبارة عن مواد عضوية من بقايا الكائنات الحية والتي بدورها تؤثر على صفات التربة المختلفة ومن خلالها تُعاد دورة العناصر الغذائية الى التربة ، وللدبال أهمية في زيادة قابلية إحتفاظ التربة بالرطوبة فضلاً عن زيادة خصوبتها وعند المقارنة يُلاحظ إن طبقة الدبال سميكة في الغابات والمروج في حين لا تشكل طبقة تذكر في المناطق الصحراوية.

يستخدم علماء البيئة عدة طرق لتحديد قوام التربة ، وتتمثل أبسطها في طريق التحليل الميكانيكي للتربة، حيث تجفف عينة من التربة بفرن حراري عند درجة حرارة 105- 115 درجة مئوية لمدة تتراوح ما بين 24- 48 ساعة بعدها يمكن فصل الأحجام المختلفة لدقائق التربة، ويوزن التراب، وتحسب نسبته المئوية من وزن العينة الكلي. وبعد حساب النسبة لكل مكون من مكونات التربة نستطيع تحديد نوعها بالرجوع الى مقياس عالمي ثابت يبين قوام التربة.

يعتبر مقدار التربة Soil profile وعمقها Soil depth من أهم المميزات التي تميز أنواع التربة عن بعضها. ويتوقف عمق التربة على مجموعة واسعة من الظروف الكيميائية والحيوية والفيزيائية داخل المنطقة.

وتتحد نوعية التربة حسب المؤشرات التالية:

- 1-نسب المكونات الرملية أو الغرينية أو الطينية ومنها تتكون نوعيات جديدة مثل التربة المزيجية (Loam) أو المزيجية الرملية (Sandy Loam) .
- 2-حجم الدقائق لكل مكون فالرملية ذات دقائق خشنة عادة أما الطينية والغرينية فتكون أدق وهذا يؤثر على كمية الهواء المحصور وعلى نسبة الرطوبة أيضاً وعلى نسبة المحتوى العضوي فيها وعلى فترة احتجاز الماء وكل هذه العوامل تؤثر على نجاح نمو النباتات والإحياء .
- 3- المحتوى العضوي في التربة.

(3) المحيط الجوي Atmospheric

الأرض مغلقة بجو، شأنها في ذلك شأن كواكب المجموعة الشمسية الأخرى، بإستثناء عطارد. وجو الأرض فريد في مكوناته، حسبما تظهر المعلومات العلمية المتوفرة لدينا، حيث هناك مجموعة قوى أو عوامل طبيعية تحفظ للجو توازنه، وتجعل منه مكوناً أساسياً من مكونات الغلاف الحيوي الذي يحتضن الحياة ويرعاها. فالجاذبية، والضغط الجوي، وغازات الهواء، وبخار الماء، والطاقة تمثل أبرز قوى أو عوامل جو الأرض.

يتكون جو الأرض، أي الغلاف أو المحيط الجوي الحيوي المحيط بالأرض Biosphere ، من مجموعة طبقات متميزة، تعارف العلماء على تقسيمها الى أربع طبقات رئيسية، هي بالترتيب- من أسفل الى أعلى:

1- طبقة التروبوسفير Troposphere :

ويبلغ سمكها في المتوسط 11 كم، ويمتد إرتفاعها من حوالي 8 كم فوق القطبين الى حوالي 18 كم فوق منطقة الأستواء. وتعرف أيضا بطبقة التغيير، وهي من أهم طبقات الغلاف الجوي، لأنها تضم أهم الغازات اللازمة للحياة، مثل الأوكسجين (بنسبة حوالي 21 %) والنتروجين (بنسبة 78 % تقريباً) وثاني أوكسيد الكربون، وهي المكونات الأساسية لخليط الهواء. وفيها تحدث معظم الظواهر والتغيرات

الجوية المعروفة من ضباب، وسحب، وأمطار، ورياح، ومطبات هوائية، وعواصف، وذلك نتيجة لدورة بخار الماء، التي تعتبر مقصورة على هذه الطبقة وحدها، كما ان درجة الحرارة في هذه الطبقة تتناقص بمعدل درجة مئوية واحدة كلما إرتفعنا حوالي 160 متراً للأعلى.

من المعروف، أن خليط الهواء حيوي جداً لجميع الكائنات الحية، إذ تحتاج النباتات الى غاز ثاني أوكسيد الكربون والنتروجين لإستكمال عمليات نموها، في حين تحتاج الكائنات الحية الأخرى بما فيها الإنسان، الى غاز الأوكسجين لأداء وظائفها الحيوية. وقد إقتضت الحكمة ان تتحرك مكونات هذا الهواء الأساسية، الأوكسجين والنتروجين وثاني أوكسيد الكربون، في دورات محكمة التنظيم تحفظ لخليط الهواء ثباته وإتزانته.

2- طبقة الستراتوسفير Stratosphere:

ويبلغ سمكها في المتوسط حوالي 50 كم وتمتد من 11-60 كم إرتفاعاً عن سطح البحر، وتمتاز بعدم حركة الهواء وقلة بخار الماء. وهي الطبقة التي يتجمع ويتولد فيها غاز الأوزون، وتسمى أحياناً بطبقة الأوزون Ozoneosphere. ويبدو ان سبب إرتفاع درجة الحرارة في هذه الطبقة هو إمتصاص الأشعة فوق البنفسجية لتشكيل الأوزون.

3-طبقة الميزوسفير Mezosphere:

ويبلغ سمكها في المتوسط حوالي 30 كم، وتمتد من 60-90 كم إرتفاعاً عن سطح البحر، وهي طبقة ذات وظيفة وقائية، إذ تحترق فيها وتتحول الى رماد كل الشهب والنيازك التي تضل طريقها وتقع في مصيدة الجاذبية الأرضية.

4-طبقة الثرموسفير Thermosphere أو الطبقة الأيونية Ionosphere:

وهي طبقة سميكة جداً يزيد سمكها عن 80 كم وتمتد من 90-170 كم تقريباً إرتفاعاً عن سطح البحر. الغازات فيها متأينة (على شكل ذرات مشحونة كهربائياً) بسبب تصادم جزيئات الغازات مع أشعة شمسية وكونية عالية الطاقة فتتأين. وهذا هو سبب إرتفاع درجة الحرارة في هذه الطبقة. ويذكر ان هذه الطبقة تؤثر على الموجات اللاسلكية فتعكسها الى الأرض، وبفضل ذلك يتم إنتقال الموجات الإذاعية القصيرة من مكان لآخر على سطح الأرض.

ثانياً:- العوامل الفيزيائية

Physical Factors

وتسمى أيضا بالعوامل المناخية (Climatic Factors) بسبب تعلقها بالظواهر المناخية أو لكونها تشمل المناخ الدقيق لمنطقة معينة وتشمل :-

A : درجة الحرارة Temperature

تعتبر الحرارة من العوامل المحددة Limiting factors في توزيع ووفرة الكائنات الحية في منطقة ما. إن درجة الحرارة يمكن أن تؤثر على أي طور من دورة حياة الكائن الحي وبذلك تؤثر على توزيع وانتشار الكائنات الحية من خلال تأثيرها على:

1.البقاء Survival

2.التكاثر Reproduction

3.النمو (التطور) (Growth (Development

4.قدرة تلك الحيوانات على التنافس ومقاومتها للأمراض.

هناك اختلافات كثيرة في توزيع درجة الحرارة في الكرة الأرضية وذلك بسبب عاملان مهمان هما :

1-الموقع بالنسبة لخطوط العرض : فالأشعة الشمسية القادمة إلى الأرض تسقط بشكل مائل عند القطبين وعموديا على مناطق خط الاستواء . فكمية الأشعة الشمسية الساقطة على منطقة ما في القطب تعادل تقريبا 40 % مما يسقط على مساحة مشابهة في منطقة ما في خط الاستواء

2-توزيع اليابسة والماء : فاليابسة والماء تمتص الحرارة بطرق مختلفة فلذلك ينتج اختلافات واضحة في درجة الحرارة حتى في خط عرض واحد .فاليابسة تمتص الحرارة بسرعة وتفقدتها بسرعة بخلاف الماء الذي يسخن ببطء ويبرد كذلك ببطء بسبب الخلط العمودي . فهناك اختلافات واضحة يومية وموسمية في درجة الحرارة في المناخ القاري .

تؤثر درجة الحرارة على تبخر المياه وتوفير الرطوبة في الهواء والتربة ، وعلى مستوى الكرة الأرضية تؤثر على ذوبان الجليد ويعتقد العلماء أن درجة حرارة الأرض قد ارتفعت ما بين (1-2°م) خلال الفترة (1880-1994) على الأقل في المنطقة الشمالية من المحيط الأطلسي فأدى ذلك الى انكسار حافات المحيط المنجمد الشمالي. ويعتقد علماء اليوم أن درجة حرارة الأرض هي في تزايد مستمر لأسباب تتعلق بالتلوث البيئي مما يسبب فيضان البحر على المناطق الساحلية بسبب ذوبان الجليد في المنطقتين القطبيتين (الشمالية والجنوبية).

هناك مدى حراري أمثل لكل نوع من أنواع الكائنات الحية ، ويُعرف عن النباتات أنها تتوقف عن البناء الضوئي عند ارتفاع أو انخفاض درجة الحرارة عن المدى الطبيعي لها ومن الطبيعي ان درجات الحرارة الطبيعية متفاوتة الى درجة كبيرة بين العشرات ولغاية (80-90 °م) . ألا ان الجزء المحصور ما بين (15-35 °م) هو المفضل لدى أغلب الكائنات الحية .

ان لكل كائن حي درجة حرارة مثلى *Optimum temperature* لنموه ومعيشته والتي يمكن تعريفها بأنها (أنسب درجات الحرارة والتي عندها يصل نشاط العمليات الحيوية في البروتوبلازم إلى درجة ذروته وهي تختلف من نوع لآخر تبعا للبيئة الأصلية التي يعيش فيها) . كما أن لكل نوع من الكائنات الحية درجة حرارة عليا مميتة وكذلك درجة حرارة سفلى مميتة وهي كذلك تختلف من نوع لآخر تبعا للبيئة الأصلية التي يعيش فيها وتلك الدرجات المميتة من الممكن أن تتغير موسميا فمثلا وجد أن درجة الحرارة العليا المميتة لبعض الأسماك 36 °م صيفا ولكنها تنخفض إلى 28 °م شتاء.

إن الكائنات الحية لها خياران للتعامل مع درجة حرارة الوسط إما :

قبول درجة الحرارة كما هي. 2. الهروب منها بواسطة تكيفات تطورية.

ولقد استطاعت الكائنات الحية بقدره الله تعالى التعامل مع درجة الحرارة العالية في الصحراء والتي تشكل ثلث اليابسة أو درجة الحرارة المنخفضة في القطب وذلك بتكيفات تطورية وسلوكية مكنها من التغلب على تلك الظروف القاسية . وبعض تلك التكيفات مكنتها من زيادة مجالها الجغرافي . فقد وجد العالم دارون ان للكائنات الحية مقدرة خاصة (فسيولوجية أو سلوكية) للتعامل مع تذبذبات الحرارة طالما تقع هذه التذبذبات ضمن الحالة المثالية. ويعتقد العلماء بأنه إذا ارتفعت درجة الحرارة عن الحد الأعلى لقدرة التحمل (أو إنخفضت) فإن هذه العوامل- الحرارة- سيصبح تدرجاً قاتلاً ويعرف بالعامل القاتل *Fatal factor* أو *Lethal factor* ولن تستطيع الكائنات الحية ان تتكيف معه، فتلجأ الى الإعتماد على

الإنتشار، الهجرة، أو أي سلوك آخر يمكن ان يقيها من التعرض لدرجة الحرارة المرتفعة او تفشل فتموت.

يعتبر تغير الحرارة عاملا مهما يتحكم في معدلات درجة الحرارة داخل جسم الكائن الحي لذلك هو بطبيعة الحال يتحكم في معدل نشاطه . إن ارتفاع درجة حرارة الجسم يزيد من التفاعلات المهمة للعمليات الحيوية داخل جسم الكائن الحي وانخفاضها يبطئ من سرعة تلك التفاعلات. وتوجد اختلافات بين الكائنات الحية وذلك فيما يخص العلاقات الكائنة بين درجة حرارة أجسامها ودرجة حرارة الوسط المحيط . ويمكن تقسيم الكائنات الحية عموما على هذا الأساس إلى الأقسام الآتية :

1- poikilotherms حيوانات متغيرة الحرارة

وهي حيوانات تتغير درجة حرارة أجسامها تبعا لتغير درجة حرارة الوسط المحيط بها وتعتبر جميع الحيوانات ماعدا الثدييات والطيور حيوانات متغيرة الحرارة .

2- homeotherms حيوانات ثابتة الحرارة

وهي حيوانات درجة حرارة أجسامها تبقى ثابتة حتى لو تغيرت درجة حرارة الوسط المحيط بها وتعتبر الحيوانات الثديية والطيور حيوانات ثابتة الحرارة وتلك الحيوانات لها أنظمة فسيولوجية أوتوماتيكية للاحتفاظ بدرجة حرارة الجسم ثابتة بالرغم من وجود درجة حرارة متغيرة في الوسط المحيط . هذه الأنظمة الفسيولوجية تختلف من حيوان لآخر ولكن النظام الأساسي متشابهها . فالاحتفاظ بدرجة حرارة الجسم عالية عند وجود درجة حرارة منخفضة في الوسط المحيط يتطلب زيادة في معدل الأيض (الذي يعني زيادة في إنتاج الحرارة) وكذلك ربما يتطلب وجود عازل حراري وتلك الحيوانات ثابتة الحرارة لها عادة جلد مغطى بالفراء أو الريش يعمل كعازل هوائي بين الحيوان والوسط المحيط . أما الاحتفاظ بدرجة حرارة الجسم منخفضة عند وجود درجة حرارة عالية فيتطلب تخفيض إنتاج الحرارة داخل الجسم وزيادة فقدان الحرارة من الجسم إلى الوسط المحيط بواسطة طرق مختلفة كتبخير الماء من الغدد العرقية أو اللهث .

إن النباتات والحيوانات متغيرة الحرارة ليس لها طرق فسيولوجية داخلية للاحتفاظ بدرجة حرارة ثابتة ولكن بعض الحيوانات متغيرة الحرارة تلجأ إلى الطرق السلوكية للتحكم في درجة حرارة أجسامها فمثلا إذا كانت

درجة الحرارة منخفضة فإنها تلجأ إلى القفز بكثرة لتوليد الحرارة أو تبقى في الشمس مدة طويلة وإذا كانت درجة الحرارة مرتفعة فإنها تبقى هادئة أو تذهب إلى الظل. وعندما تنخفض درجة الحرارة بشكل كبير فإن الحيوانات متغيرة الحرارة تصبح غير نشطة وتلجأ إلى البيات الشتوي أما تحت الأرض أو تحت الثلج فتأديا للظروف القاسية. غالبا هذه الحيوانات تقوم ببناء مواد كيميائية في سوائل أجسامها تعمل على تخفيض درجة تجمد سائل الجسم.

هناك مجموعة أخرى من الحيوانات وأغلبها حيوانات ثديية صغيرة الحجم استطاعت أن تجمع بين صفات الحيوانات ثابتة الحرارة ومتغيرة الحرارة فبذلك يطلق عليها الحيوانات متباينة الحرارة .Heterotherms

هذه الحيوانات هي أساسا ثابتة الحرارة ولكنها تبيت ببياتا شتويا فعندما يقترب الشتاء ويقل الغذاء تبحث عن ملجأ وتصبح متغيرة الحرارة فتنخفض درجة حرارة أجسامها. إن عملية البيات الشتوي في هذه الحالة تعتبر أكثر تنظيما من تلك الحيوانات متغيرة الحرارة أساسا فلو انخفضت درجة حرارة الوسط قرب التجمد فإن تلك الحيوانات متباينة الحرارة تعمل على إنتاج الحرارة وإذا استمرت في الانخفاض فإن تلك الحيوانات تستيقظ من سباتها وتصبح بالتمام ثابتة الحرارة. لقد كان الاعتقاد سابقا أن الطيور تبيت ببياتا شتويا ولكن هذا الاعتقاد تلاشى حيث اتضح أن الطيور تميل للهجرة وليس للبيات الشتوي وفي حالات نادرة وجد أن بعض الطيور تبيت ببياتا شتويا.

الضوء Light

يمكن تسميته بالإشعاع الشمسي حيث أن الضوء اللازم للنظم البيئية مصدره الشمس ويمثل مصدر الطاقة الوحيد بالنسبة إلى أغلبها ما عدا التي تعيش على التركيب الكيميائي. ويعد الضوء من العوامل البيئية الهامة إذ أنه مصدر الطاقة لجميع الكائنات الحية. وهو عبارة عن أمواج كهرومغناطيسية تصل سطح الأرض من الشمس. ويحتوي الإشعاع الشمسي على الضوء المرئي (بالنسبة للإنسان) الذي يتكون من موجات أطولها موجات الضوء الحمراء 600 – 780 نانومتر، وأقصرها البنفسجية 390 نانومتر. كما يحوي هذا الإشعاع على جزء غير مرئي تكون أطوال موجاته أقصر من البنفسجي كالأشعة فوق البنفسجية Ultraviolet أو أطول من الأحمر كالأشعة تحت الحمراء Infrared ولا يصل الأرض إلا جزء قليل من الأشعة فوق البنفسجية وذلك بسبب إمتصاصها بواسطة طبقة الأوزون تأتي تحيط بالغللاف الجوي. وإن ما يصل الأرض هو نحو 0.3% من مجموع الطاقة الشمسية فقط، حيث يمتص منه حوالي 0.04 بواسطة النباتات لتستهلك في عملية التركيب الضوئي، إلا أن هذا الجزء البسيط من الطاقة يقوم بتصنيع جميع المركبات العضوية والغذاء في البحر وعلى اليابسة.

من المعروف أن الضوء ضروري للحياة فهو مهم لعملية التمثيل الضوئي والتي يعتمد عليها النبات في صنع غذائه. يتحكم الضوء بفسلجة النبات ، كما يتحكم بسلوك النباتات فيؤثر على انتشارها في النظم البيئية . ان فترة الإضاءة وتناوبها مع الظلام وما يعرف بالدورة الضوئية (photo periodism) تؤثر على نشاط الأزهار للنباتات . وتستجيب النباتات الى الضوء بشكل عام بالاتجاه الى مصدره وهو ما يعرف (بالانتحاء الضوئي الموجب) كما هو الحال بالنسبة للساق والأوراق وقد يكون الانتحاء بالعكس ذلك فيعرف (بالانتحاء الضوئي السالب) . ويعود التحكم في هذه الحالات الى هرمونات نباتية خاصة . كما أن الضوء يؤثر على سلوك الحيوانات (سلوك التغذية ، التكاثر ، الهجرة ، الخ ..) حيث يستعمل الضوء كإشارة سلوكية لتوقيت بعض النشاطات الهامة كالتزاوج والهجرة، كما ينظم دورتها الفسلجية مثل تغيير لون الريش في الطيور أو ترسب الدهون في الجسم أو ذوبانها . ان بعض الحيوانات موجبة الاستجابة وبعضها سالبة الاستجابة للضوء حيث تنشط بشكل عام في الوقت الملائم لها ولو أن بعض العوامل الأخرى يمكن أن تؤثر على ذلك النشاط . فمثلا بعض الحشرات موجبة الاستجابة للضوء ولكنها تنشط ليلا وذلك ربما نتيجة لتأثير أحد العوامل الأخرى مثل درجة الحرارة خلال النهار.

C- الرطوبة Humidity

- الرطوبة (كالحرارة) عامل بيئي مهم في حياة الكائنات الحية الأخرى كما يتضح فيما يلي:
- a هناك علاقة واضحة بين نسبة الماء في جسم الكائن الحي والمحتوى المائي للوسط الذي يعيش فيه.
 - b تؤثر الرطوبة في الحيوانات البرية والأرضية وفي سلوكها وتنقلاتها ونشاطاتها الحيوية.
 - c تؤثر في معدل فقدان النباتات للماء (النتح) أو فقدان الحيوانات للماء (التبخر) وبالتالي تؤثر في دورة الماء في الطبيعة.
 - d تؤثر في توزيع الكائنات الحية الحيوانية والنباتية (وغيرها) في النظم البيئية المختلفة.

كما هو معروف فإنه يتوجب على الكائنات الحية أن تحتفظ بنسبة معينة من الماء في أجسامها فهذا لا بد من توازن بين أخذ الماء وفقده وبالتالي فإن عامل الرطوبة يعتبر مهما في توزيع الكائنات الحية فالرطوبة العالية تحد من انتشار كثير من الحيوانات . كما أن الرطوبة المنخفضة تحد من انتشار البعض الآخر وكما هو الحال في درجة الحرارة يتم ذلك من خلال تأثيرها على أي طور من أدوار الحياة وقد يشمل التأثير كلا مما يأتي :

البقاء - التكاثر - سرعة نمو الحيوانات وكذلك على مقدرتها على التنافس ومقاومة الأمراض الخ

إن التكيفات لمقاومة الجفاف موجودة بشكل جيد في الحيوانات والنباتات الأرضية وخاصة تلك التي تعيش في الصحاري وتلك التكيفات تمكنها من التعامل مع نظامين مهمين :
1- الاحتفاظ بالماء . 2- تفادي التعرض للجفاف .

لقد استطاعت الحشرات بالذات والتي تشكل حوالي 75 % من الكائنات الحية الأرضية من التغلب على تأثير عامل الرطوبة واستطاعت العيش في بيئات مختلفة لأن الأتوار المختلفة من حياتها تتطلب مستويات مختلفة من درجة الرطوبة النسبية وكذلك لامتلاك الحشرات طبقة كائتينية غير نفاذة للماء مما يقلل من تبخر الماء من أجسامها .
D- ومن العوامل البيئية الأخرى:

الرياح Winds والنار Fire والمناخ الدقيق Microclimate والكواشف البيئية Ecological indicators

توازن النظام البيئي Ecosystem Stability

بعض المصطلحات البيئية

An ecosystem's stability refers to its apparently unchanging nature over
Components of ecosystem stability include inertia (the ability to resist
Pollution is Quantitative or qualitative change in the components of
- تدهور البيئة: هو التأثير على البيئة بما يقلل من قيمتها أو يشوه من طبيعتها البيئية أو يستترف
- "بصمة القدم البيئية": (Ecological footprint) هي مقياس لمدى التأثير والضغط الذي يخلفه
- تقييم الأثر البيئي: هي الدراسة التي يتم إجراؤها لتحديد الآثار المحتملة أو الناجمة المشروع والإجراءات والوسائل المناسبة لمنع الآثار السلبية أو الحد منها وتحقيق أو زيادة المردودات الإيجابية للمشروع على البيئة بما يتوافق مع المقاييس البيئية المعمول بها.

تعالى: [وَحَلَقَ كُلَّ شَيْءٍ فَقَدَرَهُ تَقْدِيرًا].

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

البيئية الناتجة عن الوسط المحيط. كمثال على ذلك، النشاط العضلي، الذي يزيد من تركيز ثاني أكسيد الكربون ويقلل من مستويات الأوكسجين في الدم، وهذا يحفز الإسراع في نبضات القلب ومعدلات التنفس، مما يساعد على طرد ثاني أكسيد الكربون $2CO_2$ ، وأخذ الأوكسجين من الهواء، وعندما تعود مستويات الأوكسجين $2O_2$ و $2CO_2$ الى وضعها الطبيعي العادي، تعود أيضاً معدلات نبض القلب والتنفس الى الوضع العادي. وهكذا يبقى النظام في توازن ذاتي يعتمد على التغذية الراجعة لكي يسد إحتياجات الفرد الأيضية.

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

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

يقصد بتوازن النظام البيئي Ecosystem Stability or Ecosystem Homeostasis أو التوازن البيئي Environmental stability or Ecological Balance بأنه ميل النظام البيئي الى الأستقرار أو قدرته على العودة الى الوضع الأول بعد أي تغيير يطرأ عليه دون حدوث تغيير أساسي في مكوناته. وعندما نقول إن نظاماً بيئياً معيناً موجود في حالة توازن، نقصد أن مكوناته الحيوية (بشكل خاص) متكاملة الى أقصى حد أي أن تشكيلة الأنواع المختلفة من الكائنات فيه وعدد أفرادها يظلان ثابتين تقريباً. وأن النسبة الكميّة بين المنتجات من ناحية والمستهلكات من الناحية الأخرى تكاد لا تتغير طوال الوقت.

ومن جانب آخر فان هذا يعني أن هناك توازنا طوال الوقت في عمليات انتقال المواد والطاقة في الدورات الغذائية الأساسية والمسالك المتداخلة للطاقة داخل النظام البيئي.

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

يقوم النظام البيئي بتحقيق الاتزان الطبيعي بطريقتين:

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

مثال: المراعي والاعشاب تستطيع الى العودة الى ما كانت عليه بعد التعرض لحريق مثلا بسرعة اكبر من النظام البيئي الغابي. ويعنى هذا قدرته على التزاوج والتكاثر بكثرة وتعويض النقص في فترة قصيرة.

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

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

ان الانظمة البيئية اما ان تتصف بالمرونة واما ان تتصف بالمقاومة ونادرا ما تتصف بالميزتين معا. كما انظم البيئية لها القدرة على ان تؤدي قدرا معيناً من التنظيم الذاتى ضمن قدرة احتمالها كما ان قدرة

الكائنات الحية على التكيف Adaptation تلعب دوراً هاماً في اتزان النظام البيئي. وتختلف قدرة الكائنات الحية على التكيف وتعتمد على لياقة Fitness الافراد بحيث تعطي ذرية كبيرة مقاومة والذي ينتج نتيجة للانتخاب الطبيعي Natural selection وظاهرتي التطور Evolution والتعاقب البيئي Ecological succession (سوف يتم شرحها بالتفصيل لاحقاً).

اختلال التوازن البيئي Disruption

or Ecosystem imbalance

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

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



العوامل التي تؤدي إلى فقدان التوازن البيئي

١. العوامل الطبيعية: قد ينشأ الاختلال في توازن النظم البيئية

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

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

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

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

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

٢. النشاطات البشرية:

الانسان كائن متميز في البيئة، وهو يمثل أهم عامل حيوي في التأثير عليها وإحداث التغيير البيئي الذي يسبب الإخلال الطبيعي البيولوجي، بل هو أهم عنصر من عناصر الإستهلاك التي تعيش على سطح

الأرض. وقد أصبح الإنسان مشكلة البيئة فعلاً، فهو لم يترك نظاماً بيئياً دون أن يقتحم معاقله، بل لم يترك مكوناً من مكونات البيئة دون تعديل أو تغيير. لقد تدخل الإنسان بكل ما أوتي من قدرات بيولوجية فذة بالقوانين الطبيعية التي تحكم العلاقات والتفاعلات والدورات في الأنظمة البيئية، مؤدياً بذلك قدراتها على التجدد والإستمرار والتوازن. فالبيئة تنظم وتشكو من صنوف الأذى التي تلحق بها من تصرفات انسان وممارساته .

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

ما هي النشاطات البشرية التي أدت الى الأخلال
بالاتزان البيئي ؟

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

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

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

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

(2) الصيد الجائر للحيوانات والأسماك والطيور والرعي غير المراقب: ان صيد الحيوانات التي تشكّل غذاءً أو مصدرًا لموادّ مختلفة أدى إلى انقراض أنواع كثيرة منها كما أن أنواعا أخرى لا زالت مهددة

بالانقراض بما في ذلك الحيوانات الكبيرة كالنمور والأفيال التي يتم صيدها بأعداد هائلة وذلك باستخدام تقنيات الصيد الحديثة لاستخدامها في كثير من الصناعات أو لمجرد الهواية.

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

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

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

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

النوع الغازي: هو نوع يصل إلى منظومة بيئية لم يعيش فيها من قبل. عندما ينجح النوع الغازي في الانتشار بدون عوائق في المكان الجديد، فإنه ينجح في التنافس مع الأنواع المحليّة ولا توجد له أعداء طبيعية في المكان الجديد، وبالتالي سوف يؤثر على البيئة. ويعتبر خطر الأنواع الغازية كبيراً، لأنّ ضررها ليس فورياً. وقد يمرّ زمن حتى يكون الضرر ملموساً، وعندئذ يكون النوع الغازي قد ضرب جذوراً في المنطقة الجديدة، ولا يمكن التخلص منه.

مثال (1): تم ادخال سمكة قشر البياض Perch fish إلى بحيرة فكتوريا في أفريقيا، لتُشكّل مصدر رزق لسكان المنطقة. إلا أنّ هذه السمكة المفترسة أدّت إلى انقراض حوالي 350 نوعاً عاشت في البحيرة في الماضي، وألحقت ضرراً بمصدر رزق صيادي الأسماك.

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

مثال (3): بعد حفر قناة السويس والربط بين البحر الأبيض المتوسط والبحر الأحمر والمحيط الهندي، دخل قنديل البحر الخيطي المهاجر إلى البحر الأبيض المتوسط، وأدى إلى الإخلال باللاتزان البيئي في البحر الأبيض المتوسط. وأضر أيضاً ببعض أنواع الأسماك الصالحة للأكل، مما أضر بصيادي الأسماك، بالإضافة إلى الضرر الذي لحق بالذين يسبحون في البحر.

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

تلويث البيئة: (سوف يتم شرحه بالتفصيل لاحقاً)

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

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

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

مثال (4) تراكم موادّ الإبادة يضرّ مع الوقت بمخلوقات حيّة كثيرة. على سبيل المثال، ماتت في السننتين 2008-2009 عشرات مليارات من نحل العسل في الولايات المتحدة. انتشرت هذه الظاهرة إلى أماكن أخرى في العالم. بيّنت الأبحاث أنّ جهاز المناعة عند النحللات تضرّر، كما يبدو بتأثير موادّ الإبادة

الموجودة على النباتات التي تشكّل غذاءً للنحلّات. ضعف جهاز المناعة يتيح تكاثر كائنات حيّة مجهرية تسبّب الأمراض في جسم النحلّات. النحلّات هي الملقّحات الأساسية لمئات من أنواع الفواكه والخضروات والأزهار والجوز التي يزرعها الإنسان. ومن شأن الموت الواسع النطاق الذي يصيبها أن يؤدي إلى أضرار هائلة للزراعة ولإنتاج الغذاء في العالم.

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

بعض الاجراءات المهمة للحفاظ على التوازن الطبيعي:

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

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

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

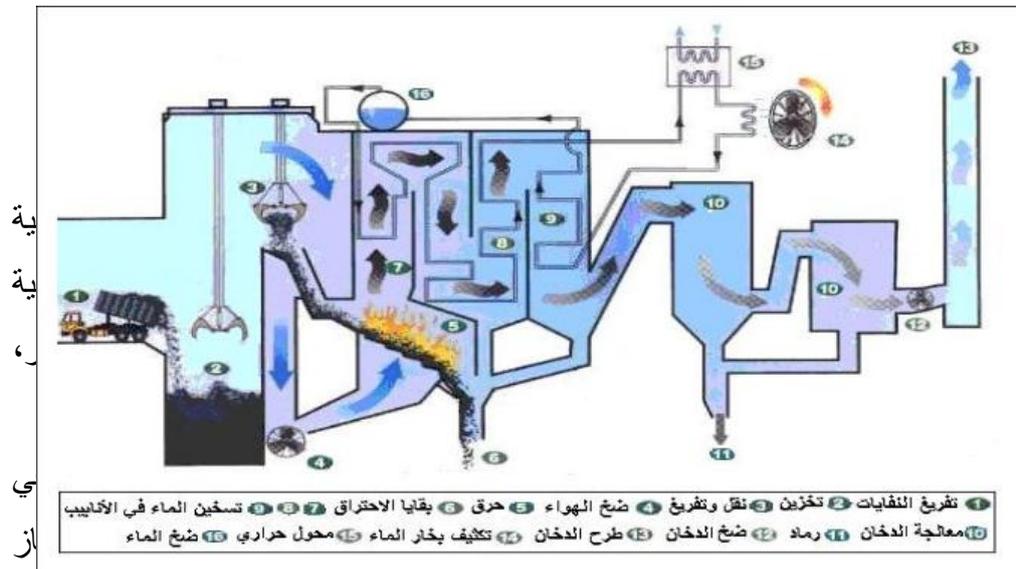
إنشاء محميات حيوانية للمحافظة على بعض الحيوانات من الانقراض وإحداث مساحات خضراء.

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

استخدام الطرق الحديثة للتخلص من النفايات مثل تقنية الطمر الصحي Sanitary Landfill وطريقة الترميد Incineration

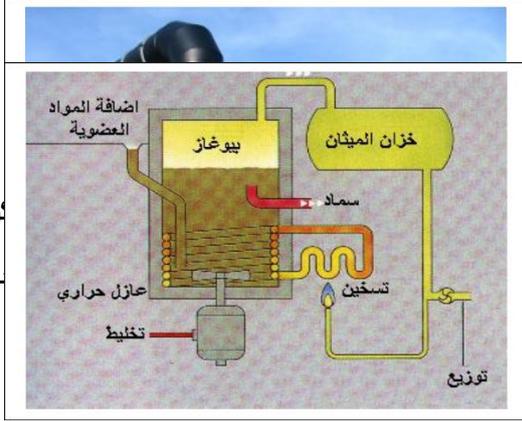
تقنية الطمر هي إحدى الطرق الحديثة لاحتواء النفايات الصلبة Solid wastes والحد من كمياتها، ويتم ذلك عن طريق تقليص حجمها ثم طمرها في حفرة حيث تكون هذه الحفرة ملائمة وموافقة لكمية النفايات المراد طمرها حيث توضع على حوافها وفي قاعها طبقة من الاسمنت ثم طبقة من البلاستيك الصلب من أجل تفادي تسرب المواد السائلة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

أما في طريقة الترميد فيتم حرق النفايات داخل أفران تحت درجة حرارة تقارب 1000° م، لتسخين الماء داخل أنابيب خاصة فينتج عنه بخار ماء يشغل محول لتوليد طاقة كهربائية تقدر بـ 258 KW لكل طن من المحروقات. وخلال هذه العملية تتم معالجة الأدخنة قبل طرحها في الهواء وذلك عن طريق ترشيحها من الغبار و المعادن الثقيلة، التي ترسل إلى محطات خاصة للطمر تراعي شروط السلامة البيئية.



أما أهم الشروط (1) أن تحفر الح والسطحية لاضمار الحالية والمخطط ثلوج) قليلة في الد استخدام المواد ال وسط لا هوائي

الميثان الذي يمكن استعماله كمصدر للطاقة. وأثناء هذه المعالجة تبقى بقايا عضوية يمكن استعمالها كسماد عضوي.



تنمية الثقافة البيئية عند الناشئة وسن القوانين التي تمنع ال
العامة ومنع الصيد في أوقات التكاثر ومنع قطع الأشجار
في غير الأماكن المخصصة لها.