التعاقب البيئي Ecological Succession

يعرف التعاقب البيئي بأنه :- التغير الحاصل في المجاميع السكانية لبيئة معينة بما يؤدي الى خلق مجتمعات إحيائية جديدة ووصولها الى حالة التوازن الديناميكي ثم اختفائها بعد فترة قد تطول وقد تقصر لتحل محلها مجتمعات أخرى بدلا عنها ، و يحدث التعاقب في أوساط مائية (برك ، مستنقعات ، انهار) (تعاقب مائي) ويحدث أيضا في الأوساط الصخرية وفي التربة (تعاقب جفافي) .

- **يدعى التعاقب الذي يظهر في الأرض الجرداء والتي لم يسبق ان احتلت من قبل أي مجموعة سكانية من الكائنات الحية بالتعاقب الابتدائي Primary Succession ويسمى المجتمع عندئذ بالمجتمع الرائد Pioneer .**
- **اما اذا ظهر التعاقب في ارض دمر فيها النظام الحياتي فيها بالكامل بسبب الكوارث الطبيعية فيسمى بالتعاقب الثانوي Secondary Succession حيث سبق وان احتلته مجموعة سكانية من الكائنات الحية وينتهي المجتمع الى حالة من التوازن الديناميكي مع ما يحيط به من العوامل البيئية وعندئذ يسمى مجتمع الذروة Climax Community .**

- **العوامل الداعمة للتعاقب البيئي:-**

١- توفر المياه.
٢- عامل الحرارة.
٣- عامل الرطوبة.
٤- عامل الضوء.
٥- عوامل المناخ و نوع التربة.
٦- طبوغرافية الأرض.
٧- عامل التنافس .

مراحل نشوء التعاقب

١-عملية التعرية و التجريد NUDATION STAGE

يحدث التجريد لأي نظام بيئي نتيجة للكوارث المدمرة مثل البراكين و الفيضانات والحرائق حيث تعمل على القضاء على إشكال الحياة فضلا عن الإنسان بممارساته المختلفة كالحفر و الحرق واستخراج الأحجار و التعدين حيث يعمل على تجريد او تعرية الأرض من الكائنات الحية .

٢- مرحلة الاجتياح INVATION STAGE

يقصد به وصول الأجزاء التكاثرية للأنواع المختلفة من الكائنات الحية ونجاحها في الانبات في البيئة الجديدة ، وتعد النباتات الأحياء الرائدة في هذا المجال وتتم عملية الاجتياح بثلاث مراحل هي :-

أ :- الهجرة Migration :- وصول الأجزاء التكاثرية إلى الأرض الجديدة بواسطة الهواء أو الماء أو الحيوانات .

ب:- التوطن Ecesis :- نجاح البذور في الإنبات و التكاثر في الأرض الجديدة .

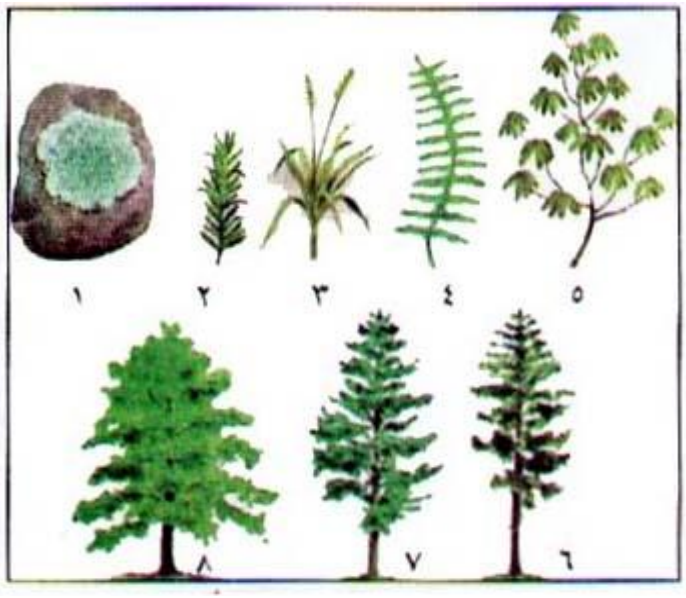
ج:- التجمع Aggregation :- التجمع بإعداد كبيرة في العارض الجديدة وهكذا يستمر الاجتياح معتمدا على قابلية الكائن الحي على الاستمرار في النجاح و التكاثر في الظروف البيئية الجديدة .

٣- مرحلة التفاعل و التنافس INTERACTION AND COPETITION STAGE

يحصل تنافس بين أفراد النوع الواحد بسبب الزيادة العددية في الأفراد وقد يحدث التنافس بين أفراد الأنواع المختلفة سواء التي تأتي إلى البيئة الجديدة أو تلك التي توجد فيها أصلا .

٤- مرحلة الاستقرار و الذروة STABILIZATION AND CLIMAX STAGE

عند نهاية التعاقب يصل المجتمع إلى مرحلة الاستقرار حيث تنشأ بين الكائنات الحية علاقات منسقة تبقي تركيب المجتمع ثابتا إلى حد ما ولا يعد هذا الاستقرار مرحلة سكون بل انه مرحلة توازن حركي مع المحيط .



التعاقب الأولي.

الأهمية البيئية لدراسة التعاقب و تطبيقاته:

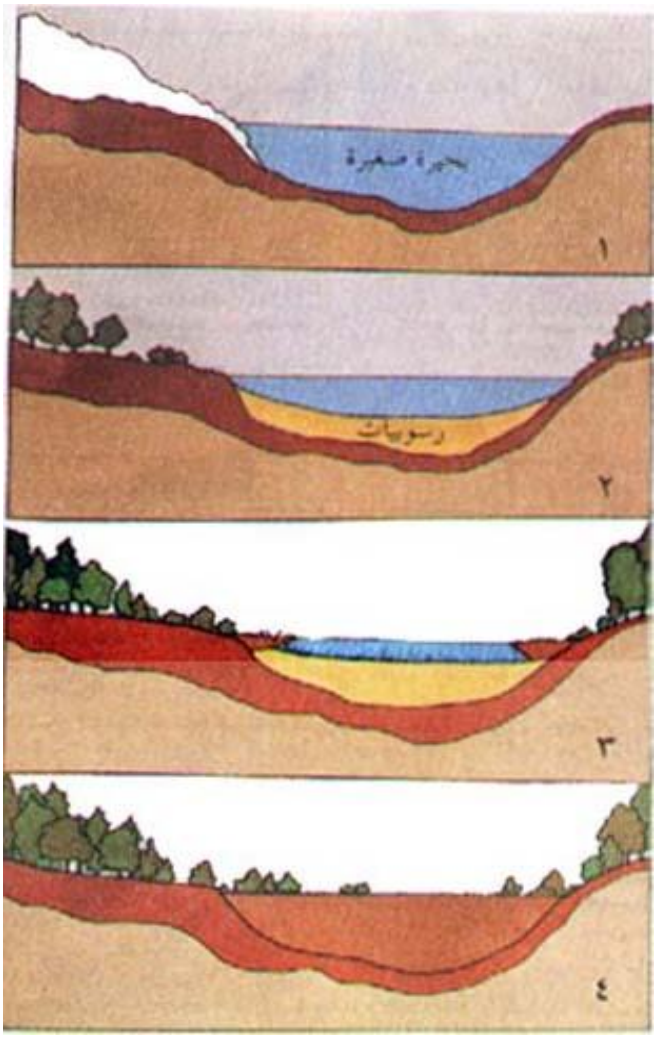
يحقق الأهداف البيئية التالية

١- يمكن من خلاله تشخيص الأنواع المنافسة القوية.
٢- يمكن تطوير نوعية السلاسل الغذائية عن طريق التعاقب الخلطي بإدخال الأنواع الكفء نسبيا.
٣- يمكن من خلالها إطالة عمر المسطحات من خلال العمل على تثبيط عمليات التعاقب ، و إزالة الأنواع سريعة الانتشار أو التحكم بمحتويات القاع المائي.
٤- يمكن الباحثين من تحديد أنواع الطفرات أو التغيرات البيئية و التركيبية و المظهرية بشكل دقيق من خلال معرفة العوامل البيئية الضاغطة.

٥- يساعد الباحثين في مجال تلوث المياه على تفادي الأخطاء في نتائج القياسات الكيميائية و قياسات التراكم الحيوي التي يقع فيها الباحثين الحيويين.
٦- يعطي فكرة للباحث عن عمر المجتمع الحيوي و الفترة الزمنية التي أحتاجها للوصول إلى أية مرحلة من مراحل التعاقب.
٧- العمل على زيادة انتشار الأنواع الطويلة العمر و العالية المقاومة البيئية للمحافظة على إدامة النظم البيئية أمام الظروف البيئية الحرجة.

التعاقب البيئي في الماء العذب Fresh Water Succession

تختلف أنماط في المياه العذبة تبعا لحجم المسطحات المائية وطبيعة حركة المياه فيها ، حيث تلعب عمليات التجمع التدريجي للطين (عملية التغرين) دورا مهما في إحداث التعاقب حيث إن تراكم المواد الطينية القادمة بواسطة الأنهار و الجداول يؤدي الى حالة التناقص تدريجي لعمق الماء مع الارتفاع التدريجي لمستوى طين القعر وعند ذلك يتعاقب ظهور النباتات المغمورة بنباتات ذوات الأوراق الطافية والتي تستبدل بمجتمعات المستنقعات التي تتميز بنباتات البردي و التي لها أوراق و سيقان هوائية بينما تكون جذورها مائية وبعد عدة سنوات يمكن لهذا المجمع المستنقعي ان يكون غابة .



خطوات التعاقب بيئي في بحيرة صغيرة

التعاقب الدقيق Micro Succession

ينطبق التعاقب الدقيق عل المجتمعات الصغيرة جدا ومن ابسط أشكال التعاقب الدقيق ما نجده عند إضافة ماء بركة محتوي على خليط من الابتدائيان إلى وسط غذائي مع ماء تبن حيث سيلاحظ استمرار التعاقب الدقيق للأحياء الابتدائية إذ يصل البرامسيوم و الاميبا الى قمة التعداد الجماعي .

الجماعة السكانية Population

تعرف الجماعة السكانية على أنها مجموعة من الأفراد Individuals تنتمي الى نفس النوع Species تشغل موطن بيئي معين في وقت معين ، ولها خصائص يمكن التعبير عنها رياضياً.
لقد استخدم المصطلح Population في بادئ الأمر للتعبير عن الجماعة السكانية البشرية (السكان) ثم تطور استخدامه ليشمل كافة الكائنات الحية الأخرى، والمقصود بالتعبير عن خصائص الجماعة السكانية رياضياً بأن تلك الخصائص ذات طبيعة إحصائية أي قابلة للقياس أو تكون بشكل نسب أو معدلات مثل الكثافة والولادات والوفيات والنمو وأنظمة التوزيع والانتشار. وتتكون الجماعات السكانية نتيجة للتكاثر أو بالانتقال عن طريق الهجرة أو بفعل عوامل خارجية كالرياح أو تيارات المياه وغيرها.
العنصر الأساسي أو الخاصية الأساسية للجماعة السكانية هو الكثافة Density.

الكثافة Density:

تعرف الكثافة في علم البيئة على أنها معدل أو متوسط عدد أفراد الكائنات الحية أو كتلتها الحية في وحدة المساحة أو وحدة الحجم. واعتماداً على طبيعة الكائن الحي وسلوكه، هناك نوعين من الكثافة.

1. **الكثافة المطلقة Absolute Density**: هي عدد أفراد الجماعة السكانية الذي يقاس أو يقدر بصورة مباشرة، أي بالتعامل مع أفراد الجماعة السكانية.

2. **الكثافة النسبية Relative Density:** هي كثافة السكان التي تقدر بصورة غير مباشرة عند عدم توفر إمكانية التعامل مع الأفراد مباشرة، مثل تقدير كثافة الحيوانات نسبة لما تتركه من أثار على الأرض كأثر الأقدام أو حفرها للثقوب والأنفاق أو أعشاش الطيور وغيرها، أو تركها للمخلفات كالقرون أو الأظلاف.

طرق تقدير الكثافة Density Estimation Methods:

تتباين طرق قياس أو تقدير كثافة الجماعات السكانية بشكل كبير، حيث تعتمد تلك الطرق على طبيعة الكائن الحي مثل حجم الجسم وقابلية الحركة وتوزيع وانتشار الأفراد وغيرها من العوامل.

فطريقة حساب كثافة البكتريا ليست هي كما في قياس كثافة اللافقريات، وطريقة تقدير كثافة النباتات ليست كطريقة تقدير الأسماك والطيور وهكذا.

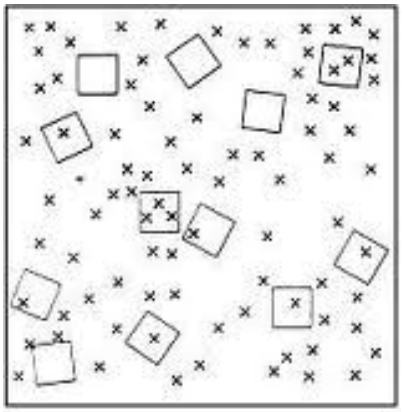
ومن أهم طرق قياس أو تقدير كثافة الجماعة السكانية هي:

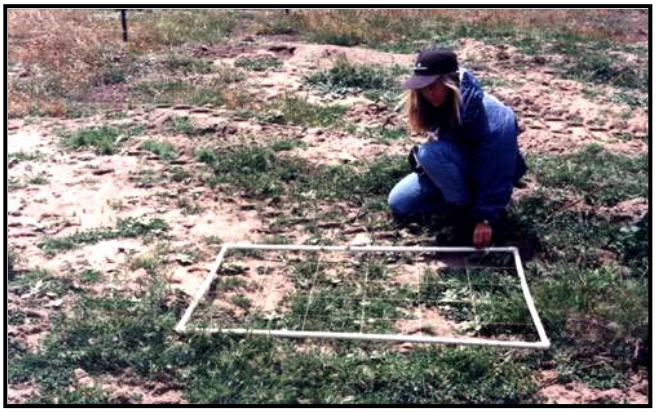
1. **طريقة العد الكلي Total Count Method:**

تستخدم هذه الطريقة لقياس كثافة الكائنات الحية التي تكون أفرادها قابلة للعد وكبيرة الحجم وواضحة كالنباتات في البيئة اليابسة والنباتات المائية في السواحل والبيئات الضحلة من الأجسام المائية. كما وتستخدم كذلك لتقدير كثافة الحيوانات التي يمكن عد أفرادها بشكل مباشر.

2. **طريقة المضلعات Quadrates Method:**

تستخدم هذه الطريقة لتقدير كثافة الكائنات الحية الساكنة كالنباتات والمحدودة الحركة كالافقريات ذات الحركة البسيطة المسيطر عليها، والتي تكون أعدادها كبيرة جداً غير قابلة للعد المباشر، حيث تعتمد هذه الطريقة على أسلوب أخذ العينات Sampling بصورة عشوائية، ويقصد بالمضلعات هو حصر موطن الكائن بوحدات معينة من المساحة أو الحجم. وان حجم المضلع يتم اختياره وفق طبيعة الكائن الحي وخاصة ما يتعلق بحجمه وارتفاعه. تصنع المضلعات كإطارات خشبية أو معدنية أو بلاستيكية بشكل هندسي قياسي، وفي الغالب يكون مربع أو مستطيل كما في الصورة أدناه.





طريقة المضلعات Quadrate Method

إن طريقة المضلعات هي الأكثر استخداماً في الدراسات المتعلقة بتقدير كثافة الكائنات الحية في البيئية اليابسة وكذلك في البيئات القاعية من الأجسام المائية. ومن الشروط الواجب توفرها في استخدام هذه الطريقة هي:

1. أن يكون حجم المضلع يتلائم وحجم الكائن الحي المراد تقدير كثافته.
2. أن تكون عملية رمي المضلع بشكل عشوائي بعيدة عن التحيز.

ومن خلال عد الأفراد في عدد من المضلعات يحسب المتوسط الحسابي ومن ثم تقدر الكثافة في وحدة مساحة قياسية. وأن عدد المضلعات الواجب أخذها لتمثيل السكان يعتمد على طبيعة انتشار الأفراد وعلى مستوى الدقة المطلوبة لتقدير الكثافة وهذا ما سنتناوله في الجانب العملي من هذا المقرر.

3. طريقة الخط المستعرض Line Transects Method:

طريقة الخط المستعرض تستخدم للنباتات العشبية وخاصة ما يتعلق بدراسة التركيب النوعي للمجتمع النباتية، فتقدير الكثافة بهذه الطريقة لا يكون دقيقاً وإنما يعطي صورة أولية لحجم السكان، لذلك فهي لا تعتمد في الدراسات المتعلقة بكثافة الأنواع وإنما في الدراسات المتعلقة بالتركيب النوعي للمجتمعات.

4. طريقة الصيد والتعليم ثم الصيد Capture Recapture Method:

تسمى هذه الطريقة أيضاً بـ Lincoln-Peterson Method نسبة للعالمين لنكولن وبيترسون الذين جاءوا بها، وتستخدم لتقدير كثافة الحيوانات نشطة الحركة في البيئات المغلقة أو شبه المغلقة كالأسماك في البيئة المائية وحيوانات الحياة البرية Wildlife مثل الغزلان والفهود والحمار الوحشي وغيرها. وتتلخص هذه الطريقة بصيد عينة من الحيوانات وتأشيرها بعلامات ثم إطلاقها إلى البيئة، على أن تنتشر فيها بشكل طبيعي ومن ثم إعادة صيد مرة ثانية، حيث تظهر لنا في الصيد الثاني أفراد معلمة وأخرى غير معلمة وتقدير الكثافة من خلال نسبة الحيوانات المعلمة إلى حجم السكان الكلي:

$$\frac{\text{عدد الحيوانات المعلمة في الصيد الأول (M)}}{\text{الكثافة الكلية للجماعة السكانية (N)}} = \frac{\text{عدد الحيوانات المعلمة في الصيد الثاني (R)}}{\text{عدد الحيوانات المعلمة وغير المعلمة في الصيد الثاني (n)}}$$

وتحسب كثافة الجماعة السكانية وفق المعادلة التالية:

$$N = [M * n] / R$$

N = كثافة الجماعة السكانية.

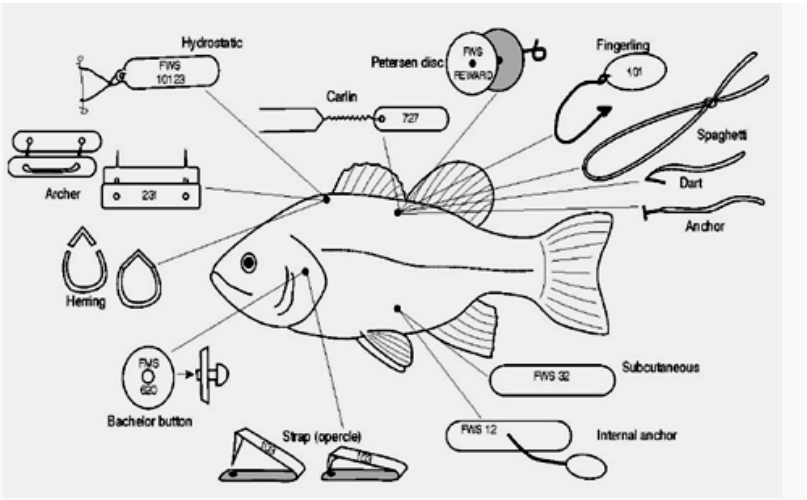
M = حجم الصيد الأول (عدد الحيوانات المصطادة في الصيد الأول).

R = عدد الحيوانات المعلمة في الصيد الثاني.

n = العدد الكلي للصيد الثاني (الحيوانات المعلمة + الحيوانات غير المعلمة).

ومن الشروط الواجب توفرها باستخدام هذه الطريقة ولتقليل الخطاء قدر الإمكان في تقدير الكثافة هي :

1. أن تكون البيئة مغلقة أو شبه مغلقة كي لا تحصل عمليات هجرة خارج وداخل الجماعة السكانية خلال الدراسة.
2. يجب أن تكون عملية جمع العينات عشوائية.
3. جميع أفراد الحيوانات لها نفس احتمالية الصيد.
4. أن لا تؤثر العلامات على نشاط الحيوان وتوضع في أماكن تؤمن ذلك وأن لا تفقد قبل الصيد الثاني، وأن تتوزع وتنتشر الحيوانات بعد إطلاقها ثانية إلى البيئة انتشاراً طبيعياً..
5. يجب أن تكون الفترة الزمنية بين الصيد الأول والصيد الثاني قصيرة جداً، وأن لا تأخذ عملية تعليم الحيوانات وقتاً طويلاً وذلك لتفادي حصول تغير في الجماعة السكانية نتيجة للولادات والوفيات.



وضع العلامات على أجسام الأسماك

خصائص الجماعة السكانية Population Properties:

تصنف خصائص الجماعة السكانية إلى مجموعتين من الخصائص وهما الخصائص الأولية والخصائص الثانوية.

1. الخصائص الأولية Primary Population Properties:

وهي الخصائص ذات التأثير المباشر على التغيرات التي تحصل في كثافة الجماعة السكانية.

(أ)- نسبة الولادات Natality Rate

وهي معدل ما تنتجه الجماعة السكانية من أفراد جديدة (ذرية) Offspring في وحدة الزمن. وهناك نوعين من الولادات:

1. **الولادات الفسيولوجية Physiological Natality** وتسمى أيضاً بالولادات القصوى Maximal Natality وهي الولادات التي تحصل تحت الظروف البيئية المثلى، أي بحالة عدم وجود عوامل محددة Limiting Factors تحدد الكائنات الحية من التكاثر.
2. **الولادات البيئية Environmental Natality** وتسمى أيضاً بالولادات الدنيا Minimal Natality وهي الولادات التي تحصل تحت الظروف البيئية السائدة، أي بوجود عوامل محددة.

(ب)- نسبة الوفيات (الهلاكات) Mortality Rate

وهي معدل ما تفقده الجماعة السكانية من أفراد نتيجة الموت الطبيعي أو نتيجة المرض أو الافتراس في وحدة الزمن. وهناك أيضاً نوعين من الوفيات:

1. **الوفيات الفسيولوجية Physiological Mortality** وتسمى أيضاً بالوفيات الدنيا Minimal Mortality وهي الوفيات الطبيعية التي تحصل تحت الظروف البيئية المثلى، أي نتيجة لطول العمر (التعمير) Longevity بدون أن يكون تأثير للعوامل البيئية.

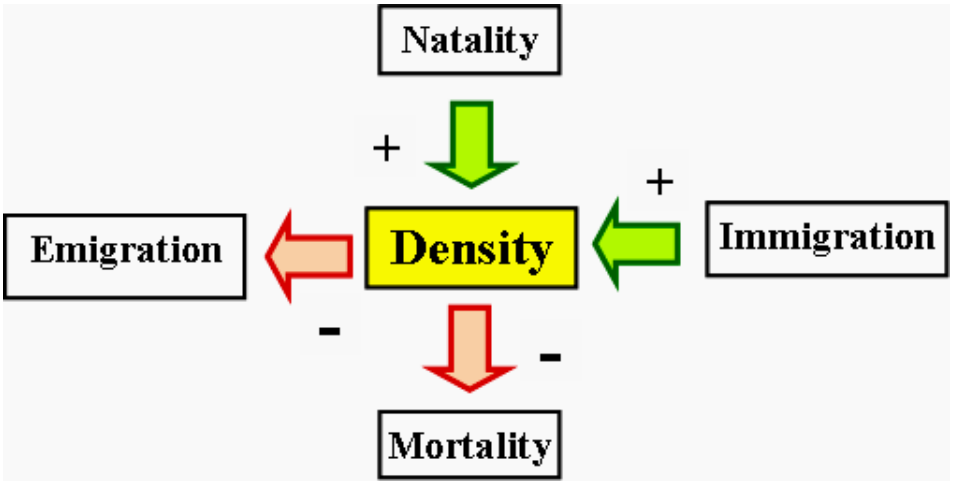
2. **الوفيات البيئية Environmental Mortality** وتسمى أيضاً بالوفيات القصوى Maximal Natality وهي الوفيات التي تحصل نتيجة التعمير وكذلك تلك الناتجة بفعل العوامل المحددة.

(جـ)- الهجرة الداخلة (الاستيطان) Immigration

وهي حركة أفراد من خارج الجماعة السكانية إلى داخلها والتي تؤدي إلى زيادة كثافتها.

(د)- الهجرة الخارجة (الاغتراب) Emigration

وهي حركة أفراد من داخل الجماعة السكانية الى خارجها، أي نزوح بعض الأفراد مما يؤدي إلى خفض كثافة الجماعة السكانية.

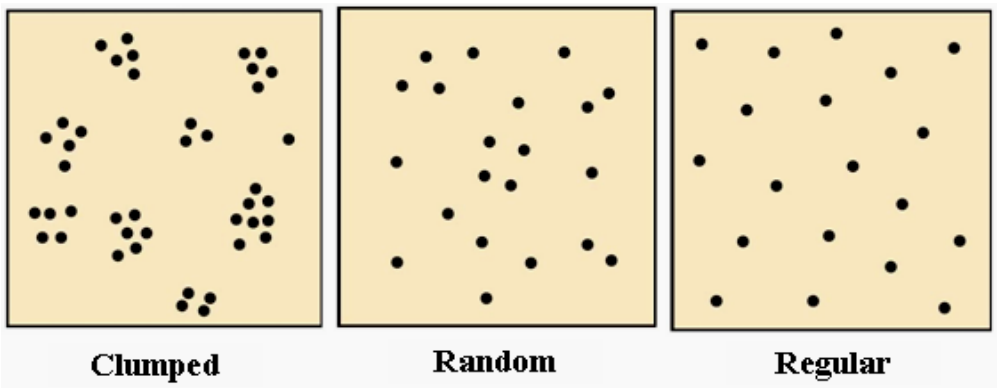


2. الخصائص الثانوية Secondary Population Properties:

للجماعة السكانية خصائص ثانوية تميزها عن الجماعات السكانية الأخرى، تتمثل بالتوزيع المكاني وتوزيع الأعمار والنسب الجنسية، كما وللجماعة السكانية خصائص ثانوية أخرى كالتركيب الوراثي والملائمة Fitness والإقليمية غيرها.

(أ)- التوزيع المكاني للسكان Population Spatial Distribution:

تتوزع الأفراد التي تكون جماعة سكانية معينة في المكان بأنماط مختلفة تعكس ردود فعل هذه الأفراد تجاه التأثيرات الخارجية المختلفة مثل البحث عن الماء والغذاء أو ظروف فيزيائية معينة أو نتيجة التنافس أو خوفاً من للتنافس. من وجهة النظر الإحصائية هناك ثلاثة أنماط للتوزيع اعتماداً على العلاقة بين التباين Variance في عدد الأفراد ضمن الموطن والمتوسط الحسابي لتلك الأعداد فهي كل من التوزيع بشكل **تجمعات** والتوزيع **العشوائي** والتوزيع **المنتظم**.

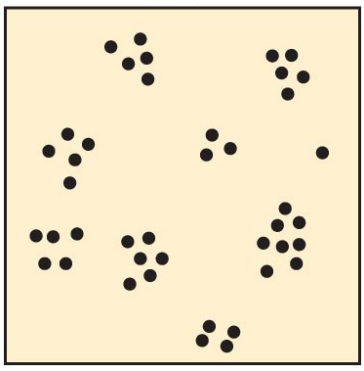


والنوع الأخير (التوزيع المنتظم) مستبعد في الطبيعة، إلا أذا تدخل الإنسان في توزيع الكائنات الحية.

1. التوزيع ألتجمعي Clumped Distribution:

تميل معظم الكائنات الحية أن تتوزع بشكل تجمعات، نتيجة للتباين في مصادر أو موارد الحياة، وعلى سبيل المثال نرى أن التجمعات السكانية البشرية تتركز قرب الأنهار وكما هو الحال في العراق نلاحظ معظم المدن تقع قريبة من ضفاف نهري دجلة والفرات. وهكذا فأن الكائنات الحية تتجمع في مواقع توفر مصادر استمرارها بالحياة من ماء وغذاء وغيرها من العوامل البيئية التي تكون ملائمة لتلك الكائنات الحية. وكذلك يعود تجمعها إلى عوامل اجتماعية Social Factors مثل الشعور بالقوة لمجابهة الأعداء.

في هذا النوع من التوزيع يكون التباين Variance (S^2) أكبر معنوياً من المتوسط الحسابي Mean ($\bar{x}$) كما في الشكل:



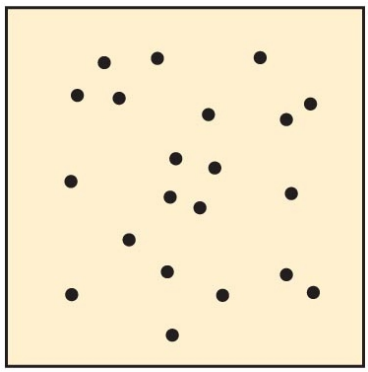
$$S^2 > \bar{x}$$

عند اتخاذ الجماعة السكانية لهذا النمط من التوزيع، فأن تقدير الكثافة لها يكون أكثر تعقيداً ويحتاج إلى جهد أكبر ووقت أطول وذلك لكونه يتطلب عدد أكثر من العينات

للوصول إلى المستوى المطلوب في تقدير الكثافة وذلك لأن عدد العينات يرتبط بشكل مباشر بتباين العينات.

2. التوزيع العشوائي Random Distribution:

في هذا النوع من التوزيع يكون التباين يكون التباين Variance (S^2) مساوي تقريباً للمتوسط الحسابي Mean ($\bar{X}$) كما في الشكل:

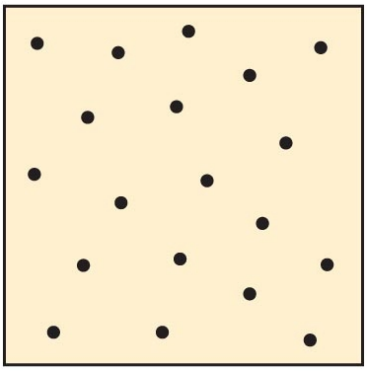


$$S^2 \simeq \bar{x}$$

هذا النمط من التوزيع لا يحتاج عدد كبير من العينات فتقدير كثافة الجماعة السكانية يكون أسهل بكثير مما هو عليه في التوزيع ألتجمعي.

3. التوزيع المنتظم Regular Distribution:

وكما ذكرنا سابقاً فأن هذا النمط من التوزيع لا يحصل في الطبيعة إلا بتدخل الإنسان كقيامه بزراعة بساتين النخيل والحمضيات حيث يترك مسافات متساوية تقريباً بين شجرة وأخرى، وبهذا يكون التباين Variance (S^2) أصغر معنوياً من المتوسط الحسابي Mean ($\bar{X}$).



$$S^2 < \bar{x}$$

كما ويمكن التعرف على نظام أو نمط توزيع أفراد الجماعة السكانية من خلال معامل الانتشار Index of Dispersion الذي يرمز له بالحرف (I) وهو عبارة عن نسبة التباين للمتوسط الحسابي.

$$I = S^2 / \bar{X}$$

I > 1 ⟶ Clumped Dispersion

I ≃ 1 ⟶ Random Dispersion

I < 1 ⟶ Regular Dispersion

لقد أشرنا سابقاً بأن الفرق بين التباين والمتوسط الحسابي يجب أن يكون فرقاً معنوياً من الناحية الإحصائية، وكذلك يجب أن يكون معامل الانتشار Index of Dispersion يزيد أو يقل عن القيمة واحد (1) معنوياً أيضاً. ولإثبات معنوية الفرق يجب أن نجري اختباراً إحصائيا بسيطاً يتمثل بحسابنا لقيمة مربع كاي Chi-square (χ^2) ونقارنها بتلك المجدولة في الجداول الإحصائية القياسية.

$$\chi^2 = I\,(n-1) \qquad \text{or} \qquad \chi^2 = (S^2/\bar{x})\,(n-1)$$

تسمى قيمة χ^2 هنا بالقيمة المحسوبة Calculated Value التي تقارن بالقيم المجدولة للـ χ^2 التي تسمى بالـ Tabulated Value ، فإذا كانت القيمة المحسوبة أكبر من القيمة المجدولة فأن الفرق معنوي. أما أذا كان العكس فإن الفرق غير معنوي. وهكذا نستطيع الحكم بصورة نهائية عن نظام أو نمط توزيع الأفراد داخل الجماعة السكانية.

علم البيئة Ecology

نبذة تاريخية:

إن لعلم البيئة Ecology جذور عميقة في التاريخ الطبيعي، فمنذ أن بدأ الإنسان التأثر بالعوامل البيئية، كتحسسه للتغيرات في درجة الحرارة وأشعة الشمس واحتمائه تحت ظلال الأشجار وبحثه عن الغذاء' فأخذ يعرف متى وأين يجد متطلبات حياته.

وفي الحضارات القديمة نجد أن البابليون والمصريون والبابليون قد اهتموا في الظواهر التي تحل بالحيوانات كهجرة الجراد وغيرها من الحالات التي تسببها الحيوانات، وأخذوا يبحثون عن أسباب تلك الظواهر.

وقد كان للعلماء العرب المسلمين دوراً رياديا في التأسيس لعلم البيئة ومن بين أهم هؤلاء العلماء:

١. **الجاحظ** (١٦٣-٢٥٥هـ): ألف كتاب الحيوان الذي تضمن تسمية الحيوانات وتصنيفها إلى الأنواع والأجناس. وكتب فيه أيضاً عن نمو الحيوانات وسلوكها، بالإضافة إلى بيان مواطن الحيوانات والعلاقات المتبادلة بينها. والجاحظ هو أول من أجرى التجارب العملية حول الحيوانات، وهو أول من أشار إلى أسلوب المكافحة الحيوية فقد جمع الذباب مع البعوض في غرفة واحدة وتوصل إلى البعوض يختفي بوجود الذباب.
٢. **كمال الدين الدميري** (٧٤٢-٨٠٨هـ): مؤلف كتاب "حياة الحيوان الكبرى" الذي جمع أسماء الحيوانات البرية والبحرية، وتضمن بيئة الحيوان وطباعه وغذاءه بطريقة علمية اعتمدت على المشاهدة والتجربة.

٣. **ابن مسكويه** (توفي عام ٤٢١هـ): الذي تناول في كتابه "الفوز الأصغر" تقسيم الكائنات الحية إلى مراتب. وتضمن كتابه الأخر "تهذيب الأخلاق" تسلل الكائنات الحية من ناحية قوة الفهم والإدراك.

٤. **ابن سينا** (٣٧٠-٤٢٨هـ): الذي تناول في كتابه "الشفاء" كيفية تكون المستحثات واستخدام الأحافير البحرية (الأصداف) للدلالة على أن أجزاء من الأرض كان يغمرها البحر في سالف الأزمان وتحدث عن الحيوان والنبات.

٥. **الأصمعي** (١٢٢-٢١٦هـ): الذي قام بدراسة سلوك الجراد ومراحل نموه وله مؤلفات عديدة ذات الصلة بعلم البيئة مثل كتاب "خلق الفرس" وكتاب "الخيل" وكتاب "الإبل" وكتاب "الشاة" وكتاب "الوحوش" وكتاب "النبات والشجر".

٦. **ابن البيطار** (توفي عام ٦٤٦هـ): وهو أبرز علماء النبات الذي تناول دراسة نمو النبات والعوامل المؤثرة في نموه.

وهكذا فقد أرسى العلماء العرب المسلمين أسس علم البيئة. وقد تناسى علماء الغرب في كتاباتهم هذا الجهد العظيم للعلماء العرب المسلمين في علم البيئة والذي كان في الفترة ما بين (٨٤٠-١٤٠٠م) التي كانت تتصف بالركود في علم الحيوان والنبات والبيئة بالنسبة للحضارات الأخرى.

ونتابع نظرتنا التاريخية لنقف عند الحضارة الغربية وإسهاماتها في دراسة البيئة، فقد بدأت المحاولات العلمية الجادة في الفكر الغربي لدراسة علم البيئة في نهاية القرن الثامن عشر، وذلك بعد أن قام العالم الفرنسي دومر (١٦٨٣-١٧٧٥م) بدراسة التاريخ الطبيعي للحشرات والذي احتوى على قسم كبير من المعلومات البيئية.

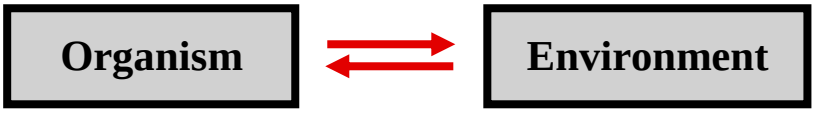
وفي بداية القرن العشرين ظهرت مجموعة من البحوث التي قام بها علماء البيئة من النواحي السكانية والجماعية، وأخذ علم البيئة بالتطور السريع، ونشرت بعض الكتب والمراجع البيئية منها: مبدأ البيئة الحيوانية عام (١٩٤٩م) والتجمعات الطبيعية عام (١٩٥٢م)، وهذا الأخير عالج مشكلة المجتمع عن طريق العوامل الفيزيائية والإقليمية والغذائية، وقد تشكلت جمعيات ومدارس بيئية مختلفة، حيث كان كليمنت وغيره من رواد المدرسة الأمريكية، ودوري وروسيل من رواد المدرسة البيئية الفرنسية، كما ساهمت المدرسة الروسية بدراسات بيئية هامة.

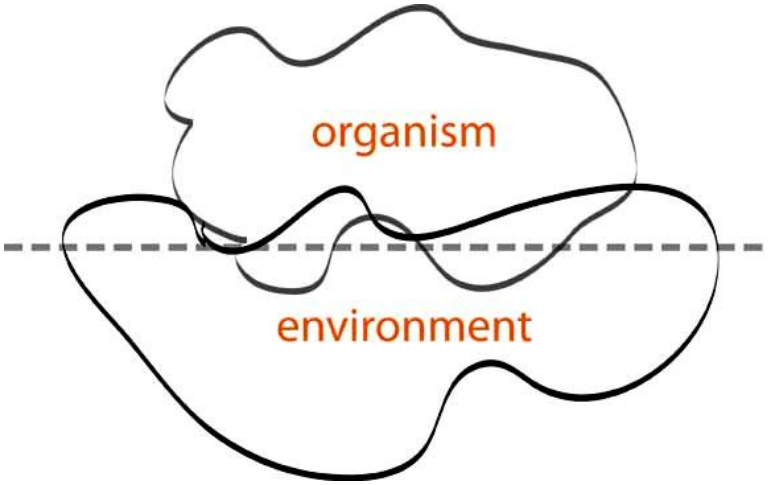
معنى كلمة بيئة العربية:

إن كلمة بيئة في اللغة العربية مشتقة من الفعل الثلاثي بَوَأَ، ونقول تبوأ المكان أي نزل وأقام به. وقد ذكرت بقول الله سبحانه وتعالى [**وَاذْكُرُوا إِذْ جَعَلَكُمْ خُلَفَاءَ مِنْ بَعْدِ عَادٍ وَبَوَّأَكُمْ فِي الْأَرْضِ تَتَّخِذُونَ مِنْ سُهُولِهَا قُصُورًا وَتَنْحِتُونَ الْجِبَالَ بُيُوتًا فَاذْكُرُوا آَلَاءَ اللَّهِ وَلَا تَعْثَوْا فِي الْأَرْضِ مُفْسِدِينَ**] (سورة الأعراف، الآية ٧٤). وكذلك قوله تعالى [**وَإِذْ بَوَّأْنَا لِإِبْرَاهِيمَ مَكَانَ الْبَيْتِ أَن لاَّ تُشْرِكْ بِي شَيْئًا وَطَهِّرْ بَيْتِيَ لِلطَّائِفِينَ وَالْقَائِمِينَ وَالرُّكَّعِ السُّجُودِ**] (سورة الحج ، الآية ٢٦).

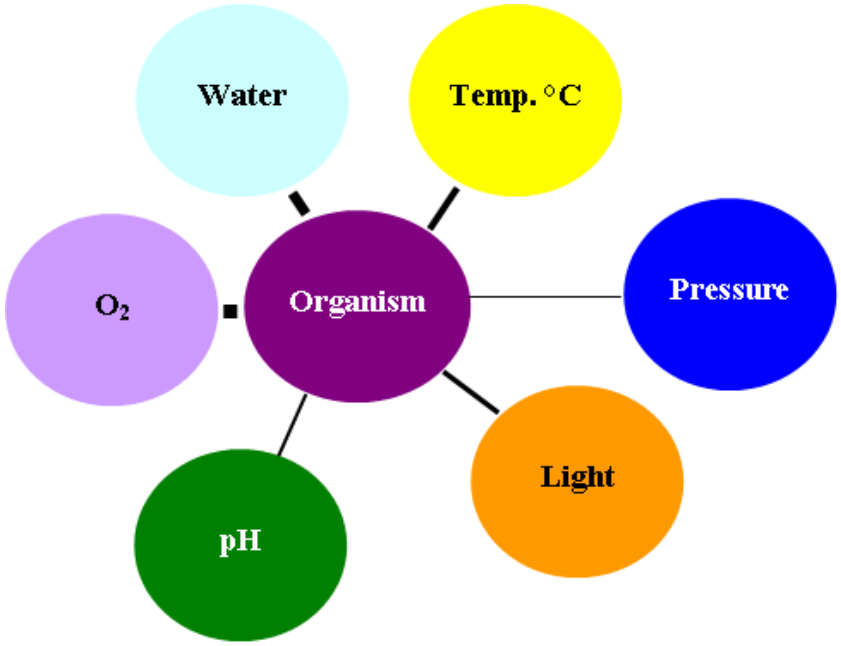
البيئـــة Environment

البيئة وكما أسلفنا هي المكان أو الحيز الذي يسكنه الكائن الحي والذي تتوفر فيه مصادر عيشه من الماء والغذاء والعوامل الفيزيائية والكيميائية. وان الكائن الحي يؤثر ويتأثر ببيئته.





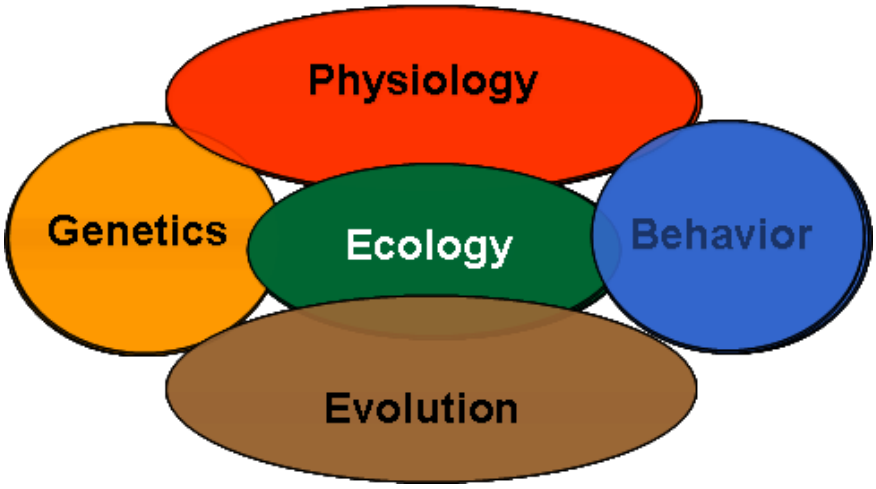
وأن الكائن الحي يرتبط بمكونات بيئته بروابط وعلاقات متباينة. فمثلاً يرتبط بالأوكسجين بعلاقة قوية حيث لا يستطيع العيش عند انخفاض تركيزه، بينما تكون علاقته مع الضغط الجوي ضعيفة أي تأثره ضعيف نظراً لمحدودية التباين في هذا العامل في البيئة التي يقطنها، وهكذا بالنسبة للعوامل البيئية الأخرى.



علم البيئة Ecology

إن مصطلح الايكولوجي Ecology ، مشتق من المصطلح الإغريقي Oikologie الذي أقترحه عالم الحيوان الألماني أرنست هيكل Ernest Haeckel عام ١٨٦٩ والتي تعني علاقة الحيوان مع المكونات العضوية واللاعضوية أي الحية وغير الحية في البيئة. وأن أصل هذه الكلمة مشتق من المقطع اليوناني Oikos الذي يعني مكان أو منزل الإقامة، أما الشق الثاني Iogie فهو يعني علم logy.

لقد أثار تعريف هيكل لعلم البيئة ردودا من قبل الباحثين والعلماء وتساءلوا إذا كان هذا هو تعريف علم البيئة فإنه ليس هناك شيء يدرس في علوم الحياة ليس ضمن علم البيئة. وذلك لوجود صلة بين هذا العلم وعلوم بيولوجية أخرى وأهمها علم الوراثة ، التطور ، علم وظائف الأعضاء (الفسيولوجي) وكذلك علم السلوك.



وبناءاً على تلك العلاقة نرى بأن بعض العلماء طرحوا تعاريف خاصة بعلم البيئة كل حسب وجهة نظره ومن أهمها:

١. **تعريف العالم التون Elton عام ١٩٢٧م** في كتابه علم بيئة الحيوان مصطلح علم البيئة وعرفه بأنه "التاريخ العلمي الطبيعي Natural History " . ولكن يبقى هذا التعريف غير واضح.

٢. **تعريف العالم أندريوارثا Andrewartha ١٩٦١م** الذي عرف علم البيئة بأنه " الدراسة العلمية لتوزيع الكائنات الحية وكثافتها ". ولكن يبقى هذا التعريف ناقصاً لكونه لم يتطرق إلى العلاقات بين الكائنات الحية وبيئتها.

٣. **تعريف العالم Krebs عام ١٩٧٨م** لعلم البيئة بأنه " الدراسة العلمية للتفاعلات التي تحدد توزيع الكائنات الحية وكثافتها " وهذا التعريف هو أكثر وضوحاً من التعاريف السابقة.

يعرف علم البيئة في الوقت الحاضر،على انه "**العلم الذي يهتم بدارسة العلاقات أو التفاعلات المتبادلة بين الكائن الحي والمكونات الحية وغير الحية لبيئته**". وهذا التعريف ينسجم بدرجة كبيرة مع ما جاء به العالم **أودم Odum عام ١٩٧١.**

لقد تعودنا في اللغة العربية على إطلاق أسم علم البيئة على التسمية Ecology فأختلط بذلك الأمر مع مفهوم البيئة Environment وأصبح عالم Ecologist وعالم Environmentist وكأنهما تسميتان مترادفتان لمجال عمل واحد وهذا منافي للحقيقة لكون كل منهما له مجال عمل يختلف عن الأخر كما هو موضح أنفاً.

فروع علم البيئة :

في الوقت الحاضر هناك أنظمة متعددة لتقسيم علم البيئة إلى فروع ثانوية، والغرض منها تسهيل عملية دراسة هذا العلم. فالنظام الأول يصنف علم البيئة الى فرعين هما:

١. **علم البيئة الفردي أو الذاتي Autecology :**

هو العلم الذي يهتم بدراسة نوع واحد من الكائنات الحية أو التداخلات الحيوية في مجموعة مترابطة من الأنواع في بيئة محددة، من خلال القيام بدراسات مختبرية أو حقلية لغرض جمع البيانات.

٢-**علم البيئة الجماعي Synecology :**

وهو العلم الذي يتعامل مع جميع العوامل البيئية الحية التي تتضمن على كافة أنواع الكائنات الحية التي تقطن في بيئة معينة والعوامل البيئة الغير حية الفيزيائية والكيميائية في تلك البيئة.

أما النظام الثاني للتقسيم فيعتمد على طبيعة الكائنات الحية المراد دراستها فيقسم علم البيئة إلى الفروع التالية:

١. **علم بيئة الحيوان Animal Ecology :**

و يهتم بدراسة العلاقات والتفاعلات المتبادلة بين الحيوانات والبيئات التي تعيش فيها بكافة مكوناتها الحية وغير الحية.

٢. **علم بيئة النبات Plant Ecology :**

وهو العلم الذي يتعامل مع تأثير العوامل البيئية الحية وغير الحية على نمو النبات وإنتاجيته وتوزيعه وانتشاره.

٣. **علم بيئة الأحياء المجهرية Microbial Ecology :**

و يهتم بدراسة العلاقات والتفاعلات المتبادلة بين الأحياء المجهرية والعوامل البيئية في بيئة معينة.

٤. **علم بيئة المتحجرات Paleoecology :**

وهذا الفرع يهتم بدراسة الظروف الحياتية والبيئية التي كانت سائدة في العصور القديمة.

والنظام الأخر فهو يعتمد على المحور البيئي ويقسم علم البيئة إلى الفروع التالية:

١. **علم البيئة المائية Aquatic Ecology :**

ويشمل الفروع الثانوية التالية:

- **علم بيئة المياه العذبة Limnology (Freshwater Ecology) :**

العلم الذي يهتم بدراسة المياه الداخلية (ضمن الجرف القاري) بكافة مكوناتها الحية وغير الحية.

- **علم البيئة البحرية Oceanography (Marine Ecology) :**

يختص هذا العلم بدراسة مكونات البحار والمحيطات الحية وغير الحية.

- **علم بيئة المصبات Estuarine Ecology :**

يهتم بدراسة المصبات (مصبات الأنهار في الخلجان والبحار) من النواحي البيولوجية والكيميائية والفيزيائية والجيولوجية.

٢. **علم البيئة البرية Terrestrial Ecology**

وهذا الفرع يهتم بدراسة الظروف الحياتية والبيئية في السهول والجبال والوديان والصحارى.

النظام الأخير لتقسيم علم البيئة يعتمد على المستويات التنظيمية الحياتية بدءاً بالكائن الحي وأنتهاءاً بالنظام البيئي. وعلى هذا الأساس يقسم علم البيئة إلى الفروع التالية:

١. **علم بيئة الكائن الحي Organismal Ecology :**

و هو دراسة أفراد الكائنات الحية من حيث المظهر الخارجي والسلوك والفسلجة وغيرها الناتجة عن تأثير العوامل البيئية، ويسمى حسب تسمية الكائن الحي نفسه.

٢. **علم بيئة الجماعة السكانية (العشيرة) Population Ecology :**

وهو العلم الذي يتعامل مع تأثير العوامل البيئية على كثافة الجماعة السكانية وتوزيعها وانتشارها وكذلك تركيبها الجيني.

٣. **علم بيئة المجتمعات Community Ecology :**

و يهتم بدراسة التركيب النوعي والكمي لمجتمعات الكائنات الحية والعوامل البيئية المؤثرة فيها.

٤. **علم بيئة النظام البيئي Ecosystem Ecology :**

وهو دراسة النظام البيئي بشكل عام، حيث يتضمن متابعة سريان الطاقة ضمن الكائنات الحية (السلاسل والشبكات الغذائية) ودورة الأملاح المغذية في تلك البيئة.

العوامل البيئية الفيزيائية الكيميائية

Physico-chemical Environmental Parameters

أن للعوامل البيئية الغير حية الفيزيائية منها والكيميائية الأثر الكبير في نمو وتوزيع وانتشار الكائنات الحية. سنتعرض هنا أهم تلك العوامل:

١. درجة الحرارة: Temperature

يعتبر عامل درجة الحرارة من أهم العوامل التي تؤثر بآيض الكائنات الحية Metabolism كالتنفس والتفاعلات الخلوية بما فيها التفاعلات الإنزيمية المختلفة وغيرها من الأفعال الحيوية. وان كل كائن حي له مديات تحمل معينة لهذا العامل البيئي في الغالب تتراوح بين 15 – 37 درجة مئوية وهناك كائنات حية تعيش وتفضل مديات متطرفة من درجة الحرارة. وأن تلك المديات تعتمد على عوامل داخلية وخارجية منها:

١. **التركيب والصفات الوراثية.**
٢. **العمر.**
٣. **العوامل أو الظروف البيئية الأخرى.**

وقد تتكيف بعض الكائنات الحية لمديات حرارية عالية أو منخفضة قد تكون خارج مديات التحمل لتلك الكائنات، وذلك من خلال بعض التكيفات Adaptation التي تمكنها من مقاومة تلك الارتفاعات والانخفاضات في درجة الحرارة خارج حدود التحمل، ومن هذه التكيفات هي:

١. التكيفات الفسلجية.
٢. التكيفات التركيبية.
٣. التكيفات السلوكية.

تؤثر درجة الحرارة على تبخر المياه وتوفير الرطوبة في الهواء والتربة ، وعلى مستوى سطح البحر من خلال ذوبان الجليد ويعتقد العلماء أن درجة حرارة الأرض قد ارتفعت ما بين (١-٢ م°) خلال الفترة (١٨٨٠-١٩٩٤) 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).

يقسم سطح الأرض إلى أربعة مناطق حرارية رئيسية تكون متماثلة على جانبي خط

الاستواء وهذه المناطق هي:

١. **المناطق القطبية:** التي تقع عند القطبين الشمالي والجنوبي والتي تمتاز بمستويات متدنية من درجة الحرارة.

٢. **المنطقة المدارية الحارة:** تمتد بين مدار السرطان شمالا ومدار الجدي جنوبا ووسطها خط الاستواء وتتميز بارتفاع الحرارة طول السنة.

٣. **المنطقة المعتدلة الشمالية:** وتقع بين مدار السرطان والدائرة القطبية الشمالية.

٤. **المنطقة المعتدلة الجنوبية:** تمتد بين مدار الجدي والدائرة القطبية الجنوبية.

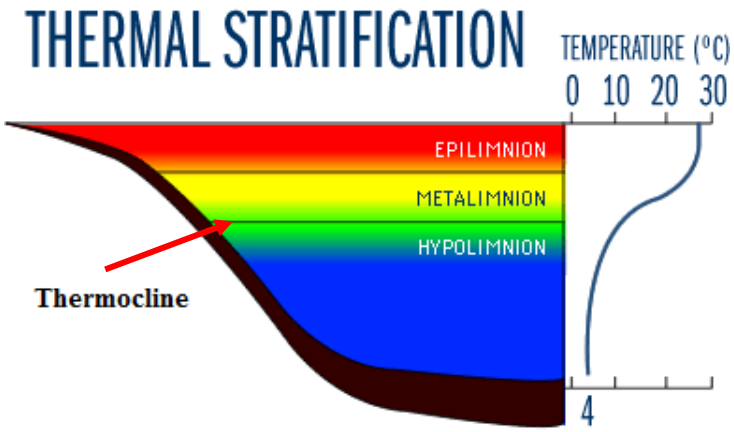
يختلف النظام الحراري من نظام بيئي لنظام بيئي أخر. فالبيئات البرية يكون التباين بدرجة الحرارة فيها كبير من منطقة لأخرى، وكذلك من وقت لأخر.

أما في البيئات المائية فهي أيضاً تواجه نفس التباين في درجات الحرارة ولكن بدرجة أقل، وذلك لكون المـــــــاء يتميز بكونه يكتسب الحـــــــرارة ببطيء ويفقدها ببطيء، وهذا ما أدى إلى حصول ظاهرة التمنطق أو التدرج الحراري Thermal Stratification . حيث نرى أن عمود الماء ينقسم الى ثلاث مناطق حرارية:

- **المنطقة الحرارية السطحية** وتسمى Epilimnion وهي المنطقة التي يكون انخفاض درجة الحرارة مع العمق شديد أو كبير.

- **المنطقة الحرارية الوسطى** التي تسمى Metalimnion وهي منطقة حرارية بينية ما بين الطبقة العليا المرتفعة الحرارة والمنطقة القاعية المنخفضة الحرارة وتحتوي على مستوى الانقلاب في الحرارة Thermocline أي التحول من الانخفاض الشديد بدرجة الحرارة مع العمق إلى الانخفاض البسيط أو استقرار درجة حرارة الماء.

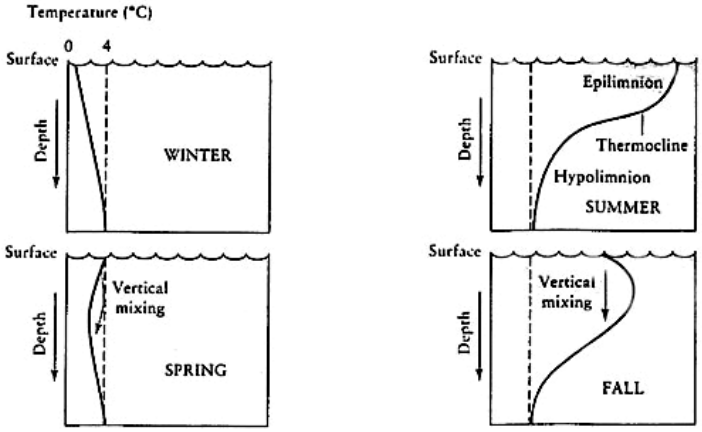
- **المنطقة الحرارية القاعية** Hypolimion التي تتميز بكون درجة الحرارة تنخفض بدرجة قليلة مع عمق عمود الماء، فهي عموماً ذات درجات حرارة منخفضة.



التمنطق الحراري Thermal Stratification

خلال السنة يواجه الجسم المائي العميق أنظمة حرارية مختلفة، ففي فصل الصيف يتجسد التمنطق الحراري بشكل واضح بينما في فصل الشتاء يكون التمنطق الحراري معكوس وبدرجة اقل مما هو في فصل الصيف هذه الحالة

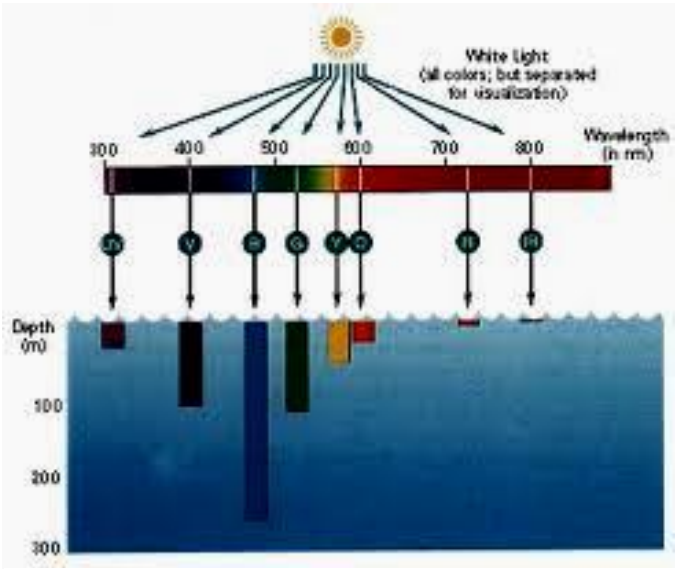
تسمى بالركود Stagnation. أما في فصول الربيع والخريف وهي فصول انتقالية فتمر بمراحل الخلط الحراري Overturn أي مراحل انقلاب يكون عمود الماء شبه متجانس حرارياً. وهذا ما له تأثير على سلوكية الأحياء المائية وتوزيعها.



الأنظمة الحرارية الفصلية

٢. الضـــــوء: Light

للإشعاع الشمسي Solar Radiation طيف واسع من الأطوال الموجية للأشعة الكهرومغناطيسية تتراوح بين 290 – 5000 أنكستروم أو نانومتر. وأن الضوء الذي نتحسسه يسمى بالضوء المرئي Visible Light والذي تتراوح أطوله الموجية بين 380 – 760 نانومتر.



طيف أشعة الشمس

وتعود أهمية الضوء كعامل بيئي الى:

١. الضوء هو المصدر الأساسي للطاقة في عملية البناء الضوئي.
٢. تأثيره المباشر على نمو النبات من خلال تأثيره على أنبات البذور وعدد وموقع البلاستيدات الخضراء داخل الخلية وعلى عملية النتح (من خلال عملية فتح وغلق الثغور)، وأيضاً على عملية التزهر.
٣. يساعد الضوء على إنتاج صبغة الكلوروفيل والصبغات النباتية الأخرى وهو مسؤول عن تلون الخلايا النباتية وكذلك الحيوانية.
٤. الضوء العامل الأساسي في عملية الإبصار للكائنات الحية وبدونه يتغير سلوك وأوضاع الكائنات الحية.
٥. يعتبر الضوء محفزاً للتوقيات اليومية والفصلية للكائنات الحية النباتية والحيوانية.

يدرس الضوء كعامل بيئي من خلال عناصره الثلاث وهي شدة الإضاءة والطول الموجي ومدة التعرض.

١. **شدة الإضاءة: Light Intensity**

لشدة الإضاءة تأثيراً في نمو النباتات والكائنات الأخرى، وتعتمد شدة الإضاءة على زاوية سقوط أشعة الشمس وعلى درجة التغيم أي وجود الغيوم أو المواد الصلبة العالقة في الهواء مثل الغبار والدخان وكذلك الضباب . وبشكل عام

نلاحظ شدة الإضاءة حول منتصف النهار لكون الشمس تكون عمودية على سطح الأرض وكذلك تزداد شدة الضوء كلما اتجهنا نحو المناطق الاستوائية.

تتفاوت النباتات في احتياجها للضوء فمنها ما ينمو تحت ظروف شدة الإضاءة العالية وهنا تسمى النباتات بالـ Heliphytes ومنها ما يفضل ظروف شدة منخفضة حيث تسمى النباتات بالـ Sciophytes أي نباتات الظل.

٢. الطول الموجي: Wave Length

يتكون الضوء المرئي Visible Light الواصل إلى سطح الأرض من عدد من الأطياف الضوئية أي الأطوال الموجية ذات الألوان المختلفة فمنها البنفسجي والأزرق والأخضر والأصفر والأحمر، كل منها له طول موجي معين. تمتص هذه الأطياف من قبل الصبغات التمثيلية النباتيةPhotosynthetic Pigments خلال عملية البناء الضوئي.

تختلف الحيوانات في مدى تأثرها بالضوء، وأغلبية الحيوانات تحتاج الضوء في حياتها وهناك حيوانات تعيش في ظروف متدنية الإضاءة كما في الكهوف والأعماق السحيقة في البحار والمحيطات.

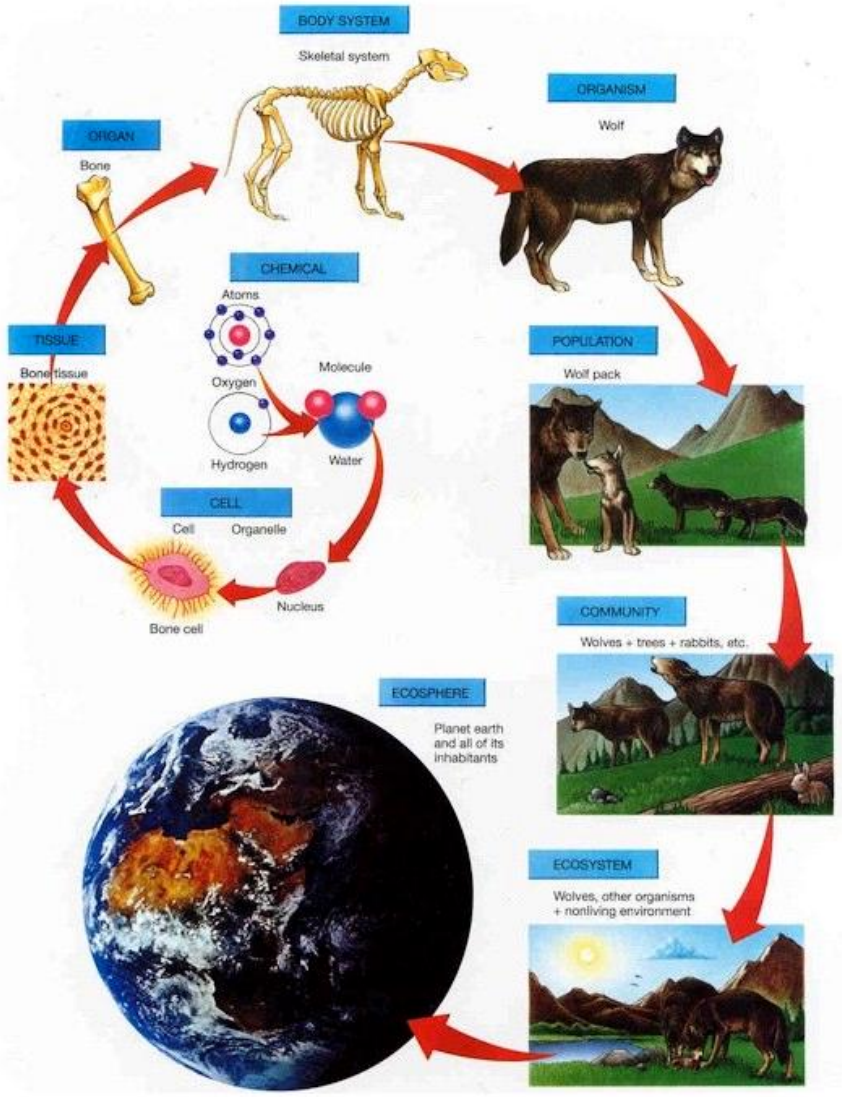
٣. فترة التعرض للضوء: Length Duration

تؤثر فترة التعرض على الفعاليات الموسمية للكائنات الحية، فترتبط مدة الإضاءة بالنواحي الفسلجية. ففترة التعرض للضوء لها أثر كبير في عملية تزهر النباتات. كما وأن بعض الطيور تضع بيوضها ويتلون ريشها في مواسم معينة طبقاً لمدة التعرض للضوء في ذلك الموسم، وكذلك تحدد هجرة بعض الطيور وفق فترة الإضاءة حيث أنها تهاجر شمالاً عندما يطول النهار في فصل الصيف وتهاجر جنوباً عندما يقصر النهار شتاءاً وهنالك بالتأكيد تداخل بين كل من درجة الحرارة ومدة التعرض للضوء في هجرة الطيور.

النظام البيئي Ecosystem

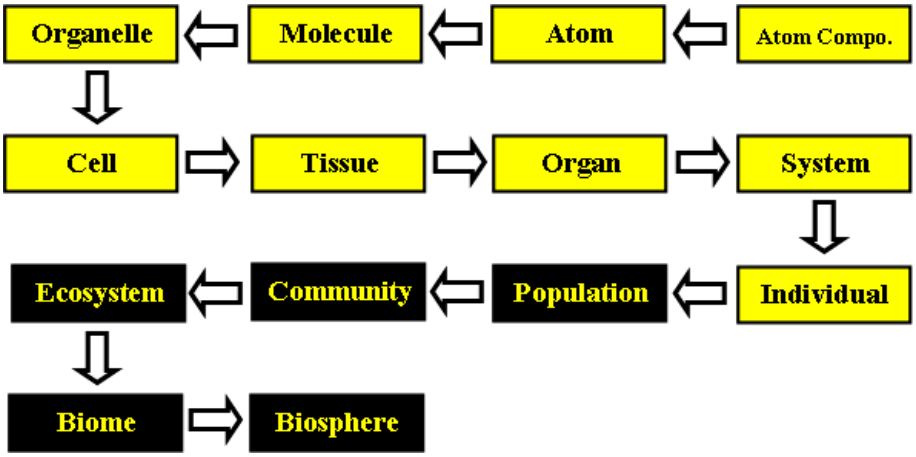
المستويات التنظيمية الحياتية: Biological Organization Levels

لغرض تسهيل دراسة الغلاف الحيوي الكبير والمعقد قام علماء البيئة بدراسة العلاقات المتبادلة ضمن ذلك الغلاف بواسطة المستويات التنظيمية الحياتية التي تسمى أيضاً بالطيف الحيوي Biological Spectrum الذي يبدأ بمكونات الذرة وينتهي بالغلاف الحيوي.



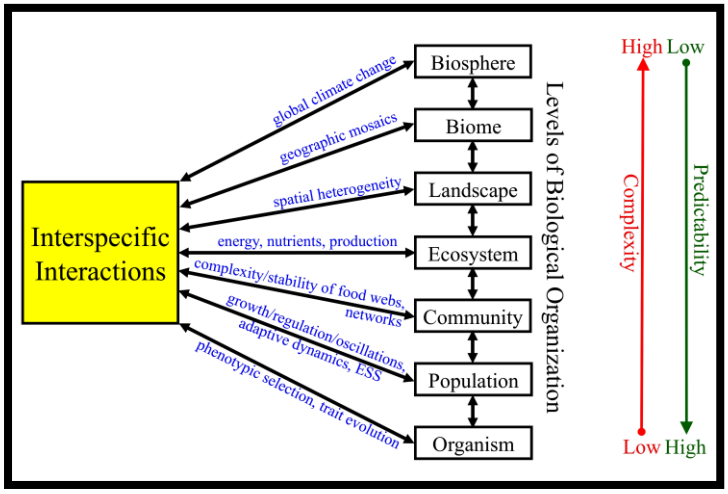
فالالكترونات والبروتونات والنيترونات تكون الذرة **Atom** ومجموع الذرات تكون الجزيئة **Molecule** ومجموعة الجزيئات تكون العضية **Organelle** ومجموعة العضيات تكون الخلية **Cell** ومجموعة

الخلايا تكون النسيج **Tissue** ومجموعة من الأنسجة تكون الأعضاء **Organ** ومجموعة الأعضاء تكون الجهاز **System** ومجموعة الأجهزة تكون الفرد **Individual** أو الكائن الحي **Organism** ومجموعة الأفراد تكون الجماعة **Population** وهذا المستوى يعتبر الوحدة الأساسية لعلم البيئة. والمستوى الذي يلي الجماعة السكانية هو المجتمع الحيوي **Community** الذي يتكون من مجموعة من الجماعات السكانية المختلفة. والمجتمعات الحيوية في بيئتها، أي مع الظروف أو العوامل الفيزيائية والكيميائية في تلك البيئة تكون النظام البيئي**Ecosystem**. أما المستوى التنظيمي الذي يلي النظام البيئي فهو المنطقة الحيوية **Biome** والتي هي مجموعة واسعة من الأنظمة البيئية التي تتشابه بنفس المناخ وأنواع المجتمعات الحيوية فيها تكون متماثلة. والمستوى الأخير هو الغلاف الحيوي **Biosphere** الذي تتواجد فيه الحياة ويمتد من الغلاف الجوي الذي يحتوي على البكتريا والأحياء المجهرية الأخرى وينتهي بأعماق المحيطات.



وأن هذه المستويات تزداد تعقيداً كلما اتجهنا باتجاه الغلاف الحيوي وذلك لكبر مقدار التأثيرات المتبادلة بين الكائنات الحية المتنوعة والعوامل الغير حية الفيزيائية والكيميائية. وكلما اتجهنا بالاتجاه

المعاكس كلما كانت التفاعلات المتبادلة بين الكائنات الحية وبيئتها أكثر تنبؤاً أي تسهل عملية دراستها والتنبؤ بها.



مفهوم النظام: System Concept

يعود تاريخ بدء ظهور النظرية العامة للنظم إلى نهاية العشرينيات من القرن الماضي حينما أكد عالم الأحياء Ludvig Von Bertalanffy على أن الأفكار المتبعة في المجالات الموضوعية المختلفة يمكن تعميمها من خلال طريقه معينه للتفكير يطلق عليها تفكير النظم . وفى عام ١٩٥٥ أشترك ذلك العالم مع علماء من تخصصات أخرى في تأسيس جمعيه لتطوير النظرية العامة للنظم وقد كان الهدف من وراء إنشاء هذه الجمعية هو تشجيع وتطوير واستخدام النظم النظرية التي يمكن تطبيقها على أكثر من فرع من فروع المعرفة ومنها علم البيئة.

وقد عرف العالم Geoffrey Gordon النظام بأنه "مجموعة من الأشياء المرتبطة ببعض بتفاعلات منتظمة أو متبادلة لأداء وظيفة معينه" أي احدها يكمل عمل الأخر.

للأنظمة أنواع كثيرة من أهمها:

١. **النظم المفتوحة Open Systems:**

وهو النظم التي تتصف بوجود علاقة أساسيه بين مكوناته والبيئة المحيطة به، وتركز هذه الصفة على أهميه التفاعل المستمر بين النظام المفتوح وبين الظروف والأوضاع البيئية المحيطة به ومن ثم فهو يتأثر ويؤثر فيها في الوقت نفسه.

ويتكون النظام المفتوح من خمس عناصر هي ١-المدخلات Inputs ٢-العمليات Processes ٣-المخرجات Outputs ٤- التغذية الراجعة Feedback ٥-التحكم Control.

٢. **النظم المغلقة Closed Systems:**

وهي النظم التي تميل إلى الابتعاد عن أو تجاهل الاعتبارات الخارجية. فالنظم المغلقة تتميز بأنها محصورة ضمن حدود بحيث تحد من مرونتها وتفاعلها مع البيئة المحيطة، لان طبيعة النظام نفسه لا تسمح بذلك فتعمل هذه الحدود على عزل المؤثرات القادمة من البيئة عن ذلك النظام.

ويتكون النظام من ثلاث عناصر فقط وهي المدخلات والعمليات والمخرجات.

٣. **النظم البسيطة Simple Systems :**

ومن تسميتها فهي لبسيطة في تركيبها مثل الدراجة الهوائية.

٤. **النظم المعقدة Complex Systems:**

وهي نظم معقدة في تركيبها مثل السيارة وغيرها .

٥. **النظم الطبيعية Natural Systems:**

وهي من خلق الله سبحانه وتعالي مثل النظام الشمسي والدورة الدموية وغيرها.

٦. **النظم الصناعية Artificial Systems:**

وهي من صناعة الإنسان مثل نظام الاتصالات والهواتف وغيرها .

٧. **نظم مركبة Combined :**

النظام المركب هو مجموعة من النظم الفرعية المترابطة والمتكاملة لتكون نظام أساسي لتحقيق هدف معين.

النظام البيئي Ecosystem

النظام البيئي هو من الأنظمة الطبيعية Natural Systems ، الذي يسمى بالنظام الايكولوجي Ecosystem . وأن أول من استعمل هذا المصطلح هو العالم Roy Clapham سنة 1930 ، الذي عرفه لأول مرة على أنه يتكون من مكونات حية ومكونات غير حية تتفاعل فيما بينها، وله مدخلات كضوء الشمس والماء والأملاح المغذية، وله مخرجات تتمثل بإنتاج الكتلة الحية. وهناك نوعين من الأنظمة البيئية:

١. **النظام المفتوح Open System:**

وهو النظام البيئي الذي يحتوي على جميع المكونات الأساسية الأولية مثل الغابات والمستنقعات والأنهار.

٢. **النظام المغلق Closed System:**

و هو النظام الذي يفتقر إلى واحد أو أكثر من المكونات الأساسية مثل الأعماق السحيقة للبحر والكهوف المغلقة حيث تشترك في كونها لا تحتوي الكائنات المنتجة لعدم توفر مصدر الطاقة الشمسية، وتعتبر الأعماق السحيقة للمحيط مثالاً لنظام

بيئي غير متكامل، حيث انه يفتقر إلى الكائنات المنتجة بسبب عدم توغل الضوء إلى تلك الأعماق.

خصائص النظام البيئي Ecosystem Characteristics

يتصف النظام البيئي بالعديد من الخصائص ومن أهمها:

١ - الاستمرارية Continuity :

يقصد بالاستمرارية النظام البيئي هي استقراره وقدرته على العودة إلى وضعه الطبيعي بعد أي تغيير يطرأ عليه سواء كان ذلك التغيير طبيعي أو بفعل الإنسان .

٢- الديناميكية Dynamics:

من خصائص النظام البيئي هي الديناميكية Dynamics أي التغير ضمن مستويات أو مديات قصوى و دنيا، فمثلاً ديناميكية درجة الحرارة تأتي من خلال العلاقة بين الشمس والأرض والغلاف الهوائي كنظام بيئي عام . وفى هذا النظام نجد أن الشمس تصدر كميات هائلة من الطاقة الإشعاعية يصل إلى الأرض وغلافها الهوائي قدر معين وينعكس جزء أخر عن طريق السحب والطبقة الغازية في الكون لتعود مرة ثانية إلى الفضاء الخارجي. والطاقة الشمسية التي تصل إلى الأرض وغلافها الجوى تسبب له الدفء من ناحية كما تستخدم تفاعلات أخرى كيميائية معقدة تتسبب في الحفاظ على مكونات الهواء لاستمرارية الحياة على الأرض في هيئتها المعروفة.

والطاقة الشمسية تتحول داخل خلايا النباتات الخضراء بوجود كل من الماء وثاني أكسيد الكربون إلى سكريات أحادية وبذلك تبدأ السلسلة الغذائية.

٣- التوازنBalance :

إن أهم ما يميز النظام البيئي هو التوازن الدقيق القائم بين مكوناته كافة، ويقصد به المحافظة على مكونات النظام البيئي بإعدادها وكمياتها، حيث أن الله سبحانه وتعالى خلقها بقدر فائق الدقة، وبالرغم من أن هناك تغير ديناميكي للعوامل البيئية، إلا أنها تبقى ضمن حدود أو مستويات قصوى ودنيا. فلو تصورنا بأن هناك زيادة غير طبيعية بكثافة المفترسات فنتوقع من ذلك انخفاض سريع بكثافة الفرائس قد يؤدي إلى انقراضها بشكل تام، وهذه الحالة لا تحصل وذلك لان الله عز وجل سيهيئ ظروف بيئية لا تسمح للمفترسات أن تنمو بالشكل الذي يهدد توازن البيئة. كما وأن الأكسجين يستهلك خلال عملية تنفس الكائنات الحية الحيوانية وكذلك عن طريق عمليات الأكسدة، إلا أنه يعوض بواسطة خلال عملية التركيب الضوئي للنبات. وكذلك نرى استهلاك العناصر المعدنية من قبل النبات الموجودة في التربة، لكن نرى أن التربة تستعيد محتواها من العناصر المعدنية نتيجة تحلل بقايا الكائنات الحية بعد موتها.

وهناك خصائص أخرى للنظام البيئي مثل التركيب والتعاقب وسيران الطاقة ضمن مكوناته.

مكونات النظام البيئي Ecosystem Components

تقسم مكونات النظام البيئي إلى مجموعتين أساسيتين :

١. مكونات غير حية (العوامل الطبيعية) Abiotic Components:

وهي مجموعة من العوامل غير الحية التي تؤثر في حياة الكائنات الحية، وتحدد كثافتها ونوعيتها وأماكن تواجدها، كما تحدد نوعية العلاقات بينها. ويمكن تقسيم العوامل الغير حية إلى ثلاثة أنواع:

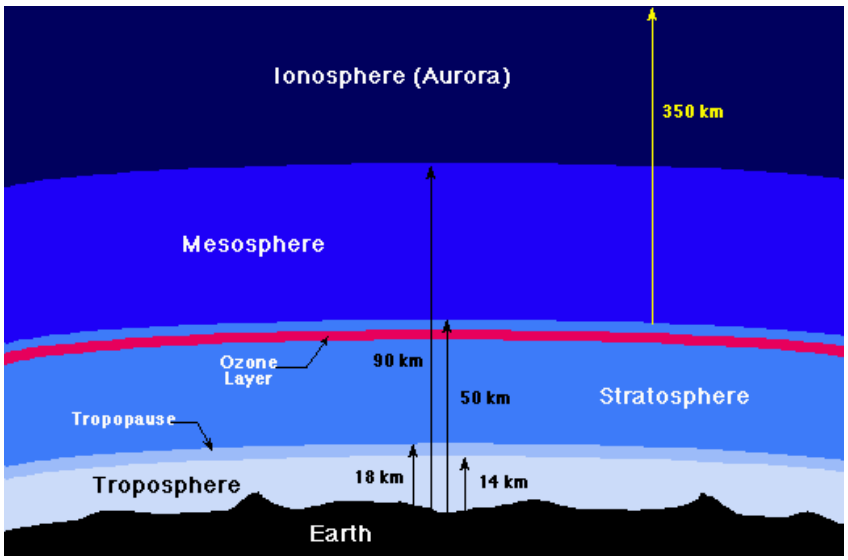
أ. العوامل الجوية: ومنها الضوء والحرارة والرطوبة والرياح والضغط والغازات.

ب. عوامل التربة: وتشمل تركيب التربة وموقعها ونسبة الرطوبة، والمواد العضوية وغير العضوية فيها. وتلعب هذه العوامل دورا في تحديد نوعية الكائنات الحية التي تعيش فيها أو عليها.

ج. العوامل المائية: وتشمل الماء العذب والماء المالح في البيئات المائية، وكذلك المحتوى المائي للجو أو التربة.

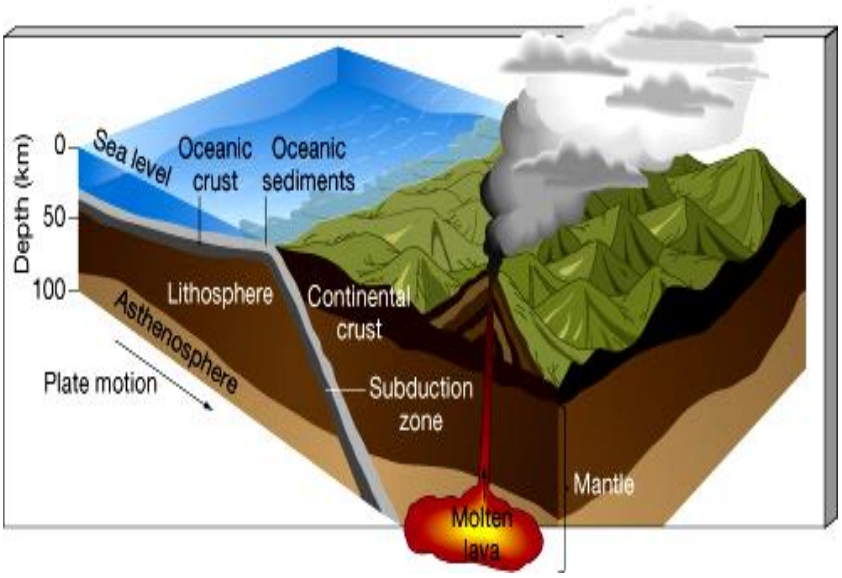
وأن العناصر الغير حية للنظام البيئي تقع ضمن ثلاثة أغلفة :

١. **الغلاف الجوي Atmosphere:** وهو عبارة عن طبقة من الغازات والأبخرة التي تغلف الكرة الأرضية وتتألف في جملتها من النيتروجين والأوكسجين بنسب ٧٨% و ٢١% حجماً على التوالي ، بالإضافة إلى غازات أخرى تتقاسم بنسب ضئيلة من مجموع الغازات مثل الآرجون والهليوم وثاني أكسيد الكربون وبخار الماء .



٢. **الغلاف المائي Hydrosphere:** تشكل المياه النسبة العظمى في الطبيعة، والتي توجد في المحيطات والبحار والبحيرات والأنهار والمياه الجوفية وعلى شكل بخار وكذلك بهيئة جليد. وتقدر الكمية الكلية للماء بحوالي ١,٥ بليون كم^{٣} يشكل الماء المالح ٩٥-٩٧% منها، في حين أن الماء العذب يشكل ٣-٥% فقط. ومع أن كمية المياه العذبة الموجودة محدودة جداً، فإن هناك تزايد مستمر في استهلاك المياه نتيجة للزيادة في عدد السكان والزيادة في الاستهلاك الزراعي والصناعي.

٣. **الغلاف الصخري أو اليابسة Lithosphere:** حيث تمثل الأجزاء الصلبة والتربة جزء من هذا الغلاف كذلك تشمل المعادن.



٢. مكونات الحية Biotic Components:

إن المكونات الحية تتضمن جميع الكائنات الحية الموجودة في النظام البيئي، وبناءاً على طبيعة التغذية لهذه الكائنات فان المكونات الحية يمكن أن تصنف ضمن مكونين أساسين هما:

١. الكائنات الحية ذاتية التغذية Autotrophic Components

٢. الكائنات الحية رمية التغذية Heterotrophic Components

تشمل الكائنات الحية ذاتية التغذية كل النباتات الخضراء التي تقوم بتثبيت الطاقة الشمسية وتصنع غذائها بنفسها من مواد غير عضوية. أما الكائنات الحية رمية التغذية تتضمن النباتات الغير الخضراء وكل الحيوانات والتي تعتمد في غذائها على الكائنات ذاتية التغذية. كما إن المكونات الحية في النظام البيئي يمكن أن تصنف في ثلاث أقسام رئيسية هي:

١ – المنتجون Producers.

٢ – المستهلكون Consumers.

٣ – المحللون Decomposers.

١. المنتجات Producers:

المنتجون هي الكائنات الحية ذاتية التغذية وتلك التي توفر الغذاء للكائنات الحية التي تليها في المستوى الغذائي. فهي بشكل رئيسي النباتات الخضراء والتي تستغل طاقة أشعة الشمس في عملية التمثيل أو البناء الضوئي التي يتم فيها تمثيل غاز ثاني أوكسيد الكاربون، أي تحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة كيميائية بمعنى أنتاج مركبات كارتونية غنية بالطاقة. إضافة إلى إنتاج الأوكسجين كمنتج ثانوي. كما وتضم بعض أنواع البكتريا التي تقوم بالتمثيل الكيمائي لتنتج الغذاء إلى كائنات أخرى، إضافة إلى الحيوانات التي توفر الغذاء لحيوانات أخرى ضمن المستويات الغذائية المختلفة. فالنباتات والبكتريا التي تقوم بعملية البناء الضوئي أو الكيميائي تسمى بـالمنتجون الأوليون

Primary Producers. أما الحيوانات فتسمى بالمنتجون الثانويون Secondary Producers أو الثالثيون Tertiary Producers وهكذا حسب موقع تلك الحيوانات في المستويات الغذائية.

يقصد بالإنتاج هنا هو تحول الطاقة من شكل لأخر، لذلك نرى العالم E. J. Kormondy اقترح أن يطلق عليها أسم المحولات Converters، ولكن تبقى تسميتها بالمنتجون هي الأكثر استعمالاً.

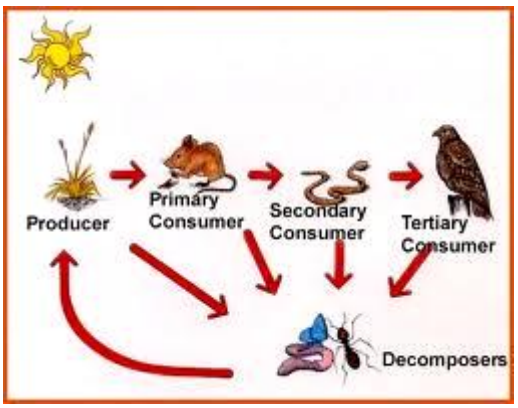
٢. المستهلكون Consumers

أن الكائنات الحية التي تستهلك الغذاء الذي تنتجه الكائنات المنتجة يطلق عليها أسم المستهلكون Consumers وتضم هذه المجموعة كل أنواع الحيوانات، وتقسم هذه المجموعة الى ثلاثة مجاميع ثانوية:

١ – **المستهلكون الأوليون Primary Consumers.**

٢ – **المستهلكون الثانويون Secondary Consumers.**

٣ – **المستهلكون الثالثيون Tertiary Consumers.**



(أ): المستهلكون الأوليون Primary Consumers

تضم هذه المجموعة الحيوانات أكلة الأعشاب Herbivores التي تعتمد في غذائها على النباتات الخضراء المنتجة. مثل الحشرات والأرانب والمواشي في البيئات البرية، والقشريات والنواعم في البيئات المائية. وتعد هذه المجموعة المصدر الرئيسي لغذاء أكلات اللحوم Carnivores.

(ب): المستهلكون الثانويون Secondary Consumers

تتمثل هذه المجموعة بالحيوانات أكلات اللحوم Carnivores وكذلك القوارض Omnivores التي تتغذى على النباتات والحيوانات بنفس الوقت. وتضم هذه المجموعة عدد كبير من الحيوانات منها القطط والكلاب.

(ج): المستهلكون الثالثيون Tertiary Consumers

هذه المجموعة تضم الحيوانات أكلات اللحوم والتي تقع في مستويات غذائية متقدمة والتي تتغذى على أكلات الأعشاب وأكلات اللحوم والقوارض مثل الذئاب والنمور والاسود وهي تشغل قمة الحيوانات المستهلكة.

(د): الطفيليات Parasites

الطفيليات تضم حيوانات ونباتات والتي تستفيد من أنسجة حيوانات ونباتات أخرى في تلبية متطلباتها من الغذاء.

٣. المحللون Decomposers

المحللون هي مجموعة الكائنات الحية التي تقوم بتحليل بقايا الحيوانات والنباتات الميتة، ومنها البكتريا والفطريات وبكتريا. فهي تحول تلك البقايا من مواد عضوية معقدة إلى مواد عضوية بسيطة، ضمن مراحل متعاقبة يقوم بها عدد من أنواع البكتريا مختلفة وهذه المركبات البسيطة يتم مهاجمتها من قبل أنواع أخرى من البكتريا، وبهذا تتحول المركبات العضوية إلى مركبات غير عضوية لتصبح مناسبة وجاهزة للمنتجون الأوليون Primary Producers .وأن الكائنات الحية المحللة تلعب دورا كبيراً في سريان الطاقة في النظام البيئي.

دورة المياه والدورات البيوجيوكيميائية

Hydrologic & Biogeochemical Cycles

دورة المياه في الطبيعة Hydrologic Cycle:

دورة المياه في الطبيعة هي عبارة عن حركة المياه على الأرض وداخلها وفوقها. حيث أنها تتحرك وتتغير أشكالها بإستمرار من سائل إلى بخار ثم إلى جليد ومرة أخرى إلى سائل وهكذا. لقد ظلت دورة المياه تعمل منذ أن خلق الله سبحانه وتعالى الأرض، اي منذ مليارات السنين وتعتمد عليها جميع الكائنات الحية وكذلك الفعاليات والعمليات الفيزيائية والكيميائية على الأرض.

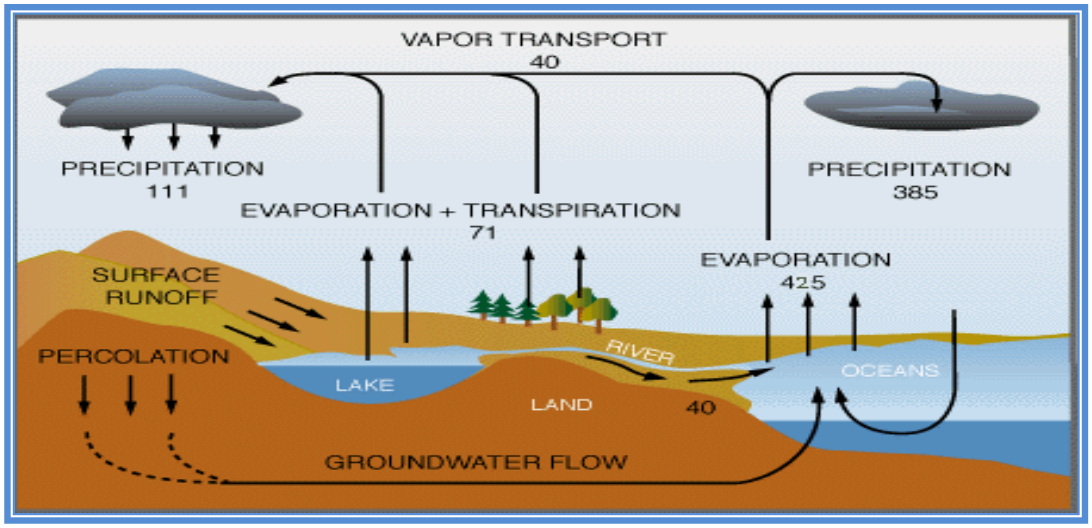
مراحل دورة المياه:

كما أشرنا في محاضرة سابقة أن كمية المياه في الطبيعة ثابتة التي تقدر بحوالي 1386 X 10^6 كم^3 موزعة حسب النسب التالية:

توزيع المياه في الطبيعة

المحور البيئي	النسبة المئوية (%)
البحار والمحيطات	**97.25**
المياه المنجمدة في القطبين	**2.05**
المياه الجوفية	**0.86**
البحيرات	**0.1**
رطوبة التربة	**0.05**
بخار الماء في الجو	**0.001**
الانهار والجداول	**0.0001**
المياه داخل أجسام الكائنات الحية	**0.00004**

وان هذه الكميات من المياه وبأشكالها الصلبة (الجليد) والسائلة والغازية (بخار الماء) في حركة مستمرة ضمن العمليات أو المراحل المبينة في الشكل أدناه.



دورة المياه في الطبيعة Hydrologic Cycle

1. التبخير Evaporation

بفعل حرارة الشمس والرياح يتحول الماء من الحالة السائلة الى الحالة الغازية. ٨٠% من بخار الماء في الطبيعة مصدره المحيطات والباقي من المياه على اليابسة. معظم بخار الماء يتواجد في الغلاف الجوي بشكله الغازي ونسبة قليلة منه تتواجد على شكل غيوم. ومن خصائص هذه العملية او المرحلة هي:

- تعتبر العملية الأساسية في نقل الماء من المسطحات المائية وتحركها إلى مناطق أخرى بهيئة أمطار.
- تلعب دوراً هاماً في توزيع الطاقة بين المحاور البيئية الثلاثة للأرض (اليابسة والماء والهواء). حيث تخزن جزيئات الماء في عملية التبخر طاقة داخلية تسمى الطاقة الكامنة والتي تطلق على شكل طاقة محسوسة عند عملية التحول العكسي أي من بخار إلى ماء الذي ينزل بشكل مطر.

2. النتـــــح Transpiration

بعد امتصاص النباتات للماء من التربة بواسطة الجذور يخزن جزء منه في السيقان والاوراق والثمار ويطرح الباقي الى الغلاف الجوي، من خلال الثغور الموجودة على

سطوح الأوراق. وقد يكون الماء الممتص من أعماق بعيدة خاصة في النباتات طويلة الجذور.

3- النقـــــل Transportation

تمثل هذه العملية عملية تحرك بخار الماء في الغلاف الجوي من منطقة الى أخرى، ويكون هذا الانتقال محكوماً بحركة الرياح في الغلاف الجوي كما هي تيارات الرياح المعروفة بنسيم البحر والبر. ان حركة بخار الماء في الغلاف الجوي يمكن رصدها بواسطة الاقمار الصناعية.

4- التكثيف Condensation

هي عملية تحول بخار الماء في الغلاف الجوي إلى سائل، حيث أن حركة الهواء لأعلى تعمل على تبريد الهواء ذاتيا مما يجعله يفقد قدرته تدريجيا على حمل بخار الماء فيكثف متحولا إلى غيوم ومن ثم مطر. وقد يتحول بخار الماء إلى الحالة الصلبة مباشرة وتسمى هذه الحالة عملية الترسب.

5- الهطـــول Precipitation

هي عملية سقوط الماء بهيئة مطر والناتج عن التكاثف في الغيوم. تعتمد حجم قطرة الماء الساقطة على تيارات الهواء الصاعدة وتعمل قوى التصادم بين القطرات المائية في الغيوم على زيادة حجم القطرة حتى تصل الحجم القادر على التغلب على التيارات الصاعدة ومن ثم تسقط باتجاه الأسفل وفي حال سقطت على اليابسة فان طاقتها الحركية تتحول إلى شغل يعمل على تفتيت التربة عند الاصطدام بها.

6. الجريـــان Runoff

بعد الهطول تتجمع مياه الأمطار والثلوج الذائبة والينابيع لتشكل الجداول والأنهار والبحيرات والســـدود الطبيعيـــة والاصطناعيـــة وعـــادة ما يكون الجريـــان في أوجه بعد

الأمطار الغزيرة وفوق المناطق الرملية التي تصل إلى حالة الإشباع بسرعة مما يؤدي إلى حدوث الفيضانات بمختلف أشكالها .

7. الترشـيح Percolation

وهي عملية توغل الماء إلى باطن الأرض، ويعتمد معدل الترشيح على العوامل التالية:

- معدل هطول الأمطار ،كيفية الهطول.
- الغطاء النباتي.
- كيمياء التربة وتركيبها و رطوبتها أو مستوى اشباعها بالماء.

ان هناك علاقة مباشرة بين دورة المياه والدورات البيوجيوكيميائية في الطبيعة من خلال دور الماء في نقل وإذابة العناصر وكذلك دوره في عملية البناء الضوئي.

الدورات البيوجيوكيميائية Biogeochemical Cycles:

يوجد في الطبيعة حوالي 106 عنصراً التي يتضمنها الجدول الدوري في الوقت الحاضر وتتواجد تلك العناصر بكميات ثابتة، وتعتبر الارض محيطا مغلقاً حيث تدخل اليها الطاقة الضوئية فقط وبصورة مستمرة ومن ثم تحرر وتطلق ثانية للفضاء باشكال أخرى للطاقة. لذلك فأن الكائنات الحية تستخدم العناصر المتوافرة بصورة متكررة. فمن العناصر الطبيعية التي تحتاجها الكائنات الحية في عملية بناء أجسامها وبشكل أساسي هي كل من الاوكسجين O والهيدروجين H والكاربون C والفسفور P والنتروجين N والكبريت S، وهذه العناصر تمثل نقطة ارتباط بين المكونات الحية واللاحية في الانظمة البيئية، حيث تحصل اكائنات الحية على هذه العناصر بواسطة السلاسل الغذائية التي تبدأ بالنباتات التي تقوم بامتصاصها تلك العناصر وغيرها من التربة او المياه او الهواء.

سميت الدورات البيوجيوكيميائية بهذه التسمية لكون تلك العناصر اغلبها ذات منشأ ارضي وتتحول بعمليات كيمياوية ثم تدخل أجسام الكائنات الحية لبناء أجسامها.

هنالك نوعين من الدورات البيوجيوكيميائية التي يمكن ملاحظتها في النظام البيئي وهي:

- **الدورات الغازية Gaseous Cycle .**
- **الدورات الرسوبية Sedimentary Cycle.**

١. الدورات الغازية Gaseous Cycle

سمي هذه النوع من الدورات بهذه التسمية لكون العناصر فيها ذات منشأ غازي وخزينها الاساسي هو الغلاف الجوي، وما يميز هذا النوع عن الدورات الرسوبية بأنها دورات كاملة أو أكثر كمالاً أي لا يفقد من العنصر شيء خلال دورانه، والمقصود بالفقد هنا هو ابتعاد جزء من العنصر عن متناول الكائنات الحية. ومن الأمثلة على هذا النوع من الدورات هي دورة الكربون ودورة النتروجين ودورة الأوكسجين وغيرها من العناصر الغازية.

أ - دورة الكربون Carbon Cycle

يعتبر الغلاف الغازي والغلاف المائي المستودع أو الخزان الرئيسي للكربون غيرالعضوي، ويوجد الكربون في الطبيعة في حالة صلبة في الطبقات الصخرية وفي المركبات العضوية، وفي حالة سائلة في خلايا الكائنات الحياة وفي المياه ، كما يوجد الكربون في حالة غازية في الغلاف الجوي. بين هذه الحالات يتم التبادل والتفاعل في دورة الكربون. وتبدأ دورة الكربون من حيث تقوم النباتات والطحالب الخضراء بأخذ ثاني أوكسيد الكربون CO_2 من الهواء المحيط ، ويأخذ الماء من التربة بواسطة الشعيرات الجذرية ثم تستخدم الطاقة الشمسية للقيام بعملية البناء الضوئي Photosynthesis والتي تؤدي الى إنتاج المركبات العضوية حسب المعادلة التالية :

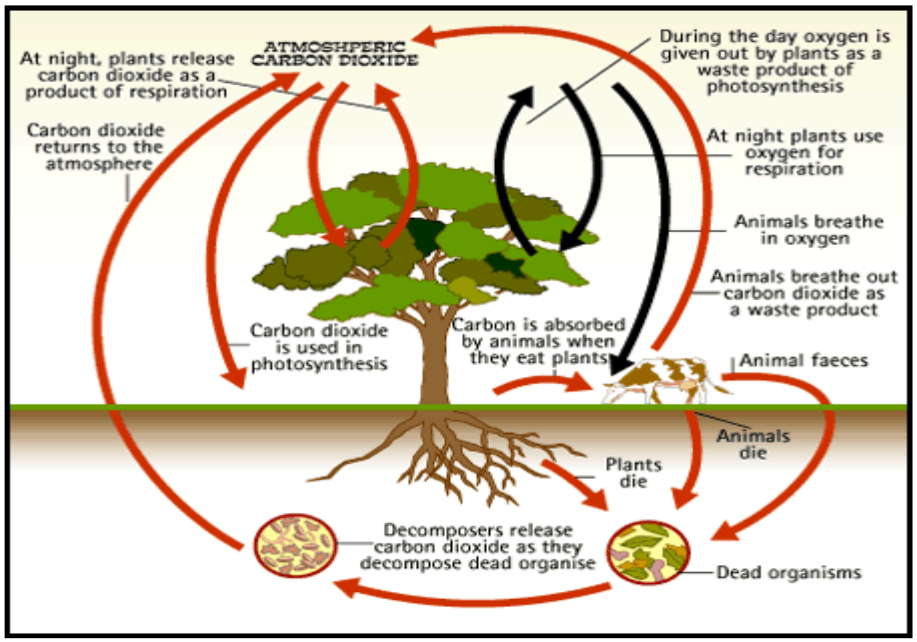
$$6H_2O + 6CO_2 \longrightarrow C_6H_{12}O_6 + 6O_2$$

أثناء الليل تتوقف عملية البناء الضوئي ويحل محلها عملية التنفس وينتج عن ذالك غاز CO_2 الذي يعود إلى الغلاف الجوي ثانيةً.

في البيئات ذات الكثافات النباتية المرتفعة تزداد نسبة غاز CO_2 أثناء الليل الى حوالي 25 % عن مما هي عليه أثناء النهار خاصة في المناطق القريبة من التربة.

عندما تتغذى المستهلكات على المواد العضوية المنتجة من قبل النباتات تتحول تلك المواد إلى كتلة حيوية وينطلق غاز CO_2 إلى الغلاف الجوي عن طريق التنفس، كما وينتج غاز CO_2 من خلال تعرض أجسام الكائنات الميتة وإفرازات وفضلات الكائنات الحية إلى عمليات تحلل. كما وأن قسم من غاز CO_2 يعود الى الغلاف الجوي من خلال عمليات

تجوية الصخور الكلسية العضوية Organic Limestone والدولومايت Dolomite التي تسهم في تكوينها المواد العضوية.



دورة الكربون Carbon Cycle

ب - دورة النتروجين Nitrogen Cycle

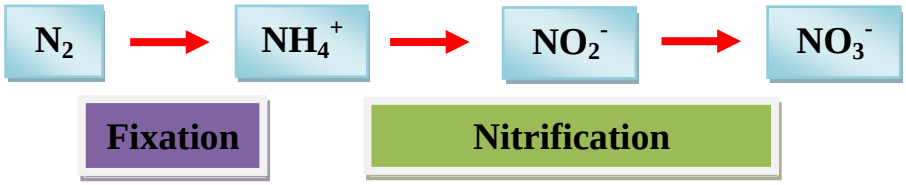
يشكل غاز النيتروجين N_2 78 % من الغلاف الجوى، وان جميع الكائنات الحية تحتاج عنصر النيتروجين الذي يدخل في تركيب الأحماض الامينية، والبروتينيات والمادة الوراثية. بالرغم من وجود النتروجين بهذه النسبة الكبيرة إلا أن الكائنات الحية في النظام البيئي لا تستطيع استخلاصه والاستفادة منه مباشرة من الغلاف الجوى، ولكن تحتاج الى تحويله من الحالة الغازية الخاملة N_2 إلى ايونات الامونيوم NH_4^+ أو الى النترات NO_3^- وتسمى هذه العملية بعملية تثبيت النيتروجين Nitrogen Fixation والتي تتم بالطرق التالية :

★التثبيت الحيوي Biological Fixation

تعيش بكتيريا تثبيت النيتروجين مثل تلك التابعة للأجناس ***Clostridium*** أو ***Azotobacter*** على عقيدات جذور البقوليات كالفول والحمص والعدس. وتستطيع هذه البكتيريا العقدية تحويل غاز النيتروجين الجوى إلى ايون الامونيوم NH_4^+ وتسمى هذه العملية بالنشدرة Ammonofication ثم تقوم أنواع أخرى

من البكتريا جنس ***Nitrisomonas*** بتحويل الأمونيوم إلى أيونـات النتريت NO_2^- وذلك مـن خـلال اتحـــاد الامونيا مع الأكسجين. بعد ذلك تقوم أنواع أخرى من البكتيريا مثل جنس ***Nitrobacter*** بتحويل النيتريت NO_2^- إلى نترات NO_3^- وأن النترات هي شكل النتروجين الذي تستطيع النباتات الخضراء امتصاصها بواسطة الجذور وتستعملها في بناء المركبات العضوية النيتروجينية.

أن هاتين العمليتين أي تحويل الامونيوم إلى نيتريت ثم الى نترات تسمى بعملية النترجة Nitrification .



★التثبيت الجوي أو الكيموضوئي Photochemical Fixation

ان للطاقة الكبيرة الكامنة في البرق والصواعق القابلية على تحويل غاز النيتروجين N_2 الموجود في الجو بعد تفاعلات كيموضوئية مع الأوكسجين إلى غاز ثاني أكسيد النيتروجين NO_2 ثم الى النترات NO_3^- وبذلك يصل النيتروجين إلى سطح الأرض والتربة مع الأمطار في متناول النباتات الاستفادة منه .غيران كمية النيتروجين المثبتة بهذه الطريقة قليلة جداً إذا ما قورنت بطريقة التثبيت الحيوي.

★التثبيت الصناعي Industrial Fixation

يتم هذا النوع من التثبيت في مصانع الأسمدة الكيميائية. حيث تنتج مركبات الامونيوم أو النترات أو غيرها صناعياً والتي تعتبر كمكونات رئيسية للأسمدة النيتروجينية. وقد تنتج الأسمدة النيتروجينية فقط أو نيتروجينية فوسفاتية أو نيتروجينية فوسفاتية بوتاسية. وهذا النوع الأخير يضم عناصر الغذاء الرئيسية الثلاثة.

بشكل عام فأن دورة النيتروجين تمر بخمسة مراحل وكما يلي:

١. التحلل البروتيني Proteolytic:

وهي عملية انزيمية تقوم بها عدة انواع من بكتريا التربة مثل جنس ***Clostridium*** و ***Proteus*** و ***Pseudomonas*** والفطريات والبكتريا الخيطية حيث تتكسر البروتينات الى ببتيدات متعددة وأخيرا الى أحماض أمينية تستغل من قبل الديدان والحشرات والحيوانات الأخرى التي تعيش في التربة والمتبقي يخضع لعملية النشدرة التي تقوم بها أحياء التربة متباينة التغذية .

٢. النشدرة Ammonofication:

وهي عملية أكسدة الاحماض الامينية الى الامونيا والاحماض العضوية الى ثاني اوكسيد الكاربون والماء.

٣. النترجـة Nitrification :

عند الظروف الطبيعية تقوم البكتريا ذاتية التغذية والتي تحصل على الطاقة من اكسدة المواد الكيميائية Chemoautotrophs باستخدام الامونيا التي انتجت في المرحلة السابقة، حيث تؤكسدالبكتريا التابعة الى جنس ***Nitrisomonas*** الأمونيا في صورتها الأيونية ويتحرر من التفاعل أيون النتريت وطاقة.

$$NH_4^+ + O_2 \longrightarrow NO_2 + HO_2 + H^+ + Energy$$

ان كمية قليلة من النتريت قد تستعملها بعض الكائنات المجهرية في فعالياتها الأيضية ولكن هذا الأيون يؤكسد الى نترات بواسطة بكتريا الترية التابعة للجنس ***Nitrobacter*** وهي من الخطوات المهمة حيث ان تجمع أيونات النتريت له تاثير سام.

$$NO_2 + O \longrightarrow NO_3^- + Energy$$

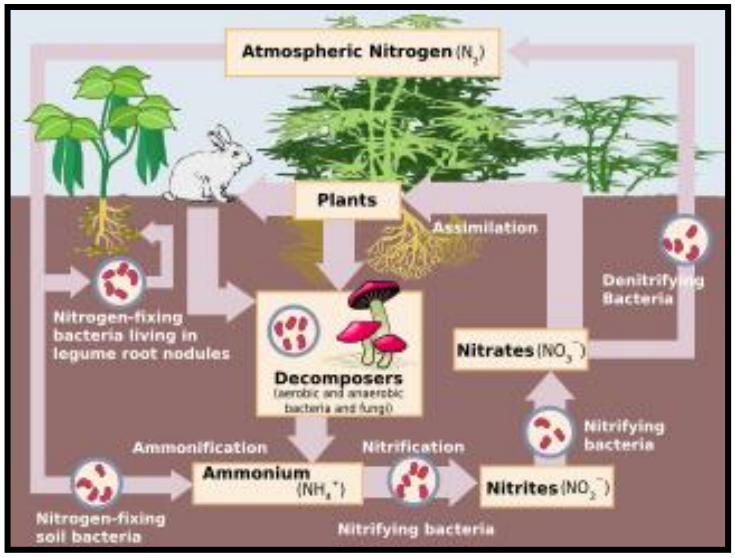
٤. اختزال النترات Nitrate Reduction

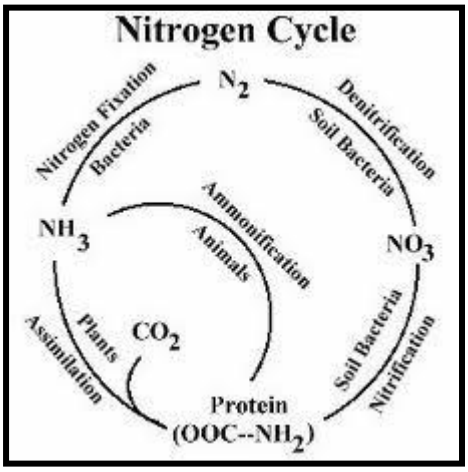
قد لا تستخدم النترات في العمليات الأيضية للكائنات الحية الأخرى فتختزل الى الأمونيا حيث تتم بواسطة عدة أنواع من الاحياء المجهرية وتساعد في الحفاظ على مستوى ثابت من النتروجين الجاهز للاستعمال في التربة.

$$NO_3^- \longrightarrow NH_4^+$$

٥. **عكس النترجة (اطلاق الآزوت) Denitrification**

يعود النتروجين ليكمل دورته عنده عودته الى الجو بصورته الغازية أو بشكل أكاسيد النتروجين من خلال عملية تسمى بعكس النترجة أو تسمى أيضاً بعملية اطلاق الآزوت والتي تتضمن اختزال النترات والنتريت بواسطة اجناس البكتريا ***Thiobacillus*** و ***Pseudomonas*** وأنواع أخرى من بكتريا التربة. وهذه العملية تحدث في الترب رديئة التهوية والحاوية على كميات كبيرة من المادة العضوية والمشبعة بالماء.





دورة النتروجين Nitrogen Cycle

٢. **الدورات الرسوبية Sedimentary Cycle:**

هي دورات العناصر ذات المنشأ الصخري الرسوبي، أي أن خزينها الرئيسي هي الصخور الرسوبية، مثل دورة الفسفور ودورة الكبريت. تفقد العناصر جزء منها خلال الدورة وذلك بسبب ترسبها في الصخور وأبتعادها عن متناول الكائنات الحية، كما هو الحال في رواسب البحار والمحيطات ذات الأعماق السحيقة، فلذا تعتبر هذه الدورات من الدورات الناقصة.

٣. الرياح: Wind

للرياح تأثيرات كبيرة على الكائنات الحية منها مباشرة وأخرى غير مباشرة. فالرياح تلعب دوراً كبيرة في انتشار وتوزيع الكائنات الحية، من خلال حمل حبوب اللقاح من منطقة إلى أخرى كما وتعمل على تراكم الهائمات النباتية والحيوانية في البيئات المائية. أن تأثير الرياح في البيئة قد يكون سلبياً أو ايجابياً، فالتأثير الايجابي يتمثل بزيادة تراكيز الأوكسجين في البيئات المائية وكذلك تلطيف الجو في البيئات البرية الحارة.

تنقسم الرياح إلى أربعة أنواع رئيسة هي:

١. **الرياح الدائمة:** تهب بنظام ثابت طوال السنة وأهم أنواعها الرياح التجارية، الرياح العكسية، والرياح القطبية.

٢. **الرياح الموسمية:** سميت بالموسمية لأنها تهب في مواسم معينة على مناطق محددة من سطح الأرض . أهم المناطق التي تظهر فيها هذه الرياح قارة آسيا حيث يختلف هبوبها ما بين الصيف والشتاء.

٣. **الرياح المحلية:** يقتصر هبوب هذه الرياح على مناطق معينة من الكرة الأرضية ولفترات محددة.

٤. **الرياح اليومية:** وهي رياح تهب يوميا في مناطق محددة نتيجة اختلاف الحرارة في تلك المناطق والمؤدية بالتالي إلى اختلاف الضغط الجوي ومن أهمها نسيم البحر ونسيم البر.

٤. الضغط الجوي: Atmospheric Pressure

الضغط الجوي هو عبارة عن وزن عمود من الهواء مساحة قاعدته سنتيمتر مربع واحد أو بوصة مربعة واحدة، يمتد من سطح البحر وحتى أقصى ارتفاع للغلاف الجوي. ويبلغ

عند سطح البحر ١,٠١٣٢بار. ينخفض الضغط الجوي كلما ارتفعنا عن مستوى سطح البحر والعكس صحيح.

وبشكل عام لا يلعب عامل الضغط دوراً كبيراً في توزيع وانتشار الكائنات الحية ولكن قد يكون هذا العامل مؤثراً بشكل كبير في البيئات القاعية للبحار والمحيطات ذات الأعماق السحيقة، وكذلك البيئات المرتفعة كقمم الجبال المرتفعة.

٥. الرطوبة: Humidity

الرطوبة بشكل عام هي نسبة بخار الماء في حجم معين من الهواء، وهناك ثلاث أنواع للرطوبة هي:

١. **الرطوبة النوعية Specific Humidity** وهي النسبة بين حجم بخار الماء الممثل فعلا في الهواء إلى وحدة معينة من الهواء.

٢. **الرطوبة المطلقة أو الكلية Absolute Humidity** وهي عبارة عن مقدار وزن بخار الماء في وحدة حجمية معينة من الهواء .

٣. **الرطوبة النسبية Relative Humidity** وهي نسبة بخار الماء الموجودة في وحدة حجم معينة من الهواء إلى ما يستطيع إن يحمله الهواء لكي يصل إلى درجة التشبع بنفس درجة الحرارة وتحت نفس المقدار من الضغط.

تتغير الرطوبة بتغير الموقع الجغرافي وكذلك تتغير من فصل الى فصل أخر، وتنتج الرطوبة عن تبخر الماء من سطح الأرض لذلك تختلف نسبها حسب المواطن البيئية، الأمر الذي يؤثر على توزيع الكائنات الحية النباتية والحيوانية وحسب حاجتها لهذا العامل البيئي.

٦. تساقط الأمطار: Precipitation

تعتبر كمية وتوزيع الأمطار السنوية من أهم العوامل المحدد لنوع وكثافة وإنتاجية الغطاء النباتي في أي مكان من العالم. وتزداد إنتاجية الغطاء النباتي بزيادة معدل الأمطار السنوية. ويقسم سطح الكرة الأرضية اعتماداً على المعدلات السنوية لسقوط الأمطار إلى أربعة مناطق مناخية هي:

١. **المناطق الرطبة:** يكون المعدل السنوي لسقوط المطر فيها هو > 1000 ملم.

٢. **المناطق شبه الرطبة:** يكون المعدل السنوي لسقوط المطر فيها ما بين 500- 1000 ملم.

٣. **المناطق شبه الجافة:** يكون المعدل السنوي لسقوط المطر فيها ما بين 250- 500 ملم.

٤. **المناطق الجافة:** يكون المعدل السنوي لسقوط المطر فيها مابين < 250 ملم.

٧. الحرائق : Fires

لقد استخدمت الحرائق منذ القدم في جميع أنحاء العالم من أجل مقاومة الآفات، وتحضير الأرض للزراعة، والحرائق الطبيعية تلعب دوراً كبيراً في التوازن البيئي. فهي من العوامل المحللة، فالمواد العضوية المتراكمة خلال فترات طويلة من الزمن تحترق محررة العناصر الغذائية أي تعيدها إلى هيئتها اللاعضوية. الحرائق أما أن تكون صناعية بفعل الإنسان أو تكون طبيعية بإرادة الله سبحانه وتعالى، وهنالك ثلاثة أنواع من الحرائق هي:

١. **الحرائق السطحية Surface Fires:** وهي الحرائق التي تمتد وتتوسع على سطح الأرض حارقة الأعشاب والشجيرات . ودرجة حرارة الحرائق السطحية

تكون منخفضة ،ولا يتم بسببها إحداث تغييرات جوهرية بالغابة ، والحرائق السطحية هي أكثر أنواع حرائق الغابات انتشاراً وعندما يحدث الحريق في الأعشاب ،والمواد العضوية التي تكون على السطح تكون درجة الحرارة منخفضة ، وتزداد درجة حرارة الحرائق كلما أوغلت النيران في الطبقات الأعمق من الغابة .

٢. **الحرائق التاجية Crown Fires:** وهذا النوع من الحرائق أخطر من الحرائق السطحية حيث أن هذه الأشجار تؤدي إلى احتراق سيقان الأشجار والأوراق والأفرع والأغصان وتنزل إلى أرض الغابة في كثير من الأحيان وتكون درجة الحرارة أعلى من درجة الحرارة في الحرائق السطحية ، ويسبق هذا النوع من الحرائق هبوب رياح شديدة أثناء هذه الحرائق. ويمتاز هذا النوع من الحرائق بأنه سريع الانتشار.

٣. **الحرائق الأرضية Ground Fires:** وهذه الحرائق تحدث في الأماكن التي تكثر فيها المواد العضوية أي في الترب المغطاة بطبقة من المواد العضوية، وتتميز هذه الحرائق بكونها بطيئة وغير مصحوبة بلهب.

٨. الغازات: Gases

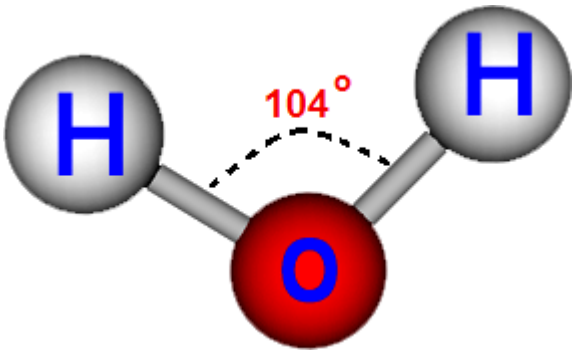
تؤثر غازات الغلاف الجوي والتي يتكون منها الهواء على تواجد الكائنات الحية في اليابسة والماء باختلاف أنواعها ، فمثلاً يعتبر الأوكسجين O_2 ضروري لتنفس جميع الكائنات الحية . ونسبته في الهواء ٢١٪ في حين يوجد ثاني أكسيد الكربون CO_2 في الهواء بنسبة ٠,٠٣٪ والتي تزداد تبعاً لدرجة التلوث . وبذلك يؤثر كل من الأوكسجين

وثاني أكسيد الكربون على توزيع وفسيولوجية وبيئة الكائنات الحية في مختلف المواطن البيئية. في البيئات المائية يكون غاز الأوكسجين المذاب عامل محدد في أغلب الأحيان بينما لا يكون غاز ثاني أوكسيد الكاربون عاملاً محدد وذلك لان النقص في تركيزه يعوض مباشرة من قبل أشكاله الأخرى والتي الكربونات CO_3 والبيكربونات HCO_3.

٩. المـــاء: Water

الماء هو سائل الحياة وبدونه لا حياة علي وجه الأرض حيث قال سبحانه وتعالى ﴿**وَجَعَلْنَا مِنَ الْمَاءِ كُلَّ شَيْءٍ حَيٍّ أَفَلَا يُؤْمِنُونَ**﴾ **[سورة الأنبياء: الآية ٣٠]** وقد خلق الله عز وجل الإنسان والحيوان والنبات وكافة الكائنات الحية من الماء بقوله تعالى ﴿**وَاللَّهُ خَلَقَ كُلَّ دَابَّةٍ مِنْ مَاءٍ فَمِنْهُمْ مَنْ يَمْشِي عَلَى بَطْنِهِ وَمِنْهُمْ مَنْ يَمْشِي عَلَى رِجْلَيْنِ وَمِنْهُمْ مَنْ يَمْشِي عَلَى أَرْبَعٍ يَخْلُقُ اللَّهُ مَا يَشَاءُ إِنَّ اللَّهَ عَلَى كُلِّ شَيْءٍ قَدِيرٌ**﴾ **[سورة النور: الآية ٤٥]** . ويغطي الماء بحدود ٧١ % من مساحة الكرة الأرضية أي ما يقارب 1386 x 10^6 كيلومتر مكعب. ٩٧ % من الماء على الأرض هو ماء مالح، و٣% هو ماء عذب، وأكثر من ثلثي هذا المـــاء العـــذب يوجد في القطبين الشـمالي والجنوبي على شكل جليد وجبال جليدية، فالنسبة المتبقية في متناول الإنسان هي ضئيلة جداً.

لقد أخص الله سبحانه وتعالى الماء بالعديد من الصفات التي ينفرد بها عن باقي السوائل في الطبيعة. وأن الكثير من هذه المميزات تعود الى الزاوية المحصورة بين ذرة الأوكسجين وذرتي الهيدروجين التي تتراوح بين 104 – 105 درجة.



جزيئة الماء

ومن أهم خصائص الماء التي جعلته سائل الحياة هي:

١. **التعادل الكيميائي:** تقع قيمة الأس الهيدروجيني pH للماء حول القيمة 7. فلا يمكن اعتباره حامضياً ولا قاعدياً.

٢. **قابلية الإذابة:** فالماء مذيب جيد الكثير من الأملاح والمواد وذلك لقابليته على التأين.

٣. **قابلية التوصيل الكهربائي:** الماء موصل جيد للكهربائية.

١٠. التربـــــة: Soil

تعتبر التربة إحدى العوامل البيئية الأساسية لنمو وانتشار الكائنات الحية ، فالنباتات تمد جذورها في التربة لتحصل على الماء والأملاح المغذية. كما وإنها تمثل مواطن للأحياء المجهرية والكثير من اللافقريات والحيوانات الحافرة، والتربة قد تكونت نتيجة تفتت الصخور من خلال عمليات ميكانيكية وكيميائية وبايولوجية يشترك فيها الماء والهواء والأحياء المجهرية. وهي عبارة عن مزيج من الرمل Sand والغرين Silt والطين Clay. تشكل التربة نظاماً معقداً، فهي تحتوي على أربعة مكونات أساسية هي:

١. المعادن Minerals وهي الرمل والغرين والطين وتشكل نسبة 45%.

٢. المواد العضوية Organic Matters وتشكل نسبة 5%.

٣. محلول التربة Soil Solution ويشكل نسبة 25%.

٤. الهواء Air ويشكل نسبة 25%.

١١. الملوحــة: Salinity

الملوحة من العوامل البيئية المحددة لنمو وتوزيع الكائنات الحية سواءً في اليابسة أو في البيئات المائية، حيث لها تأثيرات بيئية سلبية وخاصة في قطاع النشاط الزراعي عندما ترتفع تراكيزها عن حدود تحمل المحاصيل الحقلية.

وبناءاً على الملوحة تصنف البيئات المائية بشكل عام الى ما يلي:

١. **المياه العذبة Fresh Water** التي تكون ملوحتها أقل من 0.5 جزء بالألف (ppt).

٢. **المياه المويلحة Brackish Water** التي تكون ملوحتها تتراوح بين 0.5 – 30 جزء بالألف (ppt).

٣. **المياه المالحة Saline Water** التي تكون ملوحتها أكثر من 30 جزء بالألف (ppt).

وأن أقصى تركيز لملوحة المياه البحرية هي اقل بقليل من 50 جزء بالألف (ppt).

١٢. الرقم الهيدروجيني : pH

الرقم الهيدروجيني الذي هو مقلوب لوغارثم تركيز ايون الهيدروجين، من العوامل البيئية ذات التأثير الكبير على الكائنات الحية. ففي البيئات البرية يلعب دوراً كبيراً بنسب إنبات بذور النباتات، وعند انخفاض قيمة الرقم الهيدروجيني أي يصبح الوسط حامضياً فان الكثير من

الأحياء المجهرية والديدان تختفي من تلك الترب. ويعتبر الرقم الهيدروجيني المناسب لنمو معظم النباتات هو الواقع بين 6.5 – 7.5 أي أن التربة الضعيفة أو القلوية هي الملائمة لنمو معظم النباتات. أما في البيئات المائية فأن قيمة الرقم الهيدروجيني تتغير بتغير أشكال غاز ثاني أوكسيد الكربون CO_2 الثلاث التي الشكل الحر Free CO_2 وشكله عندما يكون بهيئة كربونات CO_3 والشكل الثالث بهيئة بيكربونات HCO_3. فعندما تقل قيمة الـ pH تعني بأن الشكل السائد لغاز ثاني أوكسيد الكربون هو الشكل الحر ويكون الوسط حامضي، وأن ذلك له تأثير كبير على مجموعة الرخويات Mollusca حيث يؤدي إلى تأكل أصدافها.

١٣. الأملاح المغذية : Nutrients

تسمى الأملاح المغذية أيضاً بالأملاح المعدنية Biogenic Salts ، وهي من العوامل البيئية المحددة لتوزيع الكائنات الحية، وبشكل رئيسي للنباتات. وتتمثل بشكل عام بأملاح كل من النيتروجين والفوسفور الذين لهما أهمية بيئية كبيرة فالنتروجين ضروري لبناء الأحماض الأمينية، وبالتالي البروتينات. والفوسفور ضروري لبناء العظام، ويدخل في تركيب الأحماض النووية وحاملات الطاقات. ويلي هذين العنصرين من حيث الأهمية البوتاسيوم، والكالسيوم، والكبريت، والمغنيسيوم.

فالكالسيوم، تحتاجه الرخويات لبناء أصدافها. وكذلك النباتات تحتاج المغنيسيوم لصناعة الصبغات النباتية.

تقسم الأملاح المغذية إلى صنفين وفق حاجة الكائنات الحية لها:

١. **الأملاح المغذية الكبيرة Macronutrients:** وهي الأملاح المعدنية التي تحتاجها الكائنات الحية بكمية كبيرة، وتشمل الكربون والهيدروجين والأكسجين

والنيتروجين والفسفور والبوتاسيوم والكالسيوم والمغنسيوم والكبريت. وتقدر الكمية التي يحتاجها النبات بحوالي 1 غم لكل 1 كغم من الوزن الجاف.

٢. **الأملاح المغذية الدقيقة Micronutrients:** وهي التي تحتاجها النباتات والحيوانات بكميات بسيطة، فالنبات يحتاجها بكمية تقدر بحوالي ٠,١ غم لكل 1 كغم من الوزن الجاف. تدخل الأملاح المغذية الدقيقة في معظم الفعاليات الآيضية ومنها تحفيز النشاط الإنزيمي. وعدم توفرها في التربة بكميات كافية يؤدي إلى عدم الإنبات، أو ظهور أعراض مرضية على النباتات. وهذه المغذيات هي الحديد، والمنغنيز، والنحاس، والزنك، والبورون، والصوديوم، والمولبيديوم، والكلور، والكوبالت.وكذلك اليود الذي تحتاجه الحيوانات الفقرية. إن البعض من هذه الأملاح المغذية الدقيقة يرتبط بمركبات عضوية وينتج عن ذلك الفيتامينات مثل فيتامين B_{12}، كما وان البعض منها يعتبر عامل ضروري في عملية تثبيت النتروجين في التربة.

انتقال الطاقة في النظام البيئي

علم البيئة
نظري

انتقال الطاقة

تقسم الكائنات الحية إلى:

1. الكائنات الحية المنتجة: تقوم بالبناء الضوئي و تستخدم **الطاقة الشمسية** لتوفر الدعم لعملية إنتاج الغذاء.

بعض المنتجات مثل البكتيريا لا تستخدم **الطاقة الشمسية** / تقوم هذه الكائنات **بالبناء الكيميائي** /تنتج الكربوهيدرات عن طريق استخدام الطاقة الصادرة من الجزيئات غير العضوية.

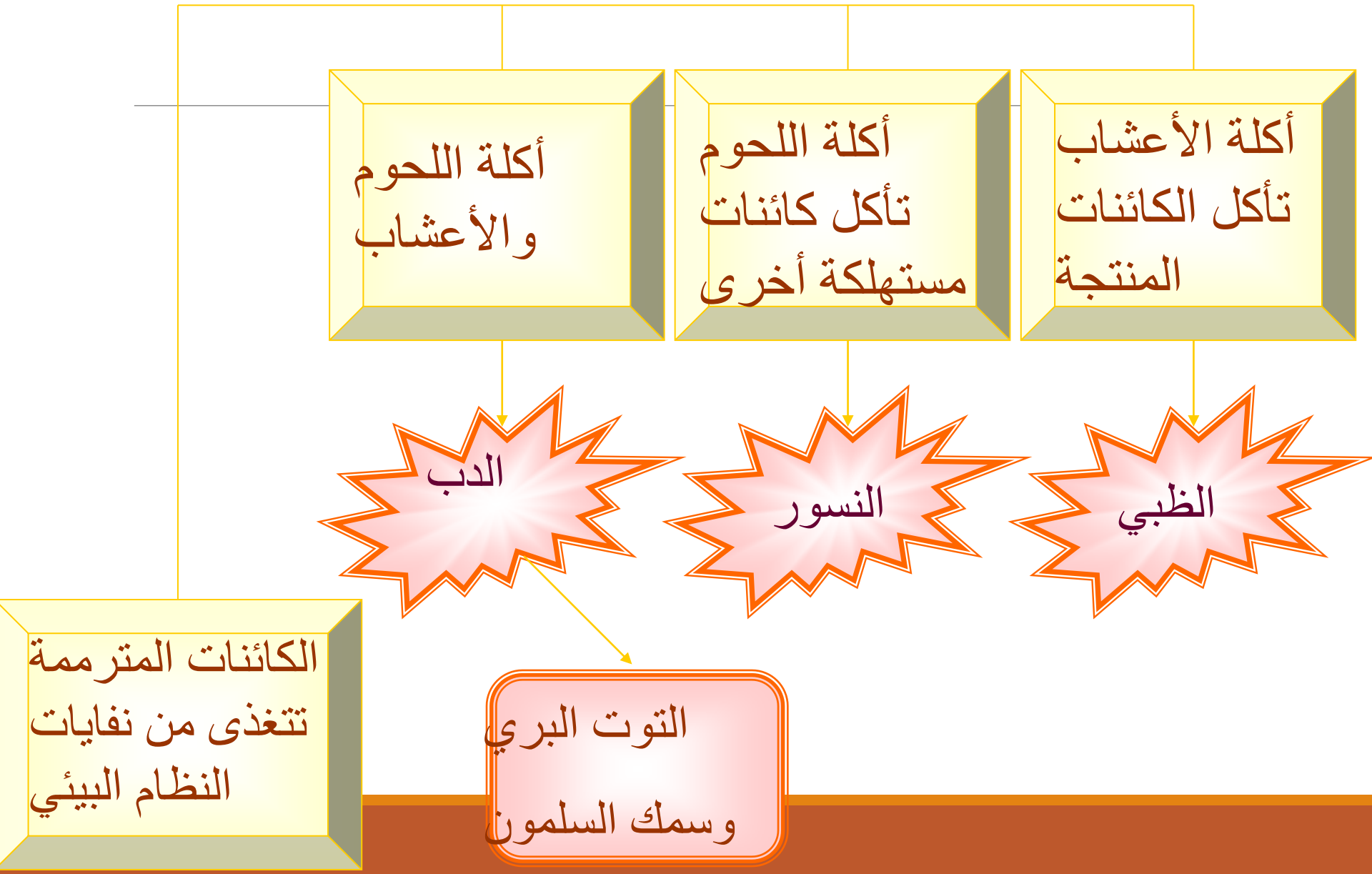
تعتبر النباتات كائنات حية منتجة

2. الكائنات المستهلكة:

هي كائنات حية غير ذاتية التغذية لا تستطيع صنع غذائها بنفسها بل تؤمن الطاقة عن طريق أكلها لكائنات حية أخرى أو النفايات العضوية.

(الحيوانات – الطلائعيات – الفطريات والعديد من البكتيريا)

مخطط المستهلكات (حسب نوع الغذاء)



قياس الإنتاجية

الإنتاجية الأولية Primary productivity : إنتاج مادة عضوية جديدة على مستوى الكائنات ذاتية التغذية (النباتات).

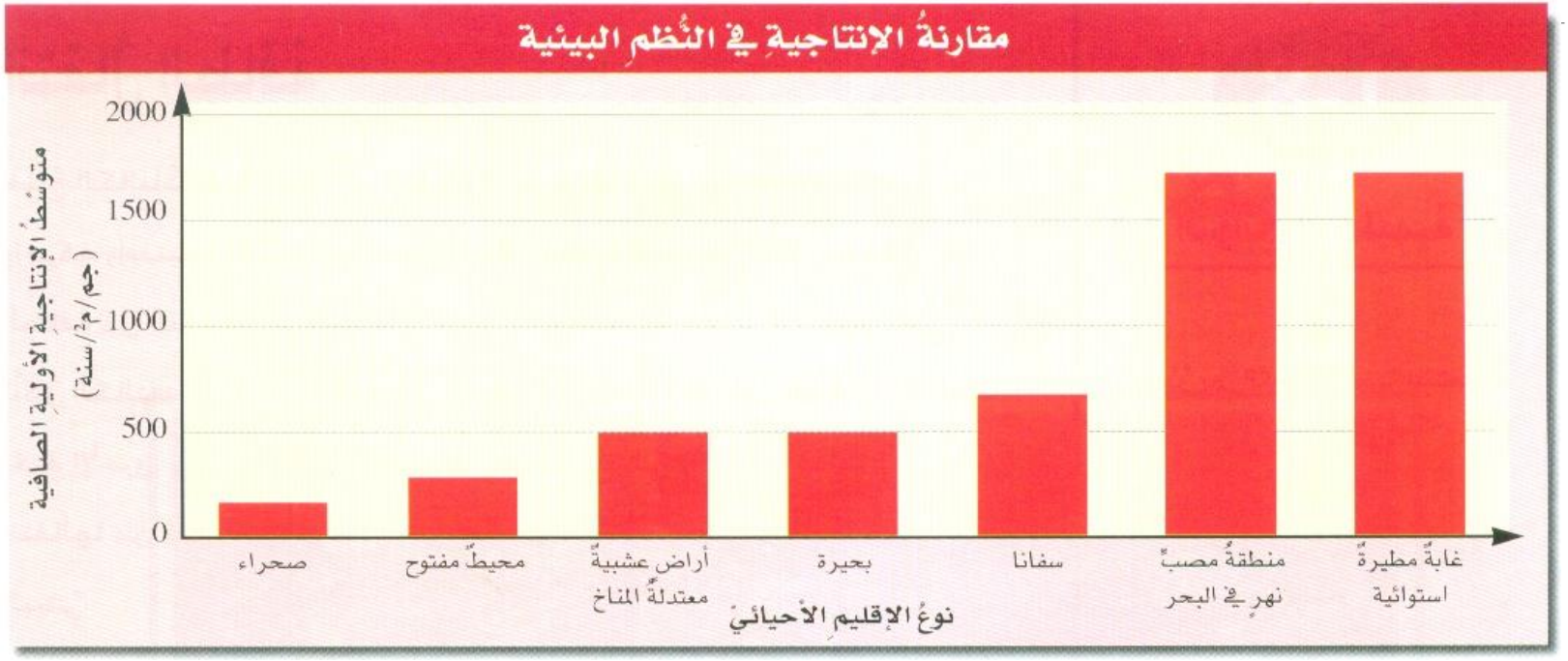
الإنتاجية الثانوية Secondary productivity : إنتاج مادة عضوية جديدة على مستوى الكائنات غير ذاتية التغذية (الحيوانات).

يمكن تقسيم كل من الانتاجية الأولية والثانوية الى إنتاجية إجمالية وإنتاجية صافية.

الإنتاجية الأولية الإجمالية: نسبة امتصاص الطاقة من قبل الكائنات الحية المنتجة في نظام بيئي / تستمد الطاقة في إنتاج المواد العضوية وتسمى هذه المواد بالكتلة الأحيائية.

الإنتاجية الأولية الصافية: كمية المادة العضوية المتبقية بعد استخدام الطاقة للتنفس. وهي الإنتاجية الأولية الإجمالية مطروحاً منها نسبة التنفس في الكائنات المنتجة.

قياس الإنتاجية



وفقاً لما يبينه هذا المخطط، تتشابه الإنتاجية الأولية الصافية لغابة مطيرة استوائية إلى حد بعيد مع الإنتاجية الأولية الصافية لمنطقة مصب نهر في البحر، كما تتشابه الأراضي العشبية المعتدلة المناخ وبحيرات المياه العذبة تشابهاً شديداً من الناحية الإنتاجية.

الإنتاجية الأولية الصافية

تختلف من بيئة إلى أخرى، الغابات تشكل 5% من سطح الأرض----> فهي تصدر 30% بين الإنتاجية الأولية الصافية.

العوامل المؤثرة في الإنتاجية الصافية:

أ- على النظم البيئية في اليابسة:

الضوء ، درجة الحرارة ، الهطول

ب- على النظم المائية:

الضوء ، توفر المواد الغذائية

تدفق الطاقة

هي انتقال الطاقة من الكائنات الحية المنتجة إلى الكائنات الحية المستهلكة.

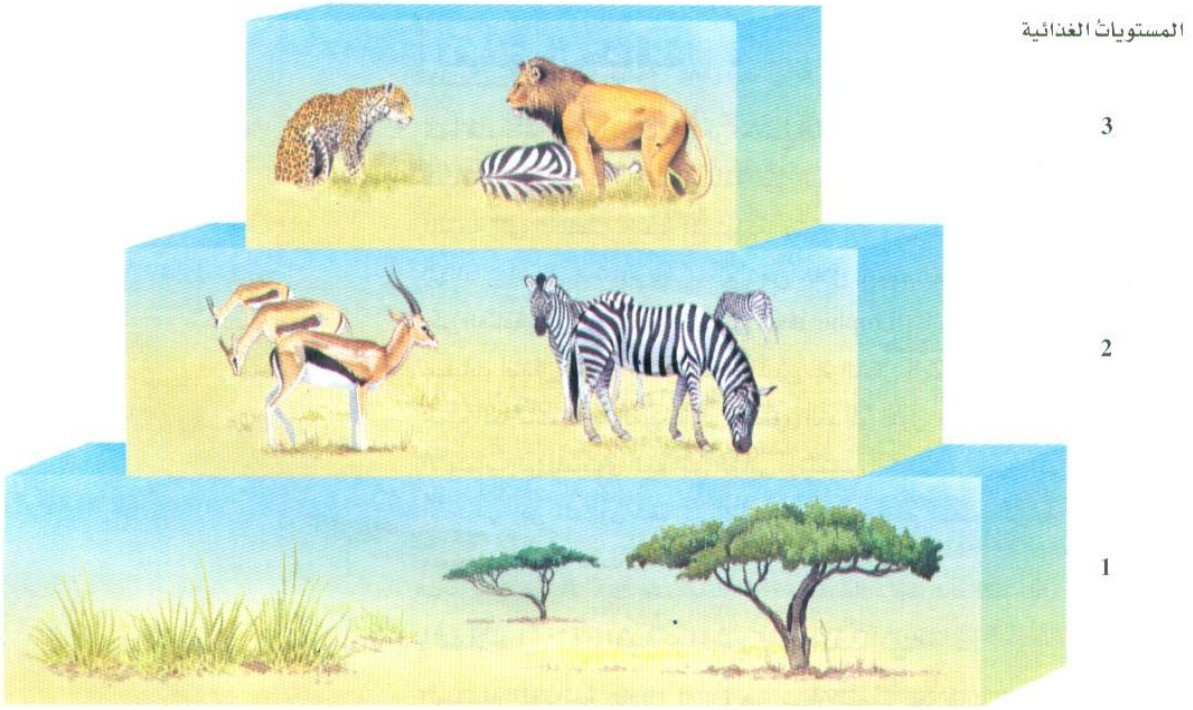
المستوى الغذائي لكائن حي: يمثل موقع الكائن الحي في تسلسل عمليات انتقال الطاقة. و تحتوي معظم النظم البيئية على 3 أو 4 مستويات غذائية فقط.

المستويات الغذائية

- المستوى الأعلى أصغر بكثير من المستوى الأدنى وبالتالي هذه الأشكال هرمية الشكل تقريباً بصورة دائمة.
- تنتمي جميع الكائنات المنتجة إلى المستوى الغذائي الأول.
- تنتمي الكائنات آكلة الأعشاب إلى المستوى الغذائي الثاني.
- تنتمي الكائنات الحية التي تفترس آكلة الأعشاب إلى المستوى الغذائي الثالث.

تدفق الطاقة

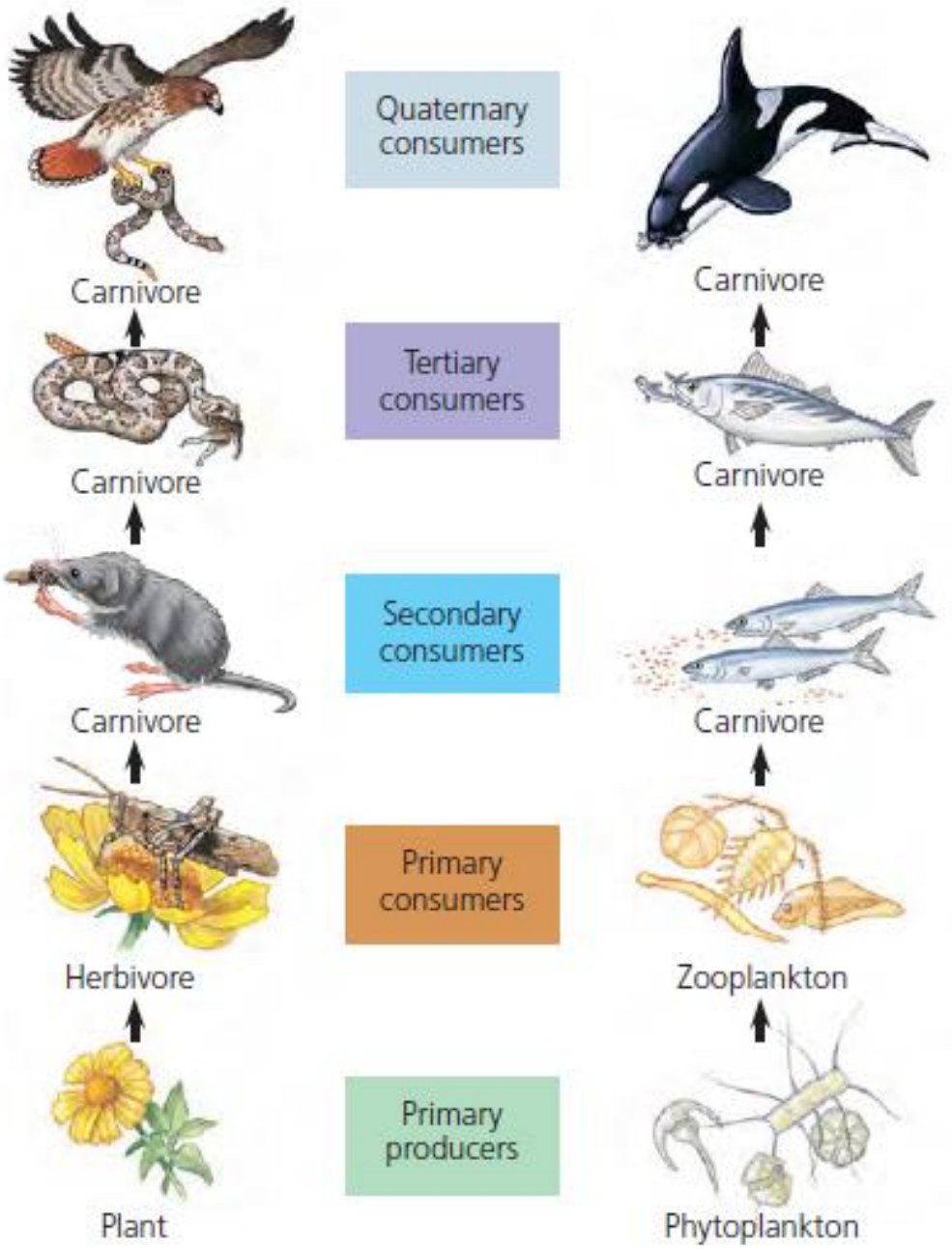
في نظام بيئي محدد تقع جميع الكائنات الحية التي تقتات بنوع غذائي واحد في المستوى الغذائي نفسه. في هذا الشكل تقع الكائنات الحية ذاتية التغذية (العشب و الشجر) في المستوى الأول، والكائنات الحية آكلة الأعشاب (الحمار الوحشي و الغزال) في الثاني، والكائنات الحية آكلة اللحوم (الأسد و النمر المرقط) في الثالث.

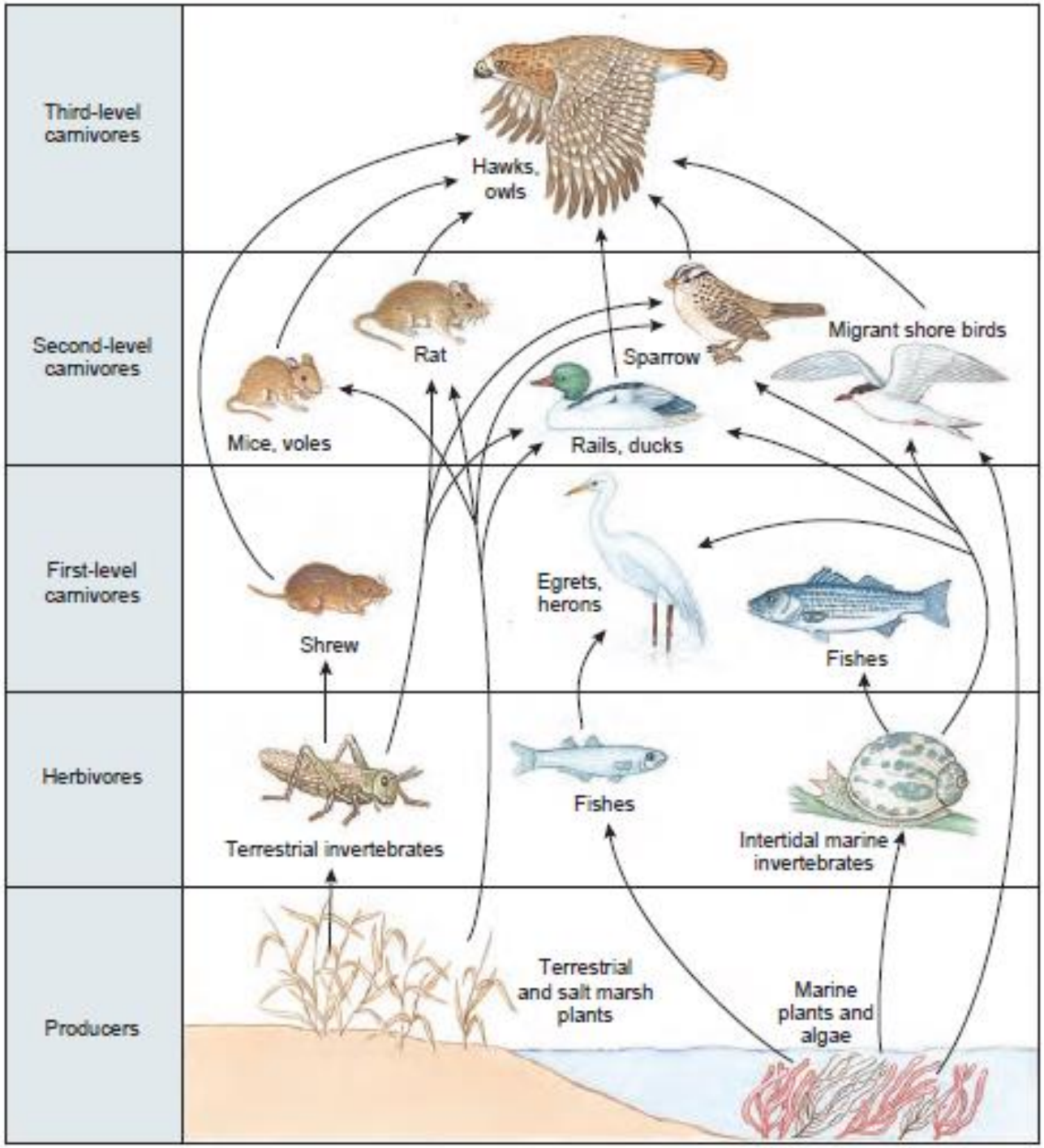


السلاسل الغذائية والشبكات الغذائية

السلسلة الغذائية: هي مسار منفرد للعلاقات الغذائية القائمة بين الكائنات الحية في نظام بيئي ينتج عنه انتقال الطاقة.

- بداية السلسلة الغذائية تكون بمنتج (أعشاب / بذور / طحالب).
- لا تعتمد معظم الكائنات الحية على نوع واحد من الغذاء (لا اختصاصية) لذلك يكون هناك ترابط بين عدة سلاسل وهذا بدوره أدى إلى تكون ما يعرف **بالشبكة الغذائية**.


Quaternary consumers
Tertiary consumers
Secondary consumers
Primary consumers
Primary producers
Carnivore
Carnivore
Carnivore
Herbivore
Plant
Carnivore
Carnivore
Carnivore
Zooplankton
Phytoplankton
A terrestrial food chain
A marine food chain

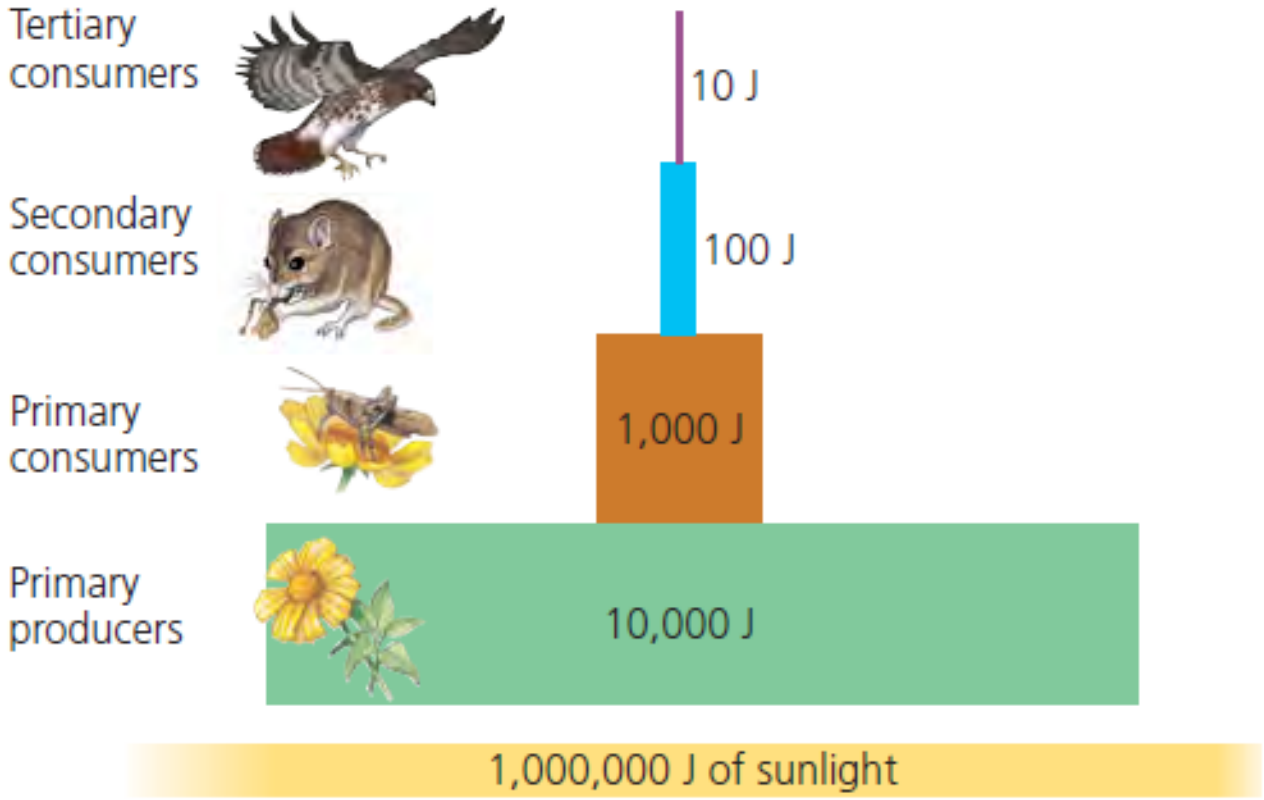

Third-level carnivores
Second-level carnivores
First-level carnivores
Herbivores
Producers
Hawks, owls
Rat
Sparrow
Migrant shore birds
Mice, voles
Rails, ducks
Egrets, herons
Shrew
Fishes
Fishes
Terrestrial invertebrates
Intertidal marine invertebrates
Terrestrial and salt marsh plants
Marine plants and algae

كميات الطاقة المنتقلة

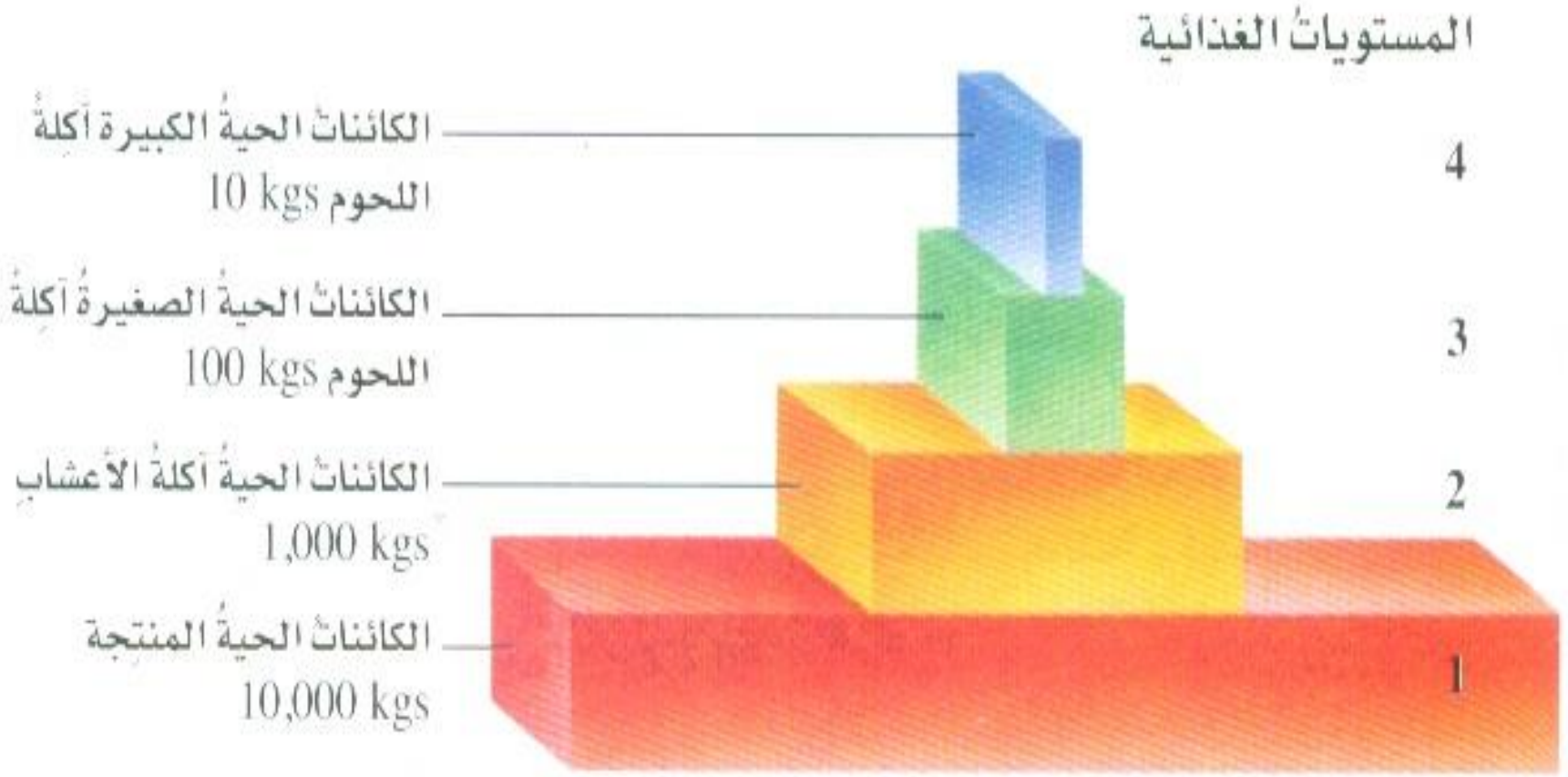
- يتم إدخال ما يقارب 10% من الطاقة الإجمالية المستهلكة من قبل أحد المستويات الغذائية إلى الكائنات المنتمية إلى المستوى الغذائي الذي يليه.
- لماذا تنخفض النسبة المئوية للطاقة كلما انتقلت من مستوى غذائي إلى آخر؟

1. بعض الكائنات الحية لا تتيح الفرص للكائنات المستهلكة أن تأكلها.
2. أجزاء من بعض الكائنات الحية لا يستطيع الكائن المستهلك تفكيكها والاستفادة منها كالشعر والحوافر.
3. فقدان الطاقة على صورة حرارة أثناء عمليات الأيض.

كميات الطاقة المنتقلة



▲ **Figure 55.11 An idealized pyramid of net production.** This example assumes a trophic efficiency of 10% for each link in the food chain. Notice that primary producers convert only about 1% of the energy available to them to net primary production.



يمثل هذا الشكل انتقال الطاقة عبر4مستويات غذائية. يمكن لكمية الطاقة المنتقلة من مستوى غذائي إلى آخر أن تتفاوت. وبهذا يمكن للبنية الظاهرة أن تتغير. مع كل ذلك، ما يبقى صحيحاً وعلى الدوام، هو أن المستوى الأعلى أصغر بكثير من المستوى الأدنى. وبالتالي تكون هذه الأشكال هرمية الشكل تقريباً دائماً.