علم بيئة الحيوان Animal Ecology

لقد بدأ استعمال المصطلح علم البيئة **Ecology** في النصف الأخير من القرن التاسع عشر الميلادي . وقد استعمل العالم الألماني هيكل **Haeckel** عام 1869م مصطلحا مشابها لتلك الكلمة وبنفس المعنى وهو **Oekologie** وعرف هذا العالم علم البيئة آنذاك بأنه - دراسة جميع العلاقات التي تربط الحيوان ببيئته العضوية وغير العضوية - . لقد أثار هذا التعريف العريض أو الشامل 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 .

في الحقيقة هناك مواضيع بيولوجية لها صلة بعلم البيئة وأهمها علم الوراثة ، التطور ، علم وظائف الأعضاء وكذلك علم سلوك الحيوان .

لقد ناقش التون **Elton** عام 1927م في كتابه علم بيئة الحيوان مصطلح علم البيئة وعرفه بأنه " التاريخ العلمي الطبيعي " ولكن هذا التعريف الأخير ليس واضحا ومتميزا .

إن التعريف الذي يبدو مقيدا وواضحا هو ما ذكره العالم أندريوارثا **Andrewartha 1961**م الذي عرف علم البيئة بأنه " الدراسة العلمية لتوزيع الكائنات الحية وكثافتها "

ولكن هذا التعريف يبدوا ساكنا ولم يتطرق إلى فكرة العلاقات القائمة بين الأحياء وبيئتها . وأخيرا عرف العالم **krebs** عام 1978م علم البيئة تعريفا واضحا ومقيدا بأنه " الدراسة العلمية للتفاعلات التي تحدد توزيع الكائنات الحية وكثافتها " .

فعند دراسة علم البيئة يكون الاهتمام منصبا ومركزا على الأسئلة الآتية :

1. أين توجد الكائنات الحية ؟
2. كم أعدادها الموجودة في منطقة ما ؟
3. لماذا توجد في تلك المنطقة بهذا العدد القليل أو الكثير .

بعض العلماء يقسمون علم البيئة إلى قسمين :

1 - علم البيئة الذاتية **Autecology**

وهو دراسة علاقة الكائن الحي ببيئته

2 - علم البيئة الجماعي Synecology

وهو دراسة علاقة مجموعة من الكائنات الحية ببيئتها .

كما هو معروف يمكن تقسيم الحياة إلى :

البروتوبلازم Protoplasm

الخلايا Cells

الأنسجة Tissues

الأعضاء Organs

الأجهزة Systems

الكائن الحي Organism

ولكن على المستوى البيئي يمكن أن تقسم إلى :

الكائن الحي

المجموعات (العشائر) Populations

المجتمعات Communities

الأنظمة البيئية Ecosystems

أقاليم حياتية Biomes

المجال الأحيائي Biosphere

ويمكن تعريف المستويات البيئية الأساسية كما يلي :

المجموعة (العشيرة) : مجموعة من الكائنات الحية والتابعة لنوع واحد وتعيش في مكان محدد .

المجتمع : مجموعة من العشائر النباتية والحيوانية في مكان معين . فهي وحدة بيئية تستعمل بمعنى شامل .

النظام البيئي : وهو عبارة عن مجتمع حياتي وكذلك بيئته الغير عضوية .

العوامل التي تتحكم في توزيع المجموعات :

لو نظرنا إلى نوع معين من الحيوانات ودرسنا المناطق التي يتواجد فيها والتي ينعدم وجوده فيها لتساءلنا ما هو السبب في ذلك وهذا يرجع إلى عامل أو عدة عوامل ويمكن التدرج بدراستها وهي ضمن العوامل الآتية :

1. **الانتشار Dispersal**
2. **السلوك Behaviour**

3. عوامل أحيائية (التنافس ، الافتراس ، التطفل ، التضاد الكيميائي الحيوي ، الأمراض) (علاقات مع كائنات أخرى) .
4. عوامل فيزيائية وكيميائية :

أ- عوامل فيزيائية (الحرارة ، الضوء ، الرطوبة ، تركيب التربة ، سرعة الرياح ، شدة تيار الماء ....إلى آخره)

ب- العوامل الكيميائية (الماء ، الأكسجين ، درجة الملوحة ، درجة الحموضة ، مغذيات التربة ....إلى آخره)

الانتشار والتوسع في المجال : Dispersal and Range Expansion

لقد اقترح ماكان **Macan** وهو عالم بيئة مائي أن أي نوع من الحيوانات سوف يحتل منطقة ما

1. إذا المنطقة تمون متطلباتهم السكنية .
2. إذا كانت المنطقة لم تعمل غير ملائمة بواسطة المتنافسين أو المفترسين أو نشوء الأمراض .
3. إذا النوع له القدرة على الذهاب إلى ذلك .

يمكن تعريف الانتشار بأنه حركة الأفراد من موطنهم الأصلي .

طرق الانتشار تختلف من نوع إلى نوع :

البذور وحبوب اللقاح لها تراكيب ملائمة للانتشار لكي تعم أماكن جديدة وتنتشر .

أما الحيوانات ليس لها تراكيب واضحة ومتميزة لتلائم الانتشار وهذا يعود إلى أن الحيوان بطبعه خلق متحركا ويمكنه التحرك بسهولة .

الانتشار في الحيوانات عادة يحدث في الطور الصغير وهذا واضح في بعض الحيوانات البحرية الجالسة والعناكب .

هناك طريقتين لزيادة الانتشار أي زيادة الأعداد بعيدا عن الموطن :

1. زيادة عدد الانتاج من البذور أو الحيوانات الصغيرة .
2. زيادة القدرة على الانتشار ، فالنبات يتم بواسطة التحورات التركيبية باستعمال الريح ، الماء ، الحيوانات.

أما الحيوانات فيمكن زيادة الانتشار بواسطة تحسين السلوك والتي ممكن أن تتضمن عدم تحمل الحيوان البالغ للصغار فبذلك يجبرهم بالاستمرار على الحركة ولربما يكون للصغار بعد ذلك نزعة للتجول .

معظم الانتشار لا يؤدي إلى تغيرات في المدى الجغرافي وإنما يحدث في المدى الذي هو مسكون من قبل الحيوان حيث بعض الأماكن تخلى من الأفراد لموت الكبار أو تتكون منطقة أو رقعة جديدة ملائمة للسكن .

إن الانتشار الناجح إلى منطقة جديدة لم تكن مشغولة بنوع معين من الحيوانات يسمى التوسع في المجال .

الحوادث العادية التي تسبب توسعة المجال هي :

1. **إزالة الحاجز الطبيعي لنوع من الكائنات ويتم بواسطة العوامل الأرضية الجيولوجية أو بالإنسان .**
2. **مكان غير مناسب أصبح مناسبا بتغير المناخ أو الغطاء النباتي .**
3. **احتمال ثالث : نشوء تغيرات تطورية في النوع تمكنه من استعمال منطقة كانت غير ملائمة وهذه نقطة من الصعوبة دراستها والتأكد منها .**

هناك عدة أمثلة لزوال الحواجز من الحيوانات فمثلا :

أمريكا الشمالية والجنوبية كانتا منفصلتين وليس هناك تشابه بالحيوانات الثديية ولكن عند العصر الجليدي عندما ارتبطت القارتان صار هناك انتشار سريع في كلا الاتجاهين .

وهناك عدة أمثلة لإزالة الحواجز بواسطة الإنسان عن الحيوانات :

الإنسان أحضر بعض الطيور وبعض أمراض النباتات من أوربا إلى أمريكا ، والإنسان صار مثل العوامل الجغرافية الطبيعية حيث حفر القنوات لتوصل بين البحيرات والبحار وهذه سببت هجرة بعض الحيوانات من وإلى الطرف الآخر . لقد حدثت مشكلة كبيرة حيث هاجر اللامبري البحري إلى البحيرات العظمى في أمريكا ودمر مجاميع أسماك التراوت (السلمون المرقط) .

وهناك أمثلة أخرى لا حصر لها على انتشار الحيوانات فمثلا :

1. **طيور ستارلنج الأوربية كانت منتشرة فقط في آسيا الأوربية ولقد جرت محاولات عديدة لإكثار هذا الطيور في الولايات المتحدة وفي النهاية انتشر بكثرة حتى غطى معظم الولايات المتحدة وذلك لملائمة المناخ وسرعة تكاثره .**
2. **لقد انتشر وباء الكستناء (شجرة في أمريكا) الذي سببه فطر اندوثس بالاسيتيكا في الجزء الشرقي للولايات المتحدة عام 1900م الذي جلب من أواسط آسيا .**

إن حدوث تغيرات مناخية أو نباتية في منطقة ما تعتبر عاملا مهما في التغيرات البيئية التي تحدث توسعا في النطاق أو المجال .

إن قطع الأشجار وتطهير مناطق كبيرة من الأشجار في وسط غربي أمريكا وشرقها سبب انتشار طيور كثيرة إلى المنطقة وهي التي تفضل منطقة الحشائش .

كذلك أعداد كثيرة من الطيور والحيوانات الثديية توسعت في مجالها شمال خلال 50-75 سنة الماضية ، ولربما التغير الحراري في المناخ هو السبب.

مثال ذلك طائر النارديناال طير في أمريكا كان غير موجود في ولاية ميتشجان وما يوازيها بالعرض وذلك في أواخر القرن الثامن عشر الميلادي ، بعد ذلك انتشر شمالا تدريجيا . ومثال آخر في أوربا هو طائر العندليب حيث كان موجودا في حوالي

منطقة ستوكهولم وأبكالا شمال السويد خلال القرن السابع عشر ولقد انحسر جنوبا خلال 100 سنة بعد ذلك ثم تقدم وانتشر ثانية شمال في الوقت الحاضر .
فالحدود البيئية تتذبذب استجابة للعوامل البيئية والانحراف في تلك الحدود ربما يكون سريعا وبالأخص للحيوانات وكذلك النباتات القصيرة الأمد .

السلوك : Behaviour

كل حيوان يولد بفطرة معينة خلق عليها ولكنه يتعلم تدريجيا وخاصة عند الأنسان وبعض الحيوانات الثديية مما يمكنها من التكيف للظروف المحيطة بها . إن السلوك يعتبر عاملا مهما في توزيع الحيوانات في الطبيعة حيث بواسطته يتم اختيار البيئة المناسبة للعيش فيها . فمثلاً :
في جنوب الهند تنتشر بعوضة الأنوفيلس الناقلة لمرض الملاريا في حقول الأرز ولكن ينعدم وجودها في تلك الحقول عندما يصبح طول النبات 12 بوصة أو أكثر حيث ينتشر نوعين آخرين من البعوض في تلك البيئة . لقد تمت دراسة ذلك وتبين أن بيض بعوضة الأنوفيلس غير موجودة في حقول الأرز الطويل . لقد تم نقل بيض البعوض إلى هذا الحقل فأدى ذلك إلى نمو هذا البيض بشكل جيد إلى بعوضات كاملة . لقد اتضح أن عدم وجود البعوض في الحقول ذات النبات الطويل يرجع إلى أن الإناث لا تضع البيض في تلك المنطقة لوجود حاجز ميكانيكي يعرقل طيرانها قرب سطح الماء .
كذلك في بريطانيا يوجد نوعان من طائر الببت أحدهما يسكن في منطقة الأشجار والآخر في منطقة الحشائش . لقد وجد عالم الطيور لاك 1933 م أن طائر الببت الشجري الذي عادة يسكن في منطقة بها أشجار يوجد كذلك في منطقة خالية من الأشجار ولكن عند توفر أعمدة كهرباء أو تلفون . هذه الأعمدة تستعمل من قبل الطائر كموقع ليكمل تغريده الذي بدأه في الهواء . أن طائر الببت الذي يسكن منطقة الحشائش له نفس التغريده ولكن يمكن أن ينهي تلك التغريده على الأرض . لذلك طائر الببت الشجري ينعدم وجوده في منطقة الحشائش لأنه يحتاج إلى موقع مرتفع ليطلق تغريده . فالسلوك لهذين الطائرين يعتبر عاملا مهما في توزيع هما في الطبيعة .

العلاقات بين أفراد من أنواع مختلفة ***Interspecific Interractions***

هناك نوعين من العلاقات بين الأنواع المختلفة من الحيوانات

أ - العلاقات الإيجابية Positive Interractions

وهي علاقات حسنة تأخذ أشكال مختلفة بين الكائنات التي تترافق في معيشتها وأهم هذه العلاقات ما يلي :

1. تبادل المنفعة (التكافل الضروري) Mutualisa

وهي علاقة بين نوعين من الكائنات أو الحيوانات حيث كلا النوعين يستفيد من عملية الاشتراك أو الترافق وتلك العلاقة مهمة لحياتهما .

ومن الأمثلة على ذلك :

البكتيريا في معدة الغزال حيث تقوم بتحليل السليلوز ومقابل ذلك تحصل على الدفيء .

السوطيات في جوف النمل الأبيض حيث تقوم السوطيات بتحليل السليلوز الموجود في الخشب ومقابل ذلك تحصل تلك الحيوانات الأولية على الغذاء .

العلاقة بين المن والنمل حيث يوفر المن غذاء سكري للنمل ومقابل ذلك يحصل على الحماية من النمل .

2. التعاون الأولي (التكافل الاختياري) Protocooperation

وهذا يشبه الأول إلا أن العلاقة ليست مهمة لكلا النوعين .

ومن الأمثلة على ذلك تلك العلاقة بين السرطان ونوع من الحيوانات اللاحشوية الجالسة . حيث تقوم تلك الحيوانات اللاحشوية بالالتصاق بظهر السرطان وتعمل تمويها وكذلك تؤدي دورا دفاعيا حيث تقوم بلسع من يقترب منها . مقابل ذلك تحصل على وسيلة للنقل وكذلك تحصل على الغذاء من فضلات السرطان .

3 . المعايشة Commensalism

في هذه العلاقة أحد النوعين يستفيد أما الآخر فلا يلحقة ضرر ومثال ذلك الأوليات في القناة الهضمية للإنسان .

العلاقات السلبية Negative Interractions

وهي علاقات غير حسنة بين أنواع مختلفة من الحيوانات وينتج منها مع مرور الوقت انخفاض في أعداد ونمو النوعين المتفاعلين وأهم هذه العلاقات ما يلي :

1.التنافس بين الأنواع Interspecific Competition

يحدث التنافس عادة من أجل المكان أو الغذاء . وذلك عندما يكون هناك نوعين من الحيوانات أو أكثر يبحثون عن ذلك في مصدر أو مكان واحد .

هناك نوعين مختلفين من التنافس وهما كما عرفهما العالم البيئي بيرتش 1957كما يلي :

أ - التنافس للمصدر Resource Competition

يحدث عندما مجموعة من الكائنات يستعملون مصادرا عامة مشتركة وتلك المصادر لا تكفي متطلباتهم جميعا .

ب - التنافس للتدخل Interference Cpmpetition

يحدث عندما الكائنات التي تبحث عن المصدر تضر بعضها بعضا حتى ولو كان ذلك المصدر كافيا بكثير لمتطلباتهم.

وهناك أمثلة كثيرة لا حصر لها تبين التنافس النوعي بين الأحياء نذكر منها على سبيل المثال

1. **وجد العالم الروسي جاوس عام 1934م منافسة بين نوعين من البراميسيوم (براميسيوم أوراليا وبرامسيوم كوداتم) حيث بدأ النوع الأول بالازدياد ومقابل ذلك انخفض أعداد النوع الآخر .**
2. **كذلك وجد العالم البيئي كونيل 1961م تنافس بين الحيوانين القشريين بلانس بلنويدز وكثمالاس ستيللاتا حيث الحيوان الأول يحتل الجزء السفلي من الصخور بينما يحتل النوع الثاني الجزء العلوي من الصخور في مكان الدراسة الكائن على شواطئ سكوتلند .**

مبدأ أو قاعدة الأبعاد بالتنافس : Competitive Exclusion Principle

عندما يكون التنافس شديدا بين نوعين من الحيوانات لا بد لأحدهما أن يزيح الآخر من مكان تواجدهما ولقد نشأت قاعدة أو مبدأ تعرف بقاعدة جاوس وهو العالم الروسي الذي لاحظها لأول مرة أو اصطلاحا قاعدة الأبعاد بالتنافس ويمكن تعريفها بما يلي :

لا يوجد نوعان متشابهان بيئيا يقطنان في مكان واحد فلا بد لأحدهما أن يزيح الآخر .

لذلك لا يوجد نوعان من الحيوانات يشغلان نفس المكانة البيئية في نفس الوقت والمكان وإذا حدث ذلك فإنهما يتنافسان بشدة على الغذاء والمكان وما إلى ذلك وفي النهاية لا بد لأحدهما أن يتحول إلى مكانة بيئية أخرى أو ينتقل إلى مكان آخر .

على هذا يجب الإلمام بمعنى المكانة البيئية Niche وتفريقه عن المصطلحات الأخرى المشابهة له لفظيا .

انة البيئية (الإطار البيئي المحدود)

وهو دور الحيوان أو الكائن الحي في المجتمع . هذا هو تعبير العالمين البيئيين التون وهتشون

أو يمكن تعريفه بأنها العوامل أو الظروف المختلفة التي يتعامل معها الكائن الحي في منطقة وجوده.

هذا يدل على أن كل نوع له إطار بيئي مميز يختلف عن الآخرين .

·الموطن Habitat

وهو المدى البيئي أو المكان الذي يقطنه نوع من الحيوانات وهذا تعريف جرينل . أو يمكن اعتباره بأنه الظروف الفيزيائية والكيميائية المحيطة بالحيوان .

طن الدقيق Microhabitat

وهو المكان الدقيق داخل الموطن الذي يقطنه نوع من الحيوانات أو الظروف الفيزيائية والكيميائية الدقيقة .

هناك أمثلة عديدة توضح قاعدة الأبعاد بالتنافس :

1. **تقوم خنفساء الطحين ترايبولم بإزاحة خنفساء أصغر من جنس أوزيفيلس إذا لم يكن للموطن تعقيد ومخابئ كافية تمكن الخنفساء الصغيرة من الاختفاء فيها . وإذا تم وضع قطع صغيرة من أنابيب شعرية والتي تجد فيها تلك الخنفساء الصغيرة ملجأ فعند إذ يكون باستطاعة تلك النوعين من الخنافس من العيش معا في البيئة نفسها وذلك كما هو واضح لاختلاف المكانة البيئية للنوعين .**
2. **لقد تمكن السنجاب الأمريكي الذي تم إحضاره عبثا إلى بريطانيا في أوائل القرن الحالي بإزاحة السنجاب البريطاني من بعض الأماكن في الغابات حيث المنافسة شديدة بينهما نظرا لتشابه المكانة البيئية لتلك المناطق**
3. **طيور البوبيز وهي طيور غطاسة تتواجد في جزر جلايجس في أمريكا الجنوبية تتغذى على نوع واحد من الأسماك . تلك الطيور متشابهة في الموطن ولكن لكل واحد منهما مكانة بيئية مختلفة يوجد ثلاثة أنواع من تلك الطيور في الجزيرة فأزرق القدمين يصطاد السمك بالقرب من الشاطئ أما طائر البوبي الأبيض القدمين فيطير ميلا واحدا تقريبا للحصول على الغذاء من نفس النوع من السمك . أما الطائر الأحمر فيطير عدة أميال بعيدا عن الشاطئ ليصطاد نفس السمك .**

هناك نقاط مهمة يجب اعتبارها في عملية المنافسة :

أولا : أنه لا حاجة للحيوان أن يرى منافسة أو يسمعه . فمثلا الحيوان الذي يتغذى في الليل على نوع من النبات هو في الحقيقة ينافس ذلك الحيوان الذي يتغذى على ذلك النبات في النهار إذا كان ذلك النبات محدود الكمية .

ثانيا : كثيرا من أو معظم الحيوانات التي يراها أو يسمعها الحيوان في الطبيعة ليست في الحقيقة منافسة له في حياته حتى ولو كان هناك مصدر مشترك بينهم . فمثلا الأكسجين هو مصدر يشترك فيه معظم الحيوانات الأرضية ولذلك لا يوجد تنافس بينهم لأن ذلك المصدر الذي هو الأكسجين متوفر بكثرة .

ثالثا : التنافس بين النباتات يحدث عادة بين كائنات ثابتة في أماكنها . بعكس التنافس عند الحيوانات التي طبعا تتحرك . لذلك التنافس من أجل المكان يكون مهما في النباتات حيث يتوجب التباعد بين الأفراد .

2 - الافتراس : PREDATION

إن الافتراس عبارة عن اقتناص حيوان حي من أجل الغذاء . ويمكن تصويره بشكل نموذجي بالعلاقة الموجودة بين الصقر والفأر .وبين سمك القاروس وسمك المنوة .وبين الأسد والظبي وهلم جرا . وتكون المفترسات آكلات لحوم (Carnlvoesفي المستويات الاغتذائية بدرجة أعلى من آكلات الأعشاب (herblvores) . وهكذا فإن الصقر الذي يتغذى على طير آكل للبذور يكون في مستوى اغتذائي ثالثي . والصقر الذي يتغذى على طير آكل للحشرات يكون في مستوى اغتذائي رابعي .. الخ .

ويعد الافتراس علاقة مثيرة إلى حد كبير بين جماعات حيوانية متباينة . وقد أنشأ الانتخاب الطبيعي تكيّفات معقدة هائلة حول الافتراس . إذ أنه جلب انتباه علماء الطبيعة وعلماء البيئة بدرجة ملحوظة . ومع ذلك . فإنه خلال هذا القرن فقط وصل الإنسان الحديث إلى إدراك كاف للأهمية البيئية للافتراس . وفي الحقيقة . فإنه ما زال العديد من البشر وخاصة أولئك الذين يشجعون برامج المنح السخية الموجهة نحو القضاء على الصقور والثعالب والقيوط والأسود الأميركية والذئاب . غير قادرين لحد الآن على إدراك الأهمية الحقيقية للافتراس .

وقد كانت قصة كيباب (Kaibab story) في العشرينات من هذا القرن واحدة من الأدلة الواضحة على الأهمية البيئية للافتراس في الحفاظ على موازنة الجماعات الحيوانية . فمنذ عام 1906 ولغاية عام 1930 أدت حملة شاملة لفترة سنوات عديدة للتحكم في الافتراس إلى قتل جماعي للذئاب والأسود الأمريكية والقيوط والوشق . وبالتالي فقد تزايدت جماعة الأيل الاذاني بصورة انفجارية من قطيع أصلي يتألف من 4000 أيل إلى قطيع يحوي أكثر من 100,000 أيل بحلول عام 1924 . وقد قام الأيل بالقضاء على جميع المؤونة الغذائية المتوفرة بالغابة . وفي شتاء عام 1924 هلك ما يقدر بـــ 60,000 أيل نتيجة للجوع . ولقد انقضت عشرات السنين قبل أن تسترجع الغابة وقطيع الأيل ازدهارها (Allen,1954) . ومع أن عوامل عديدة بجانب التخلص من الافتراس قد أسهمت في الزيادة المفاجئة لجماعة أيل كيباب . إلا أن إزالة المفترس أدت إلى تفاقم المشكلة (راجع الفصل الخامس عشر) .

وفي متنزه يلوستون (Yellowston Park) أدى تحكم مفرط للافتراس في بداية القرن العشرين أيضا إلى زيادة في جماعة كبش الجبال الصخرية والألكة (وهي نوع من الأيل) . فأصبح الموطن مزدحما وتدهورت ظروف المألف وأصيبت الحيوانات بالدودة الرئوية ومرض ذات الرئة. وخمج الدم التريفي . وان الأوجه البيئية لهذه الأمراض غير مفهومة بصورة تامة . إلا أنه يعتقد بأنها تتعلق بظروف مألف سيئة وربما بغياب إزالة المفترس للأفراد الضعيفة .

ولقد أظهرت دراسات عديدة بأن الافتراس يزيل بصورة اختيارية الأفراد حديثة السن والمعمرة والمريضة أو المصابة من جماعة الفريسة . ولقد بين دورورد ألن Durward Allen وتلامذته بأن الذئاب في متنزه آيل رويال الوطني تقوم بافتراس شامل تقريباً لحيوانات الموظ الحديثة السن والمعمرة وبصورة خاصة تلك التي تكون ضعيفة (Mech,1966) .

ونادراً ما يتم اقتناص حيوان بالغ في ريعان صباه من قبل الذئاب . ويبين جدول (1 - 18) تركيب الأعمار لخمسين موظا تم اقتناص الذئاب لها على جزيرة رويال . فإن 94 بالمائة من الموظ التي اقتنصها الذئاب كانت عجولاً بعمر أقل من سنة أو أفراداً مسنة ذات عمر يتراوح بين ثمانية أعوام إلى عشرين عاما . وقد وجد موري (**Murie, 1944**) عند تحليله لوفيات كبش الجبال التي يعزي البعض منها إلى الافتراس بواسطة الذئاب . بأن 69 بالمائة من الوفيات كانت ضمن الحيوانات المسنة و 16 بالمائة كانت ضمن الحيوانات في عامها الأول من العمر و 9 بالمائة كانت ضمن الأفراد البالغة المريضة حدا . وحدثت 6 بالمائة فقط من الوفيات المعروفة بين الأفراد البالغة السليمة التي تتراوح أعمارها بين عامين إلى ثمانية أعوام . ولقد أعطت دراسات شالار **Schaller** عن الأيل والنمور في الهند عام 1967 وعن الأسد والثيتل الأفريقي في أفريقيا عام 1969 نتائج مشابهة . على الرغم من أنه وجد في الهند بأن بعض النمور تقتنص بعض أفراد الأيل التي تكون في ريعان صباها ولم يكن غذاؤها يقتصر على الأفراد حديثة السن والأفراد المعمرة بصورة شاملة إلا أنه غالبا ما يكون كذلك .

وهكذا يبدو أن الافتراس يعمل في الجماعات الحيوانية كطريقة طبيعية للتحكم النوعي . فعند إزالة تلك الأفراد التي يمكن اقتناصها من الجماعة . يميل الافتراس لإزالة الأفراد البطيئة والضعيفة والعاجزة . وتكون الحيوانات النشيطة والسليمة وجيدة التكيف أقل عرضة للوقوع ضحية للمفترس .

ولقد أكد هذه النقطة العالم ايرنكتون **Errington** على الافتراس عام 1967 وذلك في دراساته التي استمرت طوال حياته . فقد لاحظ ليرنكتون في فران الملك وطيور السلوى وطيور الطيهوج وجماعات حيوانية أخرى والتي عني بدراستها . بأن شرائح معينة من الجماعة كانت غير حصينة للافتراس بينما كانت شرائح أخرى مأمونة تماماً . وقد كانت الأفراد غير الحصينة نتيجة لبعض الصفات الصحية أو السلوكية معرضة للافتراس على الأغلب . ومن الناحية السلوكية . فإن الحيوانات غير الإقليمية والأفراد الخاضعة والمتجولة بصورة واسعة . غالباً ما تقوم باجتياز المواطن الحدودية بصورة متكررة فتقع ضحية لفعل المفترس . وهكذا نرى . من وجهة نظر مختلفة . الدور التنظيمي للافتراس في جماعات الحيوان .

وهناك بالطبع . أنواع عديدة للافتراس لا تكون انتخابية على النحو المشار إليه . فطيور السنونو التي تتغذى على حشرات العث والذباب . وأسماك المنوة والسلمون التي تتغذى على يرقات البعوض . وآكل النمل الذي يتغذى على مستعمرة نمل . تكون أقل تمييزاً في اقتناص الفريسة . وبالتأكيد يتم افتراس العديد من الأفراد السليمة والقوية والنشيطة . وفي مثل هذه الحالات التي تتضمن أعداداً كبيرة . فإن جماعة الفريسة تظهر إنتاجية عظيمة تمكنها من استيعاب هذه الوفيات الجماعية . وتمتلك العديد من الأسماك والحشرات واللافقريات الأخرى إنتاجاً هائلاً من البيض واليرقات . ولكن نسبة مئوية صغيرة فقط من هذه تتفادى انقضاضات الافتراس وأشكالاً أخرى من الخسارة . فعلى سبيل المثال يقوم السرطان الشبيه بنعل

الفرس **Limulus** والذي يعيش في المصبات والمياه الساحلية بوضع بيضه على السواحل الرملية حيث تقوم أسراب طيور النورس وطيور ساحلية أخرى باستهلاك أعداد كبيرة منها . كما تغسل أعداد ضخمة من البيض إلى البحر وتؤكل من قبل الأسماك بينما يتم دفع البعض الآخر إلى أعلى الساحل حيث تموت نتيجة لجفافها . وعلى الرغم من هذه الخسارة الخيالية في البيض واليرقات فإن السرطان **Limulus** يستمر على البقاء بجماعات كبيرة . ولقد بقي على هذه الحالة خلال فترة الـــ 180 مليون سنة الماضية . ويعد هذا الحيوان واحداً من أقدم الحيوانات على الأرض . فلقد عمر لفترة أطول من المفصليات الثلاثية الفصوص (**trlloblles**) والديناصورات بملايين السنين ولا يزال وفيراً بصورة تكاد لا تصدق .

ولقد كان هناك اهتمام ملحوظ بالافتراس كعامل للسيطرة الكمية على الجماعة إضافة إلى السيطرة النوعية . فمن ناحية واحدة . أراد الرياضيون الحد من الافتراس وذلك لقلقهم بأنه قد يقضي على أعداد مفرطة من طيور الصيد وطيور البراري الأخرى . ولذلك فلقد قامت بعض المنظمات الرياضية بدعم حملات تحكم ضد الصقور والبوم والثعالب والقيوط والذئاب والأسود الأمريكية ومفترسات أخرى بحجة الحفاظ على الطبيعة . ومن الناحية الأخرى . غالباً ما كان علماء البيئة مهتمين بتشجيع الافتراس كطريقة للسيطرة البايولوجية على الحيوانات الضارة . وبصورة خاصة الحشرات والقوارض . وحتى كسيطرة بايولوجية ضرورية لحيوانات مرغوب فيها مثل الأيل لمنع جماعاتها من الوصول إلى مستوى وبائي .

وتوفر المصادر العلمية عن الافتراس بعض الأمثلة التي يمارس فيها الافتراس سيطرة كمية على الجماعات الحيوانية وأمثلة أخرى لا يمارس فيها الافتراس هذا التحكم . فلقد استنتج موري عام 1944 بأن الافتراس من قبل الذئب كان أحد العوامل الأساسية المحددة لأعداد أغنام دال (**Dall sheep**) في منطقة ماونت مكنلي في ألآسكا . كما شعر أيضاً بأن الافتراس من قبل الذائب كان الكابح المهم لجماعة أيل الرنة . وكان الافتراس بصورة واضحة عاملاً محدداً مهماً للأيل الذاني الغربي في غابة كيباب الوطنية . حيث ازدادت هذه الجماعة فجأة بعد أن بدأت البرامج الشاملة للتحكم بالافتراس في عام 1906 . وبصورة مشابهة . استنتج شالار عام 1967 بأن الافتراس من قبل النمر كان العامل المحدد الرئيس لجماعات الأيل من نوع ***Cervus axis*** والصمبر ***Cervus unicolor*** وأيل المستنقع ***Cervus duvauceli*** في وسط الهند . ولقد حسب (قدّر) شالار بأن النمر البالغ يحتاج من 6300 إلى 7300 رطلاً من حيوانات الفريسة سنوياً لتغذيته ويتضمن هذا عادة 30 إلى 40 فريسة سنوياً يتراوح وزن كل فريسة بين 50 إلى 100 كيلو غرام . ويمثل هذا محصولاً ذا أهمية لجماعة الفريسة ومن المحتمل أنه يمثل تأثيرا تحكميا بارزاً .

وهناك أيضاً أمثلة من مصادر علم الحشرات حيث يقوم الافتراس بتحكم جماعي ذي شأن على جماعة الحيوان . وفي دراسة تقليدية على توازن الجماعة الطبيعي في ذبابة العفص (***Urophora jaceana***) (حشرة صغيرة تعود إلى رتبة ثنائية الأجنحة) . استنتج فارلي عام 1947 بأن اقتناص الفئران لحوريات الحشرة كان واحداً من عوامل التحكم الرئيسة . ولقد أظهرت معلوماته بأن 22 إلى 43بالمائة من وفيات الذباب كان بسبب هذا الافتراس . ولقد أوجدت دراسة معينة على ذباب تي تي (***Glossina spp***)في أفريقيا بأن العناكب المفترسة هي عامل سيطرة على وفرة الذباب وتوزيعه (**Sladen , 1969**) . ولقد تم استخدام مفترسات الحشرات أيضاً في سيطرة البايولوجية التطبيقية للآفات الزراعية في بعض الحالات . ففي كاليفورنيا . تمت السيطرة بصورة فعالة على قشرة الوسادة القطنية (حشرة تعود إلى رتبة نصفية الأجنحة وتكون آفة ضارة بالنباتات الحمضية) بواسطة خنفساء الدعوقة المفترسة التي استوردت من استراليا . وفي جزر هاواي تمت السيطرة على الحشرات النطاطة لقصب السكر بواسطة بقة الكابد (**Kedeigh , 1961**) .

وتؤدي تفاعلات المفترس - الفريسة في بعض الأحيان إلى حدوث تذبذبات منتظمة . ويظهر شكل (3 - 18) التذبذبات الجماعية للبعوضة (***Aedes aegypti***) ولمفترسها البعوضي الأكبر (***Toxorhynchites brevipalpis***) (**Trips , 1973**) . وفي هذه الحالة . يبدو أن للمفترس دوراً أساسياً في التحكم بالفريسة بصورة حقيقة . ونظراً لكون البعوض المفترس ***Toxorhynchites*** يتغذى فقط على بعوض آخر . فانه قد يقوم بعمل مفيد في السيطرة البايولوجية لبعوضة ***Aedes aegypti*** التي تنقل الحمى الصفراء .

وإن الأمثلة وفيرة أيضاً على تفاعلات المفترس - الفريسة التي لا يكون فيها للمفترس تأثير تحكمي مهم بجماعة الفريسة . وفي الدورات الجماعية التقليدية للأرنب ذي القبقاب الثلجي والوشق . يقوم الوشق بالتغذية على الأرانب بصورة أساسية . ولكن تبدو جماعات الأرنب بأنها تزداد وتنخفض بصورة مستقلة عن جماعة الوشق . وفي الحقيقة . تكون جماعات الأرنب في المناطق الخالية من الوشق دورية أيضاً . ويبدو بأن التأثيرات المتحكمة المهمة بجماعات الأرنب تشمل المؤونة الغذائية وعوامل داخلية أخرى تتعلق بالكثافة المفرطة والتزاحم والضغط .

وبصورة مشابهة . أظهرت دراسات جماعة فئران المسك وطيورة الحجل بأن الافتراس لا يكون عامل تحكم أساسي بجماعات هذه الأنواع . واستنتج ايرنكتون عام 1946 بأن "جزءاً كبيراً من الافتراس لا يكون له تأثير تخفيضي " وقد لاحظ إضافة إلى ذلك ما يأتي :

بمفهوم إن ضحايا عامل معين تتجنب ببساطة من أن تصبح ضحايا عامل آخر . وطرز عديدة من الفقدان - بما في ذلك الخسارة نتيجة للافتراس - تكون على الأقل متبادلة التوازن بصورة جزئية بتأثيرها الصافي على الجماعة . وبغض النظر عن عدد الأفراد الذي لا يحصى أو النسبة المئوية الكبيرة للجماعة التي قد تقتل سنوياً من قبل المفترسات . فانه يبدو بأن الافتراس غير فعال كعامل محدد .

ولقد عبر واين - ادواردز عن فكرة مشابهة عندما كتب عام 1962 :
لا يكون الافتراس عملية معتمدة - الكثافة في مفهومه الأساسي . ولا يكون قادراً على التحكم بجماعة الفريسة بصورة مستقلة من الخارج . إن تعاون جماعة الفريسة بتأمين عدد فائض من أعضائها يكون حساساً بصورة خاصة للمفترسات خلال عمل النظام الاجتماعي . وغالباً ما يكون من المؤكد بأنه العامل الأساسي الذي يكمن وراء ما قد يكون للافتراس أن يمتلك من معتمد - الكثافة وتأثير اتزاني .
ومن ناحية أخرى . وجد واين - ادواردز من دراساته بأن الافتراس ينال من الأفراد الفائضة بصورة أساسية . الأفراد التي تخضع لعامل وفيات مهم آخر . فقد تكون متخلفة جسدياً . أو قد تكون في موطن غير ملائم أو أنها قد تكون حساسة سلوكياً للافتراس والمرض والجوع أو لأي عامل من عوامل الوفيات العديدة . وقد لخص ايرنكتون وجهة نظره عن الافتراس عام 1967 بما يلي : " ينتمي الافتراس إلى معادلة الحياة " أي أنه اعتبر الافتراس جزءاً مهماً في نسيج الجماعات المتفاعل .
وتعد التشكيلة الكبيرة للتكيفات التي نشأت كاستجابة للافتراس . وجهاً مهماً آخر له كعامل مؤثر في بيئة الجماعات والانتخاب الطبيعي . ويقع التلوين الوقائي والتلوين التحذيري والتنكر ضمن هذه الفئة من التكيفات . ولقد تطورت أيضاً الاستجابات المظهرية والسلوكية لسرعة الطيران والوقاية والسلوك المضلل وسلوك التجمد وأنماط متخصصة عديدة أخرى في أنواع متباينة من الأحياء كتكيفات للحد من عدد الوفيات الناجمة عن الافتراس . وتعد العلاقة الحميمة بين بعض أنواع العث وبين الخفافيش التي تتغذى عليها ذلك النظام المشوق الذي تمت دراسته بشيء من التفصيل . إذ تقوم الخفافيش بتحديد مواقع العث بإصدار ذبذبات فوق صوتية والكشف عن الصدى الذي ينعكس من حشرات العث الطائرة . ويعد هذا مثالاً على جهاز صوتي طبيعي (**Novick,1969**) . ولقد طورت حشرات العث القدرة على كشف هذه الذبذبات فوق الصوتية للخفافيش . وعندما تدرك اقتراب خفاش فإنها تقوم على الفور بطيران لولبي مضلل ومعقد لتتفادى الخفاش . وأصبح التفاعل " معركة جوية " في الهواء بين الخفاش والعث . حيث يحاول العث تفادي الخفاش . ولقد نشأت هذه القدرة والسلوك نتيجة استجابة انتخابية للافتراس بنفس الطريق الذي نشأ فيه التلوين الإخفائي . وفي كلتا الحالتين تم انتخاب الطفرات المفيدة ونشرها .

3 - التطفل : PARASITISM

يعد الطفيلي كائناً حياً يعيش بداخل أو على جسم كائن حي آخر ويستمد غذاءه منه . وقد يكون طفيلياً مؤقتاً كما في حالة قرادة الخشب أو قد يكون مقيماً بصورة أكثر دائميّة . كما في حالة الدودة الشريطية . وقد يضعف ويوهن المضيف أو يسبب موته في آخر الأمر . أن قد يسبب للضيف ضرراً ضئيلاً نسبياً . ويكون التطفل ظاهرة شاملة فعلياً في جميع

النباتات والحيوانات . ففي الحيوانات الفقرية توجد الطفيليات الداخلية ضمن الأجهزة العضوية الرئيسية للجسم . وأنها توجد بصورة أكثر شيوعاً في أجهزة الهضم والدوران وفي الأجهزة البولية والتناسلية . كما توجد الطفيليات الخارجية على الجلد أو في داخل الجلد وملحقاته مثل الشعر والحراشف . وفي جميع أنحاء العالم يهاجم الإنسان بالعديد من الكائنات الحية الطفيلية . بما في ذلك الديدان المعوية (الديدان الشريطية والديدان المسطحة والديدان الخيطية 00 الخ) والأوليات المعوية (الأميبا والهدبيات والسوطيات) وطفيليات الدم (الخيطيات الدقيقة وطفيلي الملاريا 00 الخ) وتشكيلة منوعة من الطفيليات الخارجية (القمل والسوس والقراد والبعوض 00 الخ) . وتكون العديد من الأحياء الدقيقة المعدية . بما في ذلك البكتريا والفيروسات . طفيليات أيضاً حيث أنها تستمد غذاءها من المضيف . ويكون البعض منها مرضياً أي أنها تؤدي إلى اعتلال الصحة وإضعاف الوظائف الطبيعية للمضيف مثل الكائنات الحية البكتيرية من جنس شيكيلا ***Shigella*** التي تسبب الديزانتاريا العصوية . كما تكون أنواع أخرى مثل السوطيات المعوية غير مرضية ولا تسبب ضرراً للمضيف . وقد تكون العديد من الكائنات الحية الطفيلية مرضية في فرد معين وتكون غير مرضية في فرد آخر . فعلى سبيل المثال لا يظهر أغلب الأفراد المصابين بالاندميبا هستولاتكا ***Endamoeba histolytica*** أية إصابة بمرض الديزانتاريا الاميبية . وفي الحقيقة قد لا يبدي هؤلاء الأفراد أية أعراض مرضية البتة . ولكن قد يسبب الكائن الحي نفسه مرضاً حاداً في أفراد أخرى وربما يسبب الوفاة . ويعود هذا إلى تباين البيئة والمناعة الفردية التي هي غير معروفة بصورة جيدة .

وكما تم ذكره سابقاً خلال الجزء الخاص بالتعايش . ليس هناك حد فاصل للتمييز بين التعايش الإجباري والتطفل . فمن الناحية النظرية . يعد حيوان ***Endamoeba histolytice*** الذي يتغذى على أنسجة المضيف متطفلاً بينما لا يعد حيوان ***Trichomomas hominis*** الذي يتغذى على الطعام المهضوم قبل اندماجه بداخل نسيج المضيف متطفلاً . وكذلك لا يكون حيوان ***Endamoeba coll***الذي يتغذى على دقائق الطعام غير المهضوم وعلى البكتريا المعوية متطفلاً .

كما أنه ليس هناك خط واضح للتمييز بين الطفيلي والمفترس . وبصورة طبيعية نعتقد بأن المفترسات تسبب هلاك فرائسها بوقت قصير . ومع ذلك فان هناك بعض العلاقات التي يكون التمييز فيها اعتباطياً كما في حالة سمك الجلكي البحري الذي يتغذى على السمك المضيف . على سبيل المثال . فقد تقتل سمكة الجلكي السمكة المضيفة في أيام معدودة أو في أسابيع معدودة . معتمداً على حجمها بالنسبة للسمكة المضيفة وفي هذه الحالة يمكن اعتبار سمك الجلكي إما مفترسا أو طفيلياً .

ومن الناحية البيئية . يعد تأثير التطفل على جماعة المضيف من أكثر مسائل التطفل أهمية . ويكون لأقدم الطفيليات وأفضلها تكيفاً . تأثير قليل أو غير مرضي على المضيف . فعلى سبيل المثال . تكون إصابات الدودة الخيطية في الأطفال غير ضارة

نسبياً . على الرغم من أنها قد تسبب التهاباً طفيفاً حول المخرج . ولقد أظهرت دراسات في غرب البنغال بالهند بأن أكثر من 75 بالمائة من السكان المحليين مصابون بالديدان الشوكية (**Ancylostoma sp**. و **Necator SD**.) ولكن ليس هناك تأثير أو حالات مرضية ظاهرة على الناس (**Chowdhury and Schiller 1968**) . ويبدو عبء الإصابة (أي عدد الطفيليات في كل شخص) ضئيلاً وغير ذي أهمية . ويكون لمعظم الحيوانات الوحشية متطفلات وأن بمقدورها الاحتفاظ بصحة ممتازة بالرغم من وجود هذه الطفيليات . وتكون الحمير الوحشية في كينيا مصابة بدرجة حادة بطفيليات داخلية وخارجية عديدة . ولكنها تكون بصحة جيدة .

ومن ناحية أخرى . هناك أمثلة عديدة تكون فيها الإصابة بالطفيليات ضارة وموهنة للمضيف . وبالتأكيد . فإن الدودة الشوكية **Necator americanus** عندما ظهرت قبل 50 عاماً في جنوبي الولايات المتحدة . كانت تسبب مرضاً موهناً حيث أنها تستترف قوة الشخص المصاب وصحته . ولا تزال الملاريا في جميع أنحاء العالم مشكلة صحية رئيسة . تسبب المرض والتعاسة للبشر على نطاق واسع . ومن بين أكثر الأمراض الموهنة أهمية في العالم هو مرض الشيستوسوماسز **Schistosomiasis** . الذي هو عبارة عن الإصابة بدودة دموية من جنس **Schistosoma** وهي إصابة تنتقل عن طريق المياه التي انتشرت في جميع أنحاء العالم الاستوائي نتيجة للتوسع في الزراعة الاروائية .

وفي الجماعات الحيوانية . قد تقوم الطفيليات أيضاً بإضعاف الأفراد المصابة . ففي كبش الجبال الصخرية في مناطق يومنك واداهو في الولايات المتحدة . لا تزال الإصابات بالدودة الرئوية السبب الرئيسي للسقم والوفيات. وفي الكلاب والذئاب تؤدي دودة القلب إلى خفض حيوية الحيوان وتقليل نجاحه في الاقتناص . كما يسبب تطفل النبر (**botfly**) في جماعات فأر الحقل زيادة أكبر في وزن الطحال ضمن الأفراد المصابة يقلل من إمكانية بقائها حية عند تعرضها لدرجات حرارة واطئة (**Clough, 1965**) . ولقد عزيت الانخفاضات الدورية لفئران الحقل في بعض السنوات لإصابات عنيفة بالتدرن الرئوي بين الفئران ولكن في سنوات أخرى حدثت انخفاضات مشابهة من دون وجود الإصابة (**Chltty,1954**) . وبصورة مشابهة . تم عزو انخفاضات جماعات طير الطيهوج الأحمر في اسكتلندا في بعض السنين إلى الديدان الخيطية المتطفلة ***Trichostrongylosus pergracilis*** إلا أن هذه النتائج لم تكن ثابتة في جميع السنين (لجنة التقصي عن مرض الطيهوج 1911 . أنظر 1963 **Jenkins et al**.،) . وقد ترافقت أحياناً الوفيات العالية للسناجب الرمادية في بالتيمور بالولايات المتحدة مع الإصابة بمرض ***Coccidiosis*** الذي يسببه حيوان طفيلي من الأوليات يصيب القناة الهضمية (**Flyger, 1969**) . وقد أهلك مرض فايروسي للدجاج البري 90 بالمائة من طيور الدرج في انكلترة في بداية السبعينيات من هذا القرن . بطريقة مشابهة إلى حد كبير لانخفاض جماعات الأرانب في انكلترة وأوروبا في الخمسينيات نتيجة للإصابة بمرض الورم الهلامي (**Myxomatosis**) .

وهكذا . فإن التطفل كعلاقة جماعية بينوعية قد يكون معتدلاً أو غير معتدل في تأثيره على المضيف . وان العلاقة غير المعتدلة إلى حد كبير والتي يهلك فيها المضيف تكون بالطبع غير ذي فائدة للطفيلي أيضاً .

ويكون التعقيد البينوعي (***interspecific complexity***) والذي نشأ في بعض الأنواع سمة بارزة أخرى للتطفل . وتمتلك العديد من الطفيليات مضايف أولية وثانوية . وفي بعض الحالات ثالثية للأطوار المختلفة من دورات حياتها . فعلى سبيل المثال . يكون جزءاً من دورة حياة الحيوان الأولي الذي يسبب الملاريا ***Plasmodium falciparum*** الطور الجنسي من التكاثر . ضمن البعوض . ويكون الجزء الآخر . الطور غير الجنسي للتكاثر ضمن المضيف البشري . كما تصيب دودة الشيستوسوما ***Schistosoma*** الإنسان أو حيوانات فقرية أخرى كمضيف أولي لتكاثرها الجنسي . بينما تعيش داخل قواقع مائية في تكاثرها غير الجنسي . أن دودة حلزون الكبد الصينية (***Clonorchis sinensis***) تصيب الإنسان كمضيف أولي وقواقع مائية كمضيف ثانوي وأسماك مياه عذبة كمضيف ثالثي . وعلى الرغم من تعقيد دورة حياة هذا الطفيلي . فانه يعد طفيلياً ناجحاً بصورة كبيرة وذا انتشار واسع حيث أنه يصيب ملايين البشر في جميع أنحاء المشرق . (**Chander & Read, 1961**)

وهناك حالات قليلة معروفة يكون فيها للطفيليات الخارجية تأثير محدد على جماعات المضيف . فعلى سبيل المثال . وجد موس وكامن عام 1970 بأن سوسة الطير ***Dermanyssus prognephihis*** التي توجد في أعشاش طيور الخطاف . تقلل من حجم حضنات البيض التي يمكن للأبوين رعايتها وكذلك تقلل من معدل نمو الصغار . حيث تنتج الطيور التي تحتوي طفيليات 3.6 صغير بالمعدل بينما تنتج الطيور الخالية من الطفيليات 4.2 صغيراً بالمعدل . ولقد كان هذا الاختلاف في الإنتاجية ذا أهمية إحصائياً . ومن المعروف بأن طفيليات العش تؤدي إلى هجر الأعشاش في الزرزور كما أنها تسبب أيضاً وفيات مفرطة بين صغار طيور الفيّي (**Moss and Camin 1970**)) . وقد قام كنيدي عام 1975 بكتابة مقالة ضخمة عن الأوجه البيئية للتطفل .

ملاحظات مهمة

أولا : التطفل يتداخل مع نوع آخر شبيه بالافتراس وهو طفيليات الحشرات حيث المفترس وطفيلي والحشرات لهما تأثيرات متشابهة على فرائسهم ولذلك يمكن أن يعتبرا معا فكلاهما متشابهان في الحجم لفرائسهم وكلاهما يقتل فريسته أما قبل أو نتيجة لتغذيتهم عليهم .

ثانياً: طفيليات الحشرات في الحقيقة لا تعتبر طفيلية بالمعنى المعروف ولكن يمكن اعتبارها مجازا بالطفيلي القاتل **Parasitoids** لأنه يقتل فريسته بعد إتمام التغذية ولأن الطور البالي يعيش حرا وليس متطفلا . تضع الأنثى من تلك

المجموعة من الحشرات عادة بيضا على جسم العائل أو الفريسة أو بداخله بعد ذلك يفقس البيض إلى يرقات ثم تتغذى اليرقة على الفريسة وفي النهاية تقتلها وتأكلها . لذلك وجه الاختلاف واضح حيث تكفي فريسة واحدة فقط لتطور تلك الحشرة كما أن وقت مناولة الفريسة والتغذي عليها يكون طويلا .

ثالثا: الافتراس والتطفل متماثلان من حيث التنظيم البيئي ولكن بالرغم من ذلك هناك اختلافات بين الوضعين المتميزين لكلك حالة فالأنواع المتطفلة لها تكاثر عالي ومتخصصة بعائلها ولها خصائص متميزة في عمليات البناء والأيض ودورة الحياة .

4-التضاد الكيميائي الحيوي : Allelopathy

وهو تأثير نبات على نبات آخر بفعل ما يفرزه من سموم أو مواد كيميائية .

يعتبر التضاد الكيميائي الحيوي بين الكائنات الحية من العوامل المهمة في توزيع هذه الكائنات . وخاصة حينما تكون محصورة في حجوم ومساحات صغيرة . ومثال ذلك :

لاحظ الباحث ماسي 1925 م أن نبات البرسيم الفا الفا يكون ضعيفا في نموه أو يموت وذلك لوجودها بالقرب من أشجار الجوز الأسمر . وقد لاحظ باحث آخر وهو شنايدرهان 1927 م أن أشجار الجوز هذه لها القدرة على قتل أشجار التفاح التي تقع على بعد ثمانين قدما منها .

العوامل الفيزيائية والكيميائية :

1-الحرارة :

إن درجة الحرارة تعتبر عاملا مهما للتحكم في توزيع المجموعات الحيوانية وعادة تأثيرها يكون مقرونا بتأثير الرطوبة .

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 وتفقده بسرعة بخلاف الماء الذي يسخن ببطء ويبرد كذلك ببطء بسبب الخلط العمودي .

فهناك اختلافات واضحة يومية وموسمية في درجة الحرارة في المناخ القاري .

تغير الحرارة يعتبر 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 . إن الحيوان في نطاق المدى الحراري الأمثل والذي يمكن تعريفه بأنه : (أنسب مدى حراري للعمليات الحيوية والذي إذا ارتفعت أو انخفضت درجة الحرارة في نطاقه لا يتأثر الحيوان بهذا الارتفاع أو الانخفاض) .

كل حيوان له درجة حرارة مثلى والتي يمكن تعريفها بأنها : (أنسب درجات الحرارة والتي عندها يصل نشاط البروتوبلازم إلى درجة ذروته وهي تختلف من نوع لآخر تبعا للبيئة الأصلية التي يعيش فيها) .

كما أن لكل نوع من الحيوانات 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 36م صيفا ولكنها انخفضت إلى 28م شتاءا .

توجد 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- حيوانات متغيرة الحرارة piokilotherms

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

2- حيوانات ثابتة الحرارة homeotherms

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 متشابها .

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) تفاديا 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 بياتا 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 بياتا شتويا ولكن هذا الاعتقاد تلاشى حيث اتضح أن الطيور تميل للهجرة وليس للبيات الشتوي وفي حالات نادرة وجد أن بعض الطيور تبيت بياتا شتويا .

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 الأشياء الآتية :

1. البقاء **Survival**
2. التكاثر **Reproduction**
3. نمو الحيوانات **Development**
4. قدرة تلك الحيوانات على التنافس ومقاومتها للأمراض 00 الخ .

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

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

ولقد استطاعت الكائنات الحية بقدرة 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 .

وهناك دراسات عديدة لا مجال لذكرها تبين تأثير درجة الحرارة على توزيع بعض الأنواع من الكائنات الحية وبالأخص الأسماك فأصبح من الممكن تقسيمها إلى أسماك مياه باردة وأسماك مياه دافئة . كذلك توزيع النباتات لها صلة بالحرارة فالغابات الاستوائية ومنطقة التندرا لهما درجات حرارة متباينة جدا .

2- الرطوبة

تعتبر الرطوبة كذلك عاملا مهما في توزيع المجموعات الحيوانية وهناك تلازما بين درجات الحرارة والرطوبة النسبية في تأثيرها على الكائنات الحية فكما هو الحال في درجة الحرارة فإن معدل هطول الأمطار يتأثر بعاملين وهما الموقع بالنسبة لخطوط العرض وكذلك توزيع اليابسة والماء . فالأمطار تتساقط بكثرة في منطقتين أو حزامين :

1. حول خط الاستواء .
2. بين خطي عرض 45-55

كما أن معدل هبوط الأمطار المتساقطة في الصحاري تعادل حوالي 26 بوصة في السنة بينما تصل معدل الأمطار المتساقطة في المحيطات بحوالي 44 بوصة في السنة .

كما هو معروف فإنه يتوجب على الكائنات الحية أن تحتفظ بنسبة معينة من الماء في أجسامها فلهذا 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 000الخ .

إن الماء مهم للحياة فبدونه لا يمكن وجود حياة وتتلخص أهمية الماء للحيوانات فيما يلي :

1. يدخل في تركيب جسم الحيوان وهو يمثل أكثر من 65% من وزن الجسم كما أن الماء يكون حوالي 85 - 90% من البروتوبلازم .
2. ضروري للقيام بالعمليات الحيوية كالتمثيل الغذائي والتنفس والدوران .
3. ضروري لإتمام عمليات الهضم والامتصاص والإخراج حيث لا يمكن حدوثها إلا في وسط مائي .
4. يعمل على تنظيم وتثبيت درجة حرارة الجسم .

تحصل الحيوانات على الماء إما بطريقة مباشرة من خلال شربها 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 .

إن درجة الرطوبة للوسط المحيط تتحكم في معدل فقدان الجسم للماء من خلال الجلد أو الرئة فقد دلت التجارب على أن سرعة تبخير الماء من الجسم وكذلك الفتحات التنفسية تزداد بانخفاض الرطوبة النسبية وتقل سرعة التبخير بازدياد الرطوبة فالحيوانات التي تعيش في المناطق الجافة تفقد الماء من جسمها بشكل بطيء بالمقارنة مع الحيوانات التي تعيش في المناطق الرطبة .

كما دلت بعض الأبحاث بأن هناك صلة بين المحتوى المائي للكائن الحي والمحتوى المائي للوسط الذي يعيش فيه الحيوان .

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 الأطوار المختلفة من حياتها تتطلب مستويات مختلفة من درجة الرطوبة النسبية وكذلك لامتلاك الحشرات جليد غير نفاذ للماء مما يقلل من تبخر الماء من أجسامها .

3 - عوامل أخرى :

بالإضافة لتأثيرات درجة الحرارة والرطوبة هناك عوامل أخرى تتحكم في توزيع المجموعات الحيوانية ولكن تأثيرها عاده يكون محليا مقارنة بتأثير العاملين السابقين (الحرارة والرطوبة) اللذان يؤثران عادة على نطاق واسع .

وسوف نذكر بعض تلك العوامل :

أ - الضوء

من المعروف أن الضوء ضروري للحياة فهو مهم لعملية التمثيل الضوئي والتي يعتمد عليها النبات في صنع غذائه .

كما أن الضوء يؤثر على نشاط الحيوان فبعض الحيوانات موجبة الاستجابة وبعضها سالبة الاستجابة للضوء . فتنشط 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 .

كذلك يؤثر الضوء في نمو الحيوان وتكاثره وعادة يكون مقرونا بتأثير درجة الحرارة .
يستعمل الضوء كإشارة سلوكية لتوقيت بعض النشاطات الهامة كالتزاوج والهجرة .

ب - تركيب التربة :

إن الصفات الكيميائية والفيزيائية للتربة تعتبر عاملا مهما 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 .
إن توفر العناصر الغذائية في التربة يؤثر على نمو وتركيب النباتات التي تنمو فيها كما يؤثر بطريقة غير مباشرة على حياة وتكاثر الحيوانات التي تعيش على النباتات .
كما أن التركيب الفيزيائي للتربة يؤثر على تواجد الكائنات الحية فمثلا حيوان المرجان يتطلب وجود صخور صلبة بينما الديدان الحفارة تكثر في السواحل الرملية أو الطينية .
وقد تلاءمت بعض الحيوانات بطرق مختلفة مع طبيعة التربة التي تعيش فيها .

ج - التركيب الكيميائي للماء (درجة الحموضة - الملوحة - الأكسجين)

إن التركيب الكيميائي للماء عادة يكون متجانسا في البحار والمحيطات ولكن مختلف جدا في المياه العذبة خاصة في البحيرات الصغيرة .
وتلك الصفات العديدة للماء لها تأثير على وجود الحيوانات فمثلا يستحيل وجود بعض أنواع القواقع المائية في وسط مائي فقير بكربونات الكالسيوم .

د - سرعة الرياح :

هناك تأثير مباشر للرياح على انتشار الحيوانات وبالأخص الحشرات كما أن الرياح تؤثر بطريقة غير مباشرة وذلك من خلال تأثيرها على درجة الحرارة والرطوبة النسبية وسرعة تبخر الماء .

المستويات الإغتذائية والسلسة والشبكة الغذائية

يضم كل نظام بيئي عدداً من المكونات . وهذه المكونات يمكن تتبعها من خلال تتبع انتقال الطاقة من مستوى إلى مستوى آخر . حيث إن الطاقة الضوئية المتأتية من أشعة الشمس تستقبل من قبل الصبغات الخضراء الموجودة في البلاستيدات الخضراء للنباتات المائية يضمنها الطحالب والهائمات النباتية التي بدورها تتحول إلى طاقة كيمياوية ومن خلال تثبيت غاز ثاني أكسيد الكربون أثناء عملية التركيب الضوئي وتكون المواد السكرية التي بدورها تتحول إلى مركبات عضوية أخرى وتستعمل بعدئذٍ من قبل النباتات نفسها أو الكائنات الحية الأخرى التي تتغذى عليها . وبذلك تسمى

النباتات بالمنتجات **Producers** ويطلق عليها كذلك كائنات ذاتية التغذية **Autotrophs (Self - Feeding)** أي يمكن أن تجهز الغذاء (المواد العضوية) بنفسها من خلال قيامها بعملية التركيب أو البناء الضوئي **Photosynthesis** التي تشمل تحويل الماء والكربون غير العضوي (غاز ثاني أكسيد الكربون) باستعمال الطاقة الضوئية ووجود الصبغة الخضراء (الكلوروفيل **Chlorophyll**) . في حين تدعى الكائنات الحية الأخرى التي تتغذى على هذه النباتات أو على بعضها البعض بالمستهلكات **Consumers** أو كائنات غير ذاتية التغذية **Heterotrophs (Other -Feeding**) وأمثلها عديدة وتضم الهائمات الحيوانية واللافقريات والفقاريات كالأسماك وصولاً إلى الإنسان . وبذلك يمكن أن نقسم المستهلكات إلى أكثر من مستوى كما في المثال التالي حيث يمثل السهم اتجاه انتقال الطاقة .

وهذا المثال أعلاه يمثل العلاقة الغذائية للنظام البيئي والتي تدعى بسلسلة الغذاء . **Food chain**بينما يسمى كل مستوى بالمستوى الاغتذائي **Level trophic** .

كما يحتوي النظام البيئي بالإضافة إلى الكائنات المنتجة والمستهلكة . كائنات محللة **Decomposers** والتي تضم بصورة رئيسية البكتريا والفطريات التي تتغذى على الفضلات والكائنات الميتة حيث تقوم بتحويل هذه المواد العضوية إلى مواد عضوية بسيطة وبالشكل التي يعاد استعمالها من قبل الكائنات المنتجة كالهائمات النباتية وهكذا يتم انتقال الطاقة عبر الكائنات الحية في سلسلة الغذاء الواحدة كما في الشكل رقم (1-2) .

فالنظام البيئي إذن هو كيان أو وحدة ديناميكية مستقلة ومتزنة وذات قابلية ذاتية لإدامة الحياة واستمراريتها . تتفاعل فيها عناصرها الحية مع بعضها وكذلك مع العناصر غير الحية (الفيزياوية والكيمياوية) حيث ينشأ نوع من التوازن بين هذه العناصر المختلفة مما يعطي للنظام حالة الاكتفاء الذاتي عن طريق سلسلة من العلاقات الغذائية وفي مستويات مختلفة يتم من خلالها انتقال وتوزيع الطاقة وتحول المواد في شبكات من الحلقات الطبيعية .

تعبر الشبكة الغذائية **Food web** عن الروابط الغذائية بين الكائنات الحية المختلفة الموجودة داخل السلسلة الغذائية أو مع سلسلة غذائية أخرى . كما أن شبكة الغذاء تكون أكثر استقراراً عندما تكون أكثر تعقيداً . حيث أن الشبكات المعقدة تكون مستقرة الجماعات (**Population stability**) أي أن عدد الأفراد في كل جماعة يميل إلى أن يبقى ثابتاً تقريباً (هناك بعض الإستثناءات) وعلى العكس في حالة وجود الاضطرابات الطفيفة في الشبكة الغذائية البسيطة قد تؤدي إلى تذبذبات كثيرة في أحجام الجماعات مما يؤدي ببعض الأنواع **species** إلى الفناء .

إن تجهيز الكائن الحي بالضرورات اللازمة لإكمال دورة حياته واستمراريته في عمل النشاطات الحيوية كافة هو لا شك من أهم الوظائف الرئيسة لاستقرار هذا الكائن ونموه في بيئته . حيث إن الكائنات الحية تعمل جهدها للمحافظة على نوعها فهي أحياناً تفرز عدداً من المواد التي قد تضر الكائنات الحية الأخرى فمثلاً تسعى الطحالب في النهر أن تكون نفاذيتها

للماء بشكل يجعلها تستفيد منه أكبر استفادة ممكنة لإكمال العمليات الايضية ولكن عند انتقالها إلى البحر مثلاً ذو الملوحة العالية فسوف تفقد خلاياه المحتوى المائي مما يعرقل العمليات الايضية وبالتالي يحدد وجودها في ذلك المحيط وقد تكون بعض الافرازات في الكائنات الحيوانية في المحيط المائي مفيدة للطحالب حيث تدخل في تغذيتها وفي نفس الوقت تتغذى هذه الحيوانات على الطحالب وتقلل عددها .

انسياب الطاقة خلال المحيط الحيوي

Energy Flow through the Blospher

تعتمد كمية الطاقة الجاهزة بصورة مباشرة على المستوى الاغتذائي الذي يستمد منه غذاءه حيث ان الكائنات المنتجة تقوم ببناء كمية معينة من المادة العضوية لكل وحدة زمن وذلك اعتماداً على الطاقة الضوئية وامتصاصها من قبل الصبغات الخضراء في خلاياها وخلال عملية التركيب الضوئي حيث ان المادة العضوية تكون على هيئة مادة كربوهيدراتية مثل سكر الكلوكوز . وتتلخص هذه العملية بالمعادلة العامة التالية :

الطاقة الضوئية

$$6CO + H O \text{ ---------- } C H O + 6O$$

صبغة الكلوروفيل

وتقوم النباتات المائية (بضمنها الطحالب والهائمات النباتية) في النظام البيئي المائي بتثبيت غاز ثاني أكسيد الكربون على شكل مادة عضوية (الكاربوهيدرات) خلال العملية أعلاه حيث أنها توفر للنظام البيئي المصدر الأساسي من الطاقة نفسها وكذلك سوف توفر الطاقة للكائنات المستهلكة بالإضافة إلى توفير بعض الأوكسجين اللازم للتنفس . ومن ثم تكون عملية التنفس عملية عكسية إذا ما قورنت بعملية التركيب الضوئي من ناحية حالة الطاقة وانسيابها حيث يستمد الكائن الحي طاقته عن طريق أكسدة المادة العضوية واحتراقها . وكما هو معروف فإن التنفس عملية مستمرة لا علاقة لها بوجود الضوء أو انعدامه . ويلاحظ من المعادلة التالية بأن الأوكسجين يستهلك في حالة التنفس بينما يتحرر في حالة التركيب الضوئي :

$$\text{طاقة } (\text{Energy }) + 6H O + CO \text{ -------- } 6O + C H O$$

وتقوم الكائنات المنتجة بتكوين كمية معينة من المادة العضوية في وحدة زمنية ويطلق عليها بالانتاج الكلي أو الإجمالي **gross prodution** ويعبر عنها بالطاقة بدلاً من الكتلة الحية **Blomass** ويقدر الإنتاج الكلي للمحيط الحيوي حوالي 43.6 10 كيلو كالوري (سعر كبير) لكل سنة في الكائنات الحية البحرية وحوالي 57.4 10 كيلو كالوري (سعر كبير) في كل سنة من المصادر البرية وللكل حوالي 10 كيلو كالوري لكل سنة (محمد صالح وجماعته 1980) .

وتقوم الكائنات الحية البحرية باستهلاك جزء من إنتاجها الكلي لغرض إكمال عملية تنفسها وما يتبقى بعد ذلك هو الإنتاج الصافي **net prodution** الذي يعتبر كمية الطاقة المتوفرة بصورة كامنة للكائنات آكلات الأعشاب **herbivores** والكائنات المحللة **decomposers** .

ويمكن تلخيص ما ذكر أعلاه بالمعادلتين التاليتين :

الإنتاج الكلي = الإنتاج الصافي + التنفس

الإنتاج الصافي = الطاقة المستهلكة من قبل آكلات الأعشاب والكائنات المحللة + المحصول المتبقي Standing crop

وعلى سبيل المثال في إنتاجية ينابيع سلفر في فلوريدا كأحد الأنظمة البيئية المائية كان إنتاجها الكلي يعادل تقريباً 1.2 % تقريباً من مجموع الإشعاع الشمسي الساقط . وبما أن التنفس يشكل حوالي 58 % من الإنتاج الكلي فبالإمكان استخراج الإنتاج الصافي باستخدام المعادلة أعلاه والذي سوف يعادل 42 % من الإنتاج الكلي (الشكل رقم 1-3) . ومن هذا الشكل نرى انسياب الطاقة في هذا النظام البيئي المائي خلال جميع المستويات الاغتذائية .

حيث أن 3368 كيلو سعرة لكل متر مربع في السنة تستهلك من قبل آكلات الأعشاب التي تشكل فقط 16 % تقريباً من الإنتاج الكلي للكائنات المنتجة . ويلاحظ في الجدول رقم (1-2) الأرقام الخاصة لمستويات الاغتذاء الأربعة ، ويمثل الشكل رقم (1-4) مخططاً لهذه المعلومات يبين انسياب الطاقة خلال المستويات الاغتذائية المختلفة . ويلاحظ الانخفاض الشديد في الإنتاج الصافي من مستوى معين إلى المستوى الذي يليه .

وباستخدام هرم الطاقة **energy pyramid** يمكن توضيح انسياب الطاقة المتوفرة ونقصها عند كل مستوى اغتذائي عن المستوى الذي يليه ويمثل كل مستطيل من الهرم الطاقة المستحصلة في الإنتاج الكلي بواسطة جميع الكائنات الحية في ذلك المستوى الاغتذائي المعين . ويبين الإنتاج الكلي مقسماً إلى جزئيه التنفس والإنتاج الصافي (الشكل رقم 1-5) . ويلاحظ مما تقدم من توضيحات بأن الطاقة المتوفرة لآكلات اللحوم أقل من تلك المتوفرة لآكلات الأعشاب ومن خلال السلسلة الغذائية يلاحظ نقصٌ كبيرٌ في الطاقة المتوفرة للكائنات المستهلكة التي تتغذى على ذلك المستوى . ويلاحظ في مثال ينابيع سلفر بأن نسبة الإنتاج الصافي لآكلات الأعشاب إلى الإنتاج الصافي للكائنات ذاتية التغذية هو حوالي 17% وهذه النسبة تكون 4.5 % تقريباً من آكلات اللحوم الأولية إلى آكلات الأعشاب . ومن آكلات اللحوم العليا إلى آكلات اللحوم الأولية تكون حوالي 9% وبصورة تقريبية تكون كفاءة الإنتاج الصافي حوالي 10% فقط . ومعناه إذا كان هناك 100 سعرة من إنتاج نباتي صافي فيتوقع حوالي 10 سعرات فقط من إنتاج صافي لآكلات الأعشاب وحوالي سعرة واحدة فقط من إنتاج صافي لآكلات اللحوم . أي أن حوالي 90% من الطاقة من أي مستوى اغتذائي يفقد إلى المستوى الذي يليه .

المجتمعات الحيوانية : Animal Communities

تكون مجموعة النباتات والحيوانات في منطقة ما يعرف بالمجتمع وهذه المجتمعات تسكن في بيئات مختلفة .

ومن الظواهر المعروفة في المجتمعات الحيوانية وغيرها ما يعرف بالتعاقب البيئي **Ecological Succession** ومعناه تلك التغيرات التي تحدث الواحدة اثر الأخرى في تاريخ الجماعة حتى تصل إلى طور الاستقرار فمثلا لو تكونت بركة من الماء نتيجة لفيضان نهر من الأنهار فإنها قد تحتوي أولاً على أنواع معينة من الأسماك وبعد ذلك تنمو على جانبي البركة حشائش كثيفة وتترسب على القاع رواسب مختلفة فتختفي تبعا لذلك الأنواع الأولى من الأسماك لعدم ملاءمة البيئة الجديدة لحياتها وتظهر بعدها أنواع أخرى وقبل أن تتحول البركة إلى مستنقع تظهر أنواع ثالثة جديدة ثم تصبح الظروف البيئية في النهاية بحيث لا تسمح لأي نوع من الأسماك بالحياة في البركة وواضح هنا أن ثمة عدد من التتابعات البيئية يختلف الواحد عن الآخر بنوع الأسماك التي تظهر فيه والطور الأخير في سلسلة التابع يصل بالجماعة إلى الأوج **Climax Community** وفي العادة تحتوي البراك المتماثلة في طور النمو على حيوانات متماثلة وكذلك البحيرات المتشابهة في الحجم والعمق تحوي أنواعاً متشابهة من الحيوانات .

ويمكن أيضاً ملاحظة ظاهرة التعاقب البيئي في المعمل فلو وضعنا قليلاً من الحشائش الجافة في إناء زجاجي به ماء فإنه تظهر بعد يوم أو اثنين أعداد لا حصر لها من البكتريا وبعد ذلك يظهر من البروتوزوا الهدبية الدقيقة فإن الأنواع الكبيرة تموت إلا إذا أضيف إلى الماء قليل من النبات الأخضر وعندئذ تستقر الأحوال بالنسبة للحيوان والنبات في الإناء وتسير في طريقها الطبيعي .

إن التجمعات الحيوانية المستقرة تمكن عادة في بيئات مختلفة لها خصائص معينة وقد أمكن تقسيم البيئات المختلفة بشكل عام على سطح الأرض إلى مناطق حياتية .

هذه الأقاليم الحياتية **Biomes** وتتميز بأشكال حياتية مستقرة ومميزة ولها طابع مناخي واحد . فالمجتمع الحياتي لا يعتمد أساساً على أنواع الحيوانات والنبات الموجودة معاً ولكن في الأساس يعتمد على أشكال الحياة لأنواع مهمة من النباتات فقط والتي تعطي النظام مظهره المميز . فمثلاً الصحراء يغلب عليها الطابع الصخري والرملي مع وجود أشجار ونباتات قليلة ، والسفانا يغلب عليها الطابع العشبي والحشائش ولكن توجد بعض الأشجار المتفرقة . أما منطقة الغابات يغلب عليها طابع الأشجار الكبيرة التي لها ارتفاع واحد تقريبا ومتقاربة مع بعض وكأن رؤوسها متقاربة . فالإقليم الحياتي يمكن تعريفه بأنه مجموعة من الأنظمة البيئية التي تتشابه فيها الكائنات الحية المنتجة من حيث أشكال النمو وتبعاً لذلك تتشابه فيها الكائنات المستهلكة نوعاً ما وبالأخص من حيث طريقة التغذية والسلوك .

ويمكن تصنيف الأقاليم الحياتية على سطح الأرض إلى الأقسام التالية :

أولاً : الأقاليم الحياتية المائية

1-مياه عذبة

أ - متحركة (أنهار وجداول)

1.سريعة

2.بطيئة

ب - مياه ساكنة (بحيرات وبرك)

1. خط الشاطئ

2. المنطقة المضيئة

3. المنطقة العميقة

2-مياه بحرية

أ - خط الشاطئ

1.صخرية

2.رملية

ب - الرف القاري

جـــ - منطقة التيارات الصاعدة

د - الشعاب المرجانية

هـــ - المنطقة السابحة (عرض البحر)

1. **السابحة العلوية**
2. **السابحة الوسطى**
3. **السابحة السفلية**
4. **السابحة السحيقة**

3. مياه قليلة الملوحة

1· **مستنقعات ساحلية**

2· **مستنقعات قاربة**

ثانياً : الأقاليم الحياتية القاربة

1 - **الصحارى**

أ - حاره

ب - بارده

2 - **التندرا**

أ - قطبية

ب - ألبية

3 - **براري**

أ - رطبة

ب – جافة

4 - **السفانا**

5 - **غابات صنوبرية معتدلة**

6 - **غابات متساقطة الأوراق معتدلة**

7 - **غابات استوائية**

أ - ممطرة

ب- موسمية

أولاً : الأقاليم الحياتية المائية

1 - **المياه العذبة Fresh Water**

توجد أكبر البحيرات في آسيا وأفريقيا وأمريكا الشمالية وتشكل بحيرة بيكال السوفيتية أكبر تجمع للماء العذب وهو حوالي 20% من ماء البحيرات على الأرض .

تنقسم بيئة المياه العذبة إلى قسمين رئيسيين وهما بيئة المياه الجارية وبيئة المياه الساكنة :

أ - المياه الجارية **Lotic** وتضم مياه الأنهار والجداول .

عادة يكون منبع النهر في منطقة مرتفعة ويبدأ بالانحدار تدريجيا . فلذلك تكون سرعة المياه عالية في مقدمة النهر وتبدأ بالانخفاض كلما قل ارتفاع السهول وبدأ حجم الماء يزداد وينتشر حتى يصبح المجرى راكداً أو شبه راكد .

عند الانتقال من مياه سريعة إلى بطيئة تزداد درجة الحرارة وكمية الأكسجين تقل وبالإضافة إلى ذلك يصبح قاع النهر رمليا أو طينيا بعدما كان صخريا مزحلقا .

إن السرعة الحرجة لجريان الماء هي 50سم/ثانية حيث فوق هذه السرعة يعتبر المجرى سريعا ويكون قاع النهر صخريا ومكون من قطع صخرية قطر الواحدة أكبر من 5مم . أما دون هذه السرعة فيعتبر المجرى بطيئا ويكون قاع النهر رمليا ناعما أو طينيا .

إن المجتمعات الحيوانية التي تعيش في السريع والبطيء مختلفة جداً فكل منطقة تعتبر نظاما بيئيا خاصا.

إن عمق الماء له أهمية في تنظيم توزيع الأسماك ولو أنها متحركة وقادرة على الانتشار . فالأسماك تختلف في تفضيلها لنوع القاع لذلك يوجد أنواع مختلفة متميزة على طول النهر فالأسماك الصغيرة اليافعة تتواجد عادة في المياه الضحلة الصافية تقريبا وكثيرا من أسماك الماء البطيء تذهب إلى الماء السريع لوضع البيض .

في المياه السريعة المنتج الأول يتكون من الدياتوم والطحالب الجيلاتينية والتي تكون مجتمعا مزحلقا على الصخور .

وفي المياه البطيئة أو الراكدة يتكون المنتج الأول من النباتات والتي لها جذور في القاع بالإضافة إلى بعض المجتمعات المزحلقة.

يتكون المستهلك الأول في المياه السريعة من يرقات الحشرات التي تتواجد بكثرة ولها تحمل وتكيف لسرعة الماء بأجسامها الانسيابية المفلطحة أو وجود الممصات والخطاطيف التي يمكنها من التعلق في الصخور والنباتات .

فلذلك إن التحورات في المياه السريعة هو وجود ظاهرتين وهما الميل للسباحة بعكس التيار وكذلك الميل للتشبث بأي جسم يمكن ملامسته .

ربما يتكون المستهلك الأول في المياه البطيئة من ديدان حفارة ويرقات الحشرات .

توجد اختلافات في محتوى الأكسجين بين المياه السريعة والبطيئة . فالمياه السريعة تحتوي على كمية كبيرة من الأكسجين مقارنة بالمياه البطيئة لذلك فالحيوانات التي تعيش في المياه السريعة تكون حساسة لنقص الأكسجين بعكس الحيوانات التي تعيش في المياه البطيئة .

إن سمك السلمون القرحي الذي يسكن المياه السريعة له حساسية شديدة لنقص الأكسجين وقد استعمل كمعيار لقياس كمية الأكسجين . تتميز مياه البحيرات والبرك ببطء حركتها وربما يحتاج إلى سنين أو قرون لكي يتم تجديد الماء على عكس مياه الأنهار التي تتجدد بسرعة .

ب- المياه الراكدة Lentic

ويشمل البحيرات والبرك والمستنقعات .

إن بيئة المياه الراكدة يمكن تقسيمها إلى ثلاثة أقسام : (شكل 1)

1 - خط الشاطئ Littoral

يقع هذا النطاق على حافة البحيرة أو البرك المائية ويمتد من خط الشاطئ إلى مكان انتهاء المجتمعات النباتية التي لها جذور في القاع .

وتحتوي هذه المنطقة على فقاريات مثل الضفادع والثعابين .

2 - الماء المفتوح المضيء Limnetic

وهو النطاق في عرض البحيرة الذي يخترقه الضوء وهو يحتوي على كائنات منتجة مثل الدياتوم والطحالب الخضراء والخضراء المزرقة . أما المستهلك الأول فهو البلانكتون الحيواني .

3 - الماء المفتوح المظلم Profundal

يقع تحت النطاق المضيء هذا الجزء ممكن أن يكون صغيراً في البرك ولكنه يشكل جزءاً كبيراً في البحيرات الكبيرة والعميقة . هذا النطاق يعتبر ممراً للفتاتات من النطاق الأعلى ويحتوي على مجتمعات المحللات على قاعه الطيني .

توجد أنواع كثيرة من الأسماك في هذا النطاق .

إن من الظواهر المهمة في البحيرات وجود تطبق حراري (شكل 2) ، ففي فصل الصيف ترتفع درجة حرارة الماء عند السطح مما ينتج منه اختلاف في كثافة الماء بين السطح والطبقات السفلى حيث تصبح مياه الطبقة العليا خفيفة الوزن لارتفاع الحرارة فتصبح منفصلة عن المياه الباردة في أسفل البحيرة بواسطة حاجز حراري مكون من المياه المتوسطة في درجة حرارتها . إن مياه الطبقات العليا فقط وبفعل الرياح يتعرض للخلط والتجديد . أما الجزء السفلي البارد فيبقى راكدا مما يسبب قلة الأكسجين فيه وبالأخص إذا كان هناك محللات نشطة في القاع .

وفي فصل الخريف عندما تنخفض درجة الحرارة يبرد الجزء العلوي ليتساوى مع الجزء السفلي في حرارته وبذلك يختفي خط الحرارة الفاصل وكل ماء البحيرة يدار ويجدد بواسطة حركة الرياح . وخلال هذا الدوران الخريفي يعاد تزويد ماء البحيرة بالأكسجين ويصبح غنياً بالمواد العضوية التي حبست خلال التحلل الصيفي .

وفي فصل الشتاء عندما يشتد البرد ربما يتكون الجليد على السطح وتصبح درجة الحرارة حوالي 24 ماعدا المياه التي تحت السطح ويصبح دوران الماء قليلاً . خلال هذا الفصل تنزل الأسماك والحيوانات الأخرى إلى الطبقات السفلى حيث الدفء والغذاء .

في فصل الربيع يحدث دفء جديد ويبدأ الماء يتجانس في درجة حرارته كما حدث في فصل الخريف وتصبح كل البحيرة متجانسة من حيث كمية الأكسجين والمواد الغذائية نظراً لسهولة مزج الماء ودورانه بفعل الرياح .

لذلك تكون البحيرة متجانسة من حيث محتوى الأكسجين والمواد العضوية في فصلي الربيع والخريف ومختلفة في فصلي الصيف والشتاء .

2 - المياه البحرية Marina Water

تغطي المحيطات 361 مليون كم أي حوالي 71 % من سطح الكرة الأرضية . ويبلغ معدل عمق المحيطات 3750 م ، وأعمق نقطة هي ماريانا ترنش في المحيط الهادي حيث تبلغ 10750م . نسبة الملوحة تعادل حوالي 3% ولكن تتغير بالعمق والموقع الجغرافي فمثلا معدل التبخر يكون عاليا حول خط الاستواء مسببا ارتفاع في معدل الملوحة عنه في المناطق المعتدلة . حوالي 90% من صنع الغذاء وتكوين الأكسجين يحدث في المياه . لذلك معظم الحياة على الأرض تعيش في الماء . الاختلاف في درجة الحرارة في البحار يكون قليلا مقارنة باليابسة لذلك بيئات البحار تكون أكثر ثباتا. درجة حرارة الأعماق هي حوالي 3 . من مميزات المحيطات هو وجود الأمواج بسبب وجود اختلافات في درجة الحرارة من مكان لآخر وبسبب وجود حركة الرياح فوق البحار .

على طول خط الاستواء يحدث ارتفاع في درجة حرارة الماء والذي يسبب حركته في اتجاه القطبين . تسبب الرياح ودوران الأرض اختلال لهذه الحركة مكونة خلايا مائية دوامة وتلك تكون باتجاه عقرب الساعة شمال خط الاستواء ، أما في الجنوب فالحركة تكون بعكس عقارب الساعة . يحدث خلط لمياه (المنطقة السابحة) . أنه نتيجة للخلط القليل بين مياه المناطق العميقة والسطحية المضيئة تكون كمية المغذيات العضوية ضعيفة .

تقسم الأقاليم الحياتية البحرية إلى الأقسام الآتية كما هو مبين في الشكل (3)

أ- خط الشاطئ Littoral

وهو منطقة المد والجزر حيث يتقابل البحر مع اليابس . هذه المنطقة وحيواناتها معرضة للأمواج العنيفة وكذلك للعوامل الطبيعية الأخرى كالشمس والرياح والأمطار وللتغير الكبير في درجة الحرارة . بالإضافة إلى ذلك تكون معرضة لعوامل التعرية والترسيب . لقد تكيفت الكائنات الحية في هذه المنطقة إلى تلك التغيرات والظروف ، فعلى السواحل الصخرية تتميز الكائنات باحتوائها على أعضاء ماسكة تمكنها من مقاومة الأمواج وفي المناطق الرملية تتميز الحيوانات

بقابليتها للحفر والحركة تحت الرمال . تقسم هذه السواحل إلى نوعين رئيسيين هي السواحل الرملية والسواحل الصخرية ويحتوي كل نوع على أنواع مختلفة من الكائنات ، وتحتوي الشواطئ الصخرية عادة على عدد أكبر من الكائنات الحية .

ب- الرف القاري **Neritic**

وهي الامتداد الخارجي لليابسة تحت الماء قبل الانحدار الفعلي الحاد إلى المناطق العميقة في البحار . وتمتد هذه المنطقة من المنطقة الساحلية متدرجة إلى أن يكون عمق الماء حوالي 200 م . هذه المنطقة غنية بالأملاح المعدنية القادمة من الأنهار ومن التيارات الصاعدة من حافة الرف القاري فلذلك نمو النباتات يكون وفيراً وبالتالي فإنه يدعم أحياء متنوعة لذلك تشتمل هذه المنطقة على معظم مصايد أسماك العالم .

ج- التيارات الصاعدة **Upwellings**

وهي منطقة صغيرة تقع عند حافة الرف القاري حيث تتعرض للتيارات الصاعدة من قاع المحيط مسببة دفع المياه من الأعماق إلى حزام المنطقة المضيئة . تتمركز بعض مصايد أسماك العالم الأكثر انتاجاً في هذه المنطقة لذلك فهي منطقة تجارية . إن 80% من الأسماك يؤخذ عادة من عمق لا يزيد عن 200م .

د- المنطقة السابحة **Pelagic**

وهي المنطقة الواسعة في عرض البحر حيث تشكل حوالي 90% من مساحة المحيط ومعظم أجزاء هذه المنطقة تقع تحت المنطقة المضيئة . هذه المنطقة فقيرة نسبياً من الناحية البيولوجية وذلك لأن الكائنات الحية تموت ثم تترسب خارج نطاق المنطقة المضيئة . تضم الكائنات الحية في هذه المنطقة الأحياء الطافية . (بلانكتون) والحيوانات السابحة الكبيرة . وتوجد الحيتان الزرق وذوات الزعانف التي يبلغ طولها 100 قدم وتزن 150 طناً .

تقسم هذه المنطقة عمودياً إلى أربع مناطق :

1- السابحة العلوية : **Epipelagic**

وهي المنطقة المضيئة ربما إلى عمق 100م ، تقوم عملية التمثيل الضوئي بتدعيم الحياة في هذه الطبقة . توجد في هذه المنطقة الدياتوم والطحالب والتي تعتبر هي النباتات الرئيسية أما الحيوانات فتوجد بعض القشريات والديدان السهمية وكذلك أنواع مختلفة من البلانكتون الحيواني .

2 - السابحة الوسطى : **Mesopelagic**

توجد أسفل المنطقة المضيئة مباشرة .

3- السابحة السفلية : **Bathypelagic**

وهي أسفل السابحة الوسطى وكلتا المنطقتين تعتمد على الغذاء من المناطق الأخرى وبالأخص المنطقة العلوية المضيئة . معظم الأسماك والقشريات تسبح بين المنطقة العلوية المضيئة والمناطق العميقة تحتها وتساهم بالمحتوى العضوي للمناطق العميقة خلال عمليات الإخراج وموت الحيوانات .

4- البيئة القاعية : **Abyssal**

وتتميز بالضغط الهائل والظلام الدائم ودرجة الحرارة الثابتة القريبة من الصفر نظراً لوجود حاجز حراري ثابت . تتميز بالضغط الهائل بسبب وجود المياه من فوقها فالضغط يعادل 1050 ضغط جوي في منطقة الترنش الفلبيني والكائن على عمق 10500م .

ولكن على كل حال توجد حيوانات كثيرة مثل نعمان البحر وخيار البحر وقنفذ البحر وبعض القشريات . لقد تحورت هذه الحيوانات لتحمل الضغط والتغذية في ظلام دامس .

هذه المنطقة عرضة لسقوط الفتات والأجسام الميتة والتي تعطي طاقة للحيوانات التي تسكن هذه المنطقة والمكونة من المحللين والمتغذين على الفتات وآكلات اللحوم .

هـ - الشعاب المرجانية : **Coral Reefs**

هي مجتمعات توجد عادة في المحيطات المدارية مكونة كشرائط حول الجزر أو مكونة جزر حلقية أو شعاب حاجزية بعيدة عن الشاطئ .

المرجان هو حيوان جوفمعوي ذو علاقة بالأسماك الهلامية وشقائق النعمان وهو يكون مستعمرات ذو هيكل خارجي مكون من كربونات الكالسيوم . توجد في داخل خلايا المرجان العديد من خلايا الطحالب المتعايشة (الدينوفلاجيليت) حيث تقوم الطحالب بتموين الغذاء ومقابل ذلك يعطي المرجان هيكلاً مدعماً لنمو الطحالب وكذلك مواد مغذية . وهناك أيضاً بعض التعاون بين الطحالب الخضراء الخيطية والمرجان لتكون الهيكل الخارجي للمستعمرات .

إن الشعاب المرجانية هي عبارة عن مجتمعات ذو إنتاج عالي وتعتبر كجزر حيوية في البحار المدارية وكما هو الحال في الغابات الاستوائية يوجد تنوع كبير في الأنواع والألوان كما توجد كثير من التحورات والتكيفات في الأنواع الحيوانية .

من ضمن الحيوانات الموجودة في الشعاب المرجانية توجد الديدان والمحار . ربما تقوم بعض الحيوانات كشقائق النعمان والإسفنج وبلح البحر بمنافسة المرجان للمكان . سرطان البحر والقواقع البحرية والجلدشوكيات تنتشر بكثرة بين المستعمرات المرجانية .

بعض المظاهر الهامة للبيئة البحرية :

إن الانتقال من منطقة خط الشاطئ إلى المنطقة السابحة يكون متدرجاً لكن نظراً لاتساع المحيطات فإن هناك خصائص مميزة يمكن ملاحظتها بين الأنظمة البيئية والتي تعتمد أساساً على كمية المواد الغذائية المقرونة باختلاف في المواقع . إن المنطقة الساحلية ومنطقة الرف القاري معرضة لدخول المواد الغير عضوية والمواد العضوية الفتاتية مقارنة بالجزء العلوي للمنطقة السابحة . أما المناطق السفلية كما ذكر من قبل فهي معرضة لسقوط الفتات العضوي من المناطق العلوية .

إن أكثر الأنظمة إنتاجا هو تلك المنطقة على حافة الرف القاري حيث هي معرضة للتيارات الصاعدة والتي تحضر المواد المغذية من قاع المحيط إلى المنطقة المضيئة في الأعلى .

إن الإنتاج الأولي بواسطة البلانكتون يشكل حوالي 90% من إنتاج البحر والمتبقي الذي هو 10% مسؤول عنه النتجات الجالسة كالطحالب الحمراء والبنية والخضراء التي توجد في المناطق الساحلية والرف القاري حيث تتوفر السطوح المناسبة لنموها .

بعد غطاء طحالب البحر وممتدا إلى منطقة الرف القاري تنتشر الدياتوم والدينوفلاجيليت حيث تنتشر الأولى في البحار المعتدلة بينما تنتشر الأخيرة في مناطق خط الاستواء .

إن المنتج في منطقة الشعاب المرجانية يتكون من الدينو فلاجيليت المرافق للبوليب المرجاني . وتوجد الطحالب الخضراء والحمراء الخيطية مطمورة في البنيان المرجاني حيث تساعد هذه الطحالب على تقويم البنيان المرجاني وذلك لمساعدة البوليب المرجاني على تكوين الهيكل الخارجي الصلب من مادة الجير .

إن الدروع التي تمتلكها الدينوفلاجيليت في المناطق الساحلية تكون غير موجودة في المناطق السابحة . في المناطق السابحة (الماء مفتوح) يكون المنتج عبارة عن بلانكتون صغيرة جداً (نانوبلانكتون) حيث يمكن أن يكون الهرم الغذائي مقلوباً وبالعكس يوجد البلانكتون الكبير الحجم (ماكروبلانكتون) في منطقة التيارات الصاعدة بالإضافة إلى مستعمرات الدياتوم مكوناً خيوطاً طويلة وتكتلات هلامية كبيرة.

وبالنسبة للحيوانات المستهلكة :

ففي المناطق الساحلية تكثر الحيوانات الجالسة أكثر من المناطق الأخرى لوجود كميات كبيرة من الفتات وتوجد كذلك الحيوانات البحرية آكلات العشب حيث تتغذى على الطحالب . أما في الرف القاري ومنطقة التيارات الصاعدة يتكون البلانكتون الحيواني من القشريات والتي تتغذى عليها الأسماك . فالسلسلة الغذائية عادة مكونة من ثلاث مستويات .

أما في المنطقة السابحة يتكون المستهلك الأول من البروتوزوا حيث تتغذى على طحالب دقيقة خضراء . توجد أطول سلسلة غذائية في المنطقة السابحة حيث يمكن تواجد خمس مستويات أو أكثر مع وجود المستهلك الأعلى مكونا من آكلات اللحوم العليا مثل سمك التونا والدولفين والحيتان القاتلة . فلذلك هناك اختلاف كبير في السلسلة الغذائية بين المنطقة السابحة ومنطقة الرف القاري أو التيارات الصاعدة (انظر الشكل 4) .

كما يبين الشكل (5) توزيع بعضاً من الكائنات الحية الواضحة والمتواجدة في مستويات غذائية مختلفة في الأقاليم الحياتية البحرية .

إن العلاقات الغذائية في الأقاليم الحياتية البحرية هي أشد تعقيداً من تلك التي توجد في الأقاليم الأرضية أو في المياه العذبة .

إن هناك خاصية مهمة للحياة المائية وهو وجود قابلية للطفو والتي تدعم الأجسام الثقيلة .

هناك تحورات كثيرة في البلانكتون تمكنه من الطفو دائماً ولا يتعرض للغوص مثل وجود الأذرع أو الأهداب .

إن الدياتوم الذي ليس له ذراع أو أعضاء للحركة يتواجد عادة في منطقة التيارات الصاعدة .

3- مياه قليلة الملوحة : Brackish Water

تشتمل هذه المياه على أنواع مختلفة من المستنقعات المائية :

1. *مستنقعات ساحلية* *Seashore Swamps*

من أهمها مصب النهر بالبحر حيث يلتقي الماء العذب بالمالح وتوجد حيوانات تكيفت لهذه البيئة المتذبذبة .

وتضم كذلك بعض المستنقعات المتأثرة بالمد والجزر وكذلك مستنقعات المنجروف التي تكثر في المناطق الإستوائية .

ب – مستنقعات قارية Inland Swamps

من أهمها البوك **Bog** التي تنتشر في المناطق الرطبة ومناطق الغابات الباردة في أمريكا الشمالية وأوربا وتكون المياه مغلقة الجوانب وتصعب حركة المياه الجوفية منها وإليها . كذلك يوجد غطاء نباتي متماسك ويتميز لون الماء باللون الأحمر الفاتح نتيجة لإقرار الأحماض العضوية من النباتات المتفسخة ، وتوجد كمية قليلة من النتروجين وتوجد أنواع البكتيريا التي تكون كبريتيد الهيدروجين وتوجد في هذه البيئة بعض الطحالب والحشائش النباتات قانصة الحشرات .

كذلك توجد حيوانات رخوية وحشرات وفئران وطيور .

وتضم المستنقعات القارية كذلك مستنقعات الغابات والتي تشبه البرك المائية غير أنها تحتوي على أشجار وتوجد حيوانات مختلفة في هذه البيئة مثل التماسيح والأفاعي والسحالي وبعض الطيور والحشرات .

بالإضافة إلى ذلك توجد المستنقعات الملحية التي تكثر في المناطق الصحراوية وخصوصاً في الأجزاء المنخفضة كما هي الحال في المستنقعات الملحية في المملكة .

ثانياً: الأقاليم الحياتية القارية

تقسم الأقاليم الحياتية الأرضية إلى سبعة أنواع رئيسية وهي : الصحراء ، التندرا ، البراري ، السفانا ، الغابات الصنوبرية المعتدلة ، الغابات المتساقطة الأوراق المعتدلة ، الغابات الاستوائية شكل رقم (6)

هذه الأقاليم تمتد عادة من الشرق إلى الغرب باستثناء بعض الحالات عندما يكون الموقع المناخي له علاقة بالارتفاع عن سطح البحر وليس ذو صلة بخطوط العرض كما هو الحال في جبال عسير واليمن حيث تنتشر غابات صنوبرية معتدلة من الشمال إلى الجنوب . فالأقاليم الحياتية الأرضية تعتمد على العوامل المناخية مثل الأمطار ودرجة الحرارة والطاقة الشمسية .

1 - الصحاري Desert

تتميز الصحاري بقلة الأمطار . أقل من 25 في العام ويوجد تفاوت في درجة الحرارة ، كما تتميز بسرعة تبخير الماء وكذلك تركيز الأملاح في التربة لقلة الماء الجاري على سطح الأرض . معظم صحاري العالم تتمركز حول خط عرض 20 شمالا.

يتكون الغطاء النباتي بشكل عام من شجيرات متباعدة ونباتات حولية وتتميز النباتات الصحراوية بأن لها وريقات مختزلة وتكيفات أخرى للاحتفاظ بالماء كذلك للعديد من حيوانات الصحراء تكيفات خاصة للاحتفاظ بالماء وللعيش في درجة حرارة منخفضة . وأهم الحيوانات التي تعيش في الصحراء : الجمال ، الغزلان ، والأرانب . ومن الزواحف : الأفاعي ، الورل ، الضب . ومن الطيور : طائر الجواب وطائر الصعو . وتكثر الحشرات والعناكب بشكل عام .

التكيفات التي تتخذها الكائنات الصحراوية

إن قدرة الحيوانات للتعامل مع الظروف الصحراوية يعتمد على عوامل مختلفة مشتركة لنظامين هما تفادي الجفاف والاحتفاظ بالماء وأهم التكيفات التي اتخذها الحيوانات التي عاشت بنجاح في الصحراء هي :

1 – زيادة استهلاك الماء إما بواسطة

1. أكل النباتات العصارية وهي التي تحتوي على كمية كبيرة من الماء .

2. شرب قطرات الندى .

3. الذهاب إلى المصادر المائية كالتجمعات المائية في المنخفضات .

1-إن ضفادع الصحراء لها القدرة على امتصاص ماء المطر أو الندى من خلال الجلد المنفذ للماء وذلك عند جلوسها على سطح رطب .

2 – في بعض الحيوانات المفصلية يتم استهلاك الماء مباشرة من الجو عندما نسبة الرطوبة تزيد فوق 80% .

3 – القدرة الجيدة على استعمال ماء الأيض (التمثيل الغذائي) من الغذاء المهضوم .

4 – الإقلال من فقدان الماء بإخراج بول مركز أو طرد براز جاف تقريباً .

5 – الإقلال من فقدان الماء من سطح الرئة عند التنفس .

6 – وجود أغطية للجسم غير منفذة للماء .

7 – تحسين السلوك وذلك ليتم تقليل فقدان الماء مثل قلة النشاط أو استعمال الظل ما أمكن ذلك . وغالباً يتم الاختفاء تحت سطح الأرض عند ارتفاع درجة الحرارة في وسط النهار .

الحيوانات الصحراوية المفصلية مثل الحشرات والعناكب والعقارب لها القدرة على تقليل فقدان الماء وذلك لوجود أغطية وسطوح غير منفذة للماء ويمكنها تحمل ارتفاع درجة حرارة أجسامها إلى مستويات عالية والتي تكون مهلكة للحيوانات الفقارية .

الحيوانات الثديية الصغيرة تسكن في جحور ويتوجب أن تكون ليلية في معيشتها لتفادي كلاً من شدة الحرارة وفقدان الماء اللذان لا يمكن تحملهما فوق سطح الأرض خلال النهار .

أما الحيوانات الثديية الكبيرة والتي لا يكون باستطاعتها الاختفاء تحت الأرض فيلزمها أن تتحكم في درجة الحرارة بواسطة تبخير الماء عن طريق سطح الجسم ولا بد لها أن تقوم بتعويض ذلك المفقود في هذه العملية .

لقد وجد العالم شميث نيلسون 1964م أن فأر الكنجارو مثلاً تنشط خلال الليل وبالإضافة إلى ذلك تخرج بولاً وبرازاً قليل المحتوى المائي . كما أنها تفقد ماءاً قليلاً نسبياً من سطح الرئة عند عملية التنفس .

كذلك يوجد نظام مماثل لحفظ الماء في السحالي . ولو أن كثيراً من السحالي تنشط خلال النهار لكن وقت النشاط الرئيسي يتم صباحاً عند طلوع الشمس أو مساء عند غروب الشمس كما أنها تبحث عن الظل خلال وسط النهار في الوقت الحار .

في أوقات الجفاف الشديد كثيراً من الحيوانات الصحراوية تتخذ وضعاً شبيه بالبيات الشتوي (كمون صيفي)
Aestivation **حيث يقل التمثيل الغذائي ويتم استعمال الماء عند التمثيل الغذائي من المخزون الدهني .**

2 – التندرا *Tundra*

يتميز إقليم التندرا بانعدام الأشجار فيه وبالبرودة الشديدة . هي ذات شتاء طويل جداً وصيف قصير معتدل نوعا ما . وتضم المناطق القطبية وقمم الجبال العالية كما هو الحال في جبال الألب . ويوجد هذا الإقليم بشكل واضح في النصف الشمالي من الكرة الأرضية وذلك لاحتواء هذا النصف على مساحة كبيرة من اليابسة . إن التربة المتوفرة لجذور النباتات ضئيلة جداً بسبب استمرار تجمد الجزء الأكبر من التربة خلال فترة طويلة من السنة .

وتغطى معظم مناطق التندرا بالمستنقعات والأهوار والبرك وغطاء إسفنجي من النباتات المتحللة .

من أهم الحيوانات في التندرا القطبية : الدب القطبي ، اللاموس ، الرنة ، ثعلب المسك ، الثعلب القطبي ، والأرانب البرية وتوجد بعض الحشرات في فصل الصيف كالبعوض والذباب الأسود كما توجد طيور مهاجرة متنوعة .

3 – البراري : Prairie

تسود الحشائش في هذا الإقليم وتوجد أكبر مناطق البراري في العالم في أمريكا الشمالية وقد تم تدمير جزء كبير منها لاستعمالها للزراعة . وتتميز البراري بالأمطار المتذبذبة وتتراوح كمية الأمطار بين 25 – 56 سم في السنة .

4 – السفانا : Savana

تتميز السفانا بأرض تغطيها الحشائش بشكل رئيسي مع وجود عدد قليل من الأشجار وتغطي السفانا أكبر مساحة من سطح الأرض إذا قورنت بالأنواع الأخرى من أقاليم الحياة .

تقع أكبر مساحات السفانا في أفريقيا وأمريكا الجنوبية وأستراليا وتمتد من 5 شمالاً إلى 20 شمالاً . وكذلك من 5 جنوباً إلى 20 جنوباً . بذلك تعتبر شبه استوائية ومناخها دافئ طوال السنة ويبلغ معدل الأمطار من 50 – 150 سم في السنة .

لقد اهتم الباحثون بدراسة السفانا لكثرة أنواع الحيوانات الثديية الكبيرة .

وتكثر في السفانا بشكل كبير آكلات الأعشاب كالزرافات والغزلان والخنزير الوحشي و وحيد القرن والجواميس 000 الخ .

وهناك الحيوانات آكلات اللحوم مثل الأسد والفهد والنمر والضباع .

5 – الغابات الصنوبرية المعتدلة : Temperate Coniferous Forest

تكثر في النصف الشمالي للكرة الأرضية وتغطي مساحات شاسعة في شمال آسيا وأوربا وأمريكا الشمالية . والأشجار السائدة دائمة الخضرة وهي الصنوبر والتنوب والبيسية وقد تكيفت هذه الأشجار لتحمل التجمد والاستفادة من ما تمنحه مواسم النمو الصيفية القصيرة .

لقد تم تدمير جزء من هذه الغابات لأخذ الأخشاب .

توجد حيوانات كثيرة مثل : الغزلان والألك والأرنب البري وتوجد كذلك بعض القوارض والطيور والتي تحورت مناقير بعضها لالتقاط البذور من أقماع الصنوبر .

ومن الحيوانات آكلات اللحوم توجد الذئاب والكوكر والثعالب الحمر وابن عرس .

ومن الحيوانات العاشبة اللاحمة يوجد الدب الأسود والدب الرمادي .

6 – الغابات متساقطة الأوراق المعتدلة : Temperate Deciduous Forest

في هذه الغابات توجد أشجار عالية لها أوراق عريضة تتساقط أوراقها في الخريف . توجد هذه الغابات في شرق أمريكا الشمالية وفي غرب أوربا واليابان وشرق الصين وتشيلي . إن غابات شمال الكرة الأرضية متقاربة في الحياة النباتية والحيوانية ولكن التي في جنوب أمريكا مختلفة توجد الأمطار بشكل موزع خلال السنة حيث تبلغ 75 – 150 سم في السنة وهناك صيف وشتاء مميزان فالفصول الأربعة واضحة جداً . تضم الحيوانات الموجودة الغزلان والثعالب والسناجب والطيور والحشرات وحيوانات أخرى . لقد اندثرت كثير من الحيوانات آكلات اللحوم مثل أسود الجبل والوشق والذئاب بسبب الصيد العشوائي .

7 – الغابات الاستوائية : Tropical Forest

تقع الغابات الاستوائية بالنسبة لخطوط العرض بين 20 شمالاً و20 جنوباً وتوجد في جنوب أمريكا ووسطها وجنوب شرق آسيا وغرب أفريقيا . تتميز الغابات الاستوائية دائمة الخضرة بأشجار عالية وعريضة الأوراق . كما تتميز بأمطارها الغزيرة التي تصل إلى 2000 سم في السنة أو أكثر . وكذلك بحرارتها الثابتة نسبياً ليلاً ونهاراً خلال السنة حيث المعدل حوالي 25م فالفصول الأربعة غير واضحة . كذلك تتميز برطوبة عالية نسبياً حيث تصل إلى 85% أو أكثر . نظراً لكثافة الغطاء النباتي يصل القليل من الضوء إلى أرضية الغابة فلذلك توجد نباتات متسلقة التي تتسلق الأشجار الطويلة لكي تصل إلى الضوء في أعلى الغابة . تحتوي الغابات الاستوائية على آلاف الأنواع من النباتات مقارنة بالغابات الأخرى المعتدلة .

لا توجد أي منطقة بيئية أخرى تضاهي الغابة الاستوائية في أنواع الحيوانات المختلفة والفريدة وتعتبر شبكات الغذاء غاية في التعقيد . معظم الحيوانات تعيش في الأشجار كالقرود والكسلان والسحالي والثعابين والطيور والحشرات والخفافيش .

لون الحيوان وعلاقته بالبيئة

معظم الحيوانات ملونة وفي كثير منها تأخذ الألوان أشكالاً ونماذج مميزة لأفراد النـــوع الواحـــد . وهـــي بالإضـــافة إلى

التحورات التركيبية في الحيوان ووسائل سلوكه من أهم العوامل التي تمكن الحيوان إما طبيعية أو كيميائية .

1 – الألوان الطبيعية :

تتعلق بتركيب سطح الجسم الذي يمكن أن يعكس أشعة الضوء بعد أن تتفرق إلى عناصرها الأولية الملونة . من الألوان الطبيعية الشائعة بين الحشرات البنفسجي والفضي والذهبي والأخضر المائل إلى الزرقة . كذلك بعض ألوان الأسماك تعتبر طبيعية ويرجع اللون إلى التركيب الطبيعي للقشور التي تحتوي على بلورات مادة الجوانين .

2 – الألوان الكيميائية :

يكون اللون مصدره المواد الصبغية كاللون البني واللون الأسود في معظم الحشرات وفي هذه الحالة توجد المادة الصبغية في الجلد والبشرة . وفي الأسماك والبرمائيات توجد المادة الصبغية في خلايا جلدية خاصة Chromatophores ومعظمها أحمر وبرتقالي وبني وأسود .

وفي معظم الحيوانات يكون اللون بحيث يساعدها على التخفي في بيئتها الطبيعية وبذلك يساعدها على حمايتها من أعدائها وفي هذه الأحوال تأخذ الحيوانات لون بيئتها أو تشابهه وتعرف هذه الظاهرة بالتلون الوقائي Protective Colouration .

فالحيوانات التي تعيش مثلاً بين النباتات الخضراء كبعض يرقات الحشرات وضفادع الأشجار كلها عادة ذات لون أخضر . كذلك كثيراً من حيوانات الصحراء كالسحالي والطيور والحشرات والثدييات لها لون الرمال تقريباً أو اللون الرمادي وفي المناطق القطبية تتلون الحيوانات كالدب والثعلب والبوم باللون الأبيض .

قد يكون تشابه الحيوان لبيئته شكلاً أو لوناً بقصد خداع الفريسة كما يحدث في حشرة فرس النبي التي تأخذ اللون الأخضر بين الحشائش الخضراء حتى تخدع فرائسها من الحشرات الأخرى .

وفي كثير من الأحيان يكون اللون ذو أهمية خاصة في اجتذاب الذكر للأنثى فكثير من ذكور الحيوانات لا سيما الطيور تظهر عليها في موسم التزاوج ألوان تجذبها للإناث وفي أغلب الحيوانات يكون الذكر عادة أزهى لوناً من الأنثى لا سيما في موسم التوالد . وبهاء اللون هذا واضح عادة في ذكور الطيور والأسماك .

كما أن ألوان الحيوانات قد تختلف تبعاً لفصول السنة فكثير من الطيور التي تقطن المناطق الشمالية تغير لونها الأسود أو البني السائد في الصيف إلى اللون الأبيض كلما دخل الشتاء .

بعض الحيوانات يمكنها تغيير لونها بسرعة إذا ما تغير لون البيئة المحيطة بها حتى يتشابه اللونان كما يحدث في الحرباء وضفدع الشجر وبعض الأسماك .

المحاكاة : *Mimicry*

إن الحيوان الذي يستطيع أن يعطي إشارة إلى مفترسه قبل هجومه عليه بأنه ذو خصائص ضارة أو مزعجة سوف يقلل احتمال هلاكه بواسطة ذلك المفترس . لقد أدى هذا إلى تطور اللون المحذر والمدهش والذي غالباً ما يكون ذو نموذج زاهي وغريب . فمعظم الكائنات الحية السامة أو اللاسعة لها ألوان زاهية وعلامات مميزة معطية ألوان محذرة مثال ذلك الخطوط البيضاء والسوداء لحيوان الظربان الأمريكي (حيوان يخرج رائحة كريهة) وكذلك الخطوط البرتقالية والسوداء للحشرات اللاسعة كالزنابير .

لقد أدى في نفس الوقت إلى الاحتمال بأن الأنواع التي ليس لها خصائص مزعجة أصلاً تطور نظام لوني غريب مماثل لتلك الأنواع ذات الخصائص المزعجة . يعني هذا أن أنواع الحيوانات السائغة الطعم تقوم بإعطاء نفس الألوان المحذرة إلى المفترسين كوسيلة لتقليل خطرهم .

هذه الطريقة المشار إليها تعرف بالمحاكاة Mimicry .

إن المحاكاة لنموذج اللون شائع جداً في المناطق الاستوائية مما يدل على أن الضغط من المفترس في هذه البيئة عامل متميز ومهم أكثر منه في المناطق المعتدلة . هناك أنواع عديدة من المحاكاة وأهم الأنواع التقليدية ما يلي :

1 – محاكاة باتيسيان Batesian Mimicry

سميت هذه المحاكاة نسبة إلى الباحث بيتس 1861م . الذي يعتبر أول باحث ناقش المحاكاة . وتضم نوعاً غير مستساغ ويسمى النموذج وكذلك نوعاً واحداً على الأقل طيب أكله يسمى المحاكي الذي يشابه في اللون النموذج الأصلي . يعني هذا أن الحيوان يشابه حيواناً آخر ذو صفات طاردة أو سامة . يكثر هذا النوع في الفراشات والثعابين . إن نجاح هذا النوع من المحاكاة يعتمد على بقاء المحاكي في وجوده قياساً لوجود النموذج . يمكن تواجد هذا النوع من المحاكاة في النباتات فبعض أنواع النعناع يشابه بعض الأعشاب اللاسعة .

2 – محاكاة موليريان Mullerian Mimicry

سميت هذه المحاكاة نسبة إلى الباحث مولر 1879م . وتضم سلسلة من النماذج المتشابهة ولذلك كل واحد يعطي ويقدم معاناة وهبة غير مستساغة للمفترس المشترك . وكل مرة يحاول المفترس الهجوم على أي نوع يجد طعماً غير مستساغ وهذا يعطي ميزة مهمة وهي حماية الفريسة . إن احتمال حصول مكافآت سلبية للمفترس يزداد كلما زادت أعداد النماذج المؤذية أو المزعجة لهذا النوع من المحاكاة المعقدة .

3 – المحاكاة العدائية Aggressive Mimicry

وهو تطوير المفترس أنظمة محاكاة شبيهة بأنظمة الفريسة . في هذا النوع من المحاكاة يظهر الحيوان المفترس شكلاً بأنه غير عدو وهذا يقلل احتمال هروب الفريسة . لقد وجد الباحث لويد 1965م أن ذكر ذبابة النار من جنس فوتورس يصعد إلى قمة الحشائش ليلاً ويعطي إشارة ضوئية بنموذج معين من عضوه الوضاء فتقوم الأنثى التي تطير من حوله باستقبال الإضاءة وتعطي بدورها إشارة بنوع معين لتدل على أنها جاهزة للتزاوج وبعد ذلك يحدث التزاوج . كذلك يتواجد في نفس المنطقة نوع آخر من ذبابة النار المفترس من جنس فوتينس حيث يقوم الذكر بتقليد إشارة الأنثى للجنس فوتورس فعندما يقترب الذكر من جنس فوتورس يقوم بافتراسه بدلاً من التزاوج معه . كذلك يحدث في أنواع أخرى من ذباب النار حيث تقوم الأنثى بتقليد الإشارة الضوئية للأنثى من الجنس الآخر فتفترس تلك الأنثى الذكر من الجنس لا يهمها هذا الذكر بأنها تريد التزاوج معه .

كذلك يمكن اعتبار الحالة عندما يكون المفترس أو المتطفل يشابه فريسته أو عائلته أو يشابه أنواعاً أخرى غير ضارة في المجتمع بأنها محاكاة عدائية .

مثلاً بعض أنواع الذباب من عائلة بومبيليدي يشابه النحل إلى حد كبير ويستغل هذا الشبه في دخول أعشاش النحل ليضع بيضه وعندما تفقس اليرقات من هذا البيض تهاجم يرقات النحل وتأكلها . وهناك أمثلة أخرى من هذا النوع كالعناكب التي تحاكي النمل وذلك بقصد الهجوم عليها في معاقلها .

التلوث POLLUTION :

تعرف الملوثات بأنها المواد أو الميكروبات التي تلحق الأذى بالإنسان أو الكائنات الحية الأخرى أو تسبب خللاً في التوازن الطبيعي بين الكائنات الحية التي تعيش ضمن نظام بيئي واحد . وقد زادت أنواع وكميات الملوثات زيادة ملحوظة نتيجة للتطور الصناعي الكبير واستعمال الآلات المختلفة لغرض زيادة الإنتاج والرفاهية ، فمختلف مظاهر التطور والحضارة المعاصرة وراءها أجهزة ملوثة ومواد سامة متنوعة ، فعلى سبيل المثال زيادة عدد السيارات في العالم أضاف كثيراً من الملوثات إلى الهواء والماء والغذاء وأدى بالكثير من الناس الذين يسكنون المدن المزدحمة إلى أخذ الجرعات ليست بالقليلة من هذه المواد الضارة يوميًّا . إضافة إلى ذلك أسهمت الطائرات ، والبواخر ، والمصانع ، والبترول ، والمواد القاتلة للحشرات ، والمواد المشعة ، وغير ذلك إلى تلوث الهواء المحيط بالأرض وتلوث مياه البحيرات والأنهار وتلوث التربة . وهكذا دخلت المواد الملوثة إلى أجسام الكائنات الحية المختلفة سواء كانت نباتات أو حيوانات ، وعلى الرغم من كل الصرخات التي يطلقها المدافعون عن البيئة فما زالت هذه الكائنات الحية عرضة للملوثات (المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم 1976م) .

تلوث الماء Water Pollution :

يعتبر الماء ملوثاً إذا تغيرت صفاته الطبيعية وأصبح ذا لون أو طعم أو رائحة ، أو احتوى على كائنات حية دقيقة تؤثر على حياة الكائنات الحية الأخرى المستفيدة من هذا الماء .

تلوث البحار والمحيطات

أصبح تلوث مياه البحار والمحيطات من المشكلات العالمية ففي بعض الأحيان تنشأ الملوثات في بلدان معينة إلا أنها سرعان ما تمتد آثارها إلى بلدان أخرى عديدة ، وتواجه عملية السيطرة على ملوثات البحار والمحيطات صعوبة الوصول إلى حل سريع

ومحدد ، وذلك بسبب تعدد أنواع الملوثات ، ومصادرها ، وطرق وصولها إلى مياه البحر ، إضافة إلى افتقارنا إلى المعرفة الكافية عما يجري في البحار والمحيطات من الناحية البيولوجية والجيوكيميائية .

وهناك أنواع مختلفة من الملوثات في البحار والمحيطات أهمها ما يلي :

1 – الزيت

للزيت الذي يوجد في البحار والمحيطات مصادر مختلفة أهمها :

1. **حوادث ناقلات البترول ، وحركة النقل البحري .**
2. **التنقيب عن البترول تحت سطح الماء .**
3. **مخلفات السفن والمصانع الساحلية التي تصرف في البحار والمحيطات .**
4. **تحلل النباتات والحيوانات البحرية .**

ومن أكثر المناطق عرضة للتلوث بالزيت الخليج العربي ، والبحر الأبيض المتوسط ، والساحل الغربي الأوربي ، والساحل الشرقي لأمريكا الشمالية .

يطفو الزيت على سطح الماء في حالة نقية أو مختلطاً بالماء على صورة مستحلب ، وتتبخر المشتقات الخفيفة أو الطيارة بسهولة عند تعرضها للهواء الجوي ، وبتحرك الزيت على سطح الماء تبعاً لحركة الرياح والتيارات البحرية ، وقد يلتصق الزيت على جسيمات صلبة ويغوص إلى الأعماق ، ويتأكسد الزيت الطافي على سطح الماء بفعل البكتريا وأشعة الشمس ، وتزيد سرعة التأكسد هذه كلما ارتفعت درجة الحرارة .

ومن بين الأمثلة الحديثة في هذا المجال تلوث مياه الخليج عام 1983م بعد انفجار عدد من آبار البترول الإيرانية خلال معارك حرب الخليج التي تسببت في تلوث كميات كبيرة من هذه المياه ، والتي أدت بالتالي إلى تدهور الحياة البحرية في كثير من المناطق ، إضافة إلى الأضرار التي لحقت بعدد من معامل تحلية المياه والشواطئ الرملية .

2 – الفضلات الملقاة من الشواطئ

وتنقسم هذه الملوثات إلى :

1. **الفضلات المترلية .**
2. **مياه الصرف من الأراضي الزراعية .**
3. **المخلفات الصناعية .**

تعتبر المستنقعات والمياه الساحلية غير الملوثة من بين المناطق ذات الإنتاج النباتي والحيواني العالي في العالم .

إن أكثر الملوثات شيوعاً في هذه المناطق المعادن المختلفة ، والبتروكيماويات ، ومخلفات مصانع الخشب ، والورق ، والزيوت ، والمنظفات الصناعية ، وغيرها . ولهذه الملوثات تأثيرات مختلفة أهمها :

1. زيادة في خصوبة الماء تؤدي إلى زيادة هائلة لبعض أنواع النباتات والحيوانات وهلاك لأنواع أخرى من الكائنات الحية .
2. استهلاك كميات كبيرة من الأكسجين المذاب في الماء بواسطة المواد الغذائية المتحللة ، وخلق بيئة لا هوائية في مناطق معينة من البحار .
3. التسمم بواسطة مواد معينة تصل إلى هذه المياه مثل الزئبق .
4. تغير درجة حرارة الماء نتيجة لتبريد المفاعلات النووية ، وهذا بدوره يؤدي إلى تغير لأنواع الكائنات الحية والعلاقات الغذائية بينها ، وبالتالي انخفاض الإنتاج السمكي لهذه المناطق .

إن التغيرات الكيمائية لمياه البحار والمحيطات أصبحت واضحة في المياه شبه المغلقة . ومن أمثلة هذا النوع من المياه بحر البلطيق الذي يحيط به عدد من الدول الصناعية ، ويتصل ببحر الشمال بواسطة مضيق يقع بين الدنمارك والسويد .

إن المياه المحتجزة في هذا البحر تعاني من التلوث بواسطة الفوسفات الذي يدخل إلى هذه المياه بمقدار 14000طن في السنة ، إضافة إلى ازدياد كبريتيد الهيدروجين في هذه المياه عاماً بعد عام نتيجة للنشاطات البيولوجية في قاع البحر والتي مرجعها الحركة البطيئة لهذه المياه . كذلك فإن كمية المواد المترسبة من د . د . ت DDT تساوي حوالي عشرة أضعاف الكمية الموجودة في المحيط الأطلسي .

والبحر الأبيض المتوسط الذي يحيط به كثير من الدول أصبحت شواطئه هذه الأيام تعاني من تلوث شديد نتيجة للصناعات القائمة عليه ، ومياه الصرف القذرة التي تنساب إليه . فعلى سبيل المثال تعتبر شواطئ إيطاليا من بين أكثر الشواطئ تلوثاً بواسطة مخلفات المصانع ، والزيت ، ومياه الصرف ، وهذه الملوثات أصبح لها الدور الكبير في تدهور الثروة السمكية .

تلوث المياه الداخلية :

تتعرض المياه الداخلية بما فيها الأنهار بطيئة الحركة والبحيرات للتلوث نتيجة لصرف الفضلات المترلية والصناعية ونوع الأرض التي توجد فوقها هذه المياه ، وما تحتويه من أملاح طبيعية .
عند تلوث ماء النهر أو البحيرة بالمواد الغريبة يتعكر لونه ويصبح رماديًّا ، وهذا يؤدي إلى حجب ضوء الشمس عن النباتات الخضراء ، وبالتالي تلفها . وبعد موت هذه النباتات تبدأ مرحلة تحلل المواد العضوية بفعل البكتريا اللاهوائية . ونتيجة لاستهلاك الأكسجين المذاب في الماء واستهلاك الغذاء بموت كثير من الحيوانات الهوائية وتنشط البكتريا والفطريات وأنواع معينة من الحيوانات أحادية الخلية داخل المياه اللزجة السوداء التي تغطي قاع النهر أو قاع البحيرة . وهذا يؤدي إلى تصاعد غازات وروائح كريهة خاصة في الأيام الحارة نتيجة للتعفن اللاهوائي .

تلوث الماء وعلاقته بالصحة العامة :

بناء على ما تقدم ذكره فإن هناك أنواعاً عديدة من الملوثات تأتي من مصادر مختلفة . وتسبب هذه الملوثات أمراضاً مختلفة لمن يستعمل هذه المياه ، ومن بين مسببات الأمراض ما يلي :

1. **أملاح الرصاص والنترات والكلوريدات والمغنيسيوم والكبريت والفلور والرصاص .**
2. **جراثيم الكوليرا والتيفود .**
3. **طفيليات الديسنتريا والبلهارسيا .**
4. **ميكروبات اشريشيا كولاي وسالمونيلا وسيدوموناس وبروتيسي وكلوستيريديوم وباسيلاس.**

تنقية المياه الداخلية :

هناك العديد من العوامل التي تساعد على تنقية مياه الأنهار والبحيرات الملوثة ، وأهمها ما يلي :

1 – التهوية

تعتبر التهوية من العوامل المهمة في تنقية المياه حيث إن الأكسجين المذاب في الماء بعملية التهوية يعتبر مهمًّا جدًّا لإعادة الكائنات الحية المختلفة التي تحتاج إلى الأكسجين لهذا الماء ، وتتم هذه العملية بتحريك الماء .

2 – الضوء

يعتبر الضوء عاملاً مهماً في نمو النباتات الخضراء التي تقوم بعملية البناء الضوئي ، حيث تمتص هذه النباتات غاز ثاني أكسيد الكربون ، وتطلق غاز الأكسجين داخل الماء . كذلك تعمل أشعة الشمس على قتل أنواع معينة من الميكروبات الضارة إضافة لذلك تسهم الميكروبات الهوائية واللاهوائية في تنقية الماء بعمليتي التأكسد والاختزال .

تلوث الهواء Air Pollution :

يرجع تأريخ تلوث الهواء إلى اليوم الذي بدأ فيه الإنسان استخدام الوقود للأغراض المختلفة ، وتضاعف ذلك بازدياد النشاط الصناعي ، وتطور وسائل المواصلات ، وازدحام المدن بالسكان .

يعرف (تلوث الهواء) بأنه الحالة التي يكون فيها الهواء محتوياً على مواد بتركيزات أعلى من المستويات العادية .

يتكون الهواء المحيط بالأرض من النيتروجين بنسبة 78.09 % ، والأكسجين بنسبة 20.95 % ، وثاني أكسيد الكربون بنسبة 0.03 % والأرجون بنسبة 0.93 % ، ومن كميات ضئيلة من غازات أخرى مثل : النيون ، والهيليوم ، والكربون ، وآثار من الهيدروجين ، وبعض الغازات المشعة ، وأكسيد النيتروجين ، والأوزون ، ويحتوي الهواء على كميات من بخار الماء تختلف باختلاف درجة الرطوبة النسبية ودرجة حرارة الجو .

ولقد احتفظ الهواء المحيط بالأرض على مر الأزمان بمكونات ثابتة على الرغم من النشاطات الحيوية التي تجري على سطح الأرض ، فالإنسان ، والحيوان كل منهما يستهلك الأكسجين بعملياته الحيوية ويعطي ثاني أكسيد الكربون ، وعلى عكس ذلك فالنبات يستعمل ثاني أكسيد الكربون في عمليات البناء الضوئي فيحتفظ بالكربون لنفسه ويعيد للهواء الأكسجين . وإذا زادت نسبة ثاني أكسيد الكربون في الهواء فإن الفائض يذوب في المسطحات المائية كالبحار والمحيطات ويتفاعل مع أملاح الكالسيوم الذائبة فيه ، ومن ثم يترسب على صورة كربونات الكالسيوم .

تلك أمثلة قليلة لبعض التفاعلات الحيوية التي تؤدي إلى حالة التوازن التي يحتفظ الهواء الجوي بفعلها على مكونات ثابتة ، وعلى مر الأزمان .

تتخذ الملوثات الهوائية حالات مختلفة ، أهمها :

1 – الجسيمات العالقة Aerosols

وتنقسم الملوثات الهوائية إلى المجموعات التالية :

1. الغبار (Dust) : جسيمات صلبة دقيقة يصل قطرها إلى 100 ميكرون .

2. السناج (Smog) : جسيمات صلبة دقيقة يصل قطرها إلى ميكرون واحد ، وهي مكونة من الكربون ، وتنتج عن الاحتراق غير الكامل للمواد التي تحتوي على عنصر الكربون .

3. الدخان (Smoke) : جسيمات صلبة دقيقة قطرها في العادة أقل من واحد ميكرون ، وكثيراً ما يكون الدخان عبارة عن أكاسيد معدنية .

4. الضباب الملوث : يتكون نتيجة لخلط الضباب بالسناج والأتربة والغازات الذائبة في الماء مثل ثاني أكسيد الكبريت ، وقد اشتهرت المدن الصناعية والمزدحمة مثل مدينة لوس أنجلوس ولندن بهذا النوع من التلوث .

5. الميكروبات الدقيقة والفطريات وحبوب اللقاح : ويؤدي هذا النوع من التلوث إلى انتشار بعض الأمراض وخاصة تلك التي تصيب الجهاز التنفسي مثل مرض الدرن وأمراض الحساسية .

2 – الغازات والأبخرة Gases and Vapours

ينتج هذا النوع من الملوثات بالاحتراق والأنشطة الصناعية المختلفة ، ومن أهم هذه الملوثات تلك التي تنبعث من السيارات . ومن أهم الغازات والأبخرة ثاني أكسيد الكبريت ، وأكسيد النيتروجين ، وثاني أكسيد الكربون وهي تسبب خسائر اقتصادية كبيرة بعد ذوبانها بماء المطر وتحويله إلى ماء حامض تصل حموضته فوق المدن الصناعية إلى

PH = 3 ، ويتم ذلك بذوبان ثاني أكسيد الكبريت في الماء وتكوين حامض الكبريتيك وذوبان أكاسيد النيتروجين في الماء وتكوين حامض النتريك ، وهذان الحامضان تسببا في تآكل واجهات الكثير من المباني التاريخية والعامة في الدول الصناعية .

مصادر تلوث الهواء

من أهم هذه المصادر ما يلي :

1. العواصف الترابية .

2. البراكين .
3. حرائق الغابات .
4. مصانع الكيماويات .
5. وسائل المواصلات .
6. محطات القوى التي تستعمل المنتجات النفطية .
7. الأنشطة المترلية .

أحداث مهمة في تلوث الهواء :

تعتبر أجهزة الاحتراق الداخلي من أكبر ملوثات الهواء حيث تضيف إلى الهواء كميات مختلفة من الهيدروكاربونات غير المتأكسدة والأكاسيد اللاعضوية السامة أمثال أول أكسيد الكربون CO ، وأول أكسيد النيتروجين NO ، وثاني أكسيد النيتروجين NO ، وثاني أكسيد الكبريت SO .

وتعتبر المدن المزدحمة المحصورة بين الجبال من أكثر المناطق تعرضاً لمخاطر التلوث ، وذلك بسبب الأحوال المناخية الخاصة التي تجعل الهواء في هذه الوديان قليل الحركة وغير متجدد . وتحدث هذه الحالة في الأيام التي يحصل فيها انقلاب حراري (Temperature inversion) حيث يصعب خلالها صعود هواء الوادي البارد الملوث والنفاذ من خلال الطبقة الهوائية الدافئة الموجودة في سماء هذا الوادي .. ومن أمثلة هذه المدن مدينة لوس أنجلوس في ولاية كاليفورنيا التي كثيراً ما يعاني سكانها من تهيجات في العيون والشعور بالدوار وأمراض الجهاز التنفسي كانتفاخ الرئة . إن المواد الملوثة في جو مدينة لوس أنجلوس أدت إلى موت آلاف من أشجار الصنوبر في الغابات المنتشرة على المرتفعات المحيطة بالمدينة ، كذلك ساهمت في تلف كثير من أشجار الحمضيات المزروعة في أطراف المدينة .

لقد أدت شدة الدخان والأبخرة المنبعثة من المصانع الكثيرة في مدينة دونورا

(Donora) في ولاية بنسلفانيا الأمريكية في شهر أكتوبر من عام 1948م إلى وفاة عشرين فرداً وإصابة حوالي 40% من سكان المدينة بأمراض مختلفة . والجدير بالذكر أن هذه المدينة هي الأخرى واقعة في واد تحيط به الجبال من كل جانب .

وفي شهر ديسمبر من عام 1952م ونتيجة لارتفاع الضغط الجوي ، وانضغاط درجات الحرارة ، وارتفاع الرطوبة النسبية ، وتجمع الغيوم في السماء ، وبطء حركة الهواء في منطقة لندن . مات حوالي 4000 شخص خلال أسبوع واحد وأصيب

كثير من الناس بأمراض الجهاز التنفسي كالأنفلونزا ، والتهاب الشعب الهوائية ، والالتهاب الرئوي ، والسل ، إضافة إلى أمراض العيون ، كل ذلك كان بسبب الدخان الذي ملأ هواء المدينة والذي كان مصدره الرئيسي وسائل التدفئة المنزلية .

وفي وادي ميوس (Meuse Valley) في بلجيكا ما حوالي 63 شخصاً خلال أعياد الميلاد في عام 1930م نتيجة لتلوث هواء المدينة بالدخان بسبب طبيعة المنطقة من الناحية الجغرافية حيث تقع بين الجبال ، والظروف المناخية خلال تلك الفترة والتي كانت تشابه إلى حد كبير الظروف المناخية التي تعرضت لها مدينة لندن كما بيَّنت . لقد كان واضحاً لعلماء البيئة أن الأشنات شديدة التأثر بملوثات الهواء حيث لوحظ أن الأنواع الورقية من الأشنات يصغر حجمها ويقل عددها كلما اقتربنا من مدينة نيوكاسل أبون تاين الصناعية في بريطانيا . ويمكن الاعتماد على طريقة نمو هذه النباتات واستعمالها كمؤشرات للتعرف على نسبة الملوثات في الجو بالأماكن التي تتوافر فيها الأشنات بشكل طبيعي .

التلوث بمبيدات الآفات الحيوانية والنباتية Pollution by Pesticides :

ازداد استعمال المواد السامة المختلفة منذ الحرب العالمية الثانية ، ومن بين هذه المواد تلك المستعملة في قتل الحشرات ، ودودة الأرض ، والقوارض ، والفطريات ، والطحالب ، ونباتات الأدغال .

تعتبر مركبات الفوسفات العضوية (**Organophosphate**) السامة التي تشتمل على باراثيون (**Parathion**) ومالاثيون (**Malathion**) وكلورثيون (**Chlorothion**) وفوسيدرين (**Phosdrin**) وثاميت (**Thimet**) و ت إ ب ب (**TEPP**) ومواد مختلفة أخرى كلها معطلة لنشاط الإنزيم إستيريز الكولين (**Cholinesterase**) المهم في نقل المعلومات الحسية بواسطة الأعصاب . هذه المواد أثبتت تأثيرها الكبير على المفصليات والفقريات . وتختلف هذه المركبات عن الهيدروكربونات المكلورة حيث إنها غير مستقرة التركيب الكيميائي في الطبيعة وداخل الأنسجة الحية .

أما الهيدروكربونات المكلورة أمثال :

د.د.ت (**DTT**) وكلوردين (**Chlordane**) ودايلدرين (**Dieldrin**) وإندرين (**Endrin**) والالدرين (**Aldrin**) وهبتاكلور (**Heptachlore**) وتوكسافين (**Toxaphine**) فلها مفعول سام بالنسبة لكثير من

الكائنات الحية ، وتتميز بكونها مستقرة كيميائيًا ، وتبقى لزمن طويل داخل أنسجة الكائنات الحية ، وفي السلسلة الغذائية .

إن مادة د.د.ت الشهيرة والواسعة الاستعمال تؤثر في مركز الجهاز العصبي عند الحيوانات والإنسان ، ويمكن تخزينها داخل المواد الدهنية في هذه الكائنات الحية لفترة طويلة .

استعملت مادة د.د.ت للسيطرة على المرض الذي أصاب أشجار الدردار **(Dutch elm tree)** في الولايات المتحدة الأمريكية قبل أن تقضي عليها الفطريات ولكن دون جدوى . غير أن استعمال هذه المادة أدى بشكل واضح إلى قتل حوالي **90%** من الطيور التي كانت تعيش في تلك الغابات ، إضافة إلى انتشار هذه المادة داخل الشبكة الغذائية بواسطة الهواء والماء وهذا ما أدى إلى تلوث النظام البيئي بأكمله .

أصبح د.د.ت موجوداً في كل مكان بعد استعماله لسنين طويلة ، وانتقلت هذه المادة من أماكن استخدامها إلى أماكن بعيدة بواسطة المياه المتحركة على سطح الأرض والهواء حتى وصلت إلى البحار والمحيطات . كذلك وصلت هذه المادة إلى أجسام الحيوانات الموجودة في القطب الجنوبي للأرض في أماكن يصعب الوصول إليها بواسطة الإنسان . إن انخفاض أعداد الطيور في البيئات المعرضة لـــ د.د.ت يرجع سببها الرئيس إلى تأثير هذه المادة على الغدد الصماء التي تؤثر بدورها على الجهاز التكاثري للطيور والذي يؤدي بالتالي إلى إنتاج بيوض ذات قشرة رقيقة أكثر عرضة للكسر تحت الظروف الاعتيادية ، كذلك أصبح الجنين والطيور الصغيرة أكثر عرضة للمخاطر نتيجة لضعف نموها وحركتها . والأسماك هي الأخرى أصبحت تعاني من ضعف في التكاثر والنمو بسبب مادة د.د.ت والجدير بالذكر أن مادة د.د.ت قد توقف استخدامها في السنين الأخيرة .

إن استمرار استعمال المبيدات الحشرية غالباً ما يؤدي إلى ظهور آفات زراعية جديدة ذات تأثير مدمر على المزروعات ، وهذا ما يضطر المزارعين إلى استخدام أنواع مختلفة من مبيدات الحشرات من وقت لآخر . وهذا معناه تنويع السموم داخل النظام البيئي ، والتأثير على كل الحيوانات والنباتات الموجودة في ذلك النظام .

لقد عانت مزارع الحمضيات في لوس أنجلوس في عام **1877**م من الحشرات القشرية ***Icerya purchasi*** **(Cottony cushion scale)** واستطاع العلماء بواسطة الطرق البيولوجية السيطرة على هذه الحشرات ، وذلك باستيراد نوعين من الخنافس **(Lady bug)** و ***Rodlia cardinalis*** **(Vadalia bettle)** من أستراليا ، وهما عدوتان لدودتان للحشرة القشرية . وفي عام **1950**م عاد استعمال مبيد الحشرات د.د.ت الذي أدى إلى قتل الخنافس المستوردة ، وهذا بدوره أدى إلى عودة الحشرات القشرية –وبأعداد هائلة – إلى مزارع البرتقال .

التلوث الإشعاعي Pollution by Radiation :

منذ أن استخدمت القنابل الذرية في عام 1945م في تدمير مدينتي هيروشيما ونجازاكي والتي أدت إلى قتل حوالي100.000 شخص وإصابة حوالي نصف مليون آخرين بالأمراض الإشعاعية المختلفة وما زالوا إلى الآن يعانون منها بدأ الناس يفهمون بشكل واضح حجم المخاطر المحيطة بالكائنات الحية من جراء الإشعاع . فالأشعة النووية تحطم الخلية الحية ، وتسبب سرطانات الدم ، والجلد ، والعظام ، والغدد ، وتؤثر على الصفات الوراثية ، وتؤدي إلى ضعف الإخصاب أو عدمه ، وموت الأجنة ، والتشوه الخلقي ، وغير ذلك .

إن هناك مصادر مختلفة تلوث البيئة بالمواد المشعة أهمها ما يلي :

1. الأشعة الكونية ومصدرها هو الفضاء الخارجي للأرض .

2. مواد مشعة قريبة من سطح الأرض وهي على شكل غاز مثل الكربون ، والراديوم والثورون .

3. البيئة الأرضية تحتوي الصخور المكونة لقشرة الأرض والمياه على كميات متفاوتة من المعادن المشعة . فعلى سبيل المثال هناك اليورانيوم والبوتاسيوم والرادون ذوو القابلية الإشعاعية .

4. التفجيرات الذرية والغبار الذري المتساقط على الأرض من أهم مصادر التلوث الإشعاعي .

5. المفاعلات الذرية تلك المستخدمة في توليد الطاقة الكهربائية وتشغيل البواخر والغواصات الحديثة .

6. العمليات الطبية والبحوث تستخدم المواد المشعة كثيراً هذه الأيام في المستشفيات المتطورة في إجراء الفحوص المرضية مثل استعمال الأشعة السينية وأشعة العناصر مثل الراديوم والنظائر المشعة مثل الكوبلت واليود والفوسفور .

7. كذلك استعمال المواد المشعة في كثير من الأبحاث والدراسات البيولوجية والصناعية . ودخلت المواد المشعة في حياتنا اليومية بواسطة الساعات التي تضيء بالليل ، والمسبحة المضيئة ، وعاكسات الأنوار المستعملة على الطرق ، وشاشات التلفاز ، وأفران الموجات المتناهية القصر ، كل هذه الأنواع من الإشعاعات ضارة بالنسبة للإنسان .

لقد قام علماء المختبر الوطني في بروكهيفن بولاية نيويورك بتجارب عديدة لمعرفة تأثير الأشعة على الكائنات الحية .

وملخص هذه التجارب استعمال سيزيوم 137 (Cesium-137) وذلك بوضع هذه المادة المشعة في مكان معين وسط غابة ، ودراسة تأثيرها في النباتات المحيطة بمركز الأشعة . لقد ماتت أشجار الصنوبر والبلوط باستعمال جرعة يسيرة من الأشعة ، وبتسليط جرعة متوسطة من الأشعة ماتت الأشجار وبجرعة إشعاعية ذات قوة أكبر ماتت الشجيرات والأعشاب .

أما الأشنات فقد صمدت لفترة طويلة تحت تأثير الأشعة . لقد اتضح من هذه التجربة أن أنواع النباتات الموجودة في منطقة الدراسة تنخفض إلى النصف بالنسبة للأشجار بعد تسليط أشعة بمقدار 150 رونتجين (Roentgen) عليها في اليوم ، وبالنسبة للشجيرات والأعشاب بعد تسليط أشعة بمقدار 1000 رونتجين في اليوم ، وبالنسبة للأشنات بعد تسليط أشعة بمقدار 2700 رونتجين في اليوم . وهذا يوضح أنه كلما ازداد حجم النبات وزادت المادة الخضراء في النبات زادت سرعة قتل النبات بواسطة الأشعة . كذلك كلما زاد حجم الكروموسوم (الصبغي) النباتي زادت سرعة موت النبات بعد تعريضه للأشعة .

التلوث الضوضائي Pollution by Noise :

إن الحرارة والضوء والصوت يرافق بعضها البعض الآخر في علم الفيزياء ، وتتميز بصفة مشتركة هي الموجات ، فكل حالة من هذه الحالات الثلاث لها طول موجة معينة ، ويتميز الصوت – على سبيل المثال – بموجاته الطويلة نسبيًّا . وقد أثبتت الدراسات في علم النفس أن الإنسان بحاجة ماسة إلى الضوضاء ، ولكن أي نوع ؟ وأي مستوى من درجات الضوضاء ؟ . يختلف الأفراد في تقبلهم للضوضاء فعلى سبيل المثال تصدر الساعات دقات لا يتأثر بها شخص معين ، ولكنها تسبب إزعاجاً كبيراً لشخص آخر .

لقد تعددت في عصرنا هذا مصادر الضوضاء فهناك المصانع ، والطائرات ، والشاحنات ، وأجهزة المذياع ، والتلفاز ، ومكبرات الصوت ، وغير ذلك . وتتميز كل موجة صوتية بذبذبة خاصة – أو تردد خاص – تقاس بوحدة تسمى هيرتز (Hertz) وهي ذبذبة / ثانية ، ويمكن للأذن الإنسانية تميز الأصوات ذات التردد بين 20 و20.000 هيرتز ، وتقع الأصوات التي تستعمل في التخاطب بين الناس بين 200 و6000 هرتز . إضافة إلى مقياس التردد ، هناك مقياس آخر يسمى مقياس شدة الأصوات ، وتقاس شدة الأصوات بوحدة تسمى الديسيبل (Decibel) ويعطي الجدول رقم 8 أمثلة لبعض الأصوات ، ومستوى شدة كل منها .

جدول 8 : أعلى شدة للأصوات مسموح بها في سويسرا (بقياس ديسيبل) . (عن : Adamson 1971) .

المكان	معدل شدة الصوت		أعلى شدة للصوت	
	الليل	النهار	الليل	النهار
أماكن اللهو	35	45	55	55
أماكن السكن	45	55	65	70
أماكن تجارية	50	60	65	75
أماكن صناعية	55	65	70	80
الطرق	60	70	80	90

ظاهرة البيت الزجاجي Greenhouse Effect

لقد أدت الأنشطة البشرية المختلفة وخاصة في المائة سنة الأخيرة إلى إحداث تغيرات في دورة الكربون . حيث تبلغ كمية غاز ثاني أكسيد الكربون والتي تنتج عالمياً عن طريق حرق الوقود مثل البترول والفحم بالإضافة إلى حرق الغابات والأعشاب بحوالي 14 مليار طن سنوياً . ينطلق حوالي نصف هذه الكمية إلى الغلاف الغازي بينما تمتص التربة والغلاف المائي القسم المتبقي .

بعد أن يستقبل سطح الكرة الأرضية أشعة الشمس يعكس قسم كبير من هذه الأشعة على شكل أشعة تحت حمراء Infrared لتجنب ازدياد درجة حرارة سطح الأرض .

عند زيادة نسبة غاز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الغازي تقل نسبة معدلات الأشعة تحت الحمراء المعكوسة من الأرض إلى الفضاء الخارجي وبالتالي تتجمع في الغلاف الغازي . هذا يعود إلى خصائص غاز ثاني أكسيد الكربون في امتصاص الأشعة تحت الحمراء الذي يؤدي إلى رفع درجات الحرارة على سطح الأرض وإحداث تغير للمناخ العالمي .

تسمى هذه الظاهرة بظاهرة البيت الزجاجي Greenhouse Effect .

ففي البيت الزجاجي يسمح السطح الزجاجي بدخول الضوء المنظور ولكنه يحجز الأشعة تحت الحمراء المنعكسة من السطح والنباتات داخل البيت الزجاجي مسبباً ذلك الارتفاع في درجة الحرارة .

لو ارتفع معدل درجة الحرارة على مستوى عالمي من 2-4م فإن ذلك يؤدي إلى ذوبان كميات كبيرة من جليد القطبين الشمالي والجنوبي مما يسبب ارتفاعاً في منسوب البحار وإغراق الكثير من المدن الساحلية وكذلك القضاء على قسم كبير من اليابسة والمياه العذبة .