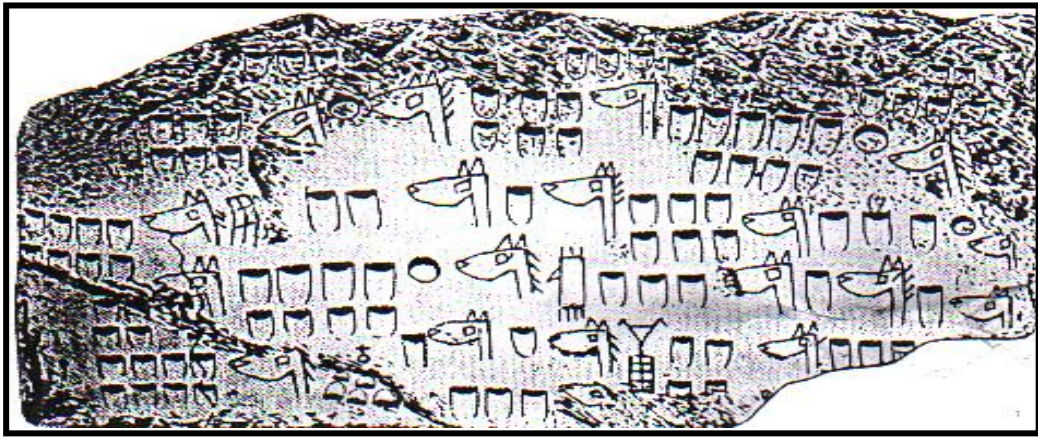


## مادة البيئة والتلوث (المحاضرة الاولى والثانية)

### نشوء وتطور علم البيئة *The Origin & Development of Ecology*

البداية الحقيقية لظهور علم البيئة مرتبطة مع بداية ظهور الحياة وتطور وسائلها على كوكب الأرض ، فإذا علمنا أن أبسط مفهوم لعلم البيئة هو علم دراسة المكان (الموطن البيئي) فإن ذلك يعني أن بداية تعامل الإنسان منذ ظهوره على سطح الأرض كان تعاملًا بيئيًا مع الطبيعة وذلك عندما بدأ يفكر باختيار المكان أو المأوى الملائم الذي يستطيع أن يحميه من تقلبات الطقس كالحرارة المرتفعة أو المنخفضة والعواصف والجفاف أو عندما بدأ باختيار الغذاء الملائم وانتخاب النباتات التي يمكن أن يستخدمها كغذاء وكيف يعمل على إكثارها ، أو حين بدأ يتعايش مع ما يظهر في بيئته من الحيوانات المختلفة وكيف يبدونها لاستخدامها في مجالات الحياة المختلفة . هذا الافتراض بالرغم من بساطته مبني على أسس بيئية يعبر عنها حاليًا بحقول علمية متعددة كعلم سلوك الحيوان ، والانتخاب الطبيعي وتربية الحيوان والنبات والجغرافيا الحيوية وعلم المناخ والأرصاد الجوية Meteorology ، والبيئة التطبيقية Applied Ecology وغيرها من العلوم الأخرى . لذلك فمن الصعوبة بمكان تحديد فترة معينة لنشوء علم البيئة كما هو الحال في غيره من العلوم التي يمكن أن تحدد بداياتها بوضوح ، وبالرجوع للمصادر المهمة بتاريخ العلوم يمكن تقسيم المراحل التي مر بها علم البيئة إلى أربعة مراحل أساسية هي:

**1- مرحلة ما قبل التاريخ :** بدأ التفكير البيئي لسكان هذه الفترة على كوكب الأرض منذ بداية نشوء التجمعات الزراعية الصغيرة والبسيطة وتمثلت بتعامل الإنسان مع بيئته من خلال مراقبة الفصول وتغيير أحوال المناخ والطقس ومواسم سقوط الأمطار وذوبان الجليد وظهور واختفاء الحيوانات وهجرتها وانتخاب سلالات النبات وكيفية تخزين الطعام والاحتفاظ بالأغذية والبذور وغيرها من سبل التفكير العلمي، وتشير المصادر العلمية بأن سكان منطقة وادي الرافدين والعديد من أقطار بلاد الشام أول من اهتم بالبيئة وشؤونها بدليل ما جاء بمسلة حمورابي من قوانين وتشريعات لحماية مصادر الثروة الطبيعية من مياه وأراضي وأشجار، بالإضافة إلى القوانين التي تنظم العلاقة بين الإنسان وبينته تلك التشريعات مبنية على معرفة ودراية جيدة بشؤون البيئة ومكوناتها من قبل علماء وباحثين يراقبون مواسم التكاثر والهجرة وأهمية المياه والأرض والنبات لاستمرار الحياة البشرية . كذلك فإن ما وجد من آثار ومتحجرات في بلدان وادي النيل ووادي الرافدين وفي بلاد الصين والهند والمنطقة الإثيوبية بالإضافة إلى النحوت التي وجدت على الصخور والكهوف في مختلف هذه المناطق يدل على أن سكان هذه الحضارات القديمة كان لهم اهتمامات بيئية كبيرة بقوانين الطبيعة ونواميسها، حيث تحمل تلك النحوت رسوم للعديد من النباتات وأشكال الأوراق والأفرع والثمار بالإضافة إلى أنواع مختلفة من الحيوانات التي تعيش في البيئات المجاورة لهم ، وقد أشارت بعض الاكتشافات إلى وصف لطرق حفظ البذور لفترات طويلة للتغلب على الظروف البيئية السائدة ، كما أشارت الدراسات إلى أنهم استطاعوا تأسيس مبادئ العلوم الزراعية ومدى ارتباطها بالدورات المناخية والظواهر الطبيعية المختلفة ، وقد مهدوا لأساسيات علم الوراثة من خلال انتخاب وتهجين السلالات القوية من الحيوانات كالخيول ، كما يشير إلى ذلك الباحث Amschler عام 1935 .



شكل (1): يمثل أقدم لوحة عن الأبحاث الوراثة وجدت في منطقة أور جنوب العراق (W. Amschler . 1935)

## 2-فترة الحضارة اليونانية :

تعتبر إنجازات علماء وفلاسفة هذه الحضارة من البدايات المدونة لعلم البيئة وهذا الاستنتاج يتضح من خلال ما كتبه هؤلاء العلماء في تلك الفترة من تطور الفكر الإنساني وخصوصاً ما جاء بدراسات الباحث الفيلسوف ابوقراط (460-377 ق.م) حيث نشر بحثاً تحت عنوان (عبر الأجواء والمياه والأماكن : On Air Water and Places) يبين فيه تأثير هذه العوامل المختلفة في حياة الإنسان . أما الباحث (أرسطو طاليس 384-322 ق.م) فإنه ألف كتاب أسماه (الحيوان) تطرق من خلاله إلى العادات السلوكية للعديد من الحيوانات ووصف بيئاتها المختلفة . وهذه تعتبر بداية حقيقية في مجال (علم بيئة الحيوان) أعقبه تلميذه ثيوفراطوس Theophrastus (372-287 ق.م) بدراساته في وصف المجتمعات النباتية وأساس وأشكال العديد من أجناسها ، والنباتات وأنواعها والوقوف عند أهم وظائفها المميزة والتي تعتبر بداية لنشوء علم (بيئة النبات وتصنيفه) .

## 3-فترة الحضارة العربية والإسلامية :

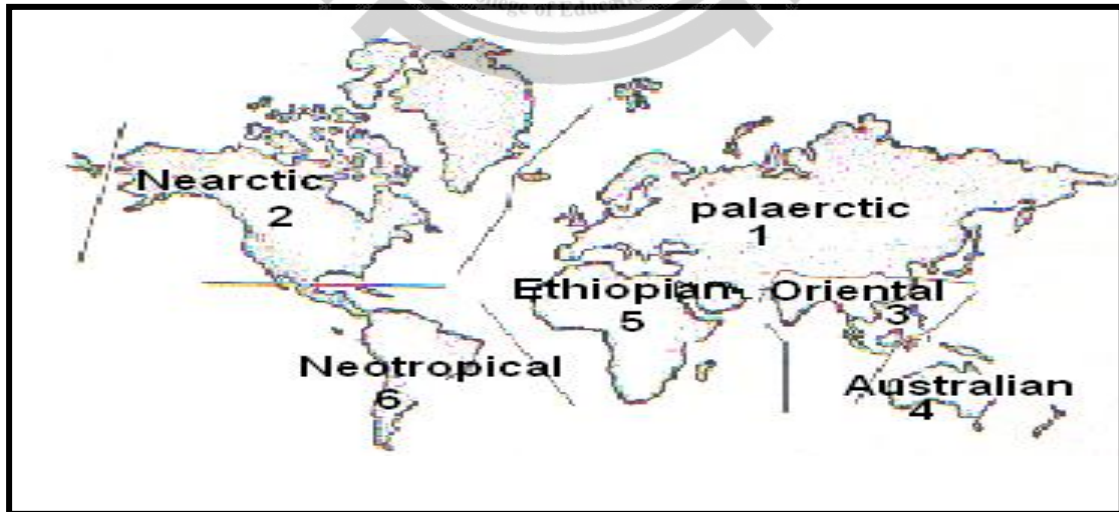
كان للحضارة الإسلامية والعربية إسهامات كبيرة في تطور وانتشار العلوم البيئية وذلك من خلال إسهام علماء ومفكري هذه الفترة من العرب و المسلمين في الدراسات البيئية في مجال الزراعة واختيار الأصناف المرغوبة من النباتات وإمكانية نقلها وتكيفها في الأقاليم المختلفة وكذلك العديد من الدراسات في مجال علم الحيوان والنبات والطب الوقائي وعلوم الأرض وقد استفاد علماء العرب و المسلمين من ترجمة علوم اليونان والهند وبلاد فارس في مجالات علمية عديدة وطوروا الكثير من المفاهيم والنظريات في هذا الميدان .

وما تجدر الإشارة إليه أن علماء العرب و المسلمين كان لهم الدور الكبير في إرساء قواعد البحث العلمي في مجال البيئة من خلال التجربة والدراسات التطبيقية ، وكانوا السباقين إلى فهم وإدراك العلاقة المتبادلة بين الحيوانات والنباتات والمكونات غير الحية في البيئة أو ما نطلق عليه الآن (العوامل غير الحية في البيئة A biotic Factor ونورد فيما يلي ذكر لبعض هؤلاء العلماء :

- الأصمعي الذي عاش (740 - 830 م) اهتم بدراسة أصناف الحيوانات البرية والبحرية والأليفة والمتوحشة وكذلك اهتم بدراسة بيئة وانتشار الحشرات .
- الجاحظ (767 - 869 م) وضع كتاب أسماه (الحيوان) يعتبر أول من درس سلوك وعادات الحيوانات بشكل تجريبي حيث اخضع العديد من الحيوانات إلى التجربة . كذلك درس نمو الحيوانات وعلاقته بالبيئة وعلاقة الحيوانات ببعضها البعض كما يعتبر من مؤسسي علم مكافحة الحويبة Biological Control من خلال إشارته في كتاب الحيوان (إن الصواب في جمع الذباب مع البعوض فإن الذباب يفنيه) .
- ابوبكر الرازي (850 - 950 م) يعتبر من أوائل مؤسسي طب المجتمع (وهو المجال الذي يربط بين الطبيعيات وعلم البيئة) وتأثير مواقع المدن والمحميات السكنية من حيث الارتفاع والانخفاض عن مستوى سطح البحر وموقعها من الأنهر وتأثير ذلك على صحة الناس وانتشار الأمراض .
- أبو حنيفة الديفوري (948 م) حيث وضع كتاب اسمه (النبات) يتعرض فيه إلى تصنيف النباتات ووصف بيئاتها المختلفة وأماكن تواجدها وأهميتها الاقتصادية .
- الباحث ابن جلجل (976 - 1009 م) الذي درس الأعشاب وبيئاتها المختلفة والعوامل التي تساعد على انتشارها وأهميتها في علوم الطب والصيدلة .
- **المجريطي (950 - 1008 م)** أول من استخدم أو أشار إلى كلمة (البيئة) في عناوين الكتب التي ألفها من خلال كتابه (في الطبيعيات وتأثير النشأة والبيئة على الكائنات الحية) .
- أبين سينا (980 - 1036 م) كان له دور كبير في دراسة الحيوانات والنباتات من خلال تقسيمه الحيوانات إلى المائية والبرية و البرمائية في كتابه (الشفاء) كذلك يعتبر من أوائل الذين وضعوا قواعد ما يسمى الآن بعلم البيئة القديمة (أو بيئة المتحجرات Pale ecology عندما استخدم المتحجرات والحفريات البرية Fossils في دراسة أصل الأحياء) كذلك قام بدراسة بيئة النباتات الطبية .
- ابن البيطار (1197 - 1249 م) يعتبر هذا الباحث من أعلام علم النبات حيث درس النباتات وبيئاتها وجمع هذه المعلومات في كتاب اسمه (الجامع لمفردات الأدوية والأغذية) .
- القزويني (1204 - 1283 م) يعتبر من رواد دراسة السلوك وعلاقته بعوامل البيئة كما جاء في كتابه (عجائب المخلوقات وغرائب الموجودات) تعرض فيه إلى تأثير البيئة على الكائنات أو ما يعرف الآن بالتداخلات البيئية Biological Interactions وكذلك وصفه حيوان (ظباء المسك) وكيفية الحصول على هذه المادة النفيسة منه .

- الدمشقي (1327 م) الذي اهتم بالبيئات المائية ووصفه لعملية تكون اللؤلؤ من قِبل المحار واهتمامه بما ظهر في السواحل البحرية وخاصة في منطقة الخليج العربي وضمن أفكاره في كتاب أسماه (نخبة الدهر في عجائب البر والبحر).
- الدميري (1344 – 1405 م) أشار في كتابه (حياة الحيوان الكبرى) الى العلاقات التي تنشأ بين الكائنات الحية موضحاً ظاهرة التكافل بين الأحياء وكذلك ذكره للفوائد الطبية لحيوان (الظبي).
- ولا يفوتنا ذكر الاندلسي - البغدادي - السوري - ابن العوام - التميمي حيث كان لهؤلاء العلماء دور كبير في إرساء قواعد وأسس علم البيئة ، بعد ذلك مرت البشرية بفترة ركود علمي أطلق عليها بفترة العهود المظلمة وخاصة في الوطن العربي وتمثلت بفترة الاستعمار بكافة أشكاله الذي عمل على تعطيل الحركة العلمية في هذه المنطقة الحيوية من العالم .

**4- الحضارة الغربية:** بدأت الأفكار البيئية الغربية بشكل بطيء مع بدايات القرن الثاني عشر عندما نشرت دراسات وآراء الباحث البيروتوس ماجنوس Albertus Magnus (1193-1228) حيث كتب عن بيئة وتوزيع النباتات ، ولكن الدراسات الغربية تطورت بشكل سريع مع بدايات القرن السادس عشر بعد بداية عصر النهضة والصناعة والتقدم التدريجي الذي حصل في اكتشاف وسائل البحث العلمي وتطور وسائل الطباعة والنشر وتمثلت هذه البدايات في دراسات الباحثين كونراد جزنر Konrad Gesner (1516-1565) والدروفاندي Aldrovandi (1522-1605) وغوردوس Gordus (1515-1544) وتمثلت هذه الدراسات بتوضيح العلاقة بين علم الأحياء والتاريخ الطبيعي ، أعقبها بعد ذلك دراسات الباحث روبرت بويل Robert Boyle (1627- 1691) عن طبيعة العلاقة بين الكيمياء ووظائف الاعضاء والعمليات الحيوية في كل من النباتات والحيوانات وتأثير عوامل الطبيعة عليها ، مما مهد الطريق امام ظهور افكار ودراسات جديدة تمثلت ببروز اتجاهات عديدة في علم البيئة كالفلسفة البيئية ونظريات النشوء والتطور والتاريخ الطبيعي للأحياء والجغرافية الحيوية وغير ذلك على يد العلماء تشارلز دارون Charles Darwin وبوفون Buffon وريمور Reaumur وغيرهم . ثم توجت هذه الدراسات مع بداية القرن التاسع عشر الذي يمثل بداية الظهور الحقيقي لعلم التطور العضوي للأحياء ووضع القواعد الأساسية للعلاقة بين الأسلاف والأنواع الموجودة حالياً في البيئة وإعطاء تفسيرات جيدة للأسباب بالانقراض وكذلك توزيع وانتشار الأحياء في العالم تمثلت بدراسات العلماء سكلاتر ووالاس ورسل (Seklater ، و Russell ، Walls بين 1858 – 1876 م) حيث قام الأخير بالتعاون مع دارون Darwin عالم الانتخاب الطبيعي المعروف بتحويل نظام سكلاتر حيث قسموا العالم إلى ستة مناطق للتوزيع الحيوي للفقريات سميت بنظام والاس (Walls) في الشكل التالي :



شكل (3.1): المناطق الرئيسية للتوزيع الجغرافي للحيوانات في العالم .

- 5 . المنطقة القطبية القديمة الشمالية ، 2 . المنطقة القطبية الجديدة الشمالية ، 3 . المنطقة الشرقية ، 4 . منطقة استراليا ، 5 . منطقة إثيوبيا ، 6 . المنطقة الاستوائية الجديدة . (بتصرف عن Noland 1983).

ثم ظهرت بعد ذلك دراسات اهتمت بسلوك الأحياء وعلاقتها بالعوامل البيئية المختلفة تمثل ذلك بدراسات الباحث هيليري Hillary عام 1859 حيث يعتبر أول من وضع مصطلح Ethology للتعبير عن علم البيئة لكن هذا

المصطلح لم يلقى القبول من علماء البيئة ، وأشتهر فيما بعد بعلم السلوك الحيواني . ومع نهاية نفس القرن نشر هنري فابري (Henry Fabri) (1823- 1915) العديد من الدراسات عن حياة الحشرات ثم دراسات الباحث فوربس (Forbs) (1844- 1930) عن مفهوم المجتمعات الحيوية ، أعقبت هذه الفترة ظهور دراسات اهتمت بالجوانب التطبيقية لدراسات العلماء السابقين والعمل على تطبيقها ميدانياً في البيئة تمثلت بالدراسات التي نشرها الباحث بوفون Buffon في عام 1956 في كتاب اسماه (التاريخ الطبيعي) تعرض فيه إلى مناقشة ووصف مجاميع سكانية Populations مختلفة من الأحياء وربطه بين أساليب انتشارها ونموها وتكاثرها وعوامل البيئة غير الحية Abiotic factors وبين العوامل الداخلية بين الأنواع Interspecific factors لهذه المجاميع ، مستفيداً بذلك من دراسات الباحثين دابل دايز Doubleday's عام 1940 وفار Farr عام 1943 حيث أهتم الأول بالعلاقة المتبادلة بين الكائن الحي وبيئته وكيف يؤثر كل منهما في الآخر من خلال تحويل الكائن لعوامل البيئة لصالحه وكذلك ضغط البيئة على سلوك الكائن بحيث لا يقض على مقوماتها الأساسية ومواردها الطبيعية . أما الباحث الثاني فقد أشار إلى أن كثافة الأحياء وزيادة أعدادها تؤدي إلى زيادة الوفيات بين الأفراد. وتطورت الدراسات فيما بعد بهذا الخصوص لتوضيح العلاقة بين شدة الكثافة وتزاحم الأحياء والطاقة الاستيعابية للبيئة أو ما يعبر عنه حالياً بمبدأ Alle .

وبعد هذه الفترة الزمنية نشرت عام 1962 دراسات الباحث جرانت Graunt والتي تمثل بداية الاهتمام بعلم البيئة السكانية أو بيئة الجماعات أو العشائر البيئية Population Ecology حيث أكد على أهمية الدراسات التحليلية لفهم العلاقة بين معدلات التكاثر وبين معدلات الولادات والوفيات من خلال إخضاع هذه الدراسات إلى أسس إحصائية مبنية على دراسات العالم الاقتصادي المعروف مالثوس Malthus Thomas والعلماء بيرل وبارك Park & Pearl وغيرهم ، وهذه الدراسات تمثل البداية الحقيقية لدراسة العلاقات المتداخلة بين الأحياء نفسها و البيئة بما فيها الجنس البشري والتي فتحت الباب أمام دراسات أشكال النمو للأحياء في المراحل المختلفة وربطها بالمتغيرات البيئية وموارد الغذاء والطاقة . أما في أواخر القرن التاسع عشر فقد بدأ الاهتمام ببيئة المجتمعات Synecology وظهر اصطلاح المجتمع البيئي Community في المراجع العلمية وبدأت الدراسات تتوسع تدريجياً في مجالي النبات والحيوان وفي مستويات مختلفة حيث مثلت دراسات الباحث Coulter وتلميذه فيما بعد Cowles والباحث Clements الدراسات الجدية للمجتمعات النباتية والتعاقب البيئي Ecological succession بعد ذلك توالى دراسة المجتمعات الحيوانية على أيدي Pice , Alle , Radkevich Elton , Heinemann , Kostantenov , Odum وغيرهم من العلماء سواء في مجال المجتمعات البرية أو الأحياء المائية المختلفة .

## المحاضرة (3) المفاهيم الأساسية في علم البيئة Basic Concepts of Ecology

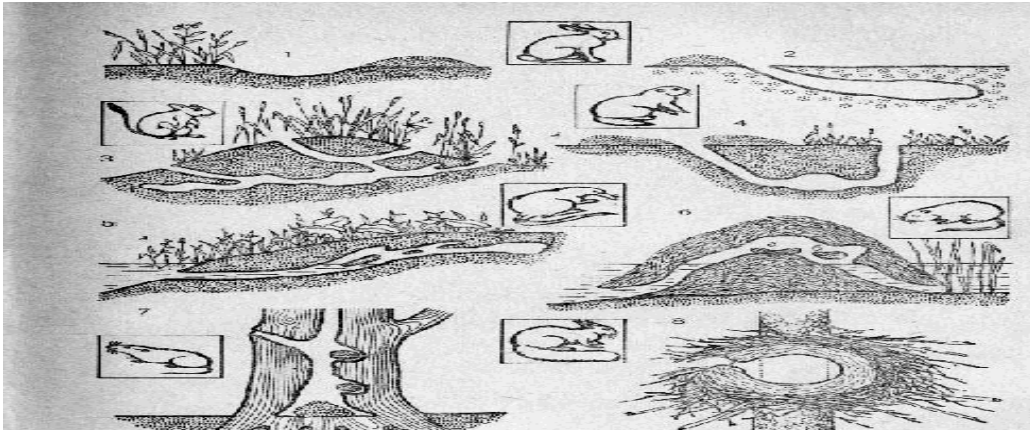
1- الوسط المحيط أو البيئة .	7- الجماعة السكانية
2- الموطن البيئي أو المسكن .	8- المجتمع الحيوي
3- المركز البيئي أو المكاة البيئية .	9- النظام البيئي
4- مدى أو موقع السكن والمقاطعة البيئية	10- المناطق البيئية أو الأقليم الحيوي
5- التكيف البيئي .	11- التعاقب البيئي
6- النوع الحيوي .	12- التوازن البيئي

### 1- مفهوم الوسط المحيط أو البيئة :

أصبح معروفا لدينا بعد تعريفنا لعلم البيئة بأنه عبارة عن التتبع الدقيق للعلاقة المتبادلة بين الكائن الحي وبيئته وهذا التتبع يتطلب معرفة المستويات المختلفة للحياة والتي تتسلسل تصاعديا من المادة الحية الأولية Protoplasm والخلايا والأنسجة ، والأعضاء ، والأجهزة (أو الأنظمة العضوية Organ system) ثم الكائنات الحية Living Organisms كأفراد والني تشكل بدورها مجاميع أو عشائر بيئية ، وهذه المجاميع تشكل مجتمعات Communities تكوّن مع البيئة المحيطة أنظمة بيئية متخصصة Ecosystems تكون في مجموعها المناطق البيئية Biomes التي تشكل الغلاف الحيوي Biosphere الذي يمثل الحيز الذي تتواجد فيه صور الحياة وتتوفر فيه شروط ديمومتها . وبما أن المستويات الأولى من المادة الحية المتمثلة بالخلايا والأنسجة والأعضاء متواجدة داخل الكائن الحي لذا فإن دراستها بشكل دقيق سوف تكون في مجال علم الخلية والوراثة ، وعلم الفسلجة ووظائف الأعضاء بالرغم من تأثير كل من هذه التركيبات بعوامل البيئة المحيطة لهذا كانت بدايات علم البيئة والى وقت ليس بالقصير منصبة وبشكل كبير على المستويات التي تلي مستوى البناء الداخلي للكائن الحي والمتمثلة بدراسة بيئة الفرد ، والمجموعة ، والمجتمع ، والأنظمة البيئية صعودا . لكن البحوث والدراسات الحديثة أثبتت تأثير جميع المستويات الحيوية التركيبية في الكائن الحي بعوامل البيئة الخارجية بدرجات متفاوتة تخضع للعديد من العوامل التي سوف يتم التطرق إليها لاحقا ، لذلك برزت في السنوات الأخيرة نزعات وتوجهات للاهتمام بكل مستوى من هذه المستويات وقيام تخصصات دقيقة في علم البيئة لمتابعة التأثير البيئي لكل من هذه المستويات مثل علم البيئة الوراثي Ecogenetic وعلم الفسلجة البيئية Ecophysiology وعلم التطور Evolution وغيرها .

### 2- الموطن أو السكن Habitat:

يعرف الموطن أو المسكن بأنه المساحة التي يشغلها الكائن الحي والتي تتماثل فيها الظروف الفيزيائية الجغرافية Physiogeography والكساء النباتي Vegetation والمناخ Climate وعوامل التربة حسب نوع الوسط الموجود فيه الكائن الحي . وبالرغم من أن المسكن يمثل مساحة محدودة إلا أن هذه المساحة يمكن أن تتباين في حجمها بدرجه كبيرة ، فقد يكون المسكن صغير جدا ويتمثل بعدة مليمترات أو سنتيمترات كما في الأحياء الصغيرة ، أو يكون بعدة أمتار كما في الكائنات الكبيرة الحجم كمغارة أو عرين الأسد مثلا ، أو المنطقة المحمية من قبل الصقور كقمة جبل أو شجره كاملة أو جزء منها ، كما في العديد من الطيور ذات الصفة الإقليمية والحيوانات المفترسة . ويمكن بصفة عامة القول بأن هناك أربعة أنواع رئيسية من المساكن البيئية هي المسكن الأرضي Terrestrial Habitat للأحياء البرية ومسكن المياه العذبة Fresh Water Habitat والمسكن البحري Marine Habitat ومسكن بيئة المصببات Estuarine Habitat للأحياء المائية ، وأن دراسة الموطن البيئي مهمة جدا من وجهة نظر العديد من علماء البيئة لأنها تمثل الطبيعة النوعية لكل فرد من أفراد الجماعة السكانية من حيث قدرته على تمييز نفسه عن أقرانه والتعبير عن مقدار فعاليته ونشاطه وتكيفه مع الظروف البيئية المحيطة به . والشكل التالي يبين طبيعة الموطن البيئي للأنواع المختلفة من الأحياء .



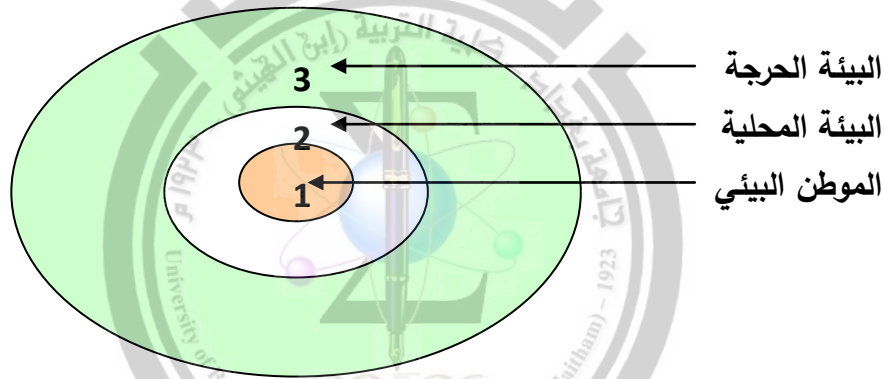
شكل يبين انماط مختلفة من المواطن البيئية لانواع حيوية مختلفة . عن (1987 Badkevech) .

### 3- البيئة المحلية أو الدقيقة **Microenvironment** :

ويقصد بالبيئة المحلية أو الدقيقة مجموعة الظروف المتصلة مباشرة بالكائن الحي في حيز وجوده الفعلي الدقيق والتي تؤثر عليه تأثيرا مباشرا . ومكونات البيئة الدقيقة هي نفسها مكونات البيئة أو الوسط المحيط بمعناها العام ولكن على نطاق صغير ، ومع ذلك فإن حجمها يختلف في تقدير الباحثون تبعا لتفهم كل منهم لحدود هذه المنطقة ، وحتى البيئيون Ecologists لا تتفق آراؤهم في هذا المجال. وعموما يرى أكثر الباحثون بأن دائرة قطرها حوالي مترين من الارض تمثل البيئة الدقيقة بالنسبة للاحياء الكبيرة والمتوسطة الحجم والقابلة على الحركة، ويمكن أن تكون بعدة مايكرونات أو سنتمرات في حالة الأحياء الصغيرة والمجهرية .

### 4 . البيئة الانتقالية أو الحرجة **Critical Environment** :

وهي المساحة التي يضطر الكائن الحي بالدخول اليها بحثا عن الغذاء اوالموطن البديل نتيجة لتغير الظروف البيئية في موطنه كالظروف المرافقة لسقوط الامطار او البرد المفاجئ أو كحالة من البحث عن الغذاء والماء في اوقات محددة من اليوم كما يفعل خروف الودان اوالخروف الاروي (*Ammotragus lervia*) في الصباح الباكر او في ساعات ما قبل الغروب او كما تقوم به بعض القوارض والقنفاذ والخفافيش وغيرها ، وعملية دخول هذه الأحياء إلى هذه البيئات قد يعرضها إلى مخاطر بيئية مختلفة كالصيد أو الافتراس . والشكل التالي يبين العلاقة بين الموطن البيئي والبيئة المحيطة والبيئة الحرجة :



### 5- المركز البيئي أو المكانة البيئية **Ecological Niche** :

يطلق على الدور الوظيفي الذي يقوم به الكائن الحي بين أقرانه من أفراد نوعه أو أفراد الجماعات الموحدة الموطن في مجتمعه أو في نظامه البيئي اسم المركز البيئي أو الوحدة البيئية ، ويبدو أن اصطلاح Niche اختيار غير موفق لأن الأمر يختلط على الكثيرين عندما يظنون أن هذا الاصطلاح يعني المكان المحدود أو الموقع الصغير للكائن وبالتالي يبدو مرادفا للبيئة المحيطة الدقيقة Micro-Environment وتنضح أسباب هذا الخلط عند مراجعة معنى كلمة Niche في القاموس حيث تعني هذه الكلمة تجويف Cavity غائر Hollow أو غير غائر في سمك حائط أو جذع شجرة . . الخ وفي الاستعمال الشائع لكلمة Niche يقصد بهذا الاصطلاح الدلالة على مكان أو موقع معين لذلك يلجأ البيئي عند الرغبة في التعبير عن مكان أو موقع معين صغير الحجم إلى استعمال اصطلاح المسكن الدقيق Microhabitat .

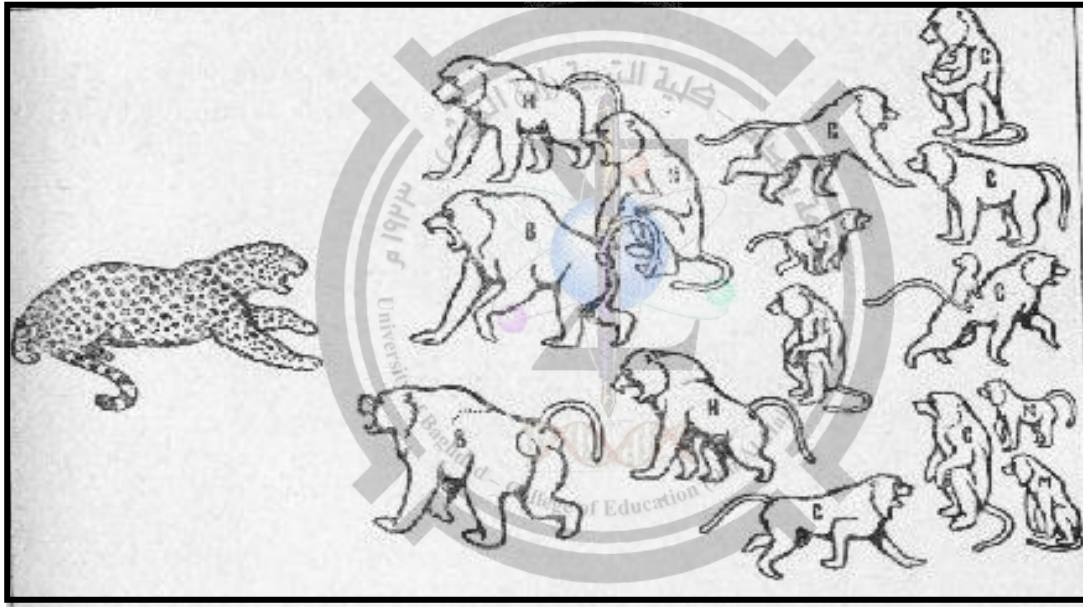
بينما يمكن تحديد الوضع الوظيفي Functional Position لكائن حي في مجتمع (أو بمعنى آخر خليلته البيئية أو الوظيفية تحت تسمية Functional or Ecological Niche) وهذا ما يؤكد الباحث Elton حيث يؤكد على أن Ecological Niche هو الدور البيئي أو الوظيفة الأساسية للنوع الحي الذي تميزه بين أقرانه ويتصف بها كالحماية والرعاية وقيادة القطيع أو السرب وقوة الرؤيا والسمع والتخصيب وغيرها ويتضح المفهوم بشكل أكثر دقة في الأمثلة التالية :

أ. في منطقة بحيرة ميرو في شرق أفريقيا حيث يوجد ثلاثة أنواع من الطيور النساجة *Weber Birds* يتغذى كل منها على غذاء مختلف بالرغم من أن الأنواع الثلاثة تسكن مساحة واحدة ، بل وأكثر من هذا يتقاسم نوعان من هذه الطيور هما

*Melanoce Phallus* و *Collaris Ploceus* نفس الأعشاش ولكن يتغذى الأول على الحشرات بينما يتغذى الثاني على الحشائش

ب. هناك نوعان من البوم هما المسمى سن المنشار *Saw whet* والمسمى طويل الأذن *Long Eared* يستعملان نفس أماكن الرقاد *Roosting Territory* في الغابات الصنوبرية شمال الولايات المتحدة الأمريكية أثناء النهار بينما ينشط كل منهما لصيد فرائسه ليلا من أماكن مختلفة . سن المنشار يعيش على القوارض القاطنة في الغابات بينما يفترس البوم طويل الأذن القوارض التي تقطن الحقول أو المساحات المكشوفة وهذا يعني التماثل في الموطن *Habitat* والاختلاف في طريقة التغذية أو الدور البيئي كمفترسات بيئية .

ومن القواعد البيئية الأساسية التي لوحظت في عالم الأحياء بأنه لا يوجد نوعان من الأحياء يشغلان نفس المكانة البيئية في نفس المكان وفي ذات الوقت ، وإذا حدث ذلك فأنهما يصبحان في حالة منافسة مباشرة على موارد الغذاء والموطن البيئي وفي نهاية الأمر لا بد لأحدهما أن يتحول إلى وظيفة بيئية أخرى ، أو ينتقل إلى مكان آخر ويواجهه التدهور والانقراض التدريجي . ويلاحظ هذا التوزيع للأدوار البيئية بشكل واضح في مملكة النحل ، وفي مجاميع القروذ والفيلة وقطعان الحيوانات الثديية المختلفة والطيور وغيرها وبشكل خاص أثناء فترات التكاثر ، أو تأسيس موطن بيئي جديد لهذه الأحياء أو أثناء مهاجمتها من قبل أحياء أخرى حيث يقوم بعضها بإخفاء الصغار والأخر يستعد لمبارزة الحيوان المهاجم والبعض يهرب بالصغار بالاتجاه المعاكس والقسم الآخر يشكل دائرة لحماية الأفراد الضعيفة وسط القطيع أو المجموعة كما يظهر في الشكل التالي :



شكل (نموذج لتوزيع الأدوار البيئية بين أفراد نفس المجموعة تجاه المفترس . عن (1987 Badkevech)

#### 6 - مدى أو موقع السكن *Home Range/Site* والمقاطعة *Territory* :

تشغل الحيوانات أثناء قيامها بنشاطاتها الروتينية اليومية أجزاء معينة من مسكنها ويطلق على المساحة التي يتحرك فيها الحيوان في مسكنه اسم مدى السكن *Home range* ، أما المكان الفعلي لسكن الحيوان الذي قد يكون نفقا أو عشا أو كهفا أو مغارة أو عرينا (مجثما) واصطلح على أن يسمى موقع السكن *Home site* ، ويطلق لفظ المقاطعة *Territory* على الجزء من مدى السكن الذي يمكن للحيوان أن يدافع عنه *Defended Portion* وفي الطبيعة يدافع الحيوان عن مقاطعته بمنع غزوها من قبل أفراد أخرى من نفس النوع ولكن يتغاضى عن وجود أفراد تبع أنواعا أخرى لا تتعارض أو تتنافس معه لاختلاف احتياجاتها . وعادة لا يوجد بأي مقاطعه أكثر من فردين من جنس واحد ، ولهذه الظاهرة أهمية كبيرة في تكون المجتمعات ومعرفة أنواع الحيوانات التي يحمي الفرد فيها كل أجزاء مدى سكنه ، وتكون المقاطعة هي نفسها مدى السكن في الظروف الاعتيادية ولكن يمكن أن تتأثر مساحة المقاطعة بكل وقت من أوقات السنة ومواسم التكاثر والنضج والجنس وعمر الكائن الحي ، وعموما فإن سلوك تكوين مقاطعات خاصة بكل فرد ليس شائعا بين أغلب أنواع الحيوانات بل أن كثيرا من الحيوانات لا تظهر هذا السلوك إطلاقا ، وتحدد الطاقة العدوانية الوراثية الكامنة في الكائن *Innate Genetic Aggressiveness* مدى القوة التي يحمي بها الحيوان مقاطعته كما (في الكلاب عند تدريبها واستئناسها) . وهناك نوعان من المقاطعات هما:

1. المقاطعات المستمرة Continuous Territories وهذه تسمى الممر السكاني والذي يصل بين أماكن التكاثر وأماكن التغذية وتتم حماية هذا باستمرار ويظهر بشكل واضح في مجاميع الحيوانات المقيمة في مناطق البيئية .

2. المقاطعات غير المستمرة Discontinuous Territories وفيها يكون الانتقال بين أماكن التكاثر وأماكن التغذية عن طريق الطيران أو الهجرة اليومية أو الفصلية حسب طبيعة الكائن الحي ولذلك لا يوجد هذا النوع من المقاطعات إلا في حالة الحيوانات ذات القدرة على الطيران كالطيور وبين بعض أنواع الثدييات غير المقيمة في بيئاتها . ويرى علماء بيئة الجماعات السكانية Population Ecology بأن صفة المقاطعة مرتبطة بصفة الإقليمية والهيمنة التي تتصف بها الحيوانات القوية والمفترسة وهي عبارة عن تحكم سلوكي يؤثر على غزارة وتوزيع الحيوانات وأنماط تكاثرها وخصائص نموها وبالتالي يؤثر على حجم الجماعات السكانية وحجم المجتمع الحيوي المتكون وتنوعه وعدد أفرادها ، والشكل (3-4) يبين النوع الأول من مدى السكن لأحد أنواع الطيور .



شكل: يبين نموذج لمدى السكن لأحد أنواع الطيور ويتمثل بالمسافة بين العش وأماكن جمع الغذاء.

#### 7- التكيف البيئي Environmental Adaptation:

جميع الكائنات الحية التي تعيش في بيئة معينة عليها أن تتكيف مع مساكنها و إلا فلن يكون لها بقاء فيها ، وقد أدى التطور Evolution إلى اكتساب تلك الكائنات لدرجات متباينة من المقاومة للظروف البيئية غير الملائمة وللمساكن ذات الظروف المتطرفة Extreme Habitats . ففي مجموعة اللافقاريات تعد الحشرات من أنجح الكائنات الحية في التكيف والقدرة على استعمار بيئات شديدة التطرف Very Extreme Environment ويطلق على الصفات التي يمتلكها الكائن الحي والتي تمكنه من التكيف مع وسط بيئي معين اسم صفات التأقلم Adaptive Characteristics وعلى عملية التوائم مع هذا الوسط اسم التكيف Adaptation ويعتبر تركيب الجسم (الظاهري) والحركة والتلون Coloration وعمليات الاختفاء والتنويه والتشبه بالأعداء والاتصال الجنسي والتغيرات في المسكن وفترات الكمون أو السكون بصوره المختلفة (البيات الشتوي والسكون الوظيفي) والانتشار والهجرة وطرق التكاثر وتنظيم الخصوبة جميعها خصائص تكيفيه يبيدها الكائن الحي كاستجابة للتغيرات التي تحصل في البيئة المحيطة به ، كما إن نجاح كائن حي أكثر من غيره في قدرته على التكيف يرتبط بصورة أساسيه بخاصية المرونة البيئية Ecological Resilience وهي عبارة عن قدرة هذا الكائن على امتصاص شدة العامل البيئي والاستجابة السريعة بأقل قدر من الخسارة ومحاولة العودة للوضع الوظيفي الطبيعي بأقصر وقت ممكن . ومن هنا فإن علماء التطور يؤكدون على أن الكائنات العالية المرونة هي التي استطاعت الصمود والانتشار في البيئة ، والكائنات القليلة المرونة أو الضعيفة هي التي انحسرت في مناطق محدودة في العالم أو تعرضت للانقراض . ومن خلال الدراسات البيئية المختلفة على الكائنات الحية وجد بأن هنالك العديد من أشكال التكيف البيئي تحصل على مستوى الفرد أو الجماعة البيئية وأهم هذه الأشكال من التكيف :

- أ. التكيف المظهري Morphological Adaptation .
- ب. التكيف الوظيفي Physiological Adaptation .
- ت. التكيف المؤقت أو رد الفعل السريع Etiologic Adaptation .

#### 8 - النوع الحيوي Biological species :



يعتبر التعريف الذي وضعه العالم (Mayer 1940) أفضل وصف لمعنى النوع في علم الأحياء حيث ذهب هذا الباحث إلى أن النوع هو عبارة عن مجموعة الأحياء التي لها القدرة القائمة أو الكامنة على التزاوج وإنجاب أفراد طبيعية Natural Individual تتكون منها مجتمعات طبيعية ولكنها معزولة تكاثريا عن المجموعات الأخرى وهذا التحديد من قبل ماير يدعو الانتباه إلى شيء أساسي من وجهة نظر بيئية هو أن القدرة على التزاوج فقط هي ليست مقياس على قدرة النوع للاحتفاظ بقدرته الكامنة للتكاثر ، بل يجب أن يكون النسل Offspring الناتج من التزاوج والإخصاب حاملا لنفس التركيب الوراثية لجيل الآباء .

لذلك يرى علماء بيئة الفرد Autecology وعلماء التطور Evolution بأن معرفة النوع الحي مهمة جدا في البيئة للحكم والمقارنة بين المجتمعات الحيوية ومعرفة كونها معزولة مكانيا وزمنيا أو حتى طبيعيا ، من خلال مراقبة الصفات الشكلية (المظهرية) والسلوكية لأفرادها ، التي هي صفات مصاحبة لتغيرات وراثية تعطى تصورا لتحديد النوع في هذه المجتمعات وإمكانية التفريق بين الأفراد المتشابهة جدا في صفاتها والتي تسمى بيئيا بالأفراد المتأخية Sibling species أو أن الأفراد الناتجة تصبح مختلفة بصفه أكثر مظهرية عن أسلافها ضمن سلسلة التطور و الانعزال الجغرافي والزمني الذي يحصل عليها بسبب المتغيرات البيئية وتخضع لما يسمى بالتسلسل ضمن النوع Clines of Species لتوطين أفراد تتميز ببعض الصفات عن أسلافها ولكن تبقى لديها القدرة على التزاوج مع أفرادها وإعطاء أفراد خصبة جديدة وتعرف في هذه الحالة باسم النواع Subspecies او تحت النوع . ولذلك يرى الباحث (Dowdeswell 1984) بأن دراسة النوع بشكل جيد تساعد في إعطاء طريقة جيدة وصحيحة عن تصنيف الأحياء والتفريق بينها شريطة أن تستند على عدة معايير مجتمعه منها المعيار الظاهري ، الوظيفي ، الوراثة ، الجغرافي ، البيئي ، والاحفوري Palaeontological criteria من أجل تفادي الخطأ لأن الاعتماد على معيار واحد كالشكل الخارجي ، واللون ، والحجم مثلا يكون واقعا تحت سيطرة عدة عوامل بيئية تؤدي إلى ظهور تغاير كبير يعقد مهمة الباحث البيئي والمصنف معا . والصورة التالية تبين الخروف الأروبي أو (الودان) كما يسمى في شمال أفريقيا والذي يعود إلى طائفة الثدييات ، رتبة الحفريات ، فصيلة أو عائلة البقر ، وتحت عائلة الغنم والنوع الحيوي الخروف الأروبي (Ammotragus lervia (pallas) . الصورة التالية لهذا الحيوان (العوامي 1973) .



صورة (1): الودان (Ammotragus lervia) pallas في ليبيا . عن (العوامي 1973) .

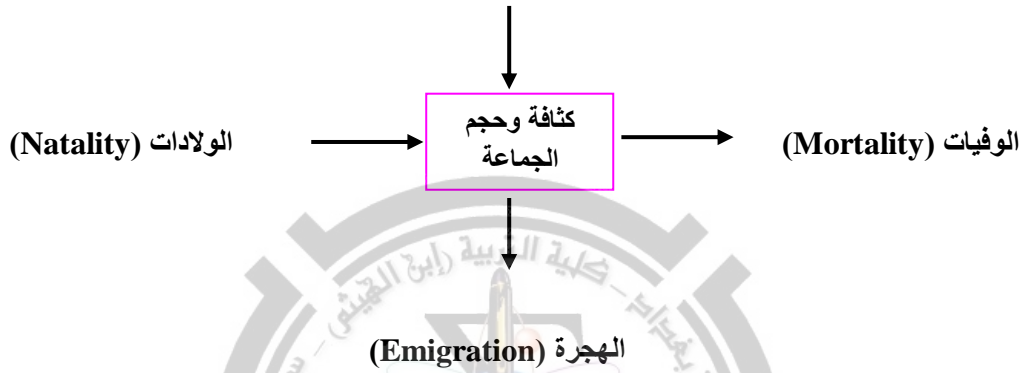
## 9 - الجماعة السكانية أو العشيرة البيئية Population :

الأصل في اصطلاح العشيرة Population كان يعني جمهور او مجموعة من الناس Group of People ولكن عند استخدام هذا الاصطلاح في الدراسات البيئية أصبح يعني مجموعة من الأفراد التابعة لنوع واحد من الكائنات الحية والتي تحتل بيئة محددة في زمن معين ، وبمعنى آخر هي مجموعة الأفراد ذات القرابة Related Individual والمنتمية إلى نفس النوع التقسيمي والقدرة على التزاوج فيما بينها Interbreeding . ولكل عشيرة صفات Attributes تميزها وتكون هذه الخصائص قابله للقياس والإحصاء وأكثر هذه الصفات أهمية الكثافة Density الوفرة العددية Abundance ومعدل الولادات Birth/Natality Rate ومعدل الوفيات Death/ Mortality Rate وتوزيع الأعمار Age Distribution ومعدل النمو Growth Rate والانتشار Dispersion ونسبة الجنس Sex Ratio وغيرها .

وتتكون الجماعات السكانية في البيئة بعدة طرق منها ، بواسطة التكاثر Reproduction والانتقال بواسطة عوامل الوسط البيئي بطريقة الحمل Vicariance أو بواسطة الانتقال عن طريق حركة الكائن الحي نفسه ، ويعتبر علماء البيئة بأن الجماعة السكانية تعتبر الوحدة الأساسية في النظم البيئية لأنها تتكون من مجموعة أفراد وهذه الأفراد تمثل مجموعة مواطن

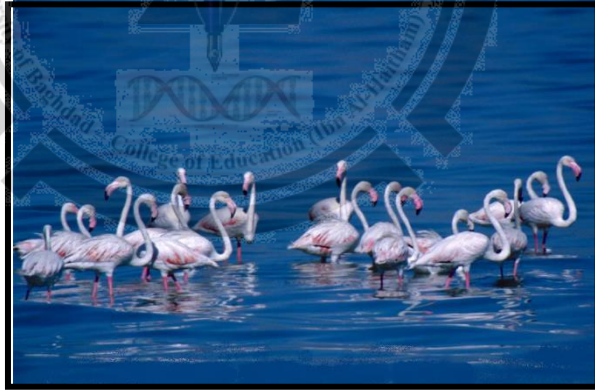
بيئية Habitats ومراكز بيئية Ecological Niches وهذه بمجموعها تشكل مع العوامل غير الحية أنظمة بيئية متباينة ، ومن هنا يرى علماء البيئة السكانية Population Ecology بأن الجماعة السكانية Population وتركيبتها تمثل مكونات رئيسية للمجتمعات الحيوية Bio-communities والأنظمة البيئية كما تتكون الأنسجة والأعضاء من خلايا في المجموعات الوظيفية في جسم الكائن الحي ، فأن الجماعات تتكون من أفراد متخصصة وظيفيا ولذلك فهي تعتبر أكثر شمولية من مجموع أفرادها ، وتمثل مستوى أعلى من التنظيم الحيوي مما هو للكائن الحي بمفرده أي الفرد Individual . وإن حجم أية جماعة سكانية في البيئة لأي مجموعة من الأحياء سواء كانت من البدائيات أو الطليعيات أو الفطريات أو من النباتات أو من الحيوانات يعتمد على عدد الأفراد التي تحتل موقع بيئي معين في زمن محدد من جهة ومجموعة من العوامل الداخلية أو الخارجية التي تؤثر في حجم هذه من جهة أخرى وكما سيتم شرحه مفصلا في الفصل الخاص بدراسة بيئة الجماعات السكانية ، لاحظ العلاقة في الشكل التالي ، هذا بالإضافة إلى العوامل المحيطة بأفرادها .

### التوطن (Immigration)

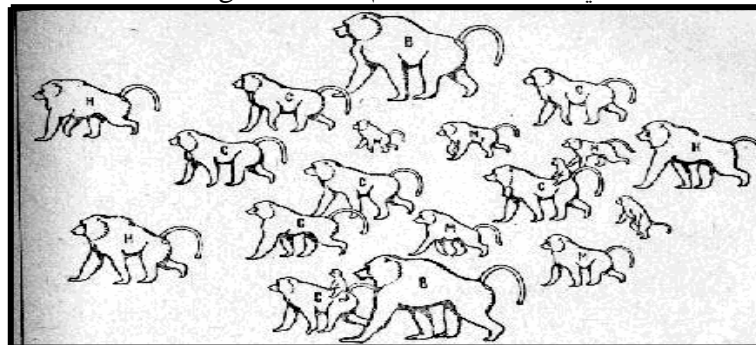


شكل : أهم العوامل المحددة لحجم الجماعات السكانية .

الصورة والشكل التاليين يمثلان مجاميع سكانية مختارة لأحياء مائية وبرية مختلفة :



ونلاحظ في شكل (3-6) وجود عملية توزيع للأدوار البيئية بين مجموعة القرود فالأفراد التي تحمل الرمز H تتولى قيادة القطيع والتي بدورها تتميز بقوة النظر والجسم اما الأفراد ذات الرمز B فتتولى حماية الجوانب والاطراف وأفراد العلامة C تمثل الإناث التي تحمل الصغار وتأخذ موقعا في الوسط وبين أفراد المجموعة والذكور الفتية والصغيرة تشغل الخط الثاني في الحماية والتي تحمل الرمز M وهذا التوزيع مبني على أساس الوظيفة والمركز البيئي الذي يشغله كل فرد في جماعته السكانية كما تم توضيحه بشكل تفصيلي عند التعرض لمفهوم Ecological Niche .



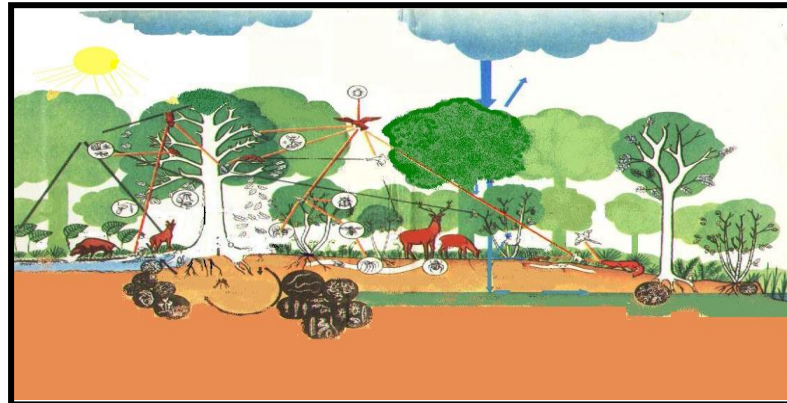
شكل (3-6): يبين مجموعة برية من القروء . عن (Badkevech ، 1987) .

### 10- المجتمع الحيوي Community :

المجتمع في أبسط معانيه هو الحالة التي يعيش فيها معا نوعين مختلفين على الأقل من الأحياء ، وأول علماء بيئة الحيوان الذين أدركوا أهمية المجتمعات في الدراسات البيئية هو موبيس (Mobius 1877) الذي اقترح الاصطلاح Biocognosis ليستعمل حينها بنفس معنى اصطلاح Community المستعمل حاليا . ويضم المجتمع الحيوي Biotic community من وجهة النظر البيئية جميع المجاميع الموجودة في مساحة معينة ، أو هو عبارة عن تجمع طبيعي من الأحياء وصل من خلال التفاعل مع الوسط البيئي المحيط به إلى مستوى العيش المستقل نسبيا عن التجمعات الأخرى المجاورة له ، ومعنى ذلك أن هذا المجتمع يضم كافة الأنواع الحيوية التي تعيش تحت تأثير عوامل بيئية محددة ، ووفقا لما ذكرناه فإن هذا المجتمع قد يتكون من عدد قليل من الأفراد التي تنتمي إلى أنواع متقاربة بيئيا ، أو قد تتكون من مجموعات كبيرة تنتمي إلى أنواع متعددة ولكنها موحدة الموطن البيئي Sympatric populations . فمثلا تعتبر الغابة بكل ما تضمه من نباتات وحيوانات مجتمعا . واعتماد كل من النباتات والحيوانات على الآخر يعتبر عاملا هاما لاستمرار مجتمعاتها . فمثلا تمد الأزهار النحل وغيره من الحشرات بالرحيق ، ثم تتغذى بعض الحيوانات الأخرى كالفئران على الحشرات ، ويصطاد البوم الفئران ويتنافس البوم مع الثعالب في صيد الفئران ، وتقتنص الثعالب الأرانب التي تتغذى على الأعشاب والنباتات الصغيرة ، وبذلك تكون سلسلة من العلاقات المتوازنة إذا ما اختلت أي خطوة في هذا التسلسل اختل توازن المجتمع بدرجة تتناسب مع شدة الخل . ولجميع المجتمعات الحيوانية خصائص معينة ثابتة وأهم هذه الخصائص أن المجتمع الحيواني لا بد وان يعتمد أولاً وأخيراً على مجتمع النباتات حيث أن الأخيرة هي الكائنات الحية الأساسية القادرة على التغذية الذاتية Autotrophic nutrition . ويتبع أي مجتمع حيواني تظهر مجموعة معقدة من العلاقات الغذائية (السلاسل الغذائية Food chains) بين الأنواع المختلفة المكونة له . فلو أخذنا مجتمع الكائنات الحية في بحيرة ما كمثال نجد فيها أعشابا مائية تعيش عليها القواقع آكلة الأعشاب ، كما يتواجد بالبحيرة البط الذي يفترس أو يأكل هذه القواقع المائية ، ويحيط بالبحيرة الإنسان الذي يأكل البط ، وعلى غرار هذه الأمثلة توجد في المجتمع الواحد عدة مستويات غذائية Trophic levels يعقب كل منها الآخر ويعتمد كل منها على المستوى الذي يسبقه ، ومع ذلك فإن العلاقات الغذائية في المجتمعات الطبيعية لا تكون على هذه الدرجة من البساطة التي تتمثل بمراحل منفردة تلي بعضها البعض بل في الغالب ما تكون تلك العلاقات أكثر تعقيدا فالبط لا يتغذى على القواقع فقط والإنسان لا يعيش على البط فقط ، ولذلك فإن الشبكات الغذائية Food webs وليست السلاسل الغذائية هي الأقرب للواقع ، وبناء على ما سبق يمكن القول بأن المجتمع يتكون من كل الكائنات الحية Living entities في البيئة وعوامل البيئة غير الحية المحيطة والمؤثرة بهذه الأحياء والتي ينتج عنها نظام ديناميكي وتفاعلي يسمى بالنظام البيئي Ecosystem ، والشكل (3-7) يبين نموذج لمكونات المجتمع الحيوي .

### 11- النظام البيئي Ecosystem:

ينشأ عن تواجد مجتمع حيوي معين Biocommunity معا وفي مساحة ما مع بيئة غير حية Nonliving environment نظاما حيويا ديناميكيا يسمى بالنظام البيئي Ecosystem . وعلى ذلك يعرف النظام البيئي بأنه التركيب البيئي المعقد Ecological complex المكون من تواجد النباتات والحيوانات والأحياء الأخرى معا في مجتمع يتأثر بجميع العوامل المتداخلة للبيئة الحية وغير الحية المحيطة به .



### شكل: يوضح نموذج لمجتمع حيوي متكامل .

وفي الطبيعة تكون بعض الأنظمة البيئية مرنة بحيث يمكن تحويلها لتلائم الإنسان دون إخلال كبير Serious disruption بينما لا تقبل بعض الأنظمة البيئية الأخرى التحويل وبالتالي تختل بسهولة . وعلى ذلك نجد نوعين من الأنظمة البيئية الأساسية يسمى النوع الأول بالنظام البيئي الطبيعي المتكامل أو (النظام المفتوح) Open ecosystem وذلك عندما يحتوي هذا النظام على جميع المكونات الحية وغير الحية متفاعلة بشكل مستمر كالبحيرات ، والأنهر ، والغابات والبحار والمحيطات . ويسمى النوع الثاني بالنظام البيئي غير المتكامل أو ما يسمى (بالنظام المغلق) Closed ecosystem وذلك عندما يفقد ذلك نظام احد العوامل الحية أو غير الحية الأساسية لمكوناته كالكائنات المنتجة أو الاشعاع الشمسي كما في أعماق البحار أو الكهوف المظلمة . بعض الباحثين يضيف إلى ذلك التقسيم نوع ثالث من الأنظمة المؤقتة أو المحدودة التي تنشأ بتدخل الإنسان أو قوى الطبيعة تحت ظروف معينة كسقوط الأمطار وحصول الفيضانات والسيول والتي تؤدي إلى نشوء مواقع بيئية تسمى بالأنظمة الدقيقة Micro-ecosystem كما يحدث في حالات تكون البرك والأحواض المائية قرب ضفاف الأنهار أو المناطق الرعوية . أو ان الإنسان يقوم بعملها لأغراض محددة مثل أحواض تربية أسماك ونباتات الزينة أو النافورات التي تربي بداخلها بعض الأحياء وغير ذلك . ويقاس مدى ثبات واتزان أي نظام بيئي على مستوى قدرته الذاتية على التواصل والبقاء تحت ضغط المتغيرات البيئية المحيطة به . ويظهر في الصورة التالية التي تمثل حالة نظام بيئي مائي متوازن لبحيرة مياه الصرف الصحي المعالجة بمنطقة حجارة في جنوب ليبيا كنموذج لنظام بيئي مائي متكامل عمره يزيد عن خمسة وعشرين عاما . أو بحيرة الزازة وساوة والترثار وغيرها من النظم البيئية في العراق.



صورة: بحيرة حجارة قرب مدينة سبها جنوب ليبيا تمثل نظام بيئي مائي .

### 12- المناطق البيئية الرئيسية أو الاقاليم الحيوية (الحيوم) **Biomes & Biome types**:

وهي عبارة عن مساحات من الكرة الأرضية ذات ظروف مناخية محددة تضم كل منها عددا كبيرا من المجتمعات في مراحل تعاقب مختلفة . والمناطق البيئية الرئيسية في العالم هي مناطق التندرا Tundra بالمناطق القطبية وحول القسم الشاهق لجبال الألب ومناطق الجبال العالية ، مناطق الغابات المعتدلة Forest Temperate ومناطق الأعشاب المعتدلة Temperate grassland ومناطق غابات البحر الأبيض المتوسط Mediterranean woodland والمناطق الصحراوية وشبه الصحراوية Desert & Semi-desert ومناطق الحشائش المدارية والسافانا Tropical Grassland & Savanna ومناطق الغابات الاستوائية Tropical Forest ، ويسود كل من هذه المساحات مناخ عام مميز Typical Climate يضم عدد من الطرز المناخية تختلف نتيجة لوجود ظروف بيئية متنوعة داخل كل مساحة . وعلى هذا الأساس وضع علماء البيئة منذ زمن بعيد تقسيمات للبيئة البرية بشكل خاص يستند على مفهوم المنطقة البيئية ويعتمد على نوع الغطاء النباتي ، وقسموها إلى وحدات بيئية كبيرة ذات نباتات

متميزة مثل الغابات والمراعي والصحارى وغيرها ، ومن الجدير بالملاحظة هو أن كل منطقة بيئية رغم تميزها بخصائصها النباتية والحيوانية وتشكل مجتمعها الخاص ، إلا أن حدود هذه المنطقة البيئية غير واضح بشكل كامل ، حيث نلاحظ تكون امتدادات وتداخلات بيئية بين مناطق الغابات الرطبة وغابات أشجار البلوط ثم أراضي أشجار خشب البلوط والأعشاب ، ومنه إلى المراعي وهذه مع الصحارى المجاورة ، وبذلك يتكون تدرج في توزيع وانتشار النباتات ونوعية التربة المشتركة لهذه المناطق يطلق على هذا التدرج بمناطق الانحدار البيئي Ecocline .

ويعتبر العديد من علماء البيئة أن دراسة المناطق البيئية وأنواعها Types of Biome دليل بيئي جيد لمعرفة طبيعة خصائص وتركيب المجتمع الحيواني الموجود فيها حالياً أو الذي سوف يظهر مستقبلاً من جراء عمليات التعاقب البيئي التي سوف تحصل ، وذلك من خلال معرفة طبيعة وتركيب الغطاء النباتي الموجود في هذه المناطق البيئية . والأشكال التالية تبين بعض هذه المناطق المتميزة في البيئة كأقاليم حيوية كما في مناطق الغابات والمناطق المتجمده على التوالي .



صورة (4) نموذج لإقليم الغابات صورة (5) نموذج لمنطقة قطبية ( من إقليم التندرا) .

### 13- التعاقب البيئي Ecological Succession :

يطلق على مجموع التغيرات الكمية Quantitative variations والتغيرات النوعية Qualitative variations التي تحصل على المجتمعات الحيوية Bio-communities سواء على مستوى الأنظمة البيئية أو الأقاليم الحيوية مصطلح التعاقب البيئي ، وهذا التعاقب يحصل بسبب التغير في العوامل اللاحية أو العوامل الحية أو الاثنين معاً . وهذا التعاقب من وجهة نظر علماء البيئة هي عبارة عن تطور منظم يؤدي إلى وجود وظهور مجتمع حيوي بدلاً من مجتمع حيوي آخر في نفس البيئة وهو يساعد كذلك على التنوع الحيوي ، ويكون هذا التعاقب إما ذاتياً Autogenic succession إذا حصل داخل النظام البيئي ، أو تعاقب خلطي Allogetic أو Heterogenic إذا حصل من جراء دخول أنواع جديدة من خارج النظام البيئي ، أما إذا حصل ظهور الحياة الأولى لأول مره في أية منطقه من العالم فيسمى بالتعاقب الأولي Primary Succession ويسمى بالتعاقب الثانوي Secondary Succession إذا حصل في منطقة كانت مأهولة بالأحياء وتعرضت إلى عوامل التدمير بواسطة تدخل الإنسان أو عوامل الطبيعة كالجفاف والزحف الصحراوي والحرائق وغيرها وأعيدت إليها الحياة مره أخرى بسبب تحسن الظروف البيئية ووصول الماء إليها .

### 14- التوازن أو الاتزان البيئي Ecological Equilibrium :

المقصود بالتوازن البيئي Ecological equilibrium داخل الأنظمة البيئية هو حالة التوازن بين مقدار المدخلات البيئية Input التي تصل لأية نظام بيئي من طاقة وعناصر مغذية والمخرجات البيئية Output التي تطرح من النظام البيئي على شكل نواتج أيضية لأفراد المجتمع الحيوي لهذا النظام . ويستطيع أي نظام بيئي من تحقيق عملية الاتزان من خلال تنظيم العلاقات الداخلية لأفراد مجتمعه سواء كانت نباتية أو حيوانية عن طريق التغذية العكسية Feedback Mechanism والتنظيم الذاتي Self-regulation وهذه الاستجابة تكون من خلال تعديل سلوك أحيائه أفراداً وجماعات بما



صورة (6): نموذج لتعاقب بيئي بري ناتج من تغير عوامل الأمطار والرطوبة في منطقة غرب العراق يتناسب مع المتغيرات البيئية المحيطة والعمل على تحويل مكونات البيئة لصالحها في الظروف غير الطبيعية من خلال الاختفاء والسبات وتقليل الحركة والتغذية ، وتغير اللون و تبدل طريقة الغذاء والهجرة المؤقتة وتقليل أو زيادة التكاثر وغيرها من استجابات التكيف . ويرى علماء البيئة بأن قدرة هذه الأنظمة على تحقيق هذا التوازن يعتمد على خاصيتين أساسيتين هما ، المرونة البيئية Eco-resilience التي تحصل على مستوى الأفراد والمقاومة البيئية Eco-resistance التي تحصل على مستوى النظام البيئي بالكامل من خلال امتلاكه للمخزون العضوي ، فكلما اشتمل هذا النظام على كائنات وأفراد عالية المرونة البيئية ومخزون كافي من المادة العضوية والمغذيات النباتية أصبحت قابليته للمحافظة على حركيته وتوازنه كبيرة والعكس يكون صحيح .



## محاضرة النظام البيئي Ecosystem

1. مفهوم النظام البيئي.
2. مكونات النظام البيئي وتركيبه .
3. أنواع الأنظمة البيئية .
4. أهمية دراسة الأنظمة البيئية .

### 1- مفهوم النظام البيئي The Concept of Ecosystem :

النظام البيئي هو الوحدة الوظيفية الأساسية في علم البيئة حيث يشمل الكائنات الحية أو المجتمع الحيوي والبيئة غير الحية التي تحيط بهذه الكائنات ، بحيث يؤثر احدهم على الآخر وينتج عن هذا التأثير توفر شروط إدامة الحياة (من طاقة موارد غذائية) على سطح الكرة الأرضية .

وبالرغم من أن المصادر العلمية تشير إلى أن الباحث البريطاني Tansly يعتبر أول من وضع مصطلح Ecosystem في المراجع البيئية عام 1935 إلا أن هنالك العديد من التعابير المماثلة والآراء العلمية التي تناولت موضوع النظام البيئي بفترة أبعد من ذلك بكثير ، حيث أشار الباحث أبوقراط (460 - 377 ق.م) في مقالته التي نشرت تحت عنوان (عبر الأجواء والمياه والأماكن) إلى هذه المواقع البيئية على أنها أنظمة متميزة وكل منها يؤثر على حياة الإنسان والأحياء . كما أن علماء فترة الحضارة الإسلامية والعربية كان لهم مساهمات كبيرة في تفسير ودور الأنظمة البيئية وتأكيدهم على العلاقة بين العوامل الحية وغير الحية في توجيه سلوك وتكاثر وانتشار الأحياء ، كدراسات الجاحظ وأبو بكر الرازي والمجريطي والقزويني والدميري وغيرهم الكثير . كذلك ورد في العديد من أعمال الباحثين الأوربيين ما يشير إلى اهتمامهم بدور النظام البيئي والعبارة "وحدة التركيب والوظيفة" وتأثير ذلك على الأحياء ، فدراسات الباحث دارون تؤكد تأثير البيئة المحيطة بعوامل الانتخاب والتطور وان التنوع الحيوي هو نتيجة هذا التأثير المتبادل بين البيئة والكائن الحي .

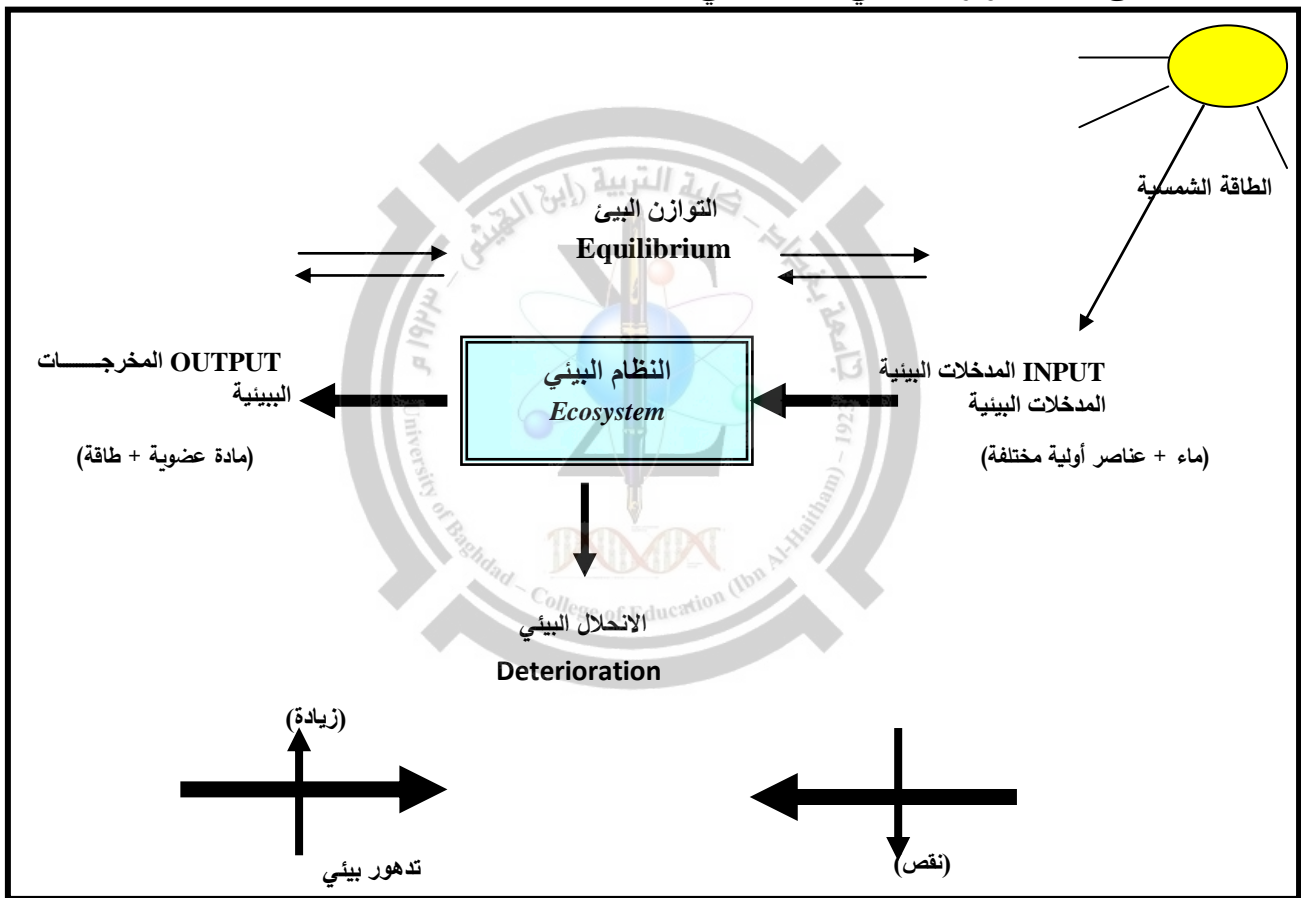
إلا أن الباحث أودم Odum يؤكد أن العبارات الاصطلاحية العلمية التي تفسر معنى النظام البيئي بدأت بالظهور في أواخر القرن الثامن عشر وفي جميع الدوريات العلمية المعتمدة سواء في الغرب أو الشرق وهذا ما نجده في كتابات الباحث الألماني Karl Mobius عام 1877 حيث وضع مصطلح Bio-coenosis للإشارة إلى تجمع الأحياء (أو مجتمع الأحياء) . وفي عام 1887 وصف العالم الأمريكي Forbes إحدى البحيرات على أنها عالم بيئي دقيق Microcosm أما الباحث Sukachev فقد ذكر عام 1944 بأن العلماء الروس أمثال (دوكاشيف Dokuchev ومساعد موروزف Morozov) الذين تخصصوا بدراسة مجتمعات الغابات قد ذكروا بالتفصيل مفهوم المجتمع الحيوي ووضعوا مصطلح خاص به أسموه Bio-coenosis بين الفترة من عام 1846-1903 وطوره الباحثون الروس فيما بعد إلى النظام البيئي تحت مصطلح Geo-biocoenosis وهو يستخدم لحد الآن في المراجع الروسية والسلافية عامة وكذلك المراجع الألمانية . إلا أن شيوع مصطلح النظام البيئي Ecosystem كما يرى الباحث اودم هو بسبب سهولة الكلمة من جهة وانتشار اللغة الإنجليزية

### 2- مكونات النظام البيئي وتركيبه :

كما أشرنا سابقا بأن النظام البيئي هو عبارة عن وحدة تركيبية تنظيمية تشترك فيها العوامل الحية المتمثلة بالأحياء بمستوياتها والعوامل غير الحية ، فيزيائية ، كيميائية ، مناخية ، وجيولوجية ، تتفاعل فيما بينها لتعمل على توازنه البيئي، ولذلك يروى لبعض الباحثين استعمال مصطلح (المركب البيئي Ecological Complex) للتعبير عن النظام البيئي باعتباره عبارة عن شبكة متداخلة بين العوامل المختلفة من مكونات البيئة. وهذا يعني ظهور مستويات مختلفة للنشاط والتأثير البيئي لهذه المكونات وكما في الشكل التالي :

ونلاحظ من الشكل أن هذا النظام يتكون من مجموعتين أساسيتين من العوامل هما :

- مجموعة العوامل الحية **Biotic Factors** والتي تتمثل بعناصر المجتمع الحيوي المتكون منه هذا النظام، والذي يشمل جميع الأحياء ابتداء من البديانبات والأوليات والفطريات والنباتات والحيوانات.
  - العوامل غير الحية **Abiotic Factors** وتشمل جميع عوامل البيئة المحيطة بالكائن الحي (الوسط البيئي) مثل عوامل المناخ والترربة والعوامل المحايدة و تضاريس الأرض والعوامل الكيميائية والفيزيائية المختلفة .
- أن ديناميكية الحياة و استمرار دوران المادة والطاقة في هذا النظام يعتمد على طبيعة العلاقة المتكافئة بين المدخلات البيئية المتمثلة بالطاقة الشمسية والماء والعناصر الأولية الضرورية لتغذية الأحياء من غلاف التربة والعناصر الغازية المهمة للتنفس مثل  $O_2$  و  $CO_2$  من الغلاف الغازي بالإضافة إلى عوامل الحرارة والرطوبة والرياح وغيرها، وطبيعة العلاقات التي تنشأ بين الكائنات الحية المنتجة والمستهلكة والمحللة في هذا النظام والتي تؤمن دوران المادة العضوية وإنتاج الطاقة الحرارية الكامنة وكذلك العناصر الأولية وإعادتها إلى الوسط للمحافظة على عملية التوازن كما في الشكل التالي:



شكل: آلية عمل النظام البيئي والعلاقة بين المدخلات والمخرجات البيئية .

ولكي يتم استيعاب هذه الآلية أو الديناميكية بين دوران الطاقة والمادة بين مكونات النظام البيئي لابد من معرفة دور كل مجموعة من هذه العوامل داخل هذا النظام البيئي أو خارجه كعامل مؤثر .

**أولاً . العوامل الحية :**

يشير الباحثون إلى أن إحدى المظاهر العامة لجميع الأنظمة البيئية (سواء كانت برية أو مائية ، أو محدودة من عمل الإنسان (كالمناطق الزراعية) أو أحواض تربية نباتات الزينة أو الأسماك وغيرها) هي عملية التفاعل لمكونين حياتيين أساسيين هما الكائنات الحية في مجموعتين رئيسيتين على أساس طبيعة التغذية هما مجموعة لأحياء ذاتية التغذية والكائنات معقدة أو مختلفة التغذية :



## (1) مجموعة الأحياء ذاتية التغذية Eutrophic organisms :

وتتمثل بجميع الأحياء التي تعود إلى عالم الأحياء المختلفة في درجة تطورها العضوي وطريقة معيشتها وبيئة تواجدها ، ولكنها تشترك جميعا في قدرتها على صنع الغذاء لنفسها سواء بامتلاكها صبغات التمثيل الغذائي وقدرتها على القيام بعملية التركيب الضوئي Photosynthesis باستخدام الطاقة الشمسية و CO<sub>2</sub> والماء والعناصر المغذية بشكل مباشر طيلة فترة حياتها ، أو خلال الفترات الأولى ، وبعد ذلك يحصل تغير في طريقة التغذية ، أو يحصل هذا التبدل تحت تأثير الظروف البيئية في فترات مختلفة من دورة الحياة . لذلك نجد أن في هذه المجموعة من الأحياء كائنات تعود لأغلب عوالم الأحياء الخمسة التي وضعها الباحث (Whittaker 1969) فمن بينها نجد أنواع من البكتريا الملونة كالبكتريا الخضراء والأرجوانية Rhodospirillum التي تعود إلى مجموعة البدائيات وأنواع من السوطيات النباتية الحيوانية Phytomastigophora مثل اليوجلينا Euglena ، الكلاميدوموناس Clamidomonas وثنائية الاسواط الدوارة Dinoflagellates مثل أجناس Gmnodium ، Ceratium والتي تعود إلى مجموعة الأوليات Protozoa وهكذا صعودا إلى الدايتومات Diatoms ، الطحالب Algae ، النباتات الدنيئة Lower Plants بمختلف مستوياتها المعروفة مائية كانت أو برية مجموعة النباتات الوعائية المختلفة . كما أن هنالك مجموعة أخرى من الأحياء يمكن وضعها في هذا المستوى الغذائي لقدرتها على تصنيع الغذاء بنفسها ولكن بطريقة كيميائية ، في حالة الظروف اللاهوائية باستخدام عناصر أو مركبات لا عضوية وأكسديتها واستخدام الطاقة الناتجة منها في تصنيع مادة عضوية مماثلة لما تقوم به الأحياء التي ذكرناها . ومن بين هذه الأحياء بكتريا الكبريت ، بكتريا الهيدروجين ، بكتريا الحديد وغيرها وتسمى هذه الطريقة بالبناء الكيميائي Chemosynthesis .

## (2) الكائنات معقدة او مختلفة التغذية Heterotrophic organisms :

ينضم إلى هذه المجموعة من الأحياء جميع الكائنات التي تعتمد في الحصول على غذائها على أحياء أخرى سواء بالاستهلاك المباشر بالافتراس ، أو الترمم ، أو بطريقة غير مباشرة بالحصول على النواتج الأرضية للأحياء أو الامتصاص كما في الطفيليات أو بالتحلل كما في الفطريات والبكتريا ويطلق على جميع هذه الأحياء بالمستهلكات Consumers والمحللات Decomposers ويصنف الباحث Odum وغيره من الباحثين هذه الأحياء في عدة مجاميع بالاعتماد على طريقة حصولها على الغذاء وأسلوب التغذية فيها :

### أ- مجموعة المستهلكات الكبيرة أو الملتهممة :

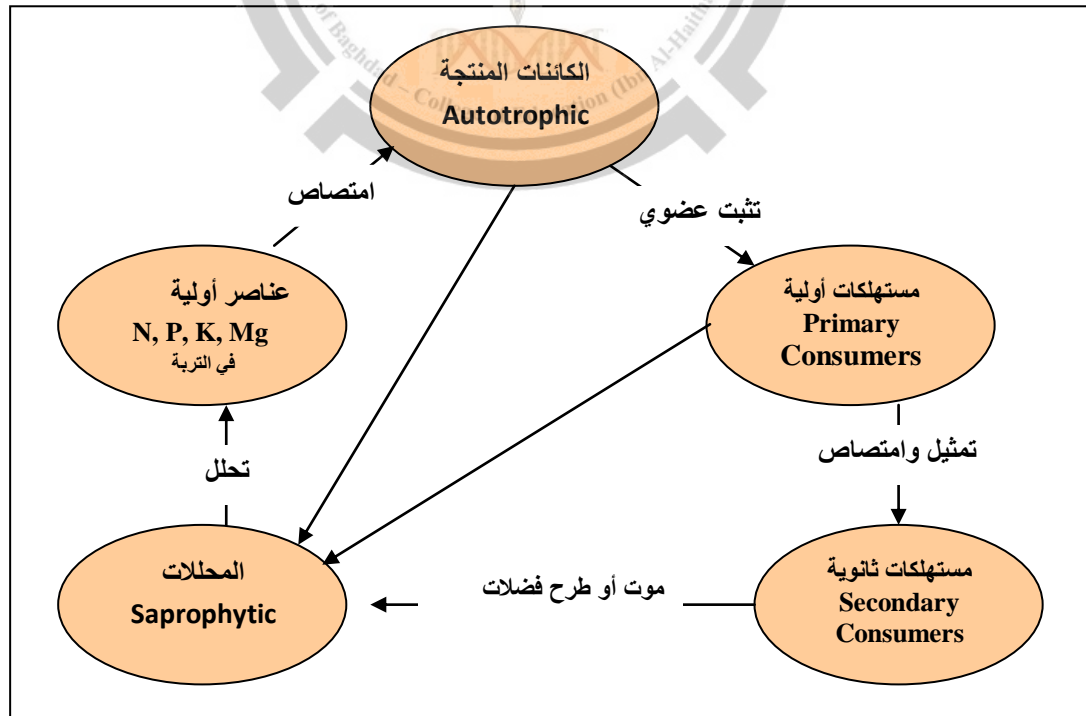
مجموعة المستهلكات الكبيرة أو الملتهممة Macro-consumers or Phagotrophs هي مجموعة من الأحياء المستهلكة وهي بالدرجة الأولى حيوانات لها وسائل للتغذية كالفتحات الفموية والأجهزة الهضمية المختلفة بدرجات تطورها ، تستطيع افتراس وتناول كائنات أخرى أو دقائق مختلفة الأحجام من المواد العضوية الموجودة في وسطها البيئي .

### ب - مجموعة المستهلكات الدقيقة أو المحللات :

تشمل مجموعة المستهلكات الدقيقة أو المحللات Micro-consumers or Saprotrophs جميع الأحياء الأخرى التي تعتمد في تغذيتها على طريقة تحطيم المركبات العضوية المعقدة وتحويلها إلى مركبات أبسط تركيبا تستطيع امتصاص جزء منها ويتحول الجزء الآخر إلى عناصر ونواتج تطرح إلى البيئة على شكل مغذيات غير عضوية يمكن استخدامها من قبل الأحياء المنتجة كلاسب طريقتيه في التمثيل الغذائي أو تتحول إلى مكونات كيميائية مثبتة أو محفزة لمكونات حياتيه أخرى في الأنظمة البيئية المختلفة .

بينما يضع بعض الباحثون أمثال Southwich 1984 ، ومولود وآخرون 1991 تقسيماً آخر حسب مصدر الموارد الغذائية أو مصدر الطاقة التي تحصل عليها الأحياء في النظام البيئي ، فتقسم الأحياء إلى كائنات منتجة Producers ، كائنات مستهلكة Consumers ، كائنات محللة Decomposers . وفي هذا التقسيم تأخذ المستهلكات عدة مستويات حسب نوع الغذاء الذي تستخدمه فهي تسمى آكلات الأعشاب (العواشب) Herbivores إذا كان غذائها نباتياً واكلات اللحوم (اللواحم) Carnivores وهي أما فقریات أولية Primary carnivores أو فقریات ثانوية Secondary carnivores وجميعها حيوانية التغذية ، وهناك مجموعة ثالثة من المستهلكات ذات تغذية مشتركة نباتية وحيوانية فعندها تسمى بالمستهلكات أو بالقرارات Omnivores . ومن الملاحظ في البيئة أن طريقة التغذية أو السلوك الغذائي يتبدل عند بعض الأحياء بتغير الظروف البيئية كما في عدد من الأوليات السوطية أو في بعض الأسماك كما في أسماك الكارب العسبي وغيرها من الحيوانات المختلفة أو أنها تستطيع تبديل الغذاء حسب المتوفر منه كما في قروذ البايون التي تتغذى على المادة النباتية ولكنها تتغذى على حيوانات صغيرة أيضاً وكذلك الإنسان يمكن اعتباره من هذه المجموعة ، كما إن هنالك مجموعة أخرى من المستهلكات تسمى بالحيوانات القمامة (الرمية) Saprophages أو Scavengers والتي تتغذى على المادة الحيوانية والنباتية الميتة والمتحللة ، كما في فوارس البحر والنسور وبعض الحشرات والديدان الأرضية و الديدان الفية الأرجل وغيرها الكثير .

ومن هنا نجد أن جميع نظم تقسيم المكونات الحية في الأنظمة البيئية تتفق جميعها على أن أحياء النظام البيئي تقوم بثلاثة أدوار أساسية متعاقبة هي إنتاج الغذاء ، بناء وتخزين هذا الغذاء ومن ثم تحويله إلى كتلة حيوية Biomass ومواد عضوية ومركبات أساسية كالأحماض الأمينية ، الإنزيمات ، الأحماض النووية ، الكربوهيدرات ، البروتينات ، والدهون ثم الخطوة الأخيرة تهديم هذه المركبات المعقدة بعملية التحلل Decomposition وتحويلها إلى عناصرها الأولية وإعادتها إلى البيئة مره أخرى أو ما نطلق عليه الدورة البيوكيميائية في البيئة كما في الشكل: .



شكل: الدورة البيوكيميائية في البيئة والتي توضح عملية انسياب الطاقة وحركة العناصر .

## ثانيا . العوامل غير الحية :

قسم الباحث Radionov 1998 العوامل غير الحية Aabiotic Factors في الأنظمة البيئية المختلفة بالاستناد إلى آراء الباحثة Bonmoreva إلى أربعة عوامل أساسية هي :

### أ- العوامل

المناخية Climatic Factors وتتمثل بالضوء والحرارة والرطوبة ، حركة الهواء والضغط الجوي وحركة الرياح وتأثيرها على توزيع الأحياء وخاصة الغطاء النباتي .

### ب- عوامل

التربة Edaphic factors وتشمل ميكانيكية جزيئات التربة وقوامها Texture ومساميتها ، تركيب الجزء الغازي ، نوعية التربة ، عمقها ، ملوحتها وحموضتها ، حزمها وطبيعة العلاقة بين طبقات التربة من حيث المكونات العضوية وغير العضوية وتأثير ذلك على توزيع المغذيات والأحياء .

ج- عوامل طبوغرافية (التضاريس) Topographic Factors وتتمثل بمستوى الارتفاع والانخفاض عن مستوى سطح البحر ، والانحدار واتجاه السفوح الجبلية وتأثيرها في عملية السطوع الشمسي وتوزيع الأمطار وتكوين المناخات الدقيقة وتأثيرها في توزيع الأحياء .

د- العوامل الكيميائية Chemical Factors وتشمل غازات الغلاف الجوي ومكونات الغلاف المائي وغلاف التربة وتركيز الحموضة والقاعدية أو عامل pH ، والأملاح النشونية والمواد العضوية وتركيب محاليل الزيت والدهون وغيرها .

وتشكل هذه العوامل مجتمعة بتداخلها مع العوامل الحية Biotic factors الدورة البيوكيميائية Biochemical cycle والتي بواسطتها تستطيع العناصر المغذية والطاقة من الانسياب والتدفق بين مكونات البيئة Environment التي تمثل الوسط المحيط بالكائنات الحية . ومن وجهة النظر البيئية يعبر عن الوسط Environment بأنه عبارة عن الظواهر الطبيعية والأجسام التي يكون الكائن الحي مرتبط بها بصورة مباشرة او غير مباشرة . وأن هذه الأوساط المحيطة بالكائن تكون متباينة نتيجة للتغير المستمر في نوعية وكمية العناصر والظواهر الطبيعية والظروف المناخية التي تدخل ضمن مفهوم العوامل . والعامل البيئي Factor Ecological هو أي عامل يستطيع إحداث تأثير مباشر أو غير مباشر على الكائن الحي ، حتى ولو كان هذا التأثير لفترة محددة من دورة حياة هذا الكائن أثناء نموه وتطوره. وقد أثبتت الدراسات البيئية بان الكائن الحي بدوره يقوم بالتأثير على هذه العوامل وتنظيمها لصالحه عن طريق ردود أفعال انعكاسيه منظمه كالحركة ، وتصغير الحجم أو تكبيره والاختفاء المؤقت وإفراز الدهون والسكون وتغير اللون ، والسبات اليومي أو الفصلي والتجمع أو التكتل وتشكيل الأسراب والقطعان وغيرها من الوسائل . ومعنى ذلك أن هنالك محاكاة بين الكائن الحي وبيئته أي الجزء غير الحي من البيئة (الوسط) يحاول كل منهما أن يحور في سلوك أو محتوى الطرف الآخر للمحافظة عليه حيث تحافظ البيئة على الكائن الحي من التدهور والانقراض وهذا ما نلاحظه عندما يتعرض أي كائن حي في أية جزء من البيئة إلى عوامل هلاك مختلفة كالمجاعة ، الفيضانات ، البرد القارص ، الجفاف ، الأمراض الفتاكة ، أو غيرها من العوامل ذات التأثير الكبير نلاحظ أن البيئة المحيطة تعمل على إمداد الأفراد الباقية من هذه الجماعات السكانية بقوى خفيه تزيد من قدرتها الحيوية الكامنة لكي تعطي اكبر عدد من الولادات والأفراد الجديدة ويقل عدد الهالكات الى أقل قدر ممكن والعكس في حالة النمو المفرط أو زيادة الوفرة وبلوغ الأفراد مستوى التزاحم أو الاكتظاظ البيئي ، وبنفس الوقت يحافظ الكائن على موارد هذه البيئة وخصائصها الضرورية له عن طريق تقنين عملية التغذية بأساليب مختلفة كالصيام والتغذية الاسترجاعية والتفتيش عن الغذاء البديل ورفع مستوى التحول الغذائي وغيرها من الوسائل .

## 3- أنواع الأنظمة البيئية :

كما ذكرنا سابقا في تفسير مفهوم النظام البيئي بأن هذا المفهوم واسع حيث يعتبر المستوى من التنظيم الحيوي الأكثر ملائمة لتطبيق أسس تحليل الأنظمة الطبيعية وهذه الأنظمة يمكن دراستها بأحجام مختلفة سواء بأحجام دقيقة محدودة يمكن عملها في مختبرات الأبحاث ، أو طبيعية بمستوى العيون المائية والبرك الحيوية والبحيرات والمروج والغابات والمراعي وغيرها ، حيث تشترك جميعها في أربعة أركان أساسية هي المواد الغير حية

(عناصر ومركبات) والكائنات الحية القادرة على الإنتاج العضوي وكائنات مستهلكة للمادة العضوية بمختلف أشكالها نباتية أو حيوانية وكائنات محللة للحطام العضوي ، وبمعنى آخر أن النظام البيئي يمثل وحدة التركيب (أي نوعية هذه المكونات سواء كانت حيه أو غير حيه) ووحدة الوظيفة أي الدور البيئي لكل عامل من هذه العوامل داخل هذا النظام الديناميكي ، وعليه فإن تقسيم الأنظمة البيئية لا بد أن يأخذ ذلك بعين الاعتبار ولهذا يبرز لدينا اتجاهين في وصف وتقسيم أنواع الأنظمة البيئية :

- أ. التقسيم على أساس التركيب والتكوين الجيولوجي وشكل الحياة .
  - ب. التقسيم على أساس وظيفة كل مستوى من الأحياء .
- التقسيم الأول. يقسم الأنظمة البيئية إلى :

أولاً: الأنظمة البيئية البرية Terrestrial ecosystem : حيث يشمل هذا الجزء جميع الأنظمة البيئية المتكونة على الجزء اليابس أو البري من الغلاف الأرضي ويشمل بداخله أنظمة أكثر تخصصاً هي :

أ- الأنظمة البيئية المفتوحة Opened ecosystems : مثل المناطق القطبية Tundra والصحارى Desert مناطق السفانا Savanna ومناطق المراعي والأعشاب .

ب- الأنظمة البيئية المغلقة (محدودة المعالم) Closed ecosystems وتمثل بمناطق الغابات والأنظمة الناشئة على الجزر البحرية .

ثانياً: الأنظمة البيئية المائية Hydro-ecosystem : وتشمل جميع الأنظمة البيئية المتكونة في البيئات المائية المختلفة البحرية أو العذبة ، كما في حالة الأنظمة المغلقة المحدودة كالآبار والعيون والواحات والبحيرات أو الأنظمة الكبيرة والمفتوحة كما في الأنهار والبحار والمحيطات .

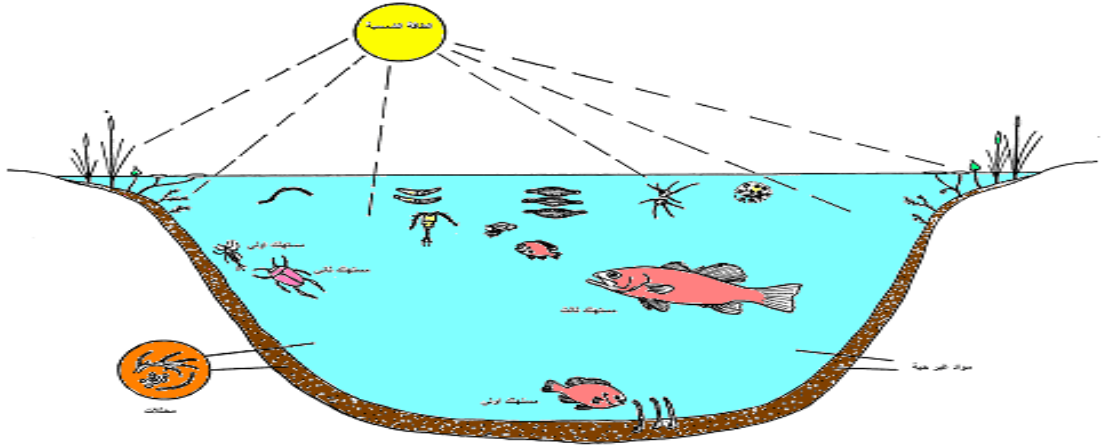
التقسيم الثاني. يستند هذا الاتجاه في وصف الأنظمة البيئية على عملية التفاعل والتبادل التي تحصل بين مكونات هذا النظام وتؤدي إلى تكوين المادة العضوية وتدفق الطاقة والتنوع الحيوي وشكل المجتمع الناتج من عملية التبادل هذه ، والذي يتحدد من خلالها عمر هذا النظام وديناميكية عمله وشكل وطبيعة هذه العلاقة وبذلك تظهر لدينا ثلاثة أنواع من الأنظمة البيئية هي :

- أ. الأنظمة البيئية المتكاملة (أو المثالية) Complete ecosystems .
  - ب. الأنظمة البيئية الناقصة (غير الكاملة) Incomplete ecosystems .
  - ت. الأنظمة البيئية الدقيقة (الموقفة) Specialized micro ecosystems .
- أولاً . الأنظمة البيئية الكاملة :

يوصف أي نظام بيئي يتكون في الطبيعة أو الغلاف الحيوي في أية منطقة من العالم سواء كانت برية أو مائية بأنه نظام بيئي متكامل إذا توفرت فيه جميع شروط إدامة الحياة وعملية التوازن البيئي المطلوبة لاستمرارها وهنا يجب أن تتوفر الأركان الأربعة الأساسية كما أسلفنا وهي :

- أ. المواد غير الحية .
- ب. الكائنات المنتجة .
- ب. الكائنات المستهلكة .
- د. الكائنات المحللة .

بحيث ينتج عن وجود هذه الأحياء عملية إنتاج حيوي للمادة الغذائية كي تنتقل بين مكوناته الحية وتنشأ من خلالها سلاسل غذائية مختلفة وعملية دوران للمادة العضوية من جهة وانتقال الطاقة الحرارية المتحولة من الطاقة الشمسية من جهة أخرى بحيث تضمن استقرار وتفاعل بيئي مستمر . وبعد الدراسات التي أجراها العديد من الباحثين وبشكل خاص الباحث Odum ، تبين أن خير مثال يدرس كنموذج لهذا النوع من الأنظمة هي البحيرات والبرك الحيوية والمستنقعات والغابات وغيرها من المواقع المستقرة ، وذلك لاحتواء هذه الأنظمة البيئية على جميع العناصر الحية وغير الحية بشكل يضمن انسياب الطاقة ودوران المادة بين مكوناتها بشكل متواصل . ونحن لغرض التبسيط هنا سنستعين بالنظام المائي المغلق الذي وصفه Odum عام 1971 كنموذج لدراسة الأنظمة المتكاملة كما في الشكل:



شكل: يبين بركة مائية *Biological Pond* .. (نظام بيئي متكامل)

### ثانياً . الأنظمة البيئية الناقصة *Incomplete ecosystems* :

تتكون في الطبيعة أنظمة بيئية تكون ناقصة لواحد أو أكثر من الأركان الأساسية التي ذكرناها في وصف النظام البيئي المتكامل ، وهذا النقص يكون إما بسبب التكوين الجيولوجي كما في قيعان البحار العميقة أو الكهوف ، أو الأحواض المائية الجوفية ، أو في المناطق الصحراوية الباردة والحارة ، أو قد يكون هذا النقص بسبب عامل بشري كعوامل التلوث المختلفة أو تدخل الإنسان ونشاطاته المختلفة التي تقضي على احد المكونات الأساسية للنظام البيئي سواء المنتجات ، أو المستهلكات أو المحللات ، أو عامل طبيعي كالضوء ، أو  $O_2$  أو الحرارة وغيرها ، عند ذلك يوصف هذا النظام البيئي بأنه نظام بيئي ناقص لأحد العوامل الحية أو غير الحية المهمة لإدامة الحياة ويصبح بذلك خلل في عملية التوازن البيئي وتصبح الكائنات الموجودة عبارة عن كائنات متخصصة لمثل هذه الظروف كما في الأمثلة التالية .

وجد الباحثون في مجال البيئة المائية مثلاً أن أقصى درجات اختراق الضوء لا تتجاوز أكثر من 600 قدم وفي العديد من محيطات وبحار العالم نجد أن العمق يصل كمعدل عام فيها 3000-5000 قدم وبذلك تتكون بيئات في الأعماق السحيقة (المناطق المظلمة) ، والقيعان تمثل بيئات متخصصة تكون الكائنات الحية فيها قادرة على المعيشة في الظلام وقلة  $O_2$  . ويجب أن تكون تغذيتها متخصصة كذلك لعدم وجود النباتات . ففي مثل هذه البيئة تختفي المنتجات والضوء ، ويصبح نظام بيئي ناقص لعامل حياتي ، وعامل فيزيائي . ويمكن أن توجد مثل هذه الأنظمة في مناطق الكهوف التي تمتلئ بالماء على مدار السنة من مياه الأمطار أو ذوبان الثلوج وتكون بيئات وجد فيها بعض الأسماك العمياء والضفادع وأنواع أخرى من الحشرات التي تستطيع المعيشة في أنظمة البيئية شبه معدومة الإضاءة وخاليه من النباتات المائية كذلك . من جانب آخر يمكن أن تنشأ الأنظمة الناقصة لفترة معينة من الزمن قد تستمر لفصل أو لعام أو أكثر كما في حالة إزالة الغطاء النباتي وحرق الغابات ومناطق الأحرار والأعشاب لغرض استثمارها في العمليات الزراعية من قبل الإنسان . حيث تبقى المحللات في التربة ، وقد تختفي المنتجات والمستهلكات لفترة تطول أو تقصر حسب طبيعة التأثير . ويمكن أن يحصل نفس التأثير في حالة انتشار الأوبئة والأمراض الفتاكة التي تقضي على الحيوانات البرية في مواسم محدودة بحيث تقضي على المستهلكات الأولية في هذا النظام وتبقى المنتجات والمحللات . أو التأثير يكون أحياناً بفعل ميكانيكي كما في حالة تنظيف الأنهار والقضاء على الترسبات القاعية ومجتمع الأحياء فيها ، حيث تسود المنتجات والمستهلكات وتندهر المحللات بمختلف مستوياتها . وقد ينشأ نظام بيئي ناقص في حالة حصول تسمم لمجتمع الأحياء وخاصة المستهلكات عند زيادة المواد الملوثة في الوسط المائي أو استخدام مبيدات الأعشاب التي تقضي على المنتجات النباتية ، كذلك فإن انخفاض درجات الحرارة شتاء في المناطق القطبية أو الجفاف المستمر في

المناطق الصحراوية تؤدي هذه العوامل إلى تكون أنظمة بيئية ناقصة للحيوانات أو المنتجات النباتية لعدة أشهر أو سنوات حسب طبيعة العامل ومدى استمراريته وتأثيره .



شكل: يبين كهف أو مغارة جبلية مظلمة (نظام بيئي ناقص) .

### ثالثا . الأنظمة البيئية الدقيقة (المؤقتة) **Micro ecosystems** :

يعرف هذا النوع من الأنظمة البيئية بأنه اصغر نظام بيئي يمكن أن يصنعه الإنسان أو يتكون في الطبيعة ولكنه محدود المساحة والموارد الغذائية ويمكن التأثير فيه وتغيير صورته عند تغيير عامل أو أكثر من العوامل الحية أو غير الحية وكذلك إعادة الحياة إليه مره أخرى بصورة سريعة . ويمكن أن نجد نوعين من هذه الأنظمة هي :

#### 1 . النظام البيئي الطبيعي الدقيق **Natural microsystems** :

تتكون مثل هذه الأنظمة على مساحات محدودة من الأرض وتحت ظروف خاصة مثل سقوط الأمطار أو تسرب المياه أثناء عمليات السقي والري الزراعي أو في أوقات ارتفاع مناسيب المياه وذوبان الثلوج وحدوث الفيضانات بمختلف أشكال المصادر المائية . حيث تتكون مواقع مائية صغيرة في الأجزاء المنخفضة من الأرض تنمو فيها الطحالب والنباتات المائية وتتكون عليها الحشرات ويرقات بعض الديدان أو تجلب معها بعض الأحياء والمكونات العضوية من المصادر المائية الأصلية . وتبقى مثل هذه الأنظمة لفترة محدودة من السنة كفصل الربيع أو الشتاء ثم تتعرض للجفاف والتدهور في أواسط أو نهاية فصل الصيف ، أو عند تدخل الإنسان أثناء قيامه بتعديل الأراضي للأغراض الزراعية أو عمليات المكافحة وردم البرك المتكونة وبذلك يتم القضاء على مثل هذه الأنظمة بسهولة .



شكل: يبين بركة مائية مؤقتة بعد الامطار ( نظام بيئي دقيق طبيعي) .

#### 2 . النظام البيئي الدقيق الاصطناعي **Microecosystem models** :

وهو النظام البيئي الذي يقوم الإنسان بصنعه (النماذج البيئية) إما لأغراض علميه كمختبرات الأبحاث لغرض السيطرة على عمليات النمو ودرجات الحرارة والمغذيات كما في عملية زراعة الأحياء المائية

الصغيرة كمزارع الطحالب النقية داخل دوارق زجاجية تحتوي على وسط خاص أو زراعة أنواع البكتريا أو تربية أسماك الزينة ونباتات الزينة داخل أحواض من الزجاج أو من اللدائن الشفافة والقابلة لنفاذ الضوء بمساحات محدودة تتراوح من 30×30 سم إلى 1×1 م مثلا حسب الرغبة والمساحة المتوفرة . أو تكون هذه الأنظمة لأغراض الإنتاج وتربية الأحياء الاقتصادية كما في مفاصص الأسماك حيث تحتوي على حاضنات في مرحلة البيض المخصصة إلى مرحلة تكون الأجنة ، بعد ذلك تنقل هذه الأجنة إلى أحواض بمساحة محدودة 3×5 م مثلا خاليه من الأحياء المنافسة وتحتوي على أغذية محددة وتخضع لنظام مائي مسيطر عليه توضع فيها (الزريعة) أو الأصبعيات حتى تصل عمر فسلجي وطول بين 1 : 2 سم ووزن 1 جم فما فوق يمكن نقلها بعد ذلك إلى المزارع السمكية الدائمة . ويمكن أن تكون مثل هذه الأنظمة اصطناعية ومغلقة ومحدودة الزمن كما في المركبات الفضائية حيث يخزن فيها O<sub>2</sub> ويثبت فيها CO<sub>2</sub> الناتج من الرواد والفضلات الأخرى وتحويلها إلى مواد غير سامه أو تدويرها لفترات زمنية حسب زمن الرحلة وخاصة في الرحلات الاستكشافية الطويلة الأمد . حيث تمثل هذه المركبة الفضائية نظام بيئي دقيق يحتوي ليس فقط على المواد غير الحية وطرق إعادتها ودورانها بل يشمل كذلك العمليات الحيوية للإنتاج والاستهلاك والتحليل التي تسير بشكل متوازن بواسطة المركبات الحية أو بدائلها الآلية .



شكل: حوض تربية اسماك ونباتات الزينة ( نظام بيئي دقيق اصطناعي) .

#### 4 . أهمية دراسة الأنظمة البيئية :

- إن عملية دراسة وتحليل المكونات الأساسية للأنظمة البيئية تحقق العديد من الأهداف والتطبيقات التي يستند إليها الباحث البيئي في معرفة ما يمكن أن يحصل من تغيرات بيئية من خلال متابعة العلاقات التالية:
- 1- أن دراسة الأنظمة البيئية تساعد الباحثين على متابعة عملية سريان وانسياب وتوزيع الطاقة الشمسية من خلال متابعة عمليات التثبيت العضوي لهذه الطاقة في عملية صنع الغذاء في المنتجات والانبعاث الحراري (الحرارة المنعكسة من سطح الأرض والأجزاء غير الحية في البيئة) أو المنبعثة إلى الوسط البيئي نتيجة للنشاط الايضي لمختلف الأحياء .
  - 2- التعرف على التنوع الحيوي ومدى انتشار الأنواع الحية والتباين بين أعدادها من خلال تحليل هذه الأنظمة ومعرفة الأنواع السائدة الوفيرة ، الشائعة ، النادرة ، أو النادرة جدا ، من خلال معرفة مقدار تكرار كل نوع على المجموع الكلي لمجتمع الأحياء الموجود في النظام البيئي .
  - 3- مساعدة الباحثين البيئيين وغيرهم من المهتمين بشؤون البيئة على التنبؤ بما سوف يحصل على مستوى الأنظمة البيئية أو الأقاليم الحيوية ، وذلك من خلال مراقبة وتتبع المتغيرات الصغيرة والشاملة على مستوى الإنتاج والاستهلاك والتحلل من جهة وهجرة وحركة الأحياء وعناصر البيئة من جهة أخرى .
  - 4- إمكانية عمل نماذج رياضية تعتمد على التخطيط والإحصاء الحيوي للتعبير عن المتغيرات التي ذكرناها أو لوضع خطط مستقبلية لتطوير عمل هذه الأنظمة البيئية وتحسين أداؤها من خلال وضع برامج رياضية بيئية للعديد من العلاقات كمنو السكان ومصادر الغذاء والتوسع بالغطاء النباتي وكمية المغذيات والمياه وعلاقتها بالغطاء النباتي وعمليات التلوث وعلاقتها بانتشار الأوبئة البيئية وعلاقة هذه العوامل مع الانفجار السكاني في المدن وغيرها من العلاقات.

## محاضرة (5) الطاقة وسلاسل الغذاء

مفهوم الطاقة في البيئة concept of energy

سلاسل الغذاء Food chains

شبكات الغذاء Food webs

المستوى الغذائي Trophic level

الكفاءة البيئية Ecological efficacy

### مفهوم وخصائص الطاقة :

أن أبسط تعريف وضع من قبل علماء الفيزياء للطاقة هو (أنها القدرة على إنجاز شغل أو عمل) وقد وضعت العديد من القوانين والقواعد العلمية لتفسير هذه القدرة على التحول من شكل إلى آخر من أشكال الطاقة كتحويل الإشعاع إلى حرارة ، والحرارة إلى طاقة حركية أو تفاعلات متواصلة في الطبيعية . واهم هذه القوانين هي قوانين الديناميكية الحركية Thermo-dynamics المتمثلة بقوانين حفظ المادة والطاقة حيث ينص القانون الأول والذي عرف بقانون القوة الحرارية الحركية الأول The first law of thermodynamic وينص على أن الطاقة لا تفنى ولا تخلق من العدم ولكنها يمكن أن تتحول من شكل لآخر ، أما القانون الثاني The second law of thermodynamic فينص على أنه لا يمكن لأية عملية تحول في الطاقة أن تحصل تلقائياً (أي خلال الفراغ) ما لم يكن هنالك عملية انحلال degradation لهذه الطاقة من الشكل المركز إلى الشكل المتفرق . كما في عملية انتقال الحرارة العالية من أية جسم أو مصدر إلى الأجسام المجاورة أو الهواء المحيط بالجسم ولكن بشرط توفر عامل الملامسة أو الاحتكاك بين ما هو ساخن وما هو بارد وأن عملية الانتقال تستمر إلى أن يتم التوازن الحراري بين الجسمين أو الوسطين المتجاورين .

وبمعنى أشمل لتفسير هذه القوانين نستنتج بأن الطاقة يجب أن يكون لها مصدر مجهز لهذه الطاقة ، وعملية انتقالها تتطلب توفر وسط ناقل لهذه الطاقة ، ماء ، هواء ، ترابه ، أو أجسام الكائنات الحية ، أو أي وسط بيئي معين ، وبصورة أدق فإننا نتكلم عن العلاقة بين الطاقة مهما تنوع مصدرها وبين الأنظمة البيئية المختلفة في الغلاف الحيوي التي تحتوي على هذه الأوساط الناقله للطاقة وتحولاتها ، أي عملية انسياب الطاقة Energy flow ضمن مكونات النظام البيئي . ومن خلال الدراسات التي قام بها الباحثون في هذا المجال وجدوا بأن عملية التدفق هذه لا تكون فعالة 100% ، لأن الأنظمة البيئية ومكوناتها الحية وغير الحية تمتلك خصائص المقاومة الحرارية والقدرة على ما يسمى بالطاقة غير المستفادة (Entropy) أي إحداث الخلل في المقياس الكمي للطاقة من خلال هدر جزء منها ، أو الطاقة الضائعة التي تنعكس أو تنتشت من على الأجسام . أن هذه العلاقة بحد ذاتها تبين مدى الارتباط الوثيق بين علم الفيزياء وعلم البيئة وتطبيقاتهما في الحياة بمختلف صورها من جهة ، والقدرة على تفسير أوجه التغيير في أشكال هذه الطاقة من جهة أخرى ، هذا التغيير الذي يكون مصاحباً لمظاهر الحياة المتنوعة ، كالنمو ، التكاثر ، التنفس ، هجرة الأحياء ، تبدل الكثافة والوفرة في الجماعات السكانية ، والتبدل بشكل الغطاء النباتي وغيرها من المظاهر الحيوية . لذلك يشير علماء البيئة إلى أن الكائنات الحية تشكل مع بيئتها غير الحية (نظام متداخل) غير قابل للانفصال ويؤثر بعضه على البعض الآخر ، وأن هذا التفاعل بين الجزء الحي (الكائنات) والجزء غير الحي (الوسط) أو البيئة الفيزيائية يؤدي إلى تدفق الطاقة وينتج عنه تركيب غذائي ، وتنوع حيوي ، ودوران للمادة العضوية بين مكونات هذا النظام الديناميكي . وبمعنى آخر أن جميع المظاهر المتنوعة للحياة على سطح الكرة الأرضية تكون مصحوبة بتغيرات بشكل الطاقة وكميتها على الرغم من عدم امكانية فنائها أو استحداثها وتوضح هذه الصورة من خلال متابعة مسار الطاقة الشمسية المجهز الرئيسي للطاقة في النظام الكوني أو ما يعبر عنه بيئياً ببيئة الطاقة The energy of environment ، حيث تبلغ كمية أو كثافة الإشعاع الشمسي قمة الغلاف الجوي من قرص الشمس من خارج جو الأرض Extra Terrestrial 2 جم /سعر/سم<sup>2</sup> دقيقة ، أو ما يسمى بالثابت الشمسي Solar constant والذي يقطع أثناء سيره ووصوله الأنظمة الحيوية لسطح الأرض مسافة كبيرة جداً تقدر بحوالي 150000000 كيلو متر وقدرت سرعة اختراقه الغلاف الجوي بحوالي 300000 كم/ الثانية ، ولذلك فإنه سوف يتعرض إلى اعاقه وتشتت وامتصاص



من خلال مكونات الغلاف الغازي وخاصة في طبقتي الستراتوسفير والتروبوسفير Stratosphere and Troposphere بشكل رئيسي لأنهما تحتويان على الأوزون O<sub>3</sub> وجزيئات الغبار والأكاسيد ونسبة قليلة جدا من بخار الماء في الأولى ، والغيوم وبخار الماء ومكونات الهواء الأساسية في الثانية (التروبوسفير) وعملية الإعاقة هذه التي ذكرناها تخفف الإشعاع الشمسي بحيث يقدر ما يصل منه الى سطح الأرض بحوالي 67 % أي يصبح بمقدار 1.34 جم سعر/سم<sup>2</sup> الدقيقة ، هذه النسب قدرت من قبل الباحث 1965 Gates على أساس إن الإشعاع يسير خلال أجواء مشمسة وسماء صافية وحسبت الكمية أثناء فترة الظهيرة في فصل الصيف . واذا علمنا بأن هنالك تباين كبير في سطح الكره الأرضية من حيث تكوينها الطبوغرافي وتنوع غطائها النباتي وتوزيع المسطحات المائية واليابسة عليها الأمر الذي يجعل كميات البحر وعمليات النتح ومعدلات الرطوبة والتكثيف متباينة في أقاليمها الحية المختلفة بالإضافة الى عوامل تتعلق بزواوية سقوط الإشعاع وطول النهار وكمية الإشعاع المنعكس ، كلها عوامل تؤثر بشكل مباشر على مقدار الطاقة الشمسية الواصلة الى كل جزء من أجزاء البيئة رغم انطلاقها من مصدر واحد هو الشمس ، ويشير الباحث 1977 Odum استنادا الى دراسات قام بها الباحثان Reifsnyder and Lull بأن التزود اليومي من الطاقة الواصلة الى نظام ذاتي التغذية يمكن ان تتذبذب ما بين 300-400 جم سعر/سم<sup>2</sup> في المناطق المعتدلة الشمالية مثلا ، وهذا التباين يعود الى الطريقة التركيبية للمؤثر الشمسي حيث أنه يتكون من عدة أطوال موجيه يطلق عليها المجموعات الأساسية للإشعاع الشمسي وتشمل:

1. الأشعة الضوئية (المرئية) Visible light وهي مجموعة الأشعة الشمسية التي تستطيع العين البشرية تمييزها ، حيث تتراوح أطوالها الموجية بين : 0.4 - 0.7 ميكرومتر أي (400-700 نانومتر) ، وتعتبر أهم أنواع الأشعة الشمسية لأنها تكون ألوان الطيف الشمسي ، وتكون اقصرها الأشعة البنفسجية 0.4 ميكرومتر وأطولها الأشعة الحمراء 0.7 ميكرومتر أما الإشعاعات الأخرى الخضراء والبرتقالية فتقع بين 0.5 ، 0.6 ميكرومتر ، وتعتبر هذه الأشعة من أهم مجاميع الإشعاع الشمسي لأنها تقع ضمن المدى المؤثر على جميع العمليات الحيوية كالتمثيل الضوئي والتأثير الكيميائي الضوئي والانتقاء الضوئي والرؤية في الحيوانات بالإضافة الى انها تشكل أكثر من 43 % من مجموع الإشعاع المنطلق من قرص الشمس .
- 2- الأشعة تحت الحمراء Infra-red Radiation (IR) يمثل هذا النوع من الأشعة الأشعة الحرارية من الطيف الضوئي ، وتمتاز الأشعة تحت الحمراء بأطوال موجية كبيرة مقارنة بالموجات الضوئية في النوع الأول وتبلغ أطوالها ما بين 0.7-0.9 ميكرومتر (700-900 نانومتر) وتعمل هذه الأشعة على حفظ التوازن الحراري بين غلاف الأرض والغلاف الغازي وتشكل حوالي 51% من مجموع الإشعاع الشمسي . ولهذا النوع من الاشعة اهمية كبيرة في تعقيم مكونات الغلاف الحيوي من الجراثيم الممرضة .
- 3- الأشعة فوق البنفسجية Ultra-violet Radiation (UV) وهي الأشعة التي تكون موجاتها الكهرومغناطيسية موجات الإشعاع الشمسي التي تصل الى سطح الأرض حيث تتراوح أطوالها بين 0.14-0.4 ميكرومتر (100-400 نانومتر) . وتشكل ما مقداره 6-7 % من مجموع الإشعاع الشمسي . ولكن يصل منها جزء بسيط جدا الى سطح الأرض بسبب حجز الجزء الأعظم منها بواسطة طبقة الأوزون Ozoneosphere الموجودة ضمن طبقة الاستراتوسفير Stratosphere .
- 4- الإشعاعات الأخرى وتشمل هذه المجموعة موجات الأشعة السينية X-ray وأشعة جاما γ-ray والموجات الراديو . وتشكل هذه الإشعاعات مجتمعة ما مقداره 1% من مجموع الإشعاع الشمسي . لهذا فإن ما يعانیه الإشعاع الشمسي من تخفيف كما ذكرنا سابقا بواسطة الغازات الجوية ، الغبار والجسيمات العالقة ، الغيوم ، بخار الماء وغيرها من العوامل في طبقات الغلاف الغازي تعتمد بالدرجة الأساسية على طبيعة تكرار وطول الموجه الإشعاعية الصادرة من الشمس ولذلك فإن ما يصل مثلا من الأشعة فوق البنفسجية ، المرئية ، وتحت الحمراء ليوم صيفي مشمس مثلا يتراوح بين 10% ، 45 % من قيمتها على التوالي ، كما أثبتت الدراسات بأن الإشعاع غير المرئي هو الأكفأ بين هذه الموجات بالوصول الى سطح الأرض لأنه يستطيع اختراق السحب وبخار الماء الموجود في الجو

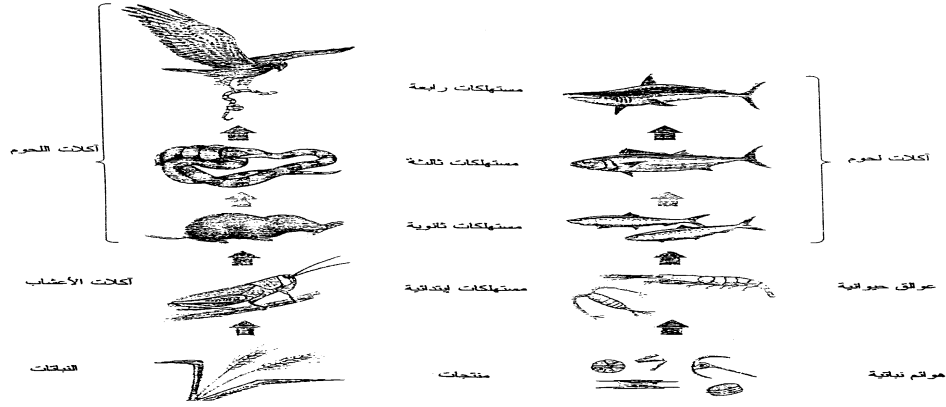
حتى في حالة الجو الغائم او خلال الماء في المسطحات المائية ويكون عاملا أساسيا في تشكيل المكون الثاني لطاقة البيئة (الإشعاع الحراري Thermal Radiation) وينبعث هذا الإشعاع الحراري المنعكس من الأجسام وسطوحها عندما تكون درجة حرارة هذه الأجسام فوق الصفر المطلق ، وتنعكس هذه الأشعة في جميع الاتجاهات من سطح الأرض ، المياه ، الأجسام غير الحية والغيوم ، لتصل إلى النظام البيئي ولذلك فإن هذا الإشعاع يكون صاعدا ونازلا بينما الإشعاع المرئي يكون موجها بشكل نازل على سطح الأرض ويحصل أثناء النهار أي أثناء ساعات السطوع الشمسي بينما تتعرض الأحياء والبيئة لإشعاع حراري لمدة 24 ساعة . وهو يمتص من قبل الكتلة الحية بدرجة اكبر بكثير من امتصاص الإشعاع الشمسي .

**لذلك فإن النوع الأول ( الإشعاع الضوئي ) هو المهم بمفهوم الإنتاجية الحيوية وتدوير المغذيات ضمن الأنظمة البيئية المختلفة ،** بينما يكون الشعاع الحراري مهما في تحديد (ظروف البقاء وتكيف الأحياء المختلفة) لأنه يدخل في عمليات تبخر المياه وتوليد الرياح ، تسخين سطح الأرض والمحافظة على التوازن الحراري المطلوب لإدامة الحياة وفقا لمبدأ الثبات Stability principle ، الذي يشير إلى أن حصول أي جسم في البيئة على كمية من الطاقة يؤدي الى حدوث تغير مستمر حتى حصول وضع من التوازن الثابت نتيجة لعمل آلية الاستتباب الذاتي لذلك الوسط Homeostasis . حيث تشمل هذه الآلية محاولة إعادة أي نظام بيئي يتعرض الى تغير إلى وضعه الطبيعي من خلال التنظيم الذاتي لأفراده أو مكوناته غير الحية (المخزون العضوي) لهذا النظام عند تغير الظروف البيئية المحيطة به . ومن خلال العديد من الدراسات استطاع الباحثون متابعة دوران وانسياب الطاقة الشمسية والحرارية ضمن مكونات الأنظمة البيئية المختلفة وإعطاء تفسيرات مقنعة لكيفية حصول هذا التوازن الحراري في مكونات الغلاف الحيوي Biosphere وذلك من خلال حساب ما يسمى بالثابت الشمسي Solar constant ، أي معدل كمية الإشعاع الشمسي الساقط على الحد الخارجي للغلاف الجوي بما يتناسب مع شكل الأرض وزاوية السقوط على الشكل الكروي ، وقد أمكن تقدير طاقة الشمس على مجموع المساحة الخارجية للأرض  $3.67 \times 10^{21}$  سعر/اليوم ولكن ما يستلم في حقيقة الأمر من مجموع الإشعاع الشمسي على سطح الأرض لا يتجاوز  $0.5 \times 10^9$  سعر/اليوم وتتنوع هذه الإشعاعات التي ذكرناها وتنعكس وتمتص وتتشتت بين الغلاف الغازي وغلاف الأرض. (السلمان وآخرون 2007).

## ثانيا . سلاسل الغذاء Food chains :

يطلق على عملية انتقال الطاقة الغذائية ، المصنعة بعملية التثبيت العضوي في النبات إلى المستهلكات الأولية ومنها إلى الثانوية التالية وهكذا صعودا إلى المحلات بطريقة الانتهاج المباشر أو الترمم بالسلاسل الغذائية .

والسلسلة الغذائية Food chain في حقيقة الأمر هي مخطط توضيحي لسريان الطاقة الغذائية خلال مكونات النظام البيئي كما بينا ذلك سابقا ويمكن التعبير عنه بالشكل المبسط التالي :



ومن هنا نجد ان أفضل السلاسل الغذائية طاقة هي السلاسل العشبية واقلها طاقة هي سلاسل التطفل . وهذا ما يجعل السلاسل الغذائية البرية ذات أكبر طاقة ومادة عضوية من السلاسل المائية وهذا يعود لأسباب عديدة منها :

1. أن السلاسل الغذائية البرية تحصل على الطاقة مباشرة من الضوء المرئي للأشعة الشمسية بينما المائية تحصل على كمية محدده من الضوء الذي يستطيع اختراق الجسم المائي وهذا يعتمد على العديد من العوامل ، كالعكارة وشفافية الماء وعمق المياه ومدى التلوث وغيرها من العوامل .
2. النباتات البرية تحصل على المغذيات النباتية من التربة التي تكون المصدر الرئيسي لأغلب العناصر المغذية والمعادن الهامة عن طريق المجموع الجذري بشكل مباشر عند توفر الماء بينما لا تكون المغذيات دائما متوفرة للنبات المائي وخاصة عندما يكون طافي ، أو نصف غاطس ، او عالق في الجسم المائي ، بل تخضع هذه المغذيات الى قوانين الطفو والغطس والترسيب والإذابة حسب حجم ووزن جزيئاتها .
3. السلاسل الغذائية البرية في الغالب تكون قصيرة ويمكن التحكم بها من قبل الإنسان والحيوانات ذات الصفة الإقليمية والسيادة البيئية وذلك بتحديد مصادر غذائها وحمايتها من الآخرين ، بينما تكون السلاسل المائية طويلة ومتفرعة بالنظر للتنوع الحيوي الهائل داخل الماء ، حيث تشير الدراسات الى أن أكثر من 95% من الحيوانات تعيش في الوسط المائي ولذلك يجب ان تعتمد على بعضها البعض في التغذية . وفي الطبيعة نجد العديد من الأمثلة على السلاسل الغذائية منها القصيرة والمستقيمة ومنها السلاسل الطويلة والمتفرعة كما في الأمثلة التالية :

**أعشاب برية - حشرات ، أو أعشاب - طيور ، أو أعشاب - الخنازير .**

وعندها تكون السلسلة قصيرة وعالية الطاقة في حالة عدم تعرض كل من هذه المستهلكات الى عمليه افتراس ويمكن ان تصبح السلسلة :

**أعشاب -- حشرات - طيور - طيور مفترسة - ثعالب - اسود - طفيليات .**

عندها تصبح السلسلة طويلة ومكونه من 7- 8 مستويات من التغذية ، كذلك يمكن أن نجد السلسلة متفرعة في البيئة البرية :

**طيور - ثعالب - اسود - طفيليات** ←  
**أعشاب ← حشرات - طيور - طيور مفترسة عليا - طفيليات طيور**  
**أعشاب - حشرات - طفيليات** ←

أو في البيئة المائية :

**حشرات مائية - طيور - جلب الماء** ←  
**طحالب ← قشريات صغيرة - وكبيرة - اسماك صغيرة - اسماك كبيرة - الإنسان**  
**اسماك صغيرة - طيور مائية - الإنسان** ←

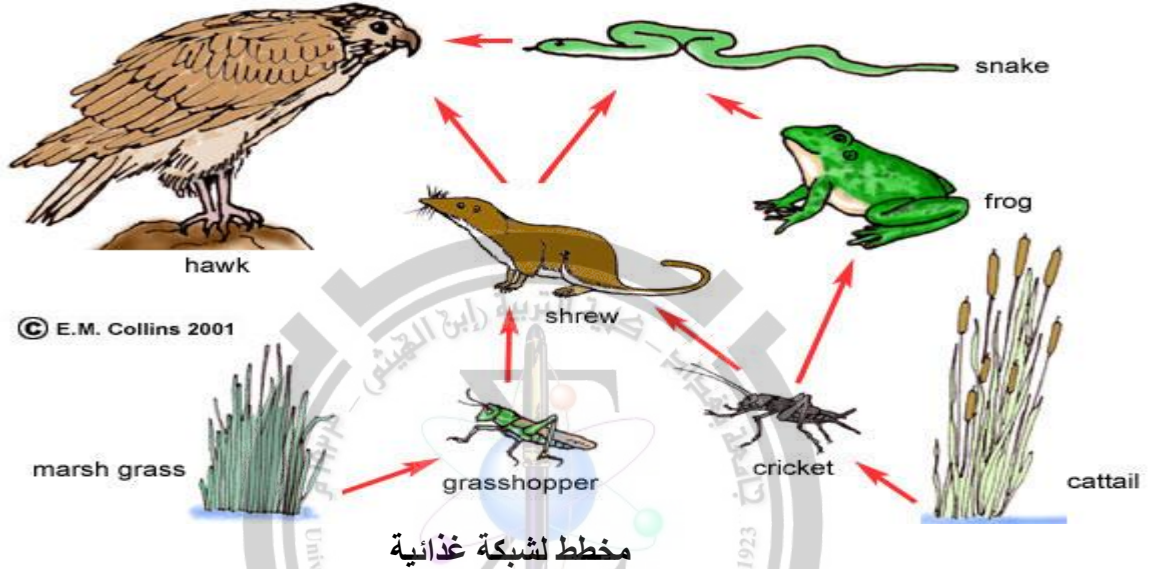
**تقسيم السلاسل على اساس العلاقات الغذائية:**

تقسم السلاسل الغذائية الى عدة انواع على اساس طريقة الحصول على الغذاء والعلاقة بين الاحياء في طريقة التغذية على بعضها البعض، حيث تعتبر الكائنات ذاتية التغذية (Autotrophic) هي قاعدة السلسلة الغذائية في أي نظام بيئي ، تتغذى عليها الحيوانات آكلة الأعشاب والحشائش والأجزاء النباتية المختلفة ، وتقوم بتحويل الطاقة المخزنة على شكل مادة عضوية في أجزاء النبات الداخلة في غذائها وتحويلها إلى طاقة مخزونة في أنسجة الجسم المختلفة ، وهذه تسمى بالسلسلة الرعوية grazing food chain . وهذه الحيوانات تصبح غذاء لحيوانات أخرى وتأخذ الطاقة التي خزنت في أنسجتها الحيوانية لتحويلها إلى طاقة ومواد عضوية جديدة تخزن في أنسجتها ، وتسمى هذه السلسلة الغذائية بسلسلة الافتراس predator food chain . وتتكون هذه السلسلة من مستهلك أول أو ثاني أو ثالث حتى تبلغ مستوى المستهلكات العليا Top consumers ، كذلك يظهر نوع آخر في العلاقة الغذائية في حالة المستهلكات والمفترسات العليا التي لا توجد لها مفترسات في البيئة فهي اما ان تموت وتتحلل وتتغذى عليها الكائنات الناضحة Osmotrophs او المحلات كالبكتريا والفطريات وتعيد محتوياتها للتربة وتنشأ حينها السلسلة الغذائية الحطامية أو الرمية detritus food chain أو تتطفل عليها طفيليات داخلية أو خارجية وتحصل على كميته محدودة من الطاقة نتيجة لتعقد السلسلة الغذائية . كما يظهر نوع آخر من الطفيليات على النباتات وبذلك تحصل على كميته كبيرة من الطاقة من مصدرها المباشر ، وقد يحصل ان تتطفل مجاميع أخرى من الطفيليات على هذه

الطفيليات النباتية والحيوانية وتعمل على تدميرها والاستفادة من الطاقة الغذائية الموجودة فيها ومهما يكن شكل العلاقة هنا فإن السلسلة الغذائية تسمى بالسلسلة الغذائية الطفيلية (Parasitic) food chain .

### الشبكة الغذائية: Food web

وهي عبارة عن مجموع تداخل مكونات السلاسل الغذائية بين الأحياء على شكل شبكة متداخلة من العلاقات السلبية والايجابية من اجل الحصول على الغذاء وتأمين تدفق الطاقة اللازمة لإدامة الحياة ، ويطلق على هذا التداخل والتشابك بين السلاسل الغذائية في البيئة مفهوم شبكات الغذاء أو الشبكة الغذائية.



### الكفاءة البيئية:

ويمكن حساب الكفاءة البيئية Ecological Efficiencies لأي مستوى غذائي في اية سلسلة غذائية (والتي تعني من وجهة نظر بيئية بأنها النسبة المئوية من الكتلة الحية Biomass التي يتم نقلها من أية مستوى غذائي إلى المستوى الغذائي الذي يليه) وفق المعادلات التالية والتي وضعها الباحث Smith 1980 وطورها الباحث Sakalov 1996 :

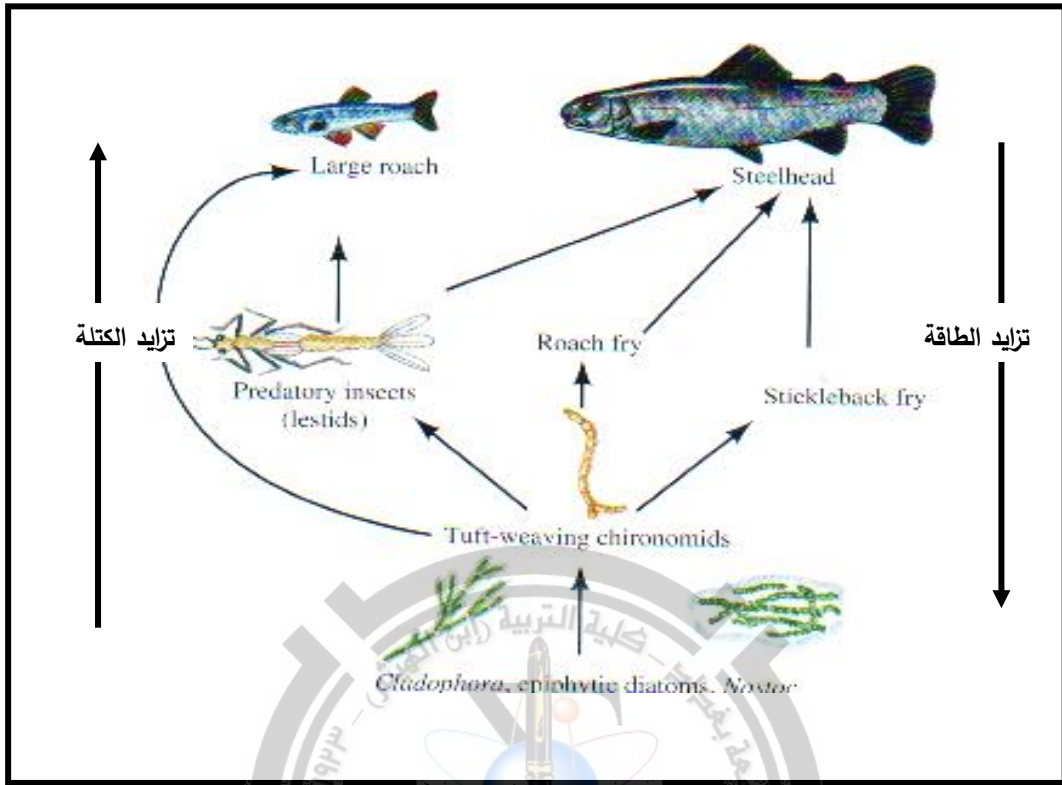
مقدار الطاقة الواصلة لأي مستوى (n - 1)

= الكفاءة البيئية

الطاقة المأخوذة من المستوى (n)

حيث أن n تمثل المستوى الغذائي و (n-1) هو المستوى الذي يلي المستوى المنتقلة منه الطاقة . فمثلا إذا كان النبات يمثل مستوى أول (n) فإن المستهلك الأول أكل النبات يكون (n+1) أما إذا كانت العلاقة بالعكس من الأعلى الى الأسفل تصبح (n-1) .

وقد أثبتت الدراسات بأن الكفاءة البيئية تختلف باختلاف النوع البيولوجي والجماعة السكانية بسبب تباين كفاءة الأنواع المكونة لها من حيث العمر الفسلجي ، نشاط الأيض ، الكتلة الحية والفعالية البيئية والمركز البيئي وغيرها من الصفات التي تؤثر على أداء عمل الجماعة . وبالتالي تؤثر على كفاءة المجتمع الحيوي Biocommunity فمثلا وجد في البحوث التطبيقية بأن اللافقاريات أكفأ من الفقاريات في مقدار تحويل الطاقة التي يتم تخزينها في الأنسجة الجسمية ، والأولييات أكثر كفاءة من اللافقاريات العليا ، وهكذا تزداد هذه الفعالية كلما كان الكائن الحي في بداية السلسلة الغذائية ، وكما يلاحظ في الشكل (5-9) التالي :



## الإنتاجية الحيوية *Biological Productivity*

1. الإنتاجية وعلاقتها بالطاقة البيئية
2. الإنتاجية الأولية والإجمالية
3. إنتاجية المجتمع الحيوي
4. مستوى الإنتاجية بين النظم البيئية
- 5- العوامل المؤثرة على الإنتاجية الحيوية
- 6- طرق قياس الإنتاجية الحيوية
- 7- تطبيقات بيئية لتطوير وزيادة الإنتاجية

### أولا . مفهوم الإنتاجية الحيوية *Concept of productivity* :

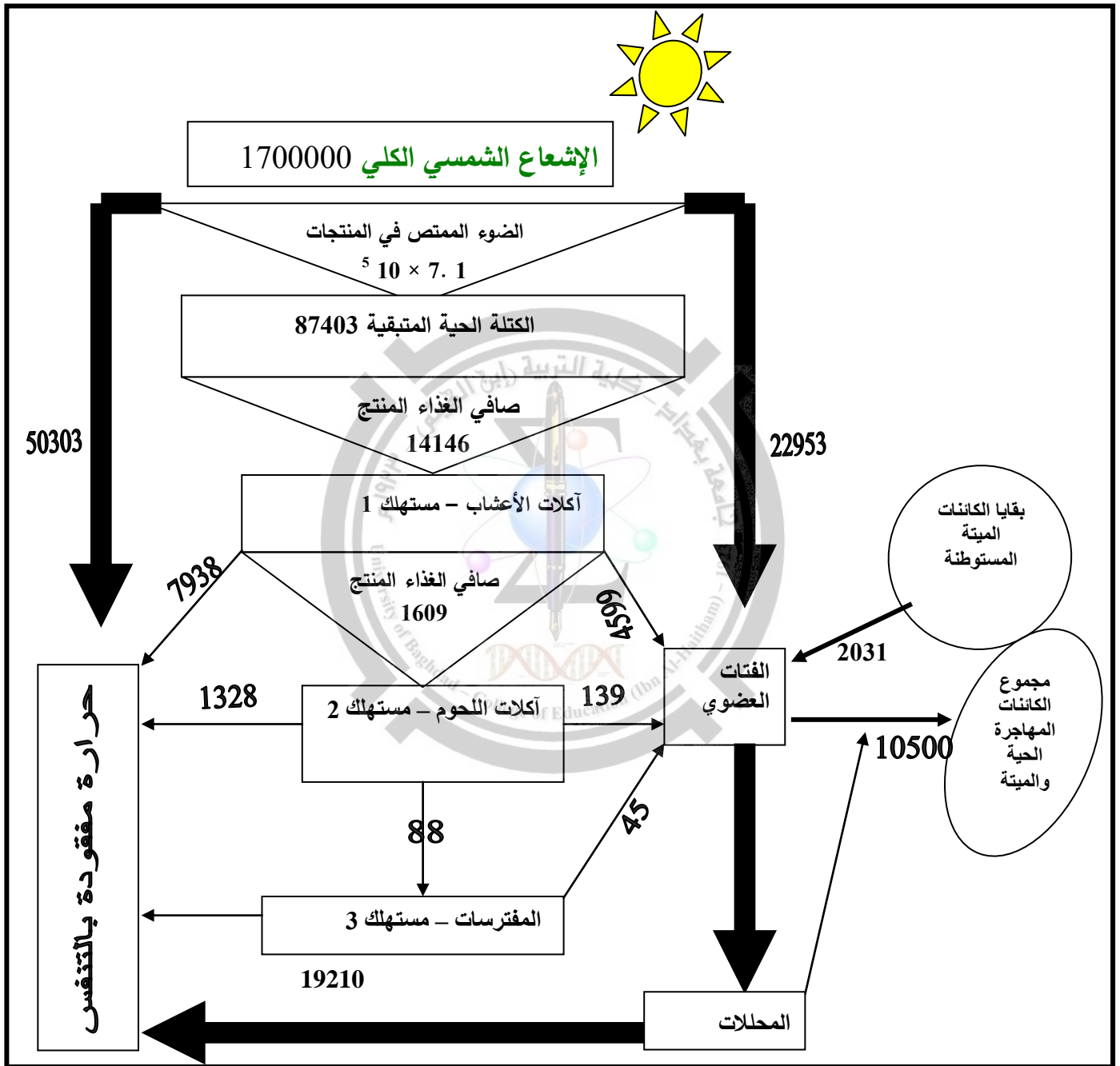
يعرف علماء البيئة وعلماء الحياة مفهوم الإنتاجية البيولوجية الأولية أو الأساسية *Basic or primary productivity* لأي نظام بيئي أو مجتمع حيوي أو جزء منهما بأنها المعدل الذي تخزن فيه الطاقة الإشعاعية *Solar radiation* بواسطة عملية البناء الضوئي *Photosynthesis* والتركييب الكيميائي للكائنات المنتجة *Producers* وبصوره رئيسية (النباتات الخضراء) على شكل مادة عضوية يمكن استخدامها كمصدر أو مادة غذائية من قبل الأحياء الأخرى . ومن خلال التعريف نلاحظ أن الباحثين في مجال البيئة يؤكدون على حساب المعدل العام للإنتاج الحيوي وهذا يعني حساب الزمن الذي تجري فيه هذه العملية الحيوية ، وأن تلك العملية تحصل بدرجات متفاوتة في المنتجات المختلفة وتتأثر بالعوامل المرتبطة بالكائن الحي من جهة وخصائص الوسط البيئي من جهة أخرى . حيث وكما أشرنا سابقا في موضوع الطاقة بأن النباتات سواء البرية منها أو المائية تحتوي على صبغات تمثيلية متباينة تختلف في قدرتها على امتصاص وتثبيت الضوء . كما أن عملية البناء الضوئي ذاتها تشترك فيها عوامل أخرى منها الماء  $H_2O$  وثاني أكسيد الكربون ، والعناصر المغذية الأساسية في التربة . لذلك فالإنتاج الحيوي هو عبارة عن عملية مستمرة ترتفع أو تنخفض قيمها استنادا إلى المعطيات التي ذكرناها بالإضافة إلى طبيعة العمر الفسلجي للكائن الحي ، فهو يكون عالي الإنتاج في السنوات المبكرة إذا كان معمرا أو الأيام الأولى إذا كان ذو دورة حياة محدودة (كالنباتات الحولية أو الطحالب ، والأعشاب الفصليّة وغيرها) ويصبح قليل الإنتاج عندما يتقدم بالعمر أو تقل مادته الخضراء لأي سبب من الأسباب .

وعلى هذا الأساس يؤكد علماء البيئة على ضرورة التفريق بين مفهوم الإنتاج كمفهوم مجرد (*Yield*) ومفهوم الإنتاجية . فالأول سواء كان كيميائي أو صناعي ، هو عبارة عن عملية محسوبة تبدأ برقم وتنتهي برقم ، أو تفاعل تشترك فيه عدة مواد وعناصر تنتج كميته معينه على أساس القوانين الكيميائية والفيزيائية الخاصة بذلك . كأن نقول ان هذا المصنع ينتج (ألف قطعة من اللدائن المختلفة) وتحتاج لإنتاجها على سبيل المثال ثلاثة أطنان من الحبيبات من المطاط الصناعي ، وكمية من المواد الملونة ومواد مثبتة ودرجات حرارة محدودة وهكذا فهذا يسمى أنتاج *Yield* . اما في البيئة ومجتمعاتها الحية فإننا نحسب

الإنتاجية الحيوية من خلال حساب إنتاجية النوع الواحد أو مجموع الأنواع المكونة لهذا المجتمع الحيوي خلال فترة معينة من الزمن وذلك بحساب كمية المادة العضوية التي قام النظام البيئي وأفراده بتثبيتها في أنسجة كائناته المنتجة على شكل غذاء عضوي ( $C_nH_nO_n$ ) حيث (n) هنا ترمز الى عدد الذرات وطبيعة المركب العضوي المثبت خلال ساعات سطوع الشمس وتوفر الطاقة الشمسية أو عن طريق أكسدة المركبات كما تعمل بعض أنواع البكتريا التي سيتم شرحها لاحقا . وهنا يجب ان نحسب معدل الإنتاجية بوحدة الزمن المستغرق للتثبيت فنقول كمية الإنتاجية في اليوم أو الأسبوع أو السنة وهكذا . وهو عملية حيوية مستمرة طوال فترة الحياة لأنها تحصل في الكائنات المنتجة التي هي جزء أساسي من السلاسل الغذائية الموجودة في البيئة .

كذلك يرى علماء البيئة ضرورة أن يفرق الدارسون والباحثون في مجال علم البيئة بين مفهومين آخرين هما الكتلة الحية Biomass أو المحصول الراهن Standing crop لأن هذه الكتلة المحسوبة في عالم الأحياء المعتمدة التغذية Heterotrophic organisms هي عبارة عن استهلاك للمادة العضوية التي تحصل عليها هذه الأحياء من المنتجات ، وأثناء تكون تلك الكتلة الحية يتحول قسم كبير من هذه المادة العضوية الى طاقة حرارية ويبقى الجزء الأصغر منها على هيئة طاقة كيميائية كامنة في بروتوبلازم الخلايا الجديدة المضافة لجسم الكائن ، وأن هذه الخسارة بالطاقة التي هي بمعناها الحيوي (الإنتاجية البيولوجية الأولية الصافية NPP) تحصل بكل خطوة انتقال عبر السلاسل الغذائية التي تم وصفها في السابق . وما يؤكد هذه الحقيقة ما قام به الباحث Odum عام 1971 من دراسات تطبيقية لحساب الخسارة في الطاقة المتحولة الى كتله حيوية من خلال متابعة كمية الطاقة الساقطة على منطقة ينابيع سيلفر المائية في ولاية فلوريدا الأمريكية كما يظهر في الشكل التالي:





شكل: يبين سريان الطاقة والعلاقة بين الإنتاجية الأولية والكتلة الحية والطاقة المفقودة بالتنفس .

ومن خلال متابعة الشكل أعلاه نجد أن كمية السرعات الحرارية الساقطة الى هذا النظام البيئي كانت بحدود 1700000 كيلوسعر يتم تثبيت ما مقداره 8833 كيلو سعر/م<sup>2</sup>/السنة في المنتجات الأولية (النباتات الخضراء) وهي تمثل صافي الإنتاج الذي وجده الباحث في أجسام النباتات (المعدل العام) للإنتاجية ، اما الجزء الباقي من السرعات تتوزع على جزئين ، جزء استهلك في التنفس وإدامة النشاطات الأيضية وبلغ 11977 كيلوسعر/م<sup>2</sup> ، بينما الجزء الآخر ويمثل 5465 كيلوسعر/م<sup>2</sup> كان على شكل طاقة مفقودة من أجسام النباتات على شكل مخلفات (أوراق متساقطة ، ثمار ، أزهار ، أجزاء من الساق ، الجذور ، تتحلل بواسطة الأحياء المجهرية وتتحول الى مواد عضوية يحملها تيار الماء الى مواقع أخرى) . وعند حساب الطاقة والكتلة الحية في المستوى الثاني ، الحيوانات آكلات الأعشاب (المستهلكات الأولية) وجد أن الغذاء الذي استهلكته كان فقط 3368 كيلوسعر/م<sup>2</sup>/السنة وان مجموع صافي إنتاجيتها كان 1478 كيلوسعر/م<sup>2</sup> السنة وباقي الغذاء والسرعات توزعت كطاقة مفقودة للتنفس وكانت بمقدار 1890 كيلوسعر و 1095 كيلوجرام مخلفات جانبية طرحت للبيئة المجاورة ، على شكل مخلفات سائلة او صلبة مثل القشور والأصداف والزوائد جسمية ، وغير ذلك .

وعند متابعة مسار انتقال الطاقة ومقدار الاستهلاك في المستوى الثالث (آكلات الحيوانات الدنيا) أي المستهلكات الثانوية نجد ان مستوى استهلاك الطاقة كان فقط 383 كيلوسعر/م<sup>2</sup>/السنة وكانت الطاقة المفقودة في التنفس 316 كيلوسعر وكان صافي الإنتاجية 67 كيلوسعر/م<sup>2</sup>/السنة . وعند الانتقال الى المرحلة الرابعة (المستهلكات الثالثية) نجد أن هذه الكمية الـ 67 كيلوسعر أصبحت 21 كيلوسعر/م<sup>2</sup>/السنة . لأن 46 منها ذهبت كمخلفات جانبية ، وهكذا تجزأ الـ 21 كيلوسعر الى 15 كيلوسعر للتنفس و 6 كيلوسعر صافي الإنتاجية في أعلى السلسلة الغذائية تحولت بعد موت المحلات الى فضلات جانبية طرحت الى البيئات المجاورة . وعند حساب المحصلة النهائية للطاقة التي استخدمت للتنفس (كجزء مستهلك) من المادة العضوية نجد ان معدلها العام كان 14198 كيلوسعر وما طرح كمخلفات جانبية بمختلف أشكالها نباتية أو حيوانية كانت بمقدار 6612 كيلوسعر أي أن كمية المادة العضوية التي تثبت بالمنتجات في المستوى الغذائي الأول والتي كانت بمقدار 20810 طرح منها أكثر من ثلاثة أرباع الكمية لغرض التنفس وإدامة الايض الخلوي ، والربع الآخر هو الذي تم تدويره على شكل مادة عضوية غذائية بين المستويات المختلفة للسلاسل الغذائية التي درست والتي طرحت في النهاية على هيئة مخلفات نقلت الى البيئات الأخرى مع تيار الماء وهي في نفس الوقت للنظام البيئي الأصلي . ومن هنا يصبح من الضروري التفريق بين عدة مفاهيم أساسية تدخل ضمن مفهوم الإنتاجية البيولوجية هي (الإنتاجية الأولية الإجمالية **GPP : Gross Primary Productivity** والإنتاجية الأولية الصافية (الإنتاج الصافي) **NPP : Net Primary Productivity** والإنتاجية الإجمالية للمجتمع الحيوي **NCP : Net Community Productivity** والإنتاجية الثانوية **SP ، Secondary Productivity**) ولغرض تحقيق فهم هذه الأركان الأساسية للإنتاج الحيوية يجب توضيح العلاقات المشتركة والمتداخلة بين هذه المفاهيم البيئية .

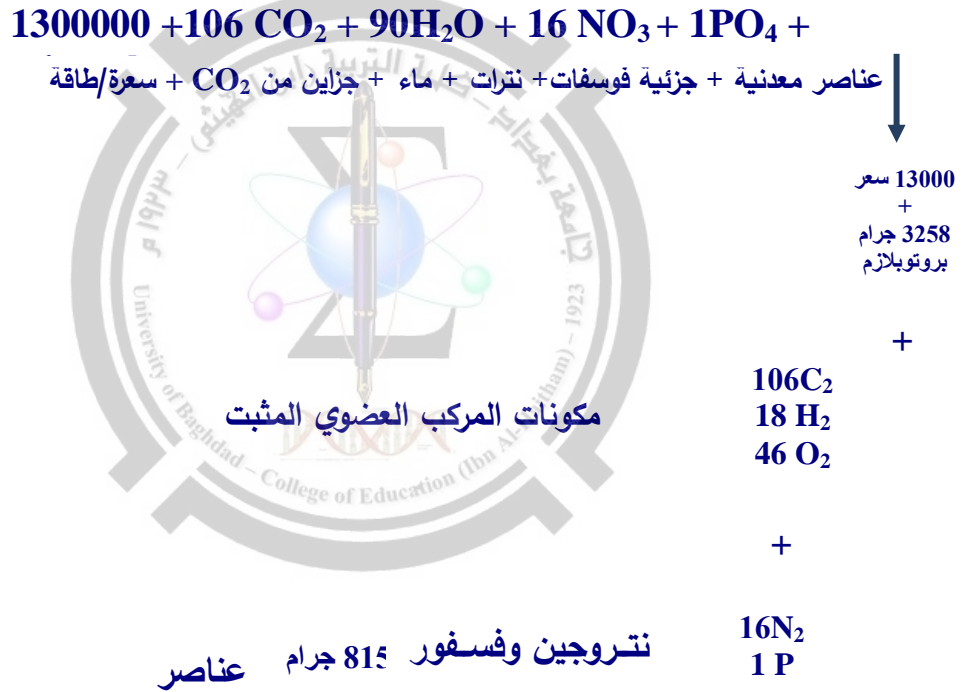
## الإنتاجية الأولية الإجمالية :

تقوم النباتات الخضراء وكافة الأحياء الأخرى كالأوليات السوطية النباتية *Phytomastigophora* كاليوجلينيات ومجموعة ثنائية الاسواط الدوارة *Dinoflagellates* وأنواع مختلفة من البكتريا الحاوية على صبغات كالبكتريا الخضراء ، والأرجوانية ، وغيرها من الأحياء التي تتميز بالمقدرة على امتصاص وتثبيت الإشعاع الشمسي وتحويله الى مادة غذائية عضوية بعملية البناء الضوئي *Photosynthesis* ، أو من خلال أكسدة بعض المركبات والعناصر كالحديد ، الكبريت وغيرها والقيام بتصنيع مادة عضوية مشابهة لما يتم تثبيته في الحالة الأولى ولكن بطريقه تسمى التثبيت الكيميائي *Chemosynthesis* كما تفعل بكتريا الكبريت ، وبكتريا الحديد ، والعديد من الطحالب الخضراء المزرقه او البكتريا الطحلبية *Cyanophyta* في الظروف اللاهوائية من خلال أكسدة كبريتيد الهيدروجين  $H_2S$  واستخدام الطاقة الناتجة من الكبريت في الحصول على الطاقة اللازمة لتصنيع المادة العضوية ، كما يحصل في البكتريا الموجودة في قاع البحار والمحيطات والتي قدرت بعض الدراسات بأنها توفر ما مقداره 25% من مجموع الإنتاج العضوي في البيئة البحرية ، لذلك فإن الإنتاجية الأولية الإجمالية *GPP* يمكن تعريفها بأنها المعدل الكلي للتركيب الضوئي *Total Photosynthesis* والكيميائي *Total Chemosynthesis* الذي يمثل مقدار المادة العضوية المثبتة في خلايا وأنسجة أجسام المنتجات *Producers* المختلفة في فترة زمنية معينة في مساحه معينه من البيئة البرية او حجم معين من البيئة المائية بما فيها الكمية التي تستخدمها هذه الكائنات لغرض التنفس أثناء فترة قياس الإنتاجية. ولهذا تستخدم وحدات وطرق مختلفة لقياس معدل الإنتاجية أهمها :

- 1- وحدات الطاقة الحرارية (السرعات) في وحدة المساحة في وحدة الزمن كأن نقول سعر أو كيلوسعر/م<sup>2</sup>/السنة مثلا أو كيلوسعر/م<sup>3</sup>/السنة .
  - 2- استخدام وزن النسيج المثبت للمادة العضوية (كمية الغذاء المثبت) كوزن في وحدة الزمن على وحدة المساحة أو الحجم ، فنقول أن الإنتاجية تساوي جم/م<sup>2</sup>/السنة أو جم/م<sup>3</sup>/السنة حسب نوع الوسط البيئي ، حيث تستخدم العلاقات الأولى لقياس الإنتاجية في البيئة البرية ، والعلاقات الأخيرة لحساب الإنتاجية في الأوساط المائية .
- وقد جرت محاولات عديدة في البيئة لحساب هذه الإنتاجية الإجمالية والعوامل التي تشترك فيها وخاصة في النباتات الخضراء لأنها يمكن أن تخضع بشكل مباشر لعملية القياس رغم صعوبة هذه العملية ، اما في الأحياء المجهرية فإن الأمر يصبح أكثر تعقيدا وذلك لقصر دورة حياتها من جهة وسرعة تحولها خلال الدورة العضوية للمادة في البيئة . ولذلك نلاحظ ان أغلب جهود الباحثين قد توجهت لمحاولة حساب الإنتاجية النباتية *Plant Productivity* ، ومنها محاولات الباحث كلارك (Clark, 1942) من خلال متابعته وتحليله لأركان المعادلة الأساسية في عملية البناء الضوئي في المنتجات.



وبما أن نواتج عملية البناء الضوئي تتمثل بإنتاج المادة الكربوهيدراتية  $C_6H_{12}O_6$  فإن قسم منها يستخدم للتنفس وإدارة النشاط الأيضي والقسم الآخر يستخدم للنمو وبناء البروتوبلازم الخلوي بعملية التمثيل الذاتي في المنتجات ولهذا فإن هذه المعادلة يمكن قياسها نظرياً من خلال القيام بعملية تحليل كيميائي وحساب عدد ذرات كل عنصر من العناصر المشتركة في تكوين نواتج عملية البناء الضوئي بالإضافة إلى عمل نفس الشيء مع مصدر الطاقة الضوئية وبقية المكونات كمركب الماء والغازات التنفسية وغيرها من المدخلات والمخرجات المشاركة في هذه العملية وكما يتبين من الشكل التالي :



ولكن هذه المعادلة النظرية عند تطبيقها على أرض الواقع في الأنظمة البيئية نجد أن هذه القيم تتغير باستمرار ، وسبب ذلك أن الإنتاجية متغيره باستمرار بسبب التغير المستمر في مستويات تدفق الطاقة واختلاف مستويات استغلالها نتيجة لتغير عوامل البيئة من جهة وتغير الخواص الوظيفية للكائنات المنتجة ذاتها . لذلك فأنا عندما نحسب الإنتاجية أو معدلها فيجب ان نحسب الإنتاجية الأولية الصافية (NPP) الفعلية الموجودة في أنسجة المنتجات . والتي تعرف على انها الإنتاجية الأولية الكلية أو الإجمالية GPP مطروحا منها ما استهلكته المنتجات في عملية التنفس والنشاط الأيضي وإدامة الحياة وتحسب وفق المعادلة التالية :

الإنتاجية الأولية الصافية = الإنتاجية الأولية الإجمالية - طاقة التنفس -  $NPP = GPP$   
Respiratory (R)

وتأخذ نفس الوحدات التي أشرنا إليها في حساب الإنتاجية الإجمالية .  
إنتاجية المجتمع الحيوي:

بما أن المجتمع الحيوي **Biocommunity** يتكون من أنواع عديدة من الأحياء المنتجة التي تعود الى جماعات سكانية **Populations** مختلفة كذلك ، نجد ان هذه المجتمعات البيئية تختلف في مقدار إنتاجيتها وفقا لهذه المعايير النوعية والكمية للأحياء ومصادر الطاقة والعناصر المغذية وعوامل الحرارة والرطوبة وغيرها من العوامل ومن هنا فإن وصف إنتاجية أي مجتمع حيوي يجب ان تعتمد صافي الإنتاجية لهذا المجتمع والتي تسمى **Net Community production (NCP)** والتي تمثل معدل خزن المادة العضوية (غير المستعملة) من قبل الكائنات المستهلكة معتمدة التغذية **Heterotrophic** اي بمعنى آخر صافي الإنتاجية الأولية المنقول الى المستهلكات مطروحا منه ما تستهلكه هذه الأحياء خلال فترة الدراسة للإنتاجية والتي تكون عادة فصل نمو او سنة كاملة وتصبح بذلك (معدل الاستهلاك -  $NPP = NCP$ ).

وعلى هذه الأسس تصنف المجتمعات الحيوية التي تشكل مع الجزء غير الحي على انها أنظمة بيئية متميزة (مراعي ، بحيرات ، غابات ، واحات ، أراضي زراعية وغيرها من الأنظمة) ومجموع هذه الأنظمة يشكل المناطق البيئية ، وتوصف بأنها أنظمة عالية أو متوسطة أو فقيرة الإنتاجية . وهذا ما تؤكدته الدراسات البيئية التي تشير الى ان الأنظمة المستقرة الجيدة الإنتاجية تتراوح فيها كمية المادة العضوية المثبتة بين 0.5-2 جم/م<sup>2</sup>/اليوم وقد تصل في أقصى حالات النمو الى 60 جم/م<sup>2</sup>/اليوم تبعا لنوع البيئة ، وكمية ونوعية الغطاء النباتي وطبيعة الأوراق وكمية المغذيات ومستوى الطاقة الشمسية الواصلة لهذه الأنظمة . وقد وجد العلماء من خلال العديد من الدراسات بأن الإنتاجية الصافية الطبيعية تشكل حوالي 50% من الإنتاجية الإجمالية للنظم البيئية ومجتمعاتها الحيوية المختلفة ، وذلك نتيجة للتحويلات التي تحصل للأحياء والطاقة خلال مواسم النمو ، فمثلا وجد بأن 50% من الإشعاع الشمسي اليومي يتحول الى أنتاجية حيوية إجمالية **GPP** في الجزء الشمالي من الكرة الأرضية وأن أكثر من 50% منه قد يبقى كإنتاج أولي صافي **NPP** خلال 24 ساعة ، ولكن الواقع العملي يؤكد بأنه لا يمكن الاحتفاظ بهذه النسبة أو المعدلات اليومية المرتفعة في المناطق الأخرى رغم أن كمية الطاقة الشمسية وساعات الإضاءة أطول كما هو في الجزء الجنوبي ، وذلك لأن المتغيرات خلال الدورة السنوية لمواسم النمو كبيرة وأن الكائن المنتج يتعرض فيها الى إجهاد بيئي **Ecological stress** عالي يؤدي الى فقدان جزء كبير من إنتاجيته للمحافظة على بناء الجسم وكنوع من المقاومة والمرونة البيئية للتغلب على هذه الظروف وهذا ما يؤكدته العديد من الباحثين كما في الدراسة المقارنة التالية :

الإشعاع الشمسي الواصل للنظام البيئي (كيلوسعر/السنة)	نوع النظام البيئي	تاج الأولي الإجمالي	تاج الأولي الصافي
10000	المناطق الخصبة المعتدلة	50000	40000
10000	المحيطات المكشوفة	10000	5000
10000	مناطق جافة	1000	500
10000	معدل البيئة الحية	2000	1000

من الجدول نلاحظ أن عوامل الاختلاف ليس في مصدر الطاقة الذي تتعرض له هذه الأنظمة البيئية المشار إليها فهو ثابت (10000 كيلو سعر/ السنة) ولكن الاختلاف في عوامل الرطوبة والحرارة والمغذيات كما ونوعاً بين هذه المواقع ، وهذه العوامل وغيرها التي يطلق عليها الباحثون بعوامل الطاقة المساعدة للإنتاجية أو مرادفات الطاقة Energy subsidy هي التي تؤثر في تتباين قيم الإنتاجية الحيوية في مناطق العالم المختلفة ، وعلى أساس العلاقة بينها وبين الطاقة الشمسية يختلف مستوى تخزين المادة العضوية وصافي الإنتاجية في البيئات بما فيها حتى الواقعة في نفس الإقليم الحيوي .

مستوى الإنتاجية بين النظم البيئية :

تقسم الأنظمة البيئية في الطبيعة على أساس كمية الإنتاج العضوي المثبت والقدرة على استغلال الطاقة البيئية المتاحة وتحويلها لطاقة غذائية إلى أربعة مستويات إنتاجية هي :

1. النظم البيئية عالية الإنتاجية:

هي النظم البيئية التي تتراوح الإنتاجية الحيوية فيها على أساس استخدام وحدات الطاقة الحرارية في وحدة المساحة في وحدة الزمن ما بين 10000 إلى 25000 كيلوسعر/م<sup>2</sup>/السنة ، وتتمثل هذه الأنظمة في المناطق الموجودة في المناطق المعتدلة والمناطق الاستوائية التي تكون فيها درجات الحرارة والرطوبة غير ضاغطة بشكل مؤثر على الكائنات المنتجة ، وكذلك توفر المغذيات النباتية و المعدنية بصورة مستمرة مما يؤمن التزود بالطاقة الشمسية ومساعدات التدفق في الطاقة أو مرادفات الطاقة التي تم وصفها سابقاً ، تتواجد هذه الأنظمة في الغابات الاستوائية المطيرة والمحميات البيئية والأراضي التي تخضع إلى عمليات ميكنة زراعية مثالية Mechanized agriculture .

2. النظم البيئية متوسطة الإنتاجية :

وتشمل الأنظمة والمواقع البيئية التي تكون فيها الإنتاجية الكلية (GPP) تتراوح ما بين 3000-10000 كيلوسعر/م<sup>2</sup>/السنة ، وتتميز مثل هذه الأنظمة بأن عوامل الحرارة والرطوبة والمغذيات المساندة فيها لا تكون محدودة بدرجة مؤثره على الأحياء المنتجة . تشاهد مثل هذه الأنظمة في مناطق الغابات المعتدلة والبحيرات قليلة العمق (الضحلة) جيدة المحتوى العضوي وأراضي الحشائش في المناطق الرطبة والمناطق الساحلية التي تنتظم فيها ظاهرة المد والجزر وبعض المزارع الحقلية المسيطر عليها والتي تخضع لنظام تزويد طاقي موجهة من خلال استخدام الدورات الزراعية المتعاقبة وعمليات التسميد المختلفة

### 3. النظم البيئية القليلة الإنتاجية :

هي النظم البيئية التي تتراوح فيها الإنتاجية الكلية GPP ما بين 500-3000 كيلو سعر/ م<sup>2</sup>/السنة ، وتتميز هذه النظم بأن العوامل المساعدة للطاقة لا تكون ميسره بدرجه كافيه للأحياء المنتجة وأن العوامل البيئية المحيطة يكون تأثيرها ملحوظ أثناء تغير الفصول ، وخاصة (فصول النمو) ويمكن مشاهدة مثل هذه الأمثلة البيئية في مناطق الأحرار (السفانا) المختلفة والغابات الفقيرة الغطاء النباتي ومناطق الشجيرات والأراضي الزراعية ذات الترب الفقيرة كما في الأراضي الرملية والبحيرات الفقيرة الإنتاجية كما في بعض البحيرات والواحات الصحراوية في جنوب ليبيا وبحيرة ساوه في جنوب العراق والقنوات سريعة الجريان كما في العديد من روافد نهري دجلة والفرات التي تمر بالمناطق الجبلية وبعض الأنهار ذات المجرى الصخري أو التي تمر بأراضي عالية الملوحة .

### 4. النظم البيئية الفقيرة (أو منخفضة الإنتاجية) :

هي الأنظمة التي نطلق عليها بالأنظمة البيئية المتطرفة المناخ والقاسية الظروف البيئية والتي تظهر بوضوح فيها عمليات الإجهاد البيئي والفسلجي للكائنات المنتجة سوءا من مصادر الطاقة الشمسية ذاتها من حيث الشدة أو الانخفاض الواضح أو من العوامل المساعدة كالحرارة والرطوبة والمغذيات ووصولها الى مستويات فوق أو دون طاقة التحمل في بعض الأوقات من السنة ، متمثلة بالجفاف الشديد أو البرد الشديد ، والحرارة الشديدة ، لذلك يكون فيها مستوى الإنتاجية الكلية (GPP) دون 500 كيلوسعر/م<sup>2</sup>/السنة . وتتمثل هذه الأنظمة في مناطق الصحارى الجافة والصحارى الباردة (التندرا في المناطق القطبية) والمناطق المفتوحة من البحار والمحيطات والبحيرات الصحراوية كبحيرة (قبرعون) في جنوب ليبيا ، حيث تتميز هذه المواقع بقلّة التنوع الحيوي وسيادة الانواع المرنة بيئيا . ويصبح الأمر أكثر وضوحا عندما نستعرض الدراسات الميدانية والاحصائية التي قام بها العديد من الباحثين والمؤسسات البحثية لغرض المقارنة بين هذه النظم البيئية المتوفرة على سطح الكره الأرضية ونتبين العلاقة بين مساحتها وإنتاجيتها السنوية وعلاقة إنتاجيتها الحيوية بالظروف البيئية السائدة وكما يتضح من جدول المقارنة التالي بين إنتاجية نظم بيئية مختلفة:

جدول يبين المعدلات العامة للإنتاجية الحيوية للنظم البيئية الأساسية في العالم :

البيئة	نوع النظام البيئي	ساحه/مليون كتاج الاولي	مجموع الإنتاج لإجمالي **
البيئة المائية Aquatic Environment	مناطق أعالي البحار .	326.0	32.6
	الشواطئ الاعتيادية .	340.0	6.8
	الشواطئ النشطة المنتجة .	0.4	0.2
	الخلجان و المواني .	2.0	4.0
	المجموع الكلي للمياه	362.4	43.6
	الصحارى الحارة والباردة .	40.0	0.8
	المروج والمراعي .	42.0	10.5
	الغابات الجافة .	9.4	2.4
	الغابات المخروطية الشمالية .	10.0	3.0
	أراضي الزراعة غير الممكنة .	10.0	3.0
	الغابات الرطبة المعتدلة .	4.9	3.9
	المناطق الزراعية الممكنة	4.0	4.8
	أبات الاستوائية وتحت الاستوائي	14.7	29.0
	المجموع الكلي لليابسة	135.0	57.2
	المجموع النهائي للبيئة الحية ما عدا (الأنهار الجليدية القطبية)	500.0	100.0



ونلاحظ من معطيات الجدول السابق ان الإنتاجية في مناطق البيئة اليابسة تتأثر بشكل واضح بعامل الجفاف والحرارة و الرطوبة ، بينما في البيئة المائية يكون عامل المغذيات النباتية هو المؤثر الأكبر ، وبالرغم من الفارق الواسع بين المساحة المائية واليابسة إلا ان إنتاج البيئة الثانية حوالي 500 مره اكبر من إنتاج البيئة الأولى اذا قدرنا صافي الإنتاجية ، وذلك لان أكثر من 90% من المادة الحية يتراكم في النباتات المعمرة وخاصة الأشجار والشجيرات ، وتزداد الإنتاجية الأولية المسماة الإنتاجية النباتية **Plant Productivity** . كلما زادت المساحة الورقية (متر مربع اوراق) حتى يصل في تجمعات اليابسة بين 150-300 جم/م<sup>2</sup>

اوراق/سنة في البيئات المعتدلة وتنخفض لتصل بين 50-150 جم/م<sup>2</sup> اوراق/ سنة في مجتمعات المناطق الجافة والباردة للبيئة البرية . أما في البيئات المائية والتي تساهم بما مقداره 33% من مجموع الإنتاج الأولي للغلاف الحيوي Biosphere فإن هذه الإنتاجية تتوزع بين المسطحات والكتل المائية العذبة والمالحة بأنواعها المختلفة .  
العوامل المؤثرة على الإنتاجية الحيوية:

تتأثر الإنتاجية الحيوية سلبا أو إيجابا بالعديد من العوامل البيئية المحيطة بالكائن الحي سواء في البيئة اليابسة أو البيئة المائية ، ولكن تأثير هذه العوامل منفردة او مجتمعة يزداد أو يقل بناءً على طبيعة التداخل بين هذه العوامل وسرعته وتأثيره على الغطاء النباتي او مجتمع الحيوانات . وبما أن الإنتاجية الأولية هي المصدر الأساسي للمادة العضوية لذلك سنركز هنا على العوامل التي تؤثر على الإنتاجية النباتية وهي :  
1. عوامل أساسية التأثير في البيئة البرية :

وتشمل العديد من العناصر الهامة مثل الضوء ، الماء ، ثاني أكسيد الكربون الرطوبة والحرارة ومدى تساقط الأمطار ومقدار البخر والنتح والبرودة والجفاف وتوفير العناصر المغذية وطبيعة التربة والتعاقب النباتي وتبدل الأنواع . حيث لاحظ الباحثين من خلال العديد من الدراسات إن هذه العوامل تؤثر بشكل مستقل في حالة الظروف الاعتيادية وغياب او تدهور إحداها ، أو عندما يكون هناك غياب او شدة ظهور لعدة عوامل تحت ظروف معينة ، فمثلا وجد ان عوامل الماء وضوء الشمس وثاني اكسيد الكربون بالاشتراك مع العناصر المغذية في التربة تؤثر على كمية الانتاج الاولى ومقدار المادة العضوية المثبتة في النباتات ، بينما العوامل الاخرى كالحرارة ، الرطوبة ، هطول الأمطار ، البرودة ، وعوامل التعاقب ، فانها عوامل ثانوية تؤثر على سرعة هذه الانتاجية ، فتصبح العملية سريعة ونشطة في حالة كون هذه الظروف قريبة من الحد المثالي لتحمل النبات ،ويمكن ان تجرى هذه العملية بشكل بطيء عندما تصبح هذه الظروف في الحدود المؤثرة على النبات وتسبب ارتفاع نسبة النتح والإدماع كالجفاف مثلا ، حيث وجد الباحثون بان الإنتاجية النباتية تتناسب طرديا مع كمية التبخر والتعرق لذلك فان صافي الإنتاج سينخفض في المناطق الجافة حتى في حالة توفر كميات جيدة من الماء في التربة ، لأن النباتات تعاني اجهاد نسبي عالي يزيد من كمية الخسارة في الطاقة لغرض مقاومة تيارات الهواء وزيادة كميات التبخر التي تحتاج الى تنفس عالي وفقدان طاقة . وعند المقارنة بين معدلات الإنتاجية في مناطق الغابات في عدة

أقاليم حيوية نجد أن هذه العوامل تصبح واضحة التأثير حيث يكون الإنتاج بأفضله في غابات المناطق المعتدلة ويبلغ ما بين 1200-1500 جم/م<sup>2</sup>/السنة بينما يكون في غابات الجافة والباردة بحدود 250-1000 جم/م<sup>2</sup>/السنة وتصبح في الأجزاء المتطرفة منها بحدود أقل من 1 - 250 جم/م<sup>2</sup>/السنة كما في العديد من الصحارى الجافة والمناطق القطبية .

## 2. عوامل أساسية التأثير في البيئة المائية :

أما في البيئة المائية فإن الإنتاجية تتأثر بشكل كبير بعوامل الضوء والمغذيات النباتية ، حيث يعتمد توزيع ونشاط المنتجات المائية على كمية الضوء والطاقة الواصلة للماء وشدة اختراق موجات الضوء للطبقات المائية وخاصة الطبقة العليا ، ومن خلال العديد من الدراسات وجد بان المياه النقية الوفيرة الأوكسجين والمغذيات هي المياه الأكثر تنوعا في الطحالب والدايتومات والنباتات المائية حيث تصل بها الكتلة الحية 7.3 جم/م<sup>3</sup> أما الإنتاج الاجمالي للهائمات النباتية Phytoplankton فيصل إلى حوالي 338 جم/م<sup>3</sup> . كما وجد من العديد من الدراسات بان المسطحات المائية التي يزيد عمقها عن 10 متر فما فوق تخضع إلى ظاهرة التنضيد الضوئي Photozonation ويصبح فيها الضوء عامل محدد للإنتاجية النباتية . كذلك أظهرت هذه الدراسات بان عوامل الحرارة والمناخ تلعب دور في إنتاجية المواقع المائية وخاصة في المناطق المعتدلة والباردة التي تخضع مياهها لظاهرة الانقلاب المائي ( water inversion ) الربيعي والخريفي نتيجة للتباين الحراري بين الطبقة السطحية للماء Epilimnion والطبقة التحتية Hypolimnion كما هو شائع في بحيرات المناطق المعتدلة الشمالية . وهذا ما أثبتته دراسات الباحث Mills عام 1972 عن هذه البحيرات التي تتصف بالتوزيع الحراري والتنضيد أو التطبيق الضوئي . وما ينطبق على البحيرات نجده كذلك في العديد من بحار العالم التي تحصل فيها ظاهرة الانبثاق المائي Upwelling نتيجة لنشاط التيارات المائية المختلفة حيث يؤدي ذلك إلى توزيع المغذيات والمواد العضوية المترسبة في القاع إلى مختلف الطبقات المائية مما يؤثر على قيم الإنتاجية بشكل عام والإنتاجية الأولية بشكل خاص .

## سادسا . طرق قياس الإنتاجية الأولية :

من خلال دراستنا لعلم البيئة تبين لنا بان الغلاف الحيوي يتكون من نظامين بيئيين أساسيين هما:

**الغلاف أو المحيط البري ( البيئة اليابسة) :** والتي تتمثل بشكل أساسي في الصحارى الباردة والحرارة والغابات ومناطق الأحراش والسافانا والمراعي والأراضي الزراعية الخاضعة للإدارة من قبل الإنسان .**والغلاف أو المحيط المائي :** والذي تشمل الجزء الأكبر من الغلاف الحيوي ويتمثل بالبحار والمحيطات ، الخلجان ، المصبات كبيئات مالحة ، ومياه داخلية عذبة بالدرجة الاساسى كالبحيرات ، الأنهار ، العيون ، الواحات ، الاهور ، المستنقعات والبرك الحيوية Biological Bonds .

وعند إجراء مقارنة بسيطة بين البيئتين المذكورتين نجد إن الإنتاجية العامة في البيئة البرية اكبر بحوالى (500 مرة) من إنتاج البيئة المائية بالرغم من أن الثانية تشكل ما مقداره أكثر من 71 % من المساحة العامة للكرة الأرضية . وان حوالى 90% من الكتلة الحية للإنتاج البايولوجي العالمي يكون في مناطق الغابات والأشجار ، والنسبة الباقية

تتوزع على كافة النظم البيئية الأخرى ، بالإضافة إلى ذلك فإن الإنتاجية في كل من هاتين البيئتين تتأثر بعوامل تختلف عن ما هو موجود في الأخرى كما بينا سابقا ، فيكون عامل الجفاف هو المحدد للإنتاجية بالدرجة الأساسية في البيئة البرية بينما يعتبر توفر المغذيات Nutrients هو العامل الجوهري في تحديد شكل الإنتاجية المائية . لذلك يجب وضع طرق وتقنيات مختلفة لدراسة الإنتاجية الحيوية في كل من هاتين البيئتين تتماشى مع طبيعة العوامل البيئية المؤثرة في كل منهما من جانب وطبيعة الأحياء الموجودة في كل منها وكيفية تعاملها مع هذه العوامل البيئية من جانب آخر ، ومن هنا نجد أن بعض طرق دراسة الإنتاجية يمكن تطبيقها بشكل امثل في البيئة البرية وطرق أخرى يكون من الأفضل تطبيقها في البيئة المائية رغم اعتماد هذه الطرق على مبدأ واحد هو إما حساب الكتلة الحية Biomass بالوحدة جم/وحدة المساحة/الزمن أو حساب الطاقة بوحدة السعر/وحدة المساحة/الزمن .

واهم هذه الطرق ما يلي:

- |                               |                                      |
|-------------------------------|--------------------------------------|
| The Harvest method            | 1 - طريقة الحصاد                     |
| O <sub>2</sub> - measurement  | 1- طريقة قياس الاوكسجين              |
| CO <sub>2</sub> - measurement | 2- طريقة قياس ثاني اوكسيد الكربون    |
| The pH- method                | 3- طريقة استخدام الرقم الهيدروجيني   |
| Disappearance of Raw Material | 4- طريقة تقدير اختفاء المواد الأولية |
| Radioactive materials method  | 5- طريقة النشاط الإشعاعي للمواد      |
| Chlorophyll estimating method | 6- طريقة حساب الكلوروفيل             |

وبما إننا نحسب في حقيقة الأمر نوعين من الإنتاجية الحيوية هما الإنتاجية الأولية ، وهي إنتاجية النباتات الأرضية الأساس Plant productivity والإنتاجية الثانوية التي تمثل إنتاجية الحيوانات Animal productivity لذا سوف نناقش هذه الطرق حسب ملائمتها لدراسة كل نوع من هذه الإنتاجية .

### 1. طرق دراسة الإنتاجية النباتية :

بما إن الإنتاجية النباتية هي في جوهرها تثبيت وامتصاص الطاقة الشمسية الواصلة إلى البيئة البرية أو المائية من قبل النباتات الكبيرة أو الصغيرة وحتى المجهرية منها كما في العديد من الطحالب والدايتومات أو الأحياء التي لها القدرة على التثبيت في العوالم الأخرى التي ذكرناها في بداية فصل سلاسل الطاقة والغذاء وكذلك باب الإنتاجية الأولية والتي سميت بالإنتاجية الحيوية الأولية لذلك فإن الطرق التالية يمكن استخدامها لحساب إنتاجية النباتات البرية وأهمها طريقة الحصاد ، طريقة حساب الكتلة الحية ، طريقة تقدير الكلوروفيل ، طريقة ثاني أكسيد الكربون ، طريقة تقدير معدل اختفاء المغذيات (المواد الأولية) حيث تعتمد هذه الطرق على طبيعة النباتات التي يراد حساب إنتاجيتها وكما يلي :

\*طريقة الحصاد وتقدير الكتلة الحية:

تعتبر طريقة الحصاد الطريقة الأفضل لدراسة إنتاجية النباتات الحولية و الأعشاب حيث يتم حصد هذه النباتات في واحد م<sup>2</sup> مثلا في نهاية موسم النمو ، بعد النضج و تجفف العينات تحت درجة حرارة لا تتجاوز 70-80 درجة مئوية ، ولعدة مكررات بعد ذلك تسجل الأوزان المتحصل عليها ويستخرج المعدل العام جم/م<sup>2</sup> أو كجم أو طن/هكتار/السنة . أما بالنسبة

اجية الصافية للأشجب الساقصان المتخشف الساق	الأوراق	هار والثمالجذور				
1600 جم/م <sup>2</sup> سنة	14 %	23.3 %	2.5 %	33.1 %	2.1 %	25 %

للنباتات المعمرة فيفضل استخدام طريقة تقدير الكتلة الحية (الوزن /الزمن) فعلى سبيل المثال لو كان معدل الكتلة الحية لنبات في موقع بيئي معين تساوي (30 كجم/السنة) فلمعرفة إنتاجيته في السنوات اللاحقة نعمل على متابعة نمو هذه الأشجار لحد السنة الأولى ونسجل أوزانها (نماذج منها) بعد ذلك نترك لتنمو فترة من الزمن مثلا(15 سنة) فعند حساب النمو بعد هذه المدة فإن الوزن الزائد هنا يمثل الوزن الجديد/ الزمن الجديد ، ولنفرض انه كان 400 كجم ، فعند تقسيم هذه الكمية على (15 سنة) نحصل على مقدار الزيادة السنوية والتي تمثل الإنتاجية السنوية لهذه النباتات 15/400 . أما بالنسبة للمواقع النباتية التي تشترك فيها ، الأعشاب والشجيرات ، والأشجار الكبيرة ، فيمكن استخدام الطريقتين السابقتين معا وتستخرج العلاقة الإنتاجية بين الأنواع المختلفة ، ولغرض إعطاء تفاصيل أكثر دقة يمكن حساب إنتاجية كل جزء من النبات على حدة ، بالنسبة للنباتات الصغيرة والأعشاب وذلك بتوزيع الإنتاجية على الجذور ، الساق ، الأفرع ، الأوراق ، الأزهار ، والثمار وهكذا ، أو بقطع نموذج من الأشجار الكبيرة وحساب إنتاجية كل جزء منها مثل وزن جذع الشجرة ، وزن الأغصان والأفرع والأوراق والقلف والجذور والثمار والأزهار إذا كانت مثمرة ، وباستخدام العلاقات الرياضية المعروفة يمكن استخراج إنتاجية كل جزء من هذه الأجزاء ، ومن الدراسات التطبيقية في هذا الميدان ما تم دراسته على نماذج من أشجار البلوط لمعرفة مساهمة كل جزء من أشجار الغابة في الإنتاجية النباتية فأظهرت النتائج مايلي :

#### \* طريقة حساب الكلوروفيل :

يمكن تطبيق طريقة حساب الكلوروفيل على الأجزاء الخضراء من النبات وخاصة الأوراق وذلك بأخذ كمية من الأوراق وسحقها جيدا في (هاون خزفي أو زجاجي) بعد ذلك يتم سحب الصبغة الخضراء باستخدام (الأسيتون) وحساب كمية ونوعية الصبغات باستخدام جهاز قياس الطيف الضوئي (Spectrophotometer) على الأطوال الموجية المعروفة ، أما في البيئة فإن محتوى الكلوروفيل على أساس المساحة الكاملة للمجتمع الحيوي يمكن ان تقدم دليل على إنتاجيتها لأن الكلوروفيل الموجود في النبات الذي ينمو في الموقع المدروس يحسب على أساس المتر المربع ويميل إلى أن يكون متشابهها في المجتمعات المتباينة ومحتواها في الأوراق أكثر تجانسا منه على مستوى الأفراد المتباينة .

#### \*طريقة قياس ثاني أكسيد الكربون :

تشير التقديرات الخاصة بدراسة الهواء الجوي أن نسبة ثاني أكسيد الكربون في الهواء توجد بحدود ( 0.03 % ) وبالرغم مما يحصل في الغلاف الغازي من تبدلات مستمرة إلا أن نسبة هذا الغاز لا تتغير بشكل مؤثر على إنتاجية البيئة البرية . وتعتبر طريقة الديناميكية الهوائية Aerodynamic method أفضل الطرق لتقدير ثاني أكسيد الكربون المستهلك (المثبت) أو المنتج بعملية البناء الضوئي والتنفس من قبل النباتات في المجتمعات النباتية البرية البسيطة التركيب كالاراضي الزراعية ، وأراضي الأعشاب والأحراش ، حيث تعتمد هذه الطريقة على تقدير ثاني أكسيد الكربون في الجزء العلوي من المجتمع ، بوضع أجهزة قياس ثاني أكسيد الكربون في أعلى هذه النباتات ووضع أجهزة أخرى في اسفل النباتات ومن خلال حساب الفروق بين القراءات يمكن تقدير كمية ثاني أكسيد الكربون المتبقية من

قبل الغطاء النباتي او المطروحة منه بالتنفس ومن رواد هذه الطريقة الباحثين Huber و Monteith .

وطورت الطريقة في السنوات الاخيرة من قبل Odum و Wood Well & Dyleman حيث اصبح بواسطتها امكانية تقدير ثاني اكسيد الكربون حتى في الغابات والاشجار الكبيرة وذلك بقياس تجمع ثاني اكسيد الكربون عموديا عند استقرار حركة الهواء حيث استخدم Odum خيمة واسعة ومفتوحة في القمة والقعر وأحاطت جزء صغير من الغابة وجهاز قاعدة الخيمة بمروحة تعمل على تحريك الهواء إلى الأعلى خلال منطقة الظل التي تكونها الخيمة ، وقام بحساب مقدار صافي ثاني اكسيد الكربون في مجرى الهواء المار خلال هذه الخيمة وفي الجزء الاعلى من الغطاء النباتي ومقارنته مع منطقة القعر من خلال معرفة معدل جريان الهواء وكمية CO<sub>2</sub> في المستويات الثلاثة المذكورة .

كما توجد طرق أخرى أكثر بساطة وهي حساب كمية ثاني اكسيد الكربون المستهلك من قبل النباتات على اساس معادلة التركيب الضوئي ، عندما يكون لدينا مجتمع نباتي من نباتات مختلفة تحتوي انواع مختلفة نختر نوع من كل مجموعة ونحسب مقدار استهلاكه لثاني اكسيد الكربون اثناء النهار بعد ذلك يتم احصاء عدد افراد كل نوع من هذه النباتات وتقدر انتاجيتها من حاصل ضرب انتاجية النوع الواحد في عدد افراد النوع ، بعد ذلك نحسب انتاجية الانواع المختلفة والتي يمثل حاصل جمعها مجموع الانتاجية الاجمالية الابتدائية لمجتمع النباتات في هذه المنطقة المدروسة.

#### \*طريقة تقدير معدل اختفاء المواد المغذية الاولى للنباتات: Disappearance of raw materials method

يمكن أن تقاس الإنتاجية النباتية بأسلوب معاكس لعملية تثبيت الغذاء ، أو تكوين مادة البروتوبلازم أو الكتلة الحية للنباتات وذلك من خلال تقدير كمية المواد الأولية المغذية التي يتم سحبها من التربة (كالنيتروجين والفسفور والكالسيوم والمعادن المغذية للنباتات) لأن هذه العناصر لا تسحب باستمرار إنما يحتاجها النبات بشكل واضح اثناء فترات النمو والنشاط الحيوي خلال السنة ، وتستخدم على شكل دفعات منظمة كما في عمليات تسميد الاراضي الزراعية لزيادة الانتاجية ، لذلك يمكن من خلال حساب معدل اختفاء هذه العناصر من التربة وتناقص تراكيزها وحساب معدل التثبيت الضوئي الذي يمثل تخميناً إجمالياً لتقدير الإنتاجية النباتية ، ولكن يجب ان تكون هنالك حالة من الاستقرار والتوازن بين التربة والنباتات ، بحيث يمكن تقدير الكميات الداخلة للوسط البيئي والكميات المثبتة ، ولذلك يرى العديد من الباحثين بأن طريقة اختفاء العناصر المغذية يمكن أن تقيس الإنتاج الصافي للمجتمع الحيوي بكامله .

#### 2. طرق دراسة الإنتاجية في الأوساط المائية :

##### \*طريقة مواد النشاط الإشعاعي Radioactive Material Method :

نتيجة للتطور التقني في تطبيق استخدام النظائر المشعة في كافة المجالات اصبح من الممكن استعمال اثار النشاط الاشعاعي في دراسة البيئة ، وهناك فرع متخصص في علوم البيئة لهذه الدراسات يسمى (Radioecology علم البيئة الاشعاعي) وواحدة من هذه

الاستخدامات للاشعاع هو دراسة الانتاجية البيولوجية في الماء وذلك بادخال نظائر العناصر المشتركة في عملية البناء الضوئي (مثل الكربون  $^{14}\text{C}$  ، والمغذيات كالفسفور المشع  $^{32}\text{P}$ ) من خلال تجهيزها للوسط المائي وبذلك تقوم النباتات المائية وخاصة الطحالب والدايتومات بسحبها من الماء (Up-take) بعملية التغذية المعدنية او أو التثبيت من خلال متطلبات عملية البناء الضوئي المعروفة . بعد ذلك تجمع هذه النباتات وتجفف وعن طريق استخدام اجهزة الكشف عن العناصر المشعة يمكن تقدير كمية هذه العناصر التي تم تثبيتها من قبل النباتات المذكورة في عملية البناء الضوئي من خلال تحديد كمية ثاني اكسيد الكربون المثبتة ومعرفة عدد المرات التي يتكرر فيها وجود الكربون  $^{14}\text{C}$  في جزيئة المادة العضوية الناتجة . وأول من طبق هذه الدراسات هما الباحثان Steeman & Nielson عام 1952 في مياه المحيط الاستوائية . وأشار العديد من الباحثين بعد ذلك بأن هذه الطريقة تقيس الانتاج الصافي (NPP) أكثر من الإنتاج الإجمالي لأننا نحسب المادة العضوية المثبتة في الانسجة بعد التجفيف ، اما طريقة الفسفور المشع فيفضل استخدامها على مدى قصير لتفادي انتاجه مع الترسبات المائية وفقد جزء منه في الدورات الرسوبية إلا أن معدل أخذه (Up-take) من قبل النباتات على المدى القصير برهن على انه دليل بيئي جيد لحساب الانتاجية الكاملة/الكلية (GPP) .

\*طريقة استخدام الرقم الهيدروجيني :

تستخدم هذه الطريقة في حساب الانتاجية في الانظمة المائية بالرغم من وجود صعوبات كثيرة مرافقة لها بسبب أن محتوى الأس الهيدروجيني داخل الماء يتغير تحت تأثير العديد من العوامل كالتلوث العضوي أو زيادة ايونات الكربونات والبيكربونات ولذلك يجب توفر نظام المعايرة المائية للنظام البيئي المطلوب دراسته من قبل الباحث قبل البدء بتطبيق هذه الدراسة . والأساس الذي تعتمد عليه هذه الطريقة في تحديد الانتاجية هو كون الرقم الهيدروجيني (pH) في البيئة المائية دالة او تؤثر لمحتوى ثاني اكسيد الكربون الذائب في الماء ، لان البيكربونات  $\text{HCO}_3$  في المحيط المائي تقوم بوظيفتين اساسيتين هما تزويد الماء بشكل رئيسي بأيون الهيدروجين لغرض تكوين (محلول منظم Buffer System) وتزويده كذلك بثاني اكسيد الكربون المطلوب للتركيب الضوئي ، وتحصل هذه العملية بصورة تبادلية للمحافظة على حالة التوازن كما في المعادلة التالية :



\*طريقة الأكسجين :

من المعروف ان هنالك علاقة تكافؤ ثابت بين الاكسجين والغذاء المنتج ، حيث تكون هذه العلاقة طردية بين الاكسجين المنتج (الناتج) من عملية البناء الضوئي وكمية المادة العضوية المتكونة من قبل النباتات الخضراء والمنتجات الأخرى . لذا فان انتاج الاكسجين يمكن ان يكون اساسا لتحديد الإنتاجية ، ومن الطرق الشائعة لتقدير انتاجية المياه هي طريقة استخدام ألقناني المضئية والمعتمة Light & Dark Bottle التي استخدمها الباحث (1888 Winkler). حيث تنزل على أعماق مختلفة من الجسم المائي بشكل معلق وبعد مرور (24) ساعة تسحب إلى الأعلى وتحدد كمية الأكسجين في كل من القناني المضئية والمظلمة حيث يمثل تركيزه في الأولى ومقدار المستهلك في الثانية مجموع الاوكسجين الكلي الناتج . وذلك بمقارنة كميته في بداية التجربة حيث يشير نقصه في

القناني المظلمة الى كميته التي استهلكت من قبل المستهلكات والمحلات فيما كميته في القناني المضيئه تمثل مقدار  $O_2$  المستخدم للتنفس والمنتج من عملية البناء الضوئي . لذلك فإن معدل الانتاج من  $O_2$  يمكن ان يستخدم كمقياس لتقدير الانتاجية الأولية . كما يمكن ان تستخدم طريقة حساب المنحنى النهاري للأوكسجين **Dermal curve method** وخاصة في أنظمة المياه الجارية كالأنهار والقنوات والجداول وذلك بأخذ عينات من الماء وحساب (DO الأوكسجين المذاب فيها) في اوقات مختلفة من النهار والليل وحساب الفروقات في قيم الاوكسجين النهاري والليلي والذي يمثل حاصل جمعهما (المقدار الكلي لتنفس مجتمع النباتات في الوسط المائي) وعليه يمكن استخدام هذه الطريقة لقياس الانتاج الاولي الكلي (GPP) .

سابعاً . تطبيقات بيئية لتطوير استخدام الطاقة وزيادة الإنتاجية:

نتيجة لتزايد المستمر في أعداد السكان في العالم والتطور الهائل في المجال الصناعي وما ينتج عن ذلك من تنوع لمصادر التلوث وخاصة في مجال الغلاف الغازي كالأكاسيد الضوئية ، الأتربة والغبار العالق ، الضباب ألدخاني ، الدقائقات والتأثير على طبقة الأوزون ، وتلوث المياه والتربة بالمبيدات والمخلفات والنفايات الصناعية المختلفة ، جميع هذه العوامل أدت الى زيادة التشتت بالطاقة وبالتالي خسارة لجزء مهم من الضوء المرئي الواصل من الغلاف الغازي والمهم في عملية التثبيت الضوئي في المنتجات كما سبق ذكره . وينسحب هذا التأثير على الأوساط البرية والمائية ، حيث تقوم الملوثات بفعلين متعاقبين الأول يعمل على تشتيت الطاقة الضوئية (الضوء المرئي) الواصل للخلايا الخضراء المنتجة ، والثاني يعمل على إضعاف قابلية هذه الأحياء (نشاطها الأيضي) من خلال تثبيط عمل اغلب الأنزيمات الناقلة للطاقة وكذلك فعالية الأغشية الخلوية وعملية الفسفرة الضوئية للخلايا ، حيث أشارت العديد من دراسات الباحث (Al-Salman -1990) بأن التلوث الضار للمعادن الثقيلة وزيادة مجموعات  $SO_4$  في الوسط المائي يعمل على تشتيت حوالي  $3/1 - 4/3$  من الضوء الموجود داخل المياه ومنعه من الوصول الى الغشاء الخلوي في طحالب *Chara* , *Scenedesmus* *Chlorella* وبالتالي إضعاف الإنتاجية فيها بين 1.2- 6 مرات . لذلك عمل الباحثون في مجال البيئة الوظيفية **Ecophysiology** والبيئة التطبيقية **Applied ecology** لسنوات عديدة من أجل إيجاد سبل مبتكرة لتطوير استخدام الطاقة والعمل على رفع مستوى استلام اكبر قدر منها في الوسط البيئي وزيادة كفاءة الأحياء المختلفة في الاستفادة من هذه الطاقة سوءً على المستوى الخارجي المحيط بالكائن او بما يخص التركيب الداخلي لهذا الكائن ، ومن بين هذه المحاولات ما يلي :

### 1 . محاولة تخزين واقتناص الطاقة :

وذلك بواسطة البيوت الزجاجية (الصوبات) **Green house** حيث أن فكرة إنشاء البيوت الزجاجية أو الصوبات مبنية في الأساس على فكر بيئي فيزيائي إستند على متابعة مسار الطاقة الذي يبناه في الفصل الخامس حيث لاحظ الباحثون بأن الألواح الزجاجية ومادة البلاستيك قابليه على حجز الإشعاعات المنعكسة من سطح الأرض من جهة وكذلك قابلية عالية في تجميع الطاقة الساقطة من الشمس والقدرة على الاحتفاظ بها لفترة طويلة ، الأمر الذي يؤمن للكائن الحي كمية كافية من الطاقة الضوئية والطاقة الحرارية اللازمة للقيام بنشاطاته المختلفة بدرجه مقاربه للحد المثالي **Optimum** على مدار اليوم . حيث تؤمن

هذه الصوبات درجة حرارة أعلى من درجة حرارة الوسط المحيط بين 2-5 درجات مئوية من خلال عدم نفاذ الموجات الطويلة المنبعثة من سطح الأرض وخاصة تحت الحمراء ، ولا يقتصر تطبيق هذه الظاهرة على النباتات فقط بل عمل الباحثون بتطبيقها في مجال تربية العديد من الحيوانات الاقتصادية المهمة كالدواجن والأسماك وغيرها وأثبتت هذه التجارب فاعليتها فمثلا في الدواجن وجد بأن هنالك زيادة في الوزن تقدر بحوالي 28% لطيور عمرها 8 أسابيع سجلت كزيادة عن وزن الطيور المرباة خارج الصوب ، كما أن الطيور المرباة داخل الصوب وصلت الى مرحلة النضج البيئي في عمر حوالي 145 يوم بينما الدواجن المرباة في العنابر الاعتيادية احتاجت 160 يوم لتصل مرحلة البلوغ . كما ان معدل إنتاج البيوض في الأولى بلغ حوالي 80% فيما في المجموعة الثانية لم يتجاوز 55% ، كذلك فإن التجارب التي طبقت لتربية (أسماك البلطي) تحت الصوب أثبتت بأن كمية البيض التي أعطتها الأمهات بلغت 5 أضعاف كمية البيض لأسماك البلطي المرباة خارج الصوب كما ان عدد الطرحات أصبح من 4-5 مرات مع زيادة في موسم التناسل لأكثر من شهرين . كما أن كمية البيض للطرحه الواحدة كان من 100-200 خارج الصوب وتحتها 200-300 بيضة لكل طرحة ، بالإضافة الى قلة الفقد والضائعات للزريعة عند المقارنة بين حوضين يمتلكان نفس المساحة الأول غير مغطى بالبلاستيك كان عدد اليرقات في العام 250-380 يرقة (زريعة) اما الحوض المغطى بالبلاستيك فأعطى 850-1060 يرقة . كما ان هذه العملية حققت كفاءة غذائية عالية وزيادة في النمو مع توفير حوالي 30% من كمية الأعلاف المستخدمة . 1

## 2. التوجه الى انتخاب المحاصيل Crop architecture :

وذلك عن طريق انتخاب الأنواع النباتية التي تستطيع ان تعطي أكبر قدر ممكن من المساحة الورقية وتعمل على أقصى تثبيت غذائي في جميع أجزاء النبات حتى نهاية دورة حياتها (اي ما قبل الحصاد او جني المحصول) .

## 3. العمل على تحويل الأنظمة البيئية وزيادة تدفق الطاقة :

المساعدة في تنشيط المجتمع النباتي Auxiliary energy flow باستخدام المتحجرات ، وذلك من خلال العمل على زيادة تدفق الطاقة ، الطاقة الذرية ، الزراعات الطحلبية ، استخدام نوعية المياه الجيدة والأسمدة المعدنية ، كلها وسائل تزيد من الطاقة المساعدة في تثبيت المادة العضوية في النباتات ورفع كفاءتها في التمثيل الغذائي .

## 4. الدراسات الوراثية (التقنيات الحيوية) :

بدأت هذه الأفكار بالظهور الى حيز الوجود بعد نجاح العلماء في معرفة الخارطة الجينية للكائنات الحية ومسؤولية كل جين عن صفة معينة في الجسم من جانب وتمكنهم من المزوجة بين جينات كائنات ذات صفات مختلفة و الحصول على صفات جديدة متطورة تدعم عمل الجين المركب الجديد . وهذه التجارب تمت باتجاهين :

أ. الاتجاه الأول (التهجين): عن طريق السماح بالتزاوج بين كائنات حيوانيه او نباتيه بالتلقيح الخلطي وجعل العملية الاخصابية تتم تحت ظروف بيئية مسيطر عليها بالتلقيح الاصطناعي وزرع الخلايا المنوية والبيوض أو في ظروف بيئية مفتوحة عندما تقوم الأحياء



تلقائياً بهذه العملية وخاصة الكائنات المتقاربة بيئياً بعد العمل على ايجاد هذه البيئات المناسبة لهذه الاحياء .

## ب. استزراع الجينات المثبتة للطاقة في الخلايا حقيقة النواة : Putting genes into eukaryotes

جرت في السنوات الأخيرة محاولات لنقل او حقن جينات من بكتريا العقد الجذرية مثلاً (Azobacter) في خلايا نباتات اقتصادية مهمة مثل القمح والشعير والارز وغيرها للحصول على قابلية أعلى في تثبيت وسحب النيتروجين من الاسمدة الموجودة في الوسط البيئي وبذلك نحصل على قدره عالية في بناء البروتينات في هذه النباتات أو زيادة قدرتها في تثبيت الطاقة الشمسية ورفع مستوى إنتاج المادة العضوية . أو محاولة حقن مجاميع من الحيوانات بأسلوب مشابه باستخدام جينات متطورة لتحسين قابلية التحويل الغذائي وزيادة الكتلة الحية أو زيادة افرازات الجسم كالحليب والدهون ، أو في مقاومة الأمراض وغيرها من الخصائص المهمة في زيادة كفاءة المستهلكات ضمن السلاسل الغذائية ورفع الكفاءة البيئية في المستويات الغذائية المختلفة .

أما في الاوساط المائية فقد جرت بعض المحاولات في السنوات الاخيرة لتطوير انتاجية المياه بعدة طرق من اهمها المحاولات التالية :

\*استخدام بعض المخصبات والأسمدة :

أثبتت العديد من التجارب والدراسات البيئية من أن استخدام بعض المخصبات والاسمدة المعدنية أو العضوية سواءً داخل الترب القاعية أو بأضافتها على شكل دفعات داخل طبقات الجسم المائي تعمل على زيادة معدلات الانتاجية كميًا ونوعيًا كما في حالة استخدام مركبات الفوسفات وسلفات الامونيوم والنترات او الاسمدة الحيوانية وغيرها من المخصبات .

\*استخدام العوامل المنشطة :

بينت بعض الدراسات بأن اضافة العديد من العناصر والعوامل المنشطة او المحفزة للوسط المائي مثل عناصر الحديد والزنك والمنجنيز والسلكون وغيرها قد اعطت نتائج جيدة في زيادة الانتاج الاولي وخاصة للطحالب والدايتومات ، فمثلاً وجد بأن عملية إضافة الحديد قد ضاعفت نمو الطحلب في بعض البحيرات الى خمسة اضعاف ، وكذلك كان تأثير إضافة السليكون ، ولكن يجب الدقة في حساب الكميات المضافة وخاصة للمعادن لأن الزيادة منها تعمل على احداث ضرراً كبيراً في المجاميع الحيوية الأخرى.

\*العمل على تحريك القاع وتدوير مكوناته :

أدخلت في السنوات الاخيرة بعض التقنيات التي تعمل على تدوير مكونات القاع والرواسب المائية واعادة استخدامها في التغذية المعدنية من قبل الهائمات النباتية أو ترممها من قبل الهائمات الحيوانية ، ومن هذه الوسائل استخدام المكابس المائية ومضخات دفع الهواء ، المراوح المائية والنافورات وغيرها من عوامل تحريك وتوزيع مكونات القاع .

\*محاولة السيطرة على النظام الكربوني للماء :

أعطت هذه الطريقة نتائج طيبة في رفع مستوى الانتاجية الحيوية بكافة مستوياتها وخاصة في البحيرات الصغيرة نسبيا وبحيرات وأحواض تربية الاسماك والحيوانات المائية الاقتصادية الاخرى وذلك من خلال السيطرة بيئيا على العلاقة بين كمية ثاني أكسيد الكربون والكربونات البيكربونات وعامل الأس الهيدروجيني pH من خلال السيطرة على كمية النباتات الكبيرة داخل الماء وجعلها تحتل مايساوي ربع المساحة المائية ، لأن هذه النباتات تقوم بعمل مايسمى بالمحلول المنظم في الوسط المائي كما بينا سابقا من خلال تنظيم العلاقة بين العوامل التي اشرنا اليها مما يوفر افضل السبل لانتاج حيوي ونمو افضل لمختلف الاحياء المائية وفقا للتحويلات التالية :



## الدورات البيوجيوكيميائية Biogeochemical cycles

1. مفهوم ومكونات الدورة البيوجيوكيميائية
2. أنواع الدورات
3. الدورات الشاملة (دورة الغازات ، ودورة المياه)
4. الدورات المحدودة (دورة الفسفور والكبريت والعناصر المغذية)
5. الأهمية البيئية لدراسة الدورات وتطبيقاتها.

### مفهوم ومكونات الدورة البيوجيوكيميائية :

تعتبر الكرة الأرضية الكوكب الذي تتواجد فيه الحياة بمختلف صورها في نظام مغلق Closed system ، وهذا الوضع الذي يحتمه موقع كوكب الأرض بين الكواكب الأخرى من الناحية العملية يعني ان الموارد الطبيعية لهذا النظام لا يحصل فيها زيادة أو نقصان بل يمكن أن تتحول من شكل لآخر وتهاجر من منطقة الى أخرى بفعل عوامل الطبيعة وتدخلات الإنسان والأحياء ، كما في هجرة العناصر وتبعثر النباتات وهجرة الحيوانات وحركة الغيوم ومحتوياتها وعوامل التعرية وانجراف مكونات التربة والتساقط الجوي وعلاقته بحركة الرياح وتيارات المياه وعوامل التلوث المختلفة ، هذه المؤثرات المختلفة هي التي تظهر حالة من التباين في توزيع الموارد وعدم انتظامها في الأجزاء المختلفة من هذا الكوكب الواسع ، ولذلك قسم علماء البيئة والجيولوجيا هذه المصادر الى نوعين :

### 1- المصادر القابلة للتجدد :

وهي المصادر البيئية والموارد الطبيعية التي لا يمكن ان تنضب في أية مكان في البيئة بل تتحول من كثافة إلى أخرى كما هو الحال بالإشعاع الشمسي والمياه والغازات الأساسية كالأكسجين والنيتروجين وثنائي أكسيد الكربون ، ويتم تنظيمها بوجود آليات طبيعية Natural mechanism تحصل في البيئة كالترباط بين الطاقة الشمسية Solar energy وطاقتها الرياح Wind energy ، الغيوم المطيرة Rainy cloud وبخار الماء الجوي Atmospheric water ، التضاريس الأرضية Geomorphology ، هذه القوى الهائلة التأثير على حركة المواد والطاقة في الطبيعة والعاملة على تدويرها وتحولها من شكل لآخر ، كتحويل الإشعاع الشمسي الى حرارة ، والحرارة تعمل على تبخر الماء وإذابة الثلوج والبرودة تعمل على تكثف بخار الماء وإعادته على شكل سواقي محمله بكل ما هو موجود من جسيمات عالقة في الغلاف الغازي على شكل أمطار تدخل الدورة المائية من جديد ، وهكذا تتكرر هذه الآلية العظيمة بإرادة الخالق سبحانه وتعالى بشكل دقيق ومتوازن .

### 2- المصادر القابلة للنفاذ :

هي المصادر التي توجد في مواقع محددة من الكره الأرضية وتكونت فيها خلال عمليات التراكم والتحلل العضوي أو نتيجة لعمليات المعدنة Mineralization التي حدثت خلال أكسدة واختزال العديد من المواد في الظروف الهوائية أو اللاهوائية سواء في البيئة البرية أو البيئية المائية كالفحم والحديد والفوسفات والكبريت والعناصر المغذية كالكالسيوم والمنجنيز والماغنيسيوم والصخور وغيرها من المركبات والعناصر المختلفة . وهذا النفاذ مرتبط بمقدار الاستخدام أو الاستهلاك والفترة الزمنية الطويلة اللازمة لتجدها مره أخرى في البيئة حيث يكون الاستهلاك كبير وسريع على حساب عملية التجدد أو إعادة التكوين التي تتطلب أحيانا آلاف السنين . وبذلك يتبين لنا أن العناصر مهما اختلفت صورها فلزات كانت أم لا فلزات ، غازيه أو سائلة أو صلبة أو مركبات تحتوي على هذه العناصر بشكل املاح او معادن او صخور او اكاسيد أو جسيمات عالقة في الغلاف الغازي ، فإنها في النهاية تدور في هذا الفلك الكبير وتعود بشكل أو بآخر بواسطة التثبيت العضوي والسواقي الجوية والاذابة والتعرية والتآكل والتحلل العضوي بعد موت الأحياء وغير ذلك من عوامل التأثير ، تصل إما إلى الغلاف المائي أو إلى غلاف التربة أو تعود وتخزن في

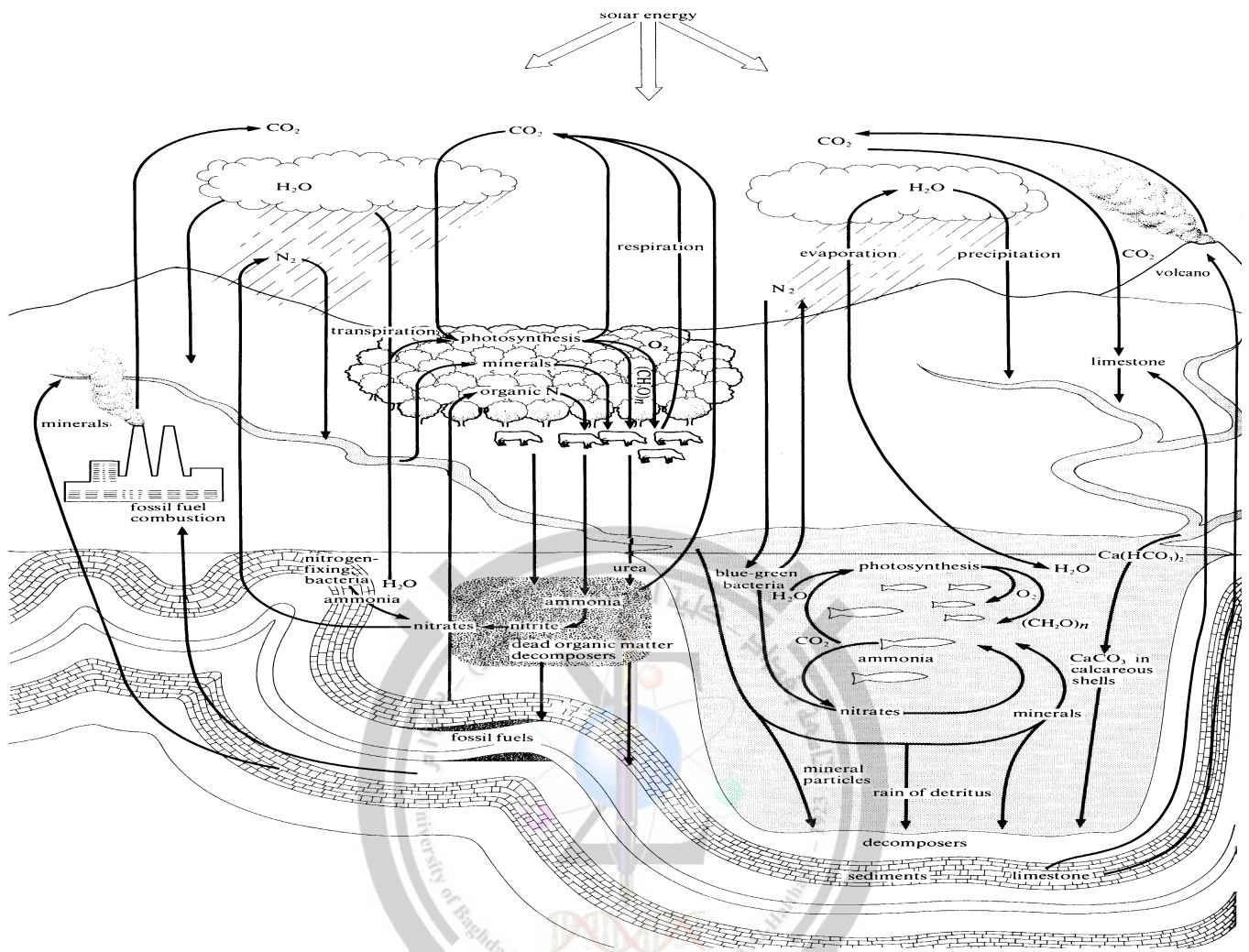
طبقات الغلاف الأرضي . إن عملية الانتقال هذه بين مكونات الغلاف الحيوي لمختلف العناصر التي ذكرت تحت تأثير العوامل الطبيعية المختلفة ، أو بواسطة العمليات الحيوية ، والإنتاج والاستهلاك والتحلل التي تحصل في سلاسل وشبكات الغذاء التي سبق شرحها في الفصل السابق ، ومن ثم إعادة هذه العناصر إلى البيئة مرة أخرى تدعى بالدورات البيوجيوكيميائية **Biogeochemical cycles** أو الدورات الأرضية الحية .

ومن خلال التدقيق بهذا المصطلح العلمي يتبين بأن الأركان الأساسية لهذه الدورات هي ثلاثة مكونات ، العوامل الحيوية أو (عالم الأحياء) ، الأرض والعناصر الكيميائية . حيث يشكل الجزئين الأرضي والكيميائي المكونات غير الحية ، وهما مركز أو قطب التخزين أو العامل المجهز للدورة **Reservoir pool** فيما يشكل الجزء الحي فيها العامل الناقل أو المدور لمكونات هذه الدورات **Cycling pool** . وتصبح العلاقة أكثر وضوحاً من خلال معرفة دور كل من هذه المكونات في آلية الدورات كما يلي :

1. الجزء الجيولوجي (الأرض) **Geological part** . وهو يعتبر المخزون الدائم لجميع العناصر الكيميائية الداخلة للدورة سواء كان هذا الجزء بشكله الصلب كالتربة والصخور أو السائل كالماء أو الغازي كالهواء .

2. الجزء الكيميائي **Chemical part** . والمتمثل بالعناصر الكيميائية التي عرف منها لحد الآن أكثر من 108 عنصر كيميائي مختلفة الصور ، وهذه العناصر إما تدخل مباشرة في بناء المادة العضوية والجزينات الكبيرة مثل الكربون والهيدروجين والأكسجين والنيتروجين حيث تشكل أكثر من 97% من المادة الحية ( الكتلة الحية) وتدعى مجموعة العناصر الرئيسية **Major elements** ، أما المجموعة التي تدعى بالعناصر الثانوية والتي تضم الكالسيوم والماغنسيوم والفسفور والبوتاسيوم والكبريت والكلور والصوديوم والحديد وغيرها فهي تدخل في بناء الجسم أو الهيكل والعظام في الحيوانات أو الأوراق والساق كما في النباتات وتشكل ما مقداره 3.6% من الكتلة الحية للكائنات ، وتدعى بالعناصر الثانوية **Minor elements** أما النسبة الباقية 5.0-4.0% من الكتلة الحية فيدخل في تكوينها بقية العناصر التي توجد بنسب بسيطة جداً في الطبيعة وتدعى بالعناصر النادرة **Trace elements** مثل الكروم ، الفلور ، النحاس ، النيكل ، الكوبالت والسليكون وغيرها ، وهذه العناصر رغم قلة تركيزها في الطبيعة إلا إن حاجة الأحياء لها تعتبر أساسية ولا يمكن الاستغناء عنها ، وكذلك تسمى أحياناً بالعناصر المحددة للنمو **Limiting elements** لبعض الأحياء .

3. الجزء الحيوي **Biological part** . يتمثل هذا الجزء بالكائنات الحية المختلفة من المنتجات والمستهلكات والمحللات التي تشكل السلاسل والشبكات الغذائية في مختلف الأوساط البرية والمائية والتي تعمل على تدوير الطاقة والمادة حيث تقوم بمساعدة الطاقة الضوئية المرئية بإشراك العناصر غير العضوية التي تأخذها (من القشرة الأرضية) في عملية تصنيع الغذاء العضوي ، وتحويل هذا المركب العضوي الناتج عنها إلى مركبات عضوية مختلفة الأشكال داخل أجسام المنتجات أو في أجسام المستهلكات المختلفة ، ومن ثم إعادته بوسائل الإخراج المعروفة إلى البيئة بشكل لا عضوي أو كنتيجة لنشاط الأحياء المحللة التي تعيد بقايا أجسام المنتجات والمستهلكات بعد موتها إلى عناصر أولية ، وتصل في كلا الحالتين إلى الأرض مرة أخرى وتدخل الدورة من جديد بمساعدة الطاقة الشمسية التي تعتبر المحرك الأساسي للدورات البيوجيوكيميائية التي هي سلسلة من التفاعلات التي تحتاج إلى الطاقة لإدامتها وديمومتها كما يتضح من الشكل (7 - 2) لعملية تدوير العناصر بين مكونات الدورة البيوجيوكيميائية .



شكل (1): الأجزاء الأساسية للدورة البيوجيوكيميائية في الغلاف الحيوي. عن (Cody 1975).

### ثانياً. أنواع الدورات البيوجيوكيميائية :The types of Biogeochemical cycle

من خلال دراسة مكونات الدورات البيوجيوكيميائية نلاحظ ان العناصر الأساسية لمكوناتها الثلاثة هي اما غازات موجودة في الغلاف الغازي او ذائبة في الماء او بين جزئيات التربة وفراغاتها أو عبارة عن عناصر طبيعية موجودة ضمن القشرة الأرضية أو مترسبة في المياه او مشتركة في تركيب ومكونات أجسام الكائنات الحية . وعلى هذا الأساس وضع علماء البيئة توصيف لدورات العناصر في البيئة استناداً على طبيعة العنصر الأساسي الداخل في الدورة ونوعية مصدره في الطبيعة وعلى ضوء هذه الحقيقة قسموا الدورات الى مجموعتين أساسيتين هما :

#### أ. الدورات الشاملة أو الكاملة Perfect cycles

وهي الدورات البيوجيوكيميائية التي تدخل في تكوينها العناصر غير القابلة للنفاد في البيئة ويمكن أن تتجدد باستمرار بغض النظر عن تركيبها الكيميائي ، وتتمثل بدورات المياه ، الغازات الأساسية كالكربون  $C_2$  ، الأكسجين  $O_2$  ، النيتروجين  $N_2$  ، الهيدروجين  $H_2$  وجميع الغازات التي تدخل في تكوين الهواء النقي في طبقة التروبوسفير في الغلاف الغازي ، ولذلك تسمى في العديد من المراجع بالدورات الغازية لأنه حتى الماء الداخل فيها يكون على شكل بخار ماء ضمن مكونات الغلاف الغازي .

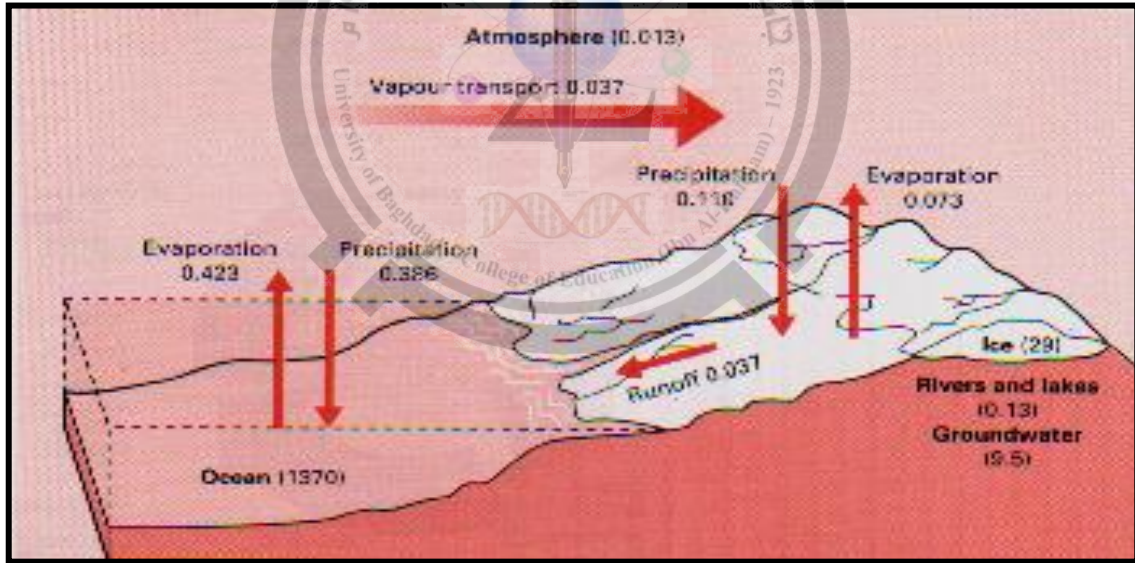
#### ب. الدورات المحدودة أو غير الكاملة Imperfect cycles (Local cycle)

وتتمثل هذه المجموعة بالعناصر القابلة للنفاد والتي يتحدد وجودها في مواقع محددة في البيئة في الماء أو التربة لذلك تسمى أحياناً بالدورات الناقصة Incomplete cycles ، وتسمى كذلك بالعناصر الرسبية سواء كانت لا فلزات مثل الكبريت والفسفور أو فلزات مثل الكالسيوم، الصوديوم، البوتاسيوم وغيرها.

### 3 . دورة الماء Water cycle :

الدورة المائية هي إحدى الدورات الطبيعية الشاملة في البيئة Perfect cycle وذلك لأن المياه تشكل ما مقداره حوالي ثلاثة أرباع الكرة الأرضية وتغطي حوالي 71% من مساحتها بالإضافة إلى أن الماء يتواجد بعدة صور منها:

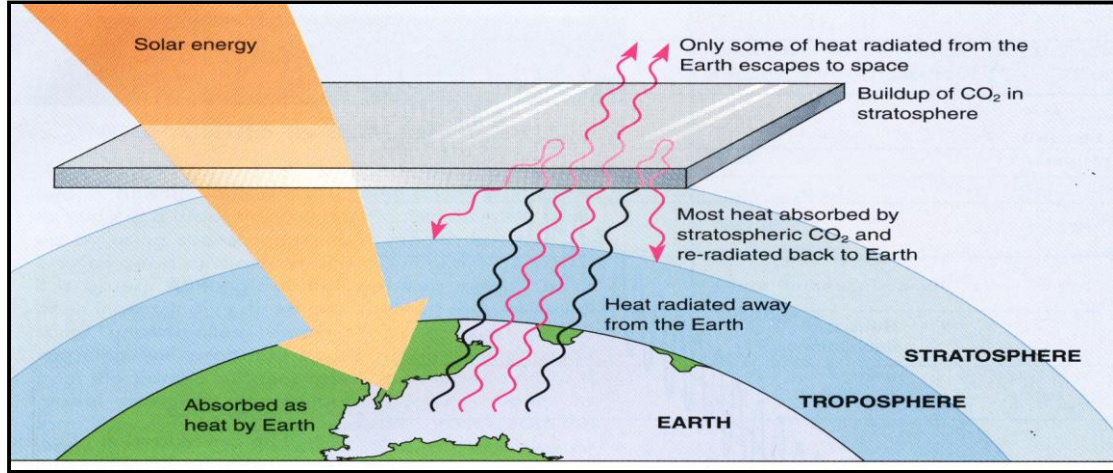
- \*- الشكل الصلب المتجمد (جليد المناطق القطبية وقمم الجليد)
  - \*- الشكل السائل في مياه البحار والمحيطات والأنهار، والبحيرات، وغيرها من مواقع المياه السطحية وداخل الأرض على شكل خزانات أرضية مختلفة الأبعاد عن سطح الأرض يطلق عليها المياه الجوفية.
  - \*- أو يكون الماء مشتركا مع سلاسل وشبكات الغذاء داخل أجسام الكائنات الحية كمخزون متحرك ضمن هذه الأحياء حيث يشكل أكثر من 80% من وزن أجسامها.
  - \*- أو يكون الماء على شكل جزيئات مرتبطة مع العديد من مكونات الأجسام غير الحية كالصخور الرطبة والأملاح والعديد من الخامات المختلفة.
  - \*- كما وجد الماء عالقاً ضمن مكونات الغلاف الغازي بشكل أساسي في طبقة التروبوسفير على شكل بخار ماء، يتكثف على شكل غيوم متصلة أو متقطعة حسب درجات الحرارة ومقدار التكثف وبالإضافة إلى نسبة منه على شكل بخار ماء في الجزء الأسفل من طبقة الستراتوسفير.
- ومن هنا نجد أنه موجود في أغلب مكونات الطبيعة ويدخل في تركيب الأغلفة الأساسية، وعند مقارنة مع الدورات الأخرى نجد أن دورته سريعة وتحصل بشكل انسيابي يتماشى مع العلاقة المنسقة بين شدة الإشعاع الشمسي والحرارة الناتجة عنه والرطوبة والتبخير والتكاثف والتساقط كما في الشكل (6-7) الذي يوضح العلاقة بين مكونات الغلاف المائي التي تتمثل بالمحيطات والبحار Oceans and Seas والمياه الداخلية المتمثلة بالأنهار والجداول والبحيرات Rivers, streams and lakes والمياه الجوفية Groundwater والأشكال الأخرى.



### 2- دورة الكربون Carbon cycle :

يوجد الكربون في الغلاف الغازي على شكل  $CO_2$  ويشكل نسبه بسيطة جدا من تركيبة الهواء النقي حيث لا تتجاوز 0.03% من حجمه وتتركز أغلبها في طبقة Troposphere. إلا أن هذه النسبة البسيطة تلعب دورا كبيرا جدا في تخليق وتكوين المركبات العضوية التي تعتبر أساس بناء المادة الحية لمختلف الأحياء واستقرار الأنظمة البيئية منذ بداية الخليقة ولحد الآن. حيث لاحظ علماء المناخ أن تبدلات صغيرة في  $CO_2$  الجوي ممكنة الحصول تحدث تغيرات رئيسية في المناخ، لأن  $CO_2$  شفافا للطاقة الشمسية المرئية القادمة من الأعلى كما هو في الزجاج الصافي ولكنه يقوم بامتصاص حرارة الأشعة فوق الحمراء المشعة ثانية من سطح الأرض ويعيد جزء منها إلى سطح الأرض ثانية مما يؤدي إلى تسخين الهواء، وتسمى هذه الظاهرة

( بظاهرة تأثير البيت الزجاجي/ الصوبة ) كما يظهر في الشكل التالي، وينعكس هذا التأثير في حركة تيارات الهواء والتبخير والرطوبة والضغط الجوي ، وهي من عوامل استقرار المناخ:

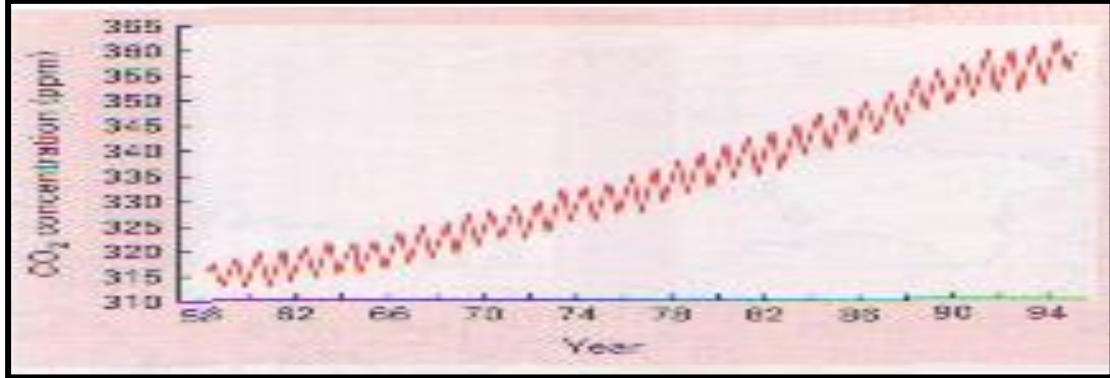


شكل (): إعادة انعكاس الحرارة المنبعثة من سطح الأرض تحت تأثير CO<sub>2</sub>

ولكن رغم قلة CO<sub>2</sub> الجوي إلا أنه ثابت نسبياً في البيئة وتتزايد الطبيعة منه باستمرار بسبب الارتباط بين دورة O<sub>2</sub> ، CO<sub>2</sub> والعلاقة المباشرة بينهما في عملية البناء الضوئي والتنفس في النباتات والكائنات المثبتة للمادة العضوية، وعملية الشهيق والذفير (التنفس) في الحيوانات، فهي تأخذ CO<sub>2</sub> وتلقي O<sub>2</sub> في البناء الضوئي أو تأخذ O<sub>2</sub> وتعطي CO<sub>2</sub> في التنفس . كما أن CO<sub>2</sub> موجود بشكل ذائب في المياه بصورة حره أو على شكل كربونات CO<sub>3</sub> اوبيكربونات HCO<sub>3</sub> او حامض الكربونيك H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> . وتعمل النباتات الكبيرة بالمحافظة على توازنه في البيئة المائية بعمليات متعددة ، كما يوجد في الحياة أيضا كنتاج عرضي لعمليات تحلل المواد العضوية التي تصل الى القاع أو تكون عالقة بالجسم المائي كبقايا انسجه حيوانيه ونباتيه او افرازات عضويه . ولثاني أكسيد الكربون وجود في البيئة البرية كذلك حيث يكون على شكل أملاح الكربونات مثل MgCO<sub>3</sub> كربونات الماغنسيوم والكالسيوم CaCO<sub>3</sub> وأوكسيد الجير CaCO مرتبطه مع الصخور الكلسية بشكل خاص والعديد من الصخور الرسوبية الأخرى . كما تساهم النشاطات البشرية في مجال الزراعة والصناعة وحرق الوقود واستخراج النفط وغيرها من الفعاليات بحوالي ثمانية مليارات طن تضخ سنويا الى الغلاف الغازي ، قدرت عام 1970 من قبل العديد من الباحثين بأن بحوالي 6 مليار منها عمليات حرق الوقود و 1.5 مليار من الأراضي الزراعية نتيجة للحراثة المتكررة وعمليات تحلل الاسمدة العضوية .

وتتميز دورة CO<sub>2</sub> بخاصية منفردة عن بقية الغازات الأساسية كون هذا الغاز في حالة زيادة في الغلاف الغازي ، و له قدره كبيرة اكبر بحوالي 30 مره من سرعة ذوبان O<sub>2</sub> في الماء هذا من جانب ، ومن الجانب الأخرى خاصية الموازنة بين ايون البيكربونات HCO<sub>3</sub> و CO<sub>2</sub> حيث تقوم البيكربونات بتعويض أية كمية تسحبها النباتات المائية وفي حالة زيادته يتحول الى بيكربونات ولذلك فهو بحالة توازن نسبي ثابت في المسطحات المائية التي تشكل 71% من الكره الأرضية ، وهذا ينعكس على انتشاره واستقراره في الطبيعة بشكل عام نتيجة لعمليات التبخر والذوبان المتبادلة بين الماء والغلاف الغازي . وهذا المبدأ يتأكد من الدراسة التي قام بها الباحث Ricklefs عام 1980 والذي قدر فيها إنتاجية الكائنات المنتجة للمادة العضوية (الكربون) بواسطة عملية البناء الضوئي بحوالي 10<sup>15</sup> × 105 جرام سنويا يعاد منها كمخزون لثاني أكسيد الكربون وتنفس النباتات حوالي 10<sup>15</sup> × 32 جرام ، اما النسبة المتبقية و البالغة 10<sup>15</sup> × 73 منه فإنها تستغل من قبل الأحياء الأخرى ، ويدور CO<sub>2</sub> بين الغلاف الغازي والتربة والماء والأحياء الموجودة في هذه الأغلفة بدورة منتظمة تشترك فيها عدة عوامل كما يظهر في الشكل .

ومما يقلق علماء البيئة حالياً هو زيادة التدفق الناتج من عمليات تلوث الغلاف الغازي، حيث أشارت إحدى الدراسات إلى أن تركيزه في منطقة القطب الجنوبي عام 1950 كان حوالي 280 جزء في المليون وأصبح 315 عام 1978 وفي عام 1984 بلغ 343 ومن المتوقع أن يصل في الفترة القادمة إلى حوالي 600 جزء في المليون.

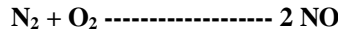


شكل: تزايد نسب CO<sub>2</sub> في الغلاف الغازي للفترة من 1958 – 1994  
: ( 1995 Keeling, et al )

#### 4 . دورة النتروجين Nitrogen cycle :

يعتبر النتروجين من أوسع الغازات انتشاراً في الغلاف الغازي حيث يشكل حوالي 79% من حجم الهواء النقي وبالرغم من هذه النسبة الكبيرة إلا أن الأحياء سواء نباتات أو حيوانات لا تستطيع أخذه مباشرة من الهواء لأنه (سام) لذلك يجب أن يتحول إلى شكل مركب يمكن امتصاصه من قبل النبات على شكل (نترات) أو مع مصادر الغذاء الحيواني للحيوانات . حيث يعتبر مصدر غذائي مهم لأنه يدخل في بناء وتركيب البروتينات والصبغة الخضراء والمادة الوراثية RNA و DNA والأحماض الأمينية والدهون المفسفرة والعديد من المركبات الضرورية لحياة الكائنات الحية . ومن وجهة نظر بيئية تعتبر دورة النتروجين أكثر الدورات الغازية شمولاً واستقراراً وذلك لأنه يوجد بكمية كبيرة في الغلاف الغازي تقدر بحوالي 38 . 5 جيوغرام (وكل 1 جيوغرام = 20 جرام) ، كما أن تحلل المواد السيللوزية والبروتينات الحيوانية الحاوية على مركبات عضوية محتوية على N<sub>2</sub> تساهم في تزويد البيئة أو إنتاج كنتاج عرضي من العمليات الصناعية (التثبيت الصناعي للنتروجين) والذي قدرته إحدى الدراسات للباحث Bowen 1979 بحوالي 4×10<sup>7</sup> طن/السنة . كما أن عمليات احتراق الوقود ووسائل النقل والنفايات الزراعية وغيرها تعطي كميات مقاربه لما يحصل من عمليات التثبيت الصناعي حيث يتم إطلاق النتروجين بشكل عنصر أو أكسيد النتروجين .

طاقة حرارية



كما إن الأحياء المجهرية تزود الغلاف الغازي بكميات من النتروجين الزائد عن حاجة النباتات وأحياء التربة خاصة في المواقع التي تستخدم فيها الأسمدة العضوية أو الاسمدة النيتروجينية بكميات فائضة عن الحاجة . بالإضافة إلى ما تعيده الحيوانات المستهلكة للغذاء من فضلات تحتوي على النتروجين مع مركبات مختلفه من اليوريا ، حامض اليوريك والأمونيا لذلك فإن مخزون هذا العنصر في الأنظمة البيئية سواء كانت بريه أو مائية دائماً مستقر وبكميات كبيرة . وتعتبر دورة عنصر N<sub>2</sub> من أكثر الدورات الغازية تعقيداً وصعوبة والسبب في ذلك هو أن هذا العنصر يمر بسلسلة من التحولات سواء في البيئة أو داخل أجسام الكائنات الحية وكما يلي:

#### خطوات دورة النتروجين :

##### أولاً: تثبيت النتروجين Nitrogen fixation :

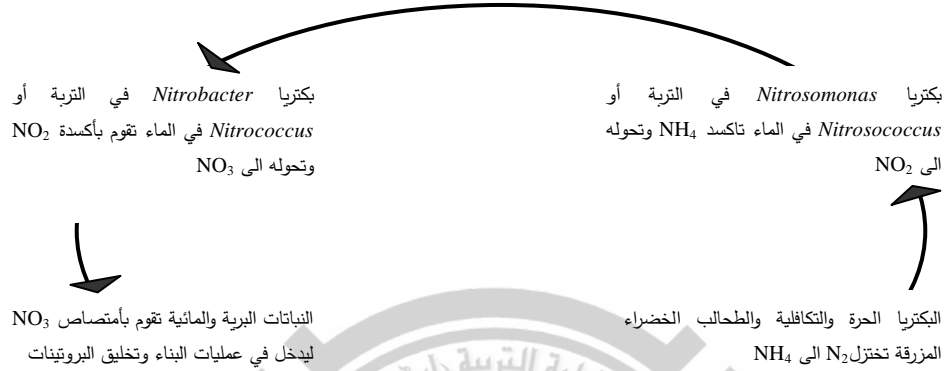
1- التثبيت الحيوي (Bio-fixation) Biological fixation : ويتم بواسطة أنواع من البكتيريا والطحالب والأوليات بعدة طرق هي :



أ . التكافل مع النباتات Symposis . كتكافل أنواع من البكتيريا مع النباتات البقولية بواسطة العقد الجذرية Root nodules ، والتكافل مع نباتات غير بقولية:

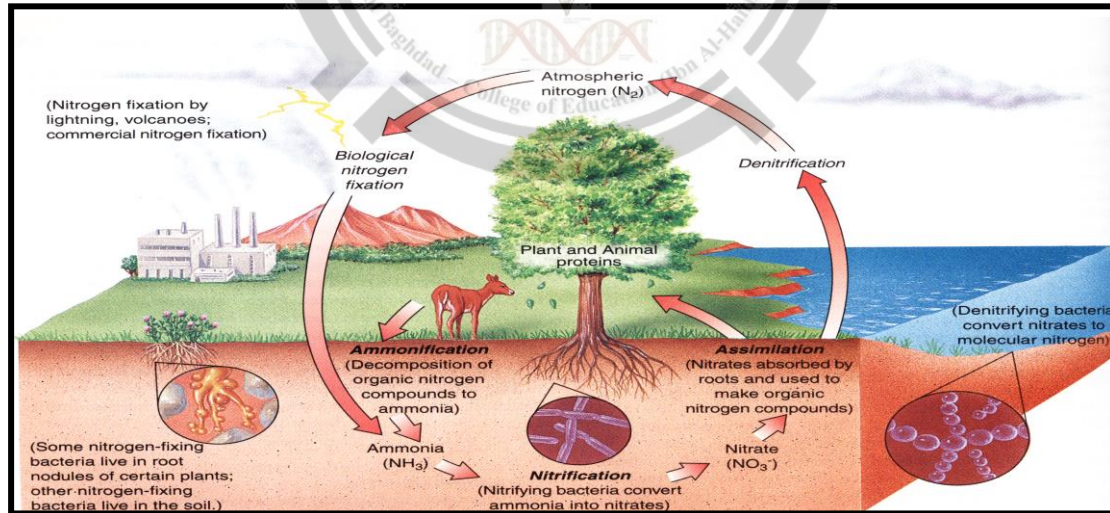
- الحالة الأولى بواسطة بكتريا ( الرايزوبيوم والبرادي رايزوبيوم *Rizobium* ) .
- الحالة الثانية فتحصل بواسطة بكتريا *Actinomycetes* .

ب . كائنات حيه تعيش في التربه أو في المياه بصوره حره Free living مثلها *Clostridium* , *Azobacter* ، طحالب مثل اجناس *Anabaena* , *Nostoc* او بكتريا في مياه البحر مثل جنس *Nitrosococcus* .  
**2- التثبيت الجوي (أو التثبيت الفيزيائي Physical fixation):** وهي عملية فيزيائية ينتج عنها تأثير مؤين للبرق على غاز  $N_2$  الموجود في الجو وتحويله الى نترات  $NO_3$  تتساقط مع الامطار على التربه والمياه ، وتقوم بعد ذلك العديد من أحياء التربه المجهرية بتحويله كما في الخطوات التالية:



### 3-عملية انتزاع النتروجين Denitrification :

تتم هذه العملية في الظروف البيئية التي ينعدم فيها الأوكسجين أي (الظروف اللاهوائية) تحت تأثير عدة عوامل كارتفاع الحرارة الشديدة في الماء والتلوث العضوي الشديد وغير ذلك من العوامل حيث تنشط بعض أنواع البكتريا مثل *Thayobacillus* , *Micrococcus* والتي تقوم باختزال النترات  $NO_3$  الموجودة في الماء وتحويلها مره أخرى الى  $NO_2$  نيتريت وغاز  $N_2$  الذي يطرح للغلاف الجوي .ويمكن وصف جميع هذه الخطوات بالتعاقب كما في الشكل العام لدورة النتروجين في الطبيعة والموضحة في الشكل التالي.



أماكن معينه أكثر من غيرها من جهة وكون الكميات الموجودة منها قابله للنفاد عند زيادة الاستهلاك البيئي من قبل الأحياء أو استخدامها من قبل الإنسان في المجال الصناعي والتجاري في مختلف أوجه النشاطات البشرية من جهة أخرى . وقد تكون هذه العناصر فلزات Nonmetals مثل الصوديوم ، البوتاسيوم والكالسيوم وغيرها أو لا فلزات مثل الكبريت والفسفور . ويدخل ضمن هذه المجموعة من العناصر ما هو أساسي للحياة Essential elements سواء للنبات أو الحيوان كالحديد والزنك والنحاس والفلور والنيكل وغيرها أو انها عناصر غير أساسيه non-essential elements كما هو في حالة البورون والجرمانيوم

والروبويدوم وسواها من العناصر التي توجد في أنسجة الكائنات الحية وسوائلها الجسمية . وهذه العناصر الراسبية إما تتواجد داخل الصخور الرسوبية أو مرتبطة مع الجذور أو الشقوق الكيميائية الموجودة في البيئة المحيطة بها مثل جذور  $SH, NH_4, OH$  وغيرها. أو تكون (وخاصة المعدنية منها) مرتبطة بصورة أيونية بالماء أو بصوره مترابطة مع مركبات عضويه أو غير عضويه وهذه المترابطة تكون قائمة على الارتباط الالكتروستاتيكي أو التساهمي أو الاثنين معا.

ولذلك توصف هذه الدورات بالدورات غير الكاملة أو المحدودة لأن عناصرها سواء فلزات أو لا فلزات تنتهي عند مركبات على شكل صخور أو خامات رسوبية مختلفة وتكون عملية خروج العنصر المطلوب للتدوير في البيئة منها بطيء جدا ، وفي حالة دخوله الدورة وخروجه منها مباشرة أو بطرحه على شكل فضلات من قبل الكائن الحي يكون من الصعب الحصول عليه بالحالة الحرة (الطبيعية) التي يمكن لهذا الكائن وخاصة النباتات من استخدامه مرة ثانية ، ومن أهم هذه الدورات دورة الفسفور ، دورة الكبريت ، ودورة العناصر المغذية الضرورية .

### 1- دورة الفسفور **Phosphors cycle** :

يعتبر علماء البيئة بأن دورة الفسفور  $P_2$  من أهم دورات العناصر الرسوبية والسبب في هذا التأكيد هو كون هذا العنصر يلعب دورا مهما في بناء المادة الحية الأولية Protoplasm للخلايا في جميع الأحياء من جهة وكذلك اشتراكه المباشر في تكوين المادة الوراثية RNA و DNA المسئولة عن تحديد ونقل الصفات الوراثية المميزة لهذه الكائنات من جهة أخرى ، كما ان هذا العنصر يمتلك صفات بنائية تركيبية حيث يدخل في عملية تكوين الأغشية الخلوية Cell membranes من خلال اشتراكه في تكوين الدهون المفسفرة phospholipids وتكوين الهياكل العظمية والأصداف والأسنان في جميع الحيوانات البرية والمائية ، ويشترك كذلك في تكوين ناقلات الطاقة الخلوية ATP, ADP, AMP بالإضافة الى كونه من العناصر الغذائية الكبرى Macronutrients ، ولذلك يستخدم في تصنيع العديد من المغذيات والأسمدة المركبة والفسفاتيية مثل  $P_2O_5, PO_4, NPK$  وغيرها ، حيث يمتص الفسفور بواسطة النباتات والطحالب المائية على هيئة فوسفات ذائبة  $PO_4$  ، ويستخدم في البناء الخلوي فيها ، ثم بعد ذلك ينتقل من خلال السلاسل الغذائية الى أجسام المستهلكات والمحللات وبعد موت هذه الأحياء وتحلل أجسامها يعود الفسفور بصوره فوسفات الى التربة أو المياه بواسطة بكتريا الفوسفات ليعاد امتصاصه مره أخرى من قبل المجموع الجذري للنبات أو بالنفاذ في حالة الطحالب والأحياء المائية البسيطة . كما يتواجد الفسفور في الماء بهيئة فوسفات الحديد  $FePO_4$  ، أو فوسفات الكالسيوم  $CaPO_4$  ، غير الذائبة وكذلك على هيئة ايونات الفوسفات غير العضوية وفي الجزئيات العضوية كالكسكريات والأحماض النووية مثل DNA ، وبعد انتهاء دورة العديد من الأحياء المائية ذات دورات الحياة القصيرة كالطحالب والقشريات والعديد من الأوليات والبكتريا وغيرها يعاد مره اخرى الى الماء . ويعتمد التوازن الكيماي للفسفور في الماء على عدة متغيرات منها الدالة الحمضية pH ، وتركيز وأقيام الايونات المعدنية ووجود الكبريت الذي يعمل على تكون كبريتيدات الحديد في الترسيبات القاعية والعمل على تحويل الفسفور من شكله غير الذائب الى الشكل الذائب ليصبح قابل للاستعمال من قبل الأحياء المائية وكذلك احياء التربة أثناء عمليات السقي ومعاملة التربة بالكبريت .

وعلى كل حال فان دورة الفسفور تعتبر مثالا نموذجيا لدورات العناصر الراسبية وتشترك فيها الصخور الفوسفاتيية المجهز الرئيسي للدورة والتربة والمياه والنباتات والحيوانات والأحياء المجهرية ، حيث يتحول فيها الفسفور من الشكل الصلب الى الشكل الذائب ثم الى الشكل الصلب مرة أخرى ، كما يتضح ذلك من الشكل التالي لهذه الدورة .

ومن متابعة الدورة أعلاه نلاحظ ان الفسفور يأتي من مصادر عديدة هي :

1. الصخور الفوسفاتيية التي يتحول قسم منها الى معادن التربة الحاوية على عناصر الفسفور بواسطة عملية التجوية Weathering وتآكل الصخور وتعريتها بواسطة الأمطار ، واستخراج المعادن .

2. البراكين Volcanoes التي تحصل في العديد من مناطق العالم تساعد في إيصال الفسفور الموجود في باطن الأرض الى التربة السطحية ويدخل الدورة .
  3. الفضلات الحيوانية التي تطرح على شكل افرازات أو مخلفات كما في زرق الطيور البحرية ، او بقايا الحيوانات الفقارية التي تتحلل في التربة أو الماء وتغطي هياكلها نسبة من الفسفور .
  4. مياه المجاري والمياه الصناعية المعادة الى المسطحات المائية تساهم بإعادة كميات كبيرة من الفسفور الذائب لأن هذه المياه حاوية على نسبة كبيرة من المنظفات الكيميائية التي تحتوي على جزء الفوسفات  $PO_3$  الذي يستخدم كعامل منشط في هذه المنظفات وخاصة السائلة منها .
  5. عمليات انجراف الترب الزراعية والترب البرية الحاوية على كميات من الفوسفات ضمن مكوناتها الطبيعية تساعد كذلك على وصول كميات من الفسفور إلى الماء وخاصة أثناء الغبار الشديد أو هطول الأمطار وحصول الفيضانات وعودة المياه إلى مستوياتها الطبيعية .
- ورغم أن فقد الفسفور في الأنظمة البيئية المتوازنة يكون قليل إلا أن علماء البيئة قلقون من إمكانية نفاذ هذا العنصر الحيوي (المحدد للنمو للعديد من الأحياء في البيئة) من مواقع لعدة أسباب منها تعود الى طبيعة دخول هذا العنصر للسلاسل وشبكات الغذاء وطرحه منها والقسم الآخر يعود لتدخل الإنسان واستخدامه لهذا العنصر في الصناعة ومن أهم هذه المشاكل ما يلي :
- أولاً : بما ان الفسفور المهم للأحياء هو  $PO_4^{3-}$  الذائبة في المياه فإن عملية دخوله الى المياه حتى وإن كانت داخلية كالأنهار فإنها تنتهي في مصبات بحرية ، أي أن جزء كبير يفقد سنوياً بشكل طبيعي على شكل ترسبات بحرية ، أو ترسبات قاعية بعيدة جداً تشترك في تكوين ما يسمى بالتربة القاعية ( أو الردغة Ooze وبذلك لا تستطيع العديد من الأحياء الاستفادة منه ، كما أن ما تعيده للبيئة بعض الأحياء كالطيور والأسماك لا يساوي ما يفقد منه الى البحار والمحيطات .
- ثانياً : قيام الإنسان باستغلال مصادر وخامات الفسفور وخاصة الصخور الفوسفاتية (Apatite) في صناعة الأسمدة الفوسفاتية ، وكذلك استخدام مركبات هذا العنصر في صناعة المنظفات والمبيدات الفسفورية التي تصل الى المياه في نهاية العملية الزراعية أو صرف المياه المعادة إلى مجاري الأنهار والبحيرات الكبيرة .
- ثالثاً : عمليات تعرية وانجراف التربة وخاصة في المناطق الجبلية غير المحمية ووصول كميات من الفوسفات الى مصادر الأنهار ووصولها الى البحار في نهاية الأمر وبهذا لا تحصل عملية توازن حقيقية بين الفسفور المستهلك والفسفور المعاد ( أو المسترجع للبيئة) حيث قدر الباحث Hutchinson بأن ما يعاد من الفسفور بواسطة الطيور والأسماك يقدر بحوالي 60. 000 طن سنوياً بينما الذي يفقد إلى قاع البحار والمحيطات يتراوح بين (1- 2 مليون طن سنوياً).

**ولذلك وضع الباحثون العديد من الخطط والأفكار التي تساعد على تفعيل هذه الدورة والتقليل من فقد هذا العنصر المهم جداً في الدورات البيوجيوكيميائية والتوازن البيئي منها :**

1. استخدام المياه المعادة والحوية على نسب عالية من الفوسفات في عمليات الزراعة واستصلاح الأراضي وخاصة الصحراوية والفقيرة .
2. رفع مستوى التقنيات التي تستخدم في معالجة مياه المجاري ومحاولة الحصول على أكبر كمية من الرواسب الحاوية على مركبات الفسفور المختلفة .
3. عمل المصائد البحرية وتحفيز تكون الشعاب المرجانية التي تحتوي على أنواع عديدة من الطحالب التعايشية التي تحتاج الى الفوسفات لزيادة نموها والتي تعمل بنفس الوقت على تعطيل انسياب الرواسب النهرية الى قيعان البحار والاستفادة منها كمغذيات للعديد من الأحياء المائية .
4. العمل على تثبيت الترب من خلال عمل المدرجات الجبلية وزراعة المناطق الجبلية والأراضي المرتفعة بالنباتات المثبتة للتربة وتقليل عمليات فيضان الأنهر وجرف الترب الزراعية وغيرها من الوسائل .
5. سحب الترسبات القاعية والاستفادة منها في تصنيع الأسمدة الفوسفاتية وخاصة في البحيرات الكبرى ذات الأعماق الكبيرة والتي تصلها مخلفات ومياه الصرف بكميات كبيرة أيضاً .

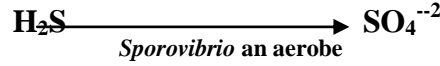
## **2- دورة الكبريت والعناصر الثانوية Sulfur cycle :**

الكبريت واحد من مجموعة من العناصر تسمى بالعناصر الثانوية التي تشمل الكبريت والماغنسيوم والكالسيوم وسميت بالثانوية لأن النباتات تحتاجها بكميات قليلة كأسمدة تربة مقارنة مع غيرها من العناصر الغذائية الكبرى كالبوتاسيوم والفسفور . ويوجد الكبريت بصورة عضوية في الطبيعة لذلك يجب أن يتحلل لكي تتمكن النباتات من الاستفادة منه ، ولهذا العنصر أهمية بيئية وحيوية في نفس الوقت حيث أن وجوده في التربة أو إدخاله في العمليات الزراعية وذوبانه في الماء يؤدي الى تكوين وسط حامضي من  $H_2SO_4$  بتراكيز بسيطة مما يساعد في إذابة

الكالسيوم والفسفور والبوتاسيوم الموجود على شكل مركبات مع جزئيات التربة أو في الرواسب القاعية في الماء مما يسهل عملية امتصاص هذه العناصر الضرورية للنمو النباتي وكذلك للعديد من الطحالب والحيوانات المائية وخاصة القشريات والأسماك وبشكل خاص الكالسيوم والفسفور ، كما أثبتت العديد من الدراسات بأن الكبريت يعمل على خفض الأس الهيدروجيني في الترب الحامضية وبذلك يعمل كمنظم لحموضة حسب حاجة التربة عن طريق اشتراكه القوي في تكون مركبات وأيونات مشتركة لأن جزئية الكبريت شديدة الميل للاتحاد مع الأيونات الأخرى في البيئة ولذلك من النادر وجوده بصوره حره . كما أثبتت العديد من الدراسات بأن وجوده في التربة يحفز تكون العقد الجذرية البكتيرية في النباتات البقولية التي تعمل على تثبيت النيتروجين بطريقه التثبيت الحيوي ، أما من الناحية الحيوية فله العديد من الوظائف فهو يدخل في تركيب وبناء العديد من الأحماض الأمينية التي تشكل العمود الفقري لبناء جزئيات البروتين . كما يقوم بدور فعال في تكوين العديد من الأنزيمات الجسمية والفيتامينات المنشطة للجسم ، كما أن له دور مهم في عملية تكون البذور والتسريع في عملية نضج الثمار وكفاءة الأوراق وحيويتها لذلك فأن نقصه في التربة يظهر مباشرة على الأوراق النباتية حيث يصبح لونها أخضر شاحب . ويتميز هذا العنصر عن سواه من عناصر الدورات الرسوبية بأنه يمكن ان يكون بالصورة الغازية في بعض المواقع من البيئة وخاصة بهيئة  $SO_2$  ثاني أكسيد الكبريت ، أو كبريتيد الهيدروجين  $H_2S$  وبذلك يستطيع دخول الأوراق النباتية عن طريق الهواء بالتبادل الغازي أو الإدمصاص في الأجواء الرطبة ، إلا أن المصدر الأساسي للكبريت هو المادة العضوية الموجودة في التربة بالإضافة الى العديد من المصادر الطبيعية كالخامات (الركاز) المتمثلة بالصخور الكبريتية وكبريتات الامونيوم وكبريتات الماغنيسيوم وكبريتات البوتاسيوم والجبس الزراعي  $CaSO_4$  والأملاح البحرية المحمولة مع الرياح وثوران البراكين في بعض المناطق ووصول مركبات الكبريت المخزونة في الطبقات الأرضية الى القشرة (التربة) بالإضافة إلى غازات الكبريت المتكونة مع عمليات الاحتراق المرافقة للبراكين وأكاسيد الكبريت الناتجة من التلوث الصناعي والتحلل العضوي للمصادر المائية الحاوية على الطحالب الخضراء المزرقة التي تعطي  $H_2S$  كنتاج عرضي لها . وجميع هذه الأكاسيد اذا لم تمتص مباشرة من قبل النباتات فأنها تتحول الى أمطار حامضية تتساقط على مختلف المواقع البيئية بهيئة حامض الكبريتيك  $H_2SO_4$  أو كبريتات الأمونيوم ، وقد قدرت بعض الدراسات البيئية بأن مجموع هذه السواقط تزود البيئة بما مقداره 60 كغم/هكتار سنويا من مركبات الكبريت . كما تساهم المدن والمجمعات السكنية من خلال ما تطرحه من فضلات تسمى بالسماد البلدي أو ما تحمله مياه المجاري من مركبات كبريتيدية مختلفة المصادر .

ومهما اختلفت مصادر الكبريت في البيئة فإن هذا العنصر يدخل الدورة البيوجيوكيميائية بشكل رئيسي عندما يكون بشكل ايونات الكبريتات الذائبة  $SO_4^{-2}$  حيث تستطيع النباتات من امتصاصه عن طريق الجذور واستعماله في البناء الخلوي ، وفي المنتجات ينتقل خلال السلاسل الغذائية كبروتينات نباتية ويدخل في البناء الخلوي والتي ذكرناها سابقا . وي طرح من هذه الكائنات مع الافرازات الجسمية المختلفة بنسب بسيطة أو بعد موت الأحياء المنتجة أو المستهلكة ، ويعاد بعمليات التحلل في الظروف الهوائية أو اللاهوائية حيث يتحرر في الظروف اللاهوائية في التربة أو الماء على شكل كبريتيد الهيدروجين  $H_2S$  ، أما في حالة الظروف الهوائية فينتج من المواد العضوية التي يتم تحللها إلى أكاسيد الكبريت الأخرى ، وفي جميع الأحوال يتم أكسدة  $H_2S$  وتحويله الى جذر سلفات  $SO_4^{-2}$  بواسطة أنواع من البكتريا الهوائية المتخصصة في أكسدة الكبريت للحصول على طاقه كيميائية للقيام بعملية التثبيت الكيميائية وصنع الغذاء ، ومن البكتريا المعروفة في هذا المجال بكتريا الكبريت *Thiobacilluse* . وفي حالة عودة الظروف اللاهوائية تسير العملية بالاتجاه العكسي حيث يتم اختزال  $SO_4^{-2}$  الى كبريتيد الهيدروجين  $H_2S$  مره أخرى بواسطة بكتريا لاهوائية من مجموعة *Sporovibre* كما توضح المعادلات التالية :

*Throbacilluse aerobe*



كما تستطيع بكتريا الكبريت تحويل الكبريت الحر أو نزعه من المركبات الحاوية على الكبريت والتي ذكرت في مصادر الكبريت سابقا وتحويله الى حامض كبريتيك للحصول على طاقة لغرض القيام بعمليات البناء الضوئي ولذلك اشرنا إلى ان وجود الكبريت يعمل على خفض حامضية التربة ويتم هذا العمل وفق المعادلة التالية :

### *Thiobacilluse*



وعموما يمكن تلخيص دورة الكبريت بالشكل التالي :

ونلاحظ من الشكل ان دورة الكبريت كغيرها من الدورات الراسبة تتأثر بعمليات فقد وخسارة الكبريت في النظام البيئي عن طريق غسل وري التربة ، وتسرب المياه من طبقاتها المختلفة الى المصادر النهرية او المياه الجوفية . بالإضافة الى خسارة الكميات التي تشترك في تكوين البذور والثمار التي تستهلك في أماكن أخرى بنتيجة للنشاط التجاري ولذلك يجب تعويض هذه الكميات عن طريق استخدام الاسمدة الكبريتية في الدورات والعمليات الزراعية بصوره مستمرة .

اما العناصر الثانوية الأخرى وهي الكالسيوم Ca والماغنسيوم Mg فإنها تلعب دور مهم في حياة المنتجات النباتية بشكل خاص حيث يؤدي الكالسيوم العديد من الوظائف المهمة أولها المشاركة في تكوين الجدران الخلوية Cell walls وتحفيز نمو المجموع الجذري والمجموع الورقي بالإضافة الى قيامه بتنشيط عمل العديد من الأنزيمات وتكوين البذور وقشرة الثمار ، كما يلعب دور وظيفي مهم داخل النبات حيث يساعد في معادلة الأحماض العضوية ونقصه يؤدي الى ضعف نمو القمم النامية وتعفن الجذور ، كما له دور بيئي مهم في انتشار ونمو البكتريا التكافلية التي تكون العقد الجذرية التي تساعد على تثبيت النتروجين حيويا . وهو ضروري للحيوانات المائية والبرية حيث يساهم في بناء الأصداف والأغلفة الجسمية والهياكل الداخلية ، ويحافظ على صحة الجهاز العصبي والعضلي ونسبته مهمه في أجسام الثدييات ومنها الإنسان وخاصة بما يتعلق بالدورة الدموية وأمراض الشرايين المعروفة .

أما عنصر الماغنسيوم فيعتبر وجوده في الدورة البيوجيوكيميائية مهم جدا في الدراسات الوظيفية والتي تشير الى أنه يشكل الحلقة الوسطى في تكوين جزئية اليخضور (الكلوروفيل) النباتي العامل الأساسي في عملية البناء الضوئي ، كما أن وجوده في البيئة يساعد في تسهيل عملية تمثيل الفوسفات  $\text{PO}_4$  من قبل النباتات وتنشيط عملية التنفس من خلال العمل على تنشيط العديد من الإنزيمات في أجسام الكائنات الحية ومنها النباتات ، ويفضل ان يكون وجوده في البيئة بحالة توازن مع عنصر الكالسيوم لانهما يعملان على زيادة القدرة التبادلية للأيونات الموجبة من وإلى داخل الأغشية الخلوية لجميع الأحياء . وهذه العناصر متوفرة في أغلب أراضي الوطن العربي لان معظمها ناتج في ترسبات نهريه بالإضافة الى ارتفاع مستوى الحموضة في أغلب هذه الأراضي ، حيث تشير الدراسات الى أن الكالسيوم من أكثر العناصر وفرة في الدورات الرسوبية ، لأنه ينجرف مع ترسبات الأنهار ويترسب بشكل حجر الكلس وموجود ضمن صخور السلاسل الجبلية ويصل الى المناطق البحرية بشكل متواصل . وقدرت هذه الدراسات بأن 7% من المواد الرسوبية الكلية التي تصل الى الأنهار هي من الكالسيوم ، كما ان التجارب الإشعاعية قد ساهمت بزيادة مستوى الكالسيوم وخاصة من خلال استخدام عنصر السترانشيوم المشع الذي يؤدي الى زيادة انبعاث الكالسيوم من التربة والماء ووصوله الى النباتات الخضراء أو أجسام الحيوانات ودخوله غذاء الإنسان ولكن لهذه العملية تأثيرات بيئية وصحية خطره لأن هذا العنصر المشع ثبت ان له تأثيرات سرطانية وهو عنصر بديل في حالة نضوب الكالسيوم كعامل محدد للنمو تستطيع بعض الأحياء استبداله في البيئة . وعموما يمكن ان يتم التبادل بين المجتمعات الحيوية والمكونات اللاحية لهذه العناصر بالشكل التالي :

الأهمية البيئية لدراسة الدورات البيوجيوكيميائية :

إن عملية انتقال و دوران العناصر الضرورية لإدامة الحياة والعلاقة التفاعلية بين الكائن الحي وبيئته والمتمثلة بأخذ العناصر المغذية من الأغلفة الأساسية المكونة للغلاف الحيوي والمتمثلة بالماء والتربة والهواء ، هذه العناصر كالكربون على شكل  $CO_2$  والأكسجين  $O_2$  والنيتروجين  $N_2$  والماء  $H_2O$  والكثير من عناصر الطبيعة الأخرى التي تحتاجها الكائنات الحية في إدامة حيويها ونشاطها الأيضي وإدخالها في سلسلة من التحولات من الشكل غير العضوي (عناصر أولية) إلى الشكل العضوي (غذاء مصنع) بعملية البناء الضوئي ثم إعادته إلى الشكل غير العضوي مرة أخرى على شكل (عناصر أولية) بعملية التحلل والهضم والإخراج وما يرافق ذلك من تحرير طاقه حره إلى البيئة ، كلها عوامل تجعل أو تسبب تباين واختلاف في أعداد وأنواع الكائنات الحية في منطقة بيئية ما عن ما هو موجود في منطقة بيئية أخرى وذلك نتيجة لعدة عوامل منها ، وفرة وطبيعة العناصر الداخلة في عملية التحول هذه ، كفاءة الكائنات الحية التي تقوم بسلسلة التحولات ، الظروف البيئية المحيطة بهذه الكائنات الحية والتي تؤثر بشكل كبير على سرعة التحول ومقداره (كالحرارة ، الرطوبة ، وشدة الإشعاع الشمسي (الإضاءة) والعوامل الكيميائية المختلفة بالإضافة إلى العلاقات الجانبية الناشئة بين الأحياء ذاتها . لذلك فإن متابعة مسار انتقال أي عنصر من عناصر الدورات البيوجيوكيميائية من الحالة غير العضوية إلى الحالة العضوية ومنها إلى الشكل غير العضوي مره أخرى في أية جزء من الطبيعة تسهل على الباحث البيئي عملية إدراك وتفسير العلاقات الناشئة بين الكائن الحي ووسطه أولاً وبين الكائن الحي و أفراد نوعه والأنواع الأخرى في مجتمعه من جهة ثانية ، لأن مسارات هذه العناصر مهما اختلفت طبيعتها وشكل دورتها فإنها بالنتيجة تتبع نظاماً جيولوجياً وكيميائياً وحيوياً مترابطاً يكمل بعضه البعض الآخر لإتمام هذه الدورة وانتقال العنصر بين مكونات الطبيعة .

ومن هذا المنطلق أصبح بالإمكان من وجهة نظر علماء البيئة بشكل عام وعلماء البيئة التطبيقية Applied ecology بشكل خاص دراسة ومتابعة هذه الدورات ضمن الأنظمة البيئية المختلفة سواء كانت بحار أو محيطات أو أنهر أو بحيرات أو غابات أو مراعي أو صحارى أو غير ذلك من الأنظمة المفتوحة والمغلقة ، لأن النتيجة النهائية لدورة أي عنصر تتلخص في الانسياب الدوري والمستمر لهذا العنصر وانتقاله من البيئة المحيطة (الوسط) إلى أجسام الكائنات الحية واشتراكها في الفعاليات الأيضية ، ثم طرحه إلى الوسط مره أخرى كنتاج عرضي لعمليات الأكسدة والاختزال والتحلل المعروفة . إلا أن هذه العملية لا تكون بهذه البساطة كما أثبتت الدراسات البيئية المختلفة نتيجة للمتغيرات التي تحصل في البيئة يوميا وفصلياً بالإضافة إلى ما يحصل من ظروف حرجه تتعرض لها الكائنات الحية في بيئتها نتيجة للعوامل البيئية الطارئة السريعة كالحرائق والعواصف والأمطار وتساقط الثلوج والتعرية وغيرها بالإضافة إلى جوانب تتعلق بسلوك الكائن الحي وخاصة المستهلكات والمحللات كالهجرة والاستيطان وفرط الكثافة والتنافس والافتراس وانتشار الأوبئة السريعة ، هذه العوامل مجتمعة تجعل من وضع الخطوط الرئيسية لنماذج دورة العناصر في البيئة ليس كافياً للاستدراك الكامل لعمل الأنظمة البيئية ، لذلك تبقى الحاجة إلى معرفة طبيعة العلاقات الكمية والنوعية المتداخلة في مجتمع الأحياء وعلاقته بمصادر الطاقة الواصلة لهذه الأنظمة البيئية . لذلك فإن متابعة هذه التغيرات التي نلاحظها في الطبيعة عن طريق متابعة ودراسة الدورات البيوجيوكيميائية تحقق للباحث البيئي العديد من الأهداف منها :

- أ. معرفة ومتابعة عملية انسياب وهجرة العناصر الضرورية لإدامة الحياة ونشاطها وتحديد مواطن الضعف والقوة التي تؤثر في إعاقة أو تنشيط هذه الحركة الانتقالية سواء في الماء أو التربة ووصولها للكائن الحي من عوامل كيميائية فيزيائية أو عوامل تلوث مشتركة .
- ب. مراقبة وتتبع كفاءة المستويات الغذائية والكائنات المكونة لها في عملية تثبيت الطاقة وتحويلها على شكل كتلة حيوية جاهزة للمستويات الأعلى من خلال حساب كمية الطاقة الداخلة في الدورة والطاقة الخارجة منها .

- ج. دراسة ومراقبة هجرة الأحياء في المناطق البيئية ومعرفة مدى تأثيرها على استقرار الدورات البيوجيوكيميائية وخاصة للعناصر الراسبة والمغذية من خلال تأثيرها على كمية المادة العضوية التي تسحبها أو تضيفها للأنظمة التي تتحرك منها واليها .
- د. إمكانية التنبؤ بما يحصل في النظام البيئي من خلال دراسة توزيع العناصر الحيوية في النباتات والحيوانات والكائنات الأخرى وتبدلاتها من حيث النمو والتكاثر ومعدل الولادات وأهلاكات أثناء انتشار الأوبئة أو مراقبة المخزون العضوي وكمية العناصر ونوعيتها في هذا النظام من خلال إجراء وتحليل مستمر لمكونات هذه الأنظمة ومعرفة جوانب الخلل في شبكات الغذاء والطاقة وحركة العناصر والعمل على صيانة الموارد الطبيعية .
- هـ. العمل على تطوير مستوى الإنتاجية في مختلف المستويات البيئية وخاصة في النظم المائية أثناء الفترات التي تقل فيها العوامل المساعدة بسبب انخفاض درجات الحرارة وضعف نشاط الكائنات الدقيقة في عملية التحلل وكذلك حركة الأحياء والتيارات المائية ، مما يقلل من فرص تدوير المغذيات في الوسط .

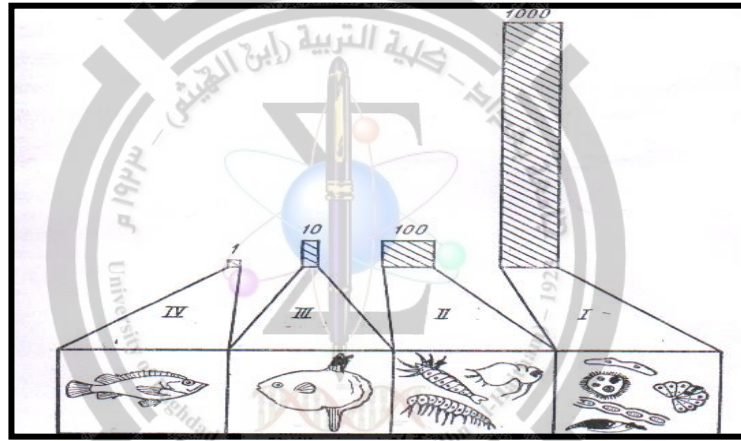






الطاقة . ومعنى ذلك أننا نجد تدرج في الطاقة عند انتقالنا في كل مستوى من المستويات الغذائية وكذلك نحصل على تدرج أكثر في الكتلة الحية لهذه المستويات لأنها تمثل صافي إنتاجية كل مستوى في سلاسل الغذاء ، وهذه القاعدة تنطبق على المجتمعات النباتية و الحيوانية بشكل متماثل ، كما وصف Dowdeswell 1984 مجموعة العلاقات الغذائية التي تظهر في مجتمع بركة مائية Pond community . حيث استطاع الباحث ان يستنتج من هذه العلاقات الحقائق التالية :

1. أن نماذج التداخل والعلاقات الغذائية تكون معقدة جدا وذلك بسبب تكون شبكات غذائية متداخلة العوامل بدلا من سلاسل غذائية بسيطة ، وهذا يعود الى استهلاك الحيوانات على مصادر نباتية مختلفة ، أو أن آكلات اللحوم تقوم أحيانا بالتغذية المشتركة أو تبدل غذائها حسب فصول السنة وتوفر المواد الغذائية .
2. يقوم الحطام Detritus النباتي والحيواني الواقع في أسفل الشبكة الغذائية بتجهيز الطاقة والغذاء بعد دخوله الى (دورة الغذاء) للعديد من الأحياء كالديدان والرخويات والقشريات كما ان الحطام الناتج من تغذية هذه الأحياء يوفر قاعدة جديدة لنمو عديد من الطحالب والنباتات المائية التي تكون قاعدة لنمو حيوانات أخرى، وبهذا تتغير الحسابات الكمية والنوعية للطاقة الإنتاجية لهذا النظام البيئي
3. لاحظ الباحث بأن المرحلة النهائية في استقرار الشبكة الغذائية المتكونة تتميز بقلة أعداد الكائنات الحية مع ميل لزيادة الحجم والكتلة الحية ، وهذا يتفق مع تفسير الباحث (كوليناكس) الذي يشير إلى أن توفر الطاقة في النظام البيئي يكون على أساس وجود أعداد قليلة من الحيوانات العاشبة واللاحمة مع وجود أعداد كبيرة في المنتجات أو قليلة العدد ولكنها ذات أحجام كبيرة (أي كتلة حيوية كبيرة) وهذه الحقائق هي التي قادت الباحث ألتون Elton الى تصور العلاقة بين المفترسات (والفرائس) على الشكل التالي:



شكل(2) نموذج لهرم Elton يبين العلاقة بين المفترسات والفرائس .

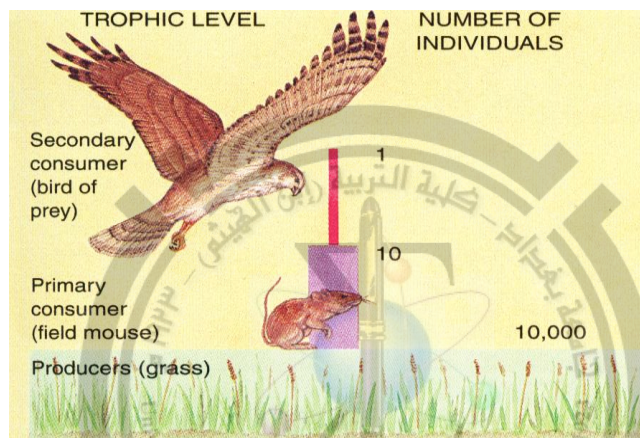
فإذا نظرنا إلى الشكل الذي وضعه الباحث (التون) نجده عبارة عن توضيح لعلاقات غذائية بالأساس يتبين فيها التركيب الغذائي لعدة مستويات آكلات الأعشاب وآكلات اللحوم الدنيا والعليا وهو كذلك تعبير عن الوظيفة البيئية لكل من هذه المستويات فإذا تابعنا الشكل من حيث الكتلة الحية Biomass أو انسياب الطاقة أو الأعداد نجد بأنه يأخذ شكل هرمي تمثل قاعدته المستوى الغذائي الأول (المنتجات) والمستويات الأخرى المتعاقبة تمثل بالمستهلكات المختلفة حتى تصل قمة الهرم ، هذا الشكل البيئي المفترض لهذه العلاقة هو ما أطلق عليه فيما بعد تسمية الهرم البيئي (Ecological pyramid) والذي هو عبارة عن شكل هندسي للتعبير عن التغيرات التي تحصل في أعداد الكائنات الحية ، أو كمية الطاقة المتحركة فيها ، أو التغيرات في مقدار الكتلة الحية المثبتة في أي مستوى غذائي لأي مجتمع حيوي في النظام البيئي . وهو مقياس جيد للتعبير عن مدى الكفاءة البيئية للأحياء ودراسة العلاقة بين الحجم والايض الخلوي والعلاقة بين الكتلة الحية ومعدل الأيض (الاستقلاب) كذلك فهو مقياس جيد للتعبير عن مدى صافي إنتاجية المجتمع الحيوي ، وبالتالي يمكن اعتماده كمقياس لمعرفة مدى التوازن العددي لأنواع الداخلة في تركيب المجتمعات الحيوية المختلفة .

## أنواع الاهرامات البيئية :

على أساس التعبير عن طبيعة محتويات النظام البيئي من حيث عدد الأحياء ، كتلتها الحيوية ، سريان وتدفق الطاقة في مستوياته الغذائية وصف علماء البيئة ثلاثة أنواع من الاهرامات البيئية هي :

### 1- الهرم البيئية العددي : Pyramid of numbers

الهرم العددي هو الهرم الذي يعتمد في وصف المستويات الغذائية المختلفة بالاعتماد على إحصاء عدد الأحياء في كل مستوى منها بغض النظر عن نوع الأحياء ويستخدم وحدات (عدد الأحياء/م<sup>2</sup> أو م<sup>3</sup>) حسب نوع الوسط البيئي ماء أو تربة وأول من وصفه بهذه الطريقة هو الباحث التون Elton . ولا يؤكد هذا النوع من الاهرامات على طبيعة التركيب النوعي ولذلك فإن شكل الهرم في الظروف الطبيعية يكون ذو قاعدة عريضة لأن عدد المنتجات يكون كبير في أية نظام بيئي طبيعي ، تليها في العدد آكلات الأعشاب ثم المستهلكات الثانوية ثم آكلات اللحوم الدنيا ثم المفترسات العليا وهكذا تباعا . على سبيل المثال لو درسنا جزء من منطقته حشائش تبلغ 1000 متر مربع ووجدنا ان معدل أعداد النباتات في المتر المربع الواحد (10 نباتات) فسيكون عدد النباتات في المساحة المدروسة  $1000 \times 10 = 10000$  فرد ، ووجدنا أن هذه المساحة تحتوي على 100 حيوان من آكلات الأعشاب ، وحيوان واحد مفترس من آكلات اللحوم العليا صقر مثلا فان شكل الهرم العددي يصبح كالتالي ( شكل (3) :



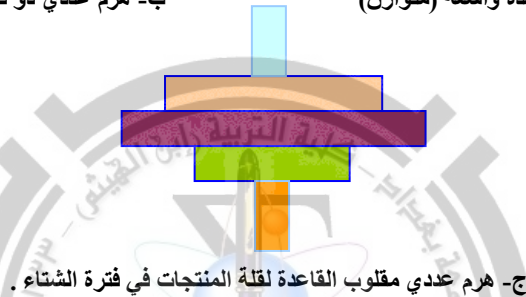
شكل (3) هرم عددي بين ثلاثة مجاميع من الأحياء .

ولكن الملاحظ ببنياً أن هذا النوع من الاهرامات يخضع الى التغيير المستمر في البيئة وخاصة في المستويات التي تمثل الكائنات مختلفة التغذية للعديد من الأسباب:

1. التغيير في الفصول ودرجات الحرارة وتأثيرها على النمو والتكاثر والتبدل في دورات الحياة وخاصة في الكائنات السريعة التكاثر مما يؤدي الى تغيير الأعداد فيها بصورة مستمرة .
2. انتشار الأمراض والأوبئة التي تؤدي الى ارتفاع نسبة معدل الوفيات الى معدل الولادات .
3. العلاقات السلبية التي تنشأ في مجتمع الأحياء من افتراس وتنافس و إزاحة بيئية أو تضاد حيوي وتطفل وغيرها من العلاقات .
4. هجرة العديد من الأحياء من داخل المنطقة البيئية مما يؤدي الى تناقص الاعداد او بطريقة الاستيطان والدخول إليها وهذه العملية تؤدي الى زيادات غير متوقعة في الأعداد لفترات محدودة او لعدة ايام او لفصل كامل كما يحصل في حالة هجرة الأسماك أو الطيور أو اللبان من منطقة لأخرى .
5. إن هذا النوع من الاهرامات يستثنى أحياء التربة وخاصة المجهريه منها لصعوبة عدها او طرق تقديرها بالطرق التقليدية مما يدفع لاغفال الدور المهم لهذه الاحياء .
6. التغيير في طبيعة الغطاء النباتي نتيجة لتغير كميات تساقط الامطار او التبدل الحراري أو انهاء فترة العمر الفسلي للعديد من الانواع وخاصة الحولية منها ، او نتيجة لتعاقب الأنواع ذاتيا او خلطيا كما سيتم التعرض له في باب التعاقب البيئي مما يؤثر ليس فقط في عملية ثبات ونسب أعداد النباتات بل على الحيوانات التي تعتمد عليها في التغذية او الموطن البيئي .
7. قلة المغذيات والتغير في سرعة التيار في الأوساط المائية وعوامل التلوث تعمل على احداث تغيير في شكل الهرم العددي وبذلك تؤثر على طبيعة العلاقات الرياضية بين مكوناته .

8. التأثير المباشر والسريع لحمولات مكافحة وخاصة عند استخدام المبيدات والسموم البيئية المختلفة وخاصة من المجاميع شاملة التأثير على اغلب انواع المجتمع الحيوي مما يعرضها الى نسب هلاك كبيرة تختل نتيجة لذلك عملية توازن الاعداد في النظام البيئي المستهدف بعملية مكافحة .

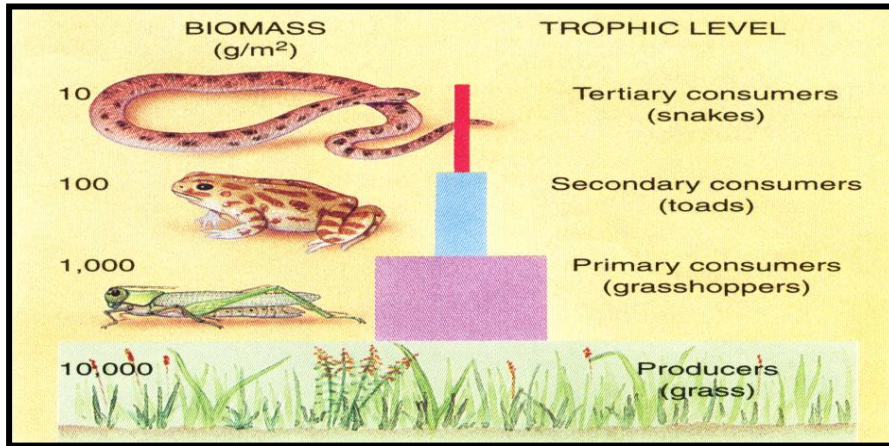
ونجد ان الهرم البيئي سواءً في الكائنات الصغيرة او الكبيرة او حتى على مستوى الجماعات البشرية يمكن أن يتغير شكله ويصبح مقلوبا نتيجة للتغيرات في الأعداد ، ولذلك فهو لا يعبر بشكل كامل يمكن اعتماده في تفسير جميع ما يجري في الأنظمة البيئية . ولهذا يميل بعض الباحثين الى استخدام الجداول لتوضيح العلاقات العددية بين الأحياء بدلا من رسم الأهرام العددية لأن العديد من الحيوانات الصغيرة الحجم كالأوليات والقشريات الصغيرة أو الحشرات عادة ما تتواجد بشكل مستعمرات كبيرة العدد في بعض المواقع البيئية بينما تكون قليلة أو نادرة في المواقع الأخرى أو أحيانا خاليه منها مما يؤثر بشكل مباشر على شكل الهرم الناتج من رسم العلاقات البيئية لهذه المواقع كما يتضح من الأمثلة التالية المبينة بالشكل (4) :



## 2- هرم الكتلة الحية The pyramid of biomass :

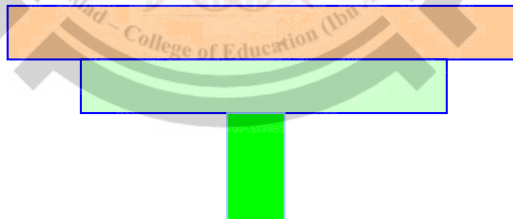
هو الهرم البيئي الذي يقيس كمية المادة الحية (الكتلة الحية Biomass) للمستويات الغذائية المتعاقبة في الأنظمة البيئية باستخدام حساب الوزن الكلي بالغرام /م<sup>2</sup> أو الوزن الكلي بالغرام /لتر أو المتر المكعب في المياه أو تقدير السرعات الحرارية داخل كل من هذه المستويات: حيث يمكن من خلال فحص السلاسل الغذائية بالاستناد على أساس حساب الكتلة الحية في كل مستوى رسم بناءً هرمياً أكثر تعبيراً ودقة مما هو في هرم الأعداد ، لأن هرم الكتلة الحية عادة ما يميل الى الانحدار نحو الأعلى (أي أن القاعدة الهرمية تكون واسعة وقمة الهرم ضيقة) في حالة الأنظمة البيئية البرية خاصة والأنظمة المائية المستقرة خلال بداية مواسم التكاثر . وذلك لأن الكتلة تفقد جزء من قيمتها في كل عملية انتقال من خلال تحويلها الى طاقة حرارية متحررة ، او طاقه للتنفس والاستهلاك الداخلي لمستويات السلسلة الغذائية ، واستنادا على هذه المعايير يمكن القول بأن هرم الكتلة الحية عادة ما يأخذ التسلسل الهرمي في بنائه بشكل واضح في أغلب النظم البيئية لأن كتلة المنتجين فيها تكون اكبر من كتلة المستهلكين الأوائل ، وهي بدورها اكبر من كتلة المستهلكين الثانوي ، وهكذا حتى نصل الى قمة الهرم المتمثلة بأكلات اللحوم العليا. لذا فإن هذا النوع من الاهرامات يستطيع إعطاء معلومات مهمة جدا عن توزيع الكتلة الحية داخل الأنظمة البيئية الواسعة كالبهار مثلا وكيفية توزيعها في المنطقة الشاطئية ومنطقة الجرف القاري وأعلى البحار ومنطقة القاع ومنطقة الشعاب المرجانية وتفسير عملية التباين في كمية الإنتاج على أساس الوزن/المساحة المدروسة . ونفس الشيء يمكن توضيحه في المقارنة بين الأنظمة البيئية البرية من خلال عمل مقارنات بين المناطق على أساس توزيع الأمطار مثلا والتباين الحراري والقرب والبعد عن خط الاستواء وطريقة الري والتسميد وتأثيرها في زيادة الإنتاج وغيرها من العلاقات البيئية التي يستطيع هذا الهرم من تفسير تأثيرها ، وهذا يتضح من الأمثلة العديدة التي قام بذكرها ودراستها العديد من الباحثين ، ومنها ما ذكره الباحث Smith 1977 بأن 809 غرام من الهائمات النباتية Phytoplankton تستطيع ان تعطي كتله حيوية من الهائمات الحيوانية Zooplankton مقدارها 37 غرام/م<sup>2</sup> وهي تعطي كتله من أكلات الهائمات الحيوانية predators أكلات اللحوم مقدارها 11 غرام/م<sup>2</sup> وهذه الأخيرة يمكن ان تعطي كتله من المفترسات العليا تقدر بحوالي 1.5 غرام /م<sup>2</sup> . أو كمثال اخر لوكان لدينا كتلة نباتية بمقدار 10000 غرام / م<sup>2</sup> يمكن أن تعطي كتله حيوية من الجراد مقدارها 1000 غرام/م<sup>2</sup> تتغذى عليها

الضفادع كمفترسات اولية وتعطي كتله حيوية تقدر 100 غرام / م<sup>2</sup> وهي بدورها تعطي كتلة حيوية اخرى من الافاعي كآكلات لحوم تقدر بحوالي 10 غرام / م<sup>2</sup> عندها يمكن رسم هذه العلاقات البيئية على شكل هرمي مبني على هذه المستويات المتعاقبة كما يلي ( شكل 6 ) :



شكل (6) هرم الكتلة الحية بين اربعة مستويات غذائية من الاحياء .

وبالرغم من الدقة في وصف العلاقات الغذائية التي تقدمها اهرامات الكتلة إلا اننا نجد ان المتغيرات البيئية التي تحصل في الأنظمة البيئية البرية او المائية تنسحب على نتائج بناء هذه الاهرامات وتغير من نتائجها . حيث وجد من خلال العديد من الدراسات بأن ثبات شكل هرم الكتلة لا يستمر دائما في البيئة ، فمثلا في البيئة المائية من المعروف ان الطحالب والدايتومات هي التي تشكل القاعدة الغذائية الأساسية وبالنظر لكونها غذاء مفضل للعديد من الهائمات الحيوانية لذلك تساعد على ازدهار هذه الاحياء بشكل سريع ، وبما ان دورة حياة الطحالب والدايتونات قصيرة لذلك نجد في بعض الفصول او الأشهر من السنة بأن كتلة المنتجات في هذه المواقع البيئية لا تتناسب مع كتلة المستهلكات ويصبح عندها الهرم مقلوبا كما يظهر ذلك في الشكل (7) . وينطبق نفس الشيء كذلك في العديد من الأنظمة البرية كما في الغابات النفضية (متساقطة الأوراق) حيث تصبح الكتلة الحية المنتجة للأشجار فيها منخفضة في فصل الخريف ، او مانجده في فترات الحصاد في الحقول الزراعية ، أو في حالة تعرض الحقول والمراعي الى الجراد الزاحف وإزالة كميات كبيرة من الغطاء النباتي تصبح فيها الكتلة الحية للمستهلكات اكبر من المنتجات وهذا ما أكدته دراسات العديد من العلماء مثل Odum, Fleming , Elton , Pennak وغيرهم .



شكل (7): نموذج من أهرام الكتلة الحية المقلوبة في نظام بيئي مائي .

ورغم أفضلية هذا النوع من الاهرامات على اهرامات العدد ، لكن علماء البيئة يطرحون بعض المآخذ عليها نذكر منها :

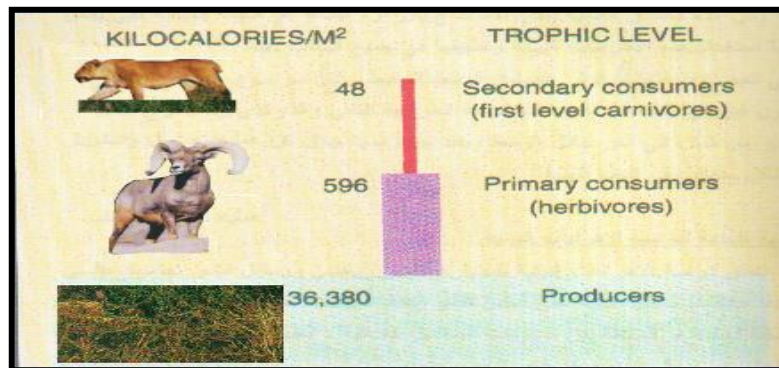
1. أن هذه الاهرامات لا تكشف لنا إلا عن كمية المواد الموجودة في لحظة معينة من الوقت يطلق عليها المحصول القائم ولا توضح المجموع الكلي للمواد العضوية أو المعدل الذي أنتجت به .
2. لا تؤكد هذه الاهرامات على دور الاحياء الدقيقة في حساب الكتلة الحية في الأنظمة البيئية .
3. لا تعطي تفسيراً واضحاً لتوزيع الكتلة الحية في الأنسجة المختلفة للجسم ، ولا تبين الاختلاف في كفاءة هذه الأنسجة في التثبيت العضوي او الطاقة الحيوية المخزنه فيها ، بل تظهر الجسم ككل على أساس حساب الوزن النهائي لفترة القياس.

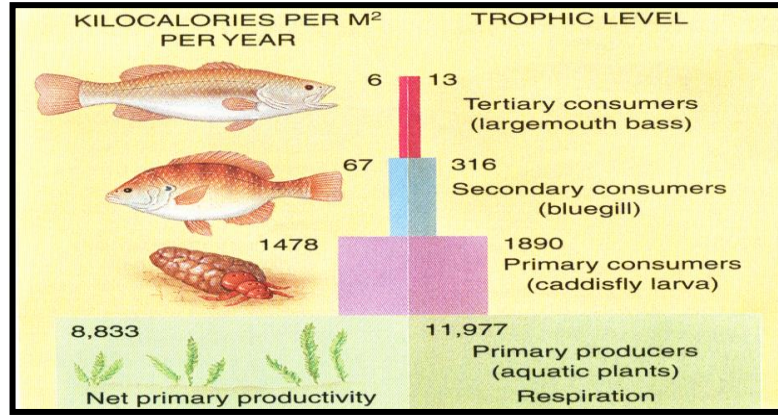
### 3- هرم الطاقة The energy pyramid :

تعتبر اهرامات الطاقة عبارة عن صورة كلية لمعدلات الطاقة المارة عبر السلاسل الغذائية لأن عملية انتقال الطاقة وضمن مفهوم القانون الثاني لا تنتقل خلال الفراغ بل يجب ان يتوفر لها جسم مادي تنتقل من خلاله وهذا الجسم المادي في البيئة هو المستوى الغذائي سواء كان (منتج مثبت للطاقة أو حيوان مستهلك للنبات أو حيوان مفترس لأكل الأعشاب أو حيوان مفترس لحيوان مفترس اضعف منه ، لذا فإن هرم الطاقة يزود الباحث البيئي بالمعلومات المطلوبة عن كمية الطاقة المستعملة بواسطة هذه الأحياء في كل مستوى غذائي في مساحة معينة خلال الفترة الزمنية المحددة. ولهذا فإن هرم الطاقة يستطيع أن يعبر عن محتوى كل من هذه المستويات منفردة أو طاقة النظام البيئي ككل من خلال حساب الطاقة الساقطة على هذا النظام ومستوي الطاقة النهائية في السلاسل الغذائية الناشئة في هذا النظام على أساس أن كفاءة أي نظام بيئي تساوي مجموع كفاءة كائناته المختلفة في استلام الطاقة الشمسية وتثبيتها وكفاءة مختلفات التغذية في تحويل هذه الطاقة وتدويرها بين حلقات عملية التغذية المتعاقبة أي بمعنى المستويات المتعاقبة في الاستهلاك كما يمكن ملاحظته في الشكل (8-9) . من هنا نجد أن هرم الطاقة دائما يتميز بقاعدة عريضة (تمثل المنتجات) تعقبها مستويات تخضع لنفس المعيار بالتعاقب . ولا يمكن لهذا الهرم ان يكون مقلوبا أو متذبذبا لأي سبب من الأسباب لأن مستوى الطاقة في المستوى الغذائي الأول يجب أن يكون دائما اكبر من المستوى الثاني وهو اكبر من المستوى الثالث وهكذا نجد الكائنات التي تقع في أعلى الهرم تحتوي على اقل قدر من الطاقة ، لأن ذلك يخضع الى قانون التحول والتمثل الغذائي وما يرافقه من عمليات حرق الغذاء وخسارة الطاقة للبناء والحركة والتنفس وهي تحصل في جميع الأحياء . وقد وجد من التجارب أن هذه الطاقة تنقص بمعدل عشره أمثالها عند الانتقال من مستوى غذائي لآخر ولذلك لايمكن ان يكون الكائن الواقع في المستوى الغذائي الأعلى أكثر طاقة من المستوى الذي يقع دونه لأنه يعتمد عليه في تجهيز الطاقة ويمكن توضيح ذلك في الأمثلة التالية :

• وجد الباحث Odum عام 1975 من خلال الدراسات على أنظمة بريه زراعية مختلفة بأن كمية الطاقة الساقطة على نظام زراعي تقدر بحوالي  $2.6 \times 10^7$  جول ، يثبت منها في المنتجات ( المستوى الأول)  $6.2 \times 10^7$  جول وتصبح في المستوى الثاني (اكلات الاعشاب)  $5.0 \times 10^6$  جول ، وفي أنسجة الإنسان على شكل تراكم مقداره  $3.5 \times 10$  جول .

• وأكد هذه الحقائق الباحث Sant 1976 عندما وصف هذه العلاقات التي حصل عليها الباحث Elton 1976 عند دراسته لنظام بيئي مائي . حيث أشار الى انه لو افترضنا ان المنتجات النباتية استطاعت تثبيت ما مقداره 1000 كيلو سعة حرارية فأن اكلات النباتات من القشريات الصغيرة المختلفة سوف تحصل على طاقه مقدارها 100 كيلو سعر ، وأن الأسماك أكلة الهائمات الحيوانية سوف تحصل على 10 كيلو سعر حرارية بينما تحصل الأسماك المفترسة للأسماك الأولى على 1 كيلو سعر . ولهذا فهي تحتوي على أقل طاقة ، والأشكال التالية تبين هذه العلاقات وصافي الكتلة الحية من نماذج مطبقة بيئيا في مواقع تحتوي على سلاسل غذائية مختلفة المستويات الغذائية .





شكل (9) نماذج مختلفة لاهرامات الطاقة لبيئة برية وأخرى مائية توضح توزيع وانتقال الطاقة بين المستويات الغذائية . يتصرف عن (Raven, et al). ويمكن الاستنتاج بأن هرم الطاقة هو الحالة المثالية التي يمكن فيها استخدام هذه الاهرامات البيئية وتطبيقها في جميع البيئات بغض النظر عن التغيرات التي تحصل بداخلها أو تؤثر عليها من الوسط المحيط . لأن سريان الطاقة فيها يتغير وفق قانون فيزيائي ثابت هو قانون الديناميكية الحرارية الثاني والذي يؤكد على أن الطاقة تتغير من شكل الى آخر خلال الوسط ويفقد جزء منها خلال كل عملية تحول وانتقال وبشكل متعاقب في النظم البيئية ، وكما نلاحظ ذلك بوضوح بشكل (8) فيرجم أن الطاقة تقل بالمقارنة بين المستويات الأولى والثاني والثالث والرابع المتمثلة بالنباتات المائية واليرقات والأسماك الصغيرة والكبيرة على التوالي إلا أنها تسير بانتظام وفقا للعلاقة الغذائية بين هذه المستويات المختلفة .

الأهمية البيئية لدراسة الاهرامات البيئية :

تحقق دراسة الاهرامات البيئية باعتبارها تعبير رياضي ووسائل قياس تعتمد على إيجاد علاقات حسابية مبنية على أساس تقدير أعداد الكائنات الحية وكتلتها الحيوية وكمية الطاقة المثبتة أو المنتقلة بين مستويات السلاسل الغذائية ، العديد من الأهداف والفوائد للباحثين في مجال البيئة يمكن ذكر البعض منها :

1. إعطاء فكره عن توازن الأعداد بين الكائنات الحية ومن خلال رسم الشكل الهرمي لعدد هذه الكائنات ، يمكن التنبؤ بشكل العلاقة المستقبلية لحجم الجماعات السكانية المعتمدة على بعضها البعض كالعلاقة بين المفترسات والفرائس المتطفلات والمضيفات أو المضائف وأعداد المنتجات وأكلات الأعشاب وغيرها من العلاقات التي تعطي تصورا عن طبيعة التوازن الذي سوف يكون في النظم البيئية المدروسة .
2. إن حساب الكتلة الحية في المستويات الغذائية المختلفة يساعد في تفسير أسباب الخلل في تحديد صافي الإنتاجية النباتية أو الإنتاجية الثانوية في كل مستوى من المستهلكات في حالة توفر الظروف الطبيعية والمغذيات وتدني مستويات التثبيت للطاقة الشمسية أو انخفاض مستوى التحويل الغذائي والتمثيل في الحيوانات .
3. تساعد اهرامات الكتلة الحية كذلك في تقييم فعالية استخدام المغذيات النباتية كالأسمدة و المخصبات المستخدمة في العمليات الزراعية أو تنمية النباتات المائية المختلفة في زيادة الإنتاجية الإجمالية لهذه المواقع على أساس حساب الزيادة في الكتلة النهائية للمساحات المدعمة بهذه المغذيات ورفع مستوى الإنتاجية الأولية .
4. تعتبر النتائج التي نحصل عليها في دراسة اهرامات الطاقة ذات أهمية كبيرة في تقدير كفاءة الأنواع البيئية المتباينة في المجتمع الحيوي أو التي تعود لنفس النوع الحيوي وذلك من خلال تحديد قدرتها الذاتية في الحصول على أكبر قدر من الطاقة والاحتفاظ بها داخل الجسم وإطلاق أقل قدر من الطاقة المتحررة من الأجسام .
5. على ضوء هذه الحقيقة العلمية التي ذكرت في الفقرة الرابعة فأن دراسة اهرامات الطاقة تساعد في عملية انتخاب مصادر الغذاء الأعلى من مصادرها والعمل على تكثير الأحياء الكفوءة بيئيا في النظم البيئية المختلفة لغرض الحصول على أكبر كمية من السرعات الحرارية بأقل جهد وأقل تكلفة مالية وتقنية ، فعلى سبيل المثال وجد الباحث Dwen 1980 أن الإنسان إذا تغذى مباشرة على الهائمات النباتية فإنه يحصل على ما مقداره 150 كيلوسر حرارية من أصل 1000 كيلوسر (من غذاء نباتي) بينما يحصل على 6 ، 30 ، 1.2 كيلوسر إذا تغذى على حيوانات مائية صغيرة أو على أسماك السلمون أو أسماك ترويت على التوالي . ومن هنا نجد أن أغلب المصادر والمؤسسات العلمية والطبية تؤكد على التغذية النباتية وعلى استغلال الأحياء المائية وخاصة ذات التغذية النباتية لما تحتويه من طاقة وقيمة غذائية عالية .

## محاضرة ( 9 )

### التعاقب البيئي Ecological succession

- مفهوم التعاقب البيئي ومقوماته
- انواع أو أنماط التعاقب
- مراحل حدوث التعاقب البيئي الاولي
- خصائص مجتمع الذروة التعاقبي
- مفهوم التعاقب الايجابي والسلبى لمجتمعات الذروة
- التعاقب البيئي ودوره في الاتزان الطبيعي

### المفهوم البيئي للتعاقب: Ecological concept of eco.succession

كانت بداية دراسة التعاقب البيئي على يد مجموعة من علماء البيئة الذين اهتموا بدراسة المجتمعات الحيوية النباتية والحيوانية المختلفة ومنهم Hult, 1885, Cowles, 1899, Clement, 1907 عندما درسوا المجتمعات النباتية دائمة الخضرة كمناطق الأحرار والحشائش والمراعي الدائمة في الولايات المتحدة وبريطانيا وعدد من الدول الاوربية التي تتساقط فيها الامطار في اغلب ايام السنه و يتوفر فيها مستوى من الرطوبة ملائم لنمو غطاء نباتي على المستوى العام، ولكن بالرغم من توفر هذه الظروف وجد هؤلاء الباحثين إن هذه المجتمعات تتغير وتتبدل صورها خلال فترات متباينة قد تكون خلال سنه أو سنتين أو ثلاثة أو أكثر مما دفعهم للبحث في أسباب هذا التغير. وبعد الدراسات المستفيضة ولسنوات عدة تبين لهم أن هناك تغيرات وعملية استمرار وتسلسل في التبدلات التي تحصل في كل هذه النظم البيئية التي درسوها، تبدأ مع بداية نشوء هذا النظام وتستمر طيلة عمره البيئي، أطلقوا عليها تسمية التعاقب البيئي Ecological succession وعرفوا هذه العملية بأنها ( عملية منتظمة من التغيرات التي تحصل على مستوى المجتمع الحيوي في أي نظام بيئي من حيث التنوع الحيوي وكثافته على مستوى المجتمع وكثافة الأفراد ومستوى السيادة البيئية والإنتاجية الحيوية وتؤدي الى تغيرات مظهرية وحجمية في مكونات النظام البيئي. أو تعرف آخر تعريف شامل بأنه عبارة عن تغيرات كميّة ونوعيّة تحدث في مجتمع الأحياء نتيجة لحدوث التغيرات المستمرة في عوامل الوسط البيئي وتركيبه أفراد أنواع هذه المجتمعات وأن هذه التغيرات تكون موجهة يحتاج حدوثها الى زمن يطول أو يقصر تبعا لمقدار شدة تأثير هذه العوامل. ودائما ما تكون عملية إيجابية لصالح النظام البيئي عندما تحصل بشكل طبيعي دون تدخل الإنسان أو الظروف البيئية الحرجة.

مقومات حدوث التعاقب البيئي:

من خلال الأبحاث المعمقة في دراسة التعاقب البيئي التي قام بها كلا من الباحثون Margalef, 1970, Gilarov, 1986, Diamond, 1979, Kuzmenchev, 1986 وغيرهم توصل العلماء إلى إن عملية التعاقب تعتمد على عدة عوامل ومقومات لحدوث التعاقب وتنظيم خطواته المتسلسلة منها:

- 1- زمن أو وقت حدوث التعاقب.
- 2- وجود العنصر المحدد لنمو الكائن الرائد Pioneer Organism.
- 3- توفر الظروف المناخية المناسبة وخاصة الماء والرطوبة.
- 4- المخزون العضوي الأولي في البيئة.
- 5- كفاءة الكائنات الرائدة في التحمل في البيئة الجديدة.
- 6- بعد وقرب منطقة التعاقب من المجتمعات الحيوانية.
- 7- إمكانية انتشار الآفات والأمراض.
- 8- عوامل التلوث.

### أنواع التعاقب البيئي: Types of eco.succession

نتيجة للتباين في نوعية المجتمعات الحيوية وطريقة حدوث التعاقب ونوعيته فيها وضع العلماء عدة اسس لوصف انماط أو انواع التعاقب تستند على عدة قواعد بيئية، وأهم هذه التقسيمات مايلي:  
أولا - التعاقب على أساس زمن حدوثه في البيئة :

1. **Primary ecological succession**      التعاقب البيئي الأولي
2. **Secondary ecological succession**      التعاقب البيئي الثانوي

ثانيا - على أساس طبيعة التغيرات النوعي والكمي في تركيب المجتمع الحيوي:

1. **Autogenic ecological succession**      التعاقب الذاتي (الداخلي)
2. **Allogenic ecological succession**      التعاقب الخلطي (الخارجي)

ثالثا - على أساس نوع الكائن المشارك بالتعاقب:

1. **Plant succession**      التعاقب النباتي
2. **Animal succession**      التعاقب الحيواني
3. **Microbial succession**      التعاقب الميكروبي

رابعا - على أساس نوع الوسط البيئي أو الموطن الذي يحصل فيه التعاقب:

1. **Xerach succession** أو **Terrestrial succession**      التعاقب البري أو الجاف

ويمكن أن يأخذ عدة تسميات منها:

- أ: **Lethal succession**      تعاقب في المناطق الصخرية
- ب: **Psammoseric succession**      تعاقب الكثبان الرملية والصحاري
- ج: **Old field succession**      تعاقب الحقول المعمرة أو القديمة

2. **Hydrach succession** أو **Aquatic succession**      التعاقب المائي أو الرطب

ويمكن أن يأخذ عدة تسميات منها:

- أ- **Marine succession**      التعاقب البحري (المياه المالحة)
- ب- **Freshwater succession**      التعاقب في مياه العذبة
- ج- **Marsh succession**      التعاقب في المستنقعات والاهوار.

- 3- **Micro succession**      التعاقب الدقيق عندما يحصل في النظم الاصطناعية.

وفي مايلي وصف لأنواع التعاقب الاكثر حدوثا في البيئة والتي يمكن متابعتها بشكل مباشر من الباحث:

### 1. التعاقب البيئي الأولي Primary ecological succession:

يطلق على أي عملية تعاقب تحصل لأول مرة في أي مكان في العالم بغض النظر عن طبيعة الوسط أو النظام البيئي الذي تحصل فيه بشرط عدم وجود حياة سابقة فيه بل تظهر هذه الحياة عند توفر الظروف البيئية من وجود المياه الرطوبة والحرارة والغازات التنفسية والمغذيات النباتية وغيرها ، وتبدأ بوصول أول كائن نباتي على شكل بذور أو أبواغ أو رايزومات أو حواظ بوغية أو بذرية كاملة وغيرها من وسائل انتقال النباتات باي طريقة من الطرق المعروفة في هجرة وانتقال النباتات إما عن طريق الرياح والانجراف أو حركة الحيوانات والإنسان أو السيول والأمطار وغير ذلك ، بحيث تبدأ بالظهور لأول مرة في هذه المنطقة الجرداء العارية الخالية من الحياة عندها يسمى هذا النوع من التعاقب بالتعاقب البيئي الأولي **Primary succession** ويطلق على أول كائن نباتي يظهر في هذه المنطقة بالكائن الرائد **Pioneer organism**. ويعتبر هذا الكائن وأفراد نوعه الحي التي تظهر بعد فترة من الزمن بالكائنات الممهدة لتعاقب الأنواع الأخرى ، حيث يعمل على تغيير الظروف غير الحية في هذه البيئة الجديدة حتى تصبح ملائمة للكائنات المرافقة له بينيا او ما نسميه بالرقعة الجغرافية ( أو رقعة التوزيع الجغرافي للنبات) كما يحصل في الزمر النباتية ذات القرابة أو المتشابهة الموطن **.Carions group**.

### 2- التعاقب البيئي الثانوي Secondary succession



الأنظمة البيئية الناتجة من التعاقب الأولي قد تتعرض بعد بلوغها مرحلة الذروة أو في اية مرحلة من بعض مراحل التعاقب الى عملية تحطم أو تدهيم أو تدمير بيئي سوءا من عوامل بيئية حرجة وشديدة التأثير كالحرائق الطبيعية كما يحصل الغابات الاسترالية في صيف 2002 أو في هياج البراكين التي تلقى حممها على الأراضي والأنظمة المجاورة أو حوادث الانفجارات النووية ، أو التعرض لجفاف كامل نتيجة لانحباس الأمطار أو سقوطها بكميات لا تكفي لنمو الغطاء النباتي أو نزول المياه السطحية الى مستويات بعيدة أو حدوث الفيضانات المدمرة للأراضي الزراعية ومناطق الغابات كما يحصل في الصين والهند مؤخرا والبرازيل والمكسيك وغيرها من مناطق العالم. كلها عوامل تجعل من هذه الأنظمة البيئية مناطق جرداء عارية خالية من الغطاء النباتي والمجتمع الحيواني أو مدمرة جزئيا ، لذلك فإن هذه المواقع البيئية وبعد فترات زمنية سوف تصبح معرضة لهجرة أنواع جديدة من النباتات المجاورة سواءا بالبعثرة النباتية أو بواسطة عوامل النقل والإحلال الجغرافي Viacorance أو تعمل على تكوين مجتمع نباتي جديد يعقبه ظهور مجتمعات حيوانية بخطوات متعاقبة ولكنها بشكل أسرع مما حصل في الحالة الأولى لأن المدخرات البيئية في هذه الحالة تكون كبيرة كذلك قد يكون أن النظام البيئي المدمر احتفظ لنفسه بأنواع من البذور والابواغ spores والأحياء المجهرية عالية التحمل التي تعمل كمحفزات بيئية لنمو الأنواع النباتية بسرعة كبيرة والعمل على توطین أنواع جديدة لان المتغيرات في التربة وعوامل المناخ تكون موجهة لتجديد النظام البيئي أكثر من حالة التعاقب الأولي. ويسمى هذا النوع من التعاقب الذي يحصل في هذه المواطن البيئية المدمرة بالتعاقب الثانوي Secondary succession لأنه يمثل إعادة الحياة لنظم بيئية كانت مأهولة بأنواع نباتية وحيوانية وأحياء مجهرية سابقة. ويمكن أن يحصل تدهور للنظام البيئي بسبب تدخل الإنسان كما في عمليات حرق الأعشاب والأدغال أو تجفيف التربة الزراعية أو قيامه بطرح الفضلات الصناعية والتجارية بكميات كبيرة بحيث يستطيع تغيير على صور الحياة في مناطق طرحها.

### 3- التعاقب البيئي الذاتي (الداخلي) Autogenic succession :

هو التعاقب الناتج من التبدل في الأنواع النباتية والحيوانية داخل نفس النظام البيئي أو منطقة التعاقب كأن يكون لدينا مرعى أو منطقة أحرش أو أراضي سهلية تحتوي كل منهم على (10) أنواع نباتية على سبيل المثال يسود منها النوع (x) على الأنواع الأخرى . يرافقها (30) نوع من الحيوانات المختلفة الغلبة فيها للحشرات . نجد ذلك خلال نهاية فصل الربيع وبداية الصيف من سنة 2002 مثلا ، ولكن عند إعادة الدراسة على نفس المواقع عام 2003 على سبيل المثال نجد أن عدد الأنواع النباتية قد أصبح 7 بدلا من عشرة وأن النوع (y) هو الذي أصبح سائدا بعد أن كان قليل العدد ويحتل مساحه بسيطة ، وكذلك في الحيوانات نجد ان العدد يمكن أن ينخفض الى العشرين وأن الطيور هي التي أصبحت سائده في الوسط ، يسمى هذا النوع من التعاقب الذي يحصل بسبب التغير في عدد وطبيعة الأنواع الحيوية داخل مجتمع التعاقب بالتعاقب الذاتي Autogenic succession . وهو يحصل بسبب تغير العوامل الداخلية من تنافس ، وافتراس وتطفل وتضاد حيوي أو تغير في المغذيات والعوامل المحددة للنمو لبعض الأنواع ، أو التبدل في الظروف المناخية المحلية كالرطوبة وكمية الأمطار والجفاف القصير المدى أو من جراء الرعي الجائر على النباتات المفضلة كغذاء وغيرها من العوامل .

### 4- التعاقب البيئي الخلقى (الخارجي) Allogenic succession :

هو التعاقب الناتج من جراء دخول أنواع حياتيه جديدة على مجتمع التعاقب نتيجة تدهور بعض أنواعه أو موتها لأي سبب من الأسباب المتعلقة بالعوامل البيئية أو العلاقات الحيوية بين الأحياء التي ذكرناها أعلاه ، سواءا بالبعثرة النباتية كما يحصل في نباتات القصب والصفصاف salix والجدر Populus أو بواسطة حركة المياه كالتحالب أو بواسطة الحيوانات الجديدة التي تستطيع حمل أعداد كبيرة من بذور و سبورات النباتات المختلفة مما يغير من تركيب الغطاء النباتي ، وظهور هذه الانواع النباتية الجديده يعمل على جلب انواع حيوانية جديده كذلك مما يعمل على تغيير تركيب المجتمع الحيواني للمنطقة البيئية الناتجة من التعاقب الأولى

أو التعاقب الثانوي ، وقد تعمل هذه الأنواع الجديدة على إزاحة الأنواع القديمة والاستقرار والبقاء لفترات طويلة أو يكون وجودها مؤقتا كما في الحيوانات المهاجرة أو شديدة الحركة والبحث عن الغذاء . والشكل التالي يبين حالة تعاقب خلطي نتيجة لدخول تربة جديدة على شكل رواسب طينية الى احدى المسطحات المائية من بيئات مجاورة.



شكل ( 1 ) نموذج لمجتمع بيئي ناتج عن عملية تعاقب مائي وبري مشترك.

### مراحل التعاقب الاولى في البيئة: Primery eco.succesion stages

يمر التعاقب البيئي الاولي بمراحل نشوء تتلخص بالخطوات أو المراحل المتسلسلة التالية :  
اولا- مرحلة التعرية والتجريد Nudation :

نتيجة لعوامل الطبيعة تصبح المنطقة البيئية قاحلة لا تظهر فيها أية صور للحياة المعروفة ولمدة طويلة أو محدوده حسب الظروف البيئية والعوامل السائدة في تلك المنطقة ، لذلك عند توافر ظروف ظهور الحياة من جديد في هذه المواقع فإن هذا النوع من التجدد يمر بعدة مراحل متسلسلة تبدأ بالكائن الرائد Pioneer organism وتنتهي بتكوين مجتمع الذروة Climax community ، ومن خلال متابعة العديد من المجتمعات التي خضعت لعملية التعاقب البيئي والتي درسها العديد من العلماء والباحين أمثال 1930 Clements ، 1953 Good ، 1957 Odum ، 1960 Fisher ، 1977 Marglef ، 1992 Sears وغيرهم في مختلف البيئات والنظم البيئية المتباينة ، تتفق هذه الدراسات بأن التعاقب في الظروف الاعتيادية إذا ترك يسير وفق قوانين الطبيعة والعلاقات البيئية الحيوية المعروفة في عالم الأحياء وبين الأحياء والبيئة فإن التعاقب يبدأ بمرحلة التعرية والتجريد والتجوية لسطح الارض وتكون بدايات التربة الاولية للحياة نتيجة لوصول الماء بمختلف الطرق وتكون وسط رطب نسبيا يعمل على التفتيت التدريجي للصخور وتكون نواة لتربة تصبح مهياة لإنبات البذور أو الابواغ وغيرها .

### ثانيا- مرحلة الغزو والاجتياح : Invation stage

تمثل هذه المرحلة الخطوة الأولى من التعاقب بعد ان تصبح المناطق الجرداء مهياة لظهور الحياة النباتية التي تظهر فيها الكائنات الممهدة للتعاقب وعادة ما يكون نوع نباتي صغير من الأعشاب أو النباتات الحولية في البيئة البرية الاعتيادية ، او نوع من الحزازيات المنبثحة او الاشنيات Lichens ، أو الطحالب Algae في حالة البيئات البرية الصخرية أو سواحل البحار الصخرية وأرصفت الموانئ ، أما في البيئة المائية فيكون الطور الأول متمثلا بالهائمات النباتية من الطحالب وحيدة الخلايا أو عديدة الخلايا ثم يعقبه ظهور الانواع الاخرى . ويسمى هذا النوع الذي يظهر لأول مره في البيئة بالكائن الرائد Pioneer organism . وتتميز هذه المرحلة بالنمو الفعال والتكاثر السريع لأن الكائن الحي يحصل على أكبر قدر من المغذيات الموجودة في الوسط وأعلى كميته من الطاقة مع انعدام التنافس ، لذلك فإن الإنتاجية الحيوية تكون بأعلى مستوياتها مقارنة مع الاستهلاك الحيوي للأفراد . وتبدأ هذه النباتات بتكوين تجمعات نباتية متناثرة في الوسط البيئي Aggregations لكي تنتشر في بعض مساحته بالتدرج، وتعتمد قابلية الاجتياح والتوطن في الموطن البيئي الجديد على قابلية التكيف والمقاومة لدى الكائنات الرائدة وسرعة استحوادها على مكونات الوسط البيئي الجديد.

### ثالثا - مرحلة التفاعل والتنافس Interaction and competition stage :

تبدأ هذه المرحلة بتكون المستعمرات النباتية Plant associations وانتشارها في الوسط البيئي الجديد بشكل اكثر تنظيما ووضوحا ويرافقها نشوء بداية جيدة كذلك من العلاقات البيئية تتمثل بظهور أنواع متشابهة وأنواع مختلفة من جراء عمليات الإنبات التي تمت لبذور وأبواغ نباتيه مختلفة. وكقاعدة علمية معروفة لدى علماء النبات مفادها أن الأنواع النباتية لا تتواجد بجانب بعضها البعض بصورة عشوائية ، وإنما يعتمد ذلك على ضوء متطلباتها البيئية المتشابهة ، لذلك نجد تجمعات مترافقة تحتوي على أنواع مختلفة وراثيا ولكنها تتماثل في حاجتها للعامل البيئي كعنصر مغذي مثلا ، أو التربة الملحية أو كمية المياه العالية او اعتمادها على الرطوبة أو كونها من الهائمات أو نباتات الشواطئ الساحلية وهكذا حسب نوع الموقع البيئي . هذه العلاقات هي علاقات تفاعل قد تبدو أول الأمر هي نوع من التعاون الأولي لاستثمار أغلب عناصر الوسط البيئي واحتلال أكبر مساحة ممكنة فيه ، لكن هذه العلاقات تتطور الى حالة من التنافس تؤدي الى سيطرة أنواع معينه من النباتات وانحصار نمو وانتشار أنواع أخرى حيث لاحظ الباحثون بأن هنالك أنواع شديدة التنافس وأنواع أخرى لا يمكنها المنافسة ، لذلك نجد أن الأنواع الأولى تبدأ بالسيطرة على التجمع الثاني ومحاصرة نمو وانتشار الأنواع الأخرى . ومن الثابت علميا أن التنافس بين الأنواع النباتية يؤثر بشكل كبير جدا على التوزيع الأفقي للغطاء النباتي وكثافة الانواع التي تعود الى الجماعات السكانية أو الزمر النباتية المشتركة في عملية التعاقب وتشكيل المجتمع . لذلك فان هذه المرحلة يمكن أن تظهر فيها علاقات جديدة وتصبح لها صفات تميزها أكثر ومن أهمها ما يلي :

1. زيادة في عدد الأنواع النباتية نتيجة للتغيرات والتحورات التي تحصل في البيئة الجديدة بعد إنبات وتكاثر الأنواع الرائدة من داخل النظام البيئي أو من دخول أنواع بالبعثرة أو الهجرة النباتية من البيئات المجاورة مما يؤدي الى اشتداد التنافس بين الأنواع المتشابهة والمختلفة .
2. ظهور الأنواع النباتية الرائدة والجديدة يؤدي الى ظهور بدايات المجتمع الحيواني بالتعاقب في هذه البيئة الجديدة مما يؤدي الى ظهور علاقات غذائية جديدة تؤدي الى تدهور أنواع وزيادة نمو أنواع أخرى غير مرغوبة غذائيا .
3. الإنتاج النباتي وكمية المادة العضوية لا تزال في هذه المرحلة لصالح النباتات حيث تكون معدلات الإنتاج اعلى من معدلات الاستهلاك وذلك لمحدودية الأنواع الحيوانية ولكنه اقل من المرحلة الأولى .
4. طرح مواد عضويه وفضلات جديدة لم تكن معروفة في هذا الوسط الجديد مما يشجع على نمو وظهور أنواع حياتيه جديدة من المنتجات والمستهلكات وكذلك بداية فاعله لظهور المحلات والكاننات المتطفلة مما يمثل بداية حقيقية لتكون شبكات غذائية مختلفة تدعم عملية التعاقب وتثبيتها في الوسط الجديد .

### رابعا - مرحلة التوازن والاستقرار Stabilization stage .

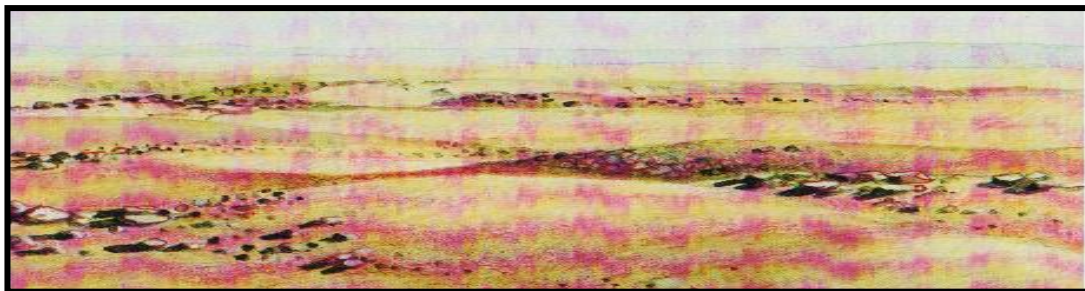
من المعروف ببنيا أن الكائنات الحية تؤثر على الوسط البيئي وتحوره لصالحها ، كما أن الوسط البيئي يحور سلوك هذه الكائنات ويستغله لصالحه . هذه العلاقة المتبادلة بين الكائن الحي وبينته تنعكس بدورها على تنظيم الحياة الداخلية لمجتمع الأحياء بحيث أن الأحياء الناتجة من التعاقب تستشعر المخاطر البيئية المحيطة بها والتي تهدد مستلزمات بقاءها واستمرارها . وإذا علمنا بأن نهاية مرحلة التنافس كانت فيها الغلبة للأفراد التي تمتلك صفة السيادة البيئية Ecological Domanence والقدرة العالية على التنافس وهذه الصفات تنطبق على الأنواع النباتية والأنواع الحيوانية التي تعمل على حفظ التوازن والاستقرار الديناميكي Dynamic equilibrium بين عملية الإنتاج والاستهلاك وذلك بالمحافظة على الغطاء النباتي من خلال تنظيم علاقات التنافس والافتراس بين الأعداء الطبيعيين في الوسط البيئي وتقليل عدد الولادات وتحديد حجم الجماعات السكانية الحيوانية بانقاص سرعة التكاثر عن طريق استخدام التغذية الاسترجاعية Feedback ومنع دخول الغرياء الى الوسط البيئي واللجوء الى حالة الافتراس ضمن أفراد النوع الواحد كما في القوارض والحشرات والعديد من الطيور كنوع من التنظيم الداخلي وغيرها من وسائل المحافظة على التوازن التي تقوم بها الحيوانات السائدة في منطقة التعاقب . كذلك فان النباتات تحاول إعطاء أكبر عدد ممكن من الفروع والأوراق والثمار أو الاحتفاظ بأكثر قدر ممكن من الماء وتقليل النتج والاحتفاظ بالطاقة الغذائية والتبكير بعمليات الازهار

وزيادة عددها وتكوين البراعم القزميه أو ما يعرف بالنباتات شبه المختبئة وذلك بتكوين براعم بمحاذاة سطح التربة أو تكوين النباتات المختبئة والتي هي عبارة عن براعم تنمو تحت سطح التربة وغيرها من الوسائل التي يمكن بواسطتها حماية المنتجات وإطلاقها عند توفر الظروف الملائمة للمحافظة على عملية التوازن البيئي ومحاكاة المتغيرات البيئية وإيجاد نموذج متوازن من العلاقات البيئية لتؤمن حالة الثبات **Stability** الفاعل للنظام البيئي الجديد بما يتناسب مع المدخلات البيئية **Input** المتوفرة في وسطها المحيط والمخرجات **Output** البيئية من هذا الوسط .

خامسا- مرحلة الذروة أو القمة **Climax stage** :

يعمل المجتمع الكلي التعاقبي على تنظيم نفسه الى أن يصل الى حالة أو مرحله يثبت فيها الغطاء النباتي نسبيا ويكون ذلك بظهور النباتات المعمرة وتستغرق هذه العملية وقتا طويلا يمتد في بعض الأنظمة البرية الى أكثر من 15 - 50 عاما أو أكثر اما في الأنظمة البيئية المائية فإن الوقت يكون أقصر من ذلك بكثير أما في مناطق الغابات فيصبح الوقت اللازم لبلوغ مرحلة الذروة زمنا قد يصل الى أكثر من 150 عاما أحيانا لكي يثبت النوع السائد من الأشجار الذي يطبع المنطقة بطابعه ويصبح ممثلا لها - كغابات أشجار البلوط ، أو الزان ، أو الأشجار المخروطية أو الغابات متساقطة الأوراق وغيرها من الأنظمة التي احتاجت زمن طويل لتصل الى هذه المرحلة من التمييز، و يطلق على المجتمع النباتي النهائي الذي تستقر عليه المنطقة البيئية الخاضعة للتعاقب بمجتمع الذروة **community Climax**.

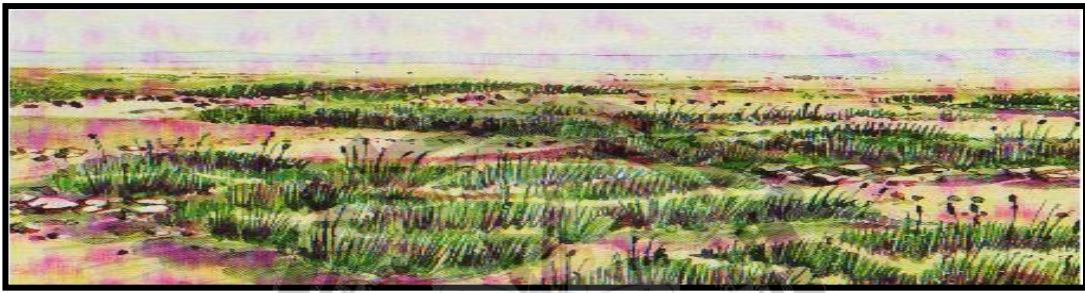
وقد وجد الباحثون ان ما ينطبق على النباتات يمكن ملاحظته في أفراد المجتمع الحيواني كذلك لأن مجتمع الذروة النهائي هو عبارة عن نتاج لعملية تطوريه متسلسلة بدأت بأفراد صغيرة الحجم كثيرة العدد ، ثم أصبحت في نهاية التعاقب أفراد كبيرة الحجم قليلة العدد عالية الكتلة الحية حيث لاحظ الباحثون أن النباتات ابتدأت بأعشاب وحشائش ثم نباتات حوليه ثم ظهرت الشجيرات وبعد ذلك نمت الأشجار التي تمثل مجتمع الذروة ، وفي الأنظمة المائية تبدأ بمجتمع الطحالب وحيدة الخلية ثم العديد من الخلايا والمستعمرات الطحلبية وبعد ذلك تظهر النباتات الطافية الصغيرة ثم الغاطسة أو نصف الغاطسة وأخيرا النباتات المعمرة كنبات القصب وبعض الشجيرات المائية ونباتات الحواف الرطبة مثل **Calamagrostis** وغيرها ، ويرافق ذلك وفي كلا النظامين تسلسل في ظهور الحيوانات الصغيره مثل اللافقاريات وديدان التربة وبعد ذلك الحشرات ثم العناكب ومفترسات الحشرات وبعد ذلك تبدأ السحالي والزواحف بالظهور يعقبا تواجد الطيور ومن ثم اللبونات التي تمثل سكان مجتمع الذروة المتميز . من هنا نجد ان مجتمع الذروة يحاول المحافظة قدر الامكان على حالة من التوازن البيئي بين المدخلات البيئية والمخرجات البيئية داخل نظامه البيئي لأن المادة العضوية في هذا المجتمع والإنتاج الحيوي الصافي يكون بأقل ما يمكن عند مقارنته مع المراحل المبكرة لحصول التعاقب. لذلك نجد أن مكونات مجتمع الذروة تحاول إظهار الكفاءة البيئية لكل نوع في محاولة السيادة البيئية على المساحة واستغلال المواطن والموارد الغذائية، وعليه تحصل عملية تنافس حقيقي وإزاحة بيئية وإقصاء حيوي وافتراس وتطفل وتضاد وغيرها من أساليب كل نوع في الدفاع عن أفرادهم ومحاولته التكيف والتسيد والبقاء في البيئة الجديدة، وهذه السلسلة من الصراعات تقود بشكل أو بآخر إلى عملية انتخاب طبيعي لأنواع الأكثر حيوية ومقاومة ومرونة بيئية وينتج عنها عملية توازن واستقرار حركي **Dynamic equilibrium** لفترة طويلة من عمر النظام البيئي حتى يصل مجتمع الذروة النهائي **Climax community**، وهذا لا يحصل مالم يحدث التعاقب الاولي في جميع المجتمعات الطبيعية. والاشكال التالية تبين مراحل التعاقب الاولي في البيئة الطبيعية.



(أ) مرحلة التعرية والتجريد الممهدة لعملية التعاقب.



(ب) مرحلة الغزو والاجتياح وظهور النبات الرائد Pionner plant وبداية تكون التجمعات النباتية.



(ج) مرحلة التفاعل والتنافس وتكون الزمر النباتية السائدة وبداية مرحلة الاستقرار.



(د) مرحلة تكون اشجيرات والاشجار المعمرة وبداية نشوء مجتمع الذروة أو القمة  
.Climax community

#### خصائص مجتمع الذروة التعاقبي:

يختلف علماء البيئة حول حالات ومظاهر الذروة التي يصلها المجتمع النباتي والتي تمثل قاعدة وجود مجتمع الذروة الحيواني الا أن اغلبهم يتفق على أن مرحلة الذروة تتميز بوصول النظام البيئي الى قمة الاتزان وقمة الكفاءة في إيصال طاقة الشمس الى السلاسل والشبكات الغذائية للمجتمع ، كذلك فإن أفراد هذه المجتمعات تميل الى الاحتفاظ العالي بالمواد الغذائية غير العضوية بكفاءة أعلى من أفراد المراحل الأولى للتعاقب. ومن هنا فإن مجتمع الذروة يشكل وحدة بيئية متكاملة تكفل بعضها البعض وتحافظ على استقرارها وتكون أفرادها عالية المقاومة للمتغيرات البيئية المحيطة لما تملكه من كتلة حيوية كبيرة ومرونة بيئية عالية مستندة على مخزون غذائي داخل وسطها البيئي نتيجة للتراكم الحيوي للمواد العضوية في التربة او الماء حسب هذا الوسط . وهذا يعني من الناحية التطورية أن أفراد مجتمع الذروة هم أفراد منتخبة بينيا وتحمل أفضل الصفات الوراثية والتركيبية التي تمنحها القدرة الحيوية الكامنة والكفاءة

البيئية العالية في استغلال الطاقة أو تحويل الغذاء والتكيف للمتغيرات البيئية **Succession** . وانطلاقاً من هذه الأسس يمكن وصف التعاقب بأنه تقدمي **progressive** عندما تتكون عنه مجتمعات معقدة التراكيب متعددة الأنواع وعالية الكتلة الحية ، ويوصف بأنه تراجع **Retogressive** عندما لا تستطيع مجتمعاته بلوغ مرحلة الذروة المستقرة ، وتكون ذات تنوع قليل وكتله حيوية محدودة وتكون حساسة للمتغيرات البيئية الخارجية والداخلية التي تحدث في البيئة المحيطة . وقد وصف علماء البيئة نوعين من مجتمعات الذروة هما مجتمعات أحادية الذروة أو وحيدة الذروة **Monoclimax** وهي مجتمعات الذروة الخاضعة للظروف المناخية وتقع تحت سيطرتها بحيث يصبح فيها المناخ هو العامل المسيطر والمنظم لعملية توازن الغطاء النباتي وتحجب دور التربة والتضاريس الموجودة في المنطقة البيئية وهذا ما دعى اليه الباحث **Clements** عام 1950 من خلال دراساته المختلفة على العديد من النظم البرية ومتابعة التغيرات التي تحصل للغطاء النباتي فيها . بينما تنشأ مجتمعات ذروه تحت تأثير نوعية التربة ، او الطبوغرافية الأرضية ويتكون فيها ذروه تربه **Edaphic climax** او ذروة طبوغرافية **Physiographic climax** لا يستطيع المناخ فرض سيطرته على هذين العاملين الذين يطلق عليهما تسمية الصخرة الأم **Parent rook** وبذلك تنشأ عدة مجتمعات ذروة داخل الإقليم الحيوي الواحد وتسمى عند ذلك بمجتمعات الذروة المتعددة **Polyclimax** كما يظهر في الاشكال التالية التي توضح ثلاثة مناطق ذروة بيئية تتحكم فيها طبيعة المناخ الدقيق **Microclimat** ونوعية التربة وطبوغرافية الارض مما يؤدي الى تكون أونسو أكثر من مرحلة ذروة او قمة نمو لاكثر من مجتمع نباتي في نفس المنطقة البيئية كما يظهر من الشكل .



شكل يمثل حالة تكون اكثر من مرحلة ذروة **polyclimax** لنفس المنطقة .

مفهوم التعاقب الايجابي والسلبى لمجتمعات الذروة:

من خلال الدراسات البيئية وجد الباحثون حالتين تحدث في مجتمعات الذروة التعاقبية هما:

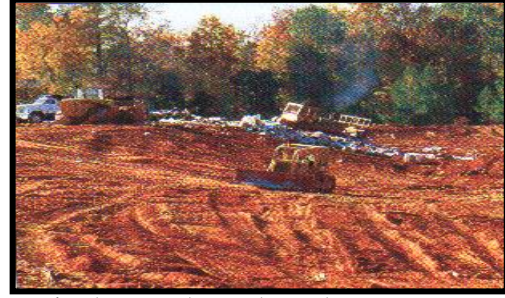
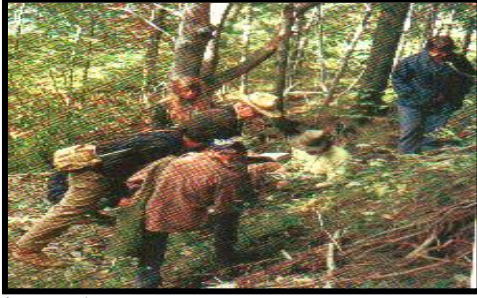
أ- حالة التعاقب البيئي الايجابي لمجتمع الذروة: **Progressive succession**

عندما يحصل أي تعاقب في بيئة معينة لأول مرة في تكوينها الطبيعي من دون تدخل العامل البشري ويتبع المراحل التسلسلية المعروفة في خطوات التعاقب، حتى بلوغ مرحلة مجتمع الذروة يدعى مثل هذا التعاقب **Primary succession** التعاقب البيئي الأولي. وهذا النمط من التعاقب إذا سار بشكل متوازن ومتسلسل فإنه عادة ما ينتهي إلى تكوين مجتمع بيئي متميز في مكوناته وهيئته النوعية والتركيبية مثل مجتمع الغابات بأنواعها المعروفة ومجتمع البحيرات الطبيعية المعمرة وغيرها من النظم البيئية المتوازنة فعند ذلك يدعى مثل هذا التعاقب الذي أنتج مجتمع ديناميكي من حيث دوران المادة العضوية وانسياب الطاقة ومتنوع الأحياء بالتعاقب الايجابي أو التقدمي **Progressive succession**.

ب- التعاقب البيئي السلبى أو التراجعي لمجتمع الذروة **Retogressive succession**:

في عدد من المواقع البيئية تتعرض المجتمعات إلى نوعين من التأثير الذي قد يدفع بمراحل أو خطوات التعاقب الأولي إلى التعتثر أو التراجع وعدم اكتمال السلسلة التعاقبية والوصول إلى مرحلة الذروة نتيجة لشحة المغذيات أو النقص الحاد في كمية المياه وتنامي مستويات الجفاف أو التغير الكبير في مستوى الملوحة والذالة الحمضية أو انتشار آفات مدمرة لغطائه النباتي وغيرها من العوامل التي تعمل على أحداث تدهور في البنية التركيبية النوعية لمجتمع الأحياء التعاقبي وتحدث تراجع يسمى **Retogressive succession** كما أن هنالك حالات اخري يصل فيها المجتمع الى الذروة ولكن تعيق استمراره وتقدمه في تحقيق المراحل اللاحقة بعض المؤثرات مما يؤدي لحدوث مايسمى بالتراجع السلبى الزمنى أو (التعاقب

السلبى)، وهو عبارة عن عملية نزول من مرحلة القمة أو الذروة إلى مجتمع حيوي مفكك وغير متوازن يحاول أن يعيد نفسه مرة أخرى ولكن بنمو وتطور أنواع جديدة أكثر مقاومة للظروف البيئية التي سادت في بيئة هذا المجتمع التعاقبي وهذه العملية تتطلب وقت طويل واستنزاف للمحتوى العضوي المخزون في تربة النظام البيئي وهذا تراجع في خاصية أو قدرة المقاومة البيئية التي يعتمد عليها مجتمع الأحياء في مواجهة المتغيرات البيئية. أما الحالة الثالثة من التأثير فهو ما يحدث بفعل الأنشطة البشرية كما يحصل في عمليات قطع الأشجار الكبيرة من نظم الغابات وبذلك يتحطم مجتمع الذروة أو كما يحصل في تحويل مجتمعات الأهوار والمستنقعات الكبيرة إلى أراضي زراعية أو تحويل بعض المساحات الخضراء إلى أماكن صناعية أو مجتمعات سكنية أو سياحية واستبدال الغطاء النباتي الدائم بمساحات مجزئة من نباتات صغيرة محدودة العمر والنمو كما هو معروف بالحدائق الداخلية والمنتزهات الوطنية. والأشكال التالية تبين نماذج من هذه الحالات.



نظام تعرض لعملية قطع أشجار

نظام تعرض لعملية إزالة كاملة لمرحلة الأشجار.

غير مبرمج.



حالة تدهور مجتمع تعاقبي بسبب انخفاض مستوى المياه الجوفية.

## علم بيئة النوع أو الأفراد Individual ecology or Autecology

1. تطور علم بيئة الفرد Development of Autecology
2. مفهوم النوع الحيوي Concept of Biological species
3. التسلسل داخل النوع (النوع) Species clines
4. قواعد تفسير النوع Rules of subspecies explaining Speciation
5. التنوع
6. تباين الأنواع Species Diversity
7. فرضيات تفسير تباين الأنواع. Hypothesis of Sp- Di

### مراحل تطور علم بيئة الفرد :

من خلال دراستنا لعلم البيئة عبر المراحل التاريخية التي اوردها تباعا في مقدمة هذا الكتاب يتضح لنا بان جميع المحاولات التي قام بها علماء الاحياء على مختلف توجهاتهم سواء في دراسة سلوك الحيوان وتصنيفه واضرار وفوائده وعلاقاته مع اقرانه ، او دراسة النباتات لمختلف الاغراض العلمية ، نجد ان جميع هذه المحاولات بنيت على دراسة النوع (اي دراسة الكائنات الحية على شكل افراد او انواع حيوية بصورة مستقلة) . لذلك فان اول تعريف وضع لعلم البيئة Ecology كان حرفيا يعني (دراسة الكائن الحي في موطنه Habitat) . وعند التمعن في اغلب الدراسات القديمة التي وصلت الينا بالتناقل التاريخي للمعلومة عبر الاجيال البشرية ابتداءً من الحضارات القديمة ، نلاحظ ان ما ورد فيها من دراسات بيئية انصب اغلبها على دراسته الانواع البيئية المختلفة ، فوصفت الحيوانات على اساس كونها اليفة ، متوحشة ، مفترسة ، برية مائية ، تعطي روائح زكية ، او تستخدم اجزائها كدواء كذلك بالنسبة للنباتات وصفت على انها اعشاب طبية ، نباتات مرّة المذاق ، سامة ، شجيرات ، اشجار مثمرة ، غير مثمرة ، على اساس الشكل الخارجي او الطعم ولون الازهار الى اخره من الصفات التي يتصف بها الافراد للتمييز بينهم ، وهذا ما نجده في جميع الدراسات القديمة سواءً بأسلوب الرسم على الطين او النحت والحفر على الصخور لتخليد هذه الاعمال او على شكل تخطيطات باللغات القديمة عندما تعلم الانسان بداية الكتابة باللغة السومرية القديمة . وهكذا يمكن القول بان الدراسات القديمة اهتمت بالتاريخ الطبيعي للاحياء ابتداءً من دراسات ارسطو طاليس (384-322 قبل الميلاد) مروراً بدراسات ثيوفراستس Theophrastus (372-287 قبل الميلاد) وصولاً الى بلايني الاكبر Pliny The Elder (23-79 بعد الميلاد) . الى ان بدأت كتابات العلماء العرب والمسلمين في الحضارة العربية الاسلامية التي تمثل بداية حقيقية لنشوء علم بيئة الفرد Autecology لدخولها مرحلة التجريب والربط بين سلوك وحياة وبيئة هذه الاحياء من خلال الاستناد على الدراسة الميدانية في البيئة واتباع اسلوب البحث العلمي المبني على الملاحظة ومن ثم الاختبار والتحقق وهكذا ظهرت دراسات الاصمعي ، الجاحظ ، الدينوري ، المجريطي ، ابن سينا ، ابن البيطار ، القزويني ، الدميري ، والرازي وغيرهم من العلماء الاجلاء في مختلف حقول المعرفة البيئية التطبيقية .

الا ان المراجع الغربية تشير الى ان التاريخ الطبيعي للاحياء بدأ يتطور بشكل بطيء خلال القرن الثاني عشر وتقدم بشكل سريع خلال القرن السادس عشر بعد ان تكونت جماعات من المهتمين بهذا الحقل من المعرفة ولذلك يصفون الباحث (البرتو ماكنوس Albertus Magnus 1280-1193) بانه رائد علم التاريخ الطبيعي وفي هذا تجنى كبير على الحقيقية لاننا لو رجعنا الى التاريخ العلمي الموثق نجد ان العديد من العلماء الذين ذكرناهم قد سبقوا هذا الباحث بمئات السنين لان دراساتهم ظهرت في الفترة من (740 حتى ابن سينا 980) ميلادية ونلاحظ من ذلك



ان الفترة تبلغ حوالي (400 سنة) . الا ان البداية الديناميكية لهذا الحقل في البيئة اي علم التاريخ الطبيعي للاحياء اصبح اكثر انتشارا في بدايات القرن السادس عشر على يد العلماء كونراد جسنر K.Gesner 1516-1544 ، الدروفاندي Aldrovandi 1522-1605 ، كوردس 1515-1565 Gordus روبرت بويل 1627-1691 Robert Boyle ومحاولة ربطهم بين علم الاحياء Biology وعلم التاريخ الطبيعي Natural History . وفي اواخر القرن السابع عشر حتى اواخر القرن التاسع عشر ظهرت خمسة حقول دراسية كما يشير الى ذلك الباحث Southwick, 1980 تمثل بدايات ظهور علم البيئة كفرع مستقل بين العلوم الحيوية اهمها :

1. التاريخ الطبيعي واستكشاف المجموعة الحيوانية .
2. الفلسفة البيئية ودراسة التغيرات البيئية .
3. النشوء ونظريات الانتخاب الطبيعي .
4. دراسة الجماعات السكانية .
5. الجغرافيا البيئية والحفاظ على البيئة .

ومن اهم علماء هذه المرحلة رينيه رومر Karl Linner, Rene Reaumer ، لويس بانوم ، جلبرت وايت ، تشارلس دارون ، الفريد رسل Russel وولاس 1825-1892 Wallas Bates . ومع نهاية القرن التاسع عشر نشر هنري فابري 1823-1915 في فرنسا عشرة مجلدات عن التاريخ الطبيعي للحشرات والباحث ريم في المانيا نشرة ثلاثة عشر مجلدا عن حياة الحيوان ، وهكذا اخذت تظهر بدايات مفهوم المجتمعات الحيوية Biocommunity في كتابات الباحث فوربس (1844-1930) لتفسير العلاقة بين اكثر من نوع من الاحياء وهذا ما يؤكد بان بداية نشوء علم البيئة هي دراسة النوع (او الفرد) وتاريخ تطوره للتعرف على الجماعات السكانية ومن ثم دراسة المجتمعات البيئية Environmental Communities التي تشكلها هذه الانواع المختلفة ، اذا فما هو النوع من الناحية البيئية والحيوية ؟

### مفهوم النوع : Concept of biological species

لقد عرف النوع من قبل عالم الحيوان (1940 Ernest Mayer) بانه مجموعة من الاحياء لها القدرة القائمة او الكامنة على التزاوج والانجاب لمجتمعات طبيعية ولكنها معزولة تكاثريا عن المجموعات الاخرى . ويرى الباحثون بان التعريف ياخذ اشكال وتسميات مختلفة بناءً على الغرض الذي تستخدم فيه كلمة النوع ، لغرض التصنيف او دراسة المتحجرات ، او دراسة الفئات الشكلية وغيرها ولذلك نجد تسميات مختلفة استخدمت في المراجع العلمية مثل Morphological Species, Palaeontological Species, Taxonomical Species: . ولكن لكي نبحث بالطريقة التي تكوّن فيها النوع علينا ان نستخدم تعريف النوع الحيوي (Biological Species) كما ذكره ماير Mayer . وعند الوقوف على ما ذكره هذا الباحث يصبح من الاهمية التاكيد على القدرة الكامنة التي يمتلكها النوع او القدرة القائمة كشرط اساسي لتعريف النوع . لان ذلك يخدم في التمييز بين الانعزال التزاوجي الذي يحصل في افراد الجماعات والمجتمعات الحيوية نتيجة لتكون انواع منفصلة جغرافيا او طبيعيا بحيث تصبح هذه الانواع غير قادرة على انتاج افراد ذات خصوبة جيدة او لا تستطيع التزاوج نهائيا بسبب هذا الانعزال ، وبين الافراد الناتجة عن الانعزال المتسبب عن البعد الزماني او المكان مع احتفاظ الافراد ذات صلة القربى بخواصها الوراثية المظهرية والسلوكية المتشابهة والتي تتمثل بالافراد التي تستطيع التزاوج وانتاج افراد مشابهة للاباء في خواصها عند التقائها مرة اخرى في البيئة .

على سبيل المثال وجد بان (ذبابة الفاكهة *Drosophylla sp*) عندما كونت مجتمع لها في عام 1965 ، وحصل انعزال لافرادها لمدة 10 سنوات ، كونت مجتمع اخر في عام 1975 ، فالبرغم من هذا الحاجز الزمني الا ان هذه الحشرات لاتزال تكون افراد من نفس النوع اي انها احتفظت بقدرتها الكامنة . كذلك فان البعد المكاني يكون احيانا غير كافي لوجود نوعين متميزين بايولوجيا في البيئة . كما هو في حالة الاسود في الهند وافريقيا ، كلا المجموعتين لا تزال تحتفظ بالشكل الخارجي المتشابهة مما يدل على ان التركيب الوراثي لها لا يزال متشابهها ولو اتاحت الفرصة لها للتزاوج لربما تعطي افراد من نفس النوع .

وهذا يؤدي الى حقيقة مهمة في تكون الانواع الحيوية Biological Species والانواع المنفصلة او المتباعدة Dergencel Species مفادها ان افراد المجتمعات الحيوية Bio-community القادرة على تبادل الجينات والتزاوج فيما بينها ماتزال تكون وتنتج نوعا واحدا من الاحياء حتى لو عانت من انعزال زمني او مكاني ، ولكن عند وضعها في بيئة ملائمة لها تستطيع التزاوج والانتاج المتشابهة مع الاباء اما المجتمعات التي لا يمكن حدوث تبادل بين تراكيبها الوراثية فانها تعطي انواعا بيولوجية متميزة او منفصلة (اي يحدث فيها التنوع) ومعنى ذلك انها بلغت مرحلة التنوع speciation اي تكوين الانواع المنعزلة وراثيا .

ولكن ما يجب الانتباه اليه هنا هو ليس امتلاك الكائن الحي القدرة على التزاوج فقط والتي هي مقياس للاحتفاظ بالقدرة الكامنة للنوع بل يجب ان يكون النسل الناتج من التزاوج والاصحاب حاملا لنفس التركيبات الوراثية التي يحملها الاباء . وفي البيئة نلاحظ بان هناك زواج اضطراري او بحكم الانعزال البيئي بين مجاميع منفصلة نتج عنها افراد غير قادرة على الانتاج او حتى لا يحدث ذلك في البيئة بشكل طبيعي بل تحت ظروف معينة كما حصل في عدة تجارب في ظروف بيئية خاصه دفعت الى تزاوجات غير طبيعية كما حصل داخل بعض حدائق الحيوان ومنها :

- زواج او اخصاب الاسود والنمور يعطي سمورا .
- زواج او اخصاب النمر واللبوة يعطي نمرا .

وما حدث في الولايات المتحدة من تجارب تخصيص بين الابقار وحيوان البايرون (Bison) لانتاج لحم جيد المذاق . كذلك الحالة التي تحدث بين الخيول - والحمير لتعطي (بغالاً) والبغال حيوانات عقيمة في الغالب لا تستطيع الانجاب . ويحدث كذلك في مجال النبات العديد من الاختلاطات بين الانواع ، ولكن هذا التزاوج او التكاثر لا يحدث في الطبيعة في الظروف العادية وانما تحت تأثير ظروف معينة او داخل نظم محمية ومحددة .

ومعنى ذلك ان القدرة على التزاوج الطبيعي ليست مفهوما مرادفا للتهجين الذي يحدث في الكائنات الحية والذي ينتج عنه افرادا وانواع مختلفة وراثيا عن الاباء في العديد من الصفات . لذلك فان تحديد او تعريف النوع الحيوي مهم في البيئة للمقارنة بين المجتمعات المختلفة ومعرفة كونها معزولة مكانيا وزمانيا وحتى طبيعيا من خلال مراقبة الصفات الشكلية والسلوكية لافرادها التي هي مصاحبة لتغيرات وراثية تعطينا تصورا لتحديد النوع في هذه المجتمعات .

كما ان دراسة ومعرفة النوع الحيوي تزيد من امكانية دراسة المجتمعات بشكل اوسع وادق وتخدم علم التصنيف للتفريق بين الافراد المتشابهة جدا في الصفات المظهرية والسلوكية والتي يصعب فصلها بالطرق التقليدية حيث تكون افرادا تسمى بالانواع الماخبة (او المتناسبة) (Sibling Species) ، حيث يمكن اعتماد صفة القدرة الكامنة او التعريف الحيوي للنوع والعزل التزاوجي (Reproductive Isolation) في التفريق بين الانواع المتشابهة كما في

نوعين من حشرة الدروسوفلا (ذبابة الفاكهة) *Drosophilla Pseudoobscura* & *D. Persimilis* المتشابهتين جدا بالمظهر الخارجي حيث كانتا في السابق توضعان ضمن نوع واحد او تحت نوعين *Subspecies* . ولكن التجارب التي اجريت على تزاوجهما اثبتت فشلهما في تكوين افراد قادرة على الخصوبة والانتاج سواء في الطبيعة او حتى عند اخضاعها للظروف الاصطناعية حيث لم تعطي افرادا خصبة . وعلى العكس من ذلك ما يخص افراد الخروف الاروي المبين في الشكل (1-11) فبالرغم من تباعدها في مناطق مختلفة في اسيا وافريقيا او داخل لبيبا كما تشير المراجع العلمية الا انها قد احتفظت بخواصها الوراثية وقدرتها على التزاوج



شكل (1) الخروف الاروي *Ammotragus lervia (pallas)* واحدا من انواع الثدييات القديمة .

### التسلسل ضمن النوع وتحت النوع (النوع) :

من خلال دراستنا لمعنى النوع الحيوي اكدنا بانه مجموعة الافراد التي لها القدرة على التزاوج فيما بينها وانتاج افراد جديدة ومشابهة للاباء وراثيا . وكلما زاد التباعد والانعزال تكون افراد منفصلة وتعطي نوع جديد . ولكن الملاحظ في البيئة ان هذه العملية لا تتم بصورة سريعة بل تحتاج الى وقت طويل احيانا يصل الى ملايين السنين في بعض الكائنات المتطورة . وضمن سلسلة التطور هذه والانعزال الزماني او المكاني او الجغرافي يحدث ان تختلف المجتمعات بصفة او اكثر في تدرج منتظم من منطقة بيئية الى المنطقة التي تليها ، وهذا التدرج يعطي افرادا تتميز ببعض الصفات عن اصولها ولكن يبقى لها القدرة على التزاوج وهذا يشكل ما يسمى (بالتسلسل ضمن النوع *Species clines*) وافراد التسلسل ضمن النوع يمكن ان تتزاوج بحرية وتتميز هذه الافراد بانها تختلف اختلافات متسلسلة تبعا لاختلافات البيئة وهي تسير ضمن قواعد عامة كالاختلافات الجغرافية مثلا التي تسري من مجتمع الى اخر . ودرست هذه الصفات والتسلسلات (*Clines*) من قبل العديد من الباحثين ووضعوا لها قواعد حملت اسمائهم .

### قواعد تفسير النواعيات :

نتيجة للتداخل بين الانواع المتشابهة من جهة والتداخل بين العوامل البيئية التي تضفي بعض التغيرات المظهرية على العديد من الانواع الحيوية حاول كثير من العلماء وضع فرضيات وقواعد لتفسير هذه التداخلات ومن اهم القواعد التي وضعت لتفسير تسلسل النوع والنواعيات هي:

#### (1) قاعدة بيرجمان *Bergmann's Rule* :

التي تشير او تنص على ان حجم الجسم للافراد التي تعيش في المناطق الباردة يميل الى ان يكون اضخم منه في الافراد الذين يعيشون في المناطق الحارة ، مثال ذلك العصافير الدورية في منطقة *New England* والولايات الجنوبية الحارة وكذلك الثدييات التي تعيش في اوكار مثل *Lemmings* وفئران الحقل *Volcs* .

#### (2) قاعدة الين *Allen's Rule* :

تنص هذه القاعدة على ان بروز بعض اعضاء الجسم كالاذان ، الذنب ، والمنقار وغيرها هو نسبيا اقصر في الجو البارد مقارنة مع ما موجود في الافراد التي تقطن الجو الحار وذلك لغرض حفظ الحرارة ، ويستثنى من ذلك اجنحة وذيول الطيور لانها لا تساهم في فقدان الحرارة

#### (3) قاعدة جلوجر *Gloger's Rule* :

تشير هذه القاعدة الى ان الاصباغ الجسمية تكون داكنة في الجو الحار الرطب وباهتة في المناطق الباردة او الجافة الباردة ، كما ان هنالك مشاهدات في البيئة على الطيور من حيث كمية البيوض فهي كثيرة في شمال خط الاستواء وقليلة جنوبه . اما ثدييات المناخ البارد فيكون فيها الفرد اكبر واطول جسما .

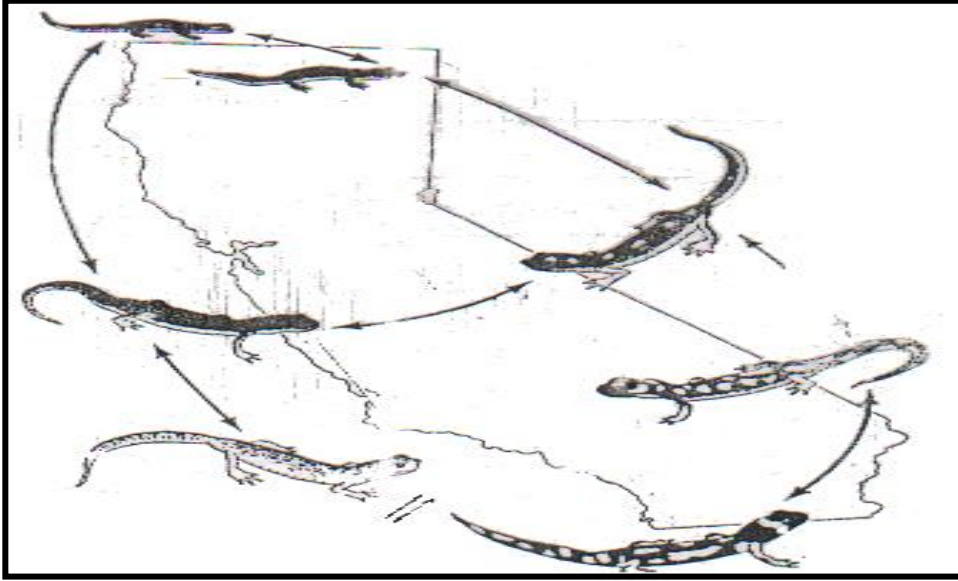
ومن الجدير بالاهتمام ان هذه القوانين تنطبق على المجتمعات وليس على الانواع فمثلا ليس جميع الحيوانات الضخمة تعيش في المناطق الباردة وليس الصغيرة في المناطق الحارة فقط . كما ان هذه الاختلافات المتواصلة بين الاحياء تميز المجتمعات ضمن النوع وليس المجتمعات بحد ذاتها . ولوحظ في البيئة كذلك ان الصفات غير المتسلسلة تحدث بكتا الحالتين (ضمن المجتمع الواحد ، ومن مجتمع الى اخر شبنفس النوع) . وعندما تحدث فجوات فجائية (ابتعاد زمني او مكاني) او اختلافات حادة غير متتابعة (متسلسلة) لعدة صفات بين مجتمعين من نوع واحد مع بقاء حريص في حرية التزاوج ، تسمى المجتمعات المتكونة من هذه الانواع بالنوعيات او تحت الانواع او الاعراق Sub-Species .

وهكذا يعرف النوع او العرق بانه مجتمع ذو نسل مميز بجينات ذات تكرار يختلف عنه في المجتمعات الاخرى التابعة لنفس النوع ، والنوعيات هي مجتمعات متوالدة وليس افراد لهذه المجتمعات . ولذلك احيانا لا يظهر كل الافراد بالنوع كل سمة تميز المجموعة وبعض الانواع ذات المدى الواسع من التكرار الجيني تشمل ثلاثين نوعا او اكثر كلها قابلة للتزاوج فيما بينها وكل عرق او نوع من هذه النوعيات يتميز عن الاعراق الاخرى بصفات خصائصية مجتمعة او على مستوى معدل جماعي . كما ان الاختلافات الفردية في العرق غالبا ما تتداخل مع اعراق اخرى رغم ان مستوى المجتمع قد يختلف كليا .

ومن التجارب التي اجريت اوشهدت في البيئة على هذه القاعدة ما اكتشفه الباحث الجيولوجي (روبرت ستيبنز Robert Stebbins) من ان مجتمعات حيوانية كمجتمعات السلمندر في ولاية كاليفورنيا في امريكا وخاصة الجنس المسمى *Ensatina eschschitzi* حيث لاحظ الباحث وجود اختلافات حادة بين مجتمعات السلمندر - تاخذ تتابع منظم عبر التسلسل ضمن النوع (cline) ولاحظ كذلك بالرغم من امكانية التبادل الجيني بين كل مجتمعين متتابعين الا ان السلمندرات التي تقع في طرفي السلسلة الدائرية لا يتزاوجان رغم ان توزيعهما يتداخل بيئيا وهذا ما اسماه الباحث Mayer فيما بعد بالتداخل الدائري Circular overlap للاعراق الجغرافية . ولكن رغم تباعد اطراف الدائرة فان كائنات وسيطة تستطيع ان تنقل الجينات بينها بطريقة غير مباشرة تسمى (بالنوعيات الوسيطة) . وعند انقراض هذه النوعيات الوسيطة تحت اي ظرف بيئي حاد فان الحلقة او الدائرة تنفصل تماما ، وبذلك ينقطع اتصال الجينات ويتكون لدينا تدريجيا التنوع speciation اي ظهور انواع بصفات مستقلة عن اسلافها . ولذلك ليس بالضرورة ان تكون كل النوعيات تنوع او انواع جديدة ، فهي مؤهلة ان تصبح انواع جديدة ، ولكن ليس عليها ان تصبح انواعا مالم يحصل لها انقطاع لسلسلة النوعيات ، ومن هنا فان عملية تحول النوع الى نوع سوف تعتمد على عدة عوامل منها :

1. درجة الانعزال في البيئة .
2. عملية الانتخاب وقوة التطور .
3. الطفرات الوراثية .
4. النزعة او الانسياب الجيني (Genetic draft) .
5. الانتقال الجيني (Gene flow) .

وفي ضوء هذه العوامل فان بعض النوعيات يبقى نوعيا ، وبعضها يكون انواعا مميزة وبعضها يكون مجتمعا واحدا ذو مدى واسع يتميز بالتبادل الجيني بين افراده كما يظهر بالشكل رقم (2) .



## النوع والتنوع : Species and Speciation

يشير الباحثون الى ان طراز التطور في مجتمع ما ينكشف من خلال التفاعل بين التراكيب الجديدة وتطور التركيبات الوراثية القائمة . ولكن هذا المفهوم لا يعالج الا جانب واحدا من مشكلة التنوع (الجانب الوراثي) اما الجوانب الاخرى فهي تخضع الى عوامل اخرى فعلى سبيل المثال ، عندما يبدأ مجتمع معين للتكيف بطرق مختلفة تنشأ من جراء ذلك عدة موانع او عوائق تهدف الى تحديد التزاوج بين الافراد والانواع في هذا المجتمع وبذلك تعمل على تحديد حصول تركيبات وراثية جديدة .

كما لاحظ الباحثون ان تكيف المجتمع الحيوي Bio-community حسب البيئة المحلية يؤدي بالضرورة الى حدوث تغيرات وراثية فيه قد يسبب بعضها تركيبات جديدة لا تستطيع الاندماج مع التركيبات الوراثية في مجتمعات محلية اخرى في نفس المنطقة البيئية . وعندما يكون انتقال الجينات (Gene flow) ما بين مجتمعين حيويين محدودا بحيث يظهر دور ما يسمى بالطفرات الوراثية mutations التي تحدث في كل من المجتمعين بصورة منفردة فانها تؤثر في ذلك المجتمع لوحده ولا تأثير لها على المجتمع الثاني . وعندما تبدأ قوى الانتخاب الطبيعي والاتجاه الوراثي (Gene drift) بالتأثير في كل من هذين المجتمعين على نحوين مختلفين فان المجموعات السكانية لهذين المجتمعين تصبح معزولة وراثيا عن بعضها البعض تدريجيا رغم وجودهما في نفس البيئة المحلية وهذه العملية تؤدي الى تكوين انواع منفصلة وتعرف هذه العملية من وجهة نظر علماء البيولوجيا والتطور بالتنوع Speciation .

ومن الملاحظ في البيئة ان المجتمعات التي تتكون من نوع واحد قادرة على التزاوج ومؤكدة لانتقال الجينات فيما بينها ، بينما المجتمعات التي تتبع انواعا مختلفة لا تقدر على التزاوج مع بعضها البعض وبشكل خاص في بيئاتها الطبيعية فان هذه المجتمعات الاخيرة تكون انواعا منفصلة عن بعضها وراثيا ، وان التغيرات التطورية في المجتمع الحيوي وعزله يؤديان الى ظهور انواع جديدة .

### والسؤال المطروح .. ماذا يعني التنوع ، وكيف ينشأ ؟ .

ان عملية التنوع من الناحية النظرية تعني تجزئة المجتمع الحيوي Biocommunity الى مجموعات سكانية منفصلة تزاوجا تحت تأثيرات جغرافية (العزل الجغرافي) او العزل الطبيعي . وعلى هذا الاساس تكون نوعية المجتمعات الحيوية ذات التنوع البيولوجي مستندة على نوعية وطبيعة العوامل التي ادت الى تكونها وهي :

1. مجتمعات التنوع بالعزل (او التنوع بالعزل **Allopatric association**)  
2. مجتمعات التنوع الطبيعي (او العزل الطبيعي) **Sympatric association**

ويحصل النوع الاول من جراء نشوء وتكون افراد في المجتمع عزلت جغرافيا تحت تأثير عامل بيئي معين (كالرياح الشديدة او تيارات الماء او الفيضانات او الهجرة الاجبارية او التشتت وغيرها من العوامل) او تكون حواجز طبيعية كالجبال والممرات المائية وتكون الصحارى التي ينشا عنها فصل بين افراد المجتمع الاصلي ويحصل تباعد مكاني وزماني وبيئي جديد يجعل من هذه الافراد غير قادرة على التزاوج من اسلافها او تظهر عليها صفات وراثية جديدة ، هذا التكيف والانعزال يجعل منها غير قادرة على التزاوج حتى لو اعيدت الى المجتمع والبيئة الاصلية وغير قادرة على انتاج نفس الانواع الاصلية . تسمى هذه الحالة بالانواع المنعزلة بيئيا او **Allopatric** ويعتبر علماء البيئة والتطور ان انفصال الكائنات الحية بواسطة الحواجز الطبيعية وعوامل البيئة والمناخ الخطوة الاساسية في التنوع بجميع المخلوقات التي تنتج تزاوجيا (الاخصاب) ، ويعتبر هؤلاء الباحثون بان التنوع الطبيعي **Sympatric speciation** يعتبر تنوعا ثانويا قياسا لتأثير النوع الاول وانتشاره في البيئة وهو من وجهة نظرهم يحدث اما في حالة التعدد الكروموسومي وتضاعف الجينات (**polyploidy**) الناتج من فشل خلايا الالباء اثناء الانقسام لسبب ما يؤدي الى ان يحمل الابناء خلايا مضاعفة العدد الكروموسومي تؤدي الى عدم اكتمال النمو الحيني للافراد الناتجة من هذه الزيجات او الاخصابات او التلقينات المختلفة ، او ظهور اجنة مشوهة او افراد تختلف في صفاتها الوراثية عن الالباء كما في ظاهرة المنغوليا . كذلك تشير بعض الدراسات الى ان حالات التزاوج غير العشوائي (الزواج المقيد) ضمن بعض العوائل او السلالات والجماعات السكانية بحكم الانحصار او الانعزال البيئي او بحكم الاعراف الاجتماعية يحدث من جراء هذا التزاوج انتخابا تعطييا او ضارا يسمى **disruptive Selection** وهذا التعطيل متعمدا قد ينتج عنه مجموعتين منفصلتين في مجتمع واحد ويبقيهما متباعدتين وذلك بازالة الافراد الوسط (**Intermediate**) والذين يمثلون مجموعة الافراد التي تحفظ بالصفات المشتركة بين الجيل القديم (الاسلاف) والميل الناتج من التنوع (الجيل الجديد) الذي يحمل صفات مطورة ، ورغم ان حدوث مثل هذا التنوع قليل في البيئة ولكن مقاومة الاختيار التعطيبي تزيد من امكانية حدوثه .

ومن الملاحظات التي سجلت في البيئة ظاهرة تبدل اشكال وتاقلم المناقير في (14) نوعا من العصافير التي تسمى عصافير داروين **Darwin's Finches** التي درسها في جزيرة (الكلابجوس) المقابلة لشواطئ الاكوادور كمثال واقعي على التنوع بالعزل كما يظهر بالشكل (11-3) وكذلك ما حصل للطائر المتسلق المسمى **Honey creepers** في جزر الهاواي ، وطائر متسلق العسل مثال اخر على التنوع بالعزل لنفس الكائن تحت تغير مصادر الحصول على الغذاء حيث وجد حوالي 39 نوع يعتقد انها نشأت من نوع واحد تحت مبدأ تحويل الصفات (**Characters Displacement**) الذي يحصل عندما ينشا تنوع جديد ، وهذا التنوع او تحويل الصفات يحصل بطريقتين او سببين هما :

1. يحصل التحول في الصفات عندما يتكون او يلتقي في المنطقة البيئية مجتمعان متباعدان وراثيا ولكنهما يشتركان في الغذاء والموطن البيئي ، مما يؤدي الى حصول تنافس ، ولكي يستمر كلا منهما في البيئة فان عوامل الانتخاب الطبيعي تعمل على تشجيع المجموعات الجينية (**Gene Combinations**) الاكثر تباعدا لان تعمل على تحويل بعض الصفات المساعدة .
  2. تحصل الحالة في مجتمعين لم يتمكنوا من تطوير البنية البيئية والسلوك بصورة كافية مما يسمح بالتزاوج بين افرادهما بدرجة معينة ، ينتج عنه افراد فاشلة بينيا ، مما يضطر الافراد الاخرى التي لم تختلط الى انتاج انواع منفصلة نحو التنوع الكامل . وبمرور الوقت تستمر هذه العملية في تكوين افراد كاملة التنوع وبذلك ينتج لدينا حالة خاصة من التنوع بالعزل تسمى (بالانتشار الاقليمي **Adaptive relation**) وهو يعني تكوين عدد كبير من الانواع المختلفة ببعض الصفات ولكنها تنحدر من اصل واحد .
- اما فيما يخص التنوع الطبيعي **Sympatric speciation** فانه لا بد من توفر شرطين اساسيين لحدوثه هما :




ا. ظهور رغبة متمدة للتزاوج ما بين افراد ذات اشكال متعددة في المجتمع .  
 ب. وجود قوة انتخابية (انتخاب طبيعي) تعمل ضد تكوين وحيوية الهجين الناتج من المتزاوجين في الشكلين .

مثال على ذلك ما لوحظ في (كندا) من تجارب ميدانية حصلت في طيور الازرق الابيض والازرق ، فقد لوحظ ان هذه الكائنات لو ترك لها الاختيار بالتزاوج يحدث ما يلي :

- اللون الابيض (ذكر) يختار اللون الابيض (انثى)
- اللون الازرق (ذكر) يختار اللون الازرق (انثى)

وبرغم حصول بعض حالات التزاوج بين اللونين ولكن عند حدوث تلوث في البيئة المائية مثلا نلاحظ ان كلا المجتمعين يصبح غير قادر على انتاج الصفة النقية (فتنتج افراد مختلطة) وهذه الافراد تكون منعزلة بيئيا عند عودة الظروف مما يؤدي الى نشوء ثلاثة مجتمعات جديدة تمتاز بتنوع بيولوجي من جراء تغير الظروف البيئية .

واغلب الباحثين الذين يدافعون عن نظرية التنوع الطبيعي يعتقدون ان التزاوج المقيد (غير العشوائي) المبني على تفضيل البيئة او الغذاء او المسكن سوف يؤدي الى تباين اكثر في عدد الصفات الخارجية كاللون والشكل ينتج عنه ما يسمى بالتعطيل الضار (او الاختيار التعطيلي) ويؤدي الى ظهور صفات تختلف عن ما هو عند الابوين وينتج عنه تنوع ، وتم تشخيص مثل هذه الحالات في حشرات الاشجار في عدة اماكن من بريطانيا ، حيث تضع بيوضها في حفر على اشجار التفاح او الزعرور وبعد فقس البيض تكون يرقات تقتات على هذه الاشجار كبيئة مفضلة لها ، وبمرور الزمن ينحصر التزاوج في هذه البيئات في افراد نفس النسل وهذا يؤدي الى تباعد في التراكيب الوراثية (بمرور الوقت) . وكذلك سجل نجاح التنوع الناتج في التركيب الزوجي (diploid) في النباتات الراقية وكذلك في بعض الحيوانات الرخوية وبعض الحلزونات والمحار ، والديدان الحلقية وبعض الاسماك والضفادع وغيرها من مستويات الاحياء .

<i>Geospiza</i> (6) (ground finches)	<i>Platyspiza</i> (1) (fruit-eating finches)	<i>Camarhynchus</i> (3) (tree finches)	<i>Certhiidae</i> (2) (warbler finches)	<i>Cactospiza</i> (1) (woodpecker finch)
A. FORM OF BILL				
B. USE OF BILL		Crushing	Grasping	Probing
C. FOOD		Mainly plant	Mainly animal	All animal
D. FORAGE PLACE				
Above ground			At ground level	
			 <i>C. pallida</i> with probe	
E. MALE PLUMAGE PATTERNS				
				

شكل (3) يبين حالة تغير المنقار في عصافير دارون كحالة تاقلم مع تغير البيئة و نوع الغذاء . (Storer 1979) .

# بيئة الجماعات / العشائر البيئية

## Population Ecology

1. أهمية علم البيئة السكانية
2. مفهوم الجماعة السكانية أو العشيرة البيئية
3. كيفية نشوء وتكون الجماعة السكانية
4. خصائص الجماعة السكانية .
5. أنماط الانتخاب وتأثيره على أشكال النمو
6. العوامل المحددة لنمو الجماعات السكانية

### علم البيئة السكانية : Population Ecology :

من خلال دراستنا لعلم البيئة العام General Ecology وبيئة النوع Autecology أصبح من المعروف لدينا بان الكائن الحي مهما كان نوعه أو حجمه لا يمكن أن يعيش بمفرده منعزلاً عن أقرانه أو الكائنات الأخرى التي تتواجد معه في نفس البيئة أو البيئات المجاورة وعليه فإن أفراد كل نوع يجب أن تتواجد في تنظيم عضوي واحد وشكل ما في البيئة مكونا تجمع من أفراد نوعه بعد التكاثر ويعرف هذا التنظيم الذي يكون أعلى مستوى من تنظيم الفرد في بيئته بالجماعة السكانية **Population** أو العشيرة البيئية . ولهذه الجماعة خصائص بيئية ووراثية قابلة للقياس والإحصاء مثل معدلات الولادات والوفيات ونسبه الجنس ومعدلات النمو وتركيب وتوزيع الأعمار والتوزيع والانتشار ومستوى الخصوبة والتكاثر الغريزي إلى غير ذلك من الصفات .

وهذه الجماعة السكانية شأنها شأن الأفراد والأنواع الحيوية من حيث لا يمكنها أن تكون بمعزل في البيئة عن غيرها من الأحياء فهي تكون مضطرة بيئياً إلى التعايش أو مرافقة لمجاميع أخرى أو مجاورتها ، وبالضرورة أن تنشأ علاقات بين أفرادها وأفراد هذه الجماعات وتأخذ هذه العلاقات صوراً عديدة كالتنافس والافتراس والتطفل وتبادل المنفعة وغير ذلك من العلاقات . وهنا ينشأ مستوى تنظيم عضوي أعلى من الحالة الأولى مقامه مجاميع حيوانية ونباتية مختلفة في أحجامها وعدد أفرادها وسلوك هذه الأفراد وطرق تغذيتها وتكاثرها ومواطنها البيئية Habitats ومراكزها البيئية Ecological Niches وهذا بدوره يؤدي إلى ظهور مستوى جديد من العلاقات البيئية التي تتمثل بنوعين من العلاقات إحداها تنشأ بين أفراد الجماعة الواحدة وتتمثل بالتكافل وتبادل المنفعة والتنافس النوعي على الغذاء والمواطن البيئية يطلق عليها العلاقات داخل النوع أو العلاقات الضمنوعية **Interspecific Relationships** بالإضافة إلى نوع آخر من العلاقات تنشأ بين الأنواع المختلفة ولكن بين أفراد الجماعات المتقاربة بيئياً أو ذات الموطن المشترك Sympatric populations هذه العلاقات تتمثل بالتنافس والافتراس والتطفل التضاد والتضاد الحيوي ويطلق على هذا النوع من العلاقات بالعلاقات بين الأنواع

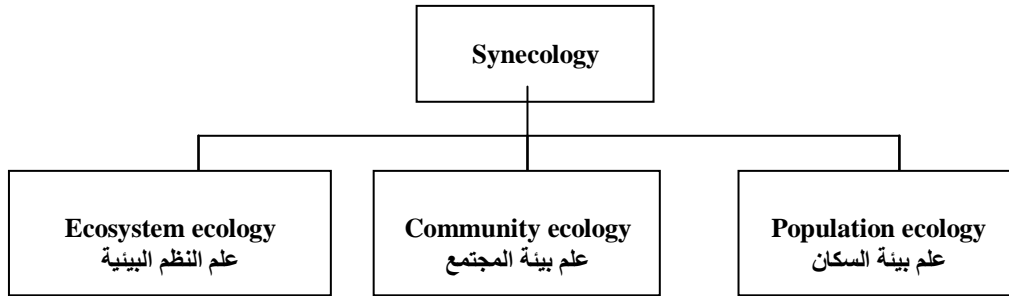
### **Interspecific relationships**

وكما نعلم بان الجماعات السكانية الطبيعية من مختلف المستويات لعوالم الأحياء المعروفة ابتدأت من البدائيات حتى اللبائن العليا تحاول المحافظة على عميلة التوازن البيئي بين الإنتاج والاستهلاك وكذلك ما يطرح إلى البيئة من فضلات كنتائج عرضية لعملية النمو والاستهلاك الغذائي الذي يصل في العديد من الكائنات الحية إلى حوالي 90 % من مجموع الغذاء المستهلك . ومن هنا يبدو الدور المهم لمجاميع الأحياء المحللة من بكتريا وفطريات ولذلك نجد أن العلاقات الحيوية الناشئة بالإضافة إلى العلاقات داخل النوع وبين الأنواع التي ذكرناها تصبح أكثر تعقيداً وتختلف سلباً أو إيجاباً حسب فصول السنة وأعمار الكائنات المشاركة فيها وهذا يتطلب من علماء البيئة التفكير في دراسة الكائنات على شكل مجاميع سكانية من أجل فهم هذه العلاقات وكيفية



توجيهها لصالح الأحياء والبيئة ، وبذلك تكونت بدايات علم البيئة الاجتماعي Synecology هذا العلم الواسع لا بد أن يستند على علوم فرعية أكثر تخصصاً تشكل قواعد معلوماتية للوصول الى درجة المجتمع الحيوي لأن هذا المجتمع هو ناتج من عدة فاعليات أهمها :

- 1- جماعات سكانية في مجتمع واحد أو جماعات سكانية مختلفة الأنواع متشابهة الموطن البيئي Sympatric populations ..
  - 2- النظم البيئية المختلفة Ecosystem .
  - 3- الأقاليم الحيوية Biomes التي تتشكل من هذه الأنظمة وجماعاتها السكانية .
- ولذلك فإن هذا العلم يشمل دراسة المستويات البيئية الثلاثة التالية :



إذا ما هي الجماعة السكانية ؟ وما هو علم بيئة الجماعات أو البيئة السكانية ؟ وماذا يدرس ؟ وما هي خواص الجماعة السكانية أو العشائر البيئية التي يدرسها ؟

### مفهوم الجماعة السكانية : CONCEPT OF POPULATION

الجماعة السكانية Population تعني تجمع الكائنات التي تنتمي إلى نفس النوع الحيوي Biological species وتحتل بيئة محددة في زمن محدد . أو إنها مجموعة أفراد تعود إلى نفس النوع الحيوي تشغل مكان محدد في زمن محدد وتمتلك خصائص قابلة للقياس والاحصاء . وهذا يعني ان الجماعة السكانية في البيئة تشكل نظام ديناميكي تتداخل مكوناته المتفاعلة مع بعضها البعض لتعطي وحده بيئية حيوية يعبر عنها بالسكان أو العشيرة البيئية ويسمى النظام الناتج عنها بنظام الجماعة السكانية Population system وهذا النظام يتألف من العناصر والخصائص التالية :

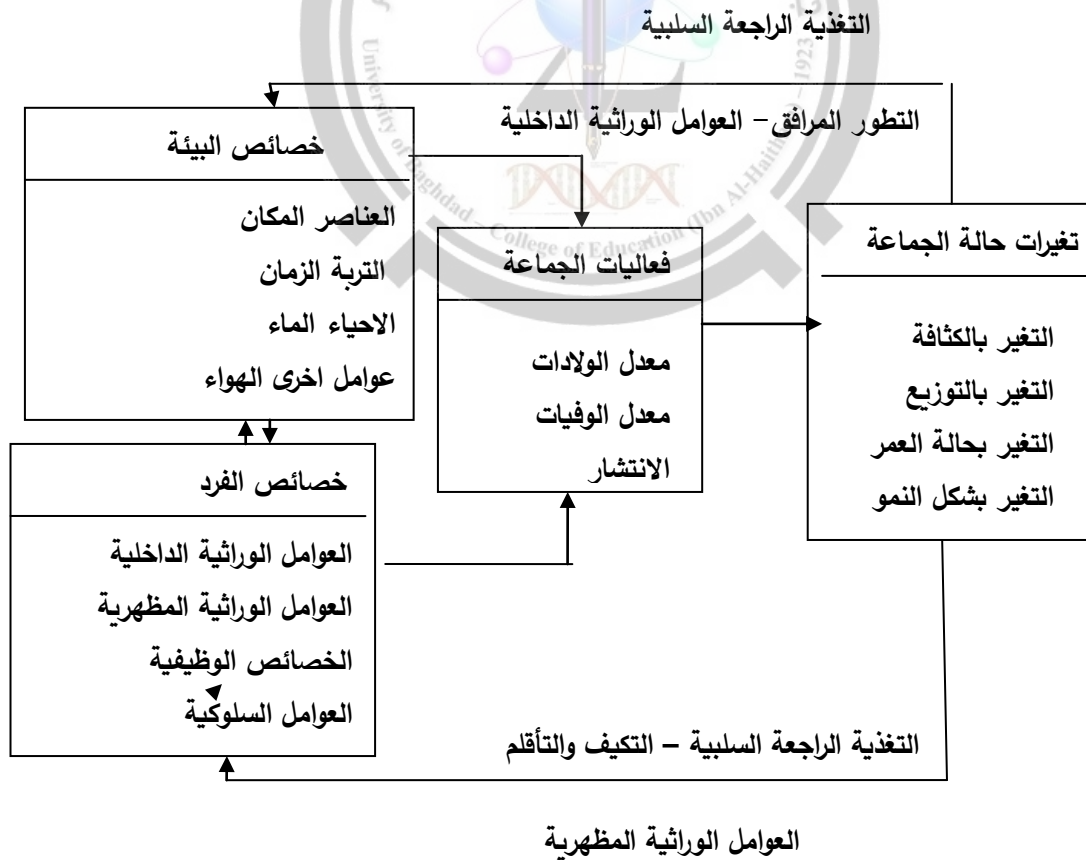
- |                               |                          |
|-------------------------------|--------------------------|
| 1. خصائص متعلقة بالأفراد      | Individuals properties   |
| 2. خصائص متعلقة بالوسط المحيط | Environmental properties |
| 3. فعاليات ونشاطات الجماعة    | Population processes     |
| 4. حالة أو نظام الجماعة       | Population System        |

ويتركز اهتمام علماء البيئة السكانية على فهم أسباب الاختلاف أو التباين Diversity أو التغيرات Variations في التوزيع Distribution ووفرة أو غزارة الأنواع Abundance لهذه الجماعات المختلفة من الأحياء وأوجه الاختلاف مكانياً وزمانياً في الوسط البيئي وما يترتب على ذلك من تبدلات في شكل وحجم وتركيب هذه الجماعات أو ما يطلق عليه بديناميكية الجماعة السكانية Population dynamics ولهذا يرى الباحثان Odum و Southwick بأن الجماعة السكانية هي مجموعة تعاونية Collective group يمكن أن تتبادل أفرادها المعلومات الوراثية وتحتل مكاناً معيناً ولها صفات متنوعة من الأفضل التعبير عنها كخصائص أو كوظائف إحصائية مرتبطة بالجماعة السكانية ولا يشترط أن تكون من صفات جميع الأفراد المكونة لهذه الجماعة السكانية . ومن أهم هذه الخصائص والصفات معدل الولادات والوفيات Natality and mortality rate الكثافة Density القدرة الحيوية الكامنة Biopotential والتفرق Dispersal وشكل النمو Growth shape و نسبة الجنس Six ratio توزيع العمر Age distribution وغيرها . أما الباحثون (هيكمان وآخرون 1989) فيؤكدون إن لهذه الجماعات مجموعة أخرى

من الصفات الوراثية المرتبطة ببيئتها مثل التكيف Adaptation والملائمة التكاثرية Ecological attributes (أي إمكانية ترك نسل على مر الزمن) .  
ويؤكد الباحث Thomas Park على أن للجماعة السكانية صفات أو خصائص حيوية تشارك فيها الأفراد المكونة لهذه المجموعة ومن هذه الصفات المشتركة هي :  
1. إن المجموعة السكانية تملك تاريخ حياة من حيث أنها تنمو وتحفظ نفسها كما يفعل الكائن الحي المفرد كما إنها تمتلك تركيب وتنظيم ثابت يمكن أن يوصف ويدرس .  
2. إن بعض هذه الصفات تنطبق على المجموعة فقط ولا يشترك فيها الأفراد وهي معدل الولادات والإهلاك ، نسبة العمر وتوزيع الجنس والملائمة الوراثية والتكيف وغيرها ، وهذه الصفات لا تنطبق على الفرد .  
وعموماً فإن خصائص الجماعة من وجهة نظر Thomas Park تكون في قرينتين هما :

- الصفات التي تتعامل مع العلاقات العددية والتركيبي .
- الصفات التي تتعامل مع العلاقات الوراثية .

ويرى الباحثان Coulson and Witter أن الفرد Individual أو الكائن الحي هو المكون الأساسي للجماعة السكانية ، بحيث تكون هذه الأفراد قادرة على التزاوج فيما بينها . وهي التي تشكل حدود وشكل الجماعة مكانياً وزمنياً رغم إن ذلك من الأمور الصعبة في البيئة ، لأن حدود الجماعة تتغير بسبب التغير المستمر لهذه الكائنات، لذلك يجب معرفة التغيرات في التوزيع المكاني والزمني ووفرة الغذاء لتلك الجماعات السكانية أو ما يعرف بديناميكية السكان **population dynamics** ، حيث وضع هذان الباحثان عنصرين أساسيين هم المتغيرات **variables** والفعاليات **processes** باعتبارهما عوامل أساسية تحدد توزيع الجماعة وغذائها حتى فيما يسمى بمفهوم نظام الجماعة **population system** كما يمكن ملاحظته من الشكل (1) .



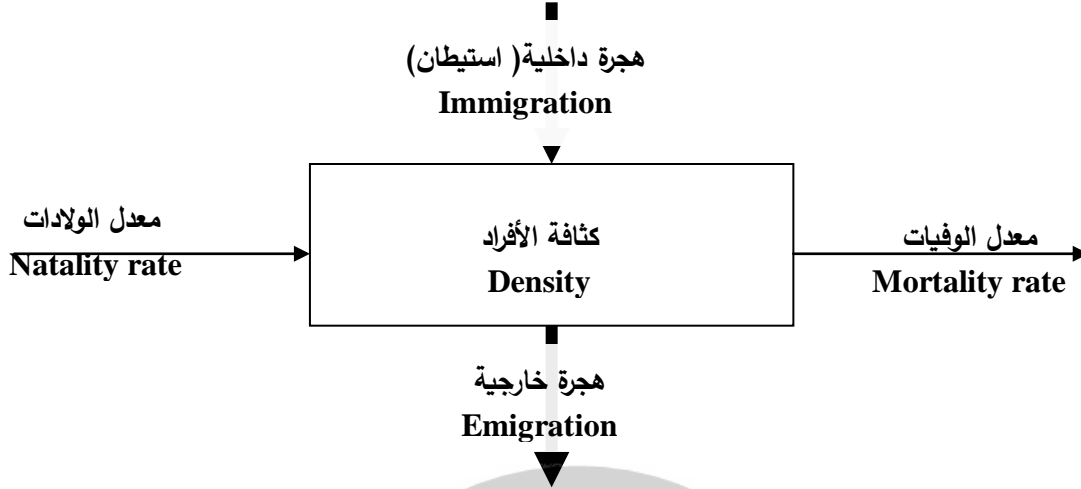
شكل (1) مكونات النظام السكاني **population system** ودور المتغيرات والفعاليات في تركيبه وديناميكيته

ونلاحظ من الشكل السابق انه يمكن التعبير عن وضع أو حالة الجماعة السكانية من خلال دراسة صفات متغيرة فيها مثل الكثافة *Density* ، شكل أو نظام التوزيع *Pattern of distribution* والتركيب العمري *Age structure* وشكل النمو *Growth form* ، حيث أن هذه المتغيرات تختلف زمانيا ومكانيا . لذلك تسمى بمتغيرات الحالة *Population state variable* للجماعة السكانية وسبب هذا الاختلاف حسب وجهة نظر *Witter* و *coulson* يعود إلى تأثير هذه المتغيرات بفعاليات الجماعة السكانية المختلفة مثل معدل المواليد *Natality* والانتشار *Dispersal* والهجرة *Immigration* والهجرة المعاكسة *Emigration* . من هنا نجد ان فعاليات الجماعة تخضع لتأثير عوامل مختلفة منها ما هو مرتبط بخصائص الأفراد المكونة لها *Individual properties* ومنها ما هو مرتبط بعوامل الوسط الشكل الظاهري وخواص الوسط بعوامله الحياتية واللاحوية في تغير مستمر بسبب تغير عوامل المكان والزمان طبقا لتغير حالة وطبع الجماعة السكانية *Population state variable* من خلال ميكانيكية خاصة تعرف بالتغذية الرجعية (*Negative feed back*) وهذه العملية تسلك طريقين في تأثيرها على ديناميكية السكان هما :

1. التأثير على خواص الأفراد وهذا التأثير ينسحب على فعاليات الجماعة وهو بدوره يؤثر على حالة الجماعة السكانية والوسط المحيط *Environment* .
2. التأثير على خواص الوسط وهذا التأثير ينسحب على فعاليات الأفراد وبدوره يؤثر على حالة الجماعة.

على سبيل المثال زيادة عدد أفراد الجماعة يؤدي الى موت أفراد آخرين بسبب قلة الغذاء أو يضطر البعض الى الهجرة وبذلك ينخفض النشاط التكاثري أو أن ضغط البيئة يؤدي الى تغير مظهري للأفراد أو قد يؤدي الى حصول مجموعة انتخاب *Selection* ، أو طفرات *Mutations* وهذا بدوره يؤدي الى ما يسمى بالتأقلم التطوري *Adaptive evolution* للنوع نتيجة للتأثير على ميكانيكية الانسياب الجيني مما يؤدي الى ظهور صفات جديدة على الأفراد تنسحب على سلوك وديناميكية الجماعة بالكامل ، كذلك في حالة التغذية المرتدة (الراجعة) المؤثرة على الوسط كتنقص الغذاء أو عدم توفره أو زيادة الأعداء الطبيعيين سوف تتأثر بذلك فعاليات الجماعة وبدورها ستؤثر على وضع الجماعة ككل ، وأحيانا تنسحب التأثيرات على الجماعات المرافقة للجماعة السكانية الخاضعة لهذه التغييرات بحيث ينسحب عليها التأثير على الصفات الوراثية فيحصل ما يسمى بالتطور المرافق *Coevolution* كما في حالات الرعي الجائر على بعض المجاميع النباتية أو عندما تهاجم الآفات بعض المجاميع النباتية فان هذه النباتات تكون أشواك أو تفرز مواد غير طيبة المذاق ، كذلك تقوم بعض المجاميع الحيوانية بأساليب مختلفة لتقليل عمليات الافتراس كتكوين أشواك أو فرز مواد لاذعة على سطح الجسم أو القيام بتغيير اللون أو التكور وغيرها من الوسائل ، وهذا التغير فيما يرى الباحثون *Krebs* و *Odum* و *Southwick* يصلح بان يكون وحدة دراسية *Unit of biocommunities study* لخصائص الأنظمة البيئية والمجتمعات الحيوية المتكونة من جماعات متشابهة الموطن *Sympatric population* أو مختلفة الموطن *Allopatric population* ، حيث يؤكدون بأن الدراسة الأولية للجماعات السكانية تصبح أكثر فائدة عندما يتم التركيز على الصفات التي تميزها عن الأفراد فمن جهة تتشابه مع هذه الأفراد في خصائص التركيب ووحدة الوظيفة وطرز النمو والتطور ولكنها تمتلك خصائص جماعية وصفات إحصائية لا يمتلكها الأفراد كلاً على حدة ، ولذلك يؤكد هؤلاء الباحثون على إمكانية تحديد تركيب الجماعة السكانية من حيث الحجم ووفرة الأعداد ، الكثافة ، النمو ، حدود الانتشار المكاني ، الفئات العمرية ، نسبة الجنس بين أفرادها ، قياس تباين الأنواع ، تنظيم التوالد وغيرها من الصفات التي تخضع للقياس الإحصائي ولا يمكن تطبيقها على الأفراد.

كما يؤكد هؤلاء الباحثين على كون فسحة الجماعة السكانية تكون محددة بمعدل الولادات Natality rate ومعدل الوفيات Mortality rate ومقدار الهجرة الداخلية الاستيطان Immigration والهجرة الخارجية من الوسط Emigration ويمكن وصف هذه العلاقة كما يلي :



لذلك يرى هؤلاء العلماء بان الجماعات السكانية تمثل مستوى تنظيمي أرقى وأكثر تطوراً من مجموع أجزائها لأنها تمثل الخصائص المتوقعة لهذه الأجزاء (المتتملة بالأفراد الجيدة بيئياً) ومن هنا فان فهم هذه الخصائص والصفات تمثل نموذجاً أكثر سعة وشمولية في تفهم المتغيرات الحاصلة في البيئة المحيطة بالأحياء وما يحصل لأفراد الجماعات نفسها .

### نشوء الجماعة السكانية (العشيرة البيئية) :

من خلال دراستنا لمفهوم التعاقب البيئي في الفصل العاشر تبين لنا كيفية دخول الكائنات الرائدة إلى البيئات والمناطق الجديدة وعمل هذه الأحياء سواء كانت نباتات سابقة Pioneer organisms بتواجدها أو حيوانات ظهرت فيما بعد كما تم توضيح ذلك في عملية تكوين تجمعات صغيرة أو كبيرة من الأنواع المتشابهة أو الأنواع المتوافقة بيئياً والتي هي في حقيقتها عبارة عن جماعات سكانية أو عشائر بيئية وعملية التشكل هذه يرى علماء البيئة والتطور بأنها حصلت بأحد الطرق التالية :

1. من جراء عملية التكاثر المباشر للأنواع الرائدة .
2. بواسطة الانتقال والتغير بعوامل الوسط البيئي المختلفة .
3. عن طريق انتقال الأنواع وحركتها في البيئات الجديدة .

تختلف الكائنات الحية في قدرتها على التكاثر وكذلك بأسلوب هذا التكاثر في الأنواع الرائدة التي غزت البيئات الجديدة فمثلاً تتكاثر بتكوين البذور أو الابواغ كما في العديد من النباتات والفطريات حيث يستطيع نبات عشبي مثل *Epilobium angustifolium* إعطاء ما مقداره ( 30 ألف بذرة في الزهرة الواحدة ) أما بعض الفطريات البازيدية أو العرايين فإنها تعطى ملايين من الابواغ لكل فطر .

وبنفس الأسلوب يستطيع البرامسيوم الواحد وهو (حيوان هديبي من الاوالي) الانشطار كل ستة ساعات ويضاعف المقدار ليصل إلى حوالي 4096 فرد في ثلاثة أيام . كذلك يمكن ملاحظة هذه القابلية الكبيرة للتكاثر في العديد من أنواع الحشرات فان الجراد يعطى حوالي 500 فرد في الكيس الواحد من البيض وكذلك الأسماك تستطيع أن تعطى مئات الآلاف من البيوض في مواسم التكاثر بينما لا تستطيع اللبائن العليا كالأغنام و الأبقار و الخيول والإنسان إعطاء أكثر من فردين خلال سنة واحدة إلا في بعض الحالات الخاصة

(التوائم المتكررة) بينما تستطيع أنواع أخرى من الثدييات أنواع من القوارض كالفأر المنزلي وأنواع من الجرذان من التكاثر السريع وتكوين جماعات كبيرة خلال فترات بسيطة قياساً باللبائن العليا .

كذلك قد تنشأ الجماعة بواسطة العوامل المحيطة فكثير من الأحياء الموجودة في البحار تقوم التيارات المائية بنقلها لأماكن مختلفة كذلك تقوم الرياح بنقل الكثير من الأحياء كالتحالب والحشرات أو بذور وأبواغ النباتات المختلفة من منطقة إلى منطقة أخرى ، كما يمكن مشاهدة هذه الحالة في أحواض الأنهار حيث يقوم النهر بنقل الأحياء نتيجة لتيار الماء من المنبع إلى المصب لذلك يمكن أن نشاهد مجاميع مختلفة في منطقة المصب تعود لأنواع مختلفة كما يمكن أن تتكون الجماعة نتيجة الى حركة الكائن الحي نفسه ، وهذه الحركة تكون باتجاهين هما :

1. توجه الأفراد نحو منطقة معينة من البيئة عن طريق الاستجابة للعناصر المحيطة غير الحية كالضوء والحرارة والرطوبة وغيرها كما يشاهد ذلك في عالم الطيور والحشرات والكثير من الأحياء المائية كالحركة اليومية لأنواع عديدة من القشريات نتيجة لتغير الحرارة وشدة الضوء .

2. جذب الأفراد لبعضها حيث أن اغلب الكائنات الحية تميل الى تكوين جماعات أو أسراب وكائنات النوع الواحد تستجيب بنفس الطريقة الى المحفزات الطبيعية في المحيط وتأتي الى نفس المكان مما ينجم عن ذلك تكون الجماعة المؤقتة كما يحصل في أوقات التكاثر أو تزهر النباتات أو تكوين الثمار التي تجلب العديد من الكائنات عن طريق ما يسمى بالفرمونات (pheromones) والتي هي عبارة عن مواد كيميائية تفرز من الجسم تعطى رائحة خاصة تحسها الأنواع المتقاربة بيئياً أو من أفراد النوع الواحد . وتنجذب الى المكان مما يزيد من حجم الجماعة السكانية عن طريق حركة هذه الأفراد إلى أماكن تجمع الإناث أو تفتح الأزهار النباتية وغيرها من عوامل الجذب .

### خصائص الجماعة السكانية Population characteristics :

تمتلك الجماعات السكانية أو العشائر البيئية خصائص متعددة تمثل المجموع العام لخصائص ومميزات أفرادها ولذلك فهي ممكنة القياس الإحصائي لتوفر عوامل التكرار ونشوء علاقات الارتباط والتغاير بين هذه الخصائص مما يجعل دراسة التجمعات الحيوية والأنظمة البيئية أكثر وضوحاً من خلال دراسة خصائص الجماعة السكانية ومن أهم هذه الخصائص :

1. حجم الجماعة السكانية	Population size
2. معدل الولادات	Natality rate
3. معدل الوفيات	Mortality rate
4. القدرة الحيوية الكامنة للتكاثر	Potential reproduction
5. أشكال النمو	Growth shape
6. نسبة الجنس وتوزيع العمر	Sex ratio and age distribution
7. المقاومة والتكيف البيئي	Environmental adaptation
8. الكثافة	Density
9. الانتشار	Dispersal

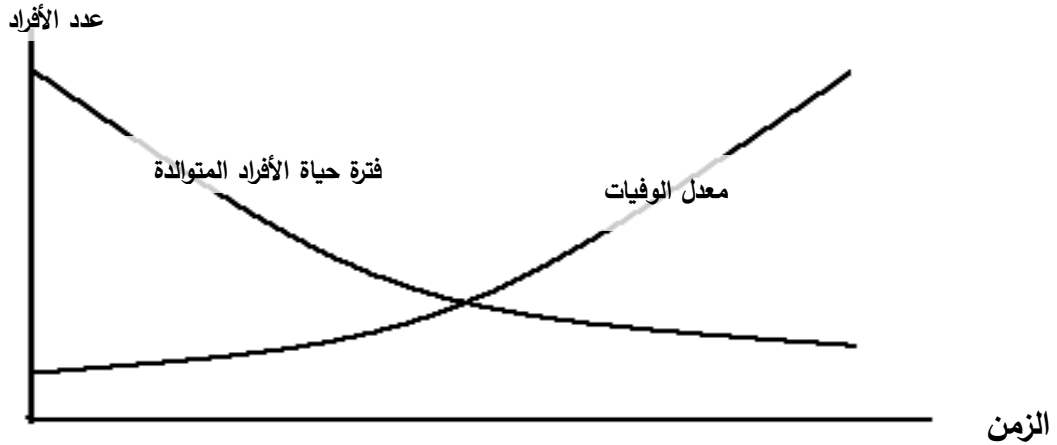
وغيرها من الصفات الأساسية في دراسة مفهوم تركيب وديناميكية الجماعات السكانية في البيئة وسنتعرض لأهم هذه الخصائص :

## 1- حجم الجماعات السكانية : Size of Population :

تختلف الجماعات البيئية في أحجامها وهذا من وجهة نظر علماء البيئة مثل Fischer و Sakalov و Cuggisberg بناءً على صيغة السلوك الاجتماعي من جهة ودرجة تطور أفراد هذه المجموعة من جهة أخرى فقد وجد من خلال الأبحاث الميدانية المختلفة بأن أغلب الكائنات الصعبة التكيف البيئي وذات المصدر الغذائي المحدود عادة ما تتمثل بمجموعات صغيرة الحجم محدودة الأعداد ومن الأمثلة على ذلك طيور (الكركي الناعق *Gurus americana*) حيث يشكل مجاميع بحوالي 70 فرداً ، وعادة ما تكون هذه المجاميع الصغيرة من الأحياء المهددة بالانقراض أو الانحصر البيئي في مواقع محددة من العالم فمثلاً الأسد الهندي *Pont her* لا يتجاوز حوالي 200 فرد تعيش في غابة (جيد) غرب الهند ، كذلك نجد نفس الشيء في مجموعة نسر كاليفورنيا *Gymmogyps californica* وحيوان القرد الذهبي الصغير *Leotidewrosola* وبقر الوحش العربي *Oryx leocary* كذلك يمكن اعتبار خروف الودان (الأروي) من ضمن هذه المجاميع البيئية المحدودة الحجم وغير ذلك من المجاميع الحيوانية التي تعتبر أثرية في البيئة وهي تقع على حافة الاندثار والانقراض التدريجي إذا لم تحصل على حماية بيئية جديه .

لكن نجد من جهة أخرى إن البيئة تنظم مجاميع أخرى رئيسية كبيرة الحجم تضم أنواع عديدة وذات وفرة هائلة وتتميز بنجاح بيئي كبير سواء في غزوها للبيئات المختلفة أو تنوع مصادر غذائها أو في سلوكها الاجتماعي المنتظم وكمثال على ذلك طائر الزرزور حيث نجده في بيئات مختلفة في الشتاء شرق أمريكا بشكل أسراب وجماعات تصل تعدادها إلى خمسة ملايين طائر كما سجلت البحوث بأن الغزلان بيضاء الذيل تشكل جماعات بحجم مليون فرد ، وفي الهند تشكل القروود مجاميع بيئية قدرها 800000 فرد كذلك تعتبر مجاميع الجرذ النرويجي والفار المنزلي وحيوانات النيرون في السهول الكبرى وغيرها من الأماكن من الجماعات ذات الحجم الكبير في البيئة .

أما الباحث **Dowdeswell** فإنه يرى أن حجم الجماعة السكانية ومدى احتلالها لأي موقع بيئي أو مقدار ما تكونه من أفراد بحيث تحتل موقع معين أو تشكل كتل ذات حجم كبير أو صغير فإنه يخضع إلى طبيعة الموازنة بين معدلات قدرة معيشة الأفراد المتوالدة الجديدة *Reproductive survival* ومقدار الوفيات (الهالكات) التي تحصل لهذه الأفراد بالدرجة الأساس وخاصة في حالة الجماعات المستقرة أو الثابتة نسبياً في البيئة ولكن الحاصل في البيئية أن حوالي 1% من مجموع الأفراد هو الذي يصل إلى سن النضج كما يشير هذا الباحث ، أما الأفراد الباقية فتتعرض إلى الموت بأعمار مختلفة أو الأمراض أو تستخدم كغذاء من قبل المفترسات المختلفة حسب موقع هذه الأحياء من السلاسل الغذائية وشبكات الغذاء التي تم توضيحها سابقاً . ويمكن توضيح أفكار **Dowdeswell** كما في الشكل (3) .



شكل (3) العلاقة بين حجم الجماعة السكانية وفترة بقاء الأفراد ومعدل الوفيات .

## 2- معدل الولادات : Natality Rate

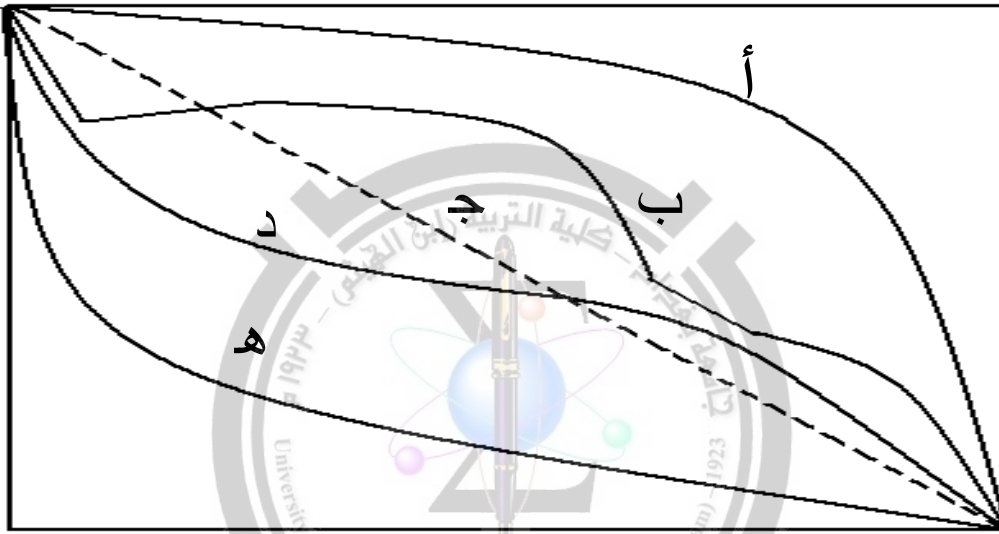
يتحدد شكل الجماعة السكانية بكونها تميل إلى الزيادة بسبب التكاثر في الأعداد ( معدل الولادات) والانخفاض والتقلص بسبب معدلات الموت ، ويعرف الفرق بين الحالتين بمعدل النمو الطبيعي وهو يعنى من وجهة النظر البيئية (مقياس الجماعة البيئية الذي يوضح او يصف المعدل الذي تنتج به أفراد جديدة) . ويعتمد معدل التكاثر والتناسل في الجماعة البيئية المعنية على هذا المعدل وعلى معدل الهلاكات المعاكس له على افتراض عدم وجود هجرة داخلية أو هجرة خارجية فان أعلى حد لمعدل التكاثر في جماعة معينة تحت أحسن الظروف الملائمة يدعى بمعدل الولادات الكامن Potential natality rate ولكن هذا المعدل من النادر ان يحصل في الظروف الاعتيادية لأنه لا بد وأن يتأثر بعامل أو بأخر من العوامل الحيوية أو اللاحيوية ، ومن عوامل البيئة المحيطة ولهذا فإن المعدل الذي يتحقق تحت الظروف الطبيعية يدعى بمعدل الولادات المتحقق فعلاً Realized natality .

وفي حقيقة الأمر فان القدرة على التكاثر دائماً ما تكون تقريبا اكبر بكثير مما هو منجز في حقيقة التكاثر وهذا الموضوع يعتمد على القدرة التناسلية وظروف التكاثر وأساليب الرعاية والسلوك الجماعي للكائن الحي ، وكذلك الخواص الوظيفية والقدرة على معاودة النشاط طوال فترة الحياة وكذلك القدرة التناسلية الكبيرة في الطبيعة أو القدرة التناسلية الصغيرة في البيئة وأن الكائنات العالية القدرة هي الكائنات العالية التوالد وفيها معدل الولادات مرتفع وتكون مجاميع سكانية كبيرة الحجم وكثيرة الأعداد وفي الغالب تكون أشكال النمو فيها أسية أو متذبذبة كما ثبت ذلك من خلال العديد من التجارب والدراسات الميدانية التي أجريت حقلياً ومختبرياً لمتابعة هذه الخواص في مختلف المجاميع السكانية . فمثلاً وجد بأن هنالك العديد من الأنواع التي تستطيع الأنثى فيها من إنتاج ملايين البيوض إلا أن معدل الولادات المتحقق ما هو إلا جزء صغير من معدل الولادات الكامن وعلى العكس من ذلك هناك أنواع أخرى لا تنتج إلا القليل من البيوض إلا أن نسبة معدل الولادات المتحقق تكون عالية جدا . فاسماك البلطي الموجودة بكثرة في أفريقيا وفلسطين وسوريا والتي ادخلت إلى مناطق مختلفة من العالم لا تنتج إلا عددا قليلا من البيض في كل مرة إلا أن العناية الأبوية بالبيض تجعل معدل الولادات المتحقق مرتفع جدا على العكس من ذلك ما نجده في العديد من الأسماك المعروفة في المياه الداخلية العربية والمناطق المجاورة لها .

## 3 - معدل الوفيات : Mortality Rate

يمثل معدل الوفيات عدد الأفراد الذين يموتون في جماعة سكانية في زمن معين وهو يعتمد على درجة تعمير أو طول حياة الكائنات نظريا تحت الظروف المناخية السائدة في المنطقة ، وعليه فإن درجة التعمير الحقيقية هي الفترة التي يعيشها الكائن الحي تحت التأثير الفعلي لظروف البيئة . لذلك فان معدل الهلاكات يستخدم في الدراسات البيئية لمعرفة عدد الأفراد الباقية من مجموع الجماعة السكانية خلال فترة معينة وعلى نفس المنوال الذي اتبع في احتساب معدل الولادات فإن أوطأ معدل الوفيات ممكن لنوع معين في أحسن الأحوال يدعى معدل الهالكات الكامن Potential mortality rate بينما يدعى معدل الهلاكات الحقيقي بمعدل الوفيات المتحقق Realized natality rate ويكون تأثير معدل الوفيات سلبيا على تطور الجماعة لأنه يؤدي إلى نقصانها ، ويختلف معدل الولادات والهالكات ليس من نوع لآخر ولكن يختلف أيضا طبقا للعمر بالنسبة للأفراد ، فمعدل الولادات يكون عادة مرتفعاً عند منتصف الحياة بعد أن يصبح الفرد بالغاً جنسيا (أي له

القدرة على إنتاج أفراد جديدة) وتستمر هذه الزيادة الى فترة ما قبل أن يصبح هرما وتنخفض أو تتوقف خصوبته حسب نوع الكائن الحي واختلاف معدل الهلاكات مع العمر أو دورة الحياة حيث يختلف ذلك اختلافا كبيرا بين أنواع النباتات والحيوانات المختلفة ففي البعض منها يحدث معدل الوفيات المرتفع جدا في أطوار البيضة أو اليرقة أو البذرة ، بينما في أنواع أخرى يلاحظ معدل الوفيات المرتفع في أواخر الحياة ، ويكون معدل الولادات الكامن لكل نوع من النباتات أو الحيوانات اكبر من معدل الوفيات الكامن ، ولذلك يملك كل نوع منها في الظروف البيئية الملائمة القدرة على الزيادة وإذا كان معدل الولادات المتحقق تحت الظروف السائدة كذلك أعظم من معدل الوفيات المتحقق فإن حجم الجماعة السكانية في الموقع يزداد ، أما إذا كان المعدلان متساويان فإن الجماعة تكون ثابتة ولكن إذا كان معدل الهلاكات المتحقق أكبر فإن أعداد الأفراد سوف تنقص ويتقلص معها حجم هذه الجماعة السكانية ، ويعبر عن هذه العلاقات بمنحنيات خاصة تسمى منحنيات البقاء كما يستوضح في الشكل (4) .



شكل (4): شكل يبين خمسة طرز من منحنيات البقاء . (عن اويدم 1990) أ- نمط محدب تكون الولادات هي الأعلى ب- حالة تحول من مرحلة نمو لأخرى- ج- منحنى افتراضي لحالة عمر نوعي ثابت ، د- نمط النمو السيني ه- نمو مقرر تكون الهلاكات هي الأعلى .

ونجد من الشكل أن البيئة تحاول باستمرار السيطرة على نمو الجماعة ضمن الطاقة الاستيعابية لها ولكن استمرار حالة تفوق معدل الولادات على معدل الوفيات ضمن السياقات الطبيعية يؤدي غالبا الى زيادة النمو . وقد وجد الباحثون من خلال الدراسات التطبيقية أن القدرة الحيوية الكامنة لا يمكن تحقيقها في معظم الظروف الطبيعية نتيجة للتغير المستمر في ظروف البيئة وتأثير عوامل الوفيات لذلك فإن معدل النمو السكاني في بداياته سيكون سريع إلى الحد الذي تؤدي هذه الزيادة إلى إحداث أضرارا على نفس الجماعة السكانية نتيجة للعوامل المعتمدة على الكثافة وخاصة في الكائنات ذات دورات الحياة القصيرة أو التي ترتبط بمواسم محددة للتكاثر كما سيتم توضيحه لاحقا عند شرح أشكال النمو ، ولهذا فإن نموها يبدأ بالتناقص حتى يصل إلى الصفر عندما يصل حجم الجماعة إلى أعلى حد ممكن متجاوزاً الطاقة الاستيعابية للبيئة ضمن الظروف السائدة في المنطقة ويمكن ملاحظة هذه الحالة في الأدوار الأولى من تواجد أفراد جماعة ما في موطن بيئي جديد ، وعموما فإن الجماعة السكانية التي يصل نموها إلى الحد الأقصى للنمو يمكن أن تتعرض إلى ما يلي :

1. إما أن تحافظ على نفسها بنفس المستوى لفترة طويلة .
2. أو تأخذ بالاضمحلال وتختفي نهائيا .
3. أو تتذبذب بانتظام أو بدون انتظام ولكن بحدود معتدلة .

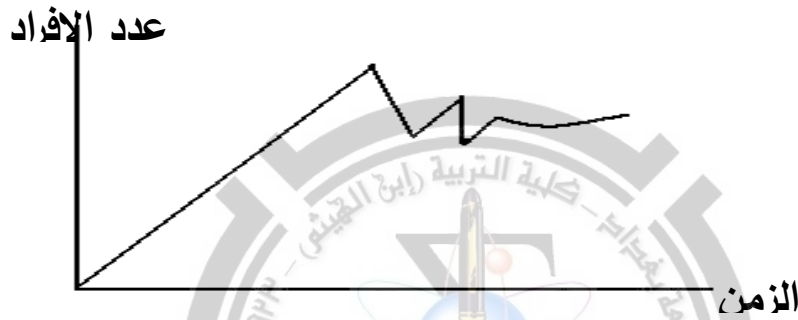


## 5. أشكال نمو الجماعة : Growth types of population

هنالك نموذجان شائعان للزيادة والنمو في الجماعة يمكن تتبعهما في الكائنات الحية المختلفة من خلال حساب الزيادات الحاصلة في عدد الأفراد الجديدة ونمو حجم هذه المجموع وهما :

### أ. منحنيات النمو الأسي Exponential growth curves :

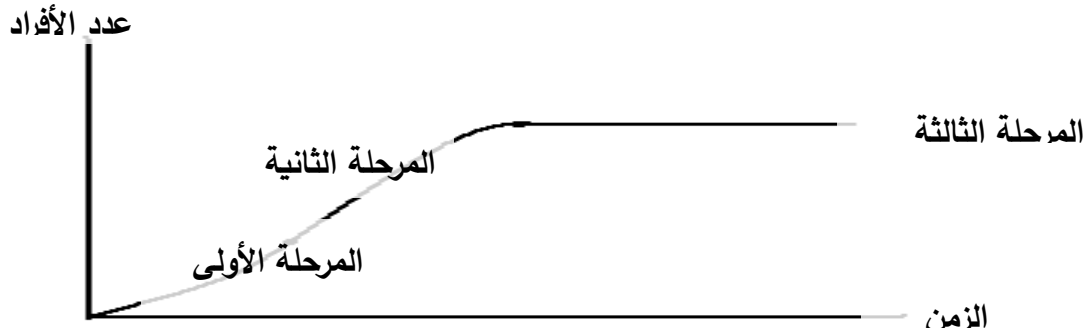
يحصل هذا النوع من النمو في أجزاء من البيئة الطبيعية وفي ظروف معينة ويستمر لزمن محدد كما في فترات ودورات التكاثر ، أو الاستيطان أو الهجرة الداخلية التي تقوم بها هذه الأحياء للموقع البيئي لأول مرة حيث يكون إنتاج أفراد جديدة عملية مستمرة ، يضافون إلى أفراد الجماعة ويكون التكاثر سريع ومستمر وبذلك يزداد حجم الجماعة إلى أن يتجاوز السعة الحملية للبيئة **Environmental capacity** ولذلك غالباً ما يصاب هذا النمو بالتغير المفاجيء وتتعرض الجماعة للدمار ويحصل مثل هذا النوع من النمو مع النباتات الحولية ، معظم الحشرات والقشريات ، وفي فترات التكاثر في العديد من الحيوانات الصغيرة الحجم ويأخذ الشكل (5) .



شكل (5) منحنى النمو الأسي لبعض الجماعات السكانية.

### ب. منحنيات النمو النسبي (اللوجيستكي) Logistic growth curves :

يحصل هذا النوع من النمو في الجماعات المستقرة حيث تعمل العوامل البيئية المؤثرة على القدرة البيولوجية على تحديد مقدار التكاثر والولادات وبذلك تحاول أفراد هذه المجموع بمرور الزمن بتحديد معدل زيادتها بحيث يكون اقرب إلى الاستقرار أو الصفر أي إنتاج عدد ثابت من الأفراد يتناسب مع قدرات الوسط البيئي التحملية ومصادر الغذاء لذلك نلاحظ أن منحنى النمو يأخذ بالتقلص التدريجي حتى تصل الجماعة بمستوى نمو أشبه بالمستقيم **Asymptotic** والذي يمثل السعة الحملية للوسط البيئي **Environmental capacity** . ويمكن تعريفها بأنها المقدار الذي يمثل أكبر عدد من الأفراد التي تستطيع العيش في موطن معين دون حدوث خلل في عملية التوازن والعلاقات البيئية ، ويمر هذا النوع من النمو بمراحل متعددة لبلوغ مرحلة الاستقرار وهي نمو بطيء ثم نمو سريع ثم نمو منخفض تدريجياً على شكل حرف (S) كما في الشكل (6) .



شكل (6) منحنى النمو نوع اللوغاريتمي Logistic growth في بعض المجموع السكانية .

## نظريات نمو الجماعات السكانية :

ظهرت عدة نظريات حاولت تفسير عملية النمو في الجماعات السكانية المختلفة اعتمدت كل منها على وجهة نظر تختلف عن الأخرى ، وسبب هذا الاختلاف هو وجود أنماط وطرز نمو مختلفة تحصل عليها كل باحث أثناء قيامه بالتجارب أو إن الكائنات الحية هي الأخرى أعطت طرز متباينة تحت تأثير الظروف البيئية التي أجريت فيها هذه التجارب أو المشاهدات الحقلية . ومن أهم هذه النظريات مايلي :

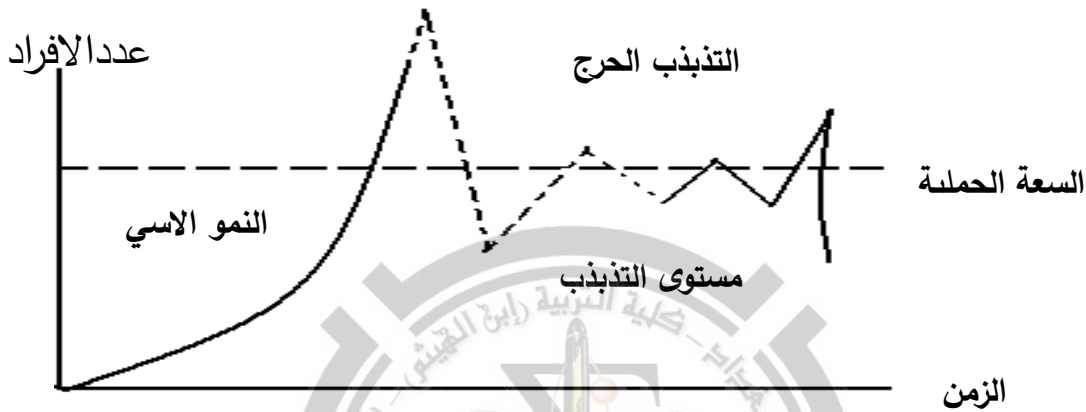
### 1. نظرية النمو المalthوسي :

طرحت هذه النظرية من قبل عالم الاقتصاد الإنجليزي توماس مالثوس في نهاية القرن الثامن عشر حيث لاحظ هذا الباحث بأن الجماعات السكانية في البيئة تميل نحو الازدياد بصورة سريعة ونشر أفكاره عام 1798 في مقال أو بحث اسماه : **Essay on the Principle of Population** وفيه أشار الى فكرة جديدة مفادها (بأن الجماعات الحيوية تميل الى الازدياد بصورة أسرع من وسطها البيئي أو أماكن معيشتها) أو أن هذه الجماعات تميل الى الازدياد هندسيا أو آسيا بينما مواردها الغذائية ووسائط عيشها تميل للازدياد حسابيا فقط . وحيث ان المتوالية الهندسية هي سلسلة من الأعداد ذات نسبة مشتركة مثل 2 ، 4 ، 8 ، 16، و32 و64 يكون فيها العدد التالي ضعف العدد الذي يسبقه . أما المتوالية الحسابية فهي عبارة عن سلسلة من الأعداد ذات فرق مشترك مثل تلك التي يختلف فيها كل العدد عن غيره بنفس القدر (Southwick 1984) .

ولذلك أعتقد الباحث مالثوس بأن الجماعات تعمل بصفة مستمرة الى ان تتعدى مواردها الغذائية في البيئة ثم بعد ذلك تتناقص بالفقر والمرض والحروب وغيرها من الظروف البيئية وبما انه متخصص في مجال الاقتصاد فإنه كان معنيا بالجماعات البشرية بالدرجة الأولى ولذلك فهو يدعو الى تقليص الأعداد البشرية . من هنا لاقت اطروحاته اعتراض المؤسسات الدينية باعتبار ان أفكاره تهدد لعملية التناسل الطبيعي للإنسان ، وكذلك لقي اعتراضا من قبل المجتمع العلمي الذي يرى في ذلك إغفالا لدور العلم والتكنولوجيا وقدرتهما على البحث في السبل الممكنة لزيادة الموارد الطبيعية وتطوير مصادر الغذاء والقدرة على مجابهة الأحداث ، لذلك لاقت هذه النظرية رفض كامل طيلة القرن التاسع عشر وعزز هذا الرفض بظهور العديد من المقالات مثل (العلم سوف يحل كل المشكلات واذهب وأخضع الطبيعية) وغير ذلك من الدعوات العلمية والدينية لمحاربة آراء مالثوس . إلا انه في السنوات الأخيرة وجد العديد من الباحثين وخاصة البيئيون منهم الكثير من الجدية في آراء وتعبيرات مالثوس لان اغلب الشعوب عانت من المرض والفقر والمجاعات رغم التقدم العلمي والتكنولوجي والطب كما حدث في العديد من دول آسيا وأفريقيا من عوامل الفقر والجفاف والأمراض الفتاكة التي أدت الى هجرة أعداد كبيرة أو الوفيات المتكررة ما بين الناس والحيوانات الاقتصادية على مختلف مستوياتها جراء انتشار العديد من الأوبئة والأمراض الفيروسية والطفيلية خاصة وباء الملا ريا مثلا وادي استطاع من القضاء على ملايين البشر في العديد من دول العالم وخاصة في أفريقيا وشبه القارة الهندية ، وكذلك الحال بالنسبة " لمرض النوم" في العديد من مناطق أفريقيا الذي تفاقم بسبب التخلي عن برامج المكافحة من قبل العديد من الحكومات وكذلك انتشار مرض الكوليرا بنسب كبيرة في عام 1971 و وفاة عدة آلاف في الهند وباكستان وتشاد وأوغندا وغيرها من الدول ، أما مرض البلهارسيا فهو مرض عالي الانتشار واثر على حياة أكثر من 200 مليون شخص في جميع أنحاء العالم وغير ذلك من الأوبئة التي تحدثت عدم استقرار في نمو الجماعات السكانية وتغير من تركيبة المجتمع .

ويؤكد الباحث Lederberg بأن فيروس الأنفلونزا (هونج كونج) قد أصاب من 20 الى 30% من سكان العالم ولو كان هذا المرض مميتا فلنا أن نتصور ماذا يحصل لسكان العالم ، وهكذا فان احتمال أن تؤثر الأمراض المعدية كعامل مسيطر كبير على الجماعات البشرية مازال

موجودا ويجب أن يأخذ بعين الاعتبار ، لذلك فإن هذه الأمور دفعت بالباحث (سبلكر 1969) ان يستنتج ان مخاوف مالثوس قد تتأكد أخيرا بصورة قابلة للعلاج .  
 وإذا أردنا أن نصور أفكار مالثوس كما أكد ذلك الباحث سبلكر (1969) على شكل منحنى بياني للنمو فإن هذا المنحنى يسير في بدايته بشكل زيادة اسية أو هندسية ، وخاصة في المراحل المبكرة في النمو السكاني للجماعة مع سيطرة سكانية تحققها سلسلة من الأحداث وبعد ذلك تحصل انخفاضات فجائية صعودا ونزولا من خلال تأثير آليات المرض والقحط ( قلة الموارد الغذائية ) أو العنف البيئي أو البشرى والحروب وهكذا تكون الحدود العليا للنمو السكاني متميزة بالوفيات الفجائية والعنيفة بأغلب الأحيان كما في الشكل (7) .

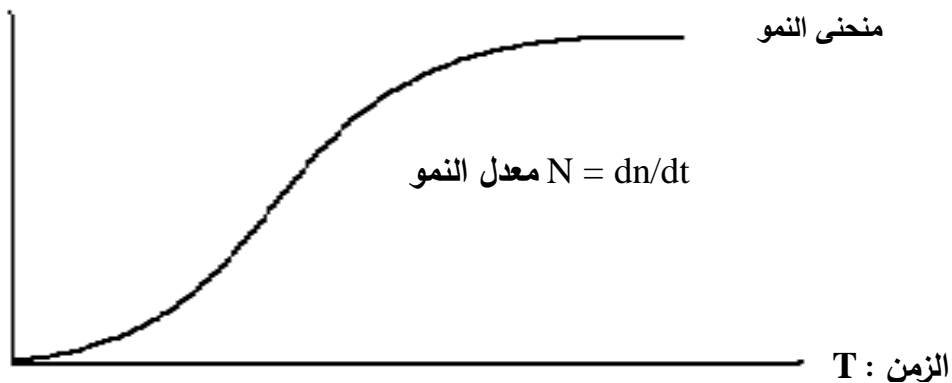


شكل (7) نموذجي لنمط النمو المalthوسي ( المتزايد فجائيا ) .

## 2. نظرية النمو النسبي Theory of logistic growth :

أصحاب هذه النظرية يعترضون على نظرية مالثوس باعتبارها لم تفسر علميا أو ما يحصل فعليا في واقع الأمر خلال دورة حياة السكان ، لذلك قاموا بالعديد من التجارب على العديد من الكائنات الحية ، وظهر أول تحد من قبل العالم Pierre Verhulsts 1938 حيث افترض أن الجماعات تنمو عادة بشكل منظم اكبر بكثير من ذلك النمو المفترض من قبل مالثوس حيث شبة هذا النمو على شكل منحنى يشبه حرف S كما في الشكل (8) .

عدد الافراد : N



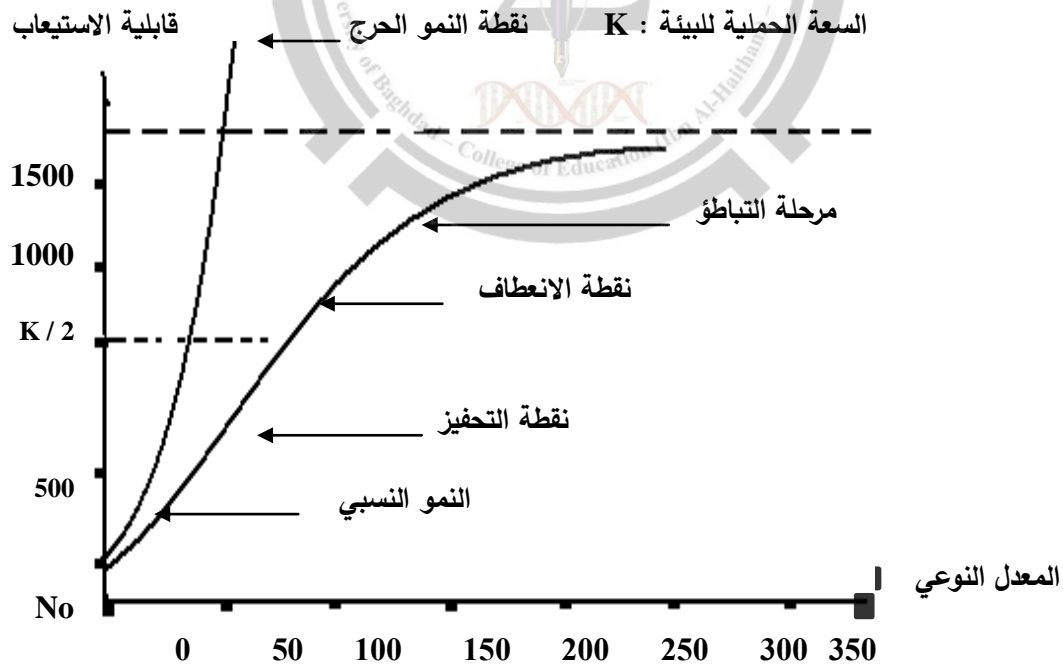
شكل (8) شكل نموذجي لنمط النمو النسبي او الشبيه بالحرف S .

حيث أن : حجم الجماعة السكانية : N و معدل الزيادة في الأفراد : dn وعامل الزمن : dt .

ومنذ ذلك الوقت عرفت هذه النظرية بالنظرية اللوجيستكية لنمو الجماعات السكانية ومفادها ان للجماعة السكانية في البيئة معدل نمو بدائي بطيء يزداد رأسيًا الى أن يصل حدا أقصى وبعد ذلك يقل تدريجيا عندما تقترب الجماعة من هذا الحد لنموها ، ويكون الوصول الى الحد الأقصى للنمو تدريجيا بأسلوب منظم يمكن التنبؤ به والمنحنى الناتج يعطى النموذج الشهير للنمو الشبيه بحرف S . ومن وجهة نظر مؤيدي هذه النظرية أن ما يحصل هنا هو عبارة عن محاكات بين الكائنات الحية وعوامل الوسط البيئي من حيث القدرة الاستيعابية وتوفير المواطن البيئية لأفراد الجماعات السكانية وكمية الغذاء المطلوب بالإضافة الى عوامل الحرارة والضوء والرطوبة وغيرها من العوامل البيئية المناسبة لحياة الفرد والمجموعة .

وعند تتبع منحنى النمو في كل من المنحنى النسبي أو المalthوسي (المتزايد فجائيا) نجد أن النظريتين أو الشكلين لا يختلفان في المراحل الابتدائية لنمو الجماعة السكانية فهما يظهران بداية بطيئة يعقبها نمواً أسياً أو هندسياً ولكن الاختلاف يبدو واضحاً في المراحل العليا لهذا النمو حيث تظهر الاختلافات التالية :

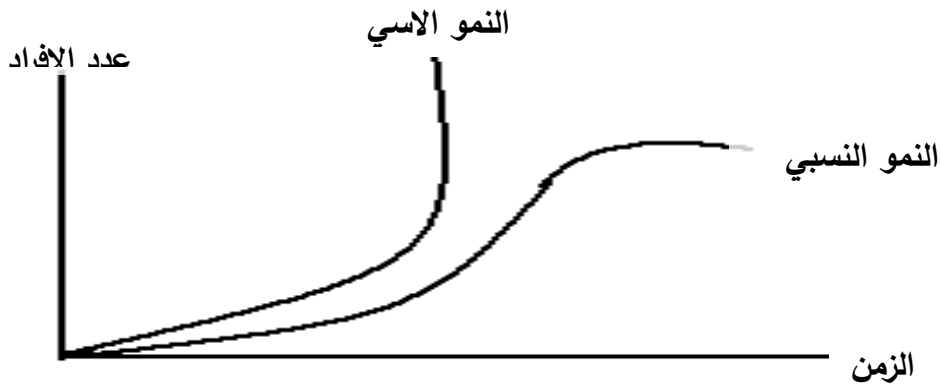
1. في المنحنى المalthوسي تتميز المرحلة العليا بنمو مفاجيء وجارف يحدد شكل الجماعة بشكل مأساوي لأنه يتجاوز السعة الحملية للبيئة بأعداد غير مسيطر عليها .
2. في المنحنى النسبي تتميز المرحلة العليا بنمو منظم وتدرجي لتحديد نمو الجماعة السكانية يتماشى مع السعة الحملية للبيئة والممثل بالعامل  $k$  . وعند التمثيل الرياضي لهذه العلاقة الجديدة يصبح مقدار  $N$   $\frac{dn}{dt} =$  مضروباً في  $\frac{(k-n)}{k}$  وكلما تقترب  $(N)$  حجم الجماعة من  $k$  فإن قيمة  $\frac{(k-n)}{k}$  تصبح اصغر باستمرار وتختزل النمو تدريجياً ويصل منحنى النمو الى الاستقرار . وتشير بعض المصادر الى العامل  $k$  الذي يمثل السعة الحملية للبيئة غالباً ما يدعى بالضغط المتزايد ضد نمو الجماعة كما في الشكل (9) .



شكل (9) مراحل التأثير والضغط الانتخابي المتزايد على منحنيات النمو . وقد عانت هذه النظرية الإهمال والنسيان حتى قام العالم بيرل (Pearl) في العشرينيات من القرن الماضي بدعم هذه النظرية وتبسيطها بصورة أكثر من خلال تطبيقه لمنحنيات

النمو النسبي على العديد من الجماعات السكانية كالخميرة (yeast) وذبابة الفاكهة *Drosophila* في عام 1925 . كذلك أدى هذا إلى تشجيع الباحثين الآخرين على تطبيق هذه النظرية على نمو جماعات من الأوليات Protozoa كالبرامسيوم وكذلك على القشريات والقواقع وحشرة التريس والنمل والنحل وغيرها من الأحياء . كما إن العديد من التجارب التي أجراها Alle وآخرون عام 1949 قد توصلت إلى حقائق علمية مشجعة ، وبذلك حظيت هذه النظرية بقبول كبير لدى الباحثين واعتبرت من قبل بعض علماء الأحياء بأنها قانون نمو الجماعة والتنبؤ بالمستويات المستقبلية الطبيعية والتجريبية وهذا ما ذكره كل من Yule , Pearl , Reed , Udny وغيرهم وقد لخص الباحث Pearl هذه الآراء بما يلي :

(إن جميع الكائنات الحية من أبسطها ممثلة في الخميرة إلى أرقاها ممثلة بالإنسان تنمو تبعا للمنحنى النسبي ، كما أشار إلى أنه يمكن بعد ذلك وعلى أساس علمي وليس تكهن ، التنبؤ بتعداد جماعات المستقبل أو تقدير جماعات الماضي خارج معدل الإحصائيات المعروفة) .  
وقد أكد الباحث كلارك عام 1954 بأن علماء الأحياء يتقبلون تفسيرات بيرل بصوره مطلقه ، وأشار إلى أن جماعات سكانية لكائنات مختلفة متباينة بدرجة كبيرة من البكتريا وحتى الحيتان تتبع المنحى النسبي في أشكال نموها وكذلك بالنسبة للجماعات البشرية في مناطق منفصلة أو على مستوى العالم وقد وضع هذا الباحث رسماً بيانياً لنمو السكان في أمريكا منطبقاً على منحنى لوجيستيكي وقد لاحظ بان هنالك سعة حمولة بينية بمقدار 184 مليون نسمة عام 2100 بعد الميلاد. إلا أن بعض الباحثين مثل كافانج ، ورتشاردس ، وكراي ويلسون سجلوا العديد من الاعتراضات والنقد لهذه النظرية من حيث أنها بشكلها العام يمكن ان تنطبق على منحنيات متباينة بدرجة كبيرة غالباً ما تكون ذات طابع مختلفة جداً وقد أكدت ذلك دراسات Sang عام 1954 على جماعات من حشرة ذبابة الفاكهة حيث وجد بان تطبيق النظرية اللوجيستيكية يحصل تحت ظروف استثنائية لدرجة كبيرة وفي كثير من الحالات يشذ النمو عن ذلك . وذلك لان الوضع البيئي يكون معقداً إلى حد كبير لا يمكن وصفه بقانون أو منحنى ينطبق على الجميع ، وقد وجدت الفروق بشكل واضح عند تطبيق هذه النظرية على الفقريات كما قام بذلك الباحث Davidson من خلال دراسات أجريت على مجاميع من الأغنام في جنوب استراليا في ظروف طبيعية أو في المحميات حيث لاحظ انحرافات كبيرة عن المنحنى النسبي . وكذلك الدراسات التي طبقت على حيوان (الأيل في منطقة كيباب) من قبل Rasmussen . وفي واقع الحال قد تحصل الحالتين من النمو في الجماعات السكانية نتيجة لتداخل الظروف البيئية من عوامل غير حية كالحرارة والرطوبة والجفاف والعوامل الكيميائية من ملوحة وأكسجين وعناصر مغذية أو ملوثات كيميائية وغيرها أو عوامل حيوية من تنافس وتطفل وافتراس أو تضاد حيوي كما اشرنا إلى ذلك سابقاً ، ويمكن تمثيل هذه الحالة كما في الشكل التالي الذي وضعه العالم Krebs شكل (10) .



شكل(10): الشكل النموذجي للنمو الأسي في الظروف البيئية المفتوحة النسبي في حالة الظروف المحدودة .

## أنماط انتخاب **r-selection & k-selection** وتأثيره على أشكال النمو :

يؤكد الباحث هيكرمان 1988 ومساعدوه بان دراسة بيولوجية وديناميكية ونمو الجماعة السكانية في البيئة يجب أن تتناول بشكل متمعن دراسة الجوانب الوراثية والتطورية والوظيفية والتغيرات الموسمية والسلوكية وغيرها من العوامل التي تؤثر على ديناميكية هذه الجماعات ، وهو بذلك يستند على ما جاء في دراسات الباحثين **1927 Elton, 1969 Krebs, 1972 Odum, 1963 Andrewartha** وغيرهم من علماء بيئة السكان الذين أكدوا بأن علم البيئة هو عبارة عن دراسة التاريخ التطوري للبيئة بحد ذاتها وللكانن الحي الموجود عليها سواء أكان فردا أو جماعة سكانية تشكل المستعمرات والمجتمعات الحيوية ، ولذلك فإن علم البيئة يدرس العلاقة المتبادلة بين انتشار ووفرة هذه الكائنات الحية وعلاقتها مع عوامل البيئة وان هذا العلم يرتبط ارتباطا وثيقا مع العديد من العلوم الحيوية الأساسية الأخرى وتقع نتائجه تحت تأثيرها وهي علم الوراثة وعلم وظائف الاعضاء والتطور وعلم السلوك ، كما يمكن توضيح ذلك بالشكل التالي شكل (11) .



شكل (11) العلاقة الحيوية بين علم البيئة وعلوم الفسلجة والوراثة والسلوك والتطور وتأثيرها على حيوية الجماعة السكانية . عن Krebs, 1972 .

وحيث أن الكائنات الحية كأفراد تختلف في خصائصها الوراثية التركيبية وفي قدرتها على التطور ، وخصائصها الوظيفية وسلوكها البيئي لذلك فإنها سوف تختلف في طريقة أو طراز النمو الذي سوف تسير عليها في دورات حياتها في الطبيعة بما يتماشى مع المتغيرات البيئية التي تحدث من حولها وبالتالي يتأثر طراز النمو في المجتمعات التي تشكلها هذه الأفراد ، ومن هنا نجد أن هنالك حقيقة الأمر أربع أنماط للنمو تعتمد على خصائص الكائنات الحية في كونها ذات دورات حياة قصيرة كما في العديد من الكائنات الحية الأولية **Protozoa** ، البكتريا والعديد من الطحالب واللافقاريات الدنيا والعديد من النباتات الدنيا كالأعشاب والأدغال والنباتات البوغية (الجرثومية) والفطريات **Fungi** وغيرها. أو أن هذه الأحياء ذات دورات حياة منتظمة وطويلة كما في اللبائن العليا وتخضع لعوامل النضج الجنسي وفترات حمل طويلة نسبيا ، كذلك تخضع هذه الاعتبارات إلى كون هذه الأحياء تستطيع استغلال الظروف البيئية الملائمة وتحكم في عمليات طرح البيوض أو زيادة عدد الأجنة والطرحات كما في الكائنات التي يطلق عليها صفة الكائنات لانتهازية بينياً كما في أنواع مختلفة من الفئران والجرذان وأنواع عديدة من الأسماك والطيور وخاصة المهاجرة منها بالإضافة إلى الآفات الحشرية الواسعة الانتشار ، كما أن بعض الأحياء لها القدرة غير المحدودة على استغلال موارد البيئة الغذائية كما في الجراد والعديد من النباتات الدنيا البرية والمائية وبذلك نجد أنواعا مختلفة من النمو وتشكل أنماط وأشكال مختلفة لمنحنياته تبعا لهذه الخصائص كما يظهر في الشكل (12) .

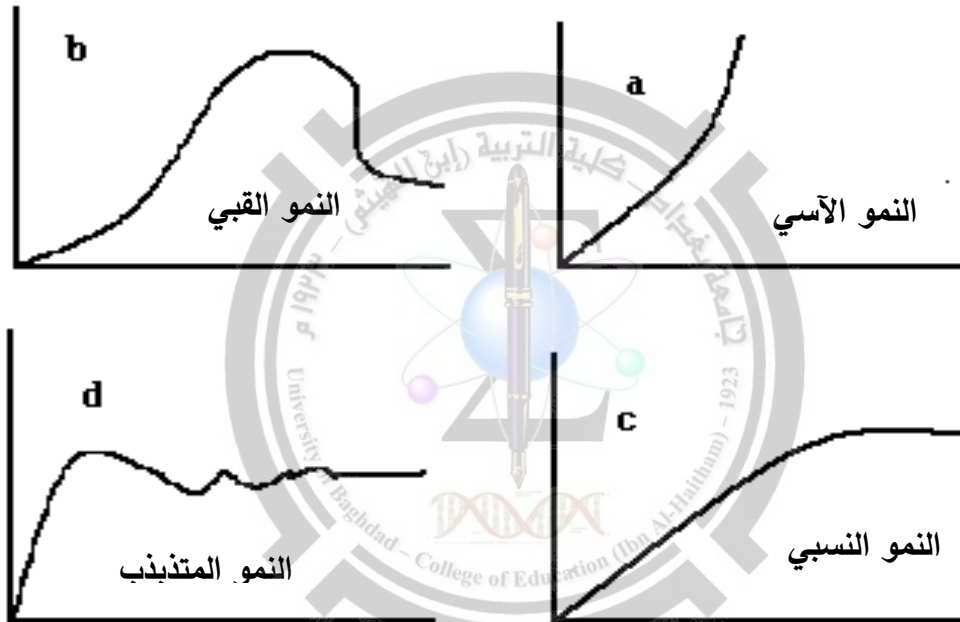
ومن خلال الدراسات المختلفة التي قام بها العديد من الباحثين أمثال Nicloson و Wilson حيث وجدوا أن أشكال النمو في الكائنات الحية تميل إلى اتخاذ نمط أو طراز كما في الشكل a ,b , يتمثل فيها معدل الانتخاب للعامل (r) وهذا العامل يعنى بيئيا بأنه مقدار امتلاك هذه الأحياء إلى معدل موروث للزيادة (قدرة كامنة كبيرة) وبذلك تصبح معادلة النمو العامة فيها :

$$dn/dt = N$$

$$dn/dt = rn$$

حيث :

dn : معدل الولادات ، dt : معدل الهلاكات ، N : حجم الجماعة السكانية  
r n : مقدار المعدل الوراثي للزيادة في عدد الأفراد الجديدة لكل عملية تكاثر .



شكل ( 12 ) أنماط النمو المختلفة في الجماعات السكانية في دورة حياتها ، وقدرتها الكامنة للتكاثر واستغلال الموارد الغذائية .

وهذه الحالة تظهر في الجماعات السكانية ذات دورات الحياة الصغيرة والكائنات صغيرة الحجم ، التي تمتلك صفة الانتهازية البيئية واستثمار الموارد البيئية بشكل غير محدود . كما في البكتريا والفطريات والأولى والقشريات وبعض الأسماك والعديد من أنواع الفئران المنزلية والعديد من أنواع الطيور والأرانب وغيرها من الأحياء . أما المجاميع ذات دورات الحياة الطويلة وفترة الحضانة المنتظمة والتي تحتاج إلى عمر وظيفي محدود وطويل نسبيا لغرض التناسل والتكاثر وأن الصغار فيها تتطلب فترة طويلة نسبيا للتعليم واكتساب المهارات الفردية فأنها تميل في الغالب إلى اتخاذ طراز النمو كما في الشكلين ( c , d ) . وتسمى هذه المجاميع بالمجاميع السكانية ذات معامل الانتخاب من النوع k-selection والعامل k هنا يمثل السعة الحملية للبيئة ، حيث أن النمو النسبي كما بينا في نظريات وأشكال النمو تخضع لقاعدة التحمل البيئي والسعة الحملية للبيئة Carrying capacity . ولهذا فإن هذه الكائنات تعتبر أكثر ثباتا ومقاومة للمتغيرات البيئية لأن النمو فيها يسير وفق استراتيجية منتظمة للنمو

تحاول المحافظة أو الموازنة بين معدل الوفيات ومعدل الولادات لأفرادها كما نجد ذلك في اللبان العليا كالخيول والجمال والأغنام والفيلة وغيرها ، كذلك أمكن ملاحظة هذه الأنماط في أنواع عديدة من الطيور كالدواجن وطيور الأخرى ، وكذلك في أنواع مختلفة من القوارض مثل فئران الخشب ، *Promycus* والفئران *Dnychomy* .

وعند دراسة أشكال نمو العشائر أو الجماعات السكانية النباتية *plant population* نجد بأنها تخضع إلى قياسات وحسابات يمكن تقديرها بالتتابع وهي تسير بشكل منتظم في البيئة في حالة عدم تدخل الإنسان أو حصول الظروف الحرجة كالحرائق والجفاف وانجراف التربة وغيرها من العوامل حيث لاحظ الباحثون أن الفئات العمرية التي تقع بين البادرات الجديدة والأشجار القديمة في غابة مستقرة بلغت مرحلة الذروة *Climax* ، وتستطيع أن تكون سلسلة حسابية في النمو ، إذا اعتبرنا أن الفترة اللازمة بين كل فئة عمرية وأخرى (50 سنة مثلاً) . حيث نجد أن كل فئة عمرية لكي تنتقل إلى فئة عمرية أعلى مثلاً من 51 - 100 تخسر ما مقداره 34% من أفرادها وهذه النسبة تمثل نسبة الوفيات *Mortality Rate* (بركوده) (1987) .

ومن هنا نلاحظ أن عدد الأفراد الجديدة المتولدة *Natality Rate* التي تضاف إلى أفراد الفئة الأولى كل خمسين سنة تساوى تقريباً عدد الأفراد التي تموت من جميع الفئات الأخرى لنفس الفترة الزمنية وأن عدد الأفراد المضافة للفئة الثانية مساويا لخسارة الأفراد في جميع الزمر النباتية والنتابن من الزمرة الثانية حتى الأخيرة وهكذا . ومعنى ذلك أن العشائر النباتية الطبيعية كالبلوط الأبيض *Quercus alba* تحاول أن تحافظ على أعداد من أفرادها قريباً جداً من السعة الحقلية للوسط البيئي (الغابة) أما العشائر النباتية التي لا تتوفر فيها هذه الصفة من التتابع والتناسب في عدد الأفراد الهالكة والمتولدة كعشائر النباتات العشبية وطحالب المياه وبعض أنواع الحشائش والنباتات النجيلية وغيرها فإن أنماط النمو فيها يعتمد على أساس القدرة الفعلية على التكاثر الناتج والبعثة البعيدة المدى ، واستغلال الظروف النمطية والقيام بتكاثر سريع في الأوساط الجديدة المجاورة لبيئتها لذلك فإن شكل النمو في هذه الحالة سيكون من النوع الأسّي *Exponential growth* .

ومما تقدم ذكره يمكن الاستنتاج بأن حجم الجماعة وشكل النمو فيها يعتمدان على مقدار التوازن بين نجاح فرص التكاثر ومعدل الولادات إلى معدل الوفيات وطبيعة انتخاب العوامل البيئية المؤثرة على نمو هذه المجموعة من كونها تقع ضمن أنماط التكاثر الانتخابي *r* أو *k* أو كونها تقع وسط بين الاثنين أو يحصل فيها النمطين في الانتخاب خلال دورات حياة أفرادها كما في الجماعات التي يكون فيها شكل النمو مالتوسي متذبذب كما في الشكل (b) .

#### العوامل المحددة للجماعة السكانية : Limiting Factors of Population

من خلال متابعة العلماء والباحثين المهتمين بدراسة الجماعات السكانية نباتية كانت أو حيوانية أو من علماء الأحياء الأخرى تبين لهؤلاء الباحثين بأن هذه الجماعات لو تركت بدون تدخل الإنسان والطبيعة فإنها تنمو وتتكاثر أفرادها بأي شكل من أشكال النمو التي ذكرناها سابقاً ولكن هذا النمو لا يكون غير محدود دائماً واغلب هذه المجاميع عند بلوغها خط سعة الحمولة البيئية *Carrying capacity* تحصل عملية إعاقة أو تثبيط لمعدلات النمو من جراء تأثير عوامل تنشأ في داخل الجماعة السكانية ذاتها ، رغم توفر مصادر الغذاء وعدم وجود عوامل مرضية أو حتى منافسين أو أعداء طبيعيين خارجيين ، و أحياناً أخرى نلاحظ العكس من ذلك حيث يكون حجم الجماعة السكانية وعدد أفرادها دون سعة الحمولة البيئية ، رغم توفر مصادر الغذاء والمواطن البيئية لكن يحصل انكماش لنمو وتعطيل بسبب عوامل لا تعود للجماعة السكانية نفسها بل مرتبطة بالبيئة المحيطة بهذا الكائن . إذا كيف يمكن وصف هذه العوامل وتفسير طرق تأثيرها على الجماعات السكانية . لذلك ظهرت العديد من الآراء في وصف وتقسيم العوامل المحددة لنمو السكان ، ولكن من أكثر هذه الآراء التي تقسمها إلى مجموعتين هما :



## 1. العوامل معتمدة الكثافة في التأثير Density dependent factors

## 2. العوامل الغير معتمدة الكثافة Density independent factors

حيث أن هذا التقسيم لا يفرق بين كون هذه العوامل حيوية أو غير حيوية بل يستند على شدة تأثيرها وعلاقة هذا التأثير بالكثافة العددية للأفراد . وعليه فالنوع الأول من هذه العوامل هو عبارة عن مؤثرات بيئية تعتمد في شدة تأثيرها على كثافة أفراد الجماعة السكانية (أي عندما تكون الجماعة السكانية كبيرة الحجم وفيرة الأعداد) فإن شدة العامل تكون أكبر والعكس صحيح فعلى سبيل المثال ، لدينا جماعة سكانية تتكون من 100 فرد وجماعة أخرى تتكون من 10000 فرد وسجل هلاك فيها بنسبة 3% فإن العامل المؤثر هنا يكون معتمد على الكثافة **Density dependent factor** لأنه في الأولى أدى إلى موت ثلاثة أفراد بينما في الثانية 300 فرد وسبب الزيادة هنا هو عامل الكثافة . وهنا يمكن أن يكون العامل المؤثر عامل بيئي محدود أو حتى متوسط التأثير وعليه فإن الجماعة السكانية التي تكون أعدادها قليلة تكون وسائل دفاعها أكثر تنظيماً وتتطلب وقت وجهد أقل. بينما لو تمكن تأثير هذا العامل من القضاء على 90% أو أكثر من أفراد الجماعتين السكائيتين بغض النظر عن العدد وهذا ما يحصل في حالة كون العامل شديد التأثير كعامل الحرائق ، الانخفاض المفاجئ والشديد بالبرودة أو ارتفاع الحرارة ووصوله إلى خارج حدود مدى التحمل التي تمتلكها الجماعات السكانية التي أشرنا إليها سابقاً ويصبح هنا عاملاً غير معتمد على الكثافة **Density independent factor** ويحصل مثل هذا التأثير كما في حالة حدوث سيول جارفة أو فيضانات تستطيع جرف التربة كاملة مع محتوياتها النباتية والحيوانية والأحياء المجهرية فلا يكون هنا تأثير لحجم وكثافة الجماعة السكانية لأن قوة تأثير العامل أكبر من مقاومة ومرونة النظام البيئي وأفراد الجماعة السكانية ويدعى هذا العامل بأنه عامل لا يعتمد على الكثافة **Density factor independent** . وما يحصل في البيئة عملياً يعتمد على طبيعة حدوث هذه العوامل وليس على حجم ونوعية الجماعات بل على طبيعة الأفراد والأنواع التي تتشكل منها هذه الجماعات . لذلك فالجماعات السكانية التي تحتوي على أفراد ذات مرونة بيئية عالية وقابلية تكيف واسعة تستطيع التغلب على معظم الظروف البيئية بأقل خسائر ، كذلك تلعب عملية التنظيم الداخلي والسيطرة على القدرة الحيوية الكامنة وتنظيم دورة الحياة ورعاية الصغار والقدرة على استخدام متنوع لمصادر الغذاء والمواطن البيئية البديلة أهمية كبيرة في عملية التوازن مع تأثير العوامل وخاصة المعتمدة الكثافة . حيث يختلف مدى التحمل للأنواع المختلفة من الأحياء تبعاً للظروف المحيطة اختلافاً كبيراً اعتماداً على مختلف مستوياتها التطورية فمثلاً تبدى جماعة سكانية مدى واسع من التحمل نحو ظرف معين ومدى ضيق نحو ظرف آخر ، كما أن مراحل حياة الكائن الحي ليس من الضرورة أن تكون متشابهة في تحملها . أضف إلى ذلك أن مدى التحمل نحو عامل معين قد يتحور بتأثير عامل آخر فمثلاً تعتمد مقدرة أو كفاءة أحياء المياه العذبة على غزو المياه المالحة البحرية وبالعكس على حدود التحمل لدى هذه الأحياء لعامل التغير في مقدار الملوحة التي تعتبر من أهم العوامل المحيطة المحددة لوجود الكائنات الحية في هذه البيئات بسبب تداخلها مع العمليات الوظيفية وكون مدى التحمل إلى التغيرات في الملوحة مختلفة بدرجات كبيرة بين هذه الحيوانات فمنها ما هو عالي التحمل ومنها ما هو قليل التحمل ومنها متوسط القدرة ، كما تختلف الأجزاء والأعضاء التي تقوم بتنظيمها . كذلك يكون تأثيرات الحرارة كعامل محدد مرتبط بمدى تحمل النوع وهي تعمل على تنظيم النمو والأبيض للأحياء المختلفة وتحدد وقت التكاثر وتعتبر الحرارة مهمة جداً في تحديد معدل الاستفادة من المواد المغذية والضوء من قبل النباتات ومقدار ما يستهلك من غذاء من قبل الحيوانات للمتطلبات الأيضية وهكذا لبقية العوامل البيئية المعتمدة الكثافة .

كما أن الباحث (Van Hov) وضع قاعدة سميت بمبدأ (فان هوف) تفسر العلاقة بين كيمياء وفسلجة الجسم لمجاميع سكانية مختلفة وعملية التنظيم الحراري لأفراد هذه المجاميع حيث يشير هذا الباحث إلى أن طبيعة العلاقة بين عديد من الفعاليات الحيوية والارتفاع في درجات

الحرارة يعتمد على مقدار المعدل الذي تجرى فيه هذه الفعاليات ، حيث بينت التجارب إن أغلب هذه الفعاليات تتضاعف تقريبا مع كل ارتفاع مقداره (10 درجات مئوية) في درجة حرارة الوسط . وبالطبع فإن هذا المبدأ يعمل هنا ضمن مدى تحمل النوع ويتحدد أيضا بالدرجة المثلى داخل المدى المعطى لأن أفراد الجماعة البيئية تأخذ بالنقصان بعد اجتياز أفرادها للدرجة المقاربة القصوى باتجاه الحد الأدنى أو الأعلى كما مبين في قانون التحمل العام للأحياء ، لذلك فإن الجماعات ذات الأفراد الأكثر تنظيم حراري من ذوات الدم الثابت أو الحار تكون أكثر تحملا وتكيفاً من الكائنات أو أفراد الجماعات من ذوات الدم المتغير (البارد) والتي تلجا للانسحاب من البيئة أما بالسبات أو الاختفاء أو التكيس كما يحصل في العديد من الكائنات الحية الأولية كالاميبيا والبدائيات كأنواع من البكتيريا والعديد من اللافقاريات وينحسر ذلك على الكائنات الصغيرة بل تلجا العديد من الأسماك والبرمائيات والطيور والحشرات والزواحف واللبائن للاختفاء أو السبات في حالة ارتفاع أو انخفاض درجة الحرارة والضوء والرطوبة وغيرها من العوامل وعلى هذا الأساس يجد علماء البيئة الوظيفية (وظائف الاعضاء) والوراثة بأن العوامل المعتمدة الكثافة تؤثر في نمو الجماعات السكانية بأسلوبين متميزين هما :

أ. الضغط على أفراد الجماعات السكانية لغرض تقليل معدلات التكاثر العامة مهما كان نوع التكاثر فيها جنسيا او لاجنسيا عن طريق تقليل عمليات طرح البيوض والأجنة أو الانقسام المباشر وبذلك يقل عدد الولادات والأفراد الجديدة الجيدة كما في حالات خفض إنتاج النباتات من الأزهار أو السبورات ( الابواغ) أو خفض معدل طرح البيوض في الحشرات والطيور ، أو تقليل عدد الأجنة كما في الفئران والثدييات الأخرى عندما تتعرض إلى قلة الغذاء أو ارتفاع أو انخفاض في درجة الحرارة فمثلا يلاحظ بأن اغلب اسماك مناطق الوطن العربي تبدأ بالتكاثر أواسط الشهر الثاني في كل سنة حتى نهاية الشهر الخامس والسادس ولكن عملية طرح البيوض تكون على عدة مرات ويتناسب عدد البيوض في كل طرحة مع درجات الحرارة وتوفر الغذاء والعوامل الملائمة الأخرى .

ب. أما الأسلوب الآخر فهو العمل على رفع مستوى الوفيات (mortality) في أوقات مختلفة من عمر الأفراد فكما هو معروف أن الكائنات الحية تملك عمر وظيفي يضعف أدائها بعد اجتيازه ودخولها مرحلة الشيخوخة والهرم ، لكن الملاحظ في البيئة أن العوامل معتمدة الكثافة تضغط على الجماعات السكانية وخاصة غير المنتظمة النمو والتي تميل للنمو الأسى أو النمو الانفجاري بحيث تصبح فيها الهلاكات كبيرة وفي مختلف الأعمار كأسلوب لمقاومة المتغيرات البيئية كنقص الغذاء أو التهديد بالجفاف والتصحر وغيرها من عوامل البيئة . ومن الجدير بالملاحظة والدراسة أنه في كلا الحالتين يمكن أن تتداخل العوامل سواء من داخل الجماعة السكانية أو عوامل الوسط المحيط أحيانا للتخفيف من شدة العامل وأحيانا أخرى للتسريع في عملية تقلص الأعداد ورفع مستوى الوفيات ولغرض تفادي شدة تأثير العامل والاحتفاظ بعدد بسيط من الأنواع المنتخبة بينيا (الأفراد الجيدة الخصوبة) مثلا في حالة انخفاض الحرارة أو قلة الطحالب تقوم براغيث المياه بطرح بيوض عالية الخصوبة محاطة بأغلفة واقية تستطيع مقاومة البرودة والجفاف وعند توفر الظروف تنتج هذه البيوض أفرادا قادرة على التكاثر الفردي بشكل أعلى من الأفراد الاعتيادية الأخرى . كذلك وجدت حالة مشابهة في نباتات الشيخة نوع *Senecio jaobaea* حيث تنمو بشكل سريع جدا عندما تنتشر في الأراضي التي تعرضت لعمليات جرف للمكونات العضوية . كذلك لاحظ العالم Alle في الستينات من القرن الماضي بأن بعض المجاميع السكانية عندما تصل فيها الكثافة العددية إلى مرحلة فرط الازدحام (Overcrowded) تقوم أفرادها بالهجرة كما في أنواع قوارض اللاموس *Myodes Lemmus* وأنواع الجراد الأفريقي الرحال من نوع *Lucusta migratoria* . بينما تبدي بعض أنواع الطيور كالنوارس عند تعرضها لعامل بيئي ضاغط الي بعثرة

عملية التزاوج وتجزئة المستعمرة لغرض تقليل حجم الجماعات السكانية وتفادي المخاطر الشاملة . ومما تقدم نجد ان الجماعات السكانية تخضع في نموها إلى عوامل الوسط البيئي وعوامل داخلية وسلوكية تنشأ في داخل الجماعة السكانية أهمها :

1. التنافس والتراحم .
2. عوامل المرض والتطفل .
3. بلوغ مرحلة فرط الازدحام .
4. التضاد الحيوي وطرح الهرمونات البيئية
5. التذبذبات الدورية وتغير فسلجة وأيض الأحياء .

#### Periodical and physiological changes of organisms

6. عدم انتظام توزيع الفئات العمرية .

ولذلك فان التأثير الذي تحدثه الجماعات السكانية في المجتمع الحيوي والنظم البيئية الموجود فيها لا يعتمد على أنواع الكائن المشمول بالدراسة فقط بل على كثافة أفراد هذه الجماعة على وحدة المساحة أو الحجم ، ولهذا فان البيئة تعمل جاهدة بكل قواها من أجل حفظ آلية التوازن وذلك من خلال العمل قدر المستطاع على جعل الكثافات المألوفة للمجاميع السكانية المختلفة ضمن حدود ثابتة تتناسب مع القدرة الاستيعابية للنظم البيئية المختلفة بعملية تدعى بثبات المسكن Homeostasis ومن بين أهم هذه الآليات المستخدمة من قبل الطبيعة للمحافظة والتحكم في كثافة المجاميع السكانية هي عملية التغذية الاسترجاعية الإيجابية والسلبية Positive, Negative Feed back والسيطرة على توازن الأعداد من المفترسات والفرائس كما في الشكل (13) .



شكل(13) عملية ثبات المسكن وحالة توازن أعداد المجاميع السكانية في البيئة .

## علم بيئة المجتمعات *Community Ecology*

1. تطور دراسة بيئة المجتمعات
2. مفهوم المجتمع الحيوي و حدوده
3. أسس دراسة المجتمعات
4. تقسيم و أنواع المجتمعات
5. التعاقبات والتغيرات الدورية للمجتمعات
6. تمنطق أو تنضيد المجتمعات
7. تطبيقات دراسة المجتمعات

### بيئة المجتمعات: *Community Ecology*

تعتبر بداية دراسات التاريخ الطبيعي للأحياء الخطوه الاولى لتبلور أساسيات علم البيئة الاجتماعي Synecology خصوصا عندما بدأ الاهتمام بدراسة الجماعات السكانية في مناطق مختلفة من العالم، عندما تكونت مجموعتين متميزتين من الباحثين في أواخر القرن السابع عشر لدراسة هما:

**1- مجموعة البيئيين الطبيعيين *Continental Naturalist* أي العلماء الذين اهتموا بدراسة توزيع الأحياء على مستوى قارات وربط وتوزيع هذه الأحياء مع الظروف البيئية السائدة من حرارة ورطوبة وكمية أمطار وغيرها.**

**2- ومجموعة أخرى هي مجموعة دراسة بيئة الجزر *Island* أو ما أطلق عليهم بالطبيعيين الجزريين *Island Naturalist* حيث تمثل هذه الجزر بيئات محدودة المساحة ومتشابهه العوامل البيئية نسبيا.**

هذا الاستنتاج البيئي الهام جعل علماء البيئي وهذه الدراسات تمثل البداية الجديدة لتشكيل علم بيئة المجتمعات ecology Community وتمحورت هذه البدايات بدراسة المجتمعات النباتية أو *Plant community* ومن أوائل روادها (Humboldt) الذي يعتبر أول من وضع تسمية المجتمع النباتي *Association* وتبعه فيما بعد كلا من الباحثين Flahow و Schrader ، وحتى عام 1902 حيث اعتبر المجتمع النباتي الوحدة الأساسية لأنظمة علم البيئة الاجتماعي Synecology . ثم توالى الدراسات والآراء المتباينة في كيفية وصف وتسمية المجتمعات النباتية كما جاء في آراء الباحثين (بروكات ، ياروست ، لودبي ، براون وبلانكة) حيث استخدم بعد ذلك مفهوم علم النبات الاجتماعي *Phytosociology* ، وتطور هذا المفهوم فيما بعد ليحمل اسم علم بيئة النبات *Plant ecology* . لذلك يعتقد الكثيرون بأن علماء النبات أو المهتمين بدراسة النبات هم أول من درسوا علم البيئة، ولكن الحقيقة التي يتفق عليها جميع المهتمين في شئون البيئة هي أن أي مجتمع نباتي يتكون طبيعياً في البيئة يرافقه تكوّن تدريجي لمجتمع حيواني معتمد عليه في التغذية ، بالإضافة إلى مجاميع الأحياء المحللة للفضلات العضوية لكلا المجتمعين، وبذلك يتكون تجمع حيوي متفاعل ديناميكياً يتطلب مستوى أعلى من شروط الدراسة والتحليل وتفسير العلاقات الجديدة والناشئة بين أفراد النوع الواحد والعلاقات بين الجماعات المتشابهة والجماعات المتباينة، ويشكل المجتمع الحيوي بكافة افراده وتنوعه الحيوي الأساس لعملية التدفق الطاقى *Energy flow* واستعمال وإعادة تحليل المادة العضوية المعقدة عن طريق السلاسل الغذائية *Food chain* والشبكات الغذائية *Food webs* والعلاقات السلبية والإيجابية التي تنشأ بين افراده ومستوياته الحيويه المختلفة. ومن المهم هنا أن نشير الى أن علماء البيئة والتطور يؤكدون على أن الكائن الحي كفراد أو مجموعة بيئية وسواء كان نبات أو حيوان أو كائن مجهري لا يمكنه البقاء لمفرده في الوسط البيئي، لأن هذا الكائن ميل بالفطره للسلوك الاجتماعي (المنتظم أو العشوائي) والذي يحقق له اهداف بيئية في حماية مصادر غذائه بالإضافة الى المواطن البيئية والمراكز البيئية المتنوعة.

**من هنا نجد** إنه في أواخر القرن الثامن عشر وفي مختلف المدارس البيئية سواء في أوروبا الغربية متمثلة بالمدرسه الفرنسية والإنجليزية والألمانية والسويدية بشكل أساسي أو في الجانب الشرقي منها والمتمثل بالمدرسه الروسية بالإضافة إلى المدرسه الأمريكية ، أصبح اهتمام العلماء بدراسة بيئة المجتمعات جدياً باعتباره يمثل مستوى أعلى من الفهم واستيعاب العلاقات البيئية المتداخلة بين النبات والحيوان ومجموع عوامل الأحياء الأخرى استناداً على مبدأ التوافق *Interdependence* (الذي يعنى اعتماد وتوقف شئ على شئ آخر سابق له) وطبيعة العلاقات المتبادلة *Interrelations* بين الأحياء ومفهوم البقاء *Survival* والنمو *Growth* وغيرها من مقومات تركيب المجتمع الحيوي.

هذه الأسس البيئية التي تؤكد بأن الكائن الحي (الفرد Individual) لا يستطيع البقاء طويلاً أو النمو أو التكاثر والتطور بمعزل عن أفراد جماعته وهكذا فالجماعة أو العشيرة البيئية هي بحاجة إلى المجاميع الأخرى وذات الشيء ينطبق على المجتمع الحيوي Biotic community الذي لا يستطيع الصمود طويلاً والمحافظة على حالة الذروة Climax stage التي تم وصفها عند دراسة التعاقب ، بدون استقرار ودوران المواد المغذية وأنسياب وتدفق الطاقة بين مكوناته وأفراده. وهذه الحقائق نلمسها في كتابات رواد هذه المدارس كالعالم الألماني Karl Mobs والأمريكي Forbes. وتوضح هذه الحقائق من خلال ما جانت به دراسات الباحثين المذكورين تباعاً حيث درس الأول مستعمرات محار الصيد Oyster reef في البيئة البحرية الساحلية وعوامل تجمعها وعلاقتها مع المجاميع الأخرى ، بينما وصف العالم Forbes أحياء البحيرات المائية Lakes حيث أكد على أنها مجتمعات حيوية متكونة من أنواع ومجاميع سكانية مختلفة الأشكال والسلوك إلا إنها موحدة الموطن ( وتشكل مجتمع متجانس) . بينما درس الباحث Dokuchaev ومساعدوه بيئة ومجتمع الغابات ووصفوا العلاقات التي تنظم مجتمعات هذه النباتات الكبيرة ، بينما تعرض الباحثون Cows و Clements الى دراسة التعاقب والتذبذب في المجتمعات النباتية وعلاقتها بالمناخ في مختلف المواقع البيئية، ثم ظهرت للوجود دراسات الباحثين Marglef و Goodman وغيرهم عن اشكال التعاقب البيئي في المجتمعات المائية وهذا ما دعى الباحث اودم Odum الى وصف هذه المرحلة الزمنية بانها تمثل انعطاف تاريخي في تفكير الباحثين من خلال تأكيدهم على وحدة الطبيعة وشمولييتها وهذا ما اكدته كتابات العديد من الباحثين الذين اعقبوا الرعيل الاول من الباحثين الذين تم ذكرهم .

وتمثلت هذه الآراء في المفاهيم التي طرحها الباحث Friederichs عام 1933 عن مبدأ الشمولية في الدراسات البيئية Holocoen ومفهوم النظام الحيوي الذي طرحه الباحث Thiemann عام 1939 ومفهوم الغلاف الحيوي Biosphere وتداخل الاغلفة الحيوية وتأثيراتها على عوالم الاحياء في دراسات الباحث Vernadiski 1944، حيث أكد هؤلاء الباحثين ومن تبعهم مفهوم **الفكر البيئي الشمولي** بأن الأنظمة البيئية ومجتمعاتها الحيوية سواء كانت برية أو مائية (صغيرة أو كبيرة) ولكنها تحتوى على تنوع احيائي جيد تستطيع المحافظة على حالتها من الثبات البيئي من سنة الى أخرى عن طريق تنظيم علاقتها ضمن قاعدة ثبات المسكن Homeostasis بالرغم من حصول تغيرات وتذبذبات وتداخلات معقدة في نمو جماعاتها السكانية ، ولكن بشرط عدم تدخل الانسان ووسائل الطاقة المدمرة للبيئة ومجتمعاتها الحيوية .

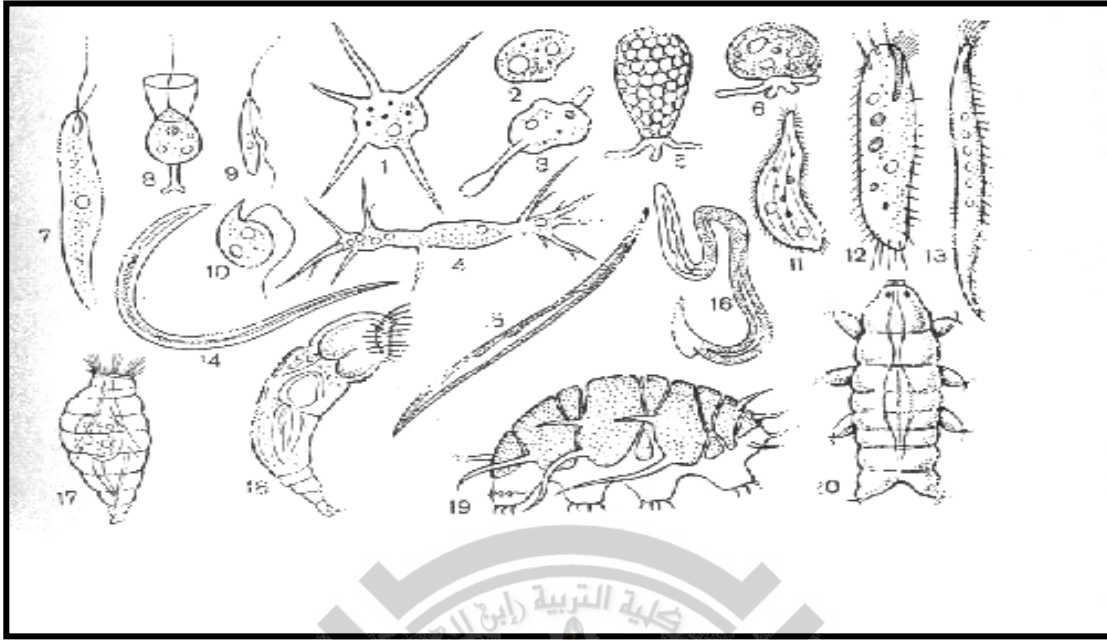
### مفهوم المجتمع الحيوي وحدوده The concept of community :

قبل أن نعطي تعريفاً محدداً لمعنى كلمة المجتمع البيئي Ecology community يجب ان ندرس المجتمع على انه مستوى تنظيمي يتميز بخصائص تركيبية وذات ديناميكية معينة ، تسهل علينا إستيعاب فكرة المجتمع من وجهة نظر بيئية ، فعند النظر الى الاقاليم الحيوية التي تم استعراضها نجد أن هنالك تباين هائل وتنوع كبير في اشكال ومظاهر وتقنيات أفراد هذه المجتمعات حتى ولو كانت تعود الى نفس النوع ولكن تفصل بينها عوامل جغرافية بمسافات كبيرة وتخضعها لظروف بيئية واسعة التباين .

**وعليه فإن المقصود بمفهوم تركيب المجتمع هو عملية التنظيم المكاني لأفراده من حيث الانتشار والتوزيع والتجمع وتشكيل الهيئة الخارجية لشكل المجتمع هل هو مجتمع مغلق closed كمجتمعات الغابات المخروطية مثلاً ، البحيرات الصحراوية ، أو إنها مجتمعات متصلة أو مفتوحة كما في الغابات المعتدلة والأحراش والمراعي ومجتمعات الأنهار والمصببات . بينما تتمثل الخصائص الديناميكية بطبيعة العلاقات البيئية المتداخلة الناشئة من أفراد وجماعات هذا المجتمع من تغذية وتنافس وافتراس وتطفل وتكافل وتبادل منفعة وتأثير هذه العلاقات ودورها في اظهار الهيئة العامة لهذا المجتمع وطبيعة استمراره وثبوتيته .**

**لذلك فإن الباحث هيكلان Hickman يعتبر أن المستوى المتقدم في عملية التنظيم العضوي في النظم البيئية تتمثل بالمستعمرة او المجتمع لأنها من وجه نظرة عبارة عن تجمع لكائنات حية مشاركة في نفس البيئة ولها وحدة مميزة ومحددة . وتتكون هذه المستعمرات من العناصر الحية الموجودة في النظام البيئي ، وهي تكون إما صغيرة الحجم أو كبيرة الحجم ، وقد تكون إمتداداتها على مستوى قارة كاملة كما في مجتمع الغابات الصنوبرية . أو تكون بعدة سنتمترات كما في مجتمع النمل، او الفطريات والبكتيريا المحللة لقطعة من الخشب أو ثمرة معينة أو مستعمرات الأحياء المجهرية التي تكون متعايشة داخل الامعاء او الاجزاء الخازنة للغذاء في الانسان او الحيوانات كما في مستعمرات بكتيريا القولون أو الهدبيات الاوالي الأخرى التعايشية في منطقة الكرش في**

الحيوانات المجترة كالأبقار والإبل وغيرها . ومهما يكن شكل وحجم هذه المستعمرات فإنها تعتمد على بعضها البعض وتشكل مستويات من العلاقة المتسلسلة والمرتبطة هرميا كما يظهر في الشكل (1) .



شكل (1) يمثل مستويات التنظيم لكائنات الأنظمة البيئية المائية.

ونلاحظ من الشكل ان كل مستعمرة أو مجتمع يتكون من عديد من الافراد التي تكون العديد من الجماعات أو العشائر النباتية و الحيوانية وجماعات الأحياء الدقيقة المختلفة ، والتي تشكل بدورها سلاسل غذائية وشبكات غذاء تسمح بدوران المادة العضوية والأملاح المعدنية ويترتب تنظيمها وتواجدها على أساس طريقة التغذية ومن هنا نجد أن الأحياء التي تحمل الأرقام من 1 - 10 تمثل الهائمات الحيوانية والنباتية بينما المرقمة 14 ، 15 و 16 تأخذ الموقع الواسطي للماء وتوزعت الأفراد التي تحمل الأرقام من 17 - 20 في الجزء الأسفل من الماء . ويصبح حجم كل من هذه العشائر مرتبطا بطبيعة العلاقة مع العشائر الأخرى وهكذا يتشكل الهيكل النهائي للمجتمع وحجم المستعمرة البيئية وكذلك تتحدد امكانية استخلاصها للمصادر البيئية المتاحة من غذاء أو ماء أو موطن بيئي .

ولكن علماء البيئة الاجتماعية يستخدمون مصطلح مجتمع أو مستعمرة ليدل على معاني متعددة باختلاف آرائهم مع أن أغلب هؤلاء يتفقون على أن المجتمع هو عبارة عن عدد من المجموعات الحيوية Groups التي تعيش سويا ، أو هو عبارة عن تجمع طبيعي من الأحياء وصل من خلال التفاعل مع الوسط البيئي المحيط به الى مستوى من العيش المستقل نسبياً عن التجمعات الأخرى المجاورة . وعلى ذلك فإن المجتمع يضم كافة الأنواع من الأحياء التي تعيش تحت تأثير عوامل بيئية محددة وهو بذلك يقترب من مفهوم أو تعبير النظام البيئي Ecosystem أو Geo-biocoenosis وطبقا لهذه التعاريف فإن المجتمع قد يتكون من عدد قليل من الأفراد التي تنتمي الى انواع متقاربة بيئياً وقد يتكون من مجموعات كبيرة قد تنتمي إلى أنواع متعددة . فمثلاً البركة الصغيرة تحتوي على نباتات وحيوانات يمكن ان تشكل مجتمعا بالرغم من أن هذه الكائنات قد تكون وقتية كما يمكن وصف كائنات المناطق الساحلية وأحياء الأعماق السحيقة بأنها تشكل مجتمعا ايضا كذلك نباتات الصحراء اليابسة والبيئة الجبلية وغيرها تكون مجتمعات متميزة . وهذا ما دعى العديد من الباحثين أمثال ( Leopold , Allen , Niering , Farb ) وغيرهم الى تقسيم المجتمعات الحيوية الى مجتمعات رئيسية ومجتمعات ثانوية . فالمجتمعات الرئيسية تطلق على مجتمعات المحيط والبحر والمصب والبحيرة بالنسبة للبيئة المائية ومجتمعات الغابة والمراعي والصحراء بالنسبة لليابسة ، ولكن في نفس الوقت نجد مجتمعات ثانوية عديدة داخل كل مجتمع رئيسي فمثلا لو أخذنا مجتمع البحيرة الرئيسي نجده يتضمن مجتمع القاع ومجتمع الهائمات ومجتمع المناطق الساحلية ، وكذلك بالنسبة للبحار والمحيطات كما أن مجتمع النهر يمكن أن يقسم الى مجتمع المسيل Rapids ومجتمع الغدير أو منبع النهر Pool ومجتمع منطقة المصب ، كذلك فإن مجتمع الغابة يمكن تقسيمه

الى مجتمع النباتات الكبيرة ، والشجيرات ، الاعشاب والادغال وغيرها، كما أن مجتمع الحيوانات يمكن ان نجد فيه مجتمع كائنات التربة ومجتمع الحيوانات الزاحفة والمتسلقة والملتصقة أو العواشب وآكلات اللحوم وغيرها . والفرق بين المجتمع الكبير أو المجتمع الرئيسي والمجتمع الثانوى هو أن المجتمعات الرئيسية تشمل تلك المجتمعات الح يوية التي تكون ذات حجم وتنظيم كامل بحيث يمكنها الاعتماد على نفسها بصورة كلية دون الاستعانة بالمجتمعات المجاورة وتقتصر حاجتها على الطاقة الشمسية فقط . بينما المجتمعات الثانوية تعتمد على المجتمعات المجاورة بدرجات مختلفة فمثلا مجتمع الكائنات القاعية يعتمد على ما ينتج من مجتمع الكائنات النباتية والحيوانية الهائمة والسابحة ونواتج التحلل العضوي ، أما مجتمع الأسماك فيعتمد على مجتمع اللاقريات والطحالب والنباتات المائية بالإضافة الى المواد العضوية التي تكون على شكل فتات وهكذا تتشكل العلاقات الأخرى في المجتمعات الثانوية المختلفة .

تجمع لأنواع نباتية بجانب بعضها البعض أو ترافق أنواع نباتية حسب متطلباتها البيئية واعتماد بعضها على البعض الآخر عندما تتوفر الظروف البيئية الملائمة ، كمجتمع النباتات الملحية ومجتمع النباتات العالقة ومجتمع النباتات الشوكية ومجتمع الحشائش والنباتات الرعوية وغيرها من المستعمرات التي تكون طرق تجمعها وتشكيل المجتمع النباتي فيها مبنيا على ظروف متشابهة في طريقة المعيشة والحصول على المواد الغذائية وكذلك تحمل الظروف المناخية للمنطقة البيئية . لهذا فان الباحث Mdbius وصف هذا التجمع سواء النباتي او الحيواني بالتركيب الحيوي وعرفه كما يلي (التركيب الحيوي هو عبارة عن مجموعات من المتعضيات الحية بتركيبها وأفرادها وأنواعها مع العوامل الوسطى أو المعتدلة للمحيط الرئيسي ، والتي ترتبط ببعضها البعض بعلاقات متبادلة لكي تحافظ على ديناميكية هذا التركيب وهي بذلك تؤلف وحدة حيوية من جماعات كبيرة الحجم او صغيرة ، تصبح أكثر استقرارا كلما استطاعت البقاء لفترة زمنية طويلة في وسطها وتكيف أفرادها لخصائص هذا الوسط ، وأن تغير هذا التركيب الحيوي هو إنما ينشأ من جراء انحراف عوامل الوسط عن حدود تحمل الأحياء النشطة حيويًا والمهمة في تركيب هذا المجتمع) .

#### أسس دراسة المجتمعات الحيوية :

من المعروف أن عالم الأحياء ينقسم الى مجموعتين كبيرتين على اساس المظهر الخارجى وبعض الصفات المشتركة ، ويطلق على المجموعة الاولى تعبير (Flora) وهي تمثل جميع الكائنات ذات الصفات القريبة من الخصائص النباتية اعتباراً من الكائنات وحيدة الخلية كالطحالب الخضراء المزرققة الى اكبر الاشجار واكثرها تعميرا على سطح الكرة الارضية كالاشجار الحمراء ، وتسمى المجموعة الثانية (Fauna) والتي يقع ضمنها جميع الاحياء ذات الخصائص الحيوانية المشتركة من الاوليات السوطية في شعبة ثنائية الاسواط الدوارة مرورا باللاقريات بمختلف شعبها ثم الفقريات وصولاً الى الانسان الذي يمثل قمة هرم التطور في عالم الحيوان. ومن خلال متابعة العلماء والمهتمين بشؤون بيئة وتوزيع وتطور هذه الاحياء المختلفة سواء كانت نباتية أو حيوانية وجد بأن عملية توزيعها لا تتشابهة في جميع مناطق البيئة في العالم فمنها ما استطاع ان يغزو اغلب بيئات العالم كالأعشاب والطحالب والنباتات المائية التي تجدها في مختلف المواقع المتباينة من حيث الحرارة وطبيعة المياه ونوعية التربة والمغذيات ، بينما نجد انواع اخرى قد انحصرت في مناطق محدودة من العالم كأشجار النخيل (Palms) ونبات الموز (Banana) والعديد من اشجار الفواكة ، وكذلك العديد من النباتات المائية لأن هذه الأحياء تحتاج الى درجات حرارة معينة لانباتها وتطورها وذات الشى نجده عندما نتابع دراسة وتوزيع وتواجد الحيوانات في مختلف الانظمة البيئية المائية أو البرية حيث هناك مجاميع حيوانية استطاعت الانتشار في معظم الاقاليم الحيوية وشكلت مع غطائها النباتي مجتمعات بيئية متميزة ومتكررة في مواقع مختلفة جغرافيا ولكنها متقاربة بيئياً ، كما في اسماك الكارب (المبروك) التي تنتشر في مياه اسيا وأفريقيا وأوروبا ، كذلك مجاميع القشريات Crustacean التي تعيش في المياه العذبة والمالحة على السواء ، بينما انكشفت مجاميع اخرى في مناطق مائية محدودة من العالم كحيوان الفقمة وحيوانات الشعاب المرجانية Corral reef animals وانواع التماسيح ومجاميع مائية اخرى كثيرة ، وكذلك نجد ان هذه المشاهدات والاستنتاجات البيئية تنطبق على العديد من الحيوانات البرية Terrestrial animals. وقد نسب بعض العلماء ذلك الى العلاقات المتداخلة بين مجاميع الكائنات الحية في المجتمع الحي (العلاقات الحيوية Biotic Relationship) والتي تحكمها العلاقات الغذائية (Trophic Relationship) داخل ذلك المجتمع . وتقسم العلاقات الحيوية على اساس المنفعة والضرر :

1. العلاقات الموجبة (النافعة) :
- أ. المنفعة المتبادلة (Mutualism) : وهي العلاقة التي ينتفع بها كلا الطرفين وتكون هذه العلاقة أساسية في بقاء واستمرار الشريكين ، مثال جيد على ذلك تكون الأشنات (طحلب + فطر) ، ومثال آخر لبعض أنواع البكتيريا التي تهضم السيللوز داخل جسم النمل الأبيض ، وبكتريا العقد الجذرية المثبتة للنيتروجين احد صور التكافل الموجب .
- ب. الضيافة أو الموازرة (Commensalism) : وفيها تكون المنفعة لاحد الشريكين ولكنها لا تضر بالشريك الاخر ، كانتقال الكائنات الحية وبذور بعض النباتات من خلال اصواف وريش الحيوانات والطيور (Phoresy) وهنا ينتفع الطرف الاضعف من الشركاء ، اما استفادة الطرف الاقوى فتسمى (Allotrophy) مثال ذلك عندما تفرز حشرات المن عصارة عسلية لاناث النحل وبعض انواع النمل .
- ج. المحايدة (Neutralism) : يعتبر التحايد من العلاقات الموجبة بسبب عدم تضرر اي من الشركاء عند تواجدهما معا ، حيث يفترض نظريا الوفرة في الغذاء والمأوى ، او الاختلاف بينهما في اسلوب ومصادر الغذاء والمسكن .

2. العلاقات السلبية (الضارة) :
- أ. التضاد (Amensalism) : التضاد هو محاولة احد الشركاء ايقاف نشاط الاخر (عكس الضيافة) ، ويتم ذلك بافراز المثبطات والمواد السامة اوتوكسينات Toxin لايقاف نمو الشريك الاخر ، ومثال ذلك اختفاء نمو النباتات حول محيط بعض الشجيرات وهذه الظاهرة تسمى Allelopathy . وتشتهر بين الحيوانات في بعض انواع العناكب والعقارب والافاعي .
- ب. الخصومة المتبادلة / التنافس (Mutual Antagonism) : هنا يقوم كلا الشريكين بمحاولة ايقاف نشاط الاخر (عكس التكافل) ، والتنافس احد اشهر تلك الامثلة عندما تتقاتل الذكور من اجل سيادة القطيع او اثناء التزاوج او عند دخول الغريب الى مناطق سيادتها .
- ج. الاستغلال (Exploitation) : وفيه ينتفع احد الطرفين ويتضرر الاخر ، واهم الصور المعروفة للاستغلال السرقة Robbery كسرقة البيض او الفراخ او الغذاء ، والافتراس Predation وهذا تحكمه عدة قوانين وعلاقات بين الفريسة والمفترس ، التطفل Parasitism بجميع اشكاله يتضح حليا في بعض الامراض التي تصيب الانسان كالاميبيا والديدان المعوية وغيرها .

-	0	+	
-	-	Mutualism	+
-	Neutralism	Commensalism	0
Mutual Antagonism	Amensalism	Exploitation	-

والسؤال الذي يطرح نفسه . لماذا تختلف هذه الكائنات في انتشارها البيئي وكيف ندرسها ونصفها وما هي الاسس التي نعتمدها ؟  
وللجابة على هذا التساؤل وضع علماء الجغرافيا الحيوية وعلماء البيئة والمجتمعات عدة تفسيرات تبين الأسباب التي أدت الى هذا التباين في شكل المجتمعات وتواجد وانتشار الأنواع الحيوية فيها نتلخص فيما يلي :

- أ. وجود الحواجز الطبيعية التي تكونت بعد تشكل القارات المعروفة لدينا ، هذه الحواجز إما سلاسل جبلية ومنحدرات كبيرة وانهار ومحيطات أوصحارى قاحلة وغيرها من العوائق الطبيعية التي عملت على تحديد حركة الأحياء وخاصة الكائنات الغير قادرة على اجتياز هذه الحواجز مما أجبرها على البقاء في المواقع المحدده ، وبذلك فرض عليها تحديد حجم جماعتها السكانية وأعداد أفرادها ضمن تجمعات محدودة المساحة والموارد وكونت ما يسمى بالمستعمرات الصغيرة أو المحدودة .
- ب. فشل العديد من الانواع البيولوجية التي تمثل اسلافا قديمة للعديد من الاحياء في التأقلم مع البيئات الجديدة حتى في حالة تمكنها من الانتقال اليها ، مما ادى الى تدهور نموها وانقراضها تدريجيا في هذه البيئات أو



العودة الاضطرارية الى البيئة القديمة وهذا ما يفرض عليها محدودية الانتشار وكذلك تكوين مستعمرات صغيرة غير قادرة على المنافسة القوية .

### ج. حصول عملية التداخل بين انواع النباتات المتجاورة.

فاذا عدنا الى مفهوم المناطق البيئية والاقاليم الحيوية فاننا نجد أن ما وضعه العلماء من اساس وتقسيم لدراسة مجتمعات البيئة اليابسة كوصفهم لمجتمعاتها النباتية ودراستها على اساس نوعية وكثافة الغطاء النباتي وشكله الخارجى أمرا مقبولا بحيث يمكننا ان نقول مجتمع الغابات المخروطية او المعتدلة أو الغابات الرطبة ومجتمع السفانا والحشائش وغيرها ، ولكن الأمر يصبح اكثر تعقيدا عندما نريد دراسة ووصف مجتمع حيواني الذي من المفروض أن يرافق نشوء وتكون المجتمع النباتي . حيث لاحظ العديد من البيئيين بأن توزيع وتواجد المجتمع الحيواني لا يتطابق في كثير من الأحيان مع توزيع وشكل المجتمع النباتي ، ومن هنا تبرز حقيقة بيئية جديدة مفادها (بالرغم من أن كل منطقة بيئية تتميز بخصائص نباتية وحيوانية ينتج عنها مجتمع خاص لكن حدود هذه المنطقة البيئية والمجتمع الحيوي تكون غير واضحة تماما) بل تحصل تداخلات وامتدادات وانتقالات بين افراد هذه المجتمعات المختلفة تتحكم فيها الكثير من العوامل السلوكية للأحياء نفسها وعوامل البيئة والجيولوجيا للمنطقة البيئية .

**ومن هنا ينبغي الأخذ بعين الاعتبار** مسألة مهمة في دراسة المجتمعات ألا وهي دراسة مفاهيم الانحدار والتداخل البيئي والتأثير الحافى ( تأثير مناطق الحافات أي الحدود المتاخمة بين كل نظامين بيئيين) وعملية التدرج البيئي التي تظهر بشكل واضح في المجتمعات الكبيرة خاصة ، حيث وجد الباحثون عند دراسة مجتمع الغابات مثلا ومجتمع الصحارى او الغابات ومجتمعات السفانا والحشائش أو مناطق المراعى والأراضي الزراعية بأن جميع هذه النظم البيئية تتداخل وتتواصل فيما بينها وخاصة عند مناطق الحافات أو مناطق الاتصال بين هذه المجتمعات حيث نجد أن النباتات والحيوانات المرافقة لها تتوزع على جانبي هذه المنطقة ولإمتدادات مختلفة تعتمد على عاملين أساسيين هما :

1- انجراف التربة ومكوناتها على جانبي مناطق الحافات البيئية نتيجة للسيول المائية والأمطار الكبيرة مما يساعد على حمل النباتات الصغيرة والبيوض والبراعم ، بالنسبة للنباتات أو البيوض واليرقات أو الحيوانات الصغيرة بالكامل مع حركة هذه السيول بالنسبة للحيوانات .

2- درجة الحرارة المتقاربة على جانبي المناطق الحافية التي تشكل بيئة انتقالية تؤمن مواطن بيئية ومصادر غذائية بديلة للعديد من الحيوانات في حالة نقص الغذاء أو الجفاف الشديد في موطنها الأصلي أو شدة التنافس أو حدوث عوامل بيئية غير مرغوبة.

وهذا يؤدي إلى تواصل بين النباتات المتجاورة كأوساط ومجتمعات حيوية موجودة فيها من حيث طبيعة الظروف البيئية وتداخل الأنواع وهذا التداخل بين العوامل البيئية والأنواع يطلق عليه تسمية (التدرج أو الانحدار البيئي أو التخوم البيئية). هذه المناطق التي يرى العديد من الباحثين بأنها تلعب دور مهم في تحديد الحقيقة الأساسية لشكل المجتمع البيئي من حيث كونه معزول أو متصل ، ويسمى الأول بالمجتمع الحيوي المغلق مثال ذلك (المجتمع الحيوي للبحيرات الصحراوية كبحيرة (ساوه) في صحراء محافظة المثنى وبحيرة الرزازة في محافظة كربلاء أو بعض البحيرات الصحراوية في الصحراء الكبرى شكل (2) والعديد من الواحات في الجزيرة العربية التي تحاط بالصحارى الرملية القاحلة ، بينما تطلق تسمية المجتمعات المفتوحة على مجتمعات الغابات والأنهار والمجتمعات البحرية والبحيرات المعتدلة وغيرها التي يحصل فيها التواصل عن طريق المناطق الحافية أو التخوم البيئية. كما تكون هذه المناطق الفاصلة بين مجتمعين أو اكثر ما يسمى بالمنطقة الانتقالية أو منطقة التوتر البيئي وفى هذه المنطقة نجد ثلاثة مجتمعات حيوية تتمثل بسكان المنطقة الأصليين وبعض سكان المنطقة المجاورة الشمالية والجنوبية . والمجتمعات المتجاورة تكون ذات كثافة كبيرة ويؤدى ذلك إلى زيادة الأنواع والتنافس النوعي وضمن النوعي ويكون حالة جديدة ينتج عنها اضطرابات في تركيبة المجتمع الحيوي .



شكل(2) بحيرة قبر عون في الصحراء الليبية نموذج للمجتمعات المغلقة .

## تقسيم المجتمعات البيئية Classification of communities :

يؤكد الباحث البيئي Vector Shelford الذى اعتبر من أوائل الذين اهتموا بدراسة المجتمعات الحيوية ، على أن المجتمع البيئي عبارة عن تجمع من الأحياء ذو وحدة تمتلك خصائص تركيبية وتصنيفيه ومظهر خارجى متجانس نسبيا يوصف به المجتمع . ويضيف الباحث Odum على ذلك بان هذا المجتمع يتصف بتنظيم غذائي ونموذج أيض حيوي محددين ومعنى ذلك أن :

كل مجتمع هو عبارة عن تنظيم بيئي مستقل وتوزيع الأحياء فيه لا يتم بطريقة عشوائية وانما تحدده قواعد التغذية وطرق الايض والتبادل التى تحكم أفرادها ولهذا فان المجتمع الحيوى يعطى صورة اكثر تعبيرا ومصداقية لطبيعة أفراده وتستطيع فيه الافراد التعبير عن شخصية هذا المجتمع، فمثلاً لا تستطيع شجرة معينة من خلال معرفة عدد أوراقها أن تعبر عن مستوى إنتاج غابة أو جزء من الغابة ، ولكن قياس مستوى الايض وصافى الإنتاجية للمجتمع يعطى انطباعاً أو تفسيراً عن مدى كفاءة أشجار هذا النظام فى الإنتاج البيولوجي ، وكذلك فإن المقدار النهائي للمواليد وزيادة الأفراد الجدد لقطيع من الأغنام مثلا أو لحقل دواجن يمكن ان يستخدم لقياس كفاءة معدل الولادات Nataly rate وعدم إنجاب الأخرى هو مقياس الكفاءة لعموم الأغنام أو عدد الأفراخ أو طرح البيض بالنسبة للدواجن منفردة .

لذلك يجد الباحثون فى مجال بيئة المجتمعات والنظم البيئية أن صفات هذه الأنظمة ومجتمعاتها الحيوية لا يمكن التنبؤ بها بشكل دقيق من سجل المعلومات عن جماعاتها السكانية بشكل متفرق ، بل يجب أن ندرس الكل مثلما ندرس الأفراد والمجتمعات لغرض الوقوف على طبيعة التكامل الوظيفي في أفراد هذا المجتمع وحساب تدفق الطاقة ومقدار الايض العام بمكوناته الحية ، وهذا ما أطلق عليه الباحث **1954 Fiebleman بنظرية المستويات المتكاملة Theory of integrative levels وعليه** يصبح مفهوم المجتمع بالتطبيق العلمي يتماشى مع القاعدة العامة التي تقول (كيفما يكن المجتمع يكون الفرد أو النوع) معنى ذلك أننا نجد في بيئة ما مجتمعات ذات هيئة مستقلة وحدود واضحة ومفهومة ومتميزة عن المجتمعات الأخرى ، ومجتمعات أخرى تكون متداخلة مع غيرها ولا توجد لها حدود متميزة ولا هيئة مستقلة لأفرادها ضمن التركيب العام للنظام البيئي الموجودة فيه ، وهذا ما دعى علماء البيئة إلى التمييز بين المجتمعات على أساس التنظيم الغذائي ونموذج الايض الحيوي الى نموذجين هما :

1- المجتمعات الأساسية أو الكبيرة **Major community** .

2- المجتمعات الثانوية الصغيرة **Minor community** .

ويكون النوع الأول من هذه المجتمعات ذو حجم كبير وتنظيم عالي المستوى بحيث يوفر اكتفاء ذاتيا لأفرادها من حيث استلام الطاقة وإنتاج الغذاء وحصول عملية توازن بين الإنتاج والاستهلاك ويتميز بتنوع حيوي جيد لاغلب المجاميع الحيوية المشاركة في تركيبه كما هو في مجتمعات الغابات والبحيرات الكبيرة ومجتمعات السواحل البحرية ومناطق الاحراش والسفانا الدائمة . وكذلك توصف جميع الحيوانات المقيمة أو التي تكون مجتمع حيوانى سائد فى هذه النظم لفترات طويلة بالمجتمعات الأساسية ، بينما تكون الحشائش والأدغال التي تتبدل باستمرار وحسب التغير فى ظروف الحرارة والرطوبة وشدة الإشعاع الشمسي أو توفر المغذيات بالمجتمعات الثانوية ، وكذلك ينطبق ذات الشئ على الطيور أو الحيوانات الأرضية المهاجرة التي تظهر لفترات معينة نتيجة للبحث عن نوع معين من الغذاء أو موطن بيئي معين للتكاثر أو الحصول على موطن بيئي لفترة محددة كما تفعل بعض الطيور المائية التي تدخل منطقة التندرا لغرض التغذية على الحشرات ، كذلك تفعل أنواع عديدة من اللاقاريات اثناء فترة الصيف أو ظهور أشجار الزيتون والتين البرى فى موطن الادغال على شكل اشجار متفرقة قليلة العدد ، أو وجود طائر النورس ضمن المجتمع الحيواني للعديد من المسطحات المائية اثناء فترة الشتاء المعتدل فى اغلب مناطق الوطن العربي ، كذلك يمكن أن تشكل الضفادع وبعض الحيوانات غير المرغوبة كالفشريات المتطفلة مجتمعات ثانوية فى بحيرات اسماك الكارب وغيرها الكثير من الأمثلة . ومن الناحية التطبيقية فإن دراسة الباحث (1946 Fautin) تعتبر رائدة فى وصف المجتمعات الأساسية والثانوية بمنطقة الشجيرات الصحراوية الشمالية فى غرب ولاية (يوتا) الأمريكية حيث سجل العديد من المشاهدات خلال دراسته لمدة ثلاث سنوات متواصلة لمعرفة مدى استقرارية الانواع ومقدار تكرارها وكثافتها وتوقيت ظهورها فى البيئة وخرج بالنتائج التالية :

1- إن نباتات Sagebrush وحرشفة السمكة Shad scale هي التي تشكل مجتمعات رئيسية بالرغم من وجود أعداد أخرى من نباتات مختلفة تظهر أو تختفي أو تتدهور حسب معدلات تساقط الأمطار وارتفاع وانخفاض درجات الحرارة والرطوبة وكمية التبخر .

2- المجتمعات الحيوانية من الطيور المقيمة والقوارض والعناكب والنمل والخنافس كانت الأكثر انتشارا وثبوتا بسبب تكيفها العالي وفعاليتها في الرعي والحصول على مصادر الغذاء .

3 - إن دراسة المجتمعات الحيوانية على مستوى ضيق كما في دراسة الحيوانات والنباتات الكبيرة وإدخال العوامل الأخرى وخاصة الأحياء الدقيقة وعوامل التأثير البيئي المتباينة وتأثير التخوم البيئية وما تسببه من تداخل مع عوامل المجتمع الحيوية ونشاط الأحياء وتعاقب أنواع المجتمع البيئي وتبدل النشاط الطاقى في النظام البيئي كلها عوامل تؤدي إلى إحداث تبدلات واضحة في طبيعة وتركيب المجتمع ولذلك ظهرت عدة آراء أخرى في وصف وتقسيم المجتمعات منها :

### 1- التقسيم على أساس البيئة الرئيسية وطريقة المعيشة : حيث قسمت المجتمعات الحيوية إلى

ثلاثة مجتمعات أساسية هي :

1. مجتمعات الحياة البرية Terrestrial communities
2. مجتمعات الحياة البحرية Marine communities
3. مجتمعات المياه العذبة Freshwater Communities

ولكن إذا نظرنا إلى هذا التقسيم نجد أن تداخلا كبيرا يحصل بين كائنات كل مجتمع من المجتمعات المذكوره ، حيث نجد ان هناك بيئات مشتركة بين هذه البيئات الثلاثة الأساسية تنشأ بداخلها نظم بيئية كثيرة كالمناطق المضيق والمظلمة والقاع وبيئتي المد والجزر والشعاب المرجانية في البيئات البحرية مثلا ، وبيئات الأراضي المرتفعة والوديان والمراعى والأحراش والصحارى وغيرها في البيئة اليابسة ، ومعنى ذلك أن كل هذه البيئات والمجتمعات الرئيسية تتضمن نظم بيئية عديدة ومجمعات أو مستعمرات ثانوية وأساسية متميزة ومتداخلة تعتمد بالأساس على درجة تأثير المناخ الواسع النطاق ، ولذلك ظهرت آراء أخرى في تقسيم المجتمعات الحيوية .

### 1- تقسيم المجتمعات على أساس الربط بين طبيعة الموطن الدائم وتأثير المناخ :

من مؤيدي هذا التقسيم الباحث اودم Odum الذي يؤكد على أن طبيعة الموطن الدائم للكائنات الحية وتأثير المناخ عليها هو الذي يحدد شكل الحياة النباتية في الأنظمة البرية ويعمل على تحفيز أو كبح معدلات النمو في البيئات الأخرى وخاصة عوامل الحرارة ومعدلات الإضاءة المرتبطة بعوامل المناخ وعلى هذه الأسس تقسم المجتمعات إلى ما يلي :

- 1- مجتمعات الموطن البحري Community of marine habitat
- 2- مجتمعات موطن المصايب Community of estuarine habitat
- 3- مجتمعات الماء العذب Community of freshwater habitat
- 4- الموطن البري (اليابسة) Community of terrestrial habitat

وفي السنوات الأخيرة بعد تطور وسائل دراسة الإنتاجية الحيوية وإمكانية حساب تدفق الطاقة والأيض الحيوي للمجتمعات ومراقبة سلوك الأحياء نتيجة لتطور وسائل المراقبة من تصوير جوى أو داخل الأنظمة المائية لأعماق كبيرة ، وتغطية مساحات كبيرة من البيئة البرية ، لاحظ العلماء أن الأفراد من الأحياء الموجودة داخل كل مجتمع لا تكون متساوية في أهميتها في تحديد طبيعة ووظيفة هذا المجتمع بالكامل بل يظهر تأثير أنواع محدودة العدد من بين آلاف الأفراد أو حتى الملايين من سكان المجتمع على تركيبه وحجمه ووفرة أعداده وحتى مقدار أو درجة استقراره ، هذه الأفراد تتميز بالصفات التالية :

- 1- تكون كبيرة الحجم عالية الإنتاجية أو صغيرة الحجم ولكنها عالية الإنتاجية .
- 2- تملك هذه الأفراد قدرة عالية في المرونة البيئية Ecological resilience والتأقلم Adaptation للمتغيرات البيئية .

3- تكون ذات مركز بيئي Ecological niche متميز بين أقرانها وغالبا ما تمتلك صفة الإقليمية أو السيادة البيئية Ecological Dominance .

4- وبناءً على هذه الحقائق برز رأي آخر يدعو لدراسة وتقسيم المجتمعات على أسس جديدة نلخصها في الآتي :

### أولا . التقسيم على أساس طبيعة العلاقات الداخلية للمجتمع والسيادة للأفراد :

و من العلماء الذين اكدوا على هذه الأفكار Shelford و Clements في أوائل الأربعينيات في القرن الماضي ، وبعد ذلك ظهرت آراء الباحث Whittbecker في منتصف السبعينيات ، حيث يشير هؤلاء العلماء إلى أن المجتمعات الحيوية وبشكل خاص الرئيسية منها تحتوى على منتجين ومستهلكين ذوي أحجام متباينة

منها الكبير ومنها الصغير ، ولكن من بين هذه الانواع والعشائر تبرز كائنات تسيطر بشكل واضح على سريان وانتقال الطاقة ، ويكون تأثيرها واضح على بقية الافراد من جميع الانواع الموجودة معها فى النظام البيئى وبالتالي هى التى تتحكم بشكل وحجم المجتمع الحيوى بالكامل . فعلى سبيل المثال عندما درس الباحث اودم فى عام 1957 الانتاجية وتثبيت استهلاك الطاقة فى ينابيع سلفر فى ولاية فلوريدا الامريكية وجد أن نبات الانكليس هو السائد بين النباتات المنتجة وبذلك أصبح النبات المؤثر فى حجم ومقدار الكتلة الحية المتوقع تكونها فى الحيوانات المستهلكة من أكلات الاعشاب . بينما وجد الباحث Clements بان النباتات البذرية هى السائدة فى المجتمعات البرية ليس على باقى النباتات وبل حتى الحيوانات لأنها العنصر الاساسى فى حماية الحجم النهائى للمجتمع .

ويختلف مقدار الانواع السائدة حسب وفرة الانواع ومقدار التباين ، وحجم المجتمع ومن خلال الدراسات فى هذا المجال للباحث Whittbecker وجد بأن الغابات الشمالية مثلاً يكون مستوى السيادة لنوع او نوعين من الاشجار يصل الى 99% من المجموع الكلى بينما فى الغابات الاستوائية قد تصبح الانواع السائدة اكثر من 12 نوع . وعندما طبق ذلك عملياً على بعض الغابات باستخدام معيار دليل السيادة Index of dominance لتوضيح العلاقة بين مساهمة كل نوع من الاشجار الى صافى الانتاجية الاولية (NPP) وجد ان الاشجار الحمراء تشكل ما مقداره 99% لنوع واحد ، بينما فى غابتين ظليلتين فى منطقة Smokey mountain كان مقدار دليل السيادة 0.18 , 0.12 لأنها تحتوى على عدد كبير من الانواع ، وعليه فأن دليل السيادة والكفاءة فى الانتاجية لافراد المجتمع ويمكن حسابه من العلاقة الرياضية التالية :

$$C = \sum (n_i / n)^2$$

حيث C : دليل السيادة البيئية . ni : مقدار أهمية كل نوع بالنسبة للإنتاجية والكتلة الحية .  
n : مجموع قيم الأهمية لمجموع الأنواع .

### ثانياً . التقسيم على أساس الوظائف البيئية للأحياء :

اقترح هذا النوع من التقسيم من قبل الباحث اودم Odum الذى يرى فية حلاً لمشكلة التداخل بين الاحياء وخاصة فى البيئات المائية حيث يمكننا من خلال معرفة الدور البيئى أو الوظيفة التى تؤديها الأنواع المختلفة فى درجة النمو والتطور ولكنها تشترك فى طبيعة الوظيفة كالإنتاج العضوي مثلاً أو الاستهلاك أو التحليل العضوي ، وبذلك وصف هذه الأحياء مجتمعة على شكل مستعمرات او مجتمعات ثانوية أو أساسية حسب طبيعة دورها المتميز ضمن النظام البيئى ، أو اشتراك كائنات تعود لكلا النوعين من المجتمعات الأساسية والثانوية حتى ولو كان ذلك لفترات محددة من الزمن كما تشارك مثلاً الاعشاب والنباتات الحولية بعملية الإنتاج والاستهلاك فى الغابات أو اشتراك الفطريات والبكتريا بعمليات التحلل أو اشتراك الحشرات والطيور والقوارض فى استهلاك النباتات الكبيرة والأعشاب مثلاً أثناء عمليات الري وغيرها من الأمثلة ، ومن هنا يقسم الباحث اودم أحياء النظام البيئى أو المنطقة البيئية إلى ثلاثة مجتمعات أساسية هي :

#### 1- مجتمع الأحياء المنتجة Community of producers :

ويشمل جميع الاحياء الموجودة فى النظام البيئى بغض النظر عن حجمها او موطنها البيئى ضمن هذا النظام ، فقد تكون هائمات نباتية Phytoplankton ، أو نباتات قاع أو نباتات طافية Floating plant أو عالقة فى الجسم المائى أو ملتصقة على الاجسام الاخرى كما فى البيئات المائية ، وقد تكون اشجار معمرة او شجيرات او حشائش او ادغال او حتى طحالب فى الاجزاء الرطبة من التربة او حزازيات قشرية أو قائمة وغيرها من الاحياء القادرة على التركيب الضوئى ونتاج المادة العضوية .

#### 2- مجتمع الأحياء المستهلكة Community of consumers :

وينتمي الى مجتمع المستهلكات كافة الأحياء المعتمدة على غيرها فى التغذية والتي تدعى بمختلفات التغذية Heterotrophes سواء أكانت أكلات أعشاب أو عواقب أو لواحم أو قوارب ( مترمات) وهى بذلك تبدأ من الأوليات الصغيرة مرورا باللافقاريات العديدة ثم الفقريات بمختلف مستوياتها حتى الإنسان .

#### 3- مجتمع الأحياء المحللة Community of decomposers :

يعطى هذا النوع من التقسيم أهمية كبيرة لهذه المجموعة من الأحياء المتمثلة بالأحياء الدقيقة من بكتريا وفطريات والتي تهمل دورها العديد من التقسيمات السابقة التى أشرنا إليها وذلك لدقة حجمها وعدم وضوح معالم الايض فيها ولكن العديد من الباحثين يؤكدون على الدور الفعال لهذه الأحياء فى حفظ التوازن من خلال

قيامها بإعادة تحليل وامتصاص المواد العضوية والتأثير على حجم المجتمع واستقراره من خلال التأثير المباشر على الاحياء الأخرى . ففي كثير من الدراسات الحديثة أثبت بأن انتشار العديد من الأنواع المرضية من هذه الأحياء يستطيع أن يدمر مجتمع نباتي أو حيواني بدرجة كبيرة جداً خلال فترة وجيزة من الزمن كانتشار الأوبئة والأمراض كالحمة القلاعية التي أصابت الأغنام قبل سنوات في العديد من دول العالم وأدت إلي القضاء على الملايين من هذه الأحياء وكذلك انتشار بعض الفطريات التي تقضى على العديد من النباتات الحقلية بشكل شبه تام أو تعطل إنتاجها العضوي من خلال تعطيل عمل الجذور والأوعية الناقلة في السيقان أو تخريب المادة الخضراء في الاوراق ، كما تعمل على ذلك فطريات عفن الجذور مثلاً أو فطريات الصدأ الأسود وغيرها من الأجناس الخطيرة على النباتات .

### **التعاقب الدوري في المجتمعات Community periodicity :**

عند متابعة التركيب الديناميكي لأي مجتمع حيوي سواء في بحيرة أو ساحل بحري أو منطقة صحراوية أو غابة كبيرة أو صغيرة أو في أي نظام بيئي في الطبيعة نجد بأن هنالك تبدلات تتكرر بشكل دوري متتابع على الهيئة العامة أو الشكل الخارجي لهذا المجتمع يطلق على مثل هذه التغيرات المنتظمة أو غير المنتظمة بالتعاقب الدوري أو دورية المجتمعات community periodicity . وتعرف على أنها مجموع الفاعليات والحركات والتغيرات الدورية في مجتمع الأحياء التي ينتج عنها تبدلات وتذبذبات متعاقبة على تركيبة هذا المجتمع ضمن النظام البيئي الموجود فيه وتحصل هذه التعاقبات في بيئة المجتمع الحيوي من وجهة نظر علماء البيئة تحت تأثير العديد من العوامل والاسباب منها :

1. تأثير الساعة البيولوجية وعمل هرمونات النمو والسلوك وتأثيرها في نمطية العمل الوظيفي والايض الحيوي لأفراد المجتمع من حيث النشاط والخمول وعمليات التكاثر .
2. التبدل المستمر للعمر الوظيفي للأحياء وخاصة الأحياء ذات دورات الحياة القصيرة والتي تمر بعدة أطوار مثل اليرقة ، حورية ، الدور البالغ خلال فترات قصيرة مما يؤثر في تبدل مواقعها ضمن حركة المجتمع أو عند عمر النضج الجنسي بالنسبة للحيوانات طويلة الحياة نسبياً وما يترتب عن ذلك في تبدل في الادوار البيئية وتكرار الولادات وإضافة صغار جدد.
3. اختلاف أفراد المجتمع ضمن افراد النوع في قدرتها للاستجابة للمتغيرات البيئية واختلافها في مقدار القدرة البيولوجية الكامنة واستغلال الظروف الملائم سواء في الحصول على الغذاء والانتشار أو طرح البيوض والأجنة .
4. الاختلاف في قدرة التنظيم الحراري لأفراد الجماعات المختلفة التي يتشكل منها المجتمع فمنها ما هو من ذوات الدم الحار والتي يمكن لأفرادها أن تتواجد طوال اليوم وطوال العام ومنها ما هو من ذوات الدم المتغير (البارد) والتي تخضع لقواعد السبات اليومي أو الفصلي .
5. التباين في اساليب التكاثر ورعاية الصغار أو البيوض فكثير من الكائنات الحية تقوم بعمليات حضانة لفترات مختلفة وكذلك فترات رعاية للصغار مختلفة تتوزع بين الاناث والذكور أو تنحصر على إحداهما ، وبذلك فإن عدد من افراد الجماعة يصبح في حالة شبه ساكنة من حيث الحركة والمشاركة في نشاطات المجتمع الكامل ، كما إن العديد من الأحياء تتعرض لعلاقات مباشرة بعد الزواج كما في العنكب أو بعد الولادات كما في العقارب أو الانعزال بعد الزواج كما في الفيلة والقرود وغيرها من المجاميع مما يؤدي الى تقسيم المجتمع الحيوي .
6. التباين في اسلوب وسلوك التغذية فبعض الكائنات مقيمة في مواطنها والبعض الآخر يبحث عن غذائه اثناء النهار في بيئات مجاورة ، والبعض الآخر ينشط ليلاً ويختفي أو يختبئ نهاراً وهذا بدوره يؤثر على ديناميكية المجتمع .

ورغم كل ما ذكر من تباين بين أفراد المجتمع الواحد في العديد من الخصائص لكن المجتمع يحاول دائماً الحفاظ على ديناميكيته واستقراره وأن ما يحصل من تعاقبات دورية على هذه الديناميكية والتركيب ما هو الا عبارة عن تذبذبات Fluctuations تأتي استجابة لما يحدث داخل البيئة المحيطة لأفراد هذا المجتمع والمتغيرات الفسيولوجية وعمليات الاستقلاب الخلوي لأفراده .

### **أشكال أو أنماط التعاقب الدوري The type of periods :**

من خلال الاهتمام بهذه الظاهرة ودراستها بشكل جيد في العديد من المجتمعات الطبيعية التي ذكرناها في بداية توضيح مفهوم التعاقب لاحظ الباحثون أن هنالك تعاقبات قصيرة يمتد تأثيرها لعدة ساعات أو تظهر خلال فترات محدودة في اليوم بينما بعض التبدلات و التعاقبات تظهر خلال مواعيد محددة في السنة والبعض الآخر لا يخضع لعوامل البيئة وإنما تنجم عن سلوكيات تحددها الكائنات الحية نفسها والبعض الآخر له علاقة

بالظواهر الطبيعية كحركة القمر والبرق والرعد أو سقوط الأمطار وغيرها ، لذلك قسم الباحثون هذه التعاقبات استنادا الى مسبباتها وظواهرها الى الأنماط التالية :

1. التعاقبات أو التذبذبات اليومية .
2. التعاقبات المرتبطة بالظواهر القمرية والشمسية .
3. التعاقبات أو التذبذبات الفصلية .
4. التعاقبات الوراثية (الذاتية) .

### أولا . التعاقبات اليومية Daily periods :

لو تتبعنا الحركة اليومية من الصباح الباكر وأثناء النهار وقبل المساء واثناء الليل على مدار اليوم لأي مجتمع من المجتمعات الحيوية المائية أو البرية سواء كانت من النبات أو الحيوانات أو من الأحياء المجهرية ، سوف نجد أن هنالك العديد من التذبذبات والاختلافات التي تحصل على الشكل العام للعديد من المجتمعات من حيث حركة وتجمع افرادها ، مستوى الايض والانتاجية ، سلوك التغذية وانتشار وكثافة الأفراد بالنسبة للحيوانات وغيرها من العوامل . وينسب علماء البيئة والسلوك هذه التغيرات الى مقدار الاستجابة والتكيف الواسع أو الضعيف والمحدود لهذه الاحياء الى عاملين مهمين هما شدة الاضاءة والحرارة التي تتبدل خلال الاوقات التي اشرنا اليها وما يتبع ذلك من عوامل ثانوية مثل الرطوبة و حركة الرياح ومقدار الضغط الجوي وغيرها من العوامل .

لذلك نلاحظ أن الكائنات ذات المدى الواسع تستطيع التواجد طوال اليوم ، بينما الضعيفة الاستجابة تستطيع التواجد لفترات متفاوتة ، بينما المحدودة نجدها في ساعات محددة من اليوم في الصباح الباكر أو أثناء الليل أو لكلا الفترتين فقط من اليوم ، ومن الأمثلة الجيدة التي تحصل في البيئة ما يحصل للعديد من الكائنات المائية حيث تقوم هذه الاحياء بهجرة عمودية يومية تصل في بعض افرادها اكثر من 45 متر لشدة الاشعاع الشمسي وخاصة في البحيرات الصافية ، ويمكن التحقق من ذلك خلال مراقبة انتشار وتوزع العديد من القشريات كالدافينا والعديد من مجدافية القدم مثل *Cyclops sp* والعديد من القشريات ويرقات العديد من الاحياء الاخرى حيث نجدها عند ساعات الصباح الباكر وآخر النهار قرب السطح المائي بينما تبعد الى داخل الجسم المائي اثناء النهار يشاركها في ذلك العديد من الاحياء المائية الاكبر حجما كالصفادع والاسماك الصغيرة الحجم حيث نلاحظ اقترابها من سطح الماء في الجزء الأخير من النهار نتيجة لارتفاع درجة الحرارة التدريجي في العمق وقلة الأوكسجين في الطبقة السفلي . ونفس التغيرات نجدها في بعض الجماعات السكانية التي تشكل المجتمعات البرية فعند مراقبة العديد من الحشرات نلاحظ انتشارها في الحقول اثناء الساعات الاولى من النهار واختفائها نهارا ثم معاودة الانتشار في الجزء الاخير من النهار عندما تصبح درجة الحرارة والرطوبة وشدة الاضاءة جيدة وينطبق ذلك على العديد من الحيوانات الاخرى كأنواع من كالفافيش (الوطواط) التي تظهر ليلا وتختفي نهارا أو بعض الثدييات كخروف الودان (الخروف البربري) الذي نلاحظه في الساعات الاخيرة من النهار وفي الصباح الباكر بينما يختفي اغلب ساعات النهار ، كما تلاحظ هذه الظواهر بشكل واضح في الحيوانات الصحراوية التي يبدأ العديد منها بالحركة والفاعلية اثناء الليل ويختبأ أغلب ساعات النهار . إن جميع التغيرات تؤدي بالنتيجة الى تبدل شكل المجتمع من حيث كثافة وانتشار وتوزع الاحياء كما أن هذه التبدلات تؤثر على العلاقات المتداخلة بين الافراد من حيث شدة التنافس والتزاحم خلال الساعات المحدودة التي تنشط فيها هذه الأحياء ، وعموما يمكن ربط المتغيرات والتعاقبات اليومية مع تأثير العوامل البيئية التي اسماها الباحث Mondshsky بالعوامل الدورية المنتظمة والتي تتمثل بضوء الشمس ودرجة الحرارة .

### ثانيا . التعاقبات المرتبطة بالظواهر القمرية والشمسية Moon and sun periods

من المعروف أن حركة القمر تتغير باستمرار كل شهر حيث يبدأ على شكل هلال ثم يدخل مرحلة التربيع الأول بعدها مرحلة البدر والتربيع الأخير وأخيرا المحاق ، ويرتبط بهذه الحركة والدورة القمرية تغير في مقدار ضوء القمر الواصل الى الأنظمة البيئية . وقد أثبتت الأبحاث العلمية بأن لطول فترة ضوء القمر تأثيرات مماثلة لتأثير شدة الإضاءة الشمسية على نشاط وفاعلية العديد من الاحياء ، ويطلق على مجموع هذه التأثيرات (بالتوافقات القمرية) وتبرز بشكل واضح في مناطق السواحل البحرية وفي مناطق المصبات بشكل خاص حيث تحصل فيها ظاهرة المد والجزر والتي تتمثل بتباين حجم ومقدار ارتفاع منسوب المياه وامتدادها الى اعلى منطقة للساحل اثناء الفترات التي يكون فيه القمر في مرحلة البدر ، حيث سجل العلماء اكبر مقدار للجاذبية

الارضية فى هذه الفترات تؤدى الى ارتفاع منسوب المياه فى البحار (ظاهرة المد) مما يؤدى الى تواجد وتنوع اكبر عدد من احياء المناطق الساحلية وبقائها لأطول فترة زمنية بينما يصبح المد أقل ما يمكن عندما يصبح القمر هلالاً أو فى مرحلة المحاق وبذلك تنسحب المياه وتحصل حالة الجزر وتعود اغلب الاحياء الساحلية الى داخل المياه البحرية أو تختفي داخل تربة الساحل ومكوناتها كنوع من التكيف البيئي نتيجة لتعرضها لأشعة الشمس والجفاف .

كذلك سجلت العديد من الملاحظات من خلال مختلف الدراسات والمشاهدات اليومية عن حصول تغير فى بعض المناطق فى الكرة الارضية كما فى مناطق الدائرة القطبية حيث تحصل ما يسمى بظاهرة الليالى البيضاء التى يبقى عندها ضوء الشمس مستمرا ليلا ونهارا لفترة طويلة تبلغ حوالي شهرا كاملا كما فى مناطق الغابات الروسية الشمالية والخليج الفنلدى وبعض مناطق بطرس بورغ مما يوفر إضاءة طوال 24 ساعة لأحياء المنطقة التى تظهر فيها العديد من المجاميع السكانية المحبة للإضاءة مثل الطحالب والحشرات والقشريات المختلفة والمحاريات والعديد من الاسماك الصغيرة مما يجلب الى المنطقة أعداد كبيرة من الطيور والحيوانات المقترسة للاحياء المائية مثل طيور النورس والبجع وصائد السمك وغيرها الكثير من الحيوانات بالإضافة الى انتعاش الاعشاب والحشائش والشجيرات الصغيرة الموجودة بين الاشجار فى المناطق المفتوحة بسبب حصولها على درجات كافية من الإضاءة وسرعة تكون الازهار ونضج الثمار الصغيرة مما يؤدى الى تغير كبير فى طبيعة التجمع الغابى ومجموعة الحيوانى خاصة ، الحشرات ، الطيور ، الحيوانات التى تتغذى على هذه النباتات ، وبعد انتهاء هذه الفترة التى تشترك فيها الإضاءة الشمسية والقمرية فى التأثير على هذه المجتمعات تعود المنطقة تدريجيا إلى حالة التوازن التدريجي .

### ثالثا : التعاقبات الفصلية Seasonal periods :

من المعروف إن اغلب مناطق العالم تخضع إلى تغير أربع فصول أساسية فى كل سنة هي الشتاء ، الربيع ، الصيف ثم الخريف على التوالي ، وتختلف الظروف البيئية فى كل فصل من هذه الفصول من حيث التغيرات فى درجات الحرارة والرطوبة وكمية الأمطار وطول فترة الإضاءة وسقوط الثلوج فى بعض المناطق وحصول العواصف والأعاصير شتاءً ، أو بالمقابل جفاف ورياح شديدة وارتفاع فى درجات الحرارة وهبوب زوابع ترابية فى أغلب المواقع البيئية فى العالم مما يفرض على الأحياء التعرض إلى هذه التغيرات والتكيف معها الامر الذى يدفع الكثير منها لى الانتشار العشوائى أو التشتت Dispersal وتفكك مجتمعاتها كما يحصل فى مجاميع مختلفة من الطيور والحشرات والأحياء الصغيرة التى تحمل مع تيارات الرياح القوية أو تجرفها الأمطار والسيول وتغير من تركيبها . أو ان هذه الأحياء تتعرض إلى تبدلات مناخية اعتيادية تتمثل فى انخفاض درجات الحرارة أو ارتفاع درجات الرطوبة شتاءً مع حرارة دافئة ورطوبة معتدلة فى الربيع وارتفاع درجات الحرارة وقلة الرطوبة صيفا ثم انخفاض نسبي للحرارة مع تيارات هوائية جافة خريفا فى اغلب مناطق العالم باستثناء المناطق الاستوائية والمعتدلة ، وإذا أضفنا إلى ذلك فترات التداخل بين هذه الفصول ففي مقدمة كل فصل ونهايته سوف يتعرض الكائن الحي إلى ستة فترات فى السنة تؤثر على سلوكه وطرق تجمعه وأنماط معيشته هي :

1. فترة الربيع المبكر	Prevernal Period
2. فترة الربيع المتأخر	Vernal Period
3. فترة الصيف المبكر	Astival Period
4. فترة الصيف المتأخر	Serenity Period
5. فترة الخريف	Period Astival
6. فترة الشتاء	Hymnal Period

وعندما نتابع التغيرات التى تحصل فى المجتمعات النباتية نلاحظ إن العديد من النباتات تكون البراعم أو الأوراق فى خلال فترة الربيع المبكرة ثم الازهار والثمار غير الناضجة فى فترة الربيع المتأخرة وبعد ذلك تبدأ اغلبها بالنضج خلال فترة الصيف المبكر وقليل منها يمتد الى فترة الصيف المتأخر ثم تبدأ هذه الاوراق والثمار المتبقية بالذبول التدريجي فى الخريف المبكر ثم التيبس والتساقط النهائى فى الخريف المتأخر والدخول فى فترة السكون خلال الفترة الشتوية وهذه الظواهر تحصل لبعض النباتات متساقطة الاوراق والنباتات المثمرة والزهرية وحتى فى دائرة الخضرة . بينما نلاحظ أن العديد من الاشجار تكون الثمار والازهار الصغيرة فى الربيع وفترة الصيف ويتم نضجها فى فترة الشتاء كما فى اشجار الحمضيات (الموالح) ونجد بعض النباتات لا تنمو إلا فى درجات الحرارة الباردة كما فى نبات القمح والشعير والذرة وبعض البقوليات ، وعلى العكس

تحتاج العديد من النباتات الى درجات حرارة مرتفعة لكي تنمو كما في اغلب الخضر والفواكه الصيفية ، وهذه المعايير تنطبق كذلك على النباتات المائية التي نجد بعضها في الشتاء والخريف البارد من أنواع من الطحالب الخضراء بينما تزدهر الانواع الاخرى عندما ترتفع درجات الحرارة وتكثر المغذيات وخاصة بعض الطحالب الخضراء المزرققة وحشائش الماء والنباتات الطافية . وهذا التغير في المجتمع النباتي يصحبه تغير في المجتمع الحيواني حيث تنشط اغلب الحيوانات في فترة الربيع وتتكاثر بشكل سريع كما في أنواع الأسماك التي تعطى الطرحه الاول في فترة الربيع المبكر كاسماك الكارب ، ومعظم اسماك الوطن العربي وتعطى الطرحه الثانية في فترة الربيع المتأخر وتكون اعلى الطرحات نتيجة لتوفر المواد الغذائية ودرجات الحرارة الملائمة ، كذلك تنتعش في نفس الفترة القشريات والضفادع والطيور المائية وديدان القاع كما يمكن ملاحظة ذلك على العديد من الاحياء التي تنشط في الفترة الربيعية المبكرة بينما تضطر أنواع من الأحياء الى الهجرة خلال فصول السنة بين الماء العذب والماء المالح كما في أسماك السلمون ، وهجرة طيور النورس شتاءً من المناطق الباردة الى اغلب مناطق آسيا وأفريقيا خلال فترات الشتاء المعتدل مقارنة بالمناطق الشمالية من الكرة الارضية الباردة جدا كما في شمال روسيا وكندا وبعض دول بحر البلطيق ، وكذلك هجرة طائر الزرزور في بداية الخريف المبكر الى نفس المناطق ، كما أن ظاهرة السبات الشتوي أو السبات الصيفي لقسم الأحياء كالضفادع والسحالي والزواحف وحصول الهجرة المعاكسة للعديد من الطيور التي ذكرناها عندما ينتهي فصل الشتاء في مناطق الوطن العربي وتبدأ ملامح فصل الربيع في مناطق الجنوب خير مثال على التعاقبات الفصلية حيث تبدأ هذه الطيور في العودة الى مناطقها الاصلية التي يكون فيها الصيف مناسباً لنشاطها حيث تبدأ بالتعشيش والتكاثر وبذلك تتغير أشكال المجتمعات في الجزء الجنوبي والشمالي من الكرة الارضية في نفس الفترة تقريبا .

كما أن بعض الأحياء يحصل فيها نوع من الهجرة ضمن نفس المنطقة الى البيئات القريبة المجاورة في نهاية الفترة الخريفية وبداية دخول المرحلة الشتوية كانسحاب الحيوانات الرعوية الى الغابات المجاورة أو حتى في الغابة الواحدة نلاحظ تغير في طريقة انتشار الأحياء وانسحاب العديد منها وخاصة بعض اللبائن وبعض انواع من الطيور والحشرات التي تعمل على تغيير طبيعة توزعها من اعلى الأشجار الى الطبقة السفلى في الغابة أو الاختفاء في ثنايا النباتات أو في أجزاء التربة العلوية وغيرها من الاساليب ، ويطلق على مثل هذا النوع من الهجرات الداخلية بالهجرات الدقيقة وهي بالنتيجة تؤدي الى تغير شكل وتركيب المجتمع النهائي للمنطقة البيئية .

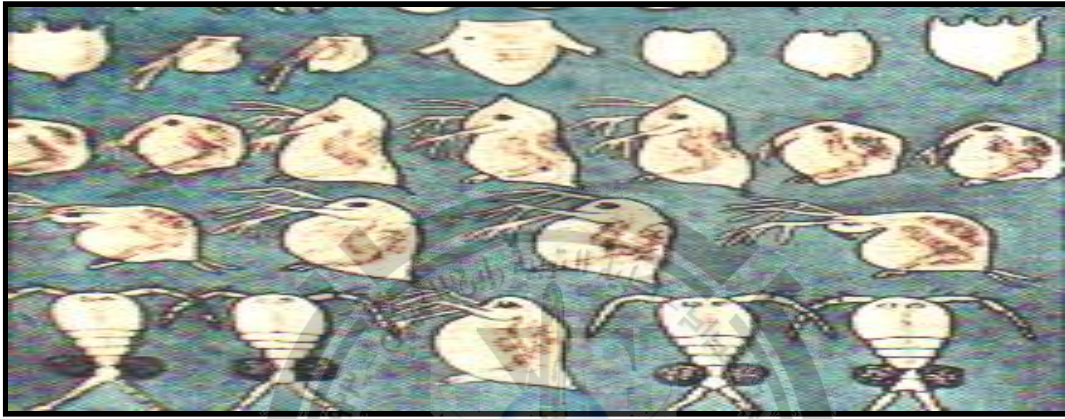
#### رابعاً . التعاقبات الوراثية ( الذاتية ) Genetic periods :

تحصل في العديد من المجتمعات الحيوية تعاقبات وتبدلات لا تخضع للعوامل التي ذكرناها سابقاً أي ليست يومية أو فصلية أو قمرية بل تحصل تحت ظروف محددة وينتج عنها سلوك معين يختص بأفراد محدودة في الجماعة السكانية فمثلاً إذا راقبنا مثل هذه التغيرات في مجاميع الاوالي السوطية من ثنائية الاسواط الدوارية **Dinoflagelates** نجد أن البعض منها يبديل سلوك التغذية من القيام بالتركيب الضوئي الى التغذية الرمية أو الافتراس . كما أن الكثير من أفراد مجاميع الحيوان الهدبي البرامسيوم مثلاً تتحول الى افراد موجهة وتقوم بعملية الاقتران وتنتج عن هذه العملية افراد خصبة بعملية تزاوج وتلقيح بين الحيوانات تحت ظروف معينة ينتج عنها تغيير في عدد وحيوية الافراد الناتجة عن حالة التكاثر بالانشطار البسيط المعروفة في هذا الحيوان ، ومن المشاهدات الحقلية على تغير السلوك الغذائي ماتم ملاحظته في اسماك الكارب العشبي فبعد ان كانت حيوانية أو عامة التغذية في بداية عمرها تتحول الى نباتية بعد مرور ستة اشهر من العمر مما يؤثر بشكل مباشر على طبيعة افرادها من جهة وعلى المجتمع النباتي المائي وحيوية النظام البيئي المائي من جهة اخرى ، ولو تابعنا نفس النوع من الاسماك نجد ان هنالك فوراق زمنية في امتلاك هذه الصفة بين أفرادها .

كما لاحظ بعض الباحثين كم من التغيرات التي تحدث في مجاميع كاملة من الأسماك والحشرات والدواجن والقشريات الكبيرة بالرغم من عدم حدوث تغيرات في البيئة لا فصلية ولا متطرفة ، حيث تقوم هذه المجاميع بأكل بعضها البعض وخاصة الأفراد الصغيرة بظاهرة تسمى الافتراس الذاتي (Cannibalism) أو تقوم بنقر بعضها البعض حتى الموت كما في مجاميع من الطيور أو أن بعض الحيوانات تبدى سلوكاً عدوانياً عندما يظهر شيء في البيئة كالجاذب وتجمع العديد من الحشرات حول مصدر الاضاءة . أو ظهور السلوك العدواني لبعض الحيوانات عند ظهور اللون الاحمر في محيط بيئتها أو زيادة مستوى التزاحم ، كما أن بعض الأحياء تقوم



بإضافة تحورات على حجم الجسم مما يؤثر على الحجم النهائي للمجتمع الذي تنتمي إليه من خلال عملية اختزال أو تحويل الحجم أو إفراز مضادات حيوية تقضى على الكثير من الجماعات السكانية الموجودة معها بعملية تسمى التضاد الحيوي Antibiosis ، ولا يقتصر ذلك على الحيوانات بل تشترك فيه أنواع مختلفة من النباتات كالجت الحجازى أو البرسيم والعديد من الأشجار وقسم من الطحالب المائية مما يؤدي الى اختفاء أعداد كبيرة من الاحياء الموجوده في النظام البيئي . وقد درست ظاهرة اختزال الحجم من قبل العديد من الباحثين امثال (السلمان و Brooks) في الطحالب من أجناس السينديسمس والكلورلا من الهوائم النباتية ، وأفراد جنس الكارا من الطحالب القاعية ، وفي بعض القشريات كالدافنيا والسيبرس والسايكلوبس وغيرها كما في الشكل (3) بينما درس عدد آخر من الباحثين هذه الظاهرة في قسم من اللافقاريات كالقواقع والمحار والديدان وطبقت دراسات أخرى على الفقاريات المائية كالأسمك ، بينما تابع الباحث (Hutchinson) هذه التغيرات فى مجاميع مختلفة من الاوالي وخاصة ثنائية الاسواط الدوارة Dinoflagelates.



شكل (3): أنماط من حالات اختزال الحجم في بعض الأحياء نتيجة لتغير الوسط البيئي .

وعموما ومهما تكن طبيعة التغيرات فى مجتمع الأحياء سواء كانت يومية أو فصلية أو غير محددة فان علماء البيئية والسلوك يرجعونها الى عاملين أساسيين هما :

1. الاستجابة الهرمونية التى تحفز تحت تأثير العوامل الخارجية وتعمل على احداث استجابات محددة تتمثل بالتخفي وتغير اللون والانكماش والانجذاب وغيرها من ردود الفعل الانعكاسية لدى الاحياء المختلفة .
2. امتلاك بعض الأحياء القدرة الذاتية لتنظيم سلوكها والاستجابة للبيئة ومتغيراتها من خلال عملية توافق بين النظم البيوكيميائية وعوامل الوراثة الخاصة بالكائن وعوامل البيئة الخارجية .

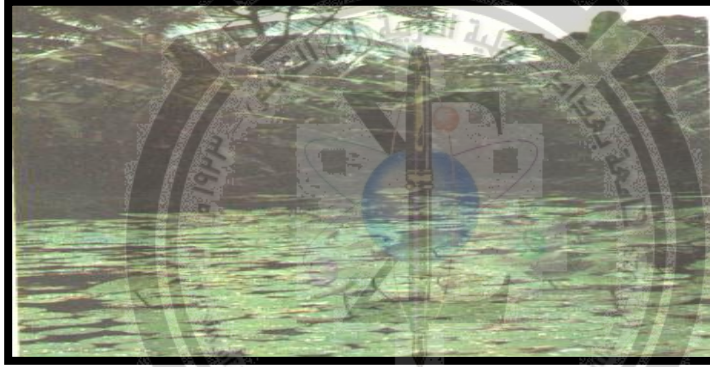
**تنضيد المجتمعات Community Stratification** : يشير الباحث Hutchinson الى أن الشكل العام

للمجتمع الذى ينشأ عن توزيع الكائنات وتفاعلها مع بيئتها يؤدي الى تنوع فى انماط المجتمعات ، وواحدة من هذه الترتيبات التى تحصل للمجتمع هي التمنطق Stratification فى مجاميع الأحياء ، ويقود ذلك الى حصول ظاهرة مهمة فى دراسة المجتمعات الحيوية وفهم التبدلات تسمى بخاصية تنضيد المجتمعات Community zonation . والتي هي عبارة عن اشكال من التنظيم الأفقى او العمودى لحركة أفراد الجماعات السكانية التى يتكون منها المجتمع داخل النظام البيئي والذي يمثل مدى استجابتها لعوامل بيئتها أو تأثير البيئة المجاورة.

والذي يظهر على شكل تركيبات تنعكس على الشكل العام لهذا المجتمع . ومن هنا نجد أننا إذا أردنا دراسة أي مجتمع حيوي ناتج عن التعاقب البيئي (بلغ مرحلة الذروة) ومهما تكن طبيعتها فى كونها ناتجة عن تأثير الذروة المناخية أو تكونت تحت تأثير الذروة المتعددة التى تشترك فيها عوامل التربة والمناخ فانها بالنتيجة تحتوى على تركيبية متجانسة من الكائنات النباتية والحيوانية وما يرافقها من مجاميع الأحياء الأخرى سواءً فى الحياة البرية أو المائية، ونجد كذلك إنها تستطيع تكوين مجتمعات إما رئيسية تتميز بدرجة كبيرة من التنظيم واستمرار مرحلة التفاعل والاستقرار لفترات زمنية طويلة كما نلاحظ فى مجتمعات الغابات والمجتمعات البحرية والبحيرات الكبيرة أو إنها قد تكوّن مجتمعات ثانوية تكون فيها درجة التغير والتبدل المستمر واضحة كما فى بيئة الانهار والمصببات والمراعي والواحات الصغيرة. ومهما يكن من أمر هذه المجتمعات فإن العلماء وجدوا بأنها لا تخضع لنظام تطبق أو تنضيد موحد يعتمد توزيع الأحياء فيه على عامل واحد فقط بل تشترك فيه عديد من العوامل أهمها :

1. حجم الكائنات الحية السائدة في المجتمع وخاصة الأشجار ومقدار المساحة الورقية لهذه النباتات .
2. شدة الاضاءة وطريقة توزيعها على مكونات النظام البيئي ومقدار نفاذها داخل مكوناته .
3. موقع النظام البيئي من خط الاستواء وما يفرضه ذلك من تباين حرارى على مدار السنة وعدد ساعات شروق الشمس وتباين الفصول الأربعة .
4. كثافة الأحياء ودرجة ندرة الماء في النظام البيئي المائي .
5. نوعية وعدد المفترسات والانواع ذات الصفة الاقليمية والسيادة البيئية وطبيعة تحكمها بتركيب المجتمع .
6. خضوع المسطحات المائية التى تنتمى لها المجتمعات لظاهرة التمنطق الحرارى والتنضيد الضوئى Photozonation كما فى بحيرات المناطق المعتدلة والبحيرات ذات العمق الاكثر من 20 متراً .
7. محاولة العديد من الأحياء تقليل التنافس والحصول على المواطن البيئية المتخلفة فى نفس الموقع وتوزيع مصادر الغذاء كما يحصل لأحياء الغابات .

هذه العوامل وغيرها مجتمعة تؤدي الى أن يكون توزيع الأحياء بصورته النهائية لأي نظام بيئي إما أفقياً عندما تكون هذه الأحياء محبة للضوء وتتحمل درجات عالية من الحرارة وبذلك تحتل المساحات العليا او الطبقات السطحية النهائية من المنطقة البيئية كما فى الأشجار والشجيرات والحشائش النباتية والنباتات الطافية فى النظم البرية والمائية المختلفة ، بينما تعمل الكائنات ذات التحمل الضعيف للضوء المباشر ودرجات الحرارة الى التوزع عمودياً سواءً تحت الأشجار الكبيرة أو الشجيرات كما يحصل للأعشاب والأدغال والحزازيات المختلفة واللايكوبوديوات (الصولجانيات) والسراخس والفطريات الكبيرة والعديد من انواع الطحالب وغيرها من الأحياء المختلفة التى تنمو على قاعدة الساق والأجزاء التحتية من الأشجار والنباتات الأخرى كما يظهر فى الشكل (4) .



شكل ( 3 ) أنماط من التمنطق والتنضيد بين مختلف الأحياء فى بيئات مختلفة .

وذاات الشيء يمكن ملاحظته فى النظم المائية حيث نجد أن هنالك نباتات طافية أو نصف غاطسة وأخرى غاطسة تماماً وثالثة عالقة فى الجسم المائى ومجموعة أخرى قاعية الموطن البيئى . وما نجده فى توزيع النباتات ضمن المجتمع الحيوى عمودياً ينسحب كذلك على افراد المجتمع الحيوانى ولكنه يأخذ فى النظم الحيوية أبعاداً أكثر تعقيداً حيث تدخل فيها عوامل عديدة منها :

- 1- التفضيل الحرارى للأحياء داخل طبقات التربة وطبيعة وتوزيع المواد العضوية .
- 2- طبيعة التربة وقوامها النسيج ، كونها خفيفة أو ثقيلة أو حصوية أو طينية أو مزيجية .
- 4- قابلية التحمل للإضاءة وشدة الإشعاع الشمسى وما يرافقها من تغيرات يومية أو فصلية .

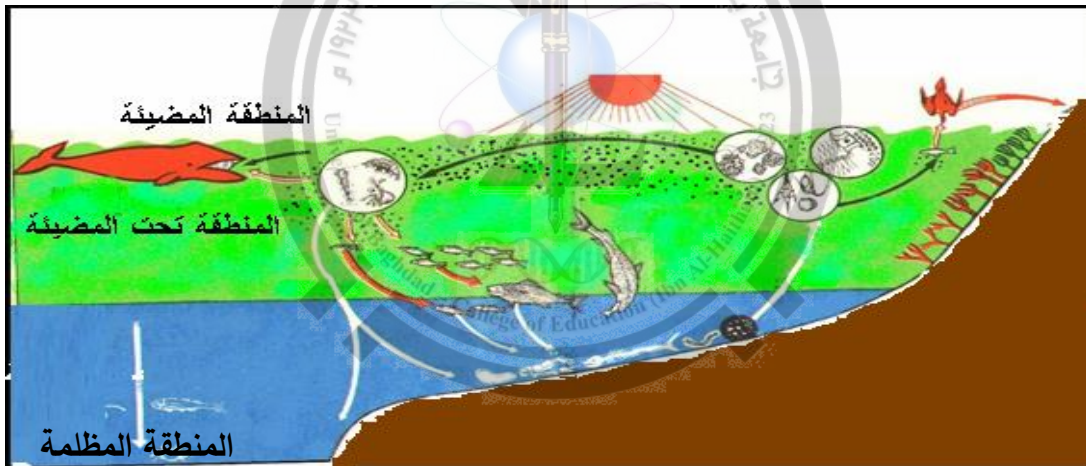
ولذلك نلاحظ بأن بعض الحيوانات تستطيع أن تبقى على سطح التربة أو تحفر لأعماق بسيطة لدفن نفسها أو التخفي تحت بقايا النباتات اثناء النهار أو عمل أنفاق صغيرة أو كبيرة فى التربة كما فى العديد من الحشرات الزاحفة ومجاميع النمل والأرضة ، بينما تعمل أنواعاً أخرى من الحشرات وبعض اللافقاريات كدودة الأرض مثلاً والديدان الخيطية ( النيماتودا) على الدخول بأعماق مختلفة حسب نوع التربة ومقدار الرطوبة والمواد العضوية . أما الحيوانات المحبة للإضاءة وذاات التحمل العالى لدرجات الحرارة فهى تتوزع أفقياً وتشكل مجامع صغيرة أو كبيرة حسب خصائصها السلوكية وطريقة تغذيتها ، وتوجد على شكل قطعان كما فى الاغنام والخيول أو أنها تشكل أسراباً كما فى الطيور المهاجرة والجراد أو تعيش على شكل كتل أو تجمعات صغيرة كما فى القوارض والطيور الكبيرة والجوارح والعديد من الحيوانات الأليفة . بينما فى البيئة المائية ينحصر وجود الكائنات الموزعة أفقياً والمحبة للإضاءة فى مجموعتين أساسيتين هما الهوائى الحيوانية Zooplankton والهوائى النباتية Phytoplankton التى تستطيع المعيشة فى سطح الماء وتأخذ المجامع الأخرى مواطنها

متوزعة عمودياً وتمتاز مجاميع منها بالحركة بين طبقات الماء وتدعى بالسوايح Nekton بينما تستقر القاعيات Benthos في الطبقة السفلى من الجسم المائي . وهذا التباين في التوزيع يعتمد على مجموعة من العوامل بالإضافة الى عامل الاضاءة منها :

1. امتلاك الأحياء لوسائل مختلفة تمكنها من الحركة داخل الجسم المائي .
  2. تحملها للضغط وقلة الأوكسجين في الأعماق البعيدة .
  - 3- تكيفها للمعيشة في البيئات القاعية وقدراتها على التغذية بطريقة الترشيح أو التغذية الرمية.
- ولهذا نجد في هذه المناطق المائية مجموعتين كبيرين من الأحياء الموزعة عمودياً هما مجتمع السوايح بكل أشكاله كالأسماك وطحالب الماء والقشريات الكبيرة واللافقريات المختلفة ومجتمع القاعيات كالأسماك والقواقع والمحاريات والديدان وغيرها ، والشكل التالي يوضح التوزيع الأفقي والعمودي المائي في البيئة البحرية كنموذج لتنضيد الأحياء وتمنطق المجتمعات المائية شكل (5).

### تطبيقات دراسة المجتمعات : Applications of communities study

من خلال دراسة المجتمعات نجد أن العديد من الخصائص التي تتميز بها هذه المجتمعات قابلة للدراسة والتحليل الإحصائي لغرض استخدامها في التطبيقات البيئية كمفهوم الأنواع السائدة والمفترسات والمنتجات ونسبة الأشجار إلى الشجيرات أو المفترسات إلى الفرائس أو حساب مقدار التباين للأنواع الموجودة ضمن كل مجموعة سكانية من سكان المجتمع أو تقدير كمية المواد العضوية المستنفذة أو المضافة ضمن قطاعات المجتمع أو تقدير الإنتاجية الأولية أو صافي الإنتاجية وكذلك إمكانية دراسة عملية انسياب الطاقة بين المستويات الغذائية Trophic levels بين سكان هذا المجتمع كما بينا في دراسة ( ينايغ سلفر) التي قام بها الباحث أودم ، كذلك محاولة معرفة كثافة الأحياء ونسب توزيعها وانتشارها وغيرها من المفاهيم الأساسية في تركيب المجتمعات . و سوف نكتفي بوحدة من أساسيات دراسة المجتمعات ألا وهي عملية تحليل المجتمع Community Analysis والتي تتضمن عملياً العديد من النقاط التي أشرنا إليها . فما هو تحليل المجتمع ؟



شكل(5): عملية توزيع الأحياء المائية وظاهرة تنضيد وتمنطق المياه البحرية .

**تحليل المجتمع الحيوي Community analysis :** إن أية عملية تحليل بمفهومها العام هي البحث في فصل مكونات أية مركب أو مجموعة أو مجتمع أو نظام لمعرفة المكونات الأساسية التي يتشكل منها ونسب هذه المكونات في هذه التركيبة . وبما أن المجتمع الحيوي هو خليط متجانس من عوامل حيوية ممثلة بالأحياء مثل النباتات والأحياء المجهرية والحيوانات وعوامل لا حيوية فيزيائية وبيولوجية وكيميائية وعوامل المناخ ، فإنه بذلك يصبح نظام معقد تتداخل فيه العديد من هذه العوامل وبنسب وتأثيرات مختلفة ، كما سيتم توضيحه في الدراسات اللاحقة من الفصل . وأهم هذه العوامل هي عملية تباين الأنواع وكثافتها وسيادتها والدور الوظيفي الذي تؤديه وينعكس بشكل مباشر على تركيبة واستقرار هذا المجتمع ، ولذا فإن عملية دراسة وتحليل التنوع الحيوي Species diversity تعتبر من أهم أساسيات تحليل بنية المجتمعات الحيوية لأن التنوع يشكل مقياساً مهماً في معرفة مقدار التباين في هذه المجتمعات . وقبل الدخول في تفسير هذا التنوع وكيفية قياسه يجب الإشارة إلى عدة مفاهيم يحتاج إليها الدارس والباحث لتفسير هذه العلاقات أهمها :

1. وفرة أو غزارة الأحياء Abundance : وهي تمثل عدد أفراد الأنواع أو النوع المطلوب للدراسة في وحدة المساحة بالسنتيمتر أو المتر المربع أو الكيلومتر المربع ، أو وحدة الحجم حسب نوع النظام البيئي،

، ويجب تحديد فترة الدراسة من السنة لأن الوفرة تتغير من فصل لآخر نتيجة لتكاثر أو هجرة أو موت العديد من الأفراد ويمكن حسابها من المعادلة التالية :

$$\text{عدد أفراد النوع المدروس} = \frac{\text{الوفرة أو الغزارة}}{\text{مجموع أفراد المجتمع الكلي}}$$

2. **التكرار أو التردد Frequency** : ويمثل التكرار النسبة المئوية لأفراد النوع الخاضع للدراسة إلى عدد الأفراد الكلي (أفراد مجموعة هذا النوع) . ويمكن حسابه وفقاً للمعادلة التالية :

$$F = \frac{n \times 100}{P}$$

حيث أن n : عدد أفراد النوع المطلوب للدراسة في العينة . و P : عدد الأفراد الكلية للعينة لأنواع المختلفة .

3. **تساوي الأنواع Species evenness** : ويستخدم مفهوم تساوي الأنواع عندما تكون لدينا عينات تم دراستها لمجاميع مختلفة من مجتمع الأحياء ويحدث أن يكون فيها عدد الأنواع متساوي ، مثلاً الأشجار الكبيرة تتكون من 10 أنواع ووجد أن الشجيرات تتكون من 10 أنواع كذلك .

4. **سيادة الأنواع Species dominance** : تدعى الأنواع التي تعمل على تحويل أو تعديل شكل المجتمع البيئي وتركيبته السكانية بالأنواع السائدة Dominants وهذا التأثير يأتي من خلال كونها كبيرة الحجم كما في الأشجار الكبيرة التي تمنع الإضاءة بدرجة مميزة أو الحيوانات الكبيرة التي تحتل معظم المساحة كالحوت الأزرق مثلاً أو الفيلة ، أو أنها شديدة الاقتراس والإقليمية كالصقور والعقاب من الطيور أو الأسود والنمور من الثدييات لأن وجودها يعمل على تغيير في تركيبه وتنظيم المجتمع . ولغرض تحديد هذه السيادة يجب استخدام بعض العلاقات التي تحدد درجة قوتها وأهمها :

عدد أفراد النوع المدروس

$$1- \text{الكثافة أو الوفرة النسبية للنوع} = \frac{\text{مجموع أفراد لأنواع الأخرى في المجتمع}}{100} \times 100$$

2- **السيادة النسبية للنوع المدروس Relative dominance** : المساحة التي يشغلها النوع المدروس

$$= \frac{\text{مجموع المساحات المشغولة من قبل الأنواع الأخرى}}{100} \times 100$$

وتستخدم هذه العلاقة في الغالب لدراسة الغطاء النباتي (المجتمع النباتي) لأنه أكثر وضوحاً واستقراراً من المجتمعات الحيوانية ، فعلى سبيل المثال لدينا مرعى أو غابة ونقول أن النوع (A) يشغل 42% من المساحة العامة بينما الأنواع B , C , D , E تشغل 58% من المساحة العامة للنظام البيئي .

3- **ثابت النوع Species constance** :

يعبر عن ثبات النوع بمقدار النسبة المئوية للعينات التي وجد فيها هذا النوع من مجموع العينات التي شملتها الدراسة ويحسب رياضياً من العلاقة التالية :

$$C = \frac{B \times 100}{P}$$

حيث أن C تمثل ثابت النوع و B : تمثل عدد العينات التي وجد فيها النوع و P : تمثل عدد العينات الكلي المشمولة بالدراسة.

وتوصف الأنواع بأنها ثابتة أو مقيمة أو أساسية في المجتمع إذا كانت قيمة (C) أكبر من 50% وأنها أنواع مساعدة للمجموعة الأولى إذا كانت قيمة (C) تقع بين 25% و 50% ، وتعتبر الأنواع مرافقة للأنواع الأساسية عندما تكون نسبة ثباتها أقل من 25% من مجموع العينات . وبالنظر لاختلاف المجتمعات البيئية البرية و المائية في طبيعة اتصالها مع المجتمعات الأخرى وكونها تحتوي على تجمعات حيوية متميزة منفصلة (مغلقة) أو متداخلة مع المجاميع المجاورة لها فإن الباحث Odum يقترح طريقتين للقيام بإجراء دراسات تحليلية للمجتمعات الحيوية هما :

1- **الطريقة المنطقية Zonal approach** :

وتستخدم هذه الطريقة لدراسة المجتمعات المنفصلة والتميزة في مجتمعاتها الأحيوية بحيث يمكن تقسيم المساحة إلى مناطق وقطاعات وأخذ عينات ممثلة لعموم المجتمع على أساس أن توزيع الأحياء فيها يكون متجانس ويمكن الاعتماد على مقدار التكرار والكثافة في حساب التنوع 2- طريقة التحليل

### المتدرج Gradient analysis :

وتستخدم هذه الطريقة في دراسة المجتمعات المتداخلة والتي يحدث فيما بينها مناطق انحدار أو تدرج بيئي وتداخل بين أفراد أنواعها ، لذلك تدرس مجاميعها السكانية على محور أو مدرج بيئي يراعى فيه تكرار التوزيعات ودرجات التشابه والاتصال بين الأنواع والجماعات ، وقد وجد من خلال الدراسات التي قام بها بعض الباحثين بأنه كلما كان المدرج البيئي أشد انحداراً كانت المجتمعات البيئية أكثر وضوحاً وانفصالاً وبالعكس . مثلاً وجد الباحثون (1967 Wattaker *et al*) بأن التدرج البيئي في منطقة الوادي وحافة القمة في منطقة Great Smoky Mountin Park يمر بخمسة مناطق وأنماط بيئية مختلفة على أساس التلون الخريفي للأشجار Autumn ، هي غابة ظليلة متعددة الألوان وغابة شوكران خضراء داكنة وغابة بلوط حمراء داكنة ومناطق خضراء من بلوط بني محمر ، غابة صنوبر خضراء فاتحة الحافات ، لذلك يمكن اعتبار كل من هذه المناطق الخمسة نموذج لمجتمع منفصل يمكن تحليله وفقاً لذلك . ومن الأمثلة التطبيقية لدراسة وفحص تركيب المجتمع ما وجدته الباحثون في الطبقة العليا من طبقات التربة عند تحليلهم لمجتمع الغابات ، ومنها دراسة الباحث Daubenmirc 1947 التي تناولت كائنات التربة لهذه الغابة ووجد أنها تنقسم إلى عدة طبقات تسمى كل منها أفق Horizon وتبدأ بالطبقة العليا أو الأفق (A) وهي تمثل التربة السطحية أو قشرة الأرض والتي تمثل بيئة الجذور النباتية والخيوط الفطرية ، كما تتواجد فيها أعداد كبيرة من الفطريات والأولى المجهرية وكمية من الطحالب التي تنمو في الترب الرطبة ، كما يتكون فيها أنواعاً كثيرة من الحيوانات الحفارة مثل الديدان الحلقية والعديد من الحشرات والرخويات وديدان خيطية وزواحف وقوارض وغيرها الكثير . كما تتميز هذه المنطقة باحتوائها على كميات وفيرة من الدبال Humus والذي يمثل المواد العضوية النباتية والحيوانية المتحللة . والجدول (4) يبين توزيع هذه الأنواع المختلفة في ترب الغابات التي تم دراستها من مصادر مختلفة .

جدول (4) تحليل مجتمعات التربة بمناطق الغابات يبين الوفرة النموذجية للأحياء الدقيقة واللافقاريات

نوع الكائن الحي	الوفرة أو الكثافة	مصدر المعلومات
البكتريا	109 لكل جرام	Tepper 1969
فطريات	5000.000 لكل جرام	Tepper 1969
أوالي حيوانية	500.000 لكل جرام	Tepper 1969
طحالب	200.000 لكل جرام	Tepper 1969
ديدان خيطية	200.000 لكل جرام	Clarke 1954
رخويات	20.000,000 لكل متر مربع	دائرة المعارف البريطانية
عديدة الأرجل	50.000 لكل فدان	دائرة المعارف البريطانية
ديدان حلقية	1.000,000 لكل فدان	دائرة المعارف البريطانية
مغطيات الأرجل	1.000.000 لكل فدان	Clarke 1954

ولغرض تطبيق دراسة وفرة وانتشار أنواع الكائنات الحية في أية نظام بيئي فقد وضع علماء البيئة دليلاً عاماً يمكن تعميمه في دراسة مختلف المجتمعات الحيوية لمعرفة النسبة المئوية للأنواع في هذه المجتمعات وفقاً للقانون التالي :

$$\text{النسبة المئوية للنوع} = \frac{\text{عدد أفراد النوع المدروس}}{\text{العدد الكلي لكائنات المجتمع}} \times 100$$

وتوصف وفرة الأنواع Species Abundance في هذا المجتمع وفق الجدول التالي :

جدول (5) النسب المئوية المعتمدة بينياً في حساب وفرة الأنواع لمجتمع الأحياء .

الرمز	النسبة المئوية	درجة الوفرة
D	< 95% من المجموع الكلي	Dominant النوع السائد
A	> 51-95%	Abundant النوع الوفير
C	10-50%	Common النوع الشائع
F	1-10%	Frequent النوع المتكرر
R	0.5 - 1%	Rare النوع النادر
Vr	> 0.5%	Very rare النوع النادر جداً

ويميل بعض العلماء وخاصة علماء بيئة النبات إلى استخدام مفهوم معامل (السيطرة) أو معامل (الغزارة - السيطرة) ومن الذين وضعوا هذا المفهوم عالم النبات Braun Bianquet حيث وضع خمسة درجات لسيطرة النبات أو معالم غزارته في المجتمع البيئي على أساس مقدار انتشاره في المساحة المخصصة لمجتمع الغابة ، أو المنطقة المدروسة ، فمثلاً يصبح النوع النبات سائداً إذا سيطر على ثلاثة أرباع المساحة المدروسة ، وهكذا توصف الأنواع الأخرى حسب درجة استحواذها وسيطرتها على نصف أو ربع أو أقل من ربع المساحة المدروسة .

# تلوث البيئة Environmental Pollution

- يعرف التلوث البيئي بأنه كل تغير كمي أو كيميائي في مكونات البيئة الحية وغير الحية والذي لا تستطيع الأنظمة البيئية استيعابه من دون أن يختل توازنها والتلوث لهذا المعنى متنوع المسببات بيولوجياً أو كيميائياً أو فيزيائياً مما يسبب في انتشار الملوثات وبنسب مختلفة في الهواء والماء والترربة..
- وبذلك فقد اتفق العلماء على تعريف تلوث البيئة بأنه :- ( يشمل الإخلال بالتوازن الطبيعي لمكونات البيئة الذي يؤثر في حياة الكائنات الحية ) .

ويعرف التلوث البيئي بأنه التغيرات غير المرغوبة التي تحصل في محيطنا أهمها التي تنتج من نشاطات الإنسان ومن خلال التأثيرات المباشرة وغير المباشرة في تغير شكل الطاقة ومستويات الإشعاع والبيئة الكيميائية والطبيعية للكائن الحي . وهذه التغيرات سوف تؤثر بصورة مباشرة في الإنسان أو من خلال تزويده بالماء والزراعة والمنتجات الحية أو المواد الطبيعية أو الممتلكات أو من خلال المجالات الترفيهية أو الإعجاب بالطبيعة

ويعتقد أن المشاكل البيئية ومنها التلوث هي خلاصة ثلاث تفاعلات أو تداخلات :-

- 1- الزيادة في استخدام المنتجات والتقنية التي تولد تلوثاً كثيراً .
  - 2- سوء استخدام الموارد .
  - 3- زيادة معدل النمو السكاني
- يمكن تقسيم الملوثات كما يلي:
  - الملوثات بحسب مصدرها
  - الملوثات الطبيعية :- وهي التي تنتج من مكونات البيئة ذاتها دون تدخل الإنسان وتشمل الغازات الناتجة من البراكين كثنائي أكسيد الكبريت ، الاملاح في المياه ، دقائق الغبار في الهواء أو قد تكون ظواهر طبيعية كالحرارة والإشعاع.
  - الملوثات التكنولوجية والصناعية :- وهي التي تتكون نتيجة لما استحدثه الإنسان في البيئة من تقنيات وما ابتكره من اكتشافات كذلك الناتجة عن الصناعات المختلفة والتفجيرات النووية ووسائل المواصلات.
  - ملوثات بشريه وفضلات حيوانيه :- وتشمل ما يطره الإنسان من فضلات نتيجة نشاطاته اليومية كالمولوثات الناتجة عن المدن والمجمعات السكنية التي تشمل مياه المجاري بما تحويه من المواد العضوية بدرجة رئيسية وكذلك تشمل الفضلات الحيوانية ، والجدير بالذكر ان هذه الملوثات بطبيعتها تزداد بازدياد عدد السكان بارتفاع مقدار ومعدل حاجاتهم المعيشية).
  - تقسم الملوثات بحسب طبيعتها
  - الملوثات ذات الطبيعة الفيزيائية :- وهي ظواهر فيزيائية مادية وتشمل الإشعاع ( وهو اشد خطراً على البيئة والإحياء ) والحرارة والضوضاء والاهتزازات والأمواج الكهرومغناطيسية ، وهذه الملوثات تتداخل مع الخصائص الفيزيائية لعناصر البيئة أو المادة الحية.
  - الملوثات ذات الطبيعة الكيماوية :- وهي مجموعة واسعة من الملوثات الأكثر انتشاراً في البيئة ، وتشمل عدداً كبيراً من المواد الطبيعية كالنفط ومشتقاته والزيوت والشحوم والسموم الطبيعية والرصاص والزنك والغازات المتصاعدة من البراكين وعدداً كبيراً من المواد المصنعة كالمبيدات والكيماويات الزراعية والفضلات الصناعية من الأحماض والأملاح

والقواعد والحرائق وعوادم السيارات والمصانع وكذلك الجسيمات الدقيقة الناتجة من مصانع الاسمنت والكيماويات السائلة عندما تلقى في التربة أو الماء.

• **الملوثات الإحيائية :-** وهي كائنات حية مجهرية في الغالب وتعمل على تغيير بعض الصفات أو الخصائص البيئية عند وجودها فيها أو ذات إضرار بصحة الإنسان أو الإحياء الأخرى ، وهي على وفق الأسس العلمية لعلم البيئة فإنها تعد من المكونات الإحيائية الطبيعية ، ومنها ما هو طفيلي يعيش في أمعاء الإنسان أو الحيوانات وقد يسبب حالة مرضية كما هو الحال بالنسبة للطفيليات المعوية أو ليس له تأثير صحي ضار كما في حالة العديد من البكتريا المعوية ، وقد أدت ممارسات الإنسان الخاطئة تجاه البيئة مثل طرح الفضلات البشرية في الأنهار أو رمي الحيوانات الميتة في المصادر المائية إلى خلق مشاكل بيئية وصحية عديدة وبالتالي تحمل هذه الأحياء إلى ملوثات بيئية ولذلك فإن تعبير الملوثات الإحيائية يقتصر على المسببات المرضية فقط كالبكتريا والطفيليات والفطريات والفيروسات وغيرها .

### أنواع التلوث البيئي:

هناك ثلاثة أنواع رئيسية للتلوث البيئي:

- |                |                 |
|----------------|-----------------|
| 1. تلوث الهواء | Air pollution   |
| 2. تلوث المياه | Water pollution |
| 3. تلوث التربة | Soil pollution  |

### الملوثات الأولية Primary Air Pollutants

ويقصد بالملوثات الأولية الملوثات التي تنبعث من المصادر مباشرة إلى الهواء وأهم هذه الملوثات هي:  
أ. الأكاسيد : وهي الناتجة عن حرق الوقود الأحفوري مثل الفحم الحجري والنفط والغاز الطبيعي حرقاً كاملاً وينتج عن ذلك :

1. ثاني أكسيد الكربون .2. بخار الماء .3. ثاني أكسيد الكبريت .
4. أكاسيد النيتروجين ( $NO, NO_2, N_2O$ ) والتي يرمز لها بصفتها مجموعة ( $NO$ ) .
5. إضافة إلى العناصر الثقيلة التي تكون بحالة غازية أو صلبة دقيقة مثل :  
الزرنينخ ( $As$ ) والكاديوميوم ( $Cd$ ) والرصاص ( $Pb$ ) والزنينق ( $Hg$ ) .  
وعندما يكون الاحتراق غير كامل ينتج : أول أكسيد الكربون دقائق عالقة من الكربون العنصري والعضوي هيدروكربونات عديدة الحلقات .

### ملوثات الهواء الثانوية Secondary Air Pollutants

مثل : الضبخن والأوزون والمطر الحمضي ، وهي ناتجة من تفاعل الملوثات الأساسية للهواء مع بعضها بعضاً أو مع ملوثات أخرى أو مع الماء ، أو مع أشعة الشمس .

مصادر تلوث الهواء من حيث حركتها :

وتتمثل مصادر تلوث الهواء فيما يأتي : \* المصادر الثابتة \* المصادر المتحركة  
أ. المصادر الثابتة :

\* المصانع :

– وينتج من أنشطتها ملوثات عديدة ، تتمثل هذه الأنشطة بعمليات تصنيع المواد الفلزية ومصانع تكرير النفط وإنتاج الأسمدة والمركبات العضوية .

– حرق الأخشاب والغابات والوقود الأحفوري ، مصانع المنظفات ومصانع إنتاج الحموض الأملاح والقواعد والغازات .

\* محطات توليد الطاقة :

– وهي التي تستخدم – على الأغلب – الوقود الأحفوري كالفحم الحجري والنفط عند معالجتها وتكريرها وحرقتها وتساهم أيضاً مخلفاتها في تكون الملوثات الثانوية بشكل عام .

– إن استخدام المواد المشعة في محطات توليد الطاقة له اثر طويل الأمد في النظام البيئي ، كما أنها تسبب تلوثاً حرارياً عن طريق إضافة كمية من الحرارة للماء عند استعماله في التبريد .

ب. المصادر المتحركة :

تتمثل في وسائط النقل البرية والبحرية والجوية ، وتعمل هذه المصادر على رفع تركيز الملوثات في مناطق معينة محدثة ظواهر تلوث بيئية مثل : الأوزون ، المطر الحمضي ، الضبخن .



**الغلاف الجوي ومكوناته:** يحيط بالكرة الأرضية غلاف من الغازات المتنوعة يدعى بالغلاف الجوي أو يدور مع الأرض ويتميز بالخصائص التالية :

- هو مزيج من الغازات، وفي مقدمتها النيتروجين (78%) والأكسجين (21%) ومجموعة من الغازات النادرة بنسبة (1%) وكمية ضخمة من غاز الفحم أو ثاني أكسيد الكربون وبخار الماء والغبار . وإذا كانت نسب هذه الغازات ثابتة تقريباً في الجو القريب من سطح الأرض فإنها تختلف في الطبقات العليا : فالأكسجين يخف بعد 5 كلم ارتفاع والأجسام الغريبة كبخار الماء والغبار تختلف في الطبقات العليا كما يكثر الهيدروجين والمليوم في نهاية الغلاف الجوي .
- تختلف كثافة الغلاف الجوي بين المناطق القريبة من سطح الأرض والمناطق الجوية العليا ، فالكيلومترات الخمسة الأولى المحيطة بنا تحتوي على نصف وزن الغلاف الجوي ، وبالتالي فإن الكثافة تقل تدريجياً كلما ارتفعنا في الفضاء حيث يتخلل الهواء ويتحلل إلى أيونات على ارتفاع 80 كلم تقريباً عن سطح الأرض .
- يمتص الغلاف الجوي قسماً من الحرارة التي تحتويها أشعة الشمس ويحتفظ بقسم منها ويعكس القسم الآخر . تحتوي الأشعة الشمسية ، كما هو معروف ، على طاقة حرارية وأخرى ضوئية وثالثة كيميائية تسهم في عمليات كثيرة تتم على سطح الأرض أو لها التمثيل تنعكس نسبة 40% من أشعة الشمس الواصلة إلى الأرض وتصطدم بالغلاف الجوي ، وينتشر 17% منها في الجو ويصل 43% إلى سطح الأرض ، الذي يعكس بدوره 10% منها وتمتص الباقي سطوح الأرض من يابسة ومسطحات مائية وهي بدورها تعكس جزءاً منه عند غروب الشمس .
- تختلف كمية الحرارة في الغلاف الجوي وعلى سطح الأرض بين خط الاستواء والقطبين ، والسبب في ذلك يعود إلى درجة انحناء أشعة الشمس لدى وصولها إلى سطح الأرض ، ثم أن الأشعة تقطع مسافة أكبر في الغلاف الجوي نحو المناطق القطبية ، من تلك التي تقطعها في غلاف المناطق الاستوائية .

### • طبقات الغلاف الجوي طبقاً للتوزيع الرأسى لدرجات الحرارة

• تروبوسفير (Troposphere)

وهي الطبقة السفلية من الغلاف الجوي أي أقرب الطبقات من سطح الأرض وهي مجال السحب والعواصف وحركات الرياح والتباين الجغرافي والموسمي للمناخ، أي إنها الطبقة التي تحدث فيها تغيرات المناخ، وتبلغ سماكتها حوالي (8كم) عند القطبين وتصل إلى (18كم) عند خط الاستواء، وفي هذه الطبقة الضغط والكثافة تتناقص سريعاً مع الارتفاع، كما تتناقص درجة الحرارة بمعدل ثابت مقداره حوالي (6.5 درجة مئوية لكل 1كم) أي أنها تصبح حوالي (20 درجة مئوية تحت الصفر) على ارتفاع (5.5 كم) وينخفض الضغط الجوي إلى (500 مللي بار) ويتوالي انخفاض درجة الحرارة لتصل إلى (57 درجة مئوية تحت الصفر) عند ارتفاع (11كم)، هذا النطاق من الغلاف الجوي، الممتد من سطح الأرض إلى حيث تتوقف درجة الحرارة عن الانخفاض، يطلق عليه التروبوسفير ((Troposphere، جاءت هذه التسمية من الكلمة اليونانية تروبين ((Tropein، وتعني التغير، وكلمة سفير ( Sphere) غلاف أي أن التروبوسفير، تعني، الغلاف المتغير.

• ستراتوسفير (Stratosphere)

• ( وهي طبقة جافة وأقل كثافة لشدة التفاعلات التي تحدث بها وتحتوي مع طبقة التروبوسفير على نسبة (99%) من الهواء وهي تنقسم إلى قسمين:

• الطبقة السفلى (السلفيتوسفير): أي الطبقة الغازية الكبريتية التي تحتوي على جزيئات عالية من الكبريت بارتفاع حوالي (13كم).

• الطبقة العليا (الأوزونوسفير): تحتوي على غاز الأوزون الذي ينتج باتحاد ثلاث ذرات من الأكسجين بالتفاعل مع الأشعة التي تنبعث من الشمس والتي تحتوي على الأشعة فوق البنفسجية، وأشعة جاما والأشعة السينية وتعمل طبقة الأوزون كمرشح يمنع وصول الأشعة الضارة والفتاكة إلى سطح الأرض والتي تسبب الأمراض القاتلة.

• تعمل طبقة الأوزون على منع تسرب الأشعة فوق البنفسجية إلى سطح الأرض، فتمتص (99%) من الأشعة فوق البنفسجية ويتبدد الباقي في الطبقات العليا ولا تسمح إلا بمرور كمية مناسبة من الأشعة فوق البنفسجية لتوفير ظروف

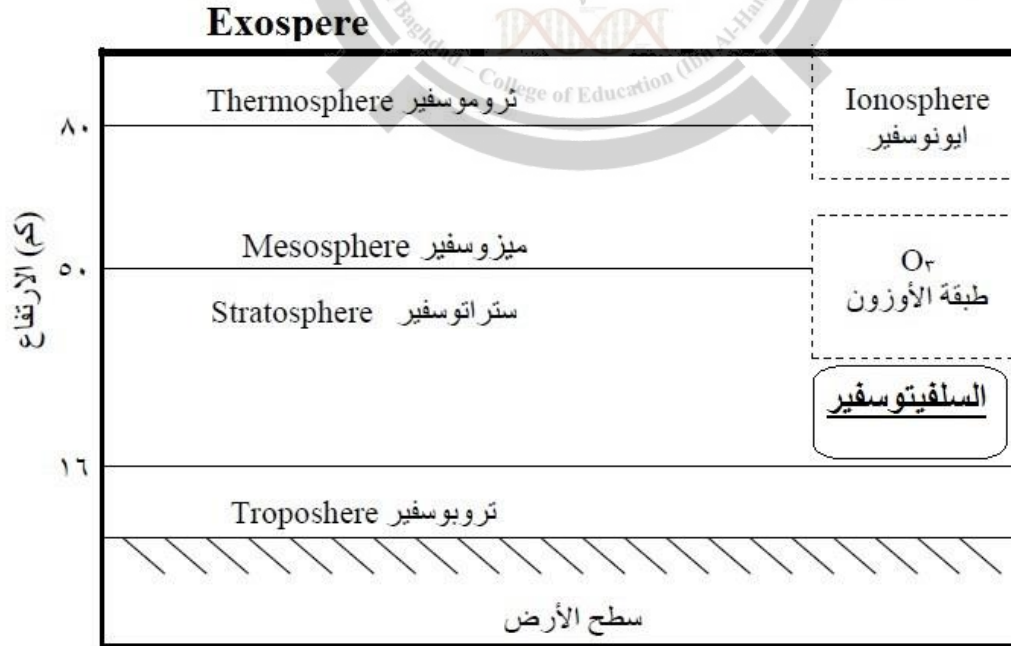
صحية للكائنات على سطح الأرض، وتختلف نسبة الأوزون من وقت لآخر على مدار السنة، ويعتبر الأوزون الدرع الواقي الذي يمنع وصول الإشعاعات فوق البنفسجية، ولو نقص الأوزون لتعرضت الحياة للخطر ولتأثرت حرارة طبقة التروبوسفير وأحدثت تغيرات مناخية. يعمل الأوزون على تسخين الهواء هناك بسبب امتصاصه الأشعة فوق البنفسجية. طبقة دقيقة تمتاز كسابقتها بانقلاب في اتجاه تغير درجة الحرارة،

• **ميزوسفير Mesosphere**: وتسمى الطبقة الغازية و تقع علي ارتفاع (80 \_ 85 كم) من سطح الأرض وتتميز هذه الطبقة بما يلي:

درجة الحرارة في الميزوسفير تقل مع الارتفاع وعند أعلى الميزوسفير تكون البرودة أقصى ما يمكن حوالي ( 90 درجة مئوية تحت الصفر ) وهي أقل درجة حرارة للغلاف الجوي في كافة الطبقات. و ظهور (الومضات المضيئة ) وتتحكم في الشهب والنيازك التي ترد من الفضاء الخارجي حيث تحترق (تتلاشي) فيها معظم الشهب الهاوية إلي الأرض.

• **ثيرموسفير Thermosphere**: وهي الطبقة الممتدة بين ارتفاعي (80 – 800 كم) وهي طبقة ساخنة فوق الميزوسفير وتحدث فيها تبدل حاد في درجات الحرارة بين الليل والنهار، وتتميز هذه الطبقة بارتفاع درجة الحرارة بدرجة كبيرة نظرا لوجود الأكسجين الذي له القدرة أيضا على امتصاص حزم أخرى من الأشعة فوق البنفسجية ( من 0.17 – 0.30 ميكرون ) ويتحول جزء من هذه الأشعة عند امتصاصها إلى طاقة كيميائية تحلل الأكسجين الذري إلى جسيماته الكهربائية اللازمة لإتمام عمليات التأين التي تتم في هذه الطبقة وذلك تحت ضغوط منخفضة جدا، كما يتحول البعض الآخر إلى طاقة حرارية هي ألزم ما يكون لرفع درجة حرارة تلك الطبقات وحفظ التوازن الحراري فيها، وهذه الطبقة تتميز بخفة غازاتها حيث يسود فيها غازي الهيدروجين والهليوم وتطلق الغازات بهذه الطبقة الكترونات بفعل الموجات القصيرة من أشعة الشمس مما يسبب تحول ذرات الغازات إلى أيونات والتي يمكن لذلك تسميتها بطبقة الجو المؤين Ionosphere والتي تتميز بشحناتها الكهربائية مما يجعلها وسطا موصلا للكهربائية.

**إكزوسفير Exosphere**: تمتد هذه الطبقة بعد الترموسفير حتى تتلاشى في الفضاء الكوني، أي تمتد بين ارتفاعي 800 إلى أكثر من 1000 كم نحو الفضاء الكوني الذي بين الكواكب والشمس والنجوم بعضها البعض ... وهنا توجد الذرات والايونات ، وليس بينها أي تجاذب . ولذا لا ينتشر الصوت العادي لان المسافات بين مكونات الهواء تكون مساوية تقريبا لأطوال الموجات الصوتية أو حتى أكبر منها وإذا تيسر للإنسان أن يجاوز هذه الطبقة إلى الفضاء الكوني فإنه يرى الكون مظلمًا حوله حيث لا يتشتت ضوء الشمس ولا يضيئ سوى الجزء الذي تسقط عليه الأشعة فقط.



(طبقات الغلاف الجوي)

تلوث الهواء

مقدمه: الهواء هو ذلك الجزء من الغلاف الجوي الأقرب إلى سطح الأرض والذي عندما يكون جافاً وغير ملوث فإنه يتكون من عدة غازات أهمها غاز النتروجين الذي يؤولف 78.09% منه وغاز الأوكسجين الذي يؤولف ما نسبته 20.94% والاركون بنسبة 0.93% وثاني أوكسيد الكاربون بنسبة قليلة جداً لا تزيد في الهواء النقي على 0.032% وهذه الغازات الأربعة تكون في مجموعها 99.99% من حجم الهواء. إضافة إلى غازات أخرى كالنيون والهليوم وغيرها. فالهواء يمكن عده ملوثاً عند اختلال التركيب أو التركيز لواحد أو أكثر من المكونات الطبيعية الغازية للهواء الطبيعي سواء كان هذا التغيير بالزيادة أو النقصان ، أو ظهور غازات أو أبخرة أو جسيمات عالقة عضوية وغير عضوية ، أو غيرها تشكل إضراراً على عناصر البيئة وتحدث خللاً في نظامها الايكولوجي<sup>0</sup>. وقد عرف خبراء منظمة الصحة العالمية (WHO) تلوث الهواء بأنه الحالة التي يكون فيها الجو خارج أماكن العمل محتوياً على مواد بتركيزات تعد ضارة بالإنسان أو بمكونات بيئته.

## مصادر تلوث الهواء :

هناك مصدرين لتلوث الهواء :-

مصادر طبيعية	مصادر غير طبيعية
--------------	------------------

أولاً: مصادر طبيعية:- وهذه لا دخل للإنسان بها أي أنه لم يتسبب في حدوثها ويصعب التحكم بها وهي تلك الغازات الناتجة من البراكين وحرانق الغابات والأترربة الناتجة من العواصف وهذه المصادر عادة تكون محدودة في مناطق معينة ومواسم معينة وأضرارها ليست جسيمة إذا ما قورنت بالأخرى. ومن الأمثلة لهذه الملوثات الطبيعية :

- 1- غازات ثاني أكسيد الكبريت ، فلوريد الهيدروجين ، وكلوريد الهيدروجين ، المتصاعدة من البراكين المضطربة .
- 2- أكاسيد النيتروجين الناتجة عن التفريغ الكهربائي للسحب الرعدية.
- 3- كبريتيد الهيدروجين الناتج من انتزاع الغاز الطبيعي من جوف الأرض أو بسبب البراكين أو تواجد البكتيرية الكبريتية.
- 4- غاز الأوزون المتخلق ضوئياً في الهواء الجوي أو بسبب التفريغ الكهربائي في السحب.
- 5- تساقط الأترربة المتخلفة عن الشهب والنيازك إلى طبقات الجو السطحية.
- 6- الأملاح التي تنتشر في الهواء بفعل الرياح والعواصف وتلك التي تحملها المنخفضات والجيئات الجوية وتيارات الحمل الحرارية من التربات العارية.
- 7- حبيبات لقاح النباتات .
- 8- الفطريات والبكتريا والميكروبات المختلفة التي تنتشر في الهواء سواء أكان مصدرها التربة أو نتيجة لتعفن الحيوانات والطيور الميتة والفضلات الأدمية .
- 9- المواد ذات النشاط الإشعاعي كتلك الموجودة في بعض تربيات وصخور القشرة الأرضية وكذلك الناتجة عن تأين بعض الغازات بفعل الأشعة الكونية.

ثانياً: المصادر الغير طبيعية: وهي التي يحدثها أو يتسبب في حدوثها الإنسان وهي أخطر من السابقة وتثير القلق والاهتمام حيث أن مكوناتها أصبحت متعددة ومتنوعة وأحدثت خللاً في تركيبة الهواء الطبيعي وكذلك في التوازن البيئي. و بالإمكان تخفيض الضرر الناتج عنها وأهم تلك المصادر: 1- استخدام الوقود في الصناعة. 2- وسائل النقل البري والبحري والجوى. 3- النشاط الإشعاعي.

## ملوثات الهواء وأضرار تلوث الهواء على الإنسان:-

أ- غازيه . ب-صلبة او سائله: مثل الدقائقات بأنواعها /كمافي الجدول التالي

( 1 ) غاز أول أكسيد الكربون	( 2 ) غاز ثاني أكسيد الكربون	( 3 ) غاز كبريتيد الهيدروجين
( 4 ) غاز ثاني أكسيد الكبريت	( 5 ) غاز ثاني أكسيد النتروجين	( 6 ) الرصاص
( 7 ) مركبات الكلورو فلورو كربون	( 8 ) بعض الشوائب والمواد العالقة	( 9 ) الكائنات الدقيقة أو الميكروبات

### ( 1 ) غاز أول أكسيد الكربون : Carbon monoxide CO:

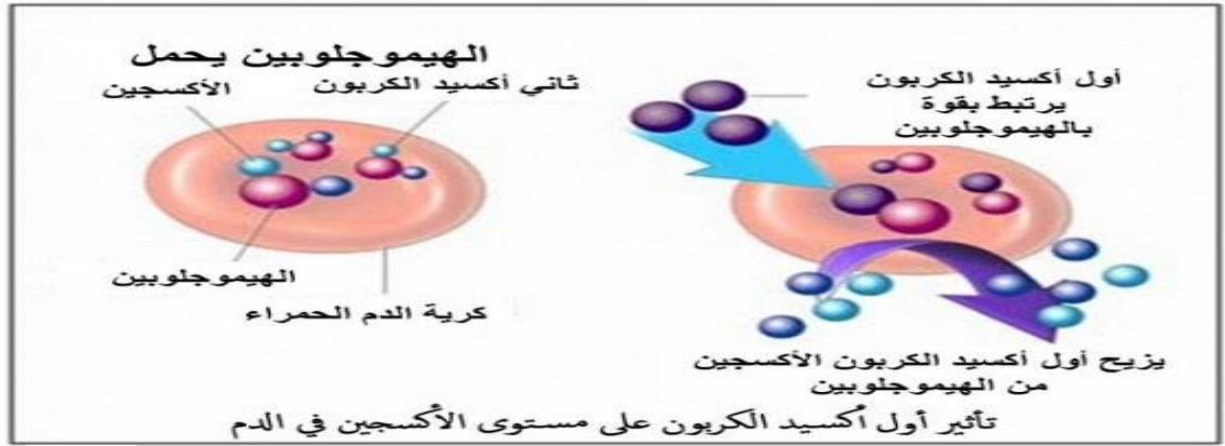
هو غاز ليس له لون ولا رائحة ومصدرة عملية الاحتراق الغير كامل للوقود. ويصدر من عوادم السيارات ومن أحترق الفحم أو الحطب في المدافئ . وهو أخطر أنواع تلوث الهواء وأشدها سمية على الإنسان و الحيوان يتحد أول أكسيد الكربون مع الهيموجلوبين مكوناً كربوكسي هيموجلوبين وبذلك يمنع الأوكسجين من الاتحاد مع الهيموجلوبين وفي هذه الحالة يحرم الجسم من الحصول على الأوكسجين. وتعتمد سمية أول اوكسيد الكربون علي تركيزه في الهواء المستنشق فتركيز %0,01 من أول أكسيد الكربون يعادل %20 من كربوكسي هيموجلوبين ويؤدي إلى :

1- شعور بالتعب 2- صعوبة التنفس . 3- طنين في الأذن

\*\* في حين تركيز %0.1 من أول أكسيد الكربون يعادل %50 من كربوكسي هيموجلوبين ويؤدي إلى :

1- ارتخاء في عضلات الجسم وبذلك لا يستطيع المصاب المشي خارج المكان . 2- ضعف في السمع . 3- نقص في الرؤية . 4- غثيان وقيء . 5- انخفاض ضغط الدم . 6- انخفاض في الحرارة . 7- ازدياد النبض مع ضعف في إحساسه . 8- أخيراً الإغماء والوفاة خلال ساعتين .

آلية عمل أول أكسيد الكربون على الدم: عند استنشاق أول أكسيد الكربون، فإنه يصل إلى الدم بصورة تدريجية ويرتبط بالهيموجلوبين الحامل للأوكسجين , مما ينتج عنه إزاحة الأوكسجين من الهيموجلوبين. أن الهيموجلوبين يحمل الأوكسجين من الرئتين إلى الأنسجة, حتى تحصل على كفايتها من الأوكسجين. العامل الأساسي في عملية حرق الطاقة لذلك فإن أول أكسيد الكربون يقلل من كمية الأوكسجين المحمولة للأنسجة، كما أنه يمنع انتقال الأوكسجين المتبقي في الهيموجلوبين إلى الأنسجة التي تحتاج إليه، وينتج عما سبق نقص حاد في مستوى الأوكسجين في الأنسجة ويسبب أعراض التسمم. وأول أكسيد الكربون له قابلية أعلى من الأوكسجين للارتباط بالهيموجلوبين ب200 مرة, مما يسرع من عملية الإزاحة والارتباط بالهيموجلوبين والتسمم. ولحسن الحظ أن عملية التسمم بطيئة إلى حد ما وتحتاج من 8 إلى 12 ساعة من التعرض للغاز حتى يتشبع الدم به. ولكن الأعراض قد تظهر قبل تشبع الدم، كما أن الوفاة قد تحدث قبل تشبع الدم كذلك



## (2) تلوث الهواء بثاني أكسيد الكربون

- ثاني أكسيد الكربون أحد الغازات المكونة للهواء ، كما يشترك في دورة الكربون في المحيط الحيوي Biosphere ، ونسبته في الهواء منخفضة ( حوالي 0.03% ) بحيث لا يشكل خطر من وجهة نظر التلوث ، ويتكون غاز ثاني أكسيد الكربون عند احتراق أي مادة عضوية في الهواء ، ولا يختلف في ذلك الخشب أو الورق عن الفحم أو زيت البترول .
- $C + O_2 \rightarrow CO_2$  احتراق الفحم
- $CH_4 + O_2 \rightarrow CO_2 + 2H$  احتراق الغاز الطبيعي
- ومن الملاحظ أن نسبة غاز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي للأرض قد ارتفعت قليلاً في السنوات الأخيرة عن نسبته التي سبق قياسها في بداية هذا القرن ، ويرجع السبب في هذه الزيادة إلى تلك الكميات الهائلة من الوقود التي تحرقها المنشآت الصناعية ، ومحطات الوقود ومحركات النقل في وسائل المواصلات .
- ومن المعروف أن كل جرام من المادة العضوية المحتوية على الكربون تعطي عند احتراقها من 1.5 – 3 جرامات من غاز ثاني أكسيد الكربون . . . وإذا تصورنا أن هناك عدة مليارات من الأطنان من الوقود تحترق في الهواء كل عام فنكون قد أضفنا إلى الهواء كل عام نحو 20 مليار طن من غاز ثاني أكسيد الكربون ، وهي تمثل نحو 0.7% من كمية هذا الغاز الموجود طبيعياً في الهواء .
- كما أن إزالة الغابات في بعض الأماكن ( مثل البرازيل ) تساعد بشكل ظاهر على زيادة نسبة ثاني أكسيد الكربون في الهواء ، وعندما يذوب غاز ثاني أكسيد الكربون في الماء يعطي حمضاً ضعيفاً يعرف باسم حمض الكربونيك ، ويتفاعل هذا الحمض مع بعض المكونات القلوية لقشرة الأرض ، كما يتفاعل مع بعض الرواسب الموجودة في قيعان البحار مكوناً مركبات بسيطة مثل بيكربونات وكربونات الكالسيوم وغيرهما .
- ويعتقد كثير من الباحثين أن هذه الزيادة ستعكس في تغير مناخ الكرة الأرضية . . ويعود هذا التغير إلى أن جزيئات ثاني أكسيد الكربون تتميز بقدرتها على امتصاص الأشعة تحت الحمراء Infrared ( الأشعة الحرارية ) ، ونظراً لزيادة تركيز هذا الغاز في الغلاف الجوي سوف تزداد الحرارة الممتصة وبالتالي سترتفع درجة حرارة الغلاف الجوي .
- ونظراً لأن درجة حرارة سطح الأرض هي محصلة لاتزان دقيق بين مقدار ما يقع على هذا السطح من أشعة الشمس ، ومقدار ما ينعكس منها ويتشتت في الفضاء ، فإن زيادة نسبة غاز ثاني أكسيد الكربون في الجو تؤدي إلى امتصاص زيادة من الإشعاعات الحرارية المنعكسة من سطح الأرض والاحتفاظ بها ، وتؤدي إلى ارتفاع درجة حرارة الجو عن معدلها الطبيعي. وقد لا يؤدي ارتفاع درجة الحرارة ارتفاعاً بسيطاً إلى حدوث تغيرات ملموسة في أول الأمر . . ولكن استمرار الزيادة في نسبة غاز ثاني أكسيد الكربون في الجو الناتجة من الزيادة المطردة في إحراق الوقود ستؤدي على المدى الطويل إلى ارتفاع درجة حرارة طبقات الغلاف الجوي الملاصقة بشكل ملحوظ .
- إن آثار ارتفاع درجة الحرارة لن تكون متساوية ، فمثلاً قد ترتفع درجة الحرارة بمقدار درجة مئوية واحدة عند خط الاستواء و 12 درجة مئوية في القطبين ، ومن ثم ستكون هنا فروق إقليمية كبيرة في كيفية تأثر الناس بها والنظم البيئية بارتفاع درجة الحرارة وارتفاع مستوى سطح البحر . وبالرغم من صعوبة التنبؤ الدقيق بآثار ارتفاع درجة الحرارة وارتفاع مستوى سطح البحر في منطقة محدودة ، يمكننا أن نتوقع أن ما يلي سوف يحدث في مكان ما :

## • آثار ارتفاع درجة الحرارة الغلاف الجوي:

- ( أ ) انصهار جزء من طبقات الجليد التي تغطي القطبين الشمالي والجنوبي للأرض ، وانصهار الجليد المغطي لقمم الجبال في بعض المناطق مما سيؤدي إلى (ب) ارتفاع مستوى سطح الماء في البحار والمحيطات وإلى (ج) غمر مساحات كبيرة من السهول الساحلية التي تعتبر من أفضل الأراضي الزراعية في العالم ، ( د ) وإلى إغراق كثير من حواف القارات بما عليها من مدن ومنشآت حيث تجتاح الفيضانات بعض المدن ، كما قد تختفي بعض الجزر ، وفي بعض الأحيان الدول الجزرية وإلى الأبد ، كما ستهدد المنشآت الساحلية مثل الجسور وحواجز المياه والمرافق المرفئية وستتكلف حمايتها نفقات باهظة ،(هـ) كما سيزداد تآكل الشواطئ وتسرب المياه المالحة إلى الخزانات الجوفية وتلوثها . (و) وتفقد الأراضي الزراعية صلاحيتها للزراعة نتيجة لزيادة الملوحة .
- 2- كما أن توزيع سقوط الأمطار سوف يختل فتعاني بعض المناطق من الجفاف بينما تعاني مناطق أخرى من السيول . . . وكنيجة لذلك يتأثر الإنتاج العالمي للمحاصيل الزراعية وتحدث المجاعات .
- 3- كما أن الثروة السمكية ستتأثر لغمر الشواطئ . . بل أن النظام البحري سوف يختل بوجه عام مما يهدد بفقدان مصدر من مصادر الطعام .
- 4- وستصبح الزراعة في المناطق الجافة ( ونحن منها ) أكثر صعوبة . وستتضاءل موارد المياه وستزيد درجة الحرارة المرتفعة من الطلبات على مياه الري .
- 5- ستسبب درجة الحرارة السريعة في القضاء على كثير من الغابات ، كم ستجد بعض الأنواع أنها في بيئة غير بينها حيث لا يتوافر الوقت الكافي للتكيف ، وهذا سيؤدي إلى اضطراب النظم التنبؤية وربما إلى الأبد . إذ أن الكائنات الحية يمكن أن تتكيف إلى تغير قدره أو درجة مئوية خلال العقد الواحد .
- 6- وقد تنمو الغابات في مناطق الآسكا وشمال سيبيريا ويصبح رعى الماشية ممكناً ومتاحاً في أصقاع التندرة الأوراسية والأمريكية .
- ويذكر الخبراء أن الدراسات الحديثة أثبتت أن هذا الانخفاض الحاد في درجات الحرارة الذي تعانيه بعض المناطق على سطح الكرة الأرضية والارتفاع الحاد الذي تعانيه مناطق أخرى (من بداية عام 1992) هو نتيجة لارتفاع درجة حرارة سطح الأرض الناتج عن زيادة الملوثات الجوية وعبث الإنسان بالبيئة ، حيث ازدادت كمية ثاني أكسيد الكربون – وغازات الاحتباس الحراري الأخرى مثل غاز الميثان وأكاسيد النيتروجين وأول أكسيد الكربون والكلوروفلوروكربون ، وغيرها من الغازات من الأسباب التي أدت إلى احتفاظ الغلاف الجوي بحرارة تعادل الحرارة الناتجة عن تفجير 50 ألف قنبلة نووية على الأقل .
- وهذه الحرارة الرهيبة هي التي تحدث حالة ( الحمى الجوية ) وتؤثر في الظروف الجوية في ثلاث اتجاهات .. فهي ذات تأثير يمتد عدة ساعات ، وتأثير آخر قد يمتد إلى عدة أيام ، وتأثير ثالث مستمر مادامت الحرارة محتبسة ... وهناك تأثير آخر يسببه أيضاً اختزان الحرارة في الغلاف الجوي ويؤثر على تحريك الكتل الهوائية.

## (3) غاز كبريتيد الهيدروجين H<sub>2</sub>S:

هو غاز ذو رائحة تشبه البيض الفاسد ويتكون من تحلل المواد العضوية مثل مياه الصرف الصحي sewage . يصدر غاز كبريتيد الهيدروجين عن بعض الصناعات كنتاج عرضي أو مباشر ويمكن تلخيص مصادر غاز كبريتيد الهيدروجين الطبيعية الصناعية كما يلي:

- \*الغازات البركانية. \* تخمر النبات والبروتين الحيواني.\*-حقول وآبار الغاز الطبيعي \*ينتج بفعل البكتيريا في المجاري والبنى التحتية للتجمعات السكنية.\*المياه البحرية الكبريتية الحارة.\*البحيرات أو المستنقعات الملحية
- \*نتاج عرضي في بعض الصناعات(إنتاج الكوكا، إنتاج الكربون، صناعة الحديد، تفحيم لب الخشب، دباغة الجلود.\*نقل وتخزين ومعالجة النفط الخام. \* عمليات نزع الكبريت من المشتقات النفطية.\*المناجم الأنفاق.\*معالجة مياه الصرف الصحي. وهو غاز سام وقاتل ولا يختلف عن أول أكسيد الكربون أو سيانيد الهيدروجين حيث يتحد مع هيموجلوبين الدم محدثاً نقصاً في الأوكسجين الذي يصل إلى الأنسجة والأعضاء الأخرى من الجسم . وله التأثيرات التالية :
- 1- يؤثر هذا الغاز على الجهاز العصبي المركزي . 2- يثبط عملية الأكسدة الخمانية مما يؤدي إلى حدوث اضطراب وصعوبة في التنفس . 3- يسبب خمول في القدرة على التفكير . 4- يهيج ويخشن الأغشية المخاطية للجهاز التنفسي وملتحمة العين.

## (4) غاز ثاني أكسيد الكبريت: SO<sub>2</sub>

غاز ثاني أكسيد الكبريت هو غاز حمضي يعتبر من أخطر ملوثات الهواء فوق المدن والمنشآت الصناعية. ويتكون من احتراق أنواع الوقود كالفحم وزيت البترول وأيضاً بعض البراكين تطلق هذا الغاز. ويعتبر غاز ثاني أكسيد الكبريت أحد عناصر مكونات الأمطار على سطح الأرض فيلوث التربة والنباتات والأنهار والبحيرات والمجاري المائية، وبذلك يسبب إخلالاً بالتوازن البيئي. ويختلط بالضباب الدخاني فوق المدن محدثاً أضراراً بالغة كما أشرنا إلى ذلك.

### أضرار غاز ثاني أكسيد الكبريت:

1- يؤثر على الجهاز التنفسي للإنسان محدثاً الآم في الصدر . 2- التهاب القصبات الهوائية وضيق التنفس . 3- التركيز العالية تسبب تشنج الحبال الصوتية وقد تؤدي إلى تشنج مفاجئ واختناق . 4- التعرض الطويل للغاز يؤثر على حاسة التذوق والشم وإلى التصلب الرنوي . 5- يسبب تهيج العيون وكذلك الجلد . 6- يسبب الأمطار الحمضية .

## (5) الضبخن (Smog)

خليط من الدخان والضباب يتكون فوق المدن والمناطق الصناعية، وهو أحد أنواع تلوث الهواء. كان قديماً يسببه احتراق الفحم بكميات كبيرة. وكان ينتج عن اختلاط الدخان بثاني أكسيد الكبريت. أما حالياً فتسببه الانبعاثات والعوادم الصادرة من المصانع والسيارات خاصة الملوثات الهيدروكربونية وأكاسيد النيتروجين التي تنبعث منها فتتحول بفعل أشعة الشمس إلى ملوثات مؤكسدة مثل غاز الأوزون. وهو ما يسمى بظاهرة الضباب الضوئي الكيميائي. (Photochemical smog).

في وجود ظاهرة الضبخن يكون لون الهواء بنيًا وله رائحة كريهة ويرتبط حدوثه بارتفاع درجات الحرارة. ومن الملوثات الأخرى المتسببة في ظهوره إلى جانب غاز الأوزون: أكاسيد النيتروجين، الهيدروكربونات وأول أكسيد الكربون. معظم المدن الكبرى مثل لندن ولوس أنجيليس ومدينة مكسيكو والقاهرة تعاني من مناسيب خطيرة من الضبخن.

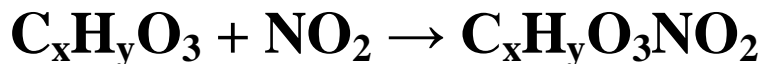
### كيفية تكون الضباب الدخاني

تتكون غازات عوادم السيارات من أكاسيد الكربون و مركبات هيدروكربونية لم تتأكسد تأكسداً تاماً بالإضافة إلى وجود بعض أكاسيد النيتروجين . تتأكسد الهيدروكربونات التي لم تحترق احتراقاً تاماً و الصادرة عن عوادم السيارات في ظل وجود الأوكسجين الحر مكونة ألهيدات أو كيتونات . كما أن المركبات الهيدروكربونية تتفاعل مع شقوق الهيدروكسيل و الأوكسجين و أكاسيد النيتروجين لتنتج مركب بيروكسي أسيل نترات . PAN و يعتبر هذا المركب من أهم مصادر الضباب الدخاني. و نظراً لاحتواء الخليط الغازي السام على غاز ثاني أكسيد النيتروجين الذي يمتص الأشعة فوق البنفسجية ، فإنه يتفكك إلى أكسيد النيرتيك و أكسجين ذري ، و هذا الأخير يتفاعل مع جزيئات الأوكسجين ليتكون الأوزون ، الذي يدخل في سلسلة من التفاعلات مع الهيدروكربونات النشطة و الموجودة في الخليط ... و نتيجة لهذا التفاعل الكيميائي الضوئي يتكون الضباب الدخاني الذي يبقى معلقاً في الهواء و يغلف جو المدن مسبباً احتقان الأغشية المخاطية و حرقة في العيون و زيادة في أمراض الجهاز التنفسي.

### PAN (peroxyacetyl nitrate) CH<sub>3</sub>COONO<sub>2</sub>

يعد ال(PAN) واحد من المحسسات القوية للجهاز التنفسي، والعيون، والموجوده في الضبخن(SMOG). يتكون من النترات التي تظهر في التوازن الحراري بين جذور البيروكسي العضويه، بالطور الغازي لأكسده مجموعة متنوعة من المركبات العضوية المتطايرة، أو عن طريق الألهيدات وغيرها من المركبات العضوية المتطايرة المؤكسدة بوجود (NO<sub>2</sub>).

## المعادله



## (6) الرصاص

الرصاص عنصر كيميائي له الرمز Pb والعدد الذري 82 في الجدول الدوري. ويعد أحد الفلزات الثقيلة السامة، عرف منذ القدم لسهولة الحصول عليه من فلزاته. ويوجد الرصاص في الطبيعة كمركب كبريتيد الرصاص PbS، يعد الرصاص من أقدم الفلزات المكتشفة والمستخدمه عبر التاريخ وذلك نظرا لكونه مطوعا سهل السبك ودرجة انصهاره منخفضة. كما أنه يتفاعل مع الكثير من الحوامض والقواعد مكوناً أملاحاً بعضها قابل للذوبان في الماء. وسواء كانت أملاحه قابلة للذوبان أم لا، فإن مركباته جميعها شديدة السمية، ولذلك يجب الحذر من التعامل مع الرصاص ومركباته.

### إستخدامات الرصاص

1- يستخدم الرصاص أساساً في مجال صناعة بطاريات التخزين (المراكم) الحمضية الرصاصية. وتحتوي هذه البطاريات على الرصاص النقي ومركبات الرصاص، وهناك أجزاء معينة منها تكون مصنوعة من سبيكة الأنثيمون-الرصاص. وتوفر هذه البطاريات القدرة اللازمة لتحريك الأنظمة الكهربائية في الطائرات والسيارات وفي كثير من وسائل النقل الأخرى.

2- ويستخدم الرصاص أيضاً في إنتاج رابع إيثيل الرصاص ورابع ميثيل الرصاص، وهي مادة تضاف إلى البنزين لتحسين أداء محركات سيارات معينة. لكن احتراق رابع إيثيل الرصاص في المحركات تنتج عنه مواد كيميائية تسهم بدورها في تلويث الهواء. وهناك كثير من الأقطار الصناعية استخدمت البترول الخالي من الرصاص.

3- تتميز كثير من مركبات الرصاص بأهمية في صناعة بعض الدهانات والأصباغ. من ذلك مثلاً، دهانات مركبات الرصاص التي يطلق عليها اسم الرصاص الأحمر والرصاص الأبيض. وهي تستخدم في طلاء القناطر والجسور والأبنية الحديدية الأخرى وذلك بهدف منع التآكل.

4- ويستخدم أصحاب المصانع أيضاً مركبات الرصاص في المواد المتفجرة والمبيدات الحشرية، وفي صناعة الخزف والزجاج، وفي المنتجات المطاطية.

5- ولسبائك الرصاص استعمالاً متعددة. فأغطية الكبلات المصنوعة من الرصاص تحمي كلاً من الهواتف وخطوط القدرة الكهربائية من الرطوبة والتآكل. ويستخدم أصحاب مصانع السيارات والأدوات الإلكترونية سبيكة قصدير - رصاص ويطلق عليها سبيكة لحام لربط أو وصل السطوح الفلزية.

6- كما يستخدم منتجو الآلات والمعدات الثقيلة سبيكة الرصاص المسماة معدن بابيت أو المعدن الأبيض، وذلك للحصول على محامل. والمقصود بالمحامل الأجزاء الآلية التي تقلل من احتكاك الأجزاء المتحركة للمعدات الثقيلة مع بعضها بعض. والواقع أن خاصية المقاومة القوية للرصاص ضد التآكل تجعله يتمتع بأهمية خاصة في مجال الصناعة الكيميائية. فالأنابيب وصهاريج التخزين، والمعدات الأخرى المصنوعة من سبائك الرصاص تستخدم لشحن مواد كيميائية معينة وتخزينها وحفظها.

7- ومن ناحية أخرى، فإن الكثافة العالية للرصاص تجعله حجاباً واقياً جيداً ضد الإشعاع. لذا فإن صفائح سبائك الرصاص تستخدم في تبطين جدران حجرات الأشعة السينية في المستشفيات، والمفاعلات النووية، وتلك الوسائل الأخرى التي توجد بها المواد ذات الفاعلية الإشعاعية. وبالإضافة إلى ذلك، فإن النفايات الإشعاعية توضع في حافظات مصنوعة من الرصاص لشحنها وللتخلص منها.

8- ونظراً لدخول الرصاص في أحبار طباعة الصحف فإنه ينصح بعدم استخدام ورق الصحف في تغليف المواد الغذائية أو في امتصاص الزيت الزائد بعد قلى الخضراوات كما في حالتى البطاطس والبادنجان كما ينصح بغسل الأيدي جيداً بعد قراءة الصحف.

يتعرض الإنسان للتسمم بالرصاص :: نتيجة استنشاق أبخرته وغباره أثناء عملية صهر الرصاص أو في صناعة المبيدات الحشرية، أو صناعة الفخار وصناعة المدخرات، أو بملامسة البنزين الحاوي على مضافات رصاصية. واستنشاق أبخرته أخطر أنواع التعرض للرصاص، كما تدخل كميات صغيرة منه إلى جسم الإنسان عندما توجد آثار صغيرة منه في المواد الغذائية.



ويمتص الجسم الرصاص ببطء عن طريق الأمعاء الغليظة والأمعاء الدقيقة، إلا أن عملية طرحه خارج الجسم أبطأ، وتتوزع مركبات الرصاص العضوية في الجسم وتستقر في الأغشية اللينة خاصة في الكبد والكليتين، وبمرور الزمن ينتقل منها ويتوضع في العظام والأسنان والمخ.

وتكون خطورة التسمم بالرصاص شديدة حينما يتعرض المرء للرصاص على مدى فترة زمنية طويلة . يؤثر الرصاص في إنتاج خلايا الدم الحمراء وقد يؤدي إلى تلف في الدماغ، والكلى، أو في الأعضاء الأخرى من الجسم. كما يعاني أغلب ضحايا التسمم الرصاصي من التعب والإجهاد والصداع أو من تشنجات عضلية في المعدة، أو من أعراض أخرى. وربما يكون التعرض المفرط للرصاص مهلكاً وقتلاً، لكن مثل هذه الحالات يندر وجودها.

ان الغازات المنطلقة من عوادم السيارات التي يُستخدَم فيها البترول المعالج بالرصاص، وكذلك الغبار والأبخرة المنطلقة من المعامل الكيميائية التي يتم فيها استخدام الرصاص. مما يحدث تهيجاً في أغشية الشعب الهوائية فتحدث حالات ربو ونزلات شعبية، وأحياناً يحدث تليف بالنسبة للقلب. وأوضحت الدراسات أن ما بين 66 و 80% من كمية الرصاص ترتبط بالعوالق ذات الأقطار الأقل من 10 ميكرون، وكمية الرصاص المرتبطة مع العوالق ذات الأقطار الأقل من 3 ميكرون ( PM3 ) تشكل نسبة تتراوح بين 50 و 72% من كمية الرصاص، وهذا يعني أن القسم الأكبر من الرصاص يمكن أن يصل إلى الأسناخ الرئوية ويمتص في الرئتين ويصل إلى الدم. ويختلف الأشخاص في مدى تأثرهم بالتلوث بالرصاص، فأكثرهم تأثراً به هم صغار الأطفال والحوامل والكثير منهم يتناولون شققاً من الطلاء الجاف المحتوي على رصاص يتعرضون للتسمم الرصاصي. (والواقع أن مثل هذا الطلاء يوجد في كثير من المباني القديمة). لقابليتهم المرتفعة لامتناس عنصر الرصاص، فيظهر على صغار الأطفال نقص في معدلات الذكاء (IQ) مع صعوبة في التركيز قد تصل بهم إلى حالة تخلف عقلي ويرجع ذلك إلى ترسيب الرصاص في المخ وما يحدثه من إعاقة لنمو خلايا المخ وباقي الجهاز العصبي كذلك فإن النمو العام للطفل يتأثر بذلك وقد وجد أن ارتفاع معدلات الرصاص عند الحوامل أدت إلى نقص أوزان أجنثهن، وقد ينتج عن ذلك التلوث ولادة أطفال متخلفين عقلياً أو مشوهين.

## (7) الزئبق المحمول في الهواء

الزئبق عنصر كيميائي له الرمز Hg والعدد الذري 80 في الجدول الدوري، وهو سائل فضي، يطرح سنوياً ما يقدره بعض المختصين بين 4000 و 10000 طن من الزئبق في البحار، 40% منها تقريباً طن من أسباب طبيعية مثل البراكين والنحت الطبيعي للصخور المتضمنة للزئبق والباقي من المخلفات الصناعية وخصوصاً حرق القمامة واستهلاك الفحم الحجري وصنع الاسمنت، يتبخر الزئبق وينتشر مع الهواء وقد يسافر إلى أماكن بعيدة جداً لكنه في النهاية يترسب في البحار والبحيرات وهنا تكمن المشكلة ذلك لأن الأسماك تمتص هذا الفلز ليتخزن في جسمها. يدخل الزئبق ومركباته في العديد من الاستخدامات، حيث يستعمل في المجالات الصناعية مثل إنتاج مواد كغاز الكلور وصناعات الورق والكهربائية مثل إنتاج المصابيح والبطاريات والكيمائية مثل صناعات الأصباغ وغيرها والصيدلانية مثل صناعة بعض العقاقير والطبية مثل استعماله في صنع حشوات الأسنان والعلمية مثل إنتاج المحاليل وكذلك إنتاج مبيدات الفطريات الطبية.

تأتي خطورة الزئبق في تأثيراته المدمرة على مدى الطويل للجهاز العصبي المركزي وما ينتج عن ذلك من اختلال في وظائف الجسم الأخرى، والتعرض يكون عن طريق التنفس من تلوث الهواء أو عن طريق الشرب من تلوث مياه الجوفية أو مياه الأنهار أو مباشرة عن طريق ملامسة الجلد.

## (8) مركبات الكلوروفلوروكربون

تنتج هذه المركبات من صناعات عديدة أهمها الرذاذات المضغوطة التي تحمل المبيدات أو بعض مواد تصفيف الشعر أو مزيل روائح العرق وكذلك يمكن استخدام مركبات الكلوروفلوروكربون على هيئة سائل في أجهزة التكييف والتبريد ثلاجات المنازل . كما أن إحراق النفايات المنزلية إحراق غير كامل يؤدي إلى انتشار هذه المركبات في الجو . يوجد تركيز من هذه المركبات في طبقات الجو على بعد 18 كم فوق المناطق القطبية. وتقدر كمية هذه المركبات التي تنطلق في الجو بما يزيد على مليون طن سنوياً. وعند وصول هذه المركبات لطبقة الإستراتوسفير stratosphere التي بها طبق الأوزون فإنها تتحلل بفعل الأشعة فوق بنفسجية الموجودة في الشمس إلى ذرات الكلور والفلور التي تقوم بمهاجمة الأوزون وتحويله إلى أكسجين وبذلك تساعد على تحطيم طبقة الأوزون . ولقد تنبته العديد من الدول لخطورة هذه المركبات وبدأت بعضها في حظر إنتاجها مثل الولايات المتحدة الأمريكية والسويد وكندا والنرويج وغيرها وذلك منذ عام 1982. وهناك محاولات لاستبدالها بمواد نافعة أخرى من بينها

استعمال خليط من غاز البيوتان والماء ويطلق عليه اسم اكواسول aquasol ولا تحتوي على الكلور و الفلور. ويأتي نتيجة تفاعل أكاسيد النيتروجين مع الهيدروكربون في وجود أشعة الشمس وهو أحد مكونات الضباب الدخاني. (Smog). ينتج عن بعض صناعات التبريد وغازات الدفع وإطفاء الحرائق و مخلفات الطيران النفاث العادمة بعض المركبات التي تسمى بمركبات الكلوروفلوروكربون (CFC) أو الفريونات والتي تتفاعل مع غاز الأوزون (O3) الموجود في طبقة الستراتوسفير محولة إياه إلى أكسجين. (O2) ويمكن أن تنتج هذه المركبات من صناعات عديدة أهمها الأيروسول aerosol التي تحمل المبيدات أو بعض مواد تصفيف الشعر أو مزيل روائح العرق. تتلخص مهمة الأوزون في الستراتوسفير في امتصاص الأشعة فوق البنفسجية مانعا إياها من الوصول لسطح الأرض وهذا سبب ارتفاع الحرارة في الستراتوسفير. وصول الأشعة فوق البنفسجية (UV) إلى سطح الأرض سوف يؤدي إلى زيادة الحرارة أيضا بالإضافة لخطرها على صحة البشر. وتقدر كمية هذه المركبات التي تنطلق في الجو بما يزيد على مليون طن سنوياً. وعند وصول هذه المركبات لطبقة الإستراتوسفير stratosphere التي بها طبق الأوزون فإنها تتحلل بفعل الأشعة فوق بنفسجية الموجودة في الشمس إلى ذرات الكلور والفلور التي تقوم بمهاجمة الأوزون وتحويله إلى أكسجين وبذلك تساعد على تحطيم طبقة الأوزون بتدمير جزيئات الأوزون من خلال تفاعلات تسلسلية. وقد تبين أن كل ذرة كلور واحدة قادرة على تخریب (100.000) مائة ألف جزيئة أوزون. وقد قدر خبراء البيئة بأنه لو توقف العالم عن إنتاج و استخراج المواد المستنفدة لطبقة الأوزون بشكل تام و نهائي الآن فإن عودة تراكيز الأوزون إلى وضعها السليم في الاستراتوسفير يحتاج إلى 40 سنة كاملة .

(9)

### الدقائقيات: Particulates

يقصد بالدقائقيات كافة المواد المنتشرة في الهواء سواء كانت دقائق صلبة أو مطيرات سائلة عالقة في الهواء . وتتنوع اشكال الدقائقيات وتركيبها الكيميائي وتأثيراتها السمية أو الصحية وتعتمد حركتها وبقائها في الهواء وكذلك العمق الذي تدخله في الجهاز التنفسي على قطر هذه الدقائق أو القطيرات . ان الغالبية العظمة من الدقائقيات هي ذات منشأ طبيعي مثل الدقائق الترابية والرملية المتطايرة من الأراضي الجرداء والصحاري . اما المصادر غير الطبيعية (البشرية المنشأ) فتشمل عمليات حرق الوقود في الصناعة و إنتاج الطاقة و إنتاج الاسمنت و طحن الحبوب وغيرها أو في المواضلات وما ينبعث عنها من كميات كبيرة من الدقائق الكاربونية التي تدعى بالسخام soot وقد تصدر من رش المبيدات في الحقول فضلاً عن عمليات الانشاء والبناء وتعبيد الطرق وغيرها.

### تصنيف الجسيمات الملوثة للهواء تبعاً لطبيعتها

ان أهم أنواع المجاميع الرئيسية للدقائقيات في الهواء هي:

#### ١. الرمال أو الحبيبات الرملية Grit

وهي الدقائق الصلبة العالقة في الهواء والتي يزيد قطرها عن (٥٠٠) ميكرون أي (٠.٥) ملم.

#### ٢. الغبار Dust

وهي الدقائق الصلبة العالقة في الهواء والتي يتراوح قطرها بين (٢٥-٢٠٠) ميكرون

#### ٣. الدخان Smoke

وهو عبارة عن المواد الدقيقة الناتجة من عمليات الحرق المختلفة والتي تطلق دقائق

لا يزيد قطرها عن (٢) ميكرون ويشكل الكاربون غالبية العظمى.

#### ٤. الهباء الجوي Aerosol

وهي الدقائق الصلبة أو السائلة العالقة في الهواء والتي يقل قطرها عن (١) ميكرون.

#### ٥. الضباب Mist

يشمل الضباب كل من القطيرات السائلة والعالقة في الهواء التي تصل اقطارها إلى (١٠٠) ميكرون احياناً ويعى كذلك بالضباب الدخاني (السديم) smog (fog + somke).


#### ٦. السخام Soot

وهو عبارة عن جزيئات الكربون المتناهية الدقة التي تتجمع بصورة سلاسل طويلة.


#### ٧. حبوب اللقاح Pollen grains

يلاحظ في الربيع تكثر جسيمات تنطلق من النباتات الزهرية التي هي حبوب اللقاح وتمتاز دقائقها بكونها كبيرة حجمها. وقد يتعرض بعض السكان إلى اعراض حالات من الحساسية الجلدية أو تورم العينين أو رشح الأنف وغيرها.


و يمكن تصنيف الجسيمات تبعاً لحجمها الى ما يلي:

**(1) الجسيمات المتساقطة**  وهي تلك الدقائق التي لا تلبث أن تعود إلى الأرض بعد انطلاقها من مصادرها بتأثير الجاذبية الأرضية، و يطلق عليها اسم الغبار الساقط. و يزيد قطر هذه الجسيمات عن عشرة ميكرومترات، و هذه الجسيمات لها تأثير على العيون و المنشآت الصناعية و الأبنية و الممتلكات، و لها تأثير خفيف على المجاري التنفسية للإنسان لأن شعيرات الأنف تعمل على حجز و ترسيب جزء كبير منها و خاصة الجسيمات التي يزيد قطرها عن مائة ميكرومتر.

**(2) الجسيمات العالقة الكلية :**  يرمز لهذه الجسيمات بالرمز TSP Total Suspended Particulates و هي تلك الجسيمات التي يتراوح قطرها بين من 0.1 إلى 10 ميكرومترات، و تبقى فترة طويلة معلقة في الهواء. أما معدل ترسيبها فهو بطيء نسبياً و يتوقف على الظروف الطبيعية من رطوبة أو رياح أو حرارة و غيرها . و تعتبر الجسيمات العالقة أخطر الجسيمات الملوثة للهواء حيث من الممكن أن تصل للرنيتين و تستقر هناك.

**(3) الجسيمات العالقة الدقيقة**  و هذه الجسيمات صغيرة جداً و قطرها أقل من 0.1 ميكرومتر، و من الصعب ترسيبها و لها حركة عشوائية و قد تتجمع مع بعضها البعض ليزداد حجمها إلى أكثر من 1 ميكرومتر. و يصل عددها في الهواء النقي إلى عدة مئات في السنتمتر المكعب، أما في الأجواء الملوثة فيصل عددها إلى أكثر من 100 ألف في السنتمتر المكعب. و لا تشكل هذه الجسيمات خطراً كبيراً على صحة الإنسان، مع أنها تصل إلى الرنيتين بسهولة، حيث تستطيع الرنيتين نفاثها أثناء الزفير.

#### مصادر الملوثات الجسيمية

 تنبعث إلى الهواء كثير من الملوثات الجسيمية من العديد من المصادر الطبيعية و الصناعية. و يعتبر احتراق الوقود من النفط و الفحم الحجري و فحم الخشب النباتي من المصادر الأساسية لتلوث الهواء بالجسيمات الهيدروكربونية و بالألياف المعدنية. كما يعتبر استخدام مبيدات الحشرات و القوارض و النباتات الصغيرة من أهم مصادر تلوث الهواء بالجسيمات الكيماوية الفعالة شديدة الخطورة. و تشكل مصانع الأسمنت و محطات تصنيع الحجر الجيري و حجر الرمل مصدراً لتلوث الهواء بالجسيمات خاصة إذا كانت تلك المصانع لا تستخدم مرشحات لحجز الجسيمات. كما أن استخدام مواد التنظيف المختلفة يؤدي إلى انطلاق كميات كبيرة منها على شكل رغوة أو جسيمات، و تنطلق إلى الهواء أيضاً ألياف غير معدنية كألياف السيلولوز من المناجر و ألياف قطنية من مصانع الملابس، هذا بالإضافة إلى الألياف المعدنية (الاسبستوزات) التي تنطلق من ورش تصليح السيارات و صناعة الألمونيوم و من استخدام فرامل السيارات. كما تساهم الصناعات الغذائية المختلفة في تلوث الهواء بالجسيمات المتعددة.

بالإضافة إلى ما سبق فإن وجود ملوثات أولية غازية في الهواء يؤدي إلى تكون جسيمات صلبة أو سائلة، حيث تتكون جسيمات الكبريت من أكاسيد الكبريت الغازية، وجسيمات النترات من أكاسيد النيتروجين، ويتكون رذاذ الأحماض من أكاسيد الكبريت و النيتروجين. و تشارك بعض المصادر الطبيعية في تلوث الهواء بالجسيمات، حيث تحمل الرياح كثير من جسيمات الأتربة و الرمال و الغبار، و كذلك تنطلق حمم البراكين حاملة معها جسيمات عديدة بعضها مواد مسرطنة و تساهم الرياح و الأمواج في حمل رذاذ الأملاح من مسطحات البحار و المحيطات.

## إمصير الجسيمات العالقة في الهواء

تظل الجسيمات عالقة في الهواء لفترات زمنية متفاوتة قد تكون ثوان محدودة أو عدة أيام أو شهور إلا إنها في النهاية ستهبط على الأرض و ستزال من الغلاف الجوي، و تعتمد فترة بقاؤها في الغلاف الجوي على سرعة الرياح و أحجام الجسيمات و وجود الرطوبة و نزول الأمطار و الصقيع التي تغسل الغلاف الجوي من الملوثات. و لا ينتهي التأثير إلى هنا بل إنها تلوث الغطاء النباتي و المسطحات المائية و الممتلكات و يعتمد تأثيرها على العديد من العوامل.

ومن المهم ذكر أن بعض الجسيمات تقلل كمية الإشعاع الشمسي الساقط على الأرض، فهناك ظاهرة التسخين الحراري للمدن بسبب بعض ملوثات الهواء الغازية مثل الأوزون و ثاني أكسيد الكربون و بخار الماء و مركبات الكلورو فلورو كربون. و بالتالي فإن الجسيمات تقلل من التأثير الحراري لأشعة الشمس. كما أن الجسيمات الدقيقة تلعب دوراً مهماً في عملية تكوين المطر، حيث تتكثف حبات المطر حولها. و لا ننسى الدور الذي تلعبه مياه الأمطار في تنظيف الغلاف الجوي مما علق به من غبار بالإضافة إلى أن الماء عنصر رئيس من عناصر الحياة لا يقل أهمية عن الهواء.

## التأثيرات الصحية للدقائق

ويرتبط حجم الجسيمات ب قدرتها على التسبب في مشاكل صحية. فالجسيمات الصغيرة تشكل أكبر المشاكل خاصة تلك التي يقل قطرها من 10 ميكرومتر في ، لأنها يمكن أن تصل إلى الحويصلات الرئوية في الرئتين، و قد تصل إلى مجرى الدم. ان التلوث بالجسيمات خاصة المواد الصلبة المجهرية أو قطرات سائلة الصغيرة التي يمكن أن تصل إلى عمق الرئتين وتسبب مشاكل صحية خطيرة. و ربطت دراسات علمية عديدة التعرض للتلوث الجسيمات لمجموعة متنوعة من المشاكل، نوجزها: الموت المبكر للأشخاص الذين يعانون من أمراض القلب أو الرئة ، التعرض لأزمات قلبية غير مميتة، عدم انتظام ضربات القلب، تفاقم نوبات الربو ، انخفاض وظائف الرئة، و زيادة أعراض الجهاز التنفسي، مثل التهاب الشعب الهوائية والسعال أو صعوبة في التنفس.

## (10)التدخين

يعتبر دخان التبغ الصادر عن السجائر والسيجار والغليون والأرجيلة وغيرها ، خليطاً Mixture كيميائياً معقداً للغاية وخطيراً على صحة الإنسان وعلى كافة عناصر البيئة ، فهو يحتوي على أكثر من 3800 مادة كيميائية سامة ، ومن أهمها نذكر

- 1- أول أكسيد الكربون CO
- 2- وكبريتيد الهيدروجين H2S
- 3- الأمونيا NH3
- 4- الفورمالدهايد
- 5- الأسيتالدهايد
- 6- سيانيد الهيدروجين HCN
- 7- بالإضافة إلى طائفة كبيرة من الأحماض المختلفة ، من أهمها حامض الكربونيك H2CO3 و حامض النيتريك HNO3 و حامض الخليك CH3COOH و حامض الفورميك HCOOH
- 8- إن دخان التبغ الساخن يحمل أيضاً مجموعة ضخمة من المركبات العضوية المسرطنة والتي أثبتت التجارب المخبرية مدى خطورتها ، بحيث صنفت عالمياً على أنها من المركبات الخطرة جداً ، ومن هذه المواد نذكر مادة البنزوبيرين Benzopyrene والتي تعمل على تدمير وإتلاف الخلايا المنتجة للأهداب وللخلايا المخاطية الواقية في الجهاز التنفسي

للمدخنين وأيضاً تدمر كافة الممرات الهوائية للإنسان المدخن أو الذي يستنشق الهواء الملوث بالدخان ، وما ينجم عن ذلك من التهابات مزمنة في القصبات الهوائية.

9- لقد دل التحليل المخبري لدخان السجائر ولدخان كافة أنواع التبغ ، احتوائه على مركب القطران ،وهي مادة لزجة تشبه شكلها الزفت الذي يستخدم في رصف الشوارع وينتج القطران من احتراق التبغ ويؤدي إلي انسداد المجاري التنفسية هذا الشكل اللزج عبارة عن مادة صمغية وهي “هيدروجين فحمي” وتستخدم هذه المادة أساساً في المتفجرات ومواد الطلاء وهذه المادة تسبب السرطان بسبب المادة الموجودة فيه وهي ” البنزوبايرن”

10- مركب النيكوتين والذي هو عبارة عن مادة منبهة للجهاز العصبي المركزي ، ومن المعروف أن مادة النيكوتين تحدث تغيرات كيميائية وفسيولوجية ونفسية حادة لدى المدخنين ، كتسارع نبضات القلب وزيادة عددها بشكل كبير وارتفاع ضغط الدم وزيادة إفراز بعض هرمونات الغدد الصماء ، كهرمون الأدرينالين والذي يؤثر بدوره على عمل الجهاز العصبي ، أيضاً بينت الدراسات الطبية أن النيكوتين يعمل على زيادة نسبة الحوامض الدهنية في الجسم.

11- كذلك فقد بين التحليل الكيميائي لدخان التبغ ، احتوائه على نسبة من الكحول الميثيلي  $CH_3OH$  والذي يتسبب في حدوث العمى المؤقت لدى بعض المدخنين ومما يفاقم الوضع سوءاً ، إذا كان المدخن مصاباً بمرض السكري ، حيث قد تحدث حالة من العمى الدائم لديه بسبب تراكم هذا الكحول في دمه ، ولا يقتصر خطر دخان التبغ على المدخنين بل يطال كل من يستنشق هواء ملوثاً بهذا الدخان السام والقاتل ، ففي عام 1990 بينت إحدى الدراسات التي أجريت في الولايات المتحدة الأمريكية أن التدخين يتسبب سنوياً في قتل ما يزيد عن ستة أضعاف من ماتوا في الحرب الفيتنامية ، كذلك وجد انه يموت سنوياً أكثر من 3500 شخص بسبب سرطان الرئة الناتج عن دخان التبغ.

#### اضرار التدخين الصحية :

- سرطان الرئة وتظهر بنسبة 70% لدى المدخنين أكثر من غيرهم.
- سرطان الحنجرة ويظهر بنسبة 10% لدى المدخنين أكثر من غيرهم.
- الإمراض القلبية المختلفة و -ارتفاع الضغط الدموي وتسارع في نبضات القلب أكثر من المعتاد
- الزيادة في نسبة الكوليسترول في الدم -الرائحة الكريهة المنبعثة من الفم وتسوس الأسنان
- التهاب اللثة - سرطان الشفة -سرطان اللسان - فقدان الشهية للطعام -الأرق والتعب -التهاب القرحة المعديّة.
- تأثير خطير على الأعصاب حيث يعتبر التدخين سم الأعصاب - تأثيره على الحواس الخمس
- يضعف القدرة الجنسية لدى الجنسين. -على الجهاز العصبي مما يضعف الذاكرة.
- الصدعات المتكررة المزمنة. -تأثيره على الجنين والمرأة الحامل.

تقوية الهمم

الجزء الثاني



## الرصاص

• الرصاص عنصر كيميائي له الرمز Pb والعدد الذري ٨٢ في الجدول الدوري. ويعد أحد الفلزات الثقيلة السامة، عرف منذ القدم لسهولة الحصول عليه من فلزاته، وكان هو أحد الفلزات بالإضافة إلى الزرنيخ والأنتيمون والتي جرى تجريبها في العصر البرونزي الأول من أجل تحضير البرونز، إلى حين استعمال القصدير.

• وقد عثر على تماثيل وأدوات مصنوعة منه في قبور المصريين القدماء. كما عثر عليه في آثار تعود إلى الحضارة الإيجية (١٤٠٠-١٠٠٠ ق.م) في جنوب اليونان، كما استعمل عند كثير من الحضارات القديمة في صناعة أنابيب نقل المياه وفي صناعة الفخار.

• ويوجد الرصاص في الطبيعة كمركب كبريتيد الرصاص PbS، يعد الرصاص من أقدم الفلزات المكتشفة والمستخدمه عبر التاريخ وذلك نظرا لكونه مطاوعا سهل السبك ودرجة انصهاره منخفضة. كما أنه يتفاعل مع الكثير من الحوامض والقواعد مكوناً أملاحاً بعضها قابل للذوبان في الماء. وسواء كانت أملاحه قابلة للذوبان أم لا، فإن مركباته جميعها شديدة السمية، ولذلك يجب الحذر من التعامل مع الرصاص ومركباته.

• ان الحد الأقصى المسموح به من الرصاص في مياه الشرب هو ٠,٠٥ مللي جرام/ لتر

## إستخدامات الرصاص

- -يستخدم الرصاص أساسًا في مجال صناعة بطاريات التخزين (المراكم) الحمضية الرصاصية. وتحتوي هذه البطاريات على الرصاص النقي ومركبات الرصاص، وهناك أجزاء معينة منها تكون مصنوعة من سبيكة الأنتيمون-الرصاص. وتوفر هذه البطاريات القدرة اللازمة لتحريك الأنظمة الكهربائية في الطائرات والسيارات وفي كثير من وسائل النقل الأخرى.
- ٢- ويستخدم الرصاص أيضًا في إنتاج رابع إيثيل الرصاص ورابع ميثيل الرصاص، وهي مادة تضاف إلى البنزين لتحسين أداء محركات سيارات معينة. لكن احتراق رابع إيثيل الرصاص في المحركات تنتج عنه مواد كيميائية تسهم بدورها في تلويث الهواء. وهناك كثير من الأقطار الصناعية استخدمت البترول الخالي من الرصاص.
- ٣- تتميز كثير من مركبات الرصاص بأهمية في صناعة بعض الدهانات والأصباغ. من ذلك مثلاً، دهانات مركبات الرصاص التي يطلق عليها اسم الرصاص الأحمر والرصاص الأبيض. وهي تستخدم في طلاء القناطر والجسور والأبنية الحديدية الأخرى وذلك بهدف منع التآكل.



## إستخدامات الرصاص

- -ويستخدم أصحاب المصانع أيضاً مركبات الرصاص في المواد المتفجرة والمبيدات الحشرية، وفي صناعة الخزف والزجاج ، وفي المنتجات المطاطية.
- ٥-ولسبائك الرصاص استعمالات متعددة. فأغذية الكبلات المصنوعة من الرصاص تحمي كلاً من الهوائف وخطوط القدرة الكهربائية من الرطوبة والتآكل. ويستخدم أصحاب مصانع السيارات والأدوات الإلكترونية سبيكة قصدير - رصاص ويطلق عليها سبيكة لحام لربط أو وصل السطوح الفلزية.
- ٦-كما يستخدم منتجو الآلات والمعدات الثقيلة سبيكة الرصاص المسماة معدن بابيت أو المعدن الأبيض، وذلك للحصول على محامل. والمقصود بالمحامل الأجزاء الآلية التي تقلل من احتكاك الأجزاء المتحركة للمعدات الثقيلة مع بعضها بعض. والواقع أن خاصية المقاومة القوية للرصاص ضد التآكل تجعله يتمتع بأهمية خاصة في مجال الصناعة الكيميائية . فالأنابيب وصهاريج التخزين، والمعدات الأخرى المصنوعة من سبائك الرصاص تستخدم لشحن مواد كيميائية معينة وتخزينها وحفظها.

## إستخدامات الرصاص

- ٧-ومن ناحية أخرى، فإن الكثافة العالية للرصاص تجعله حجابًا واقياً جيداً ضد الإشعاع. لذا فإن صفائح سبائك الرصاص تستخدم في تبطين جدران حجرات الأشعة السينية في المستشفيات، والمفاعلات النووية، وتلك الوسائل الأخرى التي توجد بها المواد ذات الفاعلية الإشعاعية. وبالإضافة إلى ذلك، فإن النفايات الإشعاعية توضع في حافظات مصنوعة من الرصاص لشحنها وللتخلص منها.
- ٨-ونظراً لدخول الرصاص في أحبار طباعة الصحف فإنه ينصح بعدم استخدام ورق الصحف في تغليف المواد الغذائية أو في امتصاص الزيت الزائد بعد قلي الخضراوات كما في حالتي البطاطس والبادنجان كما ينصح بغسل الأيدي جيداً بعد قراءة الصحف.

## أخطار الرصاص

- **يتعرض الإنسان للتسمم بالرصاص** نتيجة استنشاق أبخرته و غباره أثناء عملية صهر الرصاص أو في صناعة المبيدات الحشرية، أو صناعة الفخار وصناعة المتخدرات، أو بملامسة البنزين الحاوي على مضافات رصاصية. واستنشاق أبخرته أخطر أنواع التعرض للرصاص، كما تدخل كميات صغيرة منه إلى جسم الإنسان عندما توجد آثار صغيرة منه في المواد الغذائية.
- **ويمتص الجسم الرصاص** ببطء عن طريق الأمعاء الغليظة والأمعاء الدقيقة، إلا أن عملية طرحه خارج الجسم أبطأ، وتتوزع مركبات الرصاص العضوية في الجسم وتستقر في الأغشية اللينة خاصة في الكبد والكليتين، وبمرور الزمن ينتقل منها ويتوضع في العظام والأسنان والمخ.
- **وتكون خطورة التسمم بالرصاص** شديدة حينما يتعرض المرء للرصاص على مدى فترة زمنية طويلة . يؤثر الرصاص في إنتاج خلايا الدم الحمراء وقد يؤدي إلى تلف في الدماغ، والكلى، أو في الأعضاء الأخرى من الجسم. كما يعاني أغلب ضحايا التسمم الرصاصي من التعب والإجهاد والصداع أو من تشنجات عضلية في المعدة، أو من أعراض أخرى. وربما يكون التعرض المفرط للرصاص مهلكاً وقتلاً، لكن مثل هذه الحالات يندر وجودها

## ومن المصادر الرئيسية للتلوث بمادة الرصاص،

- الغازات المنطلقة من عوادم السيارات التي يُستخدَم فيها البترول المعالج بالرصاص، وكذلك الغبار والأبخرة المنطلقة من المعامل الكيميائية التي يتم فيها استخدام الرصاص. مما يحدث تهيجا في أغشية الشعب الهوائية فتحدث حالات ربو ونزلات شعبية، وأحيانا يحدث تليف بالنسبة للقلب. وأوضحت الدراسات أن ما بين ٦٦ و ٨٠ % من كمية الرصاص ترتبط بالعوالق ذات الأقطار الأقل من ١٠ ميكرون، وكمية الرصاص المرتبطة مع العوالق ذات الأقطار الأقل من ٣ ميكرون (PM3) تشكل نسبة تتراوح بين ٥٠ و ٧٢ % من كمية الرصاص، وهذا يعني أن القسم الأكبر من الرصاص يمكن أن يصل إلى الأسناخ الرئوية ويمتص في الرئتين ويصل إلى الدم.

## ومن المصادر الرئيسية للتلوث بمادة الرصاص،

- يختلف الأشخاص في مدى تأثرهم بالتلوث بالرصاص، فأكثرهم تأثرا به هم صغار الأطفال والحوامل والكثير منهم يتناولون شقفا من الطلاء الجاف المحتوي على رصاص يتعرضون للتسمم الرصاصي. (والواقع أن مثل هذا الطلاء يوجد في كثير من المباني القديمة)، و لقابليتهم المرتفعة لامتصاص عنصر الرصاص، فيظهر على صغار الأطفال نقص في معدلات الذكاء (IQ) مع صعوبة في التركيز قد تصل بهم إلى حالة تخلف عقلي ويرجع ذلك إلى ترسيب الرصاص في المخ وما يحدثه من إعاقة لنمو خلايا المخ وباقي الجهاز العصبي كذلك فإن النمو العام للطفل يتأثر بذلك وقد وجد أن ارتفاع معدلات الرصاص عند الحوامل أدت إلى نقص أوزان أجنتهن، وقد ينتج عن ذلك التلوث ولادة أطفال متخلفين عقليا أو مشوهين. يرى البعض إن من أسباب انهيار الدولة الرومانية تلوث البيئة بالرصاص، فقد كانت أواني الطبخ والأكل تصنع عادة من الرصاص أو تطلّى به. فرضت الكثير من حكومات الدول شروطا للحد من كميات الرصاص في الطلاء والبتروول، وكذلك الحد من كمية الرصاص المنطلق في الهواء.

## الزئبق المحمول في الهواء

- **يعتبر الزئبق المحمول بالهواء مشكلة عالمية**، ويحتاج لحلول عالمية. إضافة لذلك، عملياً تنتج كافة حالات التعرض للزئبق في الولايات المتحدة تقريباً من تناول أسماك ملوثة بالزئبق، والتي يستورد أكثر من ٨٠% منها من أجزاء أخرى من العالم.
- **وتقدر وكالة حماية البيئة ان احتراق الفحم، وإنتاج الكلور القلوي** (كلورين يحتوي على مادة كيميائية تستعمل في المعالجات الكيميائية، والبلاستيك، والخدمات البيئية، وتنظيف المعادن)، والزئبق المستعمل في المنتجات، والزئبق المستعمل في أعمال التنقيب الصغيرة عن الذهب مسؤولة مجتمعة عن ٨٠% من انبعاثات الهواء الحامل للزئبق الذي ينتجه الإنسان. ولكن تجدر الملاحظة هنا إلى ان ثلثي انبعاثات الزئبق العالمية السنوية تأتي من مصادر طبيعية، مثل البراكين، ومن "إعادة - انبعاث" الزئبق الذي كان قد ترسب في البيئة سابقاً.
- **تأتي خطورة الزئبق في تأثيراته المدمرة على المدى الطويل للجهاز العصبي المركزي** وما ينتج عن ذلك من اختلال في وظائف الجسم الأخرى، والتعرض يكون عن طريق **التنفس** من تلوث الهواء أو عن طريق **الشرب** من تلوث مياه الجوفية أو مياه الأنهار أو مباشرة عن طريق **لامسة الجلد**. دراسات وأبحاث كثيرة على مستوى العالم تطرقت للسمية الشديدة والأضرار التي يسببها معدن الزئبق ومشتقاته للأحياء البرية والبحرية والبيئة.

## الزئبق المحمول في الهواء

- والجدير بالملاحظة أن كثير من المصانع تطلق أبخره في الجو تحتوي على مركبات شديدة السمية مثل مركبات الزرنيخ والفوسفور والكبريت والسليسيوم . كما تحمل معها بعض المعادن الثقيلة كالزئبق والرصاص والكاديوم وغيرها وتبقى هذه المواد الشائبة معلقة في الهواء على هيئة رذاذ أو ضباب خفيف ويكون هذا التلوث واضحاً حول المصانع ولكن قد تحمله الرياح إلى أماكن أخرى



## مركبات الكلور و فلور و كربون

- تنتج هذه المركبات من صناعات عديدة أهمها الأيروسول aerosol التي تحمل المبيدات أو بعض مواد تصفيف الشعر أو مزيل روائح العرق وكذلك يمكن استخدام مركبات الكلور فلور و كربون على هيئة سائل في أجهزة التكييف والتبريد ثلاجات المنازل . كما أن إحراق النفايات المنزلية إحراق غير كامل يؤدي إلى انتشار هذه المركبات في الجو .
- يوجد تركيز من هذه المركبات في طبقات الجو على بعد ١٨ كم فوق المناطق القطبية. وتقدر كمية هذه المركبات التي تنطلق في الجو بما يزيد على مليون طن سنوياً. وعند وصول هذه المركبات لطبقة الإستراتوسفير stratosphere التي بها طبقة الأوزون فإنها تتحلل بفعل الأشعة فوق بنفسجية الموجودة في الشمس إلى ذرات الكلور والفلور التي تقوم بمهاجمة الأوزون وتحويله إلى أكسجين وبذلك تساعد على تحطيم طبقة الأوزون . ولقد تنبّهت العديد من الدول لخطورة هذه المركبات وبدأت بعضها في حظر إنتاجها مثل الولايات المتحدة الأمريكية والسويد وكندا والنرويج وغيرها وذلك منذ عام 1982. وهناك محاولات لاستبدالها بمواد نافعة أخرى من بينها استعمال خليط من غاز البيوتان والماء ويطلق عليه اسم اكواسول aquasol ولا تحتوي على الكلور و الفلور.



- ويأتي نتيجة تفاعل أكاسيد النيتروجين مع الهيدروكربون في وجود أشعة الشمس وهو أحد مكونات الضباب الدخاني (Smog). ينتج عن بعض صناعات التبريد وغازات الدفع وإطفاء الحرائق و مخلفات الطيران النفاث العادمة بعض المركبات التي تسمى بمركبات الكلوروفلوروكربون (CFC) أو الفريونات والتي تتفاعل مع غاز الأوزون ( $O_3$ ) الموجود في طبقة الستراتوسفير محولة إياه إلى أكسجين ( $O_2$ ). ويمكن أن تنتج هذه المركبات من صناعات عديدة أهمها الأيروسول aerosol التي تحمل المبيدات أو بعض مواد تصفيف الشعر أو مزيل روائح العرق. تتلخص مهمة الأوزون في الستراتوسفير في امتصاص الأشعة فوق البنفسجية مانعا إياها من الوصول لسطح الأرض وهذا سبب ارتفاع الحرارة في الستراتوسفير. وصول الأشعة فوق البنفسجية (UV) إلى سطح الأرض سوف يؤدي إلى زيادة الحرارة أيضا بالإضافة لخطرها على صحة البشر. وتقدر كمية هذه المركبات التي تنطلق في الجو بما يزيد على مليون طن سنويا. وعند وصول هذه المركبات لطبقة الاستراتوسفير stratosphere التي بها طبق الأوزون فإنها تتحلل بفعل الأشعة فوق بنفسجية الموجودة في الشمس إلى ذرات الكلور والفلور التي تقوم بمهاجمة الأوزون وتحويله إلى أكسجين وبذلك تساعد على تحطيم طبقة الأوزون بتدمير جزيئات الأوزون من خلال تفاعلات تسلسلية. وقد تبين أن كل ذرة كلور واحدة قادرة على تخریب (١٠٠,٠٠٠) مائة ألف جزيئة أوزون. وقد قدر خبراء البيئة بأنه لو توقف العالم عن إنتاج و استخراج المواد المستنفدة لطبقة الأوزون بشكل تام و نهائي الآن فإن عودة تراكيز الأوزون إلى وضعها السليم في الاستراتوسفير يحتاج إلى ٤٠ سنة كاملة .

## الجسيمات العالقة في الجو

- تعرف الجسيمات بأنها ما يحمله الهواء من دقائق صلبة أو سائلة تنطلق إليه من مصادر عديدة بأحجام و أشكال و ألوان مختلفة و بتركيب كيميائي مختلف. و تنتج الجسيمات إما من مصادر طبيعية أو من أنشطة الإنسان المختلفة. و كما يلعب التركيب الكيميائي للجسيمات الملوثة للهواء دوراً كبيراً في الآثار الناتجة عن تغير الحلقات البيئية، فإن حجم الجسيمات له أهمية كبرى، حيث يحدد مسار و تأثير الجسيمات على الإنسان و الحيوان و النبات و الجماد.
- يتراوح حجم الجسيمات الملوثة للهواء ما بين ١.٠٠٠.٠٠٠ الى ٥٠٠ ميكرومتر ، و يمكن لهذه الجسيمات أن تبقى عالقة في الهواء لزمان يتراوح بين عدة ثوان إلى عدة سنوات .

## تصنيف الجسيمات

و يمكن تصنيف الجسيمات تبعاً لحجمها الى ما يلي:

### • (١) الجسيمات المتساقطة

• و هي تلك الدقائق التي لا تلبث أن تعود إلى الأرض بعد انطلاقها من مصادرها بتأثير الجاذبية الأرضية، و يطلق عليها اسم الغبار الساقط. و يزيد قطر هذه الجسيمات عن عشرة ميكرومترات، و هذه الجسيمات لها تأثير على العيون و المنشآت الصناعية و الأبنية و الممتلكات، و لها تأثير خفيف على المجاري التنفسية للإنسان لأن شعيرات الأنف تعمل على حجز و ترسيب جزء كبير منها و خاصة الجسيمات التي يزيد قطرها عن مائة ميكرومتر.

### • (٢) الجسيمات العالقة الكلية

• يرمز لهذه الجسيمات بالرمز TSP Total Suspended Particulates و هي تلك الجسيمات التي يتراوح قطرها بين ٠,١ إلى ١٠ ميكرومترات، و تبقى فترة طويلة معلقة في الهواء. اما معدل ترسيبها فهو بطيء نسبياً و يتوقف على الظروف الطبيعية من رطوبة أو رياح أو حرارة و غيرها. و تعتبر الجسيمات العالقة أخطر الجسيمات الملوثة للهواء حيث من الممكن أن تصل للرئتين و تستقر هناك.

- وبعض هذه الجسيمات كبير أو قاتم اللون بما فيه الكفاية لكي يرى بالعين المجردة مثل الدخان، و البعض الآخر صغيراً جداً بحيث لا يكتشف إلا بالمجاهر الإلكترونية.

- وعادة تنتج الجسيمات العالقة التي لا يزيد قطرها على ٢,٥ ميكرومتر من احتراق الوقود في محركات السيارات، و محطات توليد الكهرباء، و المصانع، و حرق الأخشاب. أما الجسيمات الأكبر من ٢,٥ ميكرومتر فتنتج عادة من حركة السيارات على الطرق غير المعبدة، و الكسارات، و تذرية الرياح، و ثوران البراكين. و تتراكم هذه المواد العالقة في الهواء في الجهاز التنفسي و ينجم عنها تأثيرات صحية متعددة، فعند التعرض للمواد العالقة الكبيرة يحدث تهيج للجهاز التنفسي كما هو الحال في مرض الربو. أما المواد العالقة الدقيقة فينجم عنها عدة مشكلات أهمها زيادة الحالات الإسعافية، و الرقاد في لمستشفيات المتعلقة بأمراض القلب و الرئتين، و تدني في كفاءة عمل الرئتين، و أحياناً الموت المبكر. و يتعدى تأثير هذه المواد العالقة المشكلات الصحية ليشمل تدني الرؤية، و ما تسببه من مشكلات، و تدمير للألوان و الدهون و مواد المباني.

### (٣) الجسيمات العالقة الدقيقة

- و هذه الجسيمات صغيرة جداً و قطرها أقل من ١, ٠ ميكروميتر، و من الصعب ترسيبها و لها حركة عشوائية و قد تتجمع مع بعضها البعض ليزداد حجمها إلى أكثر من ١ ميكروميتر. و يصل عددها في الهواء النقي إلى عدة مئات في السنติيمتر المكعب، أما في الأجواء الملوثة فيصل عددها إلى أكثر من ١٠٠ ألف في السنتييمتر المكعب. و لا تشكل هذه الجسيمات خطراً كبيراً على صحة الإنسان، مع أنها تصل إلى الرئتين بسهولة، حيث تستطيع الرئتين نفلها أثناء الزفير.



# كما أنه يمكن تصنيف الجسيمات الملوثة للهواء تبعاً لطبيعتها إلى الأنواع التالية

- ١. جسيمات الغبار ، و هي مواد دقيقة صلبة و غالباً ما تكون خاملة كيميائياً.
- ٢. جسيمات السناج أو السخام، و هي عبارة عن تجمع لذرات الكربون المنبعثة من احتراق الوقود و المواد العضوية.
- ٣. جسيمات الرماد، و هي جسيمات تنطلق مع غازات المداخن، و قد تحمل معها وقوداً غير كامل الإحتراق.
- ٤. جسيمات الأبخرة ، و تنتج عن طريق التكثيف أو التفاعلات الكيميائية و يكون قطرها غالباً أقل من ١ ميكروميتر.
- ٥. جسيمات الرذاذ ، و هي تتكون من سوائل عالقة في الهواء و لا يزيد قطرها عن ٢ ميكروميتر.
- ٦. جسيمات الايروسولات Aerosols و هي عبارة عن دقائق صلبة أو سائلة متناهية الصغر لا تتراكم ابدأ ، و يكون قطرها غالباً أقل من ١ ميكروميتر.

## مصادر الملوثات الجسيمية

- تنبعث إلى الهواء كثير من الملوثات الجسيمية من العديد من المصادر الطبيعية و الصناعية. و يعتبر احتراق الوقود من النفط و الفحم الحجري و فحم الخشب النباتي من المصادر الأساسية لتلوث الهواء بالجسيمات الهيدروكربونية و بالألياف المعدنية. كما يعتبر استخدام مبيدات الحشرات و القوارض و النباتات الصغيرة من أهم مصادر تلوث الهواء بالجسيمات الكيماوية الفعالة شديدة الخطورة. و تشكل مصانع الأسمنت و محطات تصنيع الحجر الجيري و حجر الرمل مصدراً لتلوث الهواء بالجسيمات خاصة اذا كانت تلك المصانع لا تستخدم مرشحات لحجز الجسيمات. كما أنّ استخدام مواد التنظيف المختلفة يؤدي إلى انطلاق كميات كبيرة منها على شكل رغوة أو جسيمات، و تنطلق إلى الهواء أيضاً ألياف غير معدنية كالألياف السيليولوز من المناجر و ألياف قطنية من مصانع الملابس، هذا بالإضافة إلى الألياف المعدنية (الاسبستوزات) التي تنطلق من ورش تصليح السيارات و صناعة الألمونيوم و من استخدام فرامل السيارات. كما تساهم الصناعات الغذائية المختلفة في تلوث الهواء بالجسيمات المتعددة.

- بالإضافة إلى ما سبق فإن وجود ملوثات أولية غازية في الهواء يؤدي إلى تكون جسيمات صلبة أو سائلة، حيث تتكون جسيمات الكبريت من أكاسيد الكبريت الغازية، و جسيمات النترات من أكاسيد النتروجين، و يتكون رذاذ الأحماض من أكاسيد الكبريت و النتروجين. و تشارك بعض المصادر الطبيعية في تلوث الهواء بالجسيمات، حيث تحمل الرياح كثير من جسيمات الأتربة و الرمال و الغبار، و كذلك تنطلق حمم البراكين حاملة معها جسيمات عديدة بعضها مواد مسرطنة و تساهم الرياح و الأمواج في حمل رذاذ الأملاح من مسطحات البحار و المحيطات

### • مصير الجسيمات العالقة في الهواء

- تظل الجسيمات عالقة في الهواء لفترات زمنية متفاوتة قد تكون ثوان محدودة أو عدة أيام أو شهور إلا أنها في النهاية ستهبط على الأرض و ستزال من الغلاف الجوي، و تعتمد فترة بقاؤها في الغلاف الجوي على سرعة الرياح و أحجام الجسيمات و وجود الرطوبة و نزول الأمطار و الصقيع التي تغسل الغلاف الجوي من الملوثات. و لا ينتهي التأثير إلى هنا بل إنها تلوث الغطاء النباتي و المسطحات المائية و الممتلكات و يعتمد تأثيرها على العديد من العوامل.

- ومن المهم ذكر أن بعض الجسيمات تقلل كمية الإشعاع الشمسي الساقط على الأرض، فهناك ظاهرة التسخين الحراري للمدن بسبب بعض ملوثات الهواء الغازية مثل الأوزون و ثاني أكسيد الكربون و بخار الماء و مركبات الكلور و فلورو كربون. و بالتالي فإن الجسيمات تقلل من التأثير الحراري لأشعة الشمس. كما أن الجسيمات الدقيقة تلعب دوراً مهماً في عملية تكوين المطر، حيث تتكثف حبات المطر حولها. و لا ننسى الدور الذي تلعبه مياه الأمطار في تنظيف الغلاف الجوي مما علق به من غبار بالإضافة إلى أن الماء عنصر رئيس من عناصر الحياة لا يقل أهمية عن الهواء.



# التدخين

• يعتبر دخان التبغ الصادر عن السجائر والسيجار والغليون والأرجيلة وغيرها ، خليطا **Mixture** كيميائيا معقدا للغاية وخطيرا على صحة الإنسان وعلى كافة عناصر البيئة ، فهو يحتوي على أكثر من ٣٨٠٠ مادة كيميائية سامة ، ومن أهمها نذكر

• أول أكسيد الكربون

• CO وكبريتيد الهيدروجين H<sub>2</sub>S

• الأمونيا NH<sub>3</sub>

• الفورمالدهايد HCHO

• الأسيتالدهايد CH<sub>3</sub>CHO

• سيانيد الهيدروجين HCN



- بالإضافة إلى طائفة كبيرة من الأحماض المختلفة ، من أهمها **حامض الكربونيك**  $H_2CO_3$  و**حامض النيتريك**  $HNO_3$  و**حامض الخليك**  $CH_3COOH$  و**حامض الفورميك**  $HCOOH$

- إن دخان التبغ الساخن يحمل أيضا مجموعة ضخمة من المركبات العضوية المسرطنة والتي أثبتت التجارب المخبرية مدى خطورتها ، بحيث صنفت عالميا على إنها من المركبات الخطرة جدا ، ومن هذه المواد نذكر **مادة البنزوبيرين Benzopyrene** والتي تعمل على تدمير وإتلاف الخلايا المنتجة للأهداب وللخلايا المخاطية الواقية في الجهاز التنفسي للمدخنين وأيضا تدمر كافة الممرات الهوائية للإنسان المدخن أو الذي يستنشق الهواء الملوث بالدخان ، وما ينجم عن ذلك من التهابات مزمنة في القصبات الهوائية .

- لقد دل التحليل المخبري لدخان السجائر ولدخان كافة أنواع التبغ ، احتوائه على **مركب القطران**

- **مركب النيكوتين** والذي هو عبارة عن مادة منبهة للجهاز العصبي المركزي ، ومن المعروف أن مادة النيكوتين تحدث تغيرات كيميائية وفسولوجية ونفسية حادة لدى المدخنين ، كتسارع نبضات القلب وزيادة عددها بشكل كبير وارتفاع ضغط الدم وزيادة إفراز بعض هرمونات الغدد الصماء ، كهرمون الأدرينالين والذي يؤثر بدوره على عمل الجهاز العصبي ، أيضا بينت الدراسات الطبية أن النيكوتين يعمل على زيادة نسبة الحوامض الدهنية في الجسم.

• كذلك فقد بين التحليل الكيميائي لدخان التبغ ، احتوائه على نسبة من الكحول الميثيلي  $CH_3OH$  والذي يتسبب في حدوث العمى المؤقت لدى بعض المدخنين ومما يفاقم الوضع سوءا ، إذا كان المدخن مصابا بمرض السكري ، حيث قد تحدث حالة من العمى الدائم لديه بسبب تراكم هذا الكحول في دمه ، ولا يقتصر خطر دخان التبغ على المدخنين بل يطال كل من يستنشق هواء ملوثا بهذا الدخان السام والقاتل ، ففي عام ١٩٩٠ بينت إحدى الدراسات التي أجريت في الولايات المتحدة الأمريكية أن التدخين يتسبب سنويا في قتل ما يزيد عن ستة أضعاف من ماتوا في الحرب الفيتنامية ، كذلك وجد انه يموت سنويا أكثر من ٣٥٠٠ شخص بسبب سرطان الرئة الناتج عن دخان التبغ.

• إن الدراسات الطبية بينت بشكل قاطع أن التدخين هو المسئول الأول عن الإصابة بمرض السرطان وأمراض القلب والشرابيين ، كما انه يتسبب في حدوث عدد هائل من الأمراض الخطيرة والمزمنة .  
ويبين الجدول التالي أهم المواد والمركبات الكيميائية الموجودة في دخان التبغ وتأثيراتها السامة على صحة الإنسان:

## • النيكوتين.

- تؤدي هذه المركبات إلى حدوث تغيرات كيميائية وفسيولوجية في الجسم ، كإطلاق هرمون الكظرين من الغدة الكظرية والذي يؤدي إلى ارتفاع ضغط الدم وزيادة عدد ضربات القلب

## • الأحماض العضوية. الزيوت الطيارة

- القطران ، الفينول ، الفورمالدهايد ، الكريزول ، مواد أروماتية ، اسيتالدهايد ، بنزوبيرين
- مواد تسبب تهيج الأغشية المخاطية للجهاز التنفسي ولها تأثير مسرطن على كافة أجهزة الجسم المختلفة.

## • أول أكسيد الكربون.

- يتحد هذا الغاز السام مع هيموجلوبين الدم بمعدل يتراوح بين ( ٢٠٠ - ٢١٠ ) ضعف اتحاد الأوكسجين مع الدم

## • الكحول الميثيلي.

- نتج هذا الكحول عن احتراق التبغ مما يؤدي إلى حدوث عمى مؤقت لبعض المدخنين كما قد يؤدي إلى الإصابة بالعمى الدائم لدى المدخنين المصابين بمرض السكري.

## • مادة البيروليدين ، مادة ميثل بيروتين

- مواد شديدة السمية ويكفي بضع نقاط منها للتسبب في الوفاة.



# التدخين خطر مميت

عند استنشاق دخان التبغ، كما يمكن ملاحظة  
أو ملاحظة سواد الكائنات عامة أو خاصة  
كما يمكن العمل ومجالات اللقائات الاجتماعية  
أو اللقائات العامة أو اللقائات الأخرى، هناك  
أخرى كالتدخين وحده، تسبب إرثهم على  
استنشاق (2000) مادة كيميائية من ضمنها  
السرطان اللقائات



سيائد الهيدروجين  
(سم يستعمل في غرف الإعدام بالغاز)

توليدين



أسيتون  
(مزيل الصبغ)

ناهثايل أمين



ميثانول  
(وقود صواريخ)

بايرين

دايميثايل نتروسامين



ناهثالين  
(قاتل العث)



نيكوتين  
(مبيد حشرات، مبيد أعشاب، عطر مخدر)



كادميوم

(يستغل في بطاريات السيارات)

أول أكسيد الكاريون  
(غاز سام في عوادم السيارات)

بيتزبايرين



كلوريد الضينايل  
(صناعة اللدائن)



أمونيا  
(منظف أرضيات)

يوريشين

تولوين  
(مذيب صناعي)



الزرفيخ  
(سم النمل الأبيض)

دايبترأكريدين

فيتول

(مظهر أرضيات وأدوات)



بيوتين  
(غاز الولاغات)

بولونيوم (210)



د.د.ت.  
(مبيد حشري)



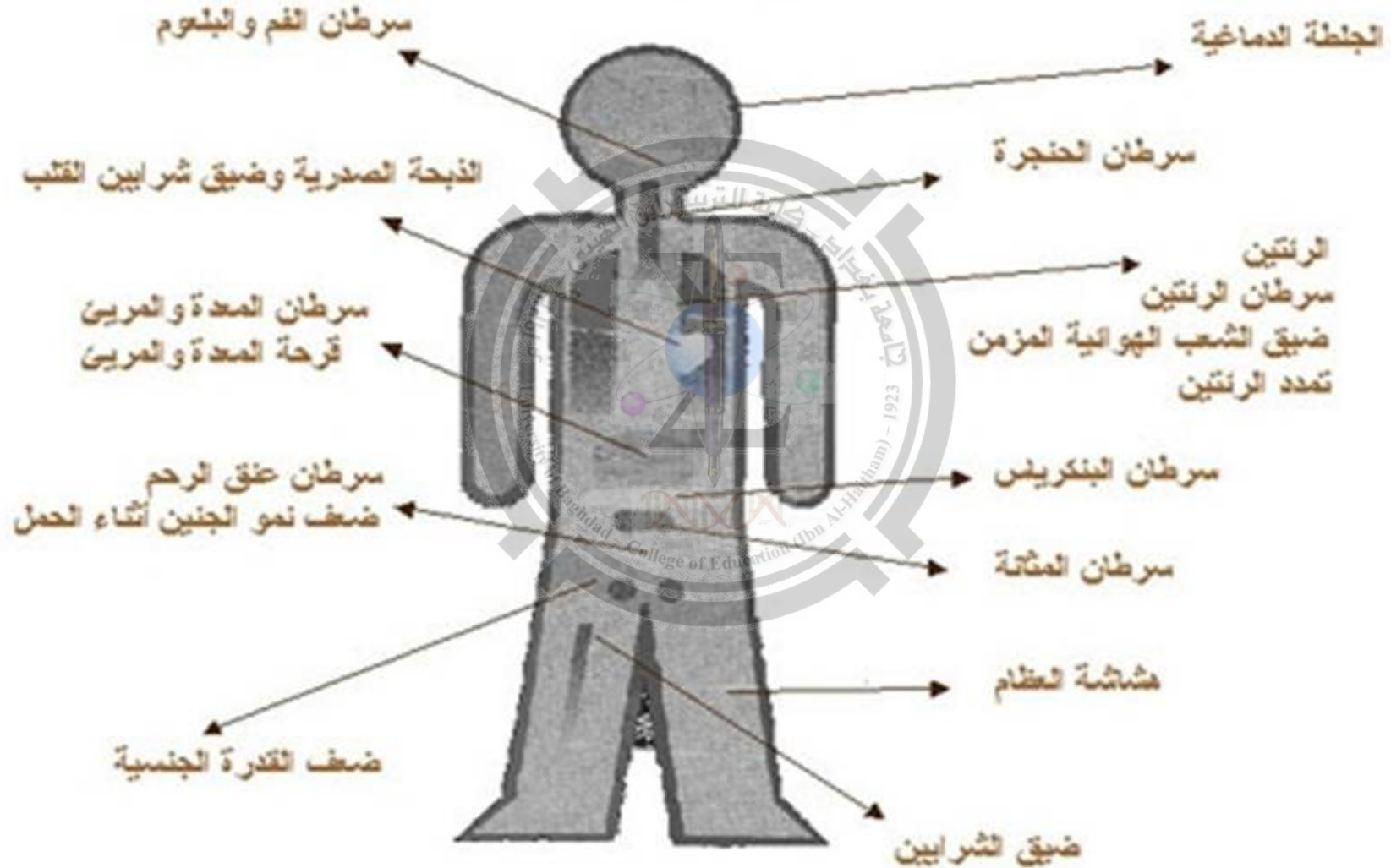
مادة تسبب السرطان



# تشريح قاتل



# الأمراض المتعلقة بالتدخين يجب مواجهة الحقائق



## امراض التدخين

المريء : يميل معظم المدخنين إلى بلع كمية معينة من الدخان ، وبذلك يتعرض الجهاز الهضمي وبالأخص المريء إلى خطر الإصابة بالسرطان .

الرئتان : تتم إزالة المواد الغريبة من أنسجة الرئتين بواسطة الشعيرات الدقيقة ( الأهداب ) التي تكسو المنافذ الهوائية ، والتي تتخلص باستمرار من الجسيمات بإبعادها عن الرئتين على شكل مواد مخاطية مفرزة ( البلغم ) ، وعلاوة على تعرض الرئتين للإصابة بالسرطان

بإمكان المواد الكيميائية الموجودة في دخان التبغ أن تتلف بصورة تدريجية بعض هذه الشعيرات ، وهي تدفع بالقوة الإفراز المتزايد للبلغم ، فتصاب الرئتان بالتالي بالتهاب مزمن وتصبحان معرضتين للعدوى بأمراض ، منها : الالتهاب الشعبي ، ويعود ( سعال المدخن ) إلى عجز في كفاءة آلية تنظيف الرئتين ، مما يسبب بالتالي زيادة حجم البلغم المفرز



## سرطان المثانة و الرئة

- المثانة : من الجائز أن تصاب المثانة بالسرطان نتيجة لكون المواد الكيميائية المسرطنة ، ومنها القطران تمتص في مجرى الدم وتفرز مع البول . وغالبا ما تزداد الأخطار الطفيفة الناتجة عن تناول أقراص منع الحمل عند النساء المدخنات ، ويزداد مرتين احتمال إجهاض المرأة الحامل التي تدخن ما بين ١٥ و ٢٠ سيجارة في اليوم عن المرأة التي لا تدخن ؛ وبالتالي يزداد احتمال ولادة المرأة المدخنة لطفل قبل أوانه ضعيف البنية
- وقد سجل معدل وفيات الأطفال الحديثي الولادة لأمهات مدخنات نسبة تزيد عن ٣٠ % أكثر من معدل وفيات الأطفال الحديثي الولادة لأمهات غير مدخنات ، وبالإضافة إلى ذلك أظهرت الدراسات الحديثة أن ( التدخين السلبي ) أي : استنشاق الهواء الملوث بدخان التبغ الذي يدخنه أشخاص آخرون ، يزيد احتمالات خطر الإصابة بسرطان الرئة عند غير المدخنين . وتحتوي بعض أصناف السجائر على كمية أقل من القطران والنيكوتين من سائر الأصناف ، ولكن لم توجد بعد السيجارة ( الآمنة ) تماما ، كما أن التحول إلى تدخين السجائر الخفيفة قد لا تكون له فائدة ملموسة دائما خصوصا أن المدخنين الذين يتحولون إليها كثيرا ما يعرضون عن هذا التحول بتدخين عدد أكبر من السجائر ، أو بأخذ نفس أطول خلال عملية التدخين.

## الفم ، الحنجرة ، القلب و الشرايين

### الفم والحنجرة :

- مما لا شك فيه أن في دخان السجائر ( وبالأخص القطران الذي يحتويه ) مواد تستطيع أن تولد السرطان في الأنسجة التي تتصل بها ، وهكذا يتعرض المدخنون لأخطار الإصابة بالسرطان في أي موقع من الجهاز التنفسي ، بما في ذلك الفم والحنجرة .

### القلب والشرايين :

- بإمكان مادة النيكوتين أن تسبب ارتفاعا في معدل نبضات القلب ، وأن تزيد تأثيرات ضغط الدم المرتفع ، يبدو أن دخان السجائر وربما ما يحتويه من أول أكسيد الكربون تحديدا يشجع تراكم التعصد في الشرايين ، وهذا عامل يساهم في حدوث العديد من أمراض القلب ، ومن الملاحظ أن الذبحات القلبية تؤدي إلى الموت عند المدخنين المسرفين بنسبة أكبر مما تؤدي إليه عند غير المدخنين

## الضبخن (Smog)

خليط من الدخان والضباب يتكون فوق المدن والمناطق الصناعية، وهو أحد أنواع تلوث الهواء. كان قديماً يسببه احتراق الفحم بكميات كبيرة. وكان ينتج عن اختلاط الدخان بثاني أكسيد الكبريت. أما حالياً فتسببه الانبعاثات والعوادم الصادرة من المصانع والسيارات خاصة الملوثات الهيدروكربونية وأكاسيد النيتروجين التي تنبعث منها فتتحول بفعل أشعة الشمس إلى ملوثات مؤكسدة مثل غاز الأوزون. وهو ما يسمى بظاهرة الضباب الضوئي الكيميائي (Photochemical smog)، في وجود ظاهرة الضبخن يكون لون الهواء بنيًا وله رائحة كريهة ويرتبط حدوثه بارتفاع درجات الحرارة. ومن الملوثات الأخرى المتسببة في ظهوره إلى جانب غاز الأوزون: أكاسيد النيتروجين، الهيدروكربونات وأول أكسيد الكربون. معظم المدن الكبرى مثل لندن ولوس أنجلوس ومدينة مكسيكو والقاهرة تعاني من مناسيب خطيرة من الضبخن.

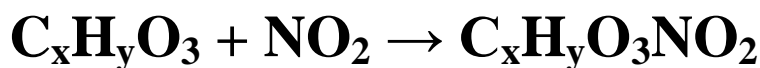
### كيفية تكون الضباب الدخاني

تتكون غازات عوادم السيارات من أكاسيد الكربون و مركبات هيدروكربونية لم تتأكسد تأكسداً تاماً بالإضافة إلى وجود بعض أكاسيد النيتروجين . تتأكسد الهيدروكربونات التي لم تحترق احتراقاً تاماً و الصادرة عن عوادم السيارات في ظل وجود الأوكسجين الحر مكونةً ألدهيدات أو كيتونات . كما أن المركبات الهيدروكربونية تتفاعل مع شقوق الهيدروكسيل و الأوكسجين و أكاسيد النيتروجين لتنتج مركب بيروكسي أسيل نترات . PAN و يعتبر هذا المركب من أهم مصادر الضباب الدخاني. و نظراً لاحتواء الخليط الغازي السام على غاز ثاني أكسيد النيتروجين الذي يمتص الأشعة فوق البنفسجية ، فإنه يتفكك إلى أكسيد النيرتيك و أكسجين ذري ، و هذا الأخير يتفاعل مع جزيئات الأوكسجين ليتكون الأوزون ، الذي يدخل في سلسلة من التفاعلات مع الهيدروكربونات النشطة و الموجودة في الخليط ... و نتيجة لهذا التفاعل الكيميائي الضوئي يتكون الضباب الدخاني الذي يبقى معلقاً في الهواء و يغلف جو المدن مسبباً احتقان الأغشية المخاطية و حرقة في العيون و زيادة في أمراض الجهاز التنفسي.

### PAN (peroxyacetyl nitrate) CH<sub>3</sub>COONO<sub>2</sub>

يعد ال(PAN) واحد من المحسسات القوية للجهاز التنفسي، والعيون، والموجوده في الضبخن (SMOG). يتكون من النترات التي تظهر في التوازن الحراري بين جذور البيروكسي العضويه، بالطور الغازي لأكسده مجموعة متنوعة من المركبات العضوية المتطايرة ، أو عن طريق الألدهيدات وغيرها من المركبات العضوية المتطايرة المؤكسدة. بوجود (NO<sub>2</sub>).

### المعادله





## مشاكل تلوث الهواء ثالثا :- ظاهرة المطر الحمضي

### تعريف المطر الحمضي:

يعتبر المطر الحمضي من أخطر المشاكل البيئية التي نواجهها ويؤثر على قطاع كبير في البيئة. وكما يتضح من الاسم، فالمطر الحمضي هو المطر الذي يكتسب الصفة الحمضية، ويصبح هكذا من الغازات التي تتحلل في ماء المطر وتكون الأحماض العديدة المختلفة. المطر بطبيعته حمضيا بنسبة ضئيلة بسبب ثاني أكسيد الكربون الذي يخرج من تنفس الحيوانات وينحل في المطر، والمعامل الذي يقاس به درجة الحمضية للمطر (pH) وقبل الثورة الصناعية نجد أن هذا المعامل في المطر يتراوح بصفة عامة بين نسبتى (5، 6) لذا نجد أن مصطلح المطر الحمضي يستخدم ليصف فقط المطر الذي يحتوى على (pH) بنسبة (5) وما تحت هذه النسبة. اما المناطق النشطة بالبراكين تكون النسبة النمطية (4) حيث يتحد ثاني أكسيد الكربون وكبريتيد الهيدروجين ويكونان حمض الكبريتيك في المطر.

ونستطيع القول بأن " المطر الحمضي " مصطلح عام يطلق على الطرق العديدة التي تسقط بها الأحماض من الغلاف الجوى، والمصطلح الأكثر دقة له هو "الترسيب الحمضي" والذي يتكون من جزئين:

1-ترسيب حمضي رطب.(Wet)

2-ترسيب حمضي جاف.(Dry)

ويشير الترسيب الرطب إلى المطر الحمضي والضباب والثلج. وبما أن الماء الحمضي يتدفق فوق ومن خلال سطح الأرض فهو يؤثر على العديد من النباتات والحيوانات ومدى قوة تأثيره يعتمد على العديد من العوامل بما فيها درجة حمضية الماء، كيمياء التربة، نوع الأسماك والأشجار، وكافة الأحياء الأخرى التي تعتمد على الماء.

أما الترسيب الجاف فيشير إلى الغازات الحمضية والجسيمات التي تقوم الرياح بدورها بحملها وترسيبها على المباني والسيارات والمنازل والأشجار وبعدها تأتي الأمطار لتغسل هذه الأسطح من أية غازات أو جسيمات تعلق عليها بفعل الرياح، ومن هنا تتحول الأمطار إلى أمطار حمضية بدرجة اكبر من التي تكون عليها الأمطار عندما تتساقط في البداية بدون أية مؤثرات خارجية.

### كيف يتشكل المطر الحمضي؟

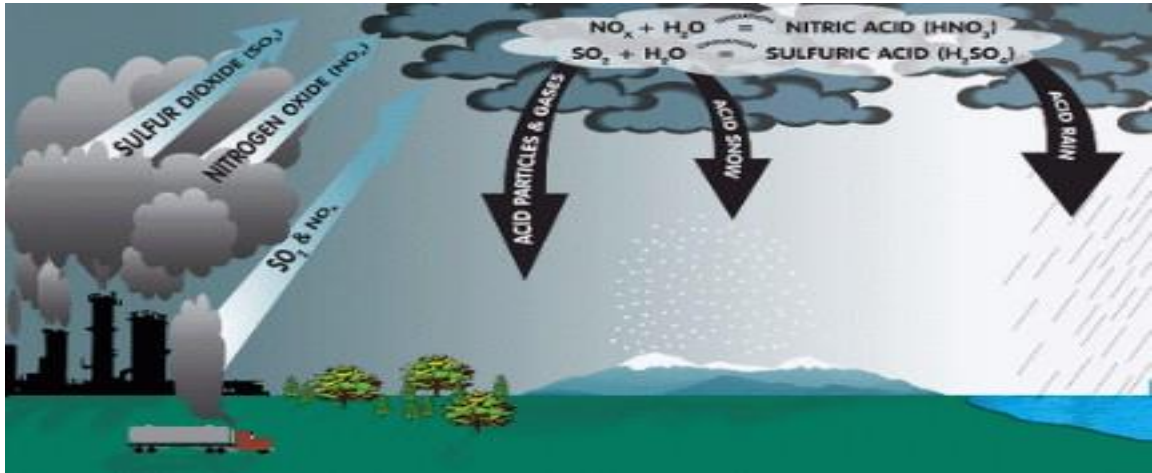
يتكون المطر الحمضي بشكل رئيسي من انبعاث كلٍ من غاز ثاني أكسيد الكبريت وأكاسيد النيتروجين إلى الجو والنتيجة عن احتراق الوقود كالفحم والبتروول والغاز الطبيعي حيث تتحد هذه الغازات مع بخار الماء والتفاعلات الآتية توضح كيفية تكون مثل هذا النوع من الأمطار:

يتفاعل ثاني أكسيد الكربون مع الماء ليكون الحامض الكربونيك

-يتفاعل ثاني أكسيد الكبريتيد مع الماء ليكون حمض الكبريتيك.

-تتفاعل أكاسد النيتروجين مع الماء لتكون حمض النيتريك..

-يتفاعل الكلور مع الماء ليكون حمض الهيدروكلوريك.



مخطط يوضح كيفية تكون المطر الحمضي

\_ مصادر الغازات المسببة لظاهرة المطر الحمضي :-

- 1- محطات توليد الطاقة الكهربائية.
- 2- البيوت التي تستعمل النفط او الغاز في التدفئة.
- 3- المعامل التي تحرق الفحم والبتترول.
- 4- السيارات, الشاحنات والطائرات.

كيف يمكن قياس حمضية المطر؟

- 1- تقاس حمضية المطر باستخدام (pH)metar كلما كانت رقم هذا المعامل أقل كلما كانت نسبة الحمضية في المطر أعلى -2. نسبة (pH) في الماء النقي = 7
- المطر الطبيعي توجد به نسبة حمضية ضئيلة وذلك يرجع إلى تحلل ثاني أكسيد الكربون فيه وتصل النسبة فيه إلى 5,5.
- أما المطر الحمضي الذي توجد به مواد كيميائية بنسبة كبيرة من الممكن ان تصل النسبة إلى اقل من 4 .

تأثيرات المطر الحامضي:-

- 1- الأمطار الحمضية مثل الأمطار العادية لا طعم لها ويكون تأثيرها السلبي على الإنسان غير مباشر فوجود اكاسيد النيتروجين وثاني أكسيد الكبريت يشكلان الخطر الحقيقي على صحة الإنسان بما يسببانه من تهيج في الرئة او تلفها ويقللان من وضوح الرؤيا. كما يضر بصحة الإنسان من خلال التأثير السلبي لهذه الأمطار على البيئة وتتضح هذه العلاقة كالتالي بما أنه توجد العديد من المعادن السامة في مركبات على سطح التربة يعمل المطر الحمضي عند تساقطه على حل بعضاً من هذه المركبات بحيث تصبح معادن حرة طليقة ويتركز بعضاً منها في مياه الأنهار التي هي المصدر الأساسي لمياه الشرب

لمعظم شعوب العالم، ومن هذه المعادن الزئبق الذي يتخلل الثروة السمكية ومن ثم تضر بصحة الإنسان الذي يأكلها، كما وتتسبب الأمطار الحمضية في أضرار صحية كبيرة للإنسان، ومن ذلك احتقان الأغشية المخاطية وتهيجها وكذلك السعال والاختناق وتلف الأنسجة.

2- المطر الحمضي يزيد من حمضية مياه الينابيع والبحيرات.

3- بما أن الماء يصبح أكثر حمضية فيبدأ تفاعله مع رصاص ونحاس مواسير المياه وبالتالي تلوث مياه الشرب، وقد وصل تلوث مياه الشرب في السويد إلى حد مفزع وهو أنه يحول شعر الإنسان إلى اللون الأخضر. يسبب أيضاً النحاس الإسهال للأطفال الصغار، ومن الممكن أن يدمر الكبد والكلى.

4- عندما تزداد حمضية المياه تؤثر على عدد الأسماك والكائنات الحية الأخرى. فعند درجة حموضة (5) فإن معظم بيوض الأسماك لا تفقس وعند درجة أعلى فإن بعض الأسماك تموت.

5- يسبب المطر الحمضي تآكل الحجر، المعادن، الطلاء وكل ما هو معرض للعوامل الجوية لفترة طويلة مثل الآثار. هذا بدوره قد يؤدي إلى خسائر اقتصادية كبيرة عدا عن القيمة الثقافية التي لا يمكن تعويضها.

6- الأمطار الحمضية تدمر الغابات والأراضي الزراعية، فهي تجرد الأشجار من أوراقها، وتذيب بعض المعادن أو الفلزات الهامة وتبعدها عن جذور النبات، مثل الكالسيوم والبوتاسيوم والمغنيسيوم التي تجرفها مياه الأمطار الحمضية بعيداً عن جذور النباتات إلى المياه الجوفية، وبذلك تقل جودة المحاصيل الزراعية، كما تحدث الأمطار الحمضية خللاً في التربة، فتؤدي إلى اضطراب عملية الامتصاص في الجذور، مما يؤثر سلباً على الإنتاجية.

7- تؤثر الأمطار الحمضية أيضاً على التربة الزراعية، فتؤدي إلى انخفاض نشاط البكتيريا المثبتة للنيتروجين. وتراجع معدل تحلل المواد العضوية، مما يترتب عليه زيادة حجم البقايا النباتية، على نحو يعوق نفاذ الماء إلى داخل التربة، ويحول دون إنبات البذور، وهذه التأثيرات السلبية تؤدي إلى انخفاض إنتاجية الغابات والأراضي الزراعية.

### علاج المشكلة

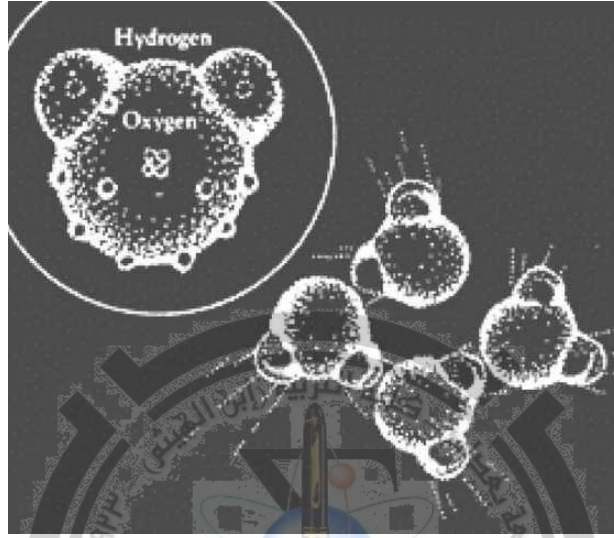
نظراً لخطورة ظاهرة الأمطار الحمضية وما ينتج عنها من آثار تخريبية على كافة الأصعدة اقترح الباحثون علاجين:-

الأول: علاج مكلف ومتكرر، نظراً لتكرار سقوط الأمطار الحمضية، وهذه الطريقة تتمثل في معادلة الأنهار والبحيرات الحمضية والأراضي الزراعية بمواد قلوية.

والثاني: علاج دائم ويتمثل بتنقية الملوثات قبل أن تنتشر في الغلاف الهوائي والحد من إحراق الوقود داخل المصانع ومحطات توليد الطاقة ووسائل المواصلات، واستخدام أفران ومواقد جديدة تقلل من انطلاق كل من أكاسيد الكبريت وأكاسيد النيتروجين. واستخدام محطات التكرير الحديثة التي تنتج نפטاً يحتوي على نسبة منخفضة من الكبريت. ويمكن إتباع بعض الطرق لتقليل أضرار الأمطار الحمضية، ومن ذلك طلاء المنشآت والمباني والآثار بأنواع مستحدثة من الطلاء لحمايتها من الآثار الضارة لسقوط الأمطار الحمضية.

# خواص الماء الكيميائية والفيزيائية:

**1- الرابطة التساهمية القوية :** إن البناء الفريد للماء يجعل جزيئاته متماسكة ومرتبطة بروابط هيدروجينية، ويصبح كل جزيء مرتبطاً بأربعة جزيئات مجاورة، وكل منها بأربعة، وهكذا تبدوا جميع الجزيئات مرتبطة ببعض في شبكة فراغية متماسكة (الترتيب اللاخطي) مما اعطى للماء استقراره الحراري، ولولا هذا لكانت درجة غليان الماء (-80م) وفقاً لوزنه الجزيئي الصغير ولاستحال وجود الماء على أشكاله المختلفة على سطح الأرض ولاستحالت الحياة .



**2- السعة الحرارية الكبيرة للماء :** من المعلوم أن درجة غليان الماء مرتفعة وذلك لقوة رابطة التساهمية لذلك فهو يمتص قدرة حرارية كبيرة لكي يتبخر حيث كل غرام من الماء السائل يحتاج إلى 540 سعره ليتحول إلى بخار وهذه الخاصية تعطي الماء دوراً فريداً في نقل القدرة من مكان لآخر، فالماء الذي يتبخر من المحيطات تسوقه الرياح مئات وآلاف الكيلومترات إلى أماكن باردة فعند تبرد البخار وتحببه وتساقطه على شكل قطرات مطر ينشر معه الطاقة التي أمتصها أثناء تبخره فيساهم في رفع درجة الحرارة في تلك المناطق وتلطيف حرارة الجو وكذلك في أثناء تساقط الثلوج , وهذه الحرارة المنتشرة كبيرة إذا ما علمنا أنه يتبخر كل عام 520 ألف كيلوا متر مكعب من الماء.

**3- تمدد الماء عند تصلبه :** من المعروف ان كل الجوامد يتناقص حجمها عندما تبرد ، و هذا ينطبق على جميع أنواع السوائل المعروفة على السواء عندما تتناقص درجات حرارتها ، وأثناء ذلك تتناقص حجمها ، وأثناء تناقص حجمها تزداد الكثافة، وبالتالي تغدوا الأجزاء الباردة من السائل أثقل ، ولهذا السبب تزن الأشكال الصلبة للمواد أكثر ( بالحجم ) من كونها في الشكل السائلي لكن توجد حالة واحدة لا ينطبق فيها هذا القانون و هي حالة الماء ، فهو مثل جميع السوائل يتقلص في الحجم كلما صار أبرد ، ويفعل ذلك فقط مادامت درجة حرارته فوق أربع درجات مئوية ، و لكن ما أن يصل لدرجة أربع درجات مئوية خلافاً للسوائل المعروفة فإنه يبدأ بالتمدد ، وأخيراً عندما يتجمد فإنه يتمدد أكثر من ذلك ، و نتيجة لتصلب الماء و تمدده يصبح وزنه أخف من الماء السائل فيطفوا على سطح الماء، ولهذا الخاصية فائدة عظيمة للكائنات المائية التي تعيش في المناطق الباردة والمتجمدة فعندما تنخفض درجة حرارة الماء في فصل الشتاء في الأحواض المائية ( نهر \_ بحيرة \_ بحر... ) نتيجة انخفاض درجة حرارة الغلاف الجوي المحيط تتجمد طبقة الماء السطحية فتتمدد وتزداد كثافتها فتطفوا على سطح الماء وتشكل عازلاً طبيعياً بين الغلاف الجوي البارد والماء أسفل الحوض فتساهم تلك الخاصة في خفض درجة حرارة الماء بأعتدال مما يحول دون تجمد الحوض المائي فيساهم هذا العازل الطبيعي إضافة إلى الحرارة المنتشرة من تجمد الجليد على تلطيف حرارة الماء والمحافظة على حياة الأحياء المائية وتجنبها خطر التجمد والموت.



**4- التوتر السطحي (الشد السطحي) للماء عالية:** نتيجة لقوى التجاذب بين جزيئات الماء يلاحظ أن قيمة التوتر السطحي للماء عالية جداً وتبلغ 72 ميلي نيوتن /المتر وهي تفوق الضغط الجوي فهذه الخاصية هي التي تجعل الماء يرتفع بنفسه في الأوعية الشعرية في الأشجار وتعرف بالخاصية الشعرية فيحمل الماء من خلالها الغذاء إلى الخلايا النباتية حتى ارتفاعات عالية ، كما أنها هي المسؤولة عن تحريك الماء في المسامات والفراغات والأقنية والشقوق الدقيقة في التربة والصخور نحو الأعلى حتى تتساوى قوة التوتر السطحي للماء مع قوة الجاذبية الأرضية مما يسهل على جذور النباتات الحصول على الماء في المناطق الجافة والصحراوية.

**5- تعد قيمة ثابت العزل الكهربائي للماء عالية جداً** وهي نحو ( 80 ) في جزيئات الماء وتكون مراكز الشحنات الموجبة والسالبة منزاحة كثيراً عن بعضها البعض، فنلاحظ أنه عند غمر جسم ما في الماء نلاحظ أن القوى الناشئة بين الجزيئات أو الذرات على سطحه تضعف تحت تأثير الماء مئة مرة تقريباً ، فإذا أصبحت الرابطة بين الجزيئات غير قادرة على مقاومة فعل الحركة الحرارية بدأت جزيئات الجسم أو ذراته بالانفصال عن سطحه والانتقال إلى الماء، وبدأ الجسم عندئذ بالذوبان حيث يتفكك إلى جزيئات مستقلة كما يحدث للسكر عند ذوبانه في كأس من الشاي أو يتفكك إلى جسيمات مشحونة ( أيونات ) كما يحدث لمخ الطعام.

ويعتبر الماء ، بفضل ثابت عزله الكهربائي الكبير جداً، من أقوى المذيبات ، فباستطاعته أن يذيب عدد كبير من الصخور الملحية على سطح الأرض، والماء يفتت ببطء الغرانيت ويسحب أو يمتص منه الأجزاء السهلة الذوبان فتحمل مياه الأنهار والجداول والسواقي الشوائب المنحلة فيها وتقدف بها في المحيطات التي تتراكم فيها الأملاح والشوائب على مدى العصور ، لذلك تكون مياه البحار والمحيطات مشبعة بالأملاح والمعادن والشوائب التي بدورها تمنع المياه من أن تتحول إلى مستنقعات فتموت بالتالي معظم الأحياء البحرية. ولهذه الخاصية أهمية كبيرة للنبات فالماء يذيب الأملاح والمعادن والشوائب الضرورية لحياة النبات التي تنتقل عبر الأنابيب الشعرية إلى الخلايا النباتية .

#### **6.المفعول(الأعلى، الأخفض) للتجمد :**

تتجمد السوائل عادة من الأسفل نحو الأعلى لكن الماء على العكس فهو يتجمد من الأعلى نحو الأسفل، وطبعاً هذه أول خاصية غير مألوفة للماء، وهذه الخاصية هي خاصة حاسمة لبقاء الماء على سطح الأرض، وإذا لم تكن تلك الخاصية محققة، أي إذا كان الجليد لا يطفو فكثر من ماء كوكبنا سوف يحتجز بشكل جليد، عندئذ تصبح المياه غير ممكنة في بحارها وبحيراتها وبركها وأنهارها .

يوجد العديد من الأماكن في الأرض حيث تهبط درجات الحرارة في الشتاء إلى ما دون الصفر المئوية، وطبعاً مثل ذلك البرد سيؤثر في ماء البحار والبحيرات فتأخذ تلك العوالم المائية بالتبريد شيئاً فشيئاً وتبدأ أجزاء منها بالتجمد فإذا كان الجليد لا يسلك الطريق التي يسلكها عادة وهي أنه يطفو، فالجليد سوف يغرق للأسفل بينما الأجزاء الأدفى من الماء سوف تصعد للسطح وتعرض للهواء الذي درجة حرارته مازالت تحت التجمد، فيحدث تجمد تالي وهكذا تغرق كلها إلى الأسفل، وسوف تستمر هذه العملية حتى لا يصبح هناك ماء سائل موجود على الإطلاق، لكن ليس ذلك هو ما يحدث، بل ما يحدث هو شيء آخر مختلف أي ما يحدث بدلاً من ذلك هو التالي : أثناء تبريد الماء يتزايد الماء في ثقله حتى تصل درجة حرارته إلى (4سيليزيه) وعند تلك النقطة يحدث تغير مفاجئ لكل شيء، فبدلاً من حدوث تقلص للماء فإنه يبدأ بالتمدد ويصبح وزنه أخف مع هبوط درجة الحرارة، والنتيجة هي أن الماء ذي الدرجة (4سيليزيه) يبقى في الأسفل والماء ذي الدرجة (3س) يكون فوقه وماء الدرجة (2س) فوقه وهكذا بالتدريج حتى الوصول إلى السطح، عندئذ تكون درجة حرارته هي الصفر المئوية فقط وهنا يحدث التجمد، أي أن السطح فقط هو الذي يتجمد، أما طبقة الماء ذات الدرجة (4س) فإنها تبقى سائلة تحت الجليد، وهي كافية لاستمرار حياة المخلوقات والنباتات تحت سطح الماء

يجب أن نشير هنا إلى الخاصية الخامسة للماء وهي انخفاض الناقلية الحرارية للجليد والثلج فهي أيضاً حاسمة في هذه العملية، وبسبب كونها ضعيفتين جداً للنقل الحراري فطبقاتهما تحتفظ بحرارة الماء في الأسفل وتمنعها من الهروب للجو، ونتيجة لذلك فحتى ولو هبطت درجة حرارة الهواء لما دون الصفر وليكن لـ (-0.5س) ، فطبقة الجليد في البحر سوف لن يزيد سمكها عن متر أو مترين لدى المخلوقات التي تقطن المناطق القطبية مثل الفقمة والبطريق، فهي تستفيد من ذلك لتصل الماء أسفل الجليد .

**- ماذا سيحدث لو كان الماء لا يسلك هذا الطريق وإنما سلك طريقاً نظامية بدل ذلك؟**، ولنفرض أن الماء استمر في تكثفه مع انخفاض درجة حرارته وأن سلوكه هذا يماثل سلوك بقية السوائل الأخرى كلها وأن الجليد غرق إلى الأسفل، فماذا يحدث عندئذ ؟ ج\*\* في هذه الحالة فإن عملية التجمد في البحار والمحيطات ستبدأ من الأسفل وتتابع كل الطريق نحو الأعلى بسبب عدم وجود طبقة من الجليد على السطح لتمنع الحرارة الباقية من النجاة والهروب للجو . وبكلمة أخرى فإن معظم بحيرات الأرض والبحار والمحيطات ستصبح جليداً صلباً مع بقاء طبقة من الماء سمكها بضع أمتار على سطح الجليد وليس تحته . وحتى ولو تزايدت درجة حرارة الهواء فإن الجليد في الأسفل سوف لن ينصهر كلياً بشكل مطلق، .

إذا فكرنا في السوائل التي نتعامل معها ، نجد أن لتلك السوائل درجات عالية من الاختلاف في لزوجتها، فلزوجة القطران والجليسرين وزيت الزيتون وحمض الكبريت هي أمثلة تختلف عن بعضها بشكل كبير ، وعندما نقارن مثل تلك السوائل بالماء يصبح هذا الفرق أكثر بشكل كبير، فالماء أكثر سيولة بعشرة ملايين مرة من القطران وبألف مرة من الجليسرين، ومرة من زيت الزيتون وعشرين مرة من حمض الكبريت . من هذه المقارنة نكتشف أن للماء أقل لزوجة ممكنة عن سواه من المواد السائلة . لأنه في الحقيقة وإذا استبعدنا قليلاً من المواد مثل الأثير والهيدروجين السائل نجد أن الماء لزوجة هي أقل من أية مادة ما عدا الغازات .

سؤال-هل لانخفاض لزوجة الماء أية أهمية لنا ؟ هي ستكون الأشياء مختلفة إذا كان ذلك السائل الحيوي أكثر قليلاً أو أقل قليلاً في لزوجته،؟

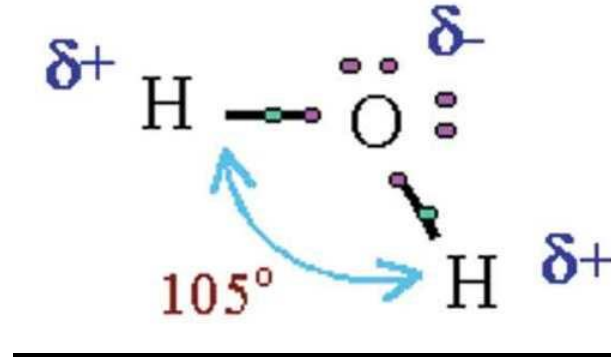
"سيكون تلاؤم الماء أقل إذا كانت لزوجته منخفضة جداً، وستعرض النظم الحية لحركات عنيفة بتأثير قوى قصية غاية في الشدة إذا كانت اللزوجة منخفضة جداً مثل لزوجة الهيدروجين السائل .. وإذا كانت لزوجة الماء أقل من ذلك أيضاً فالتركيبات (الدقيقة) سوف تتمزق بسهولة، وعندئذ لن يكون الماء قادراً على دعم أي تركيبات مجهرية معقدة دائمة، عندئذ لا يعود التركيب الجزيئي الدقيق للخلية موجوداً. فإذا كانت اللزوجة أعلى ستكون فعاليات العضيات مثل الميتاكوندرييات أو العضيات الصغيرة غير ممكنة، ويصح القول في ذلك أيضاً على عمليات انقسام الخلية، وستكون عندئذ كل النشاطات الحيوية للخلية متوقفة ، وكذلك فإن مراحل تطور الاعضاء والتي تعتمد بشك لجدي على قدرة الخلايا على الحركة والدوران خلال مراحل تكون الجنين سيكون ذلك بالتأكيد غير ممكن إذا كانت لزوجة الماء أكبر حتى بقليل مما هي عليه في الواقع "

إن انخفاض لزوجة الماء هو شيء أساسي ليس فقط من أجل الحركة الخليوية ولكن أيضاً من أجل نظام الدوران الدموي، فكل مخلوق حي حجم جسمه أكبر من ربع ميليمتر واحد. نظام دورة دموية مركزي والسبب في ذلك هو أن كل كائن حي له حجم خلف وليس من الممكن أن ينتشر الغذاء والأوكسجين عبر اعضاءه ببساطة، لأنه لا يمكن إدخالهم مباشرة للخلية كما لا يمكن تفريغ منتجاتهم الأخرى . كما أنه يوجد في العضو العديد من الانسجة المتكونه من الخلايا ومن الضروري أن يصل لها الأوكسجين والطاقة، ويتم ذلك بدخولها وتوزعها بالضح عبر أوعية (نبيبات) من نوع ما، كما توجد أوعية أخرى ضرورية لتحمل الفضلات بعيداً، وتلك الأوعية بنوعها الأوردة والشرايين، ويشكلان جهاز الدوران، اما القلب فهو المضخة التي تحفظ حركة هذا النظام بينما يحمل المادة عبر هذه الأوعية سائل يدعى الدم ومعظمه ماء، الذي يشكل 95% من بلازما الدم - وهي المادة المتبقية بعد إزالة خلايا الدم، والبروتينات والهرمونات من الدم . هذا هو السبب في أن للزوجة الماء أهمية كبيرة جداً، فهي هامة لأنها تسهل وظيفة النظام الدوري الدموي في الاعضاء الحية، فإذا كانت لزوجة الماء كبيرة مثل تلك التي للقطران فبالإمكان لا يستطيع أي قلب أن يضخ، أما إذا كانت لزوجة الماء مثل لزوجة زيت الزيتون والتي هي أقل بمئة مليون مرة منها للقطران فالقلب قد يتمكن من الضخ لكنها ستكون عملية صعبة جداً والدم سوف لن يتمكن من الوصول إلى كل البلايين من الأنابيب الشعرية والملتفة طرفها عبر أجسامنا .

إذا كانت لزوجة الماء أكثر بقليل مما هي عليه فعلاً عندئذ سيكون جهاز الدوران غير مجد بتاتاً، فالنظام الشعري يعمل إذا كان للسائل (الذي يضخ عبر أنابيب) ذو لزوجة منخفضة جداً . وانخفاض لزوجة السائل أساسية بسبب أن الجريان يتناسب عكسياً مع اللزوجة .. لهذا من السهل أن نرى، لو كان للزوجة الماء قيمة أكبر بعدة مرات مما هي عليه، فإن ضخ الدم عبر النظام الشعري سيتطلب ضغطاً كبيراً وبالتالي فإن أي نوع من هذا النظام الدوري سوف لن يعمل .. لكن لو صارت لزوجة الماء أكبر بقليل وازداد قطر أصغر الأنابيب الشعيرية العاملة من (3) ميكرون إلى (10) ميكرون عندئذ ستحتل الشعيرات نظرياً كل النسيج العضلي ليقدّم الأوكسجين والغلوكوز، وطبعاً سيكون من الواضح أن أشكال الحياة في هذه الحالة غير ممكنة أو سوف تعاني صعوبات جمة في أداء عملها . ولهذا يجب أن تكون لزوجة الماء قريبة جداً لما هي عليه فعلاً عندئذ يكون الماء وسطاً ملائماً للحياة .

**القطبية polarity:** يعتبر الماء مركب قطبي بسبب عدم التوازن في التوزيع الإلكتروني في ترابط الهيدروجين مع الأوكسجين ، بينما يعتبر الميثان مركب غير قطبي بسبب التوازن في التقاسم الإلكتروني بين الكربون والهيدروجين. تؤثر القطبية الكهربائية على العديد من الخصائص مثل التوتر السطحي والانحلالية إضافة إلى نقطتي الغليان والانصهار.

(المذيبات القطبية) هي المذيبات التي تتكون جزيئاتها من ذرات مختلفة في السالبية الكهربائية وبذلك يكون تركيز الشحنات مختلفاً عبر أطراف الجزيء مثل الماء، له قطب سالب ناحية الأوكسجين حيث تتركز الإلكترونات و له قطب موجب ناحية الهيدروجين لذلك يسمى مذيباً قطبياً. و المذيبات القطبية تستطيع إذابة الجزيئات القطبية فقط.



## ملوثات المياه

### أ- النفايات المستهلكة للأكسجين (Oxygen-Demanding Wastes)

وتشمل الكائنات الحية المسببة للأمراض والمواد العضوية الناتجة عن الأغذية، ومخلفات النباتات وبقايا المحاصيل والمياه العادمة (المنزلية، والصناعية والزراعية). وهذه المواد قابلة للتحلل، إذ يمكن أكسدها في المياه، ولذلك تسمى مواد مستهلكة للأكسجين. يؤدي استهلاك الأكسجين المذاب في الماء إلى استنزافه، وبالتالي موت الأحياء المائية خنقا مثل الأسماك والكائنات الحية الدقيقة الهوائية، وفي الوقت نفسه تزداد الكائنات الحية الدقيقة اللاهوائية في الماء فتحلل المواد العضوية لاهوائياً، وينتج غازات سامة وروائح كريهة ناتجة من  $\text{NH}_3$ ،  $\text{H}_2\text{S}$ .

ويتم تحديد الملوثات المستهلكة للأكسجين بواسطة كمية الأكسجين المستهلك من المياه بطرائق مختلفة منها:

#### 1. الأوكسجين المستهلك حيوياً (Biological Oxygen Demand (BOD))

وهي عبارة عن كمية الأكسجين التي تستهلك حيوياً بواسطة الكائنات الحية الدقيقة المحللة هوائياً تحت درجة حرارة ثابتة  $(20 \pm 1)^\circ\text{C}$ ، ضمن فترة زمنية محددة (5-20 يوماً)، وغالباً ما تكون فترة الحضانة تلك 5 أيام (BOD 5). أن كمية الأكسجين المستهلك حيوياً تعد مؤشراً جيداً على درجة تلوث المياه بالمواد العضوية القابلة للتحلل حيوياً، فكلما كانت كمية الـ BOD عالية كان الماء ملوثاً بدرجة كبيرة. والماء الصالح للشرب يجب ألا يزيد الـ BOD5 فيه على صفر مغ / لتر. وتجري عملية قياس BOD في أوعية محكمة الإغلاق، ومعزولة عن الضوء لمنع نمو الطحالب وبعيدة عن السمية التي تعيق عمل المحلات؛ إذ لوحظ أحياناً أن قيمة الـ BOD في المياه الملوثة بالمواد العضوية لا تتفق مع القيم المتوقعة، والسبب في ذلك تلوث المياه أيضاً بالنفايات الصناعية الحاوية على مواد سمية تعيق عمل المحلات أو تقتلها. ويؤخذ على هذه الطريقة بأنها تتطلب وقتاً طويلاً لإجرائها، كما أنها تقيس المواد العضوية القابلة للتحلل الحيوي فقط.

#### 2. طريقة الأكسجين المستهلك كيميائياً (Chemical Oxygen Demand (COD))

وكذلك لشموليتها في أكسدة المواد العضوية القابلة للتحلل أو غير القابلة للتحلل الحيوي، وذلك باستخدام مواد كيميائية مؤكسدة

قوية مثل ثنائي كرومات البوتاسيوم ( $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ) وحمض الكبريتيك (VI) المركز.

### ب- المواد السامة العضوية (Toxic Organic Materials)

وتشمل النفط، والعصارة في أماكن الطمر الصحي. وتلوث المياه بالنفط يصيب مياه البحار والمحيطات بسبب تسربه من السفن المحملة بالنفط أو من آبار النفط بالبحر. أما العصارة فتصيب المياه الجوفية بسبب تسربها من مكبات الطمر الصحي وترسحها خلال الصخور ومن ثم وصولها المياه الجوفية.

## جـ- المواد السامة غير العضوية (Toxic Inorganic Materials)

بعض هذه المواد مصدرها الصخور، إذ تتحرر بالتجوية وتحمل بالمياه الجارية أو الأنهار إلى البحيرات، أو تتخلل مسامات التربة والصخور فتلوث المياه الجوفية. غير أن الإنسان سرع بعمليات التعدين والمعالجة في تحرير المواد السامة من الصخور بمعدل آلاف المرات مقارنة بالعمليات الطبيعية. بالإضافة إلى ما تضيفه المصانع والمستشفيات والمزارع، وغيرها من المواد السامة إلى النظام البيئي. وتعد العناصر السامة (Toxic elements) من أخطر المواد غير العضوية السامة، وهي فلزات ثقيلة (Heavy Metals) مثل الكاديوم (Cd) والزنك (Zn) والرصاص (Pb) والكروم (Cr).

ويجب أن نفرق بين نوعين من العناصر حسب ضرورتها لجسم الإنسان؛ فثمة عناصر ضرورية لجسم الإنسان مثل النحاس والبارصين والفلور واليود...، إذ يحتاجها الإنسان بتركيز محدد يسمى التركيز الأمثل (Optimum Concentration). أما إذا قل تركيز العنصر الضروري لجسم الإنسان عن التركيز الأمثل، فيؤدي ذلك إلى أعراض مرضية، مثل نقص اليود يؤدي إلى مرض الغدة الدرقية. وإذا زاد التركيز عن التركيز الأمثل يصبح التركيز ساماً (Toxic Concentration) يسبب المرض للإنسان. وإذا ارتفع التركيز أكثر فأكثر يصل إلى التركيز القاتل (Lethal Concentration).

والنوع الآخر من العناصر هي العناصر غير الضرورية لجسم الإنسان، وهي العناصر السامة (الفلزات الثقيلة). وهذه العناصر يستطيع جسم الإنسان أن يتحمل تراكيز منخفضة جداً منها تسمى تركيزات التحمل (Tolerable Concentrations)، فأي زيادة عن هذه التركيزات تسبب التسمم للإنسان، وزيادة أكثر قد تصل إلى التركيز القاتل. وتمتاز هذه العناصر بأنها مواد غير قابلة للتحلل، بل تتراكم في أجسام الكائنات الحية وفي البيئة مع الزمن. ولذلك فلا يكفي تحديد النسبة المسموح بها للعناصر السامة بمياه الشرب؛ إذ لابد من تحديد الجرعة (Dose)، ومدة الجرعات وتكرارها (Duration Frequency).

د- ملوثات أخرى للمياه مثل المواد المشعة، والرسوبيات، والحرارة التي تسبب التلوث الحراري.

### مشكلات بيئية تصيب المياه

أ- المياه العادمة: sewage water :

وهي المياه التي تطرحها المنازل والمصانع والمحلات التجارية والزراعية في شبكة الصرف الصحي أو الحفر الامتصاصية

ب- الإثراء الغذائي eutrophication

ويحدث في مياه البحيرات، عندما تصلها أو ترفدها المياه العادمة المعالجة الغنية بالمغذيات **nutrients** مثل الفسفور والنيتروجين، إذ يؤدي ذلك إلى زيادة نمو الطحالب في البحيرة، فتستهلك الطحالب الأكسجين الذائب في مياه البحيرة، إما تنفساً أو بتأكسد مادتها العضوية بعد موتها، فينفد الأكسجين الذائب فتموت الكائنات البحرية خنقاً، وينتج غاز  $H_2S$  كريه الرائحة بسبب شيوع العمليات غير الهوائية.

ج- تلوث المياه الجوفية

كان تلوث بالنترات من جراء استخدام الأسمدة النيتروجينية أو المياه العادمة، أو تلوث بالمواد النفطية بسبب تسربها من خزانات الوقود من محطات الوقود. ومما يجدر ذكره أن تلوث التربة بالمبيدات الحشرية (أو / و) بالأسمدة يؤدي بطبيعة الحال إلى تلوث المياه السطحية (أو / و) المياه الجوفية وبخاصة إذا كان ثمة اتصال هيدروليكي بين التربة وخزان المياه الجوف

تلوث المياه\*

**Water  
Pollution**



يعتبر الماء عصب الحياة إذ بدون الهواء والماء لا توجد حياة. وللماء أهمية بالغة

حياة الإنسان وباقي الكائنات الحية. وتصل نسبته حوالي (٦٠-٩٠) من الوزن الطري لمعظم

الأحياء. وقد ترتفع إلى أكثر من (٩٨%) كما في ثمار بعض النباتات كالخيار والرقعي.

ويعتبر الماء الوسط الذي تحدث فيه جميع التفاعلات الحيوية والكيميائية داخل

أجسام الأحياء. وله أهمية خاصة في حياة الإنسان. ويمكن تلخيص بعض مجالات استخدام

المياه من قبل الإنسان بما يأتي:

١. يستخدم ثلثي الماء المجهز بواسطة اسالات الماء للأغراض المنزلية المختلفة وتشمل مياه الشرب والطبخ والغسل. اما لثلث الآخر فيتم استخدامه في الصناعة.
٢. تستخدم المياه لأغراض التبريد أو توليد البخار وفي تصنيع المواد .
٣. يستخدم الماء في توليد الطاقة الكهربائية.
٤. يستخدم الماء في الصناعات الغذائية وفي تربية الحيوانات وفي ري المزروعات.
٥. يستخدم الماء للتنقل والتجارة إذ يعتبر احد وسائل النقل المهمة في العالم.
٦. يستخدم الماء لأغراض الترفيه والمتعة والاستجمام.

وعلى الرغم من ان الماء مركب كيميائي ثابت التكوين فإنه غالباً ما يكون محتويًا على عناصر ومركبات متباينة قد تفيد الكائن الحي، ولكن عند زيادتها عن الحد المطلوب فإنه تسبب التلوث الذي يسبب عدم إمكانية استخدامه في الصناعة أو الزراعة أو لأغراض الشرب والاستخدامات المنزلية وقد لا يصبح صالحاً حتى لمعيشة الأحياء التي تعتمد عليه.

لذا يعرف **تلوث المياه** بأنه تغير واضح في الخواص الفيزيائية أو الكيميائية أو البيولوجية للمياه بحيث يصبح غير صالحاً للاستخدام من قبل الإنسان ولا يشكل بيئة ملائمة لبقاء وتكاثر الكائنات الحية. وهناك عدد من الظواهر التي تدل على تلوث المياه هي:

١. قلة الأوكسجين المذاب.
- ٢- زيادة في درجات حرارة الماء.

- ٣-زيادة المواد المغذية الذائبة.
- ٤- زيادة الكدرة وتأثيرها على تخلل الضوء

- ٥-وجود فضلات سمية في الماء. ٦- تغير خواص القاع.

- ٧-إنتاج أو نمو غير مرغوب فيه للأحياء المائية أي الإثراء الغذائي.

- ٨-المحتوى البكتيري العالي، ووجود الطفيليات بحيث تكون مصدراً للأوبئة والأمراض.

- ٩-زيادة في تركيز الأملاح الذائبة في الماء.



# \* الخواص الكيماوية والفيزيائية للمياه

## ١. التوصيل الكهربائي Electrical conductivity

يعتمد التوصيل الكهربائي للمياه على الأملاح المذابة به حيث يتناسب التوصيل الكهربائي طردياً مع هذه الأملاح. ويعبر عن التوصيل الكهربائي بوحدة المليموز /سم أو المايكروسيمنز.سم<sup>-1</sup>. علماً بأن قيمة التوصيل الكهربائي في الماء المقطر تساوي صفر وتزداد كلما ازدادت الأملاح الذائبة في الماء.

## ٢. الملوحة Salinity

تعود ملوحة المياه إلى وجود مختلف الأيونات كالكربونات والكبريتات والكلوريدات والصوديوم والمغنيسيوم والكالسيوم والبوتاسيوم وغيرها. وتختلف الأحياء المائية في مدى أو قابلية التحمل للملوحة.

### ٣. الأوكسجين المذاب Dissolved Oxygen

يعد الأوكسجين المذاب من بين العوامل الكيميائية الحرجة في التأثير على البيئة المائية إذ ان الأحياء المائية (باستثناء الكائنات اللاهوائية) تحتاج لهذا الغاز الحيوي لاجل تنفسها. وتتحكم درجة الحرارة والملوحة فضلاً عن الضغط في تركيز التشبع بالأوكسجين إذ تزداد تراكيز الاذابة والاشباع بانخفاض درجات الحرارة. تختلف نسب الأوكسجين المذاب في المسطحات المائية حسب نوع وطبيعة المسطح وتيارات المياه . كما ان لنوعية الكائنات الحية النباتية والحيوانية تأثيرها من حيث الاستهلاك والإنتاج. كما ان لطبيعة التلوث اثر واضح في نسب الأوكسجين المذاب فضلاً عن عمليات التحلل التي تستهلك مقادير هذا الغاز . وهناك مصطلحين مهمين في قياس كمية الأوكسجين المستهلك وهما:

أ- المتطلب أو الاحتياج الكيميائي للأوكسجين **Chemical Oxygen Demand**

ويرمز له **COD** ويعرف بأنه كمية الأوكسجين اللازمة لإتمام الأكسدة الكيميائية للمواد القابلة على التأكسد الكيميائي في المياه ويعبر عنه بوحدة ملغم أوكسجين في لتر من الماء .

## ب- المتطلب أو الإحتياج البايوكيميائي للأوكسجين Biochemical Oxygen Demand

ويرمز له BOD والذي يعرف كذلك بالمتطلب أو الإحتياج البيولوجي للأوكسجين

Biological Oxygen Demand فإنه يعبر عن ما تستهلكه الأحياء المجهرية الهوائية المعيشة أ. كالبكتريا والخمائر من الأوكسجين اللازم لتنفسها أثناء تكسيرها أو تحللها للمواد العضوية الموجودة في المياه. علماً أنه يمكن استعمال المتطلب البايوكيميائي للأوكسجين كدليل من أدلة التلوث

للمياه. ويعتبر المسطح المائي نظيفاً أو نقياً عندما لا يزيد المتطلب البايوكيميائي للأوكسجين عن (٤ ملغم/لتر) في حين تكون قيمته البالغة (٥ ملغم/لتر) حرجة ما بين المياه الملوثة والمياه النقية، وما زاد عن ذلك فلا يجوز استخدامه لأغراض الشرب . وعندما تكون القيمة

(٢٠ ملغم/لتر) فإن المياه تعد ملوثة جداً. أي كلما كانت قيمة BOD منخفضة كلما كانت نوعية

المياه جيدة.

## ب. ٤. الأس الهيدروجيني pH

تختلف الأحياء المائية فيما بينها اختلافاً واسعاً من حيث حاجتها إلى التراكيز المحدد لأيون الهيدروجين وتتراوح قيم الأس الهيدروجيني للمياه الطبيعية بصورة عامة بين (٥-٩) وأغلبها ما بين (٦,٥-٨,٥) في المياه العذبة. علماً أن معظم أحياء المياه العذبة تستطيع التحمل المدى ما بين (٣,٣-١٠,٧) دون أي ضرر ظاهر ولكنها لا تتواجد في هذا المدى بصورة واسعة.

## ٥. كبريتيد الهيدروجين H<sub>2</sub>S

تحتوي بعض المسطحات المائية في طبقاتها القاعدية كميات متميزة من هذا الغاز كلما كما في بعض البحيرات والبرك ومصبات الأنهار. وينتج هذا الغاز بالطبقات التحتية الغنية بالمواد العضوية المتحللة. وتؤدي زيادته إلى تدمير أشكال الحياة باستثناء البكتريا اللاهوائية وبعد وجود غاز كبريتيد الهيدروجين احد أدلة التلوث العضوي.

## ٦. اللون Colour

تعد المياه النقية عديمة اللون وعكسه يعد ملوثاً بمواد ملونة ذائبة. قد يرجع اللون إلى ذوبان المواد العضوية الناتجة عن تحلل وتفسخ الأحياء المائية وتعرف بالدبال. كما ان مركبات الحديد والنحاس والمنغنيز وغيرها قد تسبب تلون المياه فضلاً عن المواد الملونة والاصباغ التي ترمى إلى المياه مباشرة.

## ٧. الكدرة Turbidity

ان وجود المواد العالقة من الطين والغرين فضلاً عن الهائمات النباتية والحيوانية يسبب عكورة المياه مما يسبب عرقلة وصول الطاقة الضوئية إلى ابعاد أو اعماق معينة من عمود المياه مما يؤدي إلى تثبيط عملية البناء الضوئي للهائمات النباتية وتقليل الإنتاجية البيولوجية في ذلك المسطح المائي. وتكون الكدرة أكثر في المياه الجارية كالأنهار بسبب تيار المياه مقارنة بالمياه الساكنة كالبحيرات. تقاس الكدرة بوحدات الكدرة النفلومترية NTU. كما يمكن قياس الكدرة خلال قياس مجموع الدقائق الصلبة العالقة ويُمز له TSS.

## العوامل الرئيسية التي تؤدي إلى تلوث المياه:

١. الكثافة السكانية.
٢. كثافة المؤسسات الصناعية وتوزيعها وقربها من مسطح مائي معين.
٣. التطور التكنولوجي في الصناعة والزراعة والطب والعلوم الأخرى.
٤. إهمال الإنسان للحد من التلوث وعدم معالجة المواد الملوثة قبل رميها إلى المسطحات المائية.

## الوسائل والطرق التي تؤدي إلى ادخال الملوثات إلى البيئة المائية:

١. طرح فضلات المجاري المنزلية.
٢. طرح المخلفات الصناعية من خلال رميها مباشرة في الأنهار أو البحار.
٣. طرح الفضلات من البواخر ووسائل النقل النهرية.
٤. التسرب من الأراضي للمواد التي تستخدم في الزراعة ( مياه الميازل )
٥. عمليات التفريغ للمواد الملوثة من قبل البواخر كحالة اعتيادية جارية حالياً.
٦. من خلال استثمار قاع البحر للنفط أو المعادن الأخرى.
٧. سقوط المواد الملوثة من الجو إلى المياه.
٨. التجارب والمعامل والانتفجارات الذرية.
٩. فضلات المستشفيات.

## أنواع ملوثات المياه: Water pollutants

هناك العديد من الملوثات التي تعمل على تغيير الصفات الفيزيائية أو الكيميائية أو

البيولوجية للمياه بحيث تجعله غير صالح للاستخدامات المعروفة وهذه الملوثات هي:

### أ. الأملاح المغذية:

وهي تلك المواد التي تكون ضرورية لنمو الأحياء المائية وخاصة النباتات المائية،

ولكن هذه المواد تصبح مصدراً للتلوث عند زيادة تركيزها في المياه عن الحد الطبيعي إذ

تسبب زيادة في إنتاج وازدهار الهائمات النباتية التي تؤدي إلى ظاهرة الإثراء الغذائي

Eutrophication ومن هذه المواد هي أملاح الفوسفات والنترات والتي تنتج من استخدام

مسابيق الغسيل والمنظفات وان المياه التي تستقبل هذه الأملاح يميل لونها إلى الأخضر أ و

الأخضر المزرق.

## ب. الفضلات العضوية:

تشكل هذه الفضلات الجزء الأكبر من مخلفات المنازل، وتشمل المركبات العضوية القابلة للتحلل الحيوي والتي تتواجد في مياه المجاري المنزلية . وعندما تتحلل هذه المركبات

عن طريق البكتريا وخاصة الهوائية فإنها سوف تعمل على تقليل كمية الأوكسجين الذائب في الماء، وبذلك تتأثر الأحياء المائية كافة التي تعتمد في تنفسها عليه.

ومن المعلوم إن هناك اربع عمليات تؤثر في نسب الأوكسجين المتوافر في المياه هي:

i. التهوية.

ii. البناء الضوئي.

iii. التنفس.

iv. اكسدة الفضلات العضوية.

إذ تزيد العمليات الأولى والثانية نسب الأوكسجين، في حين تعمل العمليتان الثالثة

والرابعة على انقاصه. وتسمى هذه الفضلات أيضاً بالفضلات المتطلبة للأوكسجين Oxygen

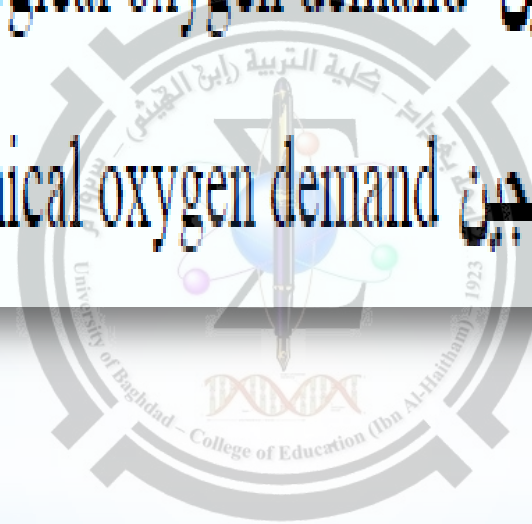
demanding wastes وهناك طرق متعددة لقياس علاقة الأوكسجين بالتلوث الحاصل في

المياه ومنها:



i. المتطلب الحيوي للاكسجين Biological oxygen demand ويرمز له بـ BOD

ii. المتطلب الكيميائي للاكسجين Chemical oxygen demand ويرمز له COD



## ثانياً: المخلفات الصناعية:

هناك أنواع كثيرة من ملوثات المخلفات الصناعية تختلف باختلاف نوع الصناعة . ومن

الصناعات التي تكون مصدراً للملوثات هي الصناعات الكيماوية م ثل صناعة الأسمدة والورق والنفط والمطاط واستخراج المعادن من خاماتها وصناعة الحديد والصلب والاسمنت والكبريت والفوسفات وصناعة السكر ومحطات الطاقة الكهربائية وغيرها.

تحتوي الفضلات الصناعية أساساً المواد الآتية:

١. مواد طافية: وهي المواد التي تطفو فوق سطح الماء كالزيوت والدهون والرغوة.
٢. مواد عالقة: وهي المواد التي تبقى عالقة في عمود الماء ولا تترسب الا ببطء شديد وتسبب الكدرة خاصة في الأنهار ومصباتها وما ينبثق عن ذلك من تأثير سلبي .
٣. مواد مذابة: وهي مواد ذائبة في الماء كالأحماض والقلويات والمعادن والمبيدات الحشرية والسيانيد والفينول وغيرها من المواد التي تشل الحياة المائية .

## أنواع الملوثات الصناعية حسب تأثيرها على المياه تقسم إلى:

- أ. الملوثات الصناعية التي تؤثر على الصفات الفيزيائية للمياه. وتشمل على:
- ملوثات اللون: وهي عبارة عن ما ترميه مصانع الورق والاصباغ من مواد كيميائية مختلفة مما يؤدي إلى تكون لون غير طبيعي للمياه المستقبلية لهذه الملوثات والتي لها تأثيرات بيئية على عدة أمور منها تقليل تخطل الضوء وتغير في نواحي الذوق وغيرها.
  - ملوثات الطعم والرائحة: يرجع مصدر الروائح المنبعثة من المياه بصورة رئيسية إلى الغازات الذائبة مثل كبريتيد الهيدروجين والمركبات العضوية المتطايرة. اما الطعم فإنه يعتبر مؤثراً آخر لوجود بعض المواد الكيميائية كالاملاح المذابة مثل املاح الحديد والمنغنيز والزنك والنحاس والصوديوم والبوتاسيوم والمواد العضوية.
  - ملوثات الكدرة: يعود سبب الكدرة في أي مسطح مائي إلى عدة عوامل منها وجود المواد العالقة القادمة من الفضلات الصناعية، وكذلك الدقائق الغرينية الطينية، وبعض الأحياء المائية كالهائمات النباتية وبعض الحيوانات وبقاياها الميتة.
  - ملوثات درجة الحرارة: ترمي بعض المصانع مخلفات مائية ذات درجات حرارة أعلى مما هو موجود في المياه مما قد يؤدي إلى ارتفاع درجة حرارة المياه المستقبلية لهذه المخلفات وبالتالي يؤدي إلى موت عدد من الأحياء المائية أو تؤثر على أداء العمليات الايضية.

ب. الملوثات الصناعية التي تؤثر على الصفات الكيماوية للمياه. وتشمل على:

- ملوثات درجة تركيز الهيدروجين (pH): حيث تطرح المصانع مثل معامل إنتاج الأسمدة مواد كيماوية ذات طبيعة حامضية أو قاعدية عالية بحيث تؤثر على درجة تركيز الهيدروجين للمسطح المائي مما يؤثر على المكونات البيئية للمنطقة وعلى صلاحية هذه المياه للشرب.
- ملوثات المواد العضوية: يرمى عدد من المصانع الفضلات الحاوية على مواد عضوية. تعمل هذه المواد على تقليل كمية الأوكسجين المذاب عند تحللها من قبل الكائنات الحية الدقيقة كالبكتيريا والفطريات ومن امثلة المخلفات العضوية هـ و ما يطرح من فضلات معامل الورق حيث تحتوي عجينة الورق على المواد السليلوزية.
- العناصر الثقيلة: يطرح عدد من المعامل أو المصانع نفاياته المحتوية على عدد من العناصر الثقيلة ذات التأثيرات الضارة والسامة لعدد من الأحياء المائية . مثل الزئبق والمنغنيز والنحاس والزنك وكذلك الكاديوم الذي يدخل في صناعة الاطارات والبطاريات و انتاج الاصباغ.

- الأملاح المغذية: تطرح بعض الصناعات عدد من الأملاح التي تعتبر مغذية

للكائنات الحية ولكنها تكون مصدراً لتلوث ذلك المسطح المائي مثل النترات

والأمونيا والكبريتات وغيرها.

ج. الملوثات البيولوجية (الحيوية):

ان بعض الصناعات تطرح فضلاتها الحاوية على عدة أنواع من البكتريا

المرضية والطفيليات المعدية والميكروبات الأخرى مثل معامل الدباغة والجلود،

والمجازر بأنواعها، والصناعات الغذائية المختلفة بضمنها صناعة الألبان وكذلك

معامل التعليب للمواد الغذائية.

## ثالثاً: مخلفات العمليات الزراعية:

تصل إلى بعض المسطحات المائية القريبة من الأراضي الزراعية عدد من المواد الكيميائية كأملاح الفوسفات والنروجين من خلال عملية تسميد الأراضي الزراعية وريها وبزلها. فقد تتلوث الأنهار مباشرة من هذه الأملاح التي ستساعد على ازدهار النباتات وتؤدي إلى ظاهرة الإثراء الغذائي.

كما قد يحدث تلوث البيئة المائية من خلال استخدام المبيدات الحشرية ومبيدات الأعداء والمبيدات المستعملة لمكافحة الأوبئة مثل الـ دي دي تي والك لوريدين والم الاثيون وغيرها إذ ان هذه الملوثات تؤثر بنسب متفاوتة على الكائنات الحية المختلفة.

## رابعاً: التلوث الحراري Thermal pollution

ان استخدام المياه في محطات توليد الطاقة الكهربائية ومصانع الحديد والصلب ومعامل تكرير النفط وغيرها من الصناعات تؤدي إلى طرح كميات هائلة من المياه الساخنة في المسطحات المائية القريبة منها مما يؤدي إلى رفع درجة حرارة تلك المياه وبالتالي يؤدي إلى التأثير على التوازن البيئي لذلك المسطح المائي من خلال تأثيره على العمليات الأيضية للاحياء المائية التي قد تحد من نشاطها أو تؤدي إلى قتلها. ومن الملاحظ ان قابلية الماء في الاحتفاظ بالأكسجين تقل كلما ارتفعت درجة حرارته. لذا فإن فقدان الأوكسجين يعتبر احد العوامل البارزة في التلوث الحراري.

## خامساً: التلوث بالنفط Oil pollution

يعتبر النفط من أكثر الملوثات الملحوظة في المحيطات والبحار. ينتج تلوث المياه بالنفط من خلال تسرب زيوت النفط ومشتقاته إلى المياه نتيجة انفجار الناقلات أو بسبب غرق بعض البواخر أو تنظيف خزاناتها وتسرب النفط منها.

# \* طرق المعالجة والحد من تلوث المياه

١. التقليل من كميات مياه الفضلات المناسبة إلى المسطحات المائية.
٢. عدم إلقاء المياه الملوثة في الأنهار قبل تنقيتها وتعقيمها.
٣. ضرورة إنشاء شبكات مياه المجاري الثقيلة في المناطق السكنية لكي تحول دون تسرب المياه الملوثة بالبكتريا والطفيليات والسموم الكيماوية والفسفور والفضلات الأخرى إلى المياه الجارية.
٤. إعادة استخدام المياه المستغلة في الصناعة مرة أخرى بعد معالجتها ومعالجتها بالطرق الحديثة.
٥. ضرورة الحفاظ على التربة من الاتجراف المائي، إذ إن ازدياد كمية الرواسب في النهر يزيد من نسبة الأملاح في المياه النهرية فضلاً عن ما تسببه من كدرة.
٦. إنشاء محطات مركزية لتنقية مياه المجاري مزودة بمختبرات تعمل على فحص المياه الخارجة من المحطة قبل إرجاعها إلى المسطحات المائية.
٧. ضرورة عمل دورة داخلية للمياه الصناعية قبل وصولها إلى الأنهار أو البحيرات، ثم إتلاف المياه الملوثة جداً من خلال حقنها إلى اعماق سحيقة داخل التربة.
٨. منع إلقاء المياه الملوثة في البحيرات الراكدة والأهوار والخزانات المائية.
٩. تجنب إلقاء مياه ميازل الأراضي الزراعية نحو الأنهار، أو معاملة مياه الميازل للتخلص من املاح الفوسفات والنترات.
١٠. العمل على زيادة الوعي البيئي لدى المواطنين وبكافة السبل والوسائل المتاحة واصدار التعليمات والتشريعات الرادعة للحد من التلوث البيئي.





## ملوثات الهواء ذات الطابع العالمي:

من المعروف ان الهواء متحرك وعند حركته لا يمكن تحديده جغرافياً في دولة واحدة حيث ان الغلاف الجوي للكرة الأرضية يعتبر مشرباً عالمياً تفوده حركة الكتل الهوائية المتغيرة. فالملوثات الغازية والملوثات الإشعاعية يمكن ان تنتقل من منطقة إلى أخرى. وفيما يلي بعض الأمثلة على ما يلوث الهواء ويؤثر في مناطق جغرافية عديدة قد تصل إلى كل الكرة الأرضية:

# الاحتباس الحراري



مفهوم الاحتباس الحراري لا يختلف عن ظاهرة البيت الزجاجي، فهو يتعلق بزيادة تركيز غاز ثنائي اوكسيد الكربون  $CO_2$  في الغلاف الجوي. ان تركيز غاز  $CO_2$  هو في زيادة مستمرة ورغم ان هذه الزيادة هي ضئيلة وليس لها تأثير صحي على الإنسان أو الأحياء الأخرى ولكن خطر هذه الزيادة في كونها ستؤدي لتقليل انتشار الحرارة من جو الكرة الأرضية إلى الفضاء الخارجي بفعل تأثير ظاهرة البيت الزجاجي مما يتسبب في ارتفاع معدلات درجات الحرارة على سطح الكرة الأرضية. ان اصطدام موجات الأشعة المرئية بأي حاجز يؤدي إلى تحولها إلى حرارة. يعمل كل من غاز ثنائي اوكسيد الكربون وبخار الماء على امتصاص الأشعة المنعكسة من سطح الأرض وبهذه الطريقة يعملان وكأنهما لحافان الكرة الأرضية ويمنعان تسرب الحرارة المنعكسة من سطح الأرض إلى الغلاف الجوي.



وبغير هذين اللحافين يحتمل ان تنخفض درجة حرارة الكرة الأرضية إلى (-٤٠م) بدلاً من المعدل الحالي لدرجة الحرارة وهو نحو (١٥م<sup>٠</sup>) ولكن إضافة كميات أخرى من بخار الماء وغاز ثنائي اوكسيد الكربون يعني إضافة طبقات أخرى من اللحافين مما يؤدي إلى منع التسرب الحراري بدرجات ومعدلات أعلى مما هي عليه في الطبيعة وهذا يعمل على رفع درجة حرارة سطح الأرض والمحيط الذي يعلوها مباشرة بشكل غير طبيعي.

ان ارتفاع معدل درجات الحرارة المتوقع لها على سطح الكرة الأرضية يؤدي في المحصلة النهائية إلى التأثير في مستوى سقوط الأمطار عالمياً وزيادة التصحر وانخفاض معدلات الانتاج الزراعي كما ان رفع درجة حرارة الأرض يؤدي إلى ذوبان الكتل الجليدية في القطبين ويؤدي إلى ارتفاع مستويات المياه في المحيطات وحدوث الفيضانات المدمرة.

# ثقب طبقة الأوزون في الغلاف الجوي



طبقة الأوزون عبارة عن غاز الأوكسجين ثلاثي الذرات  $O_3$  وهو احد المكونات الطبيعية للهواء إذ تبلغ نسبته الحجمية (٠.٠٢) جزء بالمليون. وله القابلية على امتصاص الاطيف الموجية الاقصر من (٣٠٠) نانومتر أو مليمكرون (الاشعة فوق البنفسجية) القادمة من الشمس. ورغم تركيز غاز الأوزون الضئيل لكنه يعد كافياً وضرورياً لحماية الكائنات الحية على سطح الكرة الأرضية. ويتواجد هذا الغاز في أعلى طبقة الستراتوسفير واسفل طبقة الميزوسفير. ويبلغ أعلى تركيز لهذا الغاز (٠.٠٢) جزء بالمليون على ارتفاع (١٦-٣٥) كم. ولقد ظهرت خلال عقد السبعينات من القرن العشرين ظواهر تثير القلق حول مصير هذه الطبقة وذلك ناجم عن مجموعة من النشاطات البشرية التي سببت اطلاق الإنسان لكميات كبيرة من الغازات الملوثة للغلاف الجوي. ومن بين هذه الملوثات كل من:

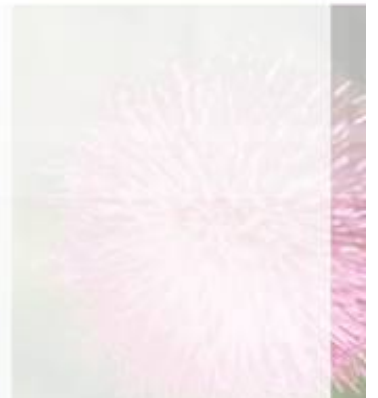


١. المركبات الكلورية العضوية مثل مبيدات DDT والكلوريدين والالدرين.
  ٢. مركبات الكلوروفلوروكربونات المعروفة تجارياً باسم غاز الفريون المستعمل في أجهزة التكييف والثلاجات والمجمدات وفي قناني العطور والكولونيا المضغوطة.
  ٣. وكذلك غاز احادي اوكسيد النتروجين الذي ينطلق من الطائرات النفاثة العملاقة ولاسيما طائرات النقل المدنية التي تفوق في سرعتها سرعة الصوت.
- ان هذه الملوثات قد أسهمت في تلاشي طبقة الأوزون من خلال تفاعلات كيميائية متعددة تعمل على تحويل غاز الأوزون إلى الأوكسجين.
- لقد تم اكتشاف وجود فجوة (ثقب) في هذه الطبقة فوق القطب الجنوبي ومن ثم فوق القطب الشمالي وكان هذا الاكتشاف دق ناقوس الخطر للمهتمين بسلامة البيئة البشرية ومن بعدهم لعموم البشر. ولقد قدرت لجنة التنسيق التابعة لبرنامج الأمم المتحدة للبيئة (UNEP) انه إذا استمر اطلاق كاربونات الكلور أو كاربونات الفلوركلورية بنسب عالية فإن ذلك سيؤدي إلى استنزاف طبقة الأوزون بنحو (١٠%) في سنة (٢٠٥٠) م ان الزيادة المطردة وغير المنظمة لانتاج هذه المركبات مع عدم اكترات شركات النقل العالمية لأهمية تلوث الهواء بالغازات المنطلقة من الطائرات الضخمة سيؤدي حتماً إلى احداث اثار خطيرة لا تخص بلداً معيناً وإنما ستجعل البشرية كلة ا معرضة إلى مضار الأشعة فوق البنفسجية القاتل

# التلوث الإشعاعي



يُعتبر الإشعاع ظاهرة طبيعية يحيط بالإنسان في كل مكان في حياته اليومية. وقد أدى نشاط الإنسان إلى زيادة تراكيزه في بعض المواقع أو بسبب حوادث عرضية أو مشاكل صناعية معينة أو سوء إدارة مما يؤدي إلى حالات تلوث خطيرة.





يعرف التلوث الإشعاعي: بأنه انبعاث اشعاعات خطيرة نتيجة حوادث تحصل في المفاعلات النووية، أو من النفايات المشعة، أو أي مصدر يستعمل في الإشعاع، بجرعات ضارة تعمل على تدمير خلايا الكائن الحي بشكل مباشر عند التعرض للإشعاع بشكل مباشر أو غير مباشر خلال تركيزها في الهواء أو الماء أو التربة أو الغذاء.

فالتسرب الإشعاعي خلال الحوادث التي تحدث في المفاعلات النووية أو بسبب التجارب النووية أو النفايات المشعة التي تتسرب من خزانات الصواريخ والمركبات والأقمار الاصطناعية، أو بسبب القمامة الخطرة الناتجة من المصانع التي تستعمل الكيمياء والمعادلة إشعاعياً. حيث تصل هذه الإشعاعات إلى الأرض ملوثة الهواء والماء والتربة والغذاء مما يؤدي إلى مخاطر مميتة وقاتلة للإنسان والكائنات الحية الأخرى ، أو أحداث تشوهات واختلالات في النظم الحيوية وحسب مستوى الجرعات الإشعاعية ونوعها .



## أنواع الجسيمات الإشعاعية:

هناك ثلاثة أنواع رئيسية من الجسيمات الإشعاعية هي:

### ١. جسيمات ألفا ( $\alpha$ ) Alpha particles :

تتكون هذه الجسيمات من زوج من البروتونات مع زوج من النيوترونات وتكون موجبة الشحنة. مصدرها الطبيعي عنصر الراديوم والثوريوم. وتتميز هذه الجسيمات بكتلتها الكبيرة قياساً بأنواع الإشعاع الأخرى ولكن سرعتها أقل منها. وأقل منها في القدرة على اختراق الاجسام التي تصطدم بها. فقد يتعذر عليها اختراق ورقة كتابة اعتيادية، انها لا تتمكن من اختراق الجلد. ولكن الضرر الفعلي يحدث فقط عندما يتم دخول جسيمات هذه الأشعة عن طريق أي من الجهازين الهضمي والتنفسي إلى داخل أجهزة الإنسان والحيوان وبهاتين الطريقتين تصبح هذه الجسيمات في حالة تماس مباشر مع أنسجة وأعضاء الجسم الداخلية وبذلك تسبب الضرب لخلايا هذه الأنسجة.







## ٢. جسيمات بيتا ( $\beta$ ) Beta particles

تتبع هذه الجسيمات من انوية المخلفات النووية الانحلالية لليورانيو م. وتتألف من الكروونات فقط وبذلك فهي اصغر من جسيمات ألفا بحوالي سبعة الاف مرة تقريبا وتزداد بذلك قابلية اختراقها الحواجز. تتميز بسرعتها الكبيرة جداً فضلاً عن طاقتها العالية. وكلا الصفتين تجعلانها ذات قوة تدميرية كبيرة جداً. ومن صفاتها ايضاً قدرتها على اختراق الأجسام الحية بعمق سنتمتر واحد. وتكون هذه الجسيمات مشحونة الشحنة السالبة.



### ٣. أشعة كاما ( $\gamma$ ) Gamma ray

تختلف أشعة كاما اختلافاً طاماً عن بقية أنواع الإشعاع باستثناء كونها ذات مصدر نووي فهي عبارة عن أمواج كهرومغناطيسية تنتشر في الفراغ بسرعة (  $3 \times 10^{10}$  ) م/ثا ولها القدرة على اختراق الأجسام الكبيرة بدرجة أكبر من أشعاعات الفا وبيتا . وهي تحمل شحنة متعادلة تشبه النيوترون وتمتاز بأنها ذات طبيعة فوتونية عالية.

مصدرها الصناعي الكوبالت  $^{60}$  والسييزيوم  $^{137}$  واليود المشع  $^{131}$  . تشبه أشعة كاما الأشعة السينية X-ray . وكلا النوعين من الإشعاع (كاما والسينية) يتميزان بقوة اختراق عظيمة إذ يتمكنان من اختراق جسم الإنسان بشكل كامل.



## وحدات قياس الإشعاع:

توجد أكثر من وحدة قياس للجرعات الإشعاعية الممتصة وهي:

### ١. الراد Rad

وهو عبارة عن كمية الأشعة التي يمتصها كيلوغرام من المادة المعرضة للإشعاع.

### ٣. الريم Rem:

وهي عبارة عن كمية الطاقة الإشعاعية التي تحدث تأثيراً بايولوجياً يعادل تأثير (١) راد.

### ٣. الكراي Gray : الذي يعادل (١٠٠) راد .

### ٤. السيفرت Sievert

الذي يساوي (١٠٠) راد ويعادل كذلك (١٠٠) ريم أي ان الكراي والسيفرت متساويان

كوحدي قياس الأشعة.

### ٥. الكوري Curie

المشتق من اسم عالمة السويدية مدام كوري . وتستخدم هذه الوحدة لوصف فعالية

المصدر المشع أي معدل الانحلال المتسلسل الإشعاعي في الثانية الواحدة.

### ٦. الرونتجن Roentgen

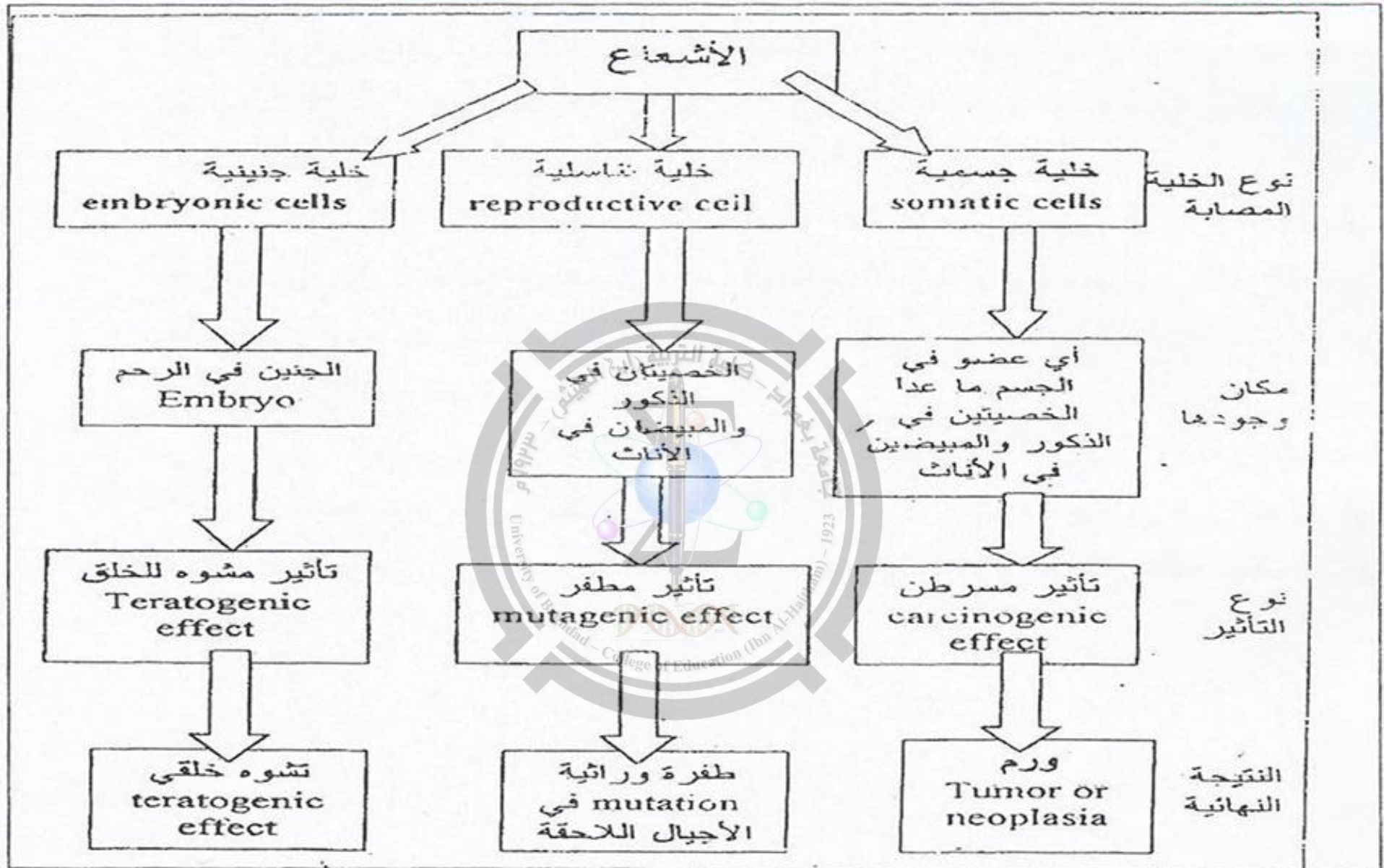
وهي وحدات تستخدم لوصف مقدار التعرض إلى الأشعة السينية أو إلى أشعة كاما .



## التأثيرات البيولوجية للإشعاع:

تعتمد لتأثيرات البيولوجية للإشعاع على شدة التعرض ومدته . كما تعتمد خطورة الإشعاع على نوع الخلايا المصابة في عموم الجسم . ففي الخلايا الجسمية على سبيل المثال تفقد سيطرتها على آلية الانقسام مما يقود إلى تكون ورم سرطاني . أما الخلايا الجنسية التي تتعرض إلى الإشعاع فإنها قد تؤدي إلى تشوهات خلقية.

ان الجرعة المميّنة من الإشعاع هي بحدود (١٠٠٠٠) راد وتكون نسبة الوفاة (١٠٠%) . وعندما يتعرض الجسم إلى (١٠٠٠٠٠) راد فالموت يكون في الحال أو بعد دقائق من التعرض بسبب تدمير عدد كبير من الانزيمات والفعاليات الحيوية للخلايا والأنسجة.



الشكل ( 7-12 ) : تأثير تعرض خلايا الجسم الى الاشعاع والنتيجة النهائية المترتبة عن ذلك ( العمر 2000 ) .