مقدمة في
علم البيئة ومشكلاتها

الدكتور شكري إبراهيم الحسن

أستاذ علم البيئة والتلوث المساعد

قسم الجغرافيا

كلية الآداب – جامعة البصرة

الإهـــــــداء

إلى.. (نهر الحب) الذي يرويني.. ولم أزل عطشاً

وإلى.. جميع طلبتي الأوفيـــاء

شكري

المحتويات

المقدمة 10

الباب الأول: علم البيئة

الفصل الأول: تعريف علم البيئة وتاريخه ومجاله ومناهجه

تعريف علم البيئة وأقسامه 14

نبذة تاريخية عن تطور علم البيئة 17

البدايات المبكرة لعلم البيئة 17

تطور علم البيئة منذ القرن العشرين 19

مجال علم البيئة 21

مناهج البحث الحديثة في علم البيئة 22

منهج استخدام الدراسات الحقلية في اختبار النظريات 22

منهج التشارك ما بين الدراسات الحقلية والمختبرية 24

منهج المسوحات الحقلية 26

منهج استلال المعلومات من سجلات حبوب اللقاح 28

منهج الاستفادة من دراسة التاريخ الطبيعي 29

أسئلة للمناقشة والمراجعة 31

الفصل الثاني: مفاهيم أساسية في علم البيئة

المكونات البيئية 32

الغلاف الحياتي 32

الإقليم الاحيائي 33

النظام البيئي 34

المجتمع الاحيائي والجماعة والكائن الحي 35

بيئة عيش الكائن الحي 36

الموطن الطبيعي 37

الموئل 37

الكائنات الناقلة للطاقة عبر النظام البيئي 38

المنتجات 39
قياس الإنتاجية الأحيائية 40
المستهلكات 41
مسارات سريان الطاقة عبر النظام البيئي 42
السلاسل والشبكات الغذائية 43
انتقال الطاقة 44
محددات المستويات الغذائية 46
الدورات البيئية الكبرى 46
دورة الماء في الطبيعة 47
دورة الكربون 48
دورة النتروجين 50
دورة الفسفور 51
التعاقب والثبات البيئي 53
التعاقب البيئي 53
العوامل المؤثرة في التعاقب 53
أنواع التعاقب البيئي 54
التعاقب البيئي بحسب نظرية كلمنتس 56
الثبات البيئي 56
أنواع الثبات البيئي 57
عناصر الثبات البيئي 57
أسئلة للمناقشة والمراجعة 58
الفصل الثالث: نماذج من العلاقات البيئوية
التكيف 60
مبادئ التكيف 61
منحنى التحمّل 61
ضبط الكائنات الحية لأوضاعها الداخلية 61
الهروب من الظروف غير المناسبة 62
أمثلة عن التكيف 62
التكيف مع درجة الحرارة62
التكيف مع الماء 67
التنافس 70

التنافس الإقصائي 70
التنافس المؤدي إلى تقليص حجم الموئل 72
المنافسة وتغيير الصفات الوراثية 72
المنافسة وتقاسم المورد 74
الافتراس 74
الوسائل الهجومية للمفترسات 74
الوسائل الدفاعية لدى الفرائس 74
وسائل دفاع الفرائس الحيوانية 75
وسائل دفاع الفرائس النباتية 77
التكافل 78
التطفل 78
تبادل المنفعة 79
الاعتياش 80
أسئلة للمناقشة والمراجعة 83

الباب الثاني: المشكلات البيئية العالمية

الفصل الرابع: العلاقة ما بين الإنسان والبيئة ومفهوم المشكلة البيئية

تاريخ العلاقة ما بين الإنسان والبيئة 86
أمثلة عن دور الإنسان في تغيير الطبيعة 87
المراحل التاريخية لتأثير الإنسان في البيئة 89
مفهوم المشكلة البيئية 90
هيكل المشكلة البيئية 90
سمات المشكلة البيئية 92
أسئلة للمناقشة والمراجعة 93

الفصل الخامس: مشكلة التلوث البيئي

أساسيات عن التلوث البيئي 94
تعريف التلوث والملوثات البيئية 94
عوامل تفاقم التلوث 95

مكامن خطورة التلوث 96
تصنيف خطورة التلوث 96
أنواع التلوث ومصادره وآثاره 98
تلوث الهواء 98
تلوث الهواء المحلي والإقليمي 98
تلوث الهواء العالمي 102
تلوث المياه 103
ملوثات المياه التقليدية 103
ملوثات المياه غير التقليدية 104
تلوث التربة 106
سوء استخدام التربة 106
النفايات الصلبة 107
التلوث الإشعاعي 110
التلوث بالمبيدات 112
التلوث الضوضائي 115
أسئلة للمناقشة والمراجعة 117
الفصل السادس: مشكلة تحطيب الغابات المدارية
الغابات المدارية ومعدلات تحطيبها 119
جغرافية الغابات المدارية 119
تعريف تحطيب الغابات 121
معدلات تحطيب الغابات 122
أسباب تحطيب الغابات المدارية 123
أمثلة حول مسببات تحطيب الغابات المدارية في بعض البلدان 125
فيتنام 125
ساحل العاج 126

الفلبين 127
البرازيل 127
عواقب تحطيب الغابات المدارية 128
التأثير في الموارد المائية 129
التأثير في خزانات السدود وفي منسوب المياه الجوفية 130
التأثير في تدهور التربة 131
التأثير في المناخ 133
التأثير في الحياة النباتية والحيوانية 135
مشكلة الحرائق 136
أسئلة للمناقشة والمراجعة 137

الفصل السابع: مشكلة التصحر

تعريف التصحر 139
أسباب التصحر ونتائجه 142
الرعي الجائر 142
الزراعة المفرطة 146
الاستغلال الجائر للغطاء النباتي 147
مشكلة الملوحة 149
أسباب أخرى 152
أسئلة للمناقشة والمراجعة 153

الفصل الثامن: مشكلة التغير المناخي

أثر البشر في الغلاف الجوي 155
غازات الدفيئة وظاهرة الاحتباس الحراري 160
غازات الدفيئة 160
ظاهرة الاحتباس الحراري 162

الأثار البيئية لظاهرة الاحتباس الحراري 165

أسئلة للمناقشة والمراجعة 174

الفصل التاسع: مشكلة خسارة التنوع الأحيائي

معنى خسارة التنوع الأحيائي 176

التهديدات التي تواجه التنوع الأحيائي 177

الأنواع المهددة بالانقراض 179

التهديدات التي تواجه الحياة النباتية والحيوانية 180

مظاهر تهديد التنوع الأحيائي 182

تدمير المواطن الطبيعية 182

الاستغلال الجائر 187

انقراض الأنواع المستوطنة في الجزر 190

أسئلة للمناقشة والمراجعة 193

الفصل العاشر: مشكلة الأمن الغذائي العالمي

تعريف الأمن الغذائي ومعدلاته 195

تعريف الأمن الغذائي 196

معدلات العوز الغذائي 197

التحديات البيئية التي تعترض تحقيق الأمن الغذائي 198

ندرة المياه 198

تدهور التربة 200

التغير المناخي 200

الآفات الزراعية 201

دور الحكومات 202

المخاطر التي تهدد الأمن الغذائي العالمي 203

النمو السكاني 203
الاعتماد على الوقود الاحفوري 204
التهجين والهندسة الوراثية وخسارة التنوع الأحيائي 205
أسئلة للمناقشة والمراجعة 206

الفصل الحادي عشر: مشكلة إنتاج الطاقة

مفهوم الطاقة ومصادرها 208
الأثار البيئية لإنتاج الطاقة 210
الطاقة المائية 211
طاقة الرياح 212
الطاقة الشمسية 214
طاقة المد والجزر 215
طاقة الحرارة الباطنية 217
الطاقة النووية 219
الوقود الحيوي 221
الوقود الاحفوري 224
أسئلة للمناقشة والمراجعة 228

الفصل الثاني عشر: الكوارث الطبيعية

الكوارث الطبيعية وتصنيفها 230
نماذج من الكوارث الطبيعية 232
الزلازل 232
الثورانات البركانية 236
الأعاصير المدارية العملاقة 239
الفيضانات 243
الأوبئة الفتاكة 246
الكوليرا 247
الملاريا 249
أسئلة للمناقشة والمراجعة 254
المصادر والمراجع 256

مقدمة

من دواعي سروري أن أقدم بين أيدي الطلبة الأعزاء في المرحلة الجامعية ومعهم كل الباحثين والمهتمين بموضوع البيئة ومشكلاتها، ثمرة الجهد المتواضع المتمثلة بهذا الكتاب، وهو عصارّة خبرة علمية تمتد لأكثر من عشر سنوات قضيتها في تدريس هذا المقرر الجامعي.

إن دراسة علم البيئة والمشكلات المرتبطة بها واتقان فهمها والوعي تجاهها، بات أمراً ضرورياً بالنسبة للطالب الجامعي، فهو المرشح الأقوى لقيادة عملية التوعية البيئية في المجتمع، لاسيما أننا قد غدونا نعيش في ظل واقع بيئي محلي وعالمي يتداعى باضطراد مع استمرار تزايد مسببات ذلك التداعي. لذا، فأن هذا الكتاب يمثل محاولة لإفهام واقناع القارئ، أكان طالباً جامعياً أم سواه، بالأهمية الجوهرية للبيئة وبعظمة الخدمات التي تقدمها للبشرية جمعاء من ناحية، وبخطورة المشكلات التي نسببها لها من ناحية أخرى.

الكتاب في الأصل عبارة عن مجلدين مضغوطين بين دفتي كتاب واحد: علم البيئة من جهة والمشكلات البيئية من جهة أخرى. وعلى الرغم من أن هذين الموضوعين مترابطين مع بعض، فأنهما واسعين بما لا يحتملان أن يكونا ضمن مقرر جامعي منفرد. غير أن الاضطرار دفعني إلى تقديم الكتاب بالشكل الاستخلاصي الحالي تلبيةً للمفردات المنهجية التي أقرتها وزارة التعليم العالي والبحث العلمي العراقية، مراعياً في ذلك ـ قدر المستطاع ـ وضوح المعلومة وتنويعها وسلاسة أسلوب عرضها وبساطتها ومنطقية تسلسلها وتفسيرها فضلاً عن إضفاء عنصر التشويق، مع الأخذ بالحسبان عامل الوقت المتاح. لكن حرصت في الوقت نفسه أن لا يكون هذا العرض المستخلص على حساب قيمة المادة العلمية للموضوعات المطروحة، إذ توخيت استلال المعلومات من أفضل المصادر الأجنبية وأحدثها.

يختص الباب الأول من الكتاب بعلم البيئة Ecology، منقسماً إلى ثلاثة فصول: الأول منها يقدم تعريفاً لهذا العلم مع بيان لتاريخ تطوره ومناهجه العلمية، ويتطرق الفصل الثاني لأهم المفاهيم الأساسية في علم البيئة من قبيل المكونات البيئية والنظام البيئي والدورات البيئية الكبرى. أما الفصل الثالث فيعرض لشرح العلاقات البيئوية القائمة بين الكائنات الحية والتي تحكم المجتمع الأحيائي مثل التكيف والتنافس والافتراس والتكافل.

أما الباب الثاني فهو يهتم بموضوع المشكلات البيئية العالمية Global Environmental Issues. وعلى الرغم من تعدد هذه المشكلات وتنوعها، فقد كان الاختيار مقيداً نوعاً ما بالمفردات المنهجية المقرّة. وضمن هذا الباب، يمهد الفصل الرابع إلى تحديد معنى المشكلة البيئية وبيان هيكلها وتاريخ نشوئها. وبدءاً من الفصل الخامس يجري استعراض المشكلات البيئية متمثلة أولاً بمشكلة التلوث البيئي بأنواعه المختلفة وآثاره المتنوعة، فيما يُعنى الفصل السادس بمشكلة تحطيب الغابات المدارية، ويهتم الفصل السابع بمشكلة التصحر، ويعرض الفصل الثامن لمشكلة التغير المناخي وأبعادها البيئية، أما الفصل التاسع فيختص بتحليل مشكلة خسارة التنوع الاحيائي، وينتقل الفصل العاشر إلى اختلال الأمن الغذائي العالمي بوصفه مشكلة بيئية ناشئة، فيما يستعرض الفصل الحادي عشر مشكلة إنتاج الطاقة والآثار البيئية الناجمة عنها. ويمثل الفصل الثاني عشر ختام هذا الكتاب عبر تناوله بعض الكوارث الطبيعية باعتبارها مشكلات بيئية مؤثرة مثل الزلازل والانفجارات البركانية والفيضانات العارمة والاعاصير المدمرة وتفشي الأوبئة الفتاكة.

ينتهي كل فصل من فصول هذا الكتاب، بسلسلة من الأسئلة المتنوعة الأنماط، غايتها تجديد ذهنية الطالب ـ أو القارئ عموماً ـ وإثارة رغبة النقاش لديه واستذكار المواضيع ومراجعتها. وتعد فقرة الأسئلة هذه مهمة جداً لقياس مستوى

فهم الطالب واستيعابه لمحتوى المواضيع المطروحة. وبطبيعة الحال تظل مثل هذه المواضيع تثير مزيداً من الأسئلة العلمية عدا ما أدرج منها هنا.

آمل أن يكون نصيبي التوفيق في تقديم هذا الكتاب للمكتبة العربية ولطالبيها.. وغاية رجائي أن يكون الكتاب إضافة علمية متواضعة ترتقي درجاتها بما ينفع الناس جميعاً.

والله ولي التوفيـــق،،،

د. شكري إبراهيم الحسن

البصرة 8/ 2/ 2014

الباب الأول

علم البيئة

الفصل الأول
تعريف علم البيئة وتاريخه ومجاله ومناهجه

يهتم الفصل الأول من هذا الكتاب بتقديم تعريف لمفهوم علم البيئة وتقسيماته الرئيسة، مع نبذة تاريخية عن نشوؤه وتطوره عبر الزمن، ثم بيان لمجال هذا العلم، فضلاً عن استعراض أهم مناهجه العلمية الحديثة.

تعريف علم البيئة وأقسامه

علم البيئة يعني تفاعل الأحياء مع بيئة كوكب الأرض

إن مصطلح علم البيئة Ecology مشتق من الكلمة الاغريقية (oiko التي تعني مسكن، و oyia ومعناها دراسة أو علم). ويقصد به ذلك العلم الذي يُعنى بدراسة العلاقات الرابطة ما بين الكائنات الحية وبيئتها، والمتمثلة بعلاقة الكائنات الحية مع بعضها البعض من جهة أو مع مكونات البيئة غير الحية التي تعيش فيها من جهة أخرى. ويهتم المختصون في مجال علم البيئة بدراسة التنوع بين الكائنات الحية وبتوزيعها الجغرافي وأعدادها وتكاثرها، فضلاً عن الاهتمام بطبيعة العلاقات التي تربطها، مثل المنافسة والتكافل والتطفل والافتراس.

إن علم البيئة علم متداخل المعارف يجمع ما بين علم الأحياء Biology وعلم الأرض Earth science. وتجدر الإشارة إلى أن اصطلاح علم البيئة ليس مرادفاً لمصطلح البيئة Environment أو العلوم البيئية Environmental science أو التاريخ الطبيعي Natural history، فتلك مجالات علمية أخرى لها نهجها الخاص.

على هذا، فأن من الأشياء المهمة التي تميز علم البيئة عن غيره من العلوم، هي تأكيد علم البيئة ومحاولته تفسير المسائل الآتية:

1. عمليات تكوين الحياة والتفاعلات الرابطة بينها والتكيفات التي تجري بموجبها.
2. حركة المواد والطاقة السائرة عبر المجتمعات الاحيائية.
3. التطور التعاقبي للأنظمة البيئية.
4. تواجد الكائنات الحية وتوزيعها وتنوعها داخل البيئة.

إن علم البيئة علم واسع وممتد الآفق، لذا يتطلب الإلمام به جمع معلومات كثيرة حول الكائنات الحية وظروف بيئاتها، فضلاً عن مراقبة التفاعلات الجارية وقياسها، وفهم الأنماط الناتجة عن ذلك مع محاولة تفسير تلك الأنماط وتعليلها.

ينقسم علم البيئة عموماً إلى قسمين رئيسين: علم بيئة الفرد Autecology، وعلم بيئة الجماعة Synecology. فأما علم بيئة الفرد، فالمقصود به دراسة فرد أو نوع معين من الكائنات الحية، من حيث علاقاته وتفاعلاته بالظروف البيئية المحيطة به. وأما علم بيئة الجماعة، فيعني دراسة جماعة أو مجتمع من الكائنات الحية سواء أكانت من النوع نفسه أم لا، وتحليل علاقاتها مع البيئة المحيطة. ولذا فأن هذا الأخير ينقسم بدوره إلى فروع أخرى هي: علم بيئة السكان Population ecology، علم البيئة المجتمعي Community ecology، وعلم بيئة النظم Ecosystem ecology (الشكل 1-1).

الشكل (1-1): الأقسام الرئيسة لعلم البيئة ولعلم بيئة الجماعة.

لقد تطور حقليّ علم بيئة الفرد وعلم بيئة الجماعة بشكل مستقل عن بعضهما الأخر، لكن الإلمام بكليهما يعد أمراً ضرورياً لفهم طبيعة الكائن الحي فرداً كان أم جماعة أم نظاماً بيئياً. ويتصف علم بيئة الفرد بكونه علماً تجريبياً واستقرائياً من الناحية المنهجية، أما علم بيئة الجماعة فهو ذي منحى فلسفي واستنباطي. ولأن علم بيئة الفرد يهتم بدراسة علاقة الكائن الحي بواحد أو أكثر من المتغيرات البيئية كالضوء أو درجة الحرارة أو الرطوبة أو الملوحة، لذا فأن من السهل قياسه واخضاعه للتجربة سواء في المختبر أو في الحقل. أما علم بيئة الجماعة فيعتمد على الوصف بدرجة كبيرة وليس من السهولة بمكان اخضاعه لتجارب.

يستعين علم بيئة الفرد بمعظم تقنياته من علميّ الفيزياء والكيمياء. أما علم بيئة الجماعة، فلم يدخل بقوة إلى مرحلة التجريب إلا في السنوات الأخيرة، بعد تطور تقنيات كالحواسيب واقتفاء الأثر الإشعاعي مثلاً.

من ناحية أخرى، ومع تسارع ركب التقدم العلمي في الوقت الحاضر، أخذ المعنيون بعلم البيئة يقسمّون هذا العلم إلى حقول متعددة أكثر تخصصاً وتفصيلاً، مثلما يتضح بعضها مثلاً في الآتي:

علم البيئة البشرية Human ecology

علم البيئة الاجتماعي Social ecology

علم البيئة السلوكي Behavioral ecology

علم بيئة المجهريات Microbial ecology

علم البيئة الجزيئي Molecular ecology

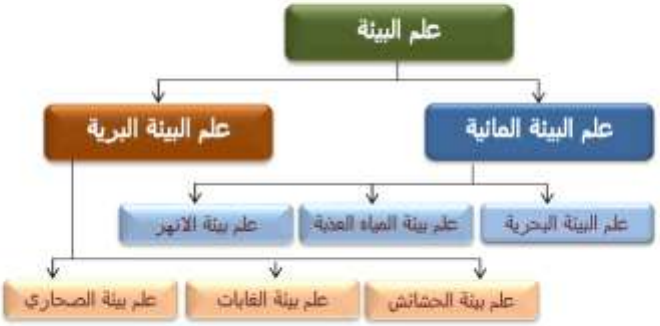
علم بيئة الإشعاع Radiation ecology

علم بيئة التلوث Pollution ecology

علم البيئة الجغرافية Geographical ecology

علم بيئة معالم الأرض Landscape ecology ... الخ،،،

يمكن أيضاً تقسيم علم البيئة إلى تقسيمات ثانوية أخرى، منها مثلاً على أساس نوع البيئة الطبيعية، وذلك بتقسيمه إلى علم البيئة المائية Aquatic ecology وعلم البيئة البرية Terrestrial ecology، مع كل تفرعاتهما، وعلى النحو الآتي (الشكل 2-1):



الشكل (2-1): تقسيم علم البيئة على أساس نوع البيئة الطبيعية.

نبذة تاريخية عن تطور علم البيئة

البدايات المبكرة لعلم البيئة

لعلم البيئة جذور تاريخية متشعبة، ويرجع سبب هذا التشعب بالدرجة الأساس إلى طبيعته المتشابكة مع علوم أخرى كثيرة. وعلى العموم، يعد فلاسفة الاغريق القدامى من أمثال هيبوكراتس Hippocrates وأرسطو طاليس Aristotle أول من دونوا ملاحظات عن التاريخ الطبيعي. إذ كانوا ينظرون للحياة على أنها "ماهيوية Essentialism"، تكون فيها الأنواع الاحيائية مجرد أشياء ساكنة لا تتغير، أما التنوع الموجود ــ من وجهة نظرهم ــ فما هو إلا شذوذ عن الحالة المثالية. وهذا يناقض بطبيعة الحال النظرية البيئوية الحديثة التي ترى أن التنوع هو الظاهرة الفعلية الواجبة الاهتمام وأن له دور في نشأة التأقلم من طريق الانتقاء الطبيعي. ويمكن إرجاع أصول أولى مفاهيم علم البيئة، كتوازن الطبيعة مثلاً، إلى هيرودوتس Herodotus (المتوفى عام 425 ق.م)، حيث كان أول من وصف عملية الأيض لدى

الكائنات الحية. وبينما يعد أرسطو أول من ترك أثراً على التطور الفلسفي لعلم البيئة، فأن تلميذه ثيوفراستس Theophrastus دوّن الكثير من الملاحظات حول النباتات والحيوانات، في ضوء هجرتها وجغرافيتها الحياتية وفسيولوجيتها وسلوكيتها، وهو ما شكل اللبنة الأولى لعلم البيئة بمفهومه الحديث.

ظهرت المفاهيم البيئية المتمثلة بالسلسلة الغذائية والتنظيم السكاني والإنتاجية لأول مرة خلال القرن الثامن عشر، وذلك على يد عالم الأحياء الدقيقة انتوني فان لوينهوك Antoni van Leeuwenhoek (1632 – 1723) وعالم النبات ريتشارد برادلي Richard Bradley (1688 –1723). أما الجغرافي ألكسندر فون همبولدت Alexander von Humbolt (1769 – 1859)، فيعد من الرواد الأوائل في الفكر البيئي وهو أول من ميّزَ التدرج البيئي، وهو التدرج الذي تتباين بموجبه أجناس الأحياء وتستبدل تبعاً لتدرج ظروف البيئة بتأثير عامل الارتفاع. هذا وقد وضع مؤرخو الطبيعة الأوائل من أمثال، همبولدت وجيمس هيوتن James Hutton وجان لامارك Jean-Baptiste Lamarck وأخرين، وضعوا اللبنات الأولى لعلم البيئة الحديث.

يعد عالم الأحياء الألماني أرنست هيغل Ernst Haeckel أول من استخدم كلمة "Ecology" بمفهومها الحديث، وذلك في كتابه الموسوم (المورفولوجيا التكوينية للكائنات الحية) الصادر عام 1866. وكان هيغل عالم حيوان وفناناً وكاتباً واستاذاً في علم التشريح المقارن.

ارنست هيغل

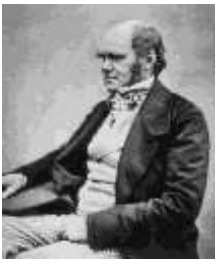
يوغنس ورمنغ

مؤسسا علم البيئة الحديث

لكن هناك اختلافاً في الرأي حول تحديد المؤسس الحقيقي لعلم البيئة الحديث. فبينما يعد البعض هيغل هو المؤسس الأول، يرى أخرون أن يوغنس ورمنغ Eugenius Warming هو

المؤسس من خلال كتابه (علم بيئة النباتات: المدخل إلى دراسة المجتمعات النباتية) الصادر عام 1895، فيما يرى البعض الأخر أن كارل لينيوس Carl Linnaeus هو المؤسس الأول، وذلك بكتابه (اقتصاد الطبيعة)، معتبراً فيه علم البيئة على أنه اقتصاد الطبيعة. وقد تأثر لينيوس بمبادئ تشارلز داروين، وعلى ضوئها كان أول من وضع نظرية التوازن الطبيعي.

لقد كانت النظرة السائدة لعالم الطبيعة، منذ عهد أرسطو ولغاية مجيء داروين، أنه عالم ساكن لا يتغير. وقبل نشر الكتاب الشهير (أصل الأنواع) لداروين، لم يلتفت أحد لمسألة العلاقات المتغيرة والمتبادلة ما بين الكائنات الحية والبيئة، وتكيفها في ضوء ذلك. والاستثناء الوحيد لذلك هو كتاب (التاريخ الطبيعي لسليبورن *Selborne*) لمؤلفه غيلبرت وايت Gilbert White (1720 – 1793) الصادر في العام 1789. إذ يعدّ البعض هذا الكتاب من أول الكتب عن علم البيئة.



تشارلز داروين.. صاحب الأثر الأكبر في تطور علم البيئة الحديث

أما تشارلز داروين Charles Darwin (1809 ــ 1882)، فإن كتابه (أصل الأنواع) ـ الذي نشر في العام 1859 ـ يعد بمثابة أول اختبار لعلم البيئة. ويعد داروين مؤسساً لعلم بيئة التربة Soil ecology على الرغم من أن كتابه ذاك اشتهر بنظرية النشوء والتطور Evolution. وقد كان لهذه النظرية دوراً مهماً في تغيير مسار الباحثين نحو انتهاج العلوم البيئية.

تطور علم البيئة منذ القرن العشرين

لازال علم البيئة الحديث يافعاً، فهو لم يصبح علماً متكاملاً إلا في نهايات القرن التاسع عشر، كما أسلفنا قبل قليل. على أن علم البيئة تحول، منذ مطلع القرن العشرين، من مجرد علم ذي طابع يصف التاريخ الطبيعي إلى أخر ذي طابع أكثر

علميةً يقوم على تحليل معمق للتاريخ الطبيعي. إذ نشر فريدريك كلمنتس Frederic Clements أول كتاب أمريكي حول علم البيئة في العام 1905، وفيه طرح نظريته القائلة أن المجتمعات النباتية هي بمثابة الكائن الحي الأعظم Superorganism، كما أنه كان رائد مفهوم التعاقب البيئي. وفي العام 1926، استخدم جان كرستين سمتز Jan Christian Smuts، مصطلح "التكامل البيئي Holism"، مستلهماً هذه الفكرة من نظرية الكائن الحي الأعظم لكلمنتس. وفي الوقت نفسه، طرح تشارلز ألتون Charles Elton ، مفهوم السلاسل الغذائية في كتابه الأصيل (علم بيئة الحيوان).

في العام 1942، كتب رايموند لندمان Raymond Lindeman، بحثاً شهيراً حول حركية المستويات الغذائية في علم البيئة، وقد أصبح هذا البحث فيما بعد الأساس لنظرية سريان الطاقة والمواد عبر الأنظمة البيئية. وخلال عقد الخمسينيات من القرن العشرين، أدخل روبرت ماك آرثر Robert E. MacArthur إلى علم البيئة، النظريات والتنبؤات والاختبارات الرياضية.

شهد علم البيئة تطوراً أيضاً من خلال إسهامات جاءته من علماء في بلدان أخرى، مثال ذلك الروسي فلاديمير فرنادسكي Vladimir Vernadsky، صاحب مفهوم الغلاف الحياتي في العشرينات. والياباني كنجي امانيشي Kinji Imanishi صاحب مفهومي التناغم في الطبيعة وعزلة المواطن الطبيعية خلال الخمسينيات.

هذا وشهد علم البيئة اهتماماً ملحوظاً على الصعيدين العلمي والشعبي خلال عقديّ الستينيات والسبعينيات، وذلك بفضل الحراك الجماهيري حول القضايا البيئية آنذاك، عبر ما يسمى بالحركة البيئية Environmental movement. فهنالك ترابط تاريخي وعلمي قوي ما بين علم البيئة وإدارة البيئة وحمايتها. وكان لكتابات عاشقي الطبيعة من أمثال آلدو ليوبولد Aldo Leopold وآرثر تانسلي Arthur Tansley، دوراً مؤثراً في الدعوة إلى حماية الطبيعة المنفصلة عن المراكز الحضرية حيث يتركز فيها التلوث والتدهور البيئي.

راتشيل كارسون..
مفجرة الحركة البيئية

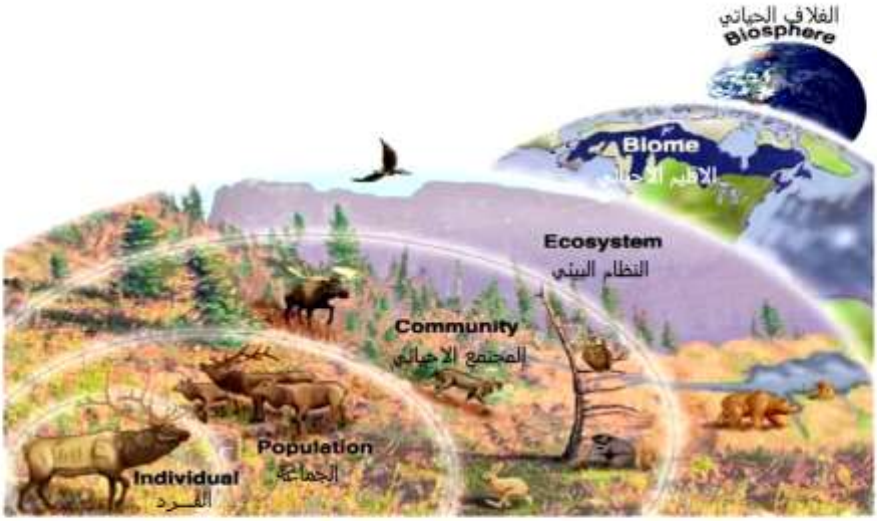
في العام 1962، ساعد كتاب (الربيع الصامت) لعالمة الأحياء والبيئة البحرية راتشيل كارسون Rachel Carson على دفع الحركة البيئية إلى الأمام، وذلك بعدما لفتت كارسون الرأي العام العالمي إلى قضية التلوث بالمبيدات السامة والتراكم الحيوي لمبيد الـ د.د.ت DDT في البيئة. واستفادت كارسون من علم البيئة في إثبات علاقة طرح السموم إلى البيئة بصحة الإنسان والنظام البيئي. وعلى هذا، بات علماء البيئة يكرسون، منذ ذلك الحين، جل اهتمامهم على ربط تدهور الأنظمة البيئية لكوكب الأرض بالسياسة والقوانين المتعلقة بالبيئة وبالكيفية التي تدار بها الموارد الطبيعية.

مجال علم البيئة

يشمل مجال علم البيئة The scope of ecology حيزاً واسعاً من مستويات التنظيم والتفاعل ما بين الأحياء تبدأ من أصغر مستوى (الذي يتمثل بالخلية) وينتهي بأكبر مستوى الذي يتمثل بكوكب الأرض بأكمله (أو ما يسمى بالغلاف الحياتي). فالنظم البيئية، على سبيل المثال، تشمل مواراداً غير حية وأشكالاً أخرى متفاعلة مع الحياة، ولذا تجد دراستها غاية في التعقيد، لكونها تتطلب تفصيلات لمجالات علمية عديدة وتتبعاً دقيقاً لتطور أشكال الحياة بحسب طبيعة الكائن قيد الدراسة. لكن مثل هذه الدراسة تتباين أيضاً من حيث المجال الجغرافي، فقد تتضمن مجرد تناول حشرة صغيرة ضمن نطاق لا يتعدى بضعة سنتمترات مربعة إلى تناول غابة تغطي مساحة إقليم بأكمله يمتد لعدة كليو أمتار مربعة.

لهذا، يمكن تقسيم مجال علم البيئة على مستوى التنظيم إلى خمسة مستويات أو نطاقات، نظراً للتعقيد الذي يتسم به مجال هذا العلم. وتتضح هذه المستويات في الشكل (3-1)، الذي يبين تنظيماً هرمياً لنطاق الدراسة البيئية. إذ يمكن أن يترتب

من الأكبر إلى الأصغر ليشمل: الغلاف الحياتي، الإقليم الحياتي، النظام البيئي، المجتمع الحياتي، ثم الجماعة الأحيائية، وأخيراً الكائن الحي المنفرد. وسنأتي إلى شرح كل واحدة من هذه المكونات البيئية في الفصل القادم.



الشكل (3-1): التنظيم الهرمي للنطاقات الجغرافية الاحيائية على وفق المجال الدراسي لعلم البيئة.

مناهج البحث الحديثة في علم البيئة

يعتمد موضوع البحث في علم البيئة وطبيعته ومجاله الجغرافي على اختيار المنهج العلمي المناسب الذي يحقق الأهداف المتوخاة للبحث. على هذا، ينتهج الباحثون في علم البيئة حالياً عدداً من الطرائق المنهجية لتحقيق أفضل النتائج، وتتمثل هذه المناهج بالآتي معززة بأمثلة توضيحية لكل واحد منها:

منهج استخدام الدراسات الحقلية في اختبار النظريات

(مثال بيئة طيور الغابات)

في العام 1955 أجرى روبرت ماك آرثر Robert McArthur دراسة بيئية لثلاثة أنواع من الطيور المغردة (بلابل) تعيش مجتمعة في الغابات الصنوبرية الواقعة في القسم الشمالي الشرقي من أمريكا الشمالية. وتتشابه تقريباً هذه الأنواع الثلاثة من

حيث الحجم والشكل والاغتذاء على الحشرات، وهذه الأنواع هي: بلبل كاب ماي *Dendroica tigrina* والبلبل ذي الردف الأصفر *D.coronata* والبلبل ذي الصدر الكستنائي *D.castanea*. وتقوم دراسة ماك آرثر على تفنيد النظرية القائلة بأنه إذا كان هناك نوعان من الأحياء يحتاجان إلى نفس المتطلبات البيئية فسوف ينافس أحدهما الآخر، ونتيجة لذلك فإنهما سوف لن يستطيعا العيش في البيئة ذاتها. ولذا أراد ماك آرثر معرفة كيفية عيش هذه الطيور المغردة جنباً إلى جنب وهي في الغابة نفسها.

تتغذى الطيور المغردة بالدرجة الأساس على التقاط وجمع الحشرات من لحاء الأشجار ومن أورقها. ويعتقد آرثر أن بمقدور هذه الطيور التعايش مع بعضها البعض وأن لا ينافس أحدها الأخر إذا ما تغذت على الحشرات ضمن مستويات مختلفة من الشجرة الواحدة. وقد أثبت اعتقاد آرثر صحته. إذ أظهرت الملاحظات الميدانية التي دوّنها أن هذه الأنواع الثلاثة من البلابل إنما تأخذ غذائها من مستويات متعددة ضمن شجرة الصنوبر الواحدة. ومثلما يوضح الشكل (4-1)، فإن البلبل المسمى كاب ماي يتغذى أساساً من منطقة الأوراق الأبرية والبراعم الجديدة الموجودة في أعالي الأشجار. أما البلبل ذي الصدر الكستنائي فيتغذى على الجزء الأوسط من الشجرة. فيما يتغذى البلبل ذي الردف الأصفر على الأقسام التحتية من الشجرة وعلى الأطراف السفلى من الجزء الأوسط.

لقد دللت مشاهدات ماك آرثر على أنه بالرغم من عيش هذه الطيور في الغابة نفسها، فإنها تحصل على غذائها من مناطق مختلفة لأشجار الغابة. وقد توصل هذا الباحث إلى أن هذه التغذية المتعددة المستويات ربما تكون هي السبب في ضعف المنافسة بين هذه الطيور في الغابات الصنوبرية. وبذلك فقد تم اختبار نظرية كانت تبدو صحيحة، لكن بواسطة المراقبة والدراسة الحقلية تم تفنيدها والبرهنة على خطئها.

الشكل (4-1): مناطق اغتذاء الطيور المغردة ضمن الغابة الصنوبرية.

منهج التشارك ما بين الدراسات الحقلية والمختبرية

(مثال النحل الطنّان)

قد يتطلب تحليل بعض المشكلات البيئية المعقدة القيام بعدد من الدراسات الميدانية والمختبرية معاً. فأما الدراسات الميدانية فإنها تمدنا بمعلومات عن واقع الطبيعة، وأما الدراسات المختبرية فهي تمدنا بقياسات دقيقة ضمن حدود بيئات مسيطر عليها. وكلتا الطريقتين يكملان بعضهما الأخر.

من الأمثلة على تطبيق هذا المنهج، ما أتبعه بيرند هيرنش Bernd Heirnrich في تناول العديد من المشكلات البيئية المعقدة عن طريق مجموعة من الدراسات الميدانية والمختبرية معاً. إذ يذكر في أحدى مشاريعه البحثية أن النحل الطنّان، على سبيل المثال، يعيش في معظم الأقاليم الباردة من العالم. وأن هنالك نوعان منها يعيشان في المناطق الشمالية الشديدة البرودة بعدد يزيد عن عدد البشر الموجودين. وفي جميع هذه المناطق المذكورة يقوم النحل الطنّان أثناء عمله وتحركه بالحفاظ على منطقته الصدرية دافئةً، لأن ذلك الجزء من جسمها هو الذي توجد فيه العضلات

التي تساعدها على التحليق كما ترتبط به الأجنحة والأرجل، لكن عملية المحافظة على درجة حرارة الجسم دافئة في بيئة باردة تتطلب في الحقيقة وجود طاقة. لذا يجب معرفة مقدار الطاقة المفقودة والمكتسبة.

من أجل ذلك قام هيرنش بإجراء عدد من الدراسات الحقلية والمختبرية لتخمين موازنات الطاقة لنحل يتغذى على أنواع مختلفة من الأزهار في درجات حرارية متباينة. ولكي تحافظ مستعمرة النحل الطنّان على بقاءها يجب موازنة الفرق بين الوارد من الطاقة والخارج عنها. ويمثل اغتذاء النحل على الأزهار ضمن درجات حرارة معينة اكتساباً للطاقة فيما تمثل عملية تجوالها بحثاً عن الطعام فقداناً للطاقة. ويمكن للنحل استثمار ما يكسبه من طاقة في عملية إنتاج العسل لإطعام مستعمرة النحل وكذلك في إعادة إنتاجه من جديد. أما عملية التجوال بحثاً عن الطعام فإنها تعني فقدان للطاقة ومن ثم غذاءً أقل وتضاؤلاً في الإنتاجية وبالنتيجة عدم الاستطاعة على البقاء لفترات طويلة.

دراسة النحل الطنّان ما بين الحقل والمختبر.. كشفت حقيقة علمية مذهلة

في الحقل، استخدم هيرنش ساعة توقيت لقياس المدة التي يقطعها النحل الطنّان في طيرانه واغتذاءه. وقام أيضاً باصطياد عدد منها ثم قاس درجة حرارة صدورها بواسطة محرار خاص. أما في المختبر، قام بتحليل فسيولوجي عبر استخدام عدد من الأجهزة والمعدات المختبرية الخاصة، وذلك لتقدير كمية الطاقة المستنفذة في أثناء عملية تحليق النحل ومقدار الطاقة اللازمة لتسخين أجسامها.

لقد توصل هيرنش، في نهاية المطاف، إلى أن النحل يحافظ على درجة حرارة منطقته الصدرية بما يتراوح من 30 – 37 °م، حتى عندما تهبط درجة حرارة الهواء إلى ما دون الصفر المئوي. وهنا السؤال كيف يمكن لهذا النحل المحافظة على درجة

حرارة صدوره مرتفعة في مثل هذه البيئات الباردة؟ أنها تقوم بذلك من خلال تقليص عضلاتها في أثناء التحليق، إذ تتقلص هذه العضلات في كل حركة صعود ونزول لأجنحتها، ونتيجة لذلك تدفئ تدريجياً، وألا سوف يصيبها الارتعاش والارتجاف إن لم تفعل ذلك.

من هذا المثال، يتضح كيف أن تضافر العمل الحقلي مع التحليل المختبري الفسيولوجي استطاع أن يجيب عن تساؤلات علمية ربما لم يكن بالمقدور الإجابة عنها لو تم الاعتماد على أسلوب واحد فقط.

منهج المسوحات الحقلية

(مثال الموازنات الغذائية في الغابات)

ناليني نادكارني..
ساعد تسلقها الغابة على حل لغز علمي

إن أول عمل يقوم به المتخصصون في مجال علم البيئة لدى دراستهم للدورات الغذائية كالنتروجين أو الفسفور أو الكالسيوم هو استطلاع تواجد هذه العناصر الغذائية ومسحها ومعرفة توزيعها ضمن النظام البيئي. فالمسوحات التي أجرتها عالمة البيئة ناليني نادكارني Nalini Nadkarni، قد غيرت من أفكارنا تجاه التركيبة التي تتميز بها الغابات المدارية والمعتدلة المطيرة وكيفية أداء عملها. إذ تسلقت نادكارني ببطء عبر عدد من أشجار أحدى الغابات المطيرة في كوستاريكا وصولاً إلى قممها، وهناك وجدت عالماً لم يسبقه إليه أحد فأصبحت بذلك رائدة لهذا الاكتشاف الجديد. لقد أصابتها الدهشة لما رأته فوق قمم الأشجار من تنوع هائل في الكائنات الحية وما يتخلل ذلك من علاقات بيئية تربط هذه الكائنات بعضها ببعض وهو ما لم يكن متوقعاً أن تجده في مثل هذا القطاع من الأشجار. لكن دهشتها هذه سرعان ما قادتها إلى ابتكار طريقة جديدة في البحث العلمي، إذ أن

نادكارني لا تعد أول من بحث في أعالي الأشجار فحسب بل تعد أيضاً أول من سبر أغوار بيئة هذا العالم المجهول.

تتصف ترب العديد من الغابات المطيرة بكونها تفتقر إلى العناصر الغذائية كالنتروجين والفسفور، وذلك بسبب ترشحها مع مياه الأمطار الغزيرة باستمرار. وقد أثارت هذه الشحة في العناصر الغذائية في ترب تلك الغابات لغزاً حيّر علماء البيئة في حينها. إذ كان أكثر ما يشغل بالهم هو كيف يمكن لهذه الحياة التي تزخر بها الغابات المطيرة أن تدوم وتستمر في مثل هذه الترب الفقيرة بالعناصر الغذائية. والحقيقة أن هناك عدة عوامل تسهم في ديمومة هذا النشاط الحيوي الزاخر. فجاء بحث نادكارني هذا ليكشف النقاب عن واحد من تلك العوامل، وهو يتمثل بوجود خزين هائل من العناصر الغذائية في قمم أشجار هذه الغابات المطيرة.

هناك نوع من النباتات يعرف بالنباتات الهوائية Epiphytes يرتبط وجودها بهذه المستودعات الغذائية في الغابات المطيرة. والنباتات الهوائية، شأنها شأن الكثير من النباتات السحلبية والسرخسيات، عبارة عن نباتات تنمو فوق أغصان وجذوع غيرها من النباتات. على أن النباتات الهوائية ليست طفيلية، فهي لا تستمد غذائها من نبات أخر تنمو عليه، بل أنها تنمو فوق أغصان الأشجار فقط لأجل حفظ المادة العضوية، لتتحول فيما بعد إلى ما يشبه الحصيرة. ويأخذ سمك هذه الحصائر بالازدياد حتى يصل إلى أكثر من 30 سم، فتوفر بذلك تركيبة معقدة تكون داعماً لحياة كثير من المجتمعات النباتية والحيوانية.

تحتوي حصائر النباتات الهوائية على كميات كبيرة من العناصر الغذائية. وقدرت نادكارني بأن هذه الكميات في بعض الغابات المدارية المطيرة تعادل تقريباً نصف المحتوى الغذائي الموجود في أوراق أعالي الأشجار. وتبين من بحث العالمة نادكارني أيضاً أن الأشجار في كل من الغابات المعتدلة والمدارية المطيرة تصل إلى هذه المستودعات الغذائية من طريق نشر وتفريع الجذور الممتدة من جذوعها

وأغصانها بدءاً من الأرضية وصعوداً إلى الأعلى. وحصيلة لما قدمه لنا هذا البحث، فقد بات بالمقدور الآن فهم الاقتصاد الغذائي في الغابات المطيرة.

منهج استلال المعلومات من سجلات حبوب اللقاح

(مثال تغير الغطاء النباتي)

إن الأرض وما عليها من حياة في حالة تغير دائم ومستمر. على أن أغلب هذه التغيرات المهمة إنما تحدث عبر فترات زمنية طويلة وعبر مساحات مكانية شاسعة مما يجعل دراستها ومتابعتها أمراً عسيراً. إلا أن هنالك منهج يجعلنا نستشرف العمليات الزمنية البعيدة والمكانية الشاسعة، ذلك هو منهج تفحص حبوب اللقاح المحفوظة في رواسب البحيرات.

فعلى سبيل المثال، قامت مارغريت ديفز Margaret Davis ببحث وتمحيص دقيقين لعينة تحتوي على حبوب لقاح مأخوذة من رواسب أحدى البحيرات الواقعة في جبال الأبلاشيان بالولايات المتحدة الأمريكية، حيث ستكون حبوب اللقاح هذه بمثابة وثيقة تعينها على أدراك التغيرات التي اعترت النباتات النامية على مقربة من هذه البحيرة على مر بضعة آلاف من السنين الماضية. والسيدة ديفز هي في حقيقتها عالمة في مجال البيئات القديمة مختصة بتحليل ودراسة البيئات على المستويات المكانية والزمانية السحيقة. وقد أفنت ردحاً طويلاً من عمرها وعملها في استقصاء التغيرات التي طرأت على الغطاء النباتي إبان الزمن الجيولوجي الرابع، لاسيما إبان الـ 20000 سنة الأخيرة.

إن بعض حبوب اللقاح التي تنتجها النباتات النامية بجوار البحيرة تسقط فوق سطح البحيرة وتغوص إلى الأعماق ومن ثم تطمر مع رواسب البحيرة. ولما كانت رواسب البحيرة ترجع في أصولها إلى عدة قرون، فإن حبوب اللقاح هذه تُحفظ بين طياتها وتؤلف بذلك سجلاً تاريخياً يدون أنواع النباتات التي عاشت هنا وفصائلها. ولأن النباتات التي تغطي ضفاف البحيرة تتعرض باستمرار للتغير، فأن

مزيج حبوب اللقاح المحفوظ في رواسب البحيرة هذه يتعرض للشيء نفسه أيضاً. فمثلاً يرجع أول ظهور لحبوب اللقاح المتساقطة عن أشجار صنوبرية من نوع البيسية Picea الموجودة في الرواسب البحيرية إلى حوالي 12000 سنة خلت، أما الحبوب المتساقطة عن أشجار الزّان نوع *Fagus grandifolia*، فإن أول ظهور لها في الرواسب يمتد إلى نحو 8000 سنة خلت. فيما لم يظهر وجود لحبوب لقاح أشجار الكستناء في تلك الرواسب ألا منذ 2000 سنة تقريباً. لذا بالإمكان إعادة كتابة تاريخ الغطاء النباتي عن أية منطقة من خلال تفحص حبوب اللقاح المحفوظة في رواسب بحيرات أخرى. ومثلما فعلت العالمة ديفز فقد كان لبعض أعمالها قيمة كبيرة في إعادة كتابة تاريخ الغابات النفضية في الجزء الشرقي من أمريكا الشمالية، وكشفت عن دور التغير المناخي في تبدل ظروف تلك الغابات.

يمكن لحبوب اللقاح..
أن تكشف عمر غابات بأكملها

منهج الاستفادة من دراسة التاريخ الطبيعي

(مثال متنزه شجرة المطر الوطني):

المثال على ذلك هو انتهاج عالم البيئة دانيال جانزن Daniel Janzen لهذا المنهج وإفادته من دراسة التاريخ الطبيعي في الوصول إلى الحقائق العلمية. كان جانزن يطمح لإعادة إحياء غابة متنزه شجرة المطر الوطني في كوستاريكا، التي كانت في يوم من الأيام تزخر بالحياة كما هي عليه الغابات المدارية المطيرة تقريباً، أما الآن فأنها تقارب الجفاف بعدما فقدت العديد من أشجارها، لاسيما شجرة المطر Guanacaste، وهي من نوع *Enterobbium cyclocarpum*. وحينما شرع هذا الباحث بدراسة أسباب تناقص أعداد هذه الأشجار، لاحظ وجود شيء مفقود في الغابة الحالية. فمن خلال تفحصه لأرجاء هذه الغابة الجرداء، لم يلمح أي وجود

لحيوانات محلية قادرة على بعثرة بذور شجرة المطر. ذلك أن شجرة المطر هذه، وهي عضو من عائلة البازلاء، تنتج ثماراً على شكل أقراص يبلغ قطر الواحدة منها 10 سم ويتراوح سمكها من 4 إلى 10 ملم. ويصل إنتاج كل شجرة كبيرة منها سنوياً إلى أكثر من 5000 ثمرة، إذ تسقط على الأرض بعد نضوجها.

قاد تتبع التاريخ الطبيعي لشجرة المطر إلى إعادة إحياء غابة مدارية من جديد

لقد أستطاع جانزن، بالرجوع إلى سجلات التاريخ الطبيعي، فهم العمليات الحيوية التي سببت توقف شجر المطر عن التكاثر. فقد ظهر أن هذه المنطقة كانت تزخر في السابق بوجود حيوانات ضخمة عاشبة كالجمال والخيول البرية، التي تقتات مع العشب على البذور المتساقطة لأشجار المطر، ومن ثم تسهم في نشرها من طريق البراز الذي تطرحه أو من طريق بعثرتها بحوافرها عند تجوالها في المنطقة. على أن هذه الحيوانات أبيدت وانقرضت منذ ما يقرب من 10000 سنة خلت، ولعل لعمليات الصيد المفرط التي كان يقوم بها الإنسان في ذلك الوقت دوراً في ذلك. وبذلك ظلت أشجار المطر تطرح سنوياً آلافاً من بذورها غير أنها لا تجد من يساعد على نشرها عبر أرض الغابة. فأدرك جانزن القيمة العملية للماشية في بعثرة البذور ونشرها وقام بضمها إلى خطته لإعادة تأهيل الغابة المدارية في متنزه شجر المطر الوطني بكوستاريكا. وبالفعل بدأت الغابة اليوم تستعيد عافيتها بعد إدخال حيوانات الماشية والخيول إليها، إذ أنها تقوم بدور فاعل في تكاثر شجر المطر عبر أرجاء الغابة.

إن سعة وعمق النظرة التي يقدمها التاريخ الطبيعي، تمنح الباحثين رؤية واضحة يستطيعوا من خلالها النفاذ إلى ما وراء رؤية الأشياء الظاهرية. فمن خلال عدسات التاريخ الطبيعي، يمكن مدّ النظر إلى ما وراء اعتبار بعض الحيوانات مجرد كائنات متطفلة، بل اعتبارها حيوانات أساسية لإعادة إحياء نظام بيئي بكامله. وفي

مثال جانزن، لم يبادر أي شخص من قبله إلى ملاحظة غياب هذه الحيوانات ولم يلحظ أحد أثرها البيئي المهم على حياة الغابات المدارية، ولكن بالإفادة من مراجعة التاريخ الطبيعي حقق ما يصبوا إليه.

أسئلة للمناقشة والمراجعة

1- ما الركزتين الأساسيتين في تعريف علم البيئة؟ وما العنصر المشترك بينهما؟

2- بما يتميز علم البيئة عن غيره من العلوم؟

3- ما الفروقات الجوهرية بين علم بيئة الفرد وعلم بيئة الجماعة؟

4- أرسم مخططات انسيابية لتقسيم علم البيئة إلى أقسام متعددة أكثر تفصيلاً مبنية على أسس علمية مختلفة.

5- من هم مؤسسو علم البيئة من القدامى والمتأخرين؟ وما هي مساهمات كل واحد منهم في تطوير علم البيئة؟

6- لماذا يتصف مجال علم البيئة بالتعقيد؟ وما هي مستويات أو نطاقات مجاله الجغرافي؟

7- أذكر مناهج البحث الحديثة في علم البيئة، مع الإشارة إلى الحقائق العلمية التي توصل إليها بعض الباحثين بفضل تطبيقهم لهذه المناهج. لخصّ إجابتك بصيغة نقاط واضحة.

8- بماذا يمكن أن تنفعك دراسة علم البيئة في حياتك اليومية؟ أورد أمثلة تطبيقية عن ذلك، بما تستطيع.

* * *

الفصل الثاني

مفاهيم أساسية في علم البيئة

يعرض هذا الفصل إلى مجموعة مفاهيم أساسية ذات صلة بعلم البيئة. إذ نتعرف أولاً على مكونات البيئة، ذلك أن معرفتها يعد أمراً ضرورياً لفهم التفاعلات الحيوية الدائرة ضمن النظام البيئي. وسيتم أيضاً إيضاح مفهوم النظام البيئي وتفاعلاته والدورات الكبرى الجارية في أطاره. هذا إضافة إلى شرح مفاهيم أخرى مثل سريان الطاقة والعناصر الغذائية في البيئة والسلاسل والشبكات الغذائية والتعاقب والثبات.

المكونات البيئية

تتكون البيئة الحياتية من مجموعة مكونات يكمل بعضها الأخر. وقد أشرنا في الفصل السابق إلى أن المجال البيئي يتألف من تنظيم هرمي متباين النطاق والمستوى (أنظر الشكل 3 – 1). وفيما يلي تعريف لبعض المكونات البيئية الأساسية.

الغلاف الحياتي

الغلاف الحياتي.. وأقسامه الأساسية

يعد الغلاف الحياتي Biosphere الوحدة الأكبر ضمن التنظيم البيئي. وتعيش ضمن هذا الغلاف كل أنواع الكائنات الحية (النباتات، الحيوانات، الأحياء المجهرية.. الخ). وهو يشتمل على أجزاء من الغلاف الجوي Atmosphere والغلاف المائي Hydrosphere وأجزاء من الغلاف الصخري (التربة) Lithosphere، وتوجد من ضمنه أيضاً المواطن الطبيعية والبيئات البشرية Ecosphere. ويعد

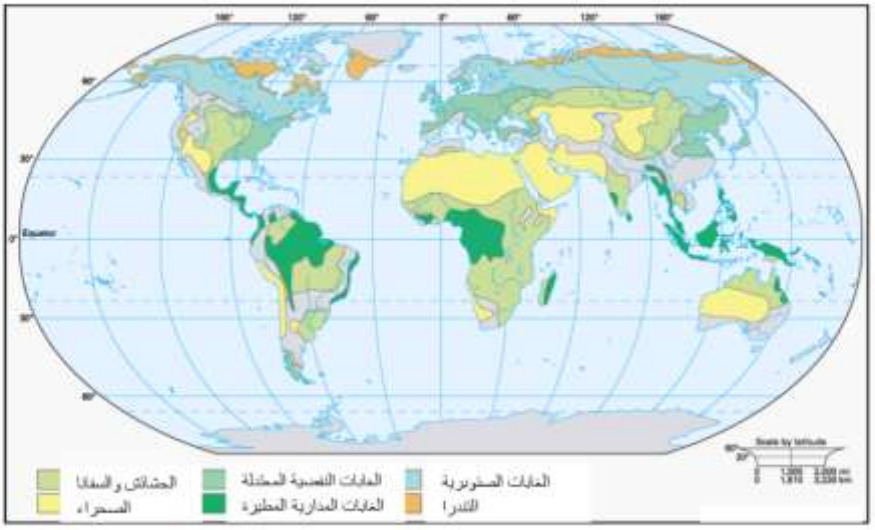
الغلاف الحياتي غلافاً رقيقاً لا تتعدى سماكته في الإجمال 20 كم، منها حوالي 8 – 10 كم فوق سطح الأرض والباقي يمتد إلى أعمق نقطة في قيعان المحيطات. وعلى سبيل المقارنة، يبلغ نصف قطر الأرض حوالي 12.700 كم، وهو ما يزيد بنحو 600 مرة عن سماكة الغلاف الحياتي. فإذا ما اعتبرنا أن الأرض تفاحة، فأن الغلاف الحياتي هو بالضبط قشرة هذه التفاحة. وتتباين الكائنات الحية في توزيعها الجغرافي فوق هذا الغلاف، كما أن معظمها لا يعيش إلا ضمن سمك بضع أمتار من سطح اليابسة أو المحيطات.

الإقليم الاحيائي

تضفي الاقاليم الاحيائية.. تنوعاً بيئياً لكوكب الأرض

الاقليم الاحيائي Biome عبارة عن وحدة بيئية كبيرة الحجم تتصف بوجود مجاميع نباتية وحيوانية وظروف بيئية خاصة (كالمناخ، التربة، المياه..) تختلف بها عن غيرها من الأقاليم. وتتضمن الاقاليم الاحيائية الكبرى الغابات المدارية المطيرة والغابات المعتدلة والغابات النفضية والغابات الصنوبرية والحشائش والصحاري الحارة والباردة والتندرا، موزعة بشكل متباين على سطح الأرض مثلما يظهر ذلك من الشكل 1 – 2.

هناك من الباحثين من يصنف الاقاليم الاحيائية إلى أخرى مجهرية أو محلية. فمثلاً، يعد جسم الإنسان بالنسبة للميكروبات هو إقليمها وعالمها الحياتي. وعلى العموم، تؤدي الأقاليم الاحيائية دوراً مهماً في تفعيل الكيمياء الحيوية لبيئة كوكب الأرض.



الشكل (1 – 2): التوزيع الجغرافي للأقاليم الاحيائية الرئيسة فوق سطح الأرض.

النظام البيئي

النظام البيئي مترابط ومتوازن.. وهو تفاعل متناغم بين الموجودات الحية وغير الحية

يعرف النظام البيئي Ecosystem (ظهرت تسميته على يد العالم الألماني آرثر تانسلي في العام 1935) أنه عبارة عن كيان طبيعي معقد ضمن حيز معين، وعادة ما يكون أصغر من الاقليم الاحيائي من ناحية الكثافة والحجم والمساحة. ويضمّ مجموعات حية Biotic (نباتية وحيوانية) ومعالم طبيعية غير حية Abiotic (مياه، تربة، تضاريس، مناخ..). وتسعى الكائنات الحية، ضمن أي نظام بيئي، إلى التفاعل مع المكونات الحياتية والطبيعية للبيئة التي تعيش فيها بقصد التكيف معها من أجل البقاء. ولذا غالباً ما تتصف النظم البيئية بالتعقيد، لأن عملية التفاعل التي تقوم بها الأحياء تشكل أنماطاً حياتية تتباين مكانياً وزمانياً، وهذا التباين يفضي في المحصلة النهائية إلى ضرب خاص من التنوع الاحيائي Biodiversity. وطالما أن النظام البيئي الواحد مكون من مجموعة حلقات

مترابطة ببعضها بشكل وثيق ومتوازنة بشكل دقيق، فأن فقدان أية حلقة من هذه الحلقات لأسباب تتعلق بتلوث أو تدمير موطن طبيعي أو تدهور بيئي، يقود حتماً إلى اختلال توازن الطبيعة ووقوع مشكلات بيئية عدة.

المجتمع الاحيائي والجماعة والكائن الحي

في الوقت الذي يضم فيه النظام البيئي كل من المكونات الحية وغير الحية، فأن المجتمع الاحيائي لا يضم سوى المكونات الحية. وعلى هذا، فأن المقصود بالمجتمع الاحيائي Living community هو كل الكائنات الحية التي تعيش متفاعلة في منطقة من المناطق. فعلى سبيل المثال، تمثل السلاحف والاسماك والنباتات والطحالب والبكتريا التي تعيش في بركة من البرك مجتمعاً قائماً بذاته. وبالرغم من كون المجتمع أصغر من النظام البيئي، فأنه يتصف بالتعقيد الشديد أيضاً، إذ يمكن أن يحتوي المجتمع الواحد على آلاف الأنواع من الكائنات الحية. وغالباً ما يركز علماء البيئة في دراستهم للمجتمعات الاحيائية على كيفية تفاعل الكائنات وعلى كيفية تأثير هذه التفاعلات في طبيعة المجتمع. ويتطلب فهم المجتمع الاحيائي تحليل الروابط ما بين المنتجات والمستهلكات وبين المفترسات والفرائس الموجودة ضمن المنطقة الجغرافية نفسها، وكذلك فهم الشبكات الغذائية ومستوياتها الرابطة بين الكائنات الحية.

تتكون الجماعة من كائنات تنتمي للنوع نفسه وتعيش ضمن المنطقة نفسها

تأتي الجماعة Population بعد المجتمع الاحيائي في مستوى التنظيم البيئي، ويقصد بها كل الأفراد المنتمية إلى جنس أو نوع معين وتعيش ضمن مكان وزمان معينين، وعادة ما تتصف بعلاقات متناغمة فيما بينها وبين بيئتها. ومثال ذلك حقل من الزهور البرية أو قطيع من الجواميس الأفريقية أو سرب من طيور البجع المهاجرة.. الخ. وتخضع الجماعة عموماً إلى سلوكيات خاصة بكل منها وإلى قوانين تحكم تكاثرها ونموها

وانتشارها. ومن أشهر قوانين نمو الجماعة، هو قانون مالثوس (نسبة إلى مبتكره توماس مالثوس Thomas Malthus) الذي ينص على أن "الجماعة تتكاثر طردياً طالما ظلت البيئة التي تعيش فيها بلا تغيير". وذلك على وفق المعادلة التالية:

$$P(t) = P_0 e^{rt}$$

حيث أن:

حجم الجماعة (السكان) الأساس = P_0

معدل نمو الجماعة = r

الزمن = t

علماً أن نمو الجماعة يتوقف بالدرجة الرئيسة على متغيرات مثل الولادات والوفيات والهجرة الوافدة والخارجة، وأيضاً على سعة التحمل Carrying capacity اللازمة لاستيعاب حجم جماعة ما على وفق ما متوفر من متطلبات معيشتها في البيئة.

أما الكائن الحي Organism فهو أصغر مكون من المكونات البيئية، ويكون مرادفاً لمصطلح نوع احيائي Species. ويركز الباحثون الذي يتناولون دراسة كائن حي ما، على مسألة التكيفات التي تبديها الكائنات الحية لمواجهة التحديات البيئية التي تطرأ عليها. وعلى هذا، فأن الكائنات الحية تتباين عن بعضها البعض من ناحية السلوك والطريقة التي تنتهجها للتكيف والتأقلم مع التغيرات الحاصلة في بيئتها، فلكل نوع منها أسلوبه الخاص في العيش والتكيف مع هذه البيئة أو تلك.

بيئة عيش الكائن الحي

لكي يتواجد الكائن الحي ويستمر بالبقاء، فلابد من وجود بيئة تحتضنه وتمده بأسباب العيش. والمقصود هنا بلفظة البيئة Environment كل ما يحيط بالكائن الحي من عناصر وعوامل حية وغير حية تؤثر فيه وتتأثر به ضمن حيز مكاني معين. وعلى هذا، تنقسم بيئات عيش الكائن الحي إلى قسمين رئيسين: الموطن الطبيعي والموئل.

الموطن الطبيعي

يقصد بالموطن الطبيعي Habitat البيئة المناسبة التي يتواجد في ظلها نوع معين من الكائنات الحية ويتحدد بموجبها نوع المجتمع الاحيائي. ويقصد بالموطن الطبيعي أيضاً أنه تلك المنطقة التي تتوافر فيها مجموعة من المتغيرات والعناصر البيئية الحية وغير الحية الملائمة لمعيشة نوع ما من الكائنات الحية، وتؤثر في تواجدها بشكل مباشر أو غير مباشر، وبخلاف تلك الموائمة في العناصر البيئية يعجز الكائن الحي العيش بصورة سليمة.

تستطيع النباتات والحيوانات العيش في الموطن الطبيعي نفسه.. إلا أن لكل منها موئله الخاص

قد يكون الموطن الطبيعي عبارة عن بيئة مائية أو برية، ويمكن أن يتجزأ إلى بيئات متنوعة عدة (نهر، بحيرة، بحر... صحراء، غابة، جبل). وتفضي التحولات في بيئة الموطن الطبيعي إلى تغيير شروط المنافسة داخل الجماعة نفسها التي من نوع معين، ومن ثم القيام بتغيير أشكالها قياساً بجماعات أخرى من النوع نفسه تعيش في بيئات مختلفة. فعلى سبيل المثال، للسحالي الاستوائية (نوع *Tropidurus hispidus*) أجسام مفلطحة تختلف بها عن السحالي التي تعيش في إقليم السفانا المفتوح، وذلك لأن الجسم المفلطح يمنحها ميزة الاختباء وسط شقوق الصخور أو الأشجار. ويشهد تاريخ تطور الحياة على حدوث عدة تحولات في المواطن الطبيعية. فمثلاً هنالك كثير من البرمائيات والحشرات قد حولت موطنها الطبيعي من بيئة مائية إلى أخرى برية، الأمر الذي يؤكد ديمومة التغير في الطبيعة.

الموئل

الموئل Niche هو حيز مكاني أضيق من الموطن الطبيعي، ويعرف بأنه الموضع الذي تتوفر فيه ظروف وعناصر حية وغير حية تمدّ أي نوع من الكائنات الحية بأسباب البقاء وتحافظ على استقرار نموه. وتتكيف الكائنات الحية مع موئلها بشكل أفضل

من تكيفها للموطن الطبيعي، لأنها لا تستطيع أن تتواجد أو تعيش مرة واحدة مع كل أجزاء موطنها الطبيعي الأوسع نطاقاً. ويحتوي الموئل على مجموعة من الظروف التي يحبذها الكائن الحي، وكذلك على الموارد التي يستخدمها، والوسائل التي يستطيع بواسطتها الحصول على تلك الموارد. كما يتضمن الموئل على ذرية الكائن الحي وعلى زمن تكاثره وعلى كل التفاعلات الأخرى مع بيئته.

هناك ما يسمى بالعواميات Generalists وهي الكائنات التي تتمتع بموائل واسعة النطاق، بحيث يمكنها العيش تحت مختلف الظروف والموارد. ومثال ذلك حيوان أبوسوم فرجينيا (من فصيلة الجرابيات)، فهو حيوان يطيق العيش في مختلف أنحاء الولايات المتحدة، إذ أنه يستطيع أكل أي شيء تقريباً بدءاً من البيض والفواكه والنباتات وانتهاءً بالحيوانات الميتة. وعلى نقيض ذلك، فأن هنالك كائنات لا يمكنها العيش إلا في موئل ضيق جداً تسمى بالخصوصيات Specialists. ومثالها حيوان الكوالا الاسترالي الذي لا يتغذى إلا على أوراق نوع معين من شجر اليوكالبتوس.

هناك أيضاً من الكائنات من يتنقل عبر أكثر من موئل خلال مراحل حياته المختلفة. فمثلاً تتغذى يرقات الفراش على أوراق النباتات، لكنها حين تغدو فراشاً يافعاً فأن رحيق الزهور يصبح غذائها الرئيس.

الكائنات الناقلة للطاقة عبر النظام البيئي

سبق القول أن النظام البيئي عبارة عن شبكة غاية في التعقيد من المكونات والعلاقات الحيوية وغير الحيوية. وأن هذا النظام لا يمكن أن يتحرك ويدوم دون وجود طاقة تغذي مفاصله المختلفة. لذا تحتاج جميع الكائنات الحية إلى الطاقة من أجل أداء وظائفها الأساسية، كالنمو والحركة والإدامة والإصلاح والتكاثر. وتنتقل الطاقة، في أي نظام بيئي، من الشمس إلى الكائنات ذاتية التغذية، ثم إلى الكائنات

الحية التي تتغذى على الكائنات ذاتية التغذية، ومن ثم إلى كائنات تتغذى على غيرها من الكائنات. علماً أن كمية الطاقة التي يتلقاها النظام البيئي وتلك التي تنتقل من كائن لأخر تؤثر في بنية ذلك النظام بشكل أو أخر.

على هذا، تتمثل في الشكل (2 – 2) الكائنات الأساسية المكونة لآلية انتقال الطاقة عبر النظام البيئي، وهي تشمل ما يلي:

الشكل (2 – 2): الكائنات الناقلة للطاقة عبر النظام البيئي.

المُنتجات

تقوم الكائنات ذاتية التغذية Autotrophs، المتمثلة بالنباتات وبعض الأنواع من وحيدات الخلية والبكتريا، بصنع غذائها من تلقاء نفسها. ولما كانت هذه الأحياء تلجأ إلى اكتساب الطاقة ومن ثم تستعملها في تكوين جزيئات عضوية، لذا دُعيت بالمنتجات Producers. والجزيئات العضوية هذه عبارة عن جزيئات يشكل الكربون قوامها الأساس.

تعتمد معظم المنتجات في صنع غذائها على عملية التركيب الضوئي Photosynthesis، ولذا فأنها تستخدم الطاقة الشمسية لإنتاج الغذاء. ومع ذلك، فأن بعض البكتريا ذاتية التغذية قد تقوم بعملية صنع غذائها كيمياوياً Chemosynthesis، إذ تستخدم الطاقة المخزونة في الجزيئات اللاعضوية لغرض إنتاج الكربوهيدرات. وفي حالة النظم البيئية البرية، عادةً ما تكون النباتات هي المنتجات الرئيسة. أما في النظم البيئية المائية، فأن وحيدات الخلية والبكتريا هي المنتجات الرئيسة في الغالب.

قياس الإنتاجية الاحيائية

ثمة مفهوم مهم يتعلق بالمنتجات، يسمى بالإنتاجية الاحيائية Biological productivity. وقد تكون هذه الإنتاجية على شكل إنتاجية أولية إجمالية Gross primary productivity، والمقصود بها معدل حصول المنتجات في نظام بيئي ما على الطاقة الشمسية لإنتاج مركّبات عضوية. فالكائنات المنتجة المعتمدة على عملية التمثيل الضوئي تقوم باستخدام الطاقة وثنائي أكسيد الكربون لصنع السكر، وهو جزيئي عضوي غني بالطاقة. ويُخصص جزء من هذا السكر لتنفس الخلايا، وجزء للإدامة والإصلاح، فيما يستخدم جزء أخر لصنع مواد عضوية جديدة لأجل النمو أو التكاثر. ويطلق علماء البيئة على المادة العضوية الموجودة في النظام البيئي أسم الكتلة الحيوية Biomass. إذ تقوم المنتجات بإضافة كتلة حيوية إلى النظام البيئي من طريق صنع جزيئات عضوية.

لا يتوفر للكائنات الحية الأخرى في النظام البيئي غير الطاقة المختزنة في الكتلة الحيوية فقط. ولذا غالباً ما يلجأ علماء البيئة إلى قياس معدل تراكم الكتلة الحيوية، الذي يدعى بصافي الإنتاجية الأولية Net primary productivity. ويعبر هذا الاصطلاح عن وحدات الطاقة مقاسة بوحدة المساحة في السنة (كيلو سعرة حرارية/ م^2/ سنة) أو مقاسة بوحدات كتلة عضوية جافة لكل وحدة مساحية في

السنة (غم/ م^2/ سنة). ويساوي صافي الإنتاجية الأولية إجمالي الإنتاجية الأولية مطروحاً من معدل التنفس لدى الكائنات المنتجة.

يبين الشكل (3 – 2) إمكانية تباين صافي الإنتاجية الأولية تبايناً كبيراً بين النظم البيئية. فعلى سبيل المثال، يزداد معدل صافي الإنتاجية الأولية في غابة مدارية بمقدار 25 ضعفاً عما عليه في صحراء بالحجم نفسه. وعلى الرغم من أن الغابات المدارية لا تشغل سوى 5 بالمائة من مساحة سطح الكوكب، فأنها تنتج ما يقارب 30 بالمائة من صافي الإنتاجية الأولية في العالم. ويؤدي التباين في ثلاثة عوامل أساسية ــ الضوء ودرجة الحرارة والتساقط ــ إلى التباين في الإنتاجية بين النظم البيئية البرية. إذ أن أية زيادة في هذه المتغيرات تفضي في العادة إلى زيادة في الإنتاجية، والعكس صحيح. أما في النظم البيئية المائية، فعاملان فقط يتحكمان بالإنتاجية، هما: الضوء ووفرة العناصر الغذائية.

الشكل (3 – 2): مقارنة معدلات صافي الإنتاجية الأولية عبر نظم بيئية مختلفة.

المُستهلكات

إن كل الحيوانات، ومعظم الكائنات الاحادية الخلية، وجميع الفطريات، وأغلب البكتريا تعد من الكائنات غير ذاتية التغذية Heterotrophs. إذ لا تستطيع هذه الفئة من الكائنات، على خلاف الكائنات ذاتية التغذية، صنع غذائه بنفسها. إنما تلجأ عوضاً عن ذلك للحصول على الطاقة من طريق التهام كائنات أخرى أو التغذي على فضلات عضوية. وعلى هذا يمكن القول أن الكائنات غير ذاتية التغذية هي

بمثابة مُستهلكات Consumers. إذ تحصل على الطاقة بفعل استهلاك الجزيئات العضوية التي تصنعها كائنات غيرها. ويمكن تصنيف المستهلكات على أساس نوع الطعام الذي تأكله. فهناك كائنات مُستهلكة عاشبة Herbivores تأكل الكائنات المنتجة المتمثلة بالأعشاب والحشائش، ومثال ذلك الأرانب والاغنام والغزلان والجواميس.. الخ. وهناك كائنات مُستهلكة لاحمة Carnivores تتغذى على غيرها من المستهلكات، مثل الأسود والذئاب والأفاعي وحشرة فرس النبي. وهناك أيضاً كائنات مُستهلكة مختلطة التغذية (أعشاب ولحوم) Omnivores، تتغذى على المنتجات والمستهلكات في آن واحد، ومثالها الدب الأمريكي الذي يتنوع غذائه من ثمار شجر التوت إلى أسماك السلمون.

تتضمن قائمة المستهلكات أيضاً القمّامات Detritivores التي تشكل "القمامة" الموجودة في أي نظام بيئي طعامها الرئيس. وقد تشمل هذه القمامة أو الفضلات جيّف حيوانية أو أوراق نباتية متساقطة أو براز حيوانات أخرى. وتعد النسور والضباع من الأمثلة البارزة عن الحيوانات القمّامة. وتعد البكتريا والفطريات من القمّامات أيضاً لكونها تتسبب بتفسخ وتحلل الجزيئات المعقدة وتحويلها إلى جزيئات ذات تركيبة أكثر بساطة. ولذا فأنها عادةً ما تسمى بالمحللات Decomposers. وتقوم المحللات بامتصاص بعض الجزيئات المتفككة من جراء عملية التفسخ، فيما يعود بعض هذه الجزيئات إلى التربة أو المياه. وتعمل المحللات أيضاً على تهيئة العناصر الغذائية التي تتضمنها المواد المتفسخة وإعادتها مجدداً إلى الكائنات ذاتية التغذية الموجودة ضمن نظام بيئي معين. لهذا، فأن عملية التحلل إنما هي عبارة عن تدوير للعناصر الغذائية الكيماوية في الطبيعة (أنظر الشكل 2 – 2).

مسارات سريان الطاقة عبر النظام البيئي

حينما يتغذى كائن حي على أخر، يجري تأييض الجزيئات العضوية ومن ثم عملية انتقال للطاقة. ونتيجة لذلك، تسري الطاقة وتتدفق عبر النظام البيئي، منتقلة من

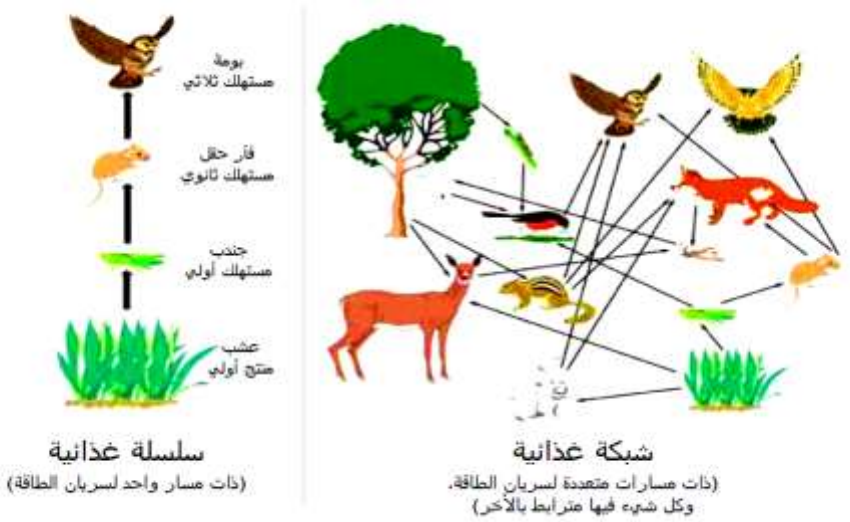
المنتجات إلى المستهلكات. ولكي نستطيع تعقب مسار سريان الطاقة عبر نظام بيئي معين، لابد من ترتيب الكائنات بحسب مستويات حصولها على الطاقة، وهو ما يعرف بالمستوى الغذائي Trophic level. إذ يشير هذا المستوى إلى موقع الكائن الحي ضمن سلسلة سريان الطاقة. فعلى سبيل المثال، تنتمي جميع الكائنات المنتجة إلى المستوى الغذائي الأول. وتكون الكائنات غير ذاتية التغذية (العواشب خصوصاً) ضمن المستوى الغذائي الثاني، فيما تقع المفترسات (اللواحم) ضمن المستوى الغذائي الثالث. وتتصف معظم الأنظمة البيئية البرية بوجود ثلاثة أو أربعة مستويات غذائية، في حين قد يصل العدد إلى أكثر من ذلك في حالة النظم البيئية البحرية.

السلاسل والشبكات الغذائية

السلسلة الغذائية Food chain عبارة عن مسار منفرد من العلاقات التغذوية القائمة بين مجموعة من الكائنات الحية ضمن نظام بيئي ما، الأمر الذي يؤدي بالمحصلة النهائية إلى سريان الطاقة وانتقالها عبر حلقات هذه السلسلة. ومثلما يبين الشكل (4 – 2)، قد تبدأ الحلقة الأولى من السلسلة الغذائية بعشبة نباتية معينة، التي تمثل هنا مُنتجاً أولياً. وتستمر لتصل إلى كائن مُستهلك لهذه العشبة، كأن يكون مثلاً جندباً، ويمثل هنا مُستهلكاً أولياً. ثم تصل إلى فأر يأكل الجندب، ممثلاً هنا مُستهلكاً ثانوياً. وتنتهي السلسلة بمستهلك ثالثي لاحم يتغذى على الفأر، كأن يكون بومة مثلاً.

عادةً ما تتسم العلاقات التغذوية في أي نظام بيئي بالتعقيد الشديد، بخلاف البساطة التي تبدو عليها السلسلة الغذائية ذات المسار الواحد. ذلك لأن العديد من المستهلكات إنما تتغذى على أكثر من نوع واحد من الطعام. فضلاً عن هذا، فأن هناك كثير من الكائنات الحية تتغذى على كائنات من نفس نوعها وجنسها وفصيلتها. ولذا تتصف العديد من السلاسل الغذائية بتشابكها مع بعض، حتى أن

شكل مرتسم العلاقات التغذوية الرابطة بين جميع الأحياء ضمن النظام البيئي أشبه ما يكون بشبكة (أنظر المقارنة في الشكل 4 – 2). ولهذا يدعى مجموع السلاسل الغذائية المترابطة ببعض ضمن نظام بيئي معين بالشبكة الغذائية Food web.



الشكل (4 – 2): مقارنة بين السلسلة الغذائية المنفردة والشبكة الغذائية المترابطة ضمن نظام بيئي بري.

يمكن القول، بصفة عامة، أنه كلما ازدادت أطوال السلاسل الغذائية كلما ازداد تعقيد شبكاتها ومن ثم تضخم حجم النظام البيئي الذي يضمّها، في مقابل تناقص الطاقة عند كل مستوى غذائي تعاقبي. ولذا غالباً ما ينتاب السلاسل الغذائية الطويلة حالة من عدم الاستقرار. هذا وينتفع علماء البيئة من جراء تعقبهم للسلاسل والشبكات الغذائية في دراسة تسمم البيئات وفي تتبع مسارات الملوثات البيئية وتراكمها في الأحياء.

انتقال الطاقة

يبين الشكل 5 – 2 كمية الطاقة المختزنة بصيغة مادة عضوية في كل مستوى غذائي ضمن نظام بيئي ما. ويشير الشكل الهرمي للمرتسم إلى تناقص النسبة المئوية مع

انتقال الطاقة من مستوى أدنى إلى أعلى. إذ يظهر حصول تناقص في الطاقة الإجمالية بما معدله 10 بالمائة عند كل مستوى غذائي تالي نتيجة لقيام الكائنات الواقعة في المستوى الذي قبله باستهلاكها.

الشكل (5 – 2): المثلث الهرمي لانتقال الطاقة عبر المستويات الغذائية في النظام البيئي.

يعزى سبب هذا التناقص في انتقال الطاقة إلى قيام بعض الكائنات الموجودة في مستوى غذائي معين بالفرار من مفترساتها التي تقع في المستوى الأعلى، وفي أخر الأمر تموت وتصبح طعاماً للمحللات، ولهذا لا يحدث انتقال للطاقة المختزنة في أجسامها إلى المستوى الغذائي الأعلى. وحتى حينما يتم افتراس كائن حي ما، فأن بعض الجزيئات في جسم الفريسة تكون بحالة لا يستطيع معها المفترس القيام بتحليلها والإفادة منها. فمثلاً، لا يمكن للأسد أو النمر أو الضبع الحصول على الطاقة الموجودة في قرون الغزال أو في حوافره أو شعره. كما أن ليس بوسع المفترسات في العموم الإفادة من الطاقة التي تستخدمها الفريسة في التنفس الخلوي، بحيث يمّكنها من صنع كتلة حيوية جديدة. وأخيراً، فأن تحول الطاقة وانتقالها لا

يتم مائة بالمائة من الفريسة إلى المفترس. إذ قد يُستنفذ جزء من الطاقة في التفاعلات الأيضية، فيما قد يُستنفذ جزء أخر بعد تحوله إلى طاقة حرارية.

محددات المستويات الغذائية

إن ضعف وتيرة سريان الطاقة وانتقالها بين المستويات الغذائية هو ما يفسر قلة عدد هذه المستويات في معظم الأنظمة البيئية. ولأن حوالي 10 بالمائة فقط من الطاقة المتوفرة في كل مستوى غذائي تنتقل إلى المستوى الغذائي الذي يليه، لذا لا تتوفر هناك طاقة كافية في المستوى الغذائي الأعلى لكي تدعم تشكيل مزيد من المستويات الأخرى.

غالباً ما تتواجد الأحياء التي تعيش في المستويات الغذائية الأدنى بأعداد تفوق بكثير عدد الأحياء المتواجدة في المستويات الأعلى. ففي أفريقيا، مثلاً، يكون هناك أسد أو نمر واحد مقابل كل 1000 حمار وحشي أو غزال أو غيرهما من العواشب، فيما تكون كثافة الحشائش والشجيرات أكبر بكثير من أعداد هذه الحيوانات العاشبة. وطالما أن كمية الطاقة المتوفرة في المستويات الغذائية العليا تكون أقل في العادة، لذا لا نجد سوى أعداد قليلة من الكائنات الحية تعيش ضمن هذه المستويات.

العلاقة عكسية دائماً.. بين أعداد الكائنات الحية والمستوى الغذائي الذي تعيش ضمنه

الدورات البيئية الكبرى

حينما تسري الطاقة والمادة عبر نظام بيئي ما، فلابد من إعادة تدويرها واستخدامها مجدداً. وتجري كل المواد، المتمثلة بالماء والكربون والنتروجين والكالسيوم والفسفور عبر سلسلة من العناصر الحية وغير الحية، التي تسمى بالدورات الكيماوية الحيوية

في الطبيعة Biogeochemical cycles. وسنأتي هنا إلى إيجاز آلية عمل كل واحدة من هذه الدورات.

دورة الماء في الطبيعة

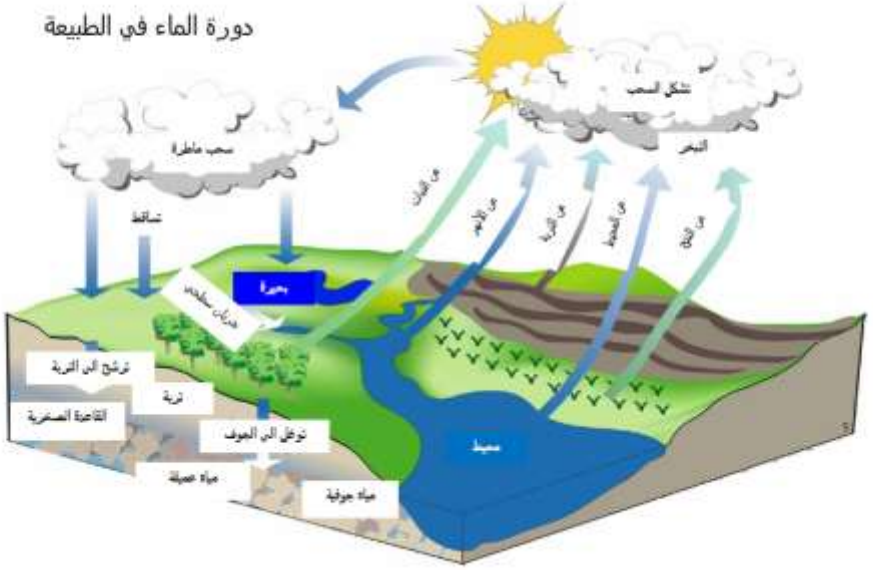
إن الماء عنصر ضروري لديمومة الحياة. إذ يؤلف ما نسبته 70 إلى 90 بالمائة من خلايا الجسم، كما أن الماء يغذي البيئة التي تجري في أطارها معظم التفاعلات الكيماوية الحياتية. ويعد وجود الماء عاملاً أساسياً ينظم إنتاجية النظم البيئية البرية. ومع هذا، فأن الكائنات الحية لا تضم في أجسامها سوى كميات ضئيلة جداً مما متوفر من مياه فوق كوكب الأرض. في حين تضم المسطحات المائية، كالبحيرات والأنهار والجداول والمحيطات، الجزء الأعظم من مياه الكوكب. ويحتوي الغلاف الجوي على الماء أيضاً، وذلك في صورة بخار. إضافة إلى ذلك، توجد كميات من المياه في جوف الأرض وفي داخل التربة، تسمى بالماء الجوفي.

تعرف حركة المياه بين هذه المستودعات المختلفة بدورة الماء في الطبيعة Hydrological cycle، إذ تسلك مسارات عدة مثلما تتضح من الشكل (6 – 2). وتتمثل العمليات الرئيسة الثلاث في الدورة المائية بالتبخر والنتح والتساقط.

تقوم عملية التبخر بإضافة الماء بصورة بخار إلى الغلاف الجوي. وتعمل الحرارة على تبخير الماء من المسطحات المائية ومن التربة ومن أجسام الكائنات الحية. فيما تسمى العملية التي يتبخر بموجبها الماء من أوراق النباتات في البيئات البرية بالنتح Transpiration. ويؤدي النتح إلى قيام النبات بسحب الماء عبر جذوره ليعوض عن ذلك الذي فقده من طريق الأوراق. وتشارك الحيوانات بدورة الماء في الطبيعة أيضاً. إذ تقوم الحيوانات بشرب الماء مباشرةً أو الحصول عليه من الطعام الذي تتناوله. ثم تطلق هذا الماء مجدداً إلى الطبيعة عند التنفس أو التعرق أو التبول.

ويغادر الماء الغلاف الجوي من طريق التساقط. وتعتمد كمية الماء التي يحملها الغلاف الجوي على عدد من العوامل اللاحياتية مثل درجة الحرارة والضغط

الجوي. وما أن يصبح الغلاف الجوي مشبعاً ببخار الماء، يحدث التساقط أما بصورة مطر أو ثلج أو مطر ثلجي أو بَرَد أو ضباب.



الشكل (6 – 2): دورة الماء في الطبيعة.

دورة الكربون

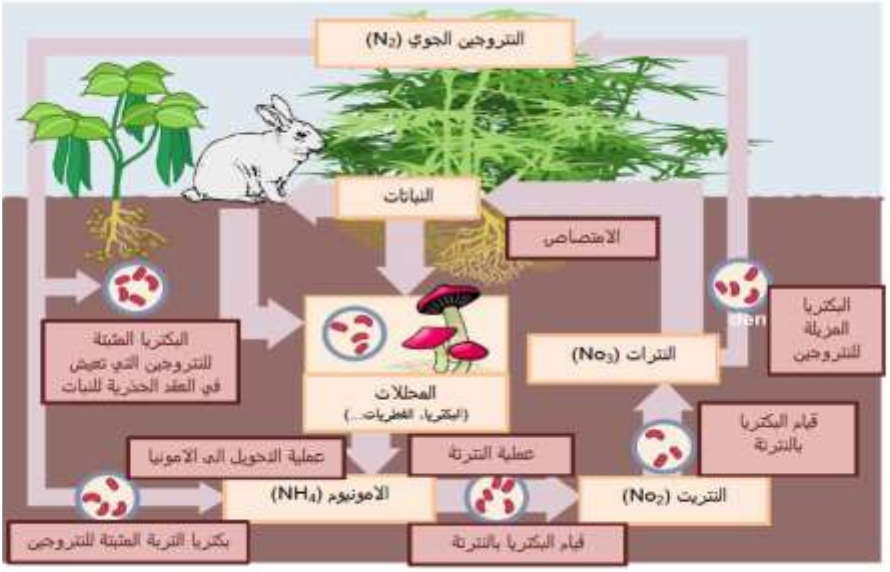
تشكل عمليتي التركيب الضوئي والتنفس الخلوي أساس دورة الكربون في الطبيعة Carbon cycle، المبينة في الشكل (7 – 2). ففي عملية التركيب الضوئي، تستخدم النباتات وغيرها من الأحياء ذاتية التغذية غاز ثنائي أكسيد الكربون (CO_2)، إلى جانب الماء والطاقة الشمسية، وذلك لصنع الكربوهيدرات. وتستهلك كل من الأحياء ذاتية التغذية وتلك غير ذاتية التغذية الأكسجين لغرض تحطيم الكربوهيدرات وتفكيكها في أثناء عملية التنفس الخلوي. وتكون النواتج العرضية لعملية التنفس هذه هو غاز ثنائي أكسيد الكربون زائداً الماء. فيما تطلق المحللات ثنائي أكسيد الكربون إلى الجو عندما تقوم بتفكيك المركّبات العضوية.

الشكل (7 – 2): دورة الكربون في الطبيعة.

على أن تركيز غاز ثنائي أكسيد الكربون في الجو تضاعف بنسبة 30 بالمائة خلال الـ 150 سنة الأخيرة. ويعد الإنسان مصدراً مهماً لحدوث هذه الزيادة من جراء حرق الوقود الاحفوري وغيره من المواد العضوية. فالمجتمع الصناعي يعتمد اعتماداً رئيساً على الطاقة التي يولدها حرق الوقود الاحفوري كالفحم والنفط والغاز الطبيعي. والوقود الاحفوري هذا عبارة عن بقايا كائنات تحولت إلى جزيئات غنية بالطاقة بعد تفسخها وتعرضها لضغط وحرارة شديدين. وتطلق عملية الحرق الطاقة المختزنة في هذه الجزئيات، لكن تحرر معها أيضاً غاز ثنائي أكسيد الكربون. ولأنه يجري سنوياً حرق مساحات شاسعة من الغابات بقصد تحضيرها للزراعة، فهذا يعني زيادة كمية ثنائي أكسيد الكربون في الجو نتيجة التقلص المستمر للغطاء النباتي الطبيعي المعوّل عليه في امتصاص هذا الغاز بواسطة عملية التركيب الضوئي، وهو ما سيزيد من ضرره على الطبيعة.

دورة النتروجين

تحتاج جميع الكائنات إلى النتروجين لأجل صنع البروتينات والأحماض النووية. ويدعى المسار المعقد الذي يسلكه النتروجين ضمن النظام البيئي بدورة النتروجين في الطبيعة Nitrogen cycle، مثلما يوضحها الشكل (8 – 2). يشكل غاز النتروجين (N_2) قرابة 78 بالمائة من الغلاف الجوي، بحيث يبدو أن من السهولة بمكان على الكائنات الحية الحصول عليه. غير أن معظم النباتات لا تستطيع في الواقع الاستفادة من النتروجين إلا حين يكون بصورة نترات. فتسمى عملية تحويل غاز النتروجين إلى نترات بتثبيت النتروجين Nitrogen fixation.



الشكل (8 – 2): دورة النتروجين في الطبيعة.

تعتمد أغلب الأحياء على البكتريا المثبتة للنتروجين Nitrogen-fixing bacteria لتحويل غاز النتروجين إلى مادة مفيدة. إذ تعيش هذه البكتريا في التربة وفي داخل الأورام الجذرية لبعض أنواع النباتات، كالفاصوليا والبازلاء والبرسيم.

وتقوم هذه النباتات بمد البكتريا بالكربوهيدرات، فيما تقوم البكتريا من جانبها بإنتاج نتروجين مفيد للنبات، أما النتروجين الزائد فيتحرر إلى التربة.

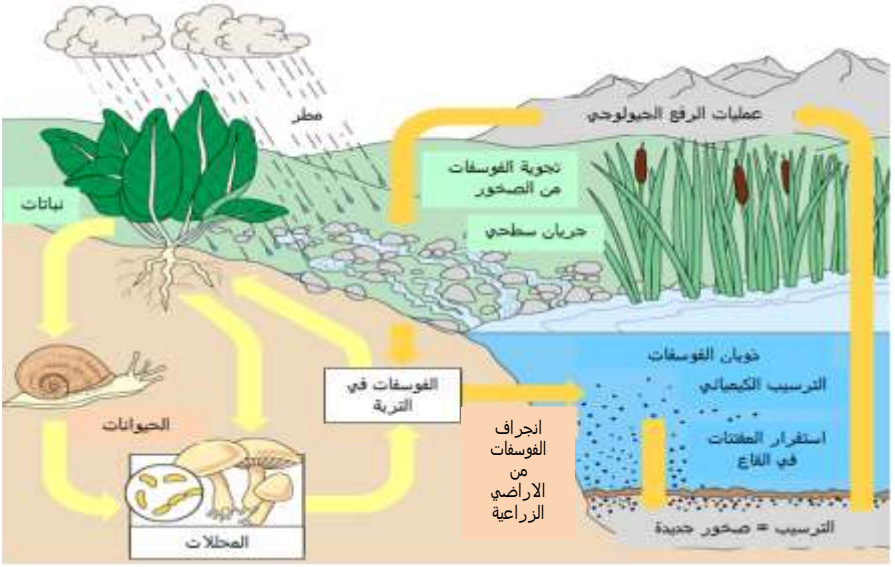
إن أجساد الكائنات الميتة تحتوي على النتروجين، لاسيما في البروتينات والاحماض النووية. كما أن البول (اليوريا) والبراز يحتويان على النتروجين أيضاً. لذا تعمل المحللات على تفكيك هذه المواد وتطلق النتروجين المحتبس في داخلها على هيئة أمونيا (NH_3)، وفي التربة يتحول إلى أمونيوم (NH_4). وتعرف هذه العملية بالتحول الاموني Ammonification. ويكون النتروجين خلال هذه العملية متاحاً من جديد لكائنات أخرى.

تقوم بكتريا التربة بامتصاص الامونيوم وأكسدته إلى نتريت (NO_2) ونترات (NO_3)، في عملية تدعى بالنترتة Nitrification. كما ينتج عن عملية تعرية الصخور الغنية بالنترات تحرر هذه المادة أيضاً إلى النظام البيئي. فتستخدم النباتات النترات لتكوين أحماض أمينية. ولا يعود النتروجين إلى الغلاف الجوي مجدداً إلا من طريق العملية المسماة إزالة النتروجين Denitrification. وتحدث هذه العملية عندما تقوم البكتريا اللاهوائية بتفكيك النترات محررةً غاز النتروجين إلى الجو. وفيما تستطيع النباتات امتصاص النترات من التربة، فأن الحيوانات لا يمكنها فعل ذلك. ولذا تحصل الحيوانات على النتروجين بطريقة مشابهة لحصولها على الطاقة ــ أي بالتهام النباتات والكائنات الأخرى ومن ثم هضم البروتينات والاحماض النووية الموجودة فيها.

دورة الفسفور

يعد الفسفور عنصراً ومادةً ضرورية تحتاجها الحيوانات لبناء العظام والأسنان وقسم من الجزيئات، مثل الحمض النووي DNA و RNA. تأخذ النباتات حاجتها من الفسفور من التربة والماء، فيما تحصل الحيوانات عليه من خلال التغذي على النباتات أو على غيرها من الحيوانات. والمقصود بدورة الفسفور في الطبيعة

Phosphorus cycle حركة الفسفور من البيئة إلى الكائنات الحية ومن ثم رجوعاً إلى البيئة مرة أخرى، مثلما تتضح في الشكل (9 – 2). وتتسم هذه الدورة بالبطء ولا تحدث عادةً في الغلاف الجوي، وذلك لندرة تواجد الفسفور في حالة غازية.



الشكل (9 – 2): دورة الفسفور في الطبيعة.

عندما تتعرض الصخور للتعرية، فأن كميات صغيرة من الفسفور تذوب وتتحول إلى فوسفات (PO_4) يتواجد في التربة والماء. فتقوم النباتات بامتصاص الفوسفات من التربة من طريق جذورها. كما تضاف كميات من الفوسفات إلى الماء والتربة عندما تطرح الكائنات الحية الفسفور الزائد مع فضلاتها، وكذلك عندما تموت وتتفسخ. هذا ويصل بعض الفسفور إلى الأنهر والمياه الجوفية بعدما ينجرف من الحقول الزراعية التي يستخدم فيها أسمدة ومخصبات. وبعد استقراره في قيعان البحيرات والبحار، يرجع الفسفور إلى البيئة مجدداً عند حدوث نشاط رفع جيولوجي يعيده للتحلل مرة أخرى من الصخور الظاهرة (أنظر الشكل 9 – 2).

التعاقب والثبات البيئي

ثمة مفهومان مهمان في علم البيئة، لهما دور في فهم حركية ونمط النظام البيئي لأي منطقة خلال زمن معين، هما: التعاقب البيئي والثبات البيئي. سنتعرف عليهما في الفقرات الآتية لأهمية ذلك في استكمال مفهوم النظام البيئي الحيوي.

التعاقب البيئي

يُعرف التعاقب البيئي Ecological succession أنه عملية تغير متعاقب يتم فيها نشوء أو تجديد نوع معين أو مجموعة أنواع من الكائنات الحية ضمن مجتمع بيئي معين وبمرور زمن طويل. إذ يبدأ هذا المجتمع بالتشكل أولاً ببضع نباتات وحيوانات أولية ثم يتطور ويزداد تعقيداً حتى يصل إلى حالة من الاستقرار أو يصبح مكتفياً ذاتياً فيسمى حينها بمجتمع الذروة Climax community. وعادةً ما تستغرق هذه العملية مرور زمن يتراوح من عشرات إلى آلاف السنين.

العوامل المؤثرة في التعاقب

يتأثر مسار التغير التعاقبي للمجتمع الاحيائي بمجموعة من العوامل الجغرافية كعناصر الطقس (الضوء، الحرارة، الرطوبة..) وطوبوغرافية المنطقة ونوع التربة وبتبايناتها المكانية، فضلاً عن عوامل أخرى مثل تفاعلات الأحياء الموجودة وقدرتها التنافسية وتوفر المستعمرات الحاضنة أو البذور في وقت حدوث التعاقب.

بصورة عامة، تهيمن الأحياء السريعة النمو والانتشار على المجتمعات الاحيائية في مراحل التعاقب الأولى، ومع تقدم التعاقب تميل الأنواع ذات القدرة التنافسية الأكبر على الحلول محل الأحياء الأضعف منافسةً. إذ يحدث أن يزداد التنوع الاحيائي بالضرورة خلال مرحلة التعاقب الأولي مع دخول نوع جديد من الأحياء، لكن قد يتناقص في مراحل التعاقب اللاحقة بعدما تقضي المنافسة على الأنواع الانتهازية من الكائنات الحية مما يؤدي إلى هيمنة المنافسين المحليين الأقوى.

وعلى هذا، تتباين معدلات صافي الإنتاجية الأولية وحجم الكتلة الحيوية والمستويات الغذائية عبر مراحل التعاقب المختلفة، وذلك تبعاً لنوع النظام البيئي وموقعه الجغرافي. كما تؤثر خصائص المجتمع الاحيائي في تطور بعض صفات النظم البيئية، لاسيما في خواص التربة ودورات العناصر الغذائية، وهو ما يؤثر بدوره في أي تطورات تعاقبية أخرى للمجتمع الاحيائي نفسه.

أنواع التعاقب

لا يجري التعاقب البيئي على شاكلة واحدة، بل ينقسم إلى مراحل وأنواع عدة، وذلك على النحو الآتي:

1- التعاقب الأولي Primary succession: هو المرحلة الأولى من التطور التعاقبي التي تبدأ باجتياح واستعمار منطقة معين لم يشغلها من قبل أي مجتمع احيائي أخر، ومثال ذلك التعاقب الذي ينشأ فوق سطوح صخرية أو رملية تكونت حديثاً أو فوق حمم بركانية بردت وتصلبت أو ركامات جليدية تعرضت للانكشاف.. الخ. وتشتمل هذه المرحلة الأولية من التعاقب على نمو نباتات بدائية كالأشنات والطحالب ثم نباتات عشبية ثم شجيرات قزمية وأخيراً تغدو غابة كاملة. ثم تأخذ الحيوانات تنتشر في المنطقة بعد أن تجد لها ما يكفيها من طعام تأكله متمثلاً بالنباتات. وحينما يعمل النظام البيئي بكامل مفاصله، نصل إلى مرحلة مجتمع الذروة الآنفة الذكر.

2- التعاقب الثانوي Secondary succession: هو حالة التعاقب والتجدد التي تتبع وقوع أحداث واضطرابات عنيفة (الحرائق الطبيعية، الفيضانات، الرياح العاتية، بعض النشاطات البشرية المتمثلة بتحطيب الغابات والزراعة) تقضي على المجتمع الاحيائي الذي كان قائماً في السابق. وتتأثر حركية التعاقب الثانوي تأثراً كبيراً بالظروف السائدة ما قبل الاضطراب،

من قبيل بنية التربة وكميات البذور المتراكمة والمادة العضوية المتخلفة وكذلك ما متبقي من كائنات حية. وبفضل احتفاظ التربة ببعض خصوبتها ووجود عدد من الكائنات من المجتمع السابق، فقد يغلب على المراحل الأولى من التعاقب الثانوي تغير سريع نسبياً ينتاب المجتمع الاحيائي الجديد (الشكل 10 – 2).

الشكل (10 – 2): مراحل التعاقب البيئي الأولي والثانوي ضمن مجتمع نباتي نموذجي.

3 – التعاقب الموسمي أو الدوري Seasonal and cyclic succession: على خلاف التعاقب الثانوي، يحدث هذا النوع من التعاقب دون أي تدخل لاضطراب عنيف أو ما شاكل، بل يحصل بصفة دورية من حين لأخر. إذ تتعرض أنواع من الغطاء النباتي لتغيرات دورية نتيجة لحصول تقلبات طبيعية في التفاعلات الاحيائية، وهو ما يعده بعض علماء البيئة دليلاً على أن المجتمع الحياتي في حراك وتغير مستمرين وليس مجتمع يتمتع بالاستقرار والسكون بمجرد وصوله إلى مرحلة الذروة.

التعاقب البيئي بحسب نظرية كلمنتس

طرح فريدريك كلمنتس في العام 1916 نظريته الوصفية حول التعاقب وقدمها على أنها مفهوم بيئي عام. وقد تركت هذه النظرية صدىً قوياً على الفكر البيئوي. وبحسب كلمنتس، فأن التعاقب عملية تنطوي على عدد من المراحل، هي كالآتي:

1- التعرية والتجريد Nudation: يبدأ نشوء أحياء بدائية فوق منطقة جرداء.

2- الاجتياح Invasion: وصول الأجزاء التكاثرية Propagules من أنواع مختلفة من الكائنات الحية إلى المنطقة.

3- التوطن Ecesis: يترسخ الغطاء النباتي ويبدأ بنمو أولي.

4- التنافس Competition: مع استمرار توطن الغطاء النباتي ونموه وانتشاره، تبدأ أنواع حياتية مختلفة بالتنافس على المكان وعلى الضوء والعناصر الغذائية.

5- التفاعل Reaction: في هذه المرحلة تؤثر التغيرات الجينية التلقائية في الموطن الطبيعي نتيجة لإحلال مجتمع نباتي محل أخر.

6- الثبات والاستقرار Stabilization: في هذه المرحلة يتكون مجتمع الذروة بصيغته النهائية.

الثبات البيئي

يقصد بمفهوم الثبات البيئي Ecological stability قدرة أي نظام بيئي على المقاومة والاستمرارية والاستدامة والرجوع سريعاً إلى الوضع الذي كان عليه سابقاً عند حدوث أي نوع من الاضطرابات. ومن منظور علم البيئة، فأن المقصود بثباتية الجماعة الاحيائية واستقراريتها هو مقدرتها على عدم الانقراض. ويعتقد علماء البيئة أن ثبات المجتمع الاحيائي يعتمد على التوازن ما بين الأحياء ومدى وفرتها، فالمجتمع الذي يحظى بأنواع أكثر يتمتع بروابط أقوى بين أعضائه. وقد تكون هذه الروابط سبباً في الحد من انتشار تأثيرات الاضطرابات الحاصلة أو في التخفيف من تدميرها للمجتمع الاحيائي بحد ذاته.

أنواع الثبات البيئي

ثمة نوعان من الثبات البيئي، هما: الثبات المحلي Local stability الذي يظل فيه النظام البيئي مستقراً في حالة حدوث اضطرابات محدودة قصيرة المدى، والأخر هو الثبات الكوني Global stability ويراد به المقاومة الشديدة التي يبديها أي نظام بيئي للتغيرات التي تحصل في تركيبة الأنواع الاحيائية أو في تفاعلات الشبكات الغذائية القائمة فيه.

عناصر الثبات البيئي

يتكون الثبات البيئي من مجموعة من العناصر التي ترسم صيرورته وعمله عبر مراحل التغيرات والاضطرابات التي يتعرض إليها نظام بيئي معين. وتتمثل هذه العناصر بما يلي:

1- الاستمرارية والاستدامة Constancy and substantiality: وهي قدرة النظام البيئي على استمرارية إبقاء الأحياء فيه وإدامتها دون أي تغيير.

2- المقاومة والمواصلة: حينما يبدي أي نظام بيئي قدر من المقاومة والمواصلة لمواجهة اضطراب ما، يرافق ذلك حدوث بعض التشوش في المنظومة البيئية. والمقصود بالتشوش Perturbation هنا، أي تغير مفروض من الخارج يعتري الأحوال الطبيعية للنظام البيئي، وغالباً ما يقع ضمن مدة زمنية قصيرة. أما المقاومة Resistance فهي قدرة النظام البيئي على التجاوب والصمود بوجه الضغوطات الخارجية. فيما تعني المواصلة Persistence إمكانية النظام الاحيائي على مواصلة مقاومة التقلبات الخارجية التي تعتريه.

3- الرجوعية والمرونة ومدى التردد : يقصد بالرجوعية Resilience نزوع نظام بيئي ما إلى الرجوع إلى وضعه السابق الذي كان عليه قبل وقوع الاضطراب. أما المرونة ومدى التردد فأنها تعد مقاييس للرجوعية. فالمرونة Elasticity تعني سرعة رجوع النظام، فيما يعني مدى التردد Amplitude الفاصل بين النقطة التي كان عليها النظام بوضعه السابق

ونقطة الرجوع التي عليها حالياً. علماً أن علم البيئة قد استعار هذه المفاهيم من نظرية النظم الدينامية.

أسئلة للمناقشة والمراجعة

1- لخّص في نقاط واضحة:

أ. الفروقات الجغرافية بين الغلاف الحياتي والإقليم الاحيائي والنظام البيئي.

ب. الاختلاف البيئي بين مفهوميّ المجتمع الاحيائي والجماعة الاحيائية.

ج. التباين المكاني بين الموطن الطبيعي والموئل.

2- لماذا يتسم عمل النظام البيئي بالتعقيد الشديد؟

3- صنّف الكائنات الحية بحسب طبيعة نقلها للطاقة، معززاً الإجابة بمرتسم توضيحي.

4-كيف تحصل الكائنات المنتجة والمستهلكة على الطاقة؟

5- ما سبب تباين معدل صافي الإنتاجية الاحيائية بين النظم البيئية المختلفة؟

6- ما أهمية دور المحللات في النظام البيئي؟

7- ما وجه الاختلاف بين السلسلة الغذائية والشبكة الغذائية؟

8- أرسم مخططاً ــ أنت تقترحه ــ يوضح سلسلة غذائية برية مكونة من أربعة مستويات، وأخرى بحرية مكونة من خمسة مستويات.

9- أذكر سببين يعللان ضعف وتيرة انتقال الطاقة ضمن معظم الأنظمة البيئية.

10- لماذا لا تتعدى السلاسل الغذائية ثلاثة أو أربعة مستويات غذائية في العادة؟

11- وضّح، مع الرسم، آلية عمل أثنين من الدورات البيئية الكبرى: دورة الماء في الطبيعة، دورة الكربون، دورة النتروجين، دورة الفسفور.

12- ما فائدة دور البكتريا ضمن دورة النتروجين في الطبيعة؟

13- ما هي الفروقات العلمية بين التعاقب البيئي الأولي والثانوي والدوري؟

14- أذكر مراحل عملية التعاقب البيئي بحسب نظرية كلمنتس.

15- ما هو الثبات البيئي؟ وما المقصود بالمفاهيم الآتية المرتبطة به: الاستمرارية، المقاومة، المواصلة، الرجوعية، المرونة، المتسعة؟

❊ ❊ ❊

الفصل الثالث

نماذج من العلاقات البيئوية

نستعرض في هذا الفصل عدداً من النماذج والأمثلة حول أهم العلاقات البيئوية التي تقوم بها الأحياء مع بعضها البعض من جهة ومع بيئتها الخارجية من جهة أخرى، بما تنطوي عليه تلك العلاقات من ردود أفعال واستجابات ونشاطات تختلف باختلاف الأحياء نفسها وباختلاف التغيرات التي تطرأ على بيئتها. فهي تتباين لتشمل علاقات التكيف والتنافس والافتراس والتكافل بأشكالها المتنوعة. ولأن هذه العلاقات تعد مبادئ مهمة في دراسة علم البيئة، لذا من الضروري الإلمام بها وفهمها جيداً.

التكيف

لابد أولاً من تمييز مصطلح التكيف عن التأقلم. إذ يشتبه الكثيرين في تطابق معنيهما، مع أنهما في الحقيقة مختلفان عن بعض وإن كانا يشيران إلى المبدأ نفسه.

يقصد بالتكيف Acclimation التغييرات والتعديلات الفسيولوجية (الجسمانية والسلوكية) التي يلجأ إليها كائن حي معين لمواجهة حصول تغير في واحد أو أكثر من الظروف البيئية المحيطة به، وقد تستمر عملية التكيف هذه من بضعة دقائق إلى عدة أيام. أما التأقلم Adaptation فهو التغييرات والتعديلات الفسيولوجية التي تقوم بها جماعة من كائنات حية من نوع معين، وعلى مدى أجيال عدة ولمدة قد تستغرق مئات السنين، من أجل التمّكن من العيش والبقاء والتكاثر في بيئة ما، أي أن يكون التأقلم في الجينات الوراثية Genetic adaptation مثلاً.

مبادئ التكيف

منحنى التحمّل

لا يوجد كائن حي يستطيع العيش في جميع الأحوال البيئية، ذلك لأن لكل كائن نطاق عيش محدد، مثلما سبقت الإشارة إلى هذا الصدد (راجع الفصل الثاني). فعلى سبيل المثال، هنالك كائنات لا تستطيع أداء مهامها إلا ضمن مدى معين من درجات الحرارة. وبالإمكان معرفة هذا المدى الحراري الذي ينشط فيه أداء الكائن الحي من خلال قياس كفاءة وظائفه في ظل درجات حرارة مختلفة. فيسمى المنحنى الذي يرسم صورة علاقة الإداء الوظيفي للكائن الحي مع قيمة المتغير البيئي، كأن يكون درجة الحرارة مثلاً، بمنحنى التحمّل Tolerance curve.

هناك بعض الكائنات الحية بإمكانها العيش والبقاء في ظروف تخرج عن المدى المثالي لعيشها، لكن أداءها الوظيفي ينخفض إلى أدنى مستوى. على أن تلك الكائنات لا تطيق الاستمرار بالعيش حين تهبط مستويات تلك الظروف أو ترتفع إلى ما يتعدى حدودها التحمّلية. لذا تلجأ بعض الأحياء إلى تكييف طاقتها التحمّلية بما يناسب مستوى العوامل اللاحياتية المحيطة بها من خلال عملية التكيف المارة الذكر.

ضبط الكائنات الحية لأوضاعها الداخلية

تتباين البيئات من حيث درجة حرارة والضوء والرطوبة والملوحة وعوامل كيماوية أخرى. وثمة نوعان من الكائنات الحية في مواجهة بعض هذه التغيرات في بيئتها. فهناك المتكيفات Conformers وهي كائنات لا تقوم بضبط أوضاعها الداخلية، بل تلجأ عوضاً عن ذلك إلى التغير بحسب تغير ظروف بيئتها الخارجية. إذ تعمل فقط على إبقاء أوضاعها الداخلية ضمن المدى المثالي لمعيشتها طالما بقيت أحوال بيئتها ضمن ذلك المدى. وعلى العكس من ذلك، هناك المنظمات Regulators وهي الكائنات التي تستخدم طاقتها لتنظيم بعض أوضاعها الداخلية وضبطها. إذ بوسع

هذا النوع من الكائنات المحافظة على وضعها الداخلي ضمن المدى المثالي، حتى لو حصل تباين كبير في ظروف بيئتها.

الهروب من الظروف غير المناسبة

تضطر بعض الأنواع من الأحياء إلى تجنب مواجهة الظروف البيئية التي لا تناسبها، وذلك بالهروب منها وقتياً. فعلى سبيل المثال، عادةً ما تلجأ الحيوانات الصحراوية إلى الاختباء تحت الأرض أو اللجوء إلى الظل عند اشتداد حرّ النهار. ولذا تكون كثير من كائنات الصحاري نشطة في أثناء الليل تزامناً مع انخفاض درجة الحرارة. وهناك أحياء تلجأ إلى إتباع استراتيجية بعيدة المدى ألا وهي دخولها في حالة من الخمول وتخفيض النشاط، تسمى السُبات Dormancy، وذلك خلال فترات الظروف غير المناسبة كأن يكون خلال الشتاء أو الجفاف. وتتبع بعض الكائنات استراتيجية أخرى تتمثل بالانتقال إلى بيئات أنسب لمعيشتها، ويدعى ذلك بالهجرة Migration. ومثال ذلك الحركات الموسمية للطيور التي تمضي الربيع والصيف في المناطق ذات المناخ البارد وتهاجر إلى المناطق الدافئة في فصل الخريف.

أمثلة عن التكيف

التكيف مع درجة الحرارة

ثمة مفهوم في علم البيئة يقول أن العديد من الكائنات الحية قد طورت لنفسها أساليب للتكيف مع التغيرات الطارئة في حرارة البيئة وذلك عبر تنظيمها لدرجة حرارة أجسامها. ولتوضيح ذلك، نستعرض بعض الأمثلة حول التكيفات الحرارية لكائنات نباتية وحيوانية على حدّ سواء:

1ـ التكيف الحراري للنباتات الصحراوية والقطبية والجبلية:

يتمثل التحدي الأكبر الذي تواجهه **النباتات في البيئة الصحراوية** بضرورة تلافي الحرارة الزائدة، بمعنى أن على النباتات التقليل من مخزونها الحراري. فكيف يا ترى تواجه النباتات الصحراوية مثل هذا التحدي؟ إنها في الحقيقة تستخدم، شأنها في ذلك شأن نباتات البيئات الأخرى، هيئتها الشكلية وسلوكها لتغيير درجة حرارتها تبعاً لحرارة البيئة المحيطة. وتسلك النباتات في هذه الحالة مسالك متعددة. إذ أن أمام النباتات في الصحاري الحارة ثلاثة خيارات رئيسة لتلافي ارتفاع الحرارة، هي:

تحاول النباتات الصحراوية.. التخلص دائماً من الحرارة الزائدة

أ. تخفيض الحرارة من طريق عملية التوصيل: تقوم معظم النباتات الصحراوية بوضع أوراقها على بعد كاف فوق الأرض لكي تقلل ما تكسبه من حرارة بواسطة التوصيل.

ب. زيادة معدلات التبريد بالحمل: أن أغلب النباتات الصحراوية قد طورت لنفسها أوراق صغيرة جداً واتخذت شكلاً مفتوحاً في نموها، وهي أساليب تمنحها قدراً عالياً من التبريد بالحمل لأن ذلك يزيد من حركة الهواء حول سيقان النبات وأوراقه.

ج. تقليل معدلات الحرارة الإشعاعية: تعمل بعض النباتات الصحراوية على صدّ الحرارة الإشعاعية الكبيرة الواردة إليها، وذلك بفضل وجود سطوح عاكسة على أوراقها. وهناك الكثير من النباتات الصحراوية تكتسي أوراقها بطبقة كثيفة من الشعيرات البيضاء اللون، حيث تعمل هذه الشعيرات على

التقليل من الحرارة الواردة من خلال عكس الأشعة المرئية، التي تشكل تقريباً نصف ما تحتويه أشعة الشمس من طاقة. كما أن بوسع النباتات أيضاً القيام بتعديل ما يردها من حرارة إشعاعية، وذلك من خلال تغيير اتجاه أوراقها وسيقانها. فالعديد من النباتات الصحراوية تتخلص من الحرارة الزائدة بتوجيه أوراقها بشكل موازٍ لأشعة الشمس أو بطيها عند انتصاف النهار، حين تكون أشعة الشمس على أشدها.

بخصوص **النباتات القطبية**، فإنها تفعل نقيض ما تفعله النباتات الصحراوية، فهي تقوم بمحاولة اكتساب الحرارة لتدفئة أجسامها والتخلص من التبريد الزائد في محاولة لرفع درجة حرارتها إلى حدود تفوق درجة حرارة الهواء المحيط الشديد البرودة في العادة. ولذا فإن أمام النباتات القطبية ثلاثة خيارات أيضاً لفعل ذلك، مع أن معظمها يلجأ إليها كلها مرة واحدة، وهي:

على نقيض النباتات الصحراوية.. تسعى النباتات القطبية إلى اكتساب الحرارة قدر المستطاع

أ. زيادة اكتساب الحرارة بالتوصيل: تقوم العديد من النباتات القطبية بكسب الحرارة من المحيط المجاور بفضل نموها بشكل أشبه "بوسادة" متشبثة بالأرض. والمعروف أن الأرض غالباً ما تعمل على رفع درجات الحرارة بما يتجاوز درجة حرارة الهواء الواقع فوقها حيث أنها تشع أشعة تحت الحمراء، فتقوم تلك النباتات بامتصاصها بطريقة التوصيل الحراري.

ب. التقليل من معدل التبريد بالحمل: إن لطريقة "الوسادة" هذه فائدة أخرى، فهي تقلل من فقدان الحرارة بالحمل بالنسبة للنباتات القطبية، وذلك لأن نموها قرب الأرض يمنحها شيئاً من الحماية من الرياح، وأن نمو النبات

بشكل متراص ومكور أشبه بالوسادة إنما يقلل من مساحتها السطحية نسبة إلى الحجم، وهذا بدوره يبطأ من حركة الرياح عبر الأجزاء الداخلية من النبات.

ج. زيادة معدل التسخين بالإشعاع: تقوم النباتات القطبية بامتصاص تلك الأشعة وذلك من خلال صبغتها الداكنة. إذ تزيد هذه الصبغات الداكنة من اكتساب الحرارة بالإشعاع، أو اكتساب النباتات للحرارة عبر توجيه أوراقها وأزهارها بشكل متعامد على الشمس.

أما بالنسبة للتكيف الحراري **لنباتات المناطق الجبلية**، فأن أبرز الأمثلة عنها يأتي من نبات يستوطن بقاعاً نائية من العالم حيث يعيش فوق جبال المناطق الاستوائية. إذ تتميز مثل هذه المناطق ذات البيئة الفريدة بعدم وجود تفاوت سنوي كبير في درجة حرارتها على الرغم من وجود تقلب حراري يومي كبير، فقد تصل فيها درجات الحرارة ليلاً إلى حدود التجمد تتبعها درجات حرارة مرتفعة نهاراً. وهنا نأخذ الورد العملاق Giant rosette الذي يكسو سفوح الجبال الاستوائية عبر العالم كله، كمثال مذهل عن كيفية استطاعة هذا النبات على التكيف مع تلك الأجواء المتقلبة.

يعد نبات الورد العملاق في الجبال الاستوائية.. مثالاً على التكيف في ظل بيئة متفاوتة الحرارة

يتميز شكل الورد العملاق بامتلاك عدد من المزايا التي تحميه من التقلبات اليومية الحادة في درجة الحرارة في المناطق الجبلية الاستوائية. إذ يحتفظ هذا النبات عموماً بأوراقها الميتة ليعمل منها وقاءاً عازلاً لساقه يجنبه الانجماد. فيما يغطي زغب كثيف الأوراق الحية منه، وبسمك يصل أحياناً بين 2 – 3 سم. ويعمل هذا الزغب الكثيف على رفع درجة حرارة الورقة النباتية في مثل هذه البيئة الجبلية الباردة وذلك بتكوينه فجوة هوائية فوق سطح الورقة تقلل بدورها من ضياع الحرارة بالحمل. ويكون عمل الزغب الذي يتميز به هذا النبات الجبلي شبيهاً بعمل الفرو الحيواني.

ويقوم الورد العملاق بالاحتفاظ بعدة لترات من الماء في داخل عناقيده الزهرية الضخمة المجوفة. ولأن الماء يفقد حرارته ببطء، فأن هذا القدر القليل من المياه الدافئة يقلل من إمكانية انجماد النبات ليلاً. كما يكون عمل أوراق النبات شبيه بعمل المرايا المقعرة، وذلك لتسخين القمم البرعمية للنبتة، فيما يلجأ النبات إلى غلق قممه البرعمية ليلاً لحمايتها من التجمد. وبهذه الأساليب المتنوعة العجيبة، يقي نبات الورد العملاق نفسه من التباين الحراري الكبير بين الليل والنهار في تلك البيئات الجبلية.

2ـ التكيف الحراري للحيوانات:

سحلية جبال الأنديز.. مثال رائع على التكيف مع درجات الحرارة الشديدة البرودة

إن من أفضل الأمثلة على قدرة بعض الحيوانات على التكيف الحراري يكمن في جبال الأنديز، حيث يعيش هناك أحد أنوع السحالي من نوع *Liolaemus multiformis*. وقد قام بعض علماء البيئة بدراسة تفصيلية لهذا النوع من السحالي التي يندر في العادة تحمّلها العيش في بيئة شديدة البرودة كجبال الأنديز الأمريكية الجنوبية وعلى ارتفاع يزيد عن 4800 متر فوق مستوى البحر. ففي مثل هذه البيئات، يكون الجو بارداً على مدار السنة ودرجات حرارة الصباح تنخفض إلى ما يقرب من -5 ْم. لكن هذا النوع من السحالي يقضي الليل مختبئاً في جحر، حيث تكون أجواء البرودة فيه أقل مما عليه في العراء الخارجي. ومع هذا وجد العلماء أن درجة حرارة جسم السحلية خلال الليل قد تظل منخفضةً إلى حدود 2.5 ْم. وما أن يحل أول الصباح، حتى تخرج هذه السحلية من جحرها وتأخذ فوراً بالتشمس والاستمتاع بالضوء والدفء، وتقف عادةً فوق قطعة من بقايا نباتية. وببقائها جاثمة فوق تلك القطعة

النباتية وتحاشيها ملامسة الأحجار من تحتها، فإنها تقلل بذلك من معدل فقدان الحرارة بالتوصيل عبر الأرض.

وبينما تأخذ هذه السحلية بالتشمس، فإنها تقف بوجه الشمس لكي تزيد من اكتسابها للحرارة الإشعاعية. كما أنها تفرش نفسها فوق الأرض لكي تقلل من تعرضها للرياح الباردة ومن ثم تتجنب فقدان الحرارة بالحمل. فضلاً عن ذلك، لاحظ العلماء أن هذه السحالي تخرج من مخدعها وهي داكنة اللون. وقد عللوا ذلك بأن اللون الداكن يمنحها زيادة في اكتساب الحرارة الإشعاعية. وقد تبين لهم أن هذه السلوكيات التي تتبعها سحلية جبال الأنديز تؤدي إلى رفع سريع لدرجة حرارة جسمها. فبعد مضي ساعة من عملية التشمس، وبينما تكون درجة حرارة الهواء بحدود 1.5 ْم، فأن درجة حرارة جسم السحلية تصل حينها إلى نحو 33 ْم، أي أعلى بأكثر من 30 ْم عن درجة حرارة الهواء المحيط. ومع تقدم ساعات النهار، وارتفاع درجة حرارة الهواء تدريجياً، تظل السحلية محافظة على حرارة جسمها ثابتةً تقريباً وبحدود 35 ْم.

التكيف مع الماء

تلجأ النباتات والحيوانات البرية إلى تنظيم مياهها الباطنية عبر الموازنة ما بين الوارد والفاقد المائي. إذ حين تنتقل الكائنات الحية إلى البيئة البرية، فإنها تواجه تحديين بيئيين رئيسين، هما:

أ. حدوث ضائعات مائية كبيرة إلى البيئة بفعل التبخر.

ب. ضألة فرص الحصول على ماء بديل.

على أن الكائنات البرية استعانت بكثير من أساليب التكيف لمواجهة هذه التحديات واكتساب القدرة على تنظيم الماء الموجود في جوفها. وهنا بعض الأمثلة على ذلك:

1ـ الحصول على الماء لدى الحيوانات:

تحصل بعض الحيوانات التي تعيش في الصحاري القاحلة على الماء النادر الوجود أصلاً بطرائق عجيبة غريبة. فعلى سبيل المثال، تتسم صحراء ناميب Namib الواقعة على الساحل الجنوبي الغربي من أفريقيا بضآلة كمية الأمطار التي تهطل فوقها لكن الضباب يلفها دوماً. وتعد هذه الرطوبة الهوائية المصدر المائي الوحيد لبعض الحيوانات الموجودة في هذه الصحراء. ومن بين هذه الحيوانات خنفساء من نوع *Lepidochora*، تحصل على الماء بطريقة هندسية. إذ تقوم هذه الخنفساء بحفر أخاديد على سطح الكثبان الرملية لأجل تكثيف الضباب وتركيزه. وتسري الرطوبة المتجمعة في هذه الأخاديد إلى الطرف الأدنى منها، حيث تنتظرها الخنفساء هناك لترتوي من ماءها.

تحفر بعض أنواع الخنافس في صحراء ناميب.. أخاديد على الأرض لتكثف الضباب وتروي عطشها

ثمة نوع أخر من الخنافس أخر يدعى *Onymacris unguicularis*، يقوم بجمع الرطوبة من خلال رفع الجزء الأخير من جسمه، حيث يسري بذلك الضباب المتكاثف على جسم هذا الخنفس وصولاً إلى فمه. ويحصل هذا النوع من الخنافس على الماء أيضاً من الطعام الذي يأكله. إذ يكون جزء من هذا الماء ممتصاً في داخل أنسجة الغذاء. ويظهر الماء المتبقي عندما تقوم الخنفساء بعملية تأييض الكربوهيدرات والبروتينات والدهون الموجودة في ذلك الغذاء.

ثمة نوع أخر.. يرفع جسمه لاستقبال الرياح الرطبة نسبياً.. فتتحول إلى قطرات ماء وتشربها

2ـ الحصول على الماء لدى النباتات:

يعد نبات الصبير مثالاً ممتازاً على تكيف النباتات مع ندرة المياه في المناطق الصحراوية. إذ أنه يتبع طريقة فريدة في الحصول على الماء والحفاظ عليه في ظل ظروف الجفاف والقحط الشديد. فجذع النبات وأذرعه تكون بمثابة مستودعات تمكّن الصبير من خزن كميات كبيرة من الماء عند هطول الأمطار. لكن يقوم النبات، خلال فترات الجفاف، بسحب الماء من هذه المستودعات ليرتوي منها وبهذا يستطيع البقاء لفترات طويلة بدون ماء. وعند هطول الأمطار مرة أخرى، يستطيع الصبير استيعاب كميات كبيرة من الماء، مثلما يفعل الجمل لدى بلوغه واحة ما، لكن بدلاً من شربها فأنه يحصل عليها من خلال شبكته الجذرية الضحلة الكثيفة. وتمتد جذوره هذه بشكل دائري تقريباً لمسافة تعادل حوالي ارتفاع النبات نفسه. فإذا كان طول النبات 15 متراً مثلاً، فهذا معناه أن جذوره تغطي مساحة قدرها 700 م^2 عبر التربة.

ينجو الصبير من عطش الصحراء.. بفضل أساليبه الناجحة في الحصول على الماء والحفاظ عليه

يلجأ الصبير أيضاً إلى التقليل بطرق عدة من معدل فقدان الماء الذي يحصل بواسطة التبخر النتح. الطريقة الأولى، لجوئه إلى إغلاق ثغوره في أثناء فترة النهار حين تكون الضائعات المائية بواسطة النتح على أشدها. وعندما يتضافر حدوث النتح مع الشمس اللاهبة، ترتفع درجة الحرارة الداخلية لنبات الصبير إلى أكثر من 50^{o} م، وهي أعلى درجة حرارة مسجلة في عالم النبات. إلا أن ارتفاع درجة حرارته بهذا الشكل قد تكون ميزة حسنة لا سيئة، ذلك لأن الصبير بهذه الوسيلة يستطيع تقليص الفارق مع حرارة الهواء المحيط، متجنباً فقدان مياهه بطريقة التبخر النتح. كما أن بمقدور الصبير حفظ مياهه في جوفه بفضل وجود طبقة من الشعيرات

والأشواك العازلة للحرارة التي تغطي أذرع النبات وجذعه، إذ تعمل هـذه الطبقـة على عكس أشعة الشمس الساطعة وتوفير ظل للأطراف النامية من النبات. وبهـذه التكتيكات الفريدة، ينجو النبات من عطش محقق في ظل ظروف الصحراء المجدبة.

التنافس

التنافس الاحيائي Interspecific competition هو ذلك التفاعل القائم على تنـافس نوعين أو أكثر من الأحياء على استخدام مورد محدود ما. فمـثلاً، يتنـافس كـل مـن الأسود والضباع على نفس الفريسة كأن تكون جاموسـاً أفريقيـاً أو حمـاراً وحشـياً. وعلى الغرار ذاته، تتنافس كثير من الأنواع النباتية على التربة وعلى ضوء الشمس. إذ تقوم بعض الأنواع من النباتات بمنع أنواعاً أخرى من النمو بجوارهـا وذلـك مـن خلال إفراز سموم إلى التربة. وبمقتضـى قـانون التنـافس، لـو تنافسـت جماعتـان احيائيتان على مورد ما، فقـد يـؤدي ذلـك إلى تناقص في عدد أحد المنافسين أو القضاء عليـه نهائياً. وغالباً ما يكون أحد الأنواع أكثر مقدرة وكفاءة من الأخر على استغلال مـورد معـين. ونتيجة لذلك، فسوف لـن يكـون مـن حصـة النوع المنافس الأخر سوى النـزر اليسـير مـن المورد المتنافس عليه.

حينما تكون الفريسة مشتركة بين مفترسين.. فأن التنافس بينهما يكون على أشده

هذا، ويكون التنافس بين الأحياء على الأشكال الآتية:

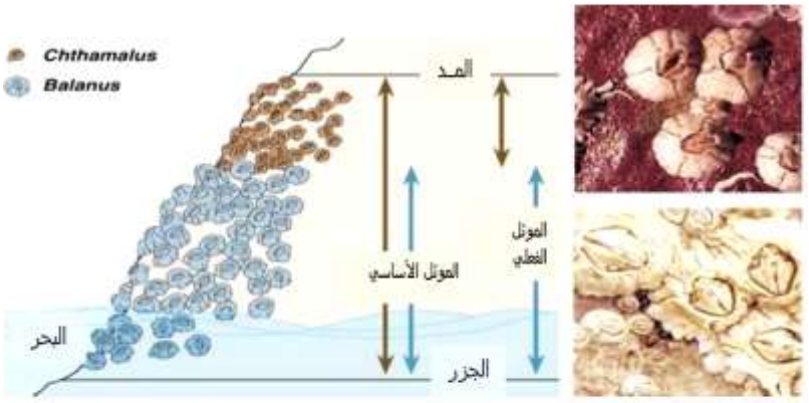
التنافس الإقصائي

قام بعض علماء البيئة بإجراء تجارب مختبرية لدراسـة التنـافس مـا بـين الأحيـاء. إذ قاموا، مثلاً، بأخذ أنابيب اختبـار ووضـعوا في داخلهـا طعامـاً بكتيريـاً. واختـاروا دراسة نوعين من الكائنـات الأحاديـة الخليـة تـدعى الباراميسـيوم. فزرعـوا نـوع

Paramecium caudtum في انبوب اختبار مستقل ونـوع *Paramecium aurelia* في انبوب أخر، وما كان إلا أن تكاثر كلا النوعين فيهما بشكل طبيعي. لكـن حينما تـم جمعهما في انبوب اختبار واحد، كان نوع *P.caudtum* يموت دائماً لأن النوع الأخـر (*P.aurelia*) كان أكثر كفاءة منه في المنافسة على البكتريا. ولهذا يطلـق علـماء البيئـة تعبير التنافس الإقصائي Competitive exclusion لوصف الحالات التي يجري فيها إقصاء نوع معين من الاحياء من مجتمع احيائي ما بسبب المنافسة على المورد المحدود نفسه. وعليه فأن التنافس الإقصائي يحدث حينما يستهلك أحد الأنواع الحية المـورد المحدود بكفاءة أعلى مما يفعله النوع الأخر.

من الأمثلة المشهورة الأخرى عن التنافس الاحيائي في الطبيعة هـو دراسـة أجريت على نوعين بحريين من هـدابيات الارجـل يعيشـان عـلى امتـداد السـاحل الاسـكتلندي، همـا *Balanus balanoides* و *Chthamalus stellatus*. إذ يتواجـد كليهما في المنطقة المحصورة ما بين نطاق المد والجزر، حيـث تنكشـف هـذه المنطقـة وينحسر عنها ماء البحر في حالة الجزر. ومثلما يتضح من الشـكل 1 – 3، فـأن كـلا هذين النوعين يشكلان تجمعاً خاصاً بهما ضمن هذا النطاق مـن المنطقـة السـاحلية. فنوع *Chthamalus* يحتل الجزء العلوي من الصخور بعكس النوع الأخر *Balanus*. وقد تبين لدى علماء البيئة أن هذا الاختلاف يرجع جزئياً إلى عامل المنافسة. فحينما تم نقل صخرة مغطاة بهدابيات من نوع *Chthamalus* إلى المنطقة الساحلية السفلية، بدى أن هذا النوع بإمكانه العيش والتكيـف مـع الظـروف في هـذه المنطقـة. لكـن سرعان ما زحف النوع الأخر *Balanus* على الصخرة ثم ما لبث في النهاية أن توطن فوقها كاملةً طارداً النوع الأخر نحو الجزء الأعلى. وعلى هذا خلـص العلـماء إلى أن المنافسة إنما تعمل على تضييق نطاق تواجد النوع *Chthamalus*. وعـلى الـرغم مـن إمكانية نوع *Chthamalus* من العيش في المنطقة السفلى، فأن منافسـة نـوع *Balanus* له منعته من القيـام بـذلك. ولكـن في الجـزء العلـوي مـن الصـخور، لا يجـد نـوع

Chthamalus من ينافسه هناك لأن بوسعه العيش في ظروف الجفاف عند انحسار ماء البحر فيما لا يستطيع نوع *Balanus* فعل ذلك.



الشكل (1 – 3): التنافس الاحيائي بين نوعين من هدابيات الارجل ضمن المنطقة الساحلية.

التنافس المؤدي إلى تقليص حجم الموئل

سبقت الإشارة إلى أهمية الدور التي يؤديه الموئل بالنسبة للكائن الحي. على أن هذا الدور قد يتفاوت بحسب التفاعلات مع أنواع احيائية أخرى. ولهذا، يلجأ علماء البيئة إلى التفريق بين ما يسمى بالموئل الأساسي والموئل الفعلي للكائن الحي. فأما الموئل الأساسي Fundamental niche فيقصد به ذلك المدى من الظروف التي يمكن للكائن الحي العيش والبقاء في ظله وذلك المدى من الموارد الذي يستطيع بموجبه استغلالها. ولكن غالباً ما تعمل المنافسة والافتراس على تقليص إمكانيات استفادة الكائن الحي من تلك المديات. وهنا يبرز الموئل الفعلي Realized niche الذي يقصد به ذلك الجزء من الموئل الذي تتواجد فيه بالضبط الكائنات الحية وتستغل فعلياً الموارد المتاحة فيه (أنظر الشكل 1 – 3).

المنافسة وتغيير الصفات

إن للتنافس قدرة على التأثير في طبيعة أي مجتمع احيائي تأثيراً بالغاً. فقد يتغير قانون التنافس بين الأحياء ضمن مجتمع ما بحسب فوز المتنافسين أو خسارتهم أو بسبب

نشوء فوارق تخفف من شدة التنافس. وحينما توجد فوارق بين المتنافسين ينشط عامل الانتقاء الطبيعي، خصوصاً في حالة تداخل موائل المتنافسين مع بعضها. ويدعى هذا النشوء في الفوارق بين صفات الكائنات الحية الناشئ عن المنافسة بتغيير الصفات Character displacement. ذلك أن هذا التغيير يعد طريقة للحد من تداخل الموائل مع بعضها.

تعد مناقير عصافير جزيرة غلاباكوس Galapagos مثالاً عن هذا الضرب من المنافسة. إذ تتغذى كثير من هذه العصافير المتجاورة على أطعمة توفرها لها بعض النباتات في الجزيرة. فضلاً عن ذلك، فأن هذه العصافير تتناول غذائها بحسب حجم الطعام المتاح وحجم مناقيرها. فعند مقارنة حجم منقار كل نوع بحجم مناقير الأنواع الأخرى، ظهر أن أكبر فرق في حجم المناقير يقع بين الأنواع التي تتشارك العيش في هذه الجزيرة (الشكل 2 – 3). ولذا فأن الاختلاف في حجم المناقير قلل من حصول التنافس بين هذه الأنواع من الطيور لأنه سمح لكل منها بالتغذي على حجم مختلف من الطعام.

الشكل (2 – 3): تغير صفات وأشكال مناقير عصافير جزيرة غلاباكوس بحسب نوع الطعام كوسيلة لتجنب المنافسة.

المنافسة وتقاسم المورد

من المرجح أن يكون التنافس على أشده بين الأنواع المتشابهة التي تحتاج إلى المورد نفسه. فعندما يتواجد نوعان متشابهان من الأنواع، فقد يعمل كل نوع منهما على تجنب التنافس مع النوع الأخر وذلك باستغلال جزء معين من المورد المتاح. ويسمى هذا النمط من المنافسة بتقاسم المورد Resource partitioning. ويعد مثال الطيور المغردة التي تعيش في غابات الصنوبر، الذي سبق عرضه في صدر هذا الكتاب مثالاً ممتازاً على هذه الحالة (راجع الفصل الأول).

الافتراس

يقصد بالافتراس Predation، قيام نوع معين من الأحياء ويدعى بالمفترس Predator، بأكل والتهام نوع أخر من الكائنات كله أو جزء منه، فيدعى ذاك بالفريسة Prey. ويعد الافتراس قوة فعالة في أي مجتمع احيائي. إذ تؤثر العلاقة ما بين المفترس والفريسة في حجم كل جماعة احيائية كما تؤثر في مكان تواجدها وفي طريقة عيشها. وعادةً ما يتمثل الافتراس باللواحم (التي تتغذى على الحيوانات) وبالعواشب (التي تتغذى على النباتات). ويمكن لكثير من الكائنات أن تؤدي دوراً مزدوجاً، فتارةً تكون مفترسات وتارةً أخرى تكون فريسة لغيرها. وتعد جميع الكائنات غير ذاتية التغذية أما مفترسات أو متطفلات أو كليهما معاً.

الوسائل الهجومية للمفترسات

لقد طورت المفترسات لنفسها، بحكم الانتقاء الطبيعي، العديد من الوسائل الهجومية التي تمّكنها من العثور على فرائسها واصطيادها والتهامها. فعلى سبيل المثال، تتمتع الأفعى المجلجلة (ذات الجرس) بحاسة شم حادة وبفتحات متحسسة للحرارة تقع تحت أنفيها. إذ تمّكن هذه الفتحات الأفعى من الكشف عن الفرائس

للأفعى المجلة مجسات حرارية لكشف فرائسها.. جعلت منها مفترساً شرساً

ذوات الدم الحار، حتى في الظلام الحالك. كما تستخدم الكثير من الأفاعي السمّ لشل فريستها أو قتلها.

من الوسائل الأخرى المساعدة على الافتراس الشبكات اللاصقة التي تستخدمها العناكب للإمساك بفريستها، والأسنان الحادة لتمزيق اللحم وتقطيعه لدى الذئاب ومعظم السنوريات، والسرعة الخارقة التي تتمتع بها الفهود الصيادة لمطاردة فريستها، والجلد المرقط للنمور الذي يمنحها إمكانية تمويه فريستها بين الحشائش. كما تتمتع معظم العواشب بفكوك وأسنان تمّكنها من قطع النباتات القاسية وقضمها ومضغها.

هذا ويعتمد بقاء المفترس على قدرته في الحصول على الطعام، فيما تعتمد الفريسة في بقائها على قدرتها في تجنب إمساك المفترسات بها. ولذلك، فقد كان للانتقاء الطبيعي دور أيضاً في جبر الفرائس على أن تطور لنفسها وسائل تمّكنها من الهروب من مفترساتها أو تحاشيها أو الافلات منها بأي شكل من الأشكال.

الوسائل الدفاعية لدى الفرائس

للفرائس، كما ذكرنا، وسائلها الدفاعية الخاصة للتخلص من المفترسات. وهي تتنوع بين الفرائس الحيوانية والنباتية. لنتبين كليهما:

وسائل دفاع الفرائس الحيوانية

بوسع الحيوانات أن تتلافى إمساك المفترسات بها بوسائل عدة. فبعض الحيوانات تفر بمجرد اقتراب المفترس، وبعضها الأخر يلجأ إلى الاختباء أو يتظاهر على هيئة شيء لا يصلح للأكل. وهناك من الحيوانات من يستخدم مظاهر خادعة، كأن تكون لها عيوناً وهمية أو رؤوساً كاذبة لإخافة المفترس. كما أن لدى الحيوانات وسائل

دفاع كيميائية، فمثلاً يفرز ضفدع الأمازون سموماً ويستخدم ألواناً براقة لتحذير المفترسات من سميته.

سرعوف الورقة الخضراء..
يخدع المفترسات بكونه شيء لا يصلح للأكل

ضفدع الأمازون السام.. يحمل السم في
جسمه ويتلون بألوان براقة.. لتحذير المفترسات

في حالة التنكر البيئي Mimicry، يقوم نوع معين من الكائنات الحية بمحاكاة نوع أخر والتشبه به تماماً. فعلى سبيل المثال، تحاكي أفعى الملك غير المؤذية الأفعى المرجانية السامة للاستفادة من ألوانها البراقة في التحذير من افتراسها. كما تتشبه فراشة الملك بالفراشة الأمريكية المعروفة باسم فايسروي من حيث الحجم والشكل والألوان. ويعتقد أن الأولى مستساغة الطعم لدى الطيور، على عكس الثانية. وبهذا تنجو الفراشة الأمريكية من الطيور بفضل تشابهها مع فراشة الملك. ويدعى هذا الشكل من التنكر بالتنكر الباتسيني Batesian mimicry.

الأفعى المرجانية السامة..
ألوانها البراقة إشارة تحذير للمفترسات

أفعى الملك غير المؤذية.. تتشبه بنفس ألوان
الأفعى المرجانية لتبعد خطر المفترسات عنها

يدعى الشكل الأخر بالتنكر المولري Mullerian mimicry، ويحدث حينما يبدو نوعان أو أكثر من الأحياء الخطرة أو المقززة متشابهين في مظهرهما. فعلى سبيل

المثال، تتنكر العديد من أنواع النحل والدبابير بأنماط متشابهة من الخطوط المتعاقبة الصفراء والسوداء اللون. ويستفيد كلا النوعين من هذا الشكل للتنكر لأن المفترسات تعلمت تجنب الكائنات ذات المظهر المتشابه.

وسائل دفاع الفرائس النباتية

لا تستطيع النباتات أن تلوذ بالفرار من مفترساتها مثلما تفعل الحيوانات، بل أن الكثير منها بدلاً عن ذلك طور لنفسه وسائل دفاعية تحميه من الأكل والالتهام. ويمكن تقسيم هذه الوسائل إلى فيزيائية وأخرى كيميائية. فأما الوسائل الفيزيائية، كالأشواك والنتوءات الحادة والشعيرات اللزجة والأوراق القاسية، فهي تعمل على زيادة صعوبة التهام النبات. وأما وسائل الدفاع الكيميائية المتمثلة بالسموم والمواد المهيجة والمذاق اللاذع، فهي غالباً ما تكون عبارة عن نواتج ثانوية لعملية التأييض التي يقوم بها النبات فتسمى بالمركّبات الثانوية Secondary compounds. ومثال تلك المركّبات الثانوية التي تقوم بالوظيفة الدفاعية مادة الإستركنين Strychnine، الذي تنتجه النباتات من الفصيلة الإستروكنية، وأيضاً مادة النيكوتين Nicotine التي ينتجها نبات التبغ. أما شجر اللبلاب السام والبلوط السام فينتجان مادة كيمائية مهيجة تسبب إثارة حساسية شديدة للجلد لدى بعض الحيوانات.

شجر اللبلاب السام.. يفرز على أرواقه مادة كيمائية مهيجة تسبب حساسية شديدة لكل من يلمسها كوسيلة للدفاع عن نفسه

التكافل

التكافل Symbiosis هو علاقة حميمة طويلة الأمد تقوم بين فردين من الكائنات الحية. وتكون هذه العلاقة التكافلية على ثلاثة أشكال، هي: التطفل وتبادل المنفعة والاعتياش. فأما التطفل Parasitism فهو علاقة تؤدي إلى تضرر أحد الكائنين فيما ينتفع الكائن الأخر. وأما تبادل المنفعة Mutualism فهي العلاقة التي يحصل بموجبها كلا الكائنين على فائدة ما. فيما يقصد بالاعتياش Commensalism انتفاع أحد الكائنين في مقابل عدم استفادة الكائن الأخر ولا تضرره.

لنأتي الآن إلى تناول هذه المفاهيم الثلاثة بشيء من التفصيل:

التطفل

يشبه التطفل الافتراس من ناحية أن أحد الكائنات الحية، المسمى بالمضيف Host، يلحق به ضرر فيما ينتفع الكائن الأخر، المسمى بالطفيلي Parasite. لكن التطفل، وعلى خلاف كثير من أشكال الافتراس، لا يفضي في العادة إلى موت مباشر للمضيف. فبشكل عام، يظل الطفيلي يقتات على المضيف لمدة طويلة قبل أن يقتله. وتسمى طفيليات مثل المنّ والقمل والعلق والبراغيث والقرادّ والبعوض التي تبقى تقتات على الجزء الخارجي من مُضيفها بالطفيليات الخارجية Ectoparasites. أما الطفيليات التي تعيش في داخل جسم مضيفها فتدعى بالطفيليات الداخلية Endoparasites. ومن الطفيليات الداخلية الشهيرة الديدان القلبية والفيروسات المرضية والديدان الشريطية. وقد كان للانتقاء الطبيعي دور في جعل الطفيلي يستغل مضيفه أبشع استغلال. فالطفيليات في العادة خُلقت من الناحية التشريحية والفسلجية لتمارس التطفل طوال حياتها.

تعد الديدان الشريطية من الطفيليات الداخلية.. وتقضي حياتها كلها في استغلال جوف مضيفها

قد يكون للطفيليات تأثير سلبي قوي على صحة المضيف وعلى تكاثره. ونتيجة لذلك، فقد طورت المضيفات مجموعة من الدفاعات لتحصين نفسها من الطفيليات. ويعد الجلد وسيلة دفاعية مهمة تقي المضيف من اختراق الطفيليات لجسمه. كما تعد الدموع والبصاق والمخاط وسائل دفاعية أولية ضد أي خرق من قبل الطفيليات للعيون أو للفم أو للأنف. وفي الأخير تعمل خلايا الجهاز المناعي على مهاجمة الطفيليات من تلك التي تنجح في اختراق هذه الدفاعات السابقة.

قد تكون كثير من الفطريات والنباتات المتسلقة طفيلية في طبيعتها أيضاً. فمثلاً، يفقد النبات المعترش مادته الخضراء وأوراقه خلال مراحل نموه حتى يصل إلى مرحلة عدم القدرة على صنع غذائه بنفسه. ولتعويض ذلك، يقوم هذا النبات بالحصول على الغذاء من النباتات المضيفة له التي ينمو ويتسلق عليها، بعد غرس ما يشبه الأسنان في جسد النبات الأخر وامتصاص غذائه منها.

يلتف النبات المعترش حول النبات المضيف.. ويمتص العناصر الغذائية منه

تبادل المنفعة

مثلما سبقت الإشارة، فأن تبادل المنفعة هو علاقة يحصل بموجبها كلا الطرفين من الكائنات الحية على بعض المنفعة من الطرف الأخر. وتكون بعض العلاقات القائمة على تبادل المنفعة حميمة جداً لدرجة أن أحد الطرفين لا يستطيع العيش بدون وجود الطرف الأخر.

من أهم علاقات تبادل المنفعة في العالم هو التلقيح. وتدعى الحيوانات التي تنقل حبوب اللقاح بين النباتات الزهرية بالملقحات Pollinators، وأمثالها النحل والفراش والذباب والخنافس والخفافيش والطيور. فالزهرة تكون بمثابة شَرَك تجذب إليها الملقحات بفضل إغراء ألوانها أو أشكالها أو عطرها. في المقابل يقوم

النبات عادةً بتوفير الغذاء للملقحات، وذلك في صورة رحيق أو حبوب لقاح. وحينما يتغذى ملقح ما على زهرة معينة، يعلق فيه كمية من حبوب اللقاح التي يحملها إلى زهرة أخرى من النوع نفسه، وبذلك تتلقح الأزهار فيما بينها.

من الأمثلة الأخرى على تبادل المنفعة هو العلاقة القائمة بين النمل ونبات الأقاقيا Acacia. إذ يبني النمل أعشاشه في جوف الأشواك الضخمة لشجرة الأقاقيا ويحصل على الطعام منها. وبالمقابل، يقوم النمل بحماية هذه الشجرة من أكلات الأعشاب والحشرات ومن مزاحمة النباتات المنافسة لها.

يتبادل شجر الأقاقيا والنمل المنفعة بينهما.. فالأول يوفر المأوى والطعام والثاني يوفر الحماية

ثمة مثال أخر على تبادل المنفعة هو العلاقة بين طيور البلشون الأبيض والجاموس الأفريقي في تنزانيا. إذ تنتفع هذه الطيور وتتغذى على حيوانات صغيرة مثل الحشرات والسحالي التي تجبرها حركة الجاموس عبر الحشائش على الخروج من مخابئها. ويقتات البلشون الأبيض أيضاً بين حين وأخر على الطفيليات الموجودة على جلد الجاموس، أما الجاموس فيستفيد من وجود البلشون في تنظيفها لجسمه من الحشرات وتخليصه من أذى الطفيليات.

تتبادل طيور البلشون والجاموس الأفريقي المنفعة.. فكليهما ينفع الأخر من ناحية معينة

الاعتياش

الاعتياش هو التفاعل الذي يحصل بموجبه أحد الكائنات الحية على فائدة من دون أن يؤثر ذلك في النوع الأخر. فالكائن الذي يعتاش على التقاط الفتات المتبقي من طعام كائن أخر تسمى في الغالب بالكائنات المعتاشة. وعليه غالباً ما يكون

الاعتياش عبارة عن علاقة من طرف واحد ينتفع منها أحدهم فيما لا يجني الطرف الأخر منها أية فائدة بالرغم من تقديم خدمة للطرف الأول. ومع هذا، فأن العلاقة التي تبدو على أنها نوع من اعتياش كائن على أخر قد تكون في الحقيقة علاقة قائمة على تبادل المنفعة، وإن كانت المنافع المتبادلة بين الطرفين غير ظاهرة.

من الأمثلة على الاعتياش في الطبيعة، هو نمو نوع من النباتات يدعى بالنباتات الهوائية Epiphytes على فروع وأغصان النباتات الأخرى (راجع الفصل الأول). وتستمد النباتات الهوائية غذائها من الهواء والمطر وليس من النباتات المتواجدة عليها. إذ يتمثل دور النبات الذي يحتضنها بكونه يشكل دعامة تستند إليها النباتات الهوائية فحسب دون أن يستفيد أو يتضرر من وجودها فوقه.

كما تعتاش كائنات بحرية مختلفة مثل هدابيات الأرجل على كائنات أخرى بعد نموها فوقها، وبخاصة فوق الحيوانات البحرية النشيطة الحركة كالحيتان مثلاً. إذ تحصل هذه الهدابيات المسافرة مجاناً فوق ظهور الحيتان على حماية أكبر من الافتراس مما لو بقيت قابعة في مكان واحد، فضلاً عن أنها تحصل باستمرار بهذه الطريقة على موارد غذائية جديدة. ومع ذلك فأنها لا تسبب ضرراً للحيوان الذي يحملها.

تعتاش هدابيات الأرجل فوق ظهور الحيتان.. فتحصل على فوائد عديدة

ربما تعد العلاقة ما بين نوع معين من الأسماك المدارية الصغيرة (يدعى السمك المهرج) وشقائق نعمان البحر (وهي حيوانات بحرية لها مجسات لاسعة) من أفضل الأمثلة على الاعتياش. فقد طورت السمكة المهرج

ينتفع السمك المهرج من الحماية التي توفرها شقائق نعمان البحر اللاسعة.. فيعيش آمناً

لنفسها وسيلة تستطيع بموجبها العيش وسط المجسات المميتة لشقائق النعمان دون أن تتأذى من لسعاتها. إذ بإمكان هذه المجسات أن تصقع أي نوع أخر من الأسماك وتشل حركته على الفور، موفرةً بذلك حماية للسمكة المهرج من المفترسات.

وهكذا يتصف المجتمع الاحيائي كونه كتلة نابضة بالحياة، تسير فيه العلاقات البيئوية بين الأحياء بانتظام متناهً وعلى وفق ما يقرره الانتقاء الطبيعي. ومن خلال هذه العلاقات يتضح أن لكل كائن حي دور خاص يؤديه ضمن المجتمع الذي يعيش فيه.

أسئلة للمناقشة والمراجعة

1- وضحّ مبدأ منحى التحمل بوصفه أحد مبادئ التكيّف لدى الأحياء.

2- بماذا تتميز الكائنات المنظمة عن الكائنات المتكيفة؟

3- لماذا ومتى تلجأ بعض الكائنات الحية إلى أسلوب السُبات؟

4- ما أوجه الاختلاف بين النباتات الصحراوية والقطبية في ضوء تكيفها لدرجات الحرارة المتطرفة؟

5- كيف يستطيع نبات الورد العملاق العيش وسط بيئة شديدة التفاوت في معدلات حرارتها اليومية؟

6- أضرب مثالاً عن حيوان يتحمل العيش في درجات حرارة منخفضة جداً، ثم وضحّ كيف يفعل ذلك؟

7- كيف تستطيع بعض الحيوانات والنباتات تحمل ظروف ندرة الماء في البيئات الصحراوية؟ أضرب أمثلة عن ذلك مع أساليب التكيّف التي تتبعها.

8- ما المقصود بعلاقات التنافس والافتراس والتكافل بين الكائنات الحية؟

9- لكل من الكائنين (A) و (B) موئل متشابه جداً. وقد وصل الكائن (A) إلى الموقع حديثاً بعد أن كان يشغله في السابق الكائن (B)، حيث يحمل معه مرضاً يفتك بكل أفراد الكائن (B) . ضمن أي نوع من العلاقات البيئوية تصنف هذه الحالة؟ وماذا تسمى بالضبط؟

10- ما المقصود بالموئل الأساسي والموئل الفعلي؟ وما السبب الذي يدفع ببعض الكائنات الحية إلى تقليص موئلها الأساسي؟

11- لمواجهة الوسائل الهجومية لدى المفترسات، فأن للحيوانات والنباتات على حدّ سواء أساليب للدفاع عن نفسها. لخصّها في نقاط واضحة، مع ذكر أمثلة عن كل حالة.

12- هل يوجد نبات يفترس لحماً؟ (أبحث عن الإجابة في مصادر مكتبية أو إلكترونية متاحة).

13- ينقسم التكافل إلى ثلاثة أقسام، ماهي؟ وما الفرق بين كل واحدة منها؟

14- أضرب أمثلة توضيحية مختلفة عن حالات التكافل في الطبيعة.

15- درست في هذا الفصل علاقات التكيّف والتنافس والافتراس والتكافل. أياً منها يندرج ضمن علم بيئة الفرد أو ضمن علم بيئة الجماعة؟

❊ ❊ ❊

الباب الثاني

المشكلات البيئية العالمية

الفصل الرابع

العلاقة ما بين الإنسان والبيئة ومفهوم المشكلة البيئية

يقدم هذا الفصل إيجازاً لتاريخ العلاقة التي حكمت الإنسان والبيئة الطبيعية، وكيفية بدأ الأفعال البشرية المختلفة بإحداث مشكلات في البيئة المحلية تفاقمت تدريجياً حتى تحولت إلى مشكلات عالمية تعم كوكب الأرض كله. ثم يعرج الفصل إلى إيضاح مفهوم "المشكلة البيئية"، في ضوء هيكلها العام وأهم سماتها الحالية.

تاريخ العلاقة ما بين الإنسان والبيئة

يؤكد العديد من الباحثين، أن جذور المشكلات التي تعاني منها بيئتنا في الوقت الحاضر، إنما ترجع إلى عهد بعيد، بل أنها بدأت منذ ظهور الإنسان على وجه الأرض، بعدما شرع بمزاولة مختلف النشاطات بالاعتماد على موارد بيئته الطبيعية اعتماداً رئيساً. علماً أن الأضرار التي أحدثها الإنسان في البيئة في ذلك الحين لم تكن ذات أثر بليغ، لكون البيئة كانت قادرة آنذاك على تعديل نفسها، لأن عملية الهدم لم تكن بالسرعة الحالية. إذ أخذ الإنسان يستخدم بشكل متزايد الآلة والتكنولوجيا، مما كانت له عواقب وخيمة على البيئة حتى غدت المشكلات الناجمة عن ذلك مشكلات عسيرة على الحل تهدد النظام البيئي برمته سواء في الوقت الحاضر أو في المستقبل.

لقد عمل الجنس البشري منذ زمن بعيد، على تغيير صفات موطنه الطبيعي دون أي وعي لعواقب ذلك. إذ سعى إلى تغيير معالم من الأرض لم تطالها من قبل

قدم إنسان قط وقام بتحويلها إلى أراضٍ زراعية أو إلى مدن عامرة. كما قام بتحويل الأنهار والبحيرات ذات الأهمية الحيوية إلى ممرات للنقل أو إلى بالوعات لإلقاء النفايات أو باستغلالها كمنتجعات سياحية. وقام كذلك بتلويث الهواء بالغبار وبالغازات الضارة، وكان السبب الرئيس في تناقص وانقراض كثير من الحيوانات تناقصاً حاداً، وقام كذلك بتجريد المجتمعات النباتية الطبيعية، ووصل الحال حديثاً إلى استخدام الإنسان لأنواع من الغذاء الاصطناعي من خلال تحوير الجينات الوراثية. وهذه كلها عوامل جعلت من الإنسان قوة لا يستهان به في تحدي الطبيعة، في مقابل أنه أصبح سريع التأثر بما يسببه من أضرار وكائناً مشبّعاً بالسموم.

بالرغم من العلاقة الحميمة بين الإنسان وبيئته الطبيعية في العصور الباكرة..
إلا أنه كان قد بدأ يسبب بعض المشكلات

إن الإنسان، وهو أكثر الحيوانات ذكاءً وأشدها بأساً فوق الأرض، يقوم اليوم بتغيير وجه هذا الكوكب تغييراً جذرياً بكل ما فيه من مظاهر الحياة الطبيعية.

أمثلة تاريخية عن دور الإنسان في تغيير الطبيعة

لنورد الآن بعض الأمثلة التاريخية حول دور الإنسان في تغيير وجه البيئة الطبيعية:

فعلى سبيل المثال، يعتقد بعض العلماء، أن كثيراً من الثدييات الضخمة التي كانت تستوطن أمريكا الشمالية وأوراسيا خلال عصر الجليدي (البلايوستوسين)، مثل فيلة الماستودن والماموث والعديد من الجمال والخيول والغزلان العملاقة ودببة الكهوف العملاقة والقندس العملاق ووحيد القرن الصوفي، فضلاً عن كثير من الأنواع الأخرى التي كانت تعيش في قارة أمريكا الشمالية، كل هذه المخلوقات لم

تنقرض بسبب تغيرات مناخية استثنائية أصابت الغطاء النباتي، كما كان الاعتقاد سائد، بل أنها في واقع الأمر تعرضت للإبادة من قبل جماعات إنسان العصر الجليدي الصياد، الذي كانت له القدرة آنذاك على قذف الرماح وإشعال النار. ومما يدعم هذا الرأي هو العثور على عظام في مواضع النيران الموجودة في الكهوف، كما تدعمه أيضاً الحقيقة القائلة بأن تلك العظام كانت ترجع أساساً إلى حيوانات أقاليم الحشائش التي اختفت نهائياً، فيما نجت حيوانات الغابات الضخمة من تلك الإبادة. إضافة إلى هذا، فأن هناك أنواع عديدة من الحيوانات لم تتعرض للإبادة حتى وقت متأخر من العصر الجليدي الأخير. إذ تذكر بعض دراسات أن جميع الثدييات الصغيرة قد بقيت على قيد الحياة. وطبقاً لما يعتقد الأنثروبولوجين (المختصين بدراسة الإنسان)، فأن إنسان العصر الجليدي قد مر بتطور عقلي أدى في النهاية إلى ظهور الإنسان العاقل *Homo Sapiens*، أيّ الإنسان المفكر، الذي لا يوجد أحد سواه يستطيع اصطياد تلك الحيوانات بمثل هذا النجاح الباهر. وبحسب رأيهم، فقد كان ذلك سبباً في انقراض حوالي 100 نوع من الثدييات الكبرى من قارة أمريكا الشمالية لوحدها في غضون ألف عام عقب العصر الجليدي الأخير. علماً أن هذا الرأي مازال مثار جدل ونقاش بين أوساط العلماء.

ثمة مثال أخر للدلالة على قدم تأثير الإنسان في البيئة، نستمده من منطقة البحر المتوسط. إذ كان يحيط بحوض البحر المتوسط يوماً ما خلال نهاية العصر الجليدي الأخير وفي الفترة التي أعقبته، نطاق هائل من الغابات يمتد من الساحل الأفريقي الغربي وحتى منطقة الشرق الأدنى بما في ذلك شبه الجزر الثلاث الواقعة جنوب أوربا. ومع انتشار الحضارات البشرية عبر سائر أرجاء حوض البحر المتوسط، قام الإنسان، وبلا هوادة، بقطع الغابات محوّلاً إياها إلى مناطق شجيرات مبعثرة وإلى مناطق شبه صحراوية ومناطق أخرى جرداء ذات صخور جيرية. وكان الماعز هو أحد الحيوانات الأليفة التي أعانت الإنسان على ذلك الفعل، بسبب رعيه

الجائر للمرعى. وبالرغم من مساهمة العوامل المناخية في إحداث هذا التغير البيئي أيضاً، فأن من الجدير بالذكر أن الصحراء الكبرى لم تكن منذ حوالي 4000 عاماً مضت بمثل السعة التي عليها اليوم، فمثلاً كانت الصحراء الليبية الحالية منذ قرابة 2000 عاماً خلت تعد جنة من البساتين الغنّاء.

المراحل التاريخية لتأثير الإنسان في البيئة

يتعزز فهم مسؤولية الإنسان عن ظهور المشكلات البيئية المختلفة وتفاقم تأثيرها في عالمنا اليوم، بتتبع المراحل التاريخية لدوره في التأثير على البيئة. إذ يمكن تقسيم هذا الدور إلى ثلاث مراحل رئيسة، وذلك على النحو آلاتي:

1. **مرحلة العصر الحجري وما قبله:** كان الإنسان حينها في طور الجمع والصيد، إذ كان الصيادون هنا يعملون على شكل جماعات تعتمد على صيد قطعان الثدييات الكبرى في أقاليم التندرا والتيغا الواقعة على هوامش الغطاء الجليدي في شمال أوربا وأمريكا الشمالية. ومن المؤكد أنهم قد استعلموا بعض الأسلحة والمعدات لضرب الحيوانات وقتلها، وقد لجأوا إلى استخدام النار أيضاً. ومع هذا، لم يتسبب الإنسان في ذلك الوقت بتغييرات عميقة ملحوظة في بنية البيئة الطبيعية.

2. **مرحلة المجتمع الزراعي:** ظهر المجتمع الزراعي إلى حيز الوجود مع نهايات العصر الحجري الأول منذ حوالي 5000 سنة خلت، أيّ في "ثورة العصر الحجري القديم". ونتيجة لتزايد انتشار ظاهرة تحويل الغابات إلى حقول زراعية والاستفادة من أخشابها في عمليات البناء، فقد كان لذلك أثر بالغ في تغيير ملامح صورة الطبيعة. وقد صاحب هذه المرحلة زيادة مفاجئة في نمو السكان، إذ بدأت هذه الزيادة السكانية بالامتداد من وسط وجنوب أسيا ثم توسعت لتشمل الشرق الأدنى وأوروبا.

3. **مرحلة الثورة الصناعية:** تعد من أهم مراحل التطور الحضاري للإنسان، التي انطلقت منذ حوالي 150 سنة. وخلالها استعان الإنسان بالآلة واخترع

التكنولوجيا، مما اسهم في تعزيز قدرته بشكل هائل على تطويع الطبيعة واستغلال موارد الأرض لصالحه. وأدى قيام المجتمع الصناعي إلى إضعاف تأثير المجتمع الزراعي وازداد تدمير المناطق الطبيعية وارتفاع مستويات التلوث البيئي على نحو غير مسبوق.

شهدت العلاقة ما بين الإنسان والبيئة الطبيعية عبر التاريخ تغيرات كبرى.. فمن مجتمع بدائي متناغم مع البيئة إلى مجتمع زراعي يقوم على استغلال جزء من مواردها ثم إلى مجتمع صناعي يستغلها أبشع استغلال ويلوثها ويدمرها

مفهوم المشكلة البيئية

يمكن تعريف المشكلة البيئية Environmental issue أنها عبارة عن أي خلل يطرأ على المكونات الطبيعية للبيئة في منطقة من المناطق جراء فعل بشري في الغالب.

ولتسليط مزيد من الضوء على هذا المفهوم، نتناول هنا المشكلة البيئية من حيث هيكليتها وسماتها المعاصرة.

هيكل المشكلة البيئية

الحقيقة أن المشكلة البيئية هي نتاج لأزمة بيئية أكبر وأعمق وأوسع. والأزمة البيئية عبارة عن مجموعة معقدة من المشكلات البيئية، مجتمعة أو منفردة، تحدث ضمن منطقة معينة. وبشيء من التبسيط، يمكن تحليل مكونات الأزمة البيئية على نحو ما مبين في الشكل (1 – 4):

الشكل 1 – 4: المكونات الأساسية للأزمة البيئية.

نفهم من الشكل أعلاه، أن حصيلة تفاعل هذه المكونات هي التي تولد الأزمة إذا ما توافرت ظروف مواتية لذلك. وهذا ما يمكن استنباطه من قراءة معادلة المشكلة البيئية وتفاعلاتها، الموضحّة في أدناه.

إن المشكلة البيئية أشبه ما تكون في هيكلها الصوري قريبة من صيغة المعادلة الحسابية. فهي، في الواقع، حصيلة منطقية للتفاعل بين متغيرات متعددة تفاعلاً تبادلياً يتفاوت في مقدار قوته وتأثيره على وفق ظروف ذلك التفاعل. وعلى العموم، تتخذ المشكلة البيئية الصيغة الآتية المتجسدة في الشكل (2– 4):

الشكل 2 – 4: مسار نشوء المشكلة البيئية وتفاقمها.

بموجب ذلك، تتكون البيئة من عنصرين أساسيين أحدهما طبيعي والأخر بشري. ويوّلد التفاعل السلبي بين هذين العنصرين (كأن يكون مثلاً، الاستخدام الخاطئ للموارد الطبيعية أو التأثيرات الجانبية للتكنولوجيا أو الحوادث البيئية المفاجئة.. الخ)، ضرراً في أغلب الأحوال، وقد يتحول بمرور الزمن وباستمرار الفعل إلى مشكلة خطيرة. وهذه المشكلة تنعكس بآثارها المؤذية على البيئة نفسها وعلى عنصريها الطبيعي والبشري على حدّ سواء، فيزداد بذلك التفاعل السلبي بينهما، وهو ما يؤدي إلى وقوع مزيد من الضرر... فتأخذ المشكلة بالتفاقم أكثر فأكثر، مالم يوضع حد لوقفها.

والملاحظ أن صيغة المعادلة تسلك سلوكاً دورانياً متواصلاً، يكون له مفعول تضخمي على المشكلة في حالة ديمومة فعل كل عنصر منها على الأخر.

سمات المشكلة البيئية

تتخذ المشكلات البيئية المعاصرة اتجاهات وملامح وسمات متعددة. إذ يمكن تشخيص خمس سمات رئيسة ترسم صورة الإطار النظري للمشكلات البيئية العالمية وآثارها الراهنة وأبعادها المستقبلية، وذلك على النحو الآتي:

1. **تزايد أنواع وأشكال المشكلات:** حصلت هذه الزيادة استجابة لزيادة الأساليب التي يتبعها الإنسان في التأثير على البيئة، مثلما الحال في زيادة استخدام المبيدات الفعالة ابتكار مئات الأنواع الجديدة من المواد الكيميائية وطرحها إلى البيئة في كل سنة.

2. **اشتداد حدة المشكلات:** لوحظ في السنوات الأخيرة، زيادة قوة تأثير المشكلات وتكرارها. لذا، عادةً ما يصاحب ذلك تصاعد وتيرة وقوع الكوارث البيئية التي باتت أكثر قسوة من ذي قبل. ومثال ذلك زيادة حدة التلوث الضوضائي في المدن وارتفاع مستويات تلوث الهواء والماء والتربة، وكذلك تعاظم تدهور الغابات وتدني إنتاجية المحاصيل الزراعية جراء ذلك.

3. **اتساع الرقعة الجغرافية للمشكلات:** توسعت مساحة المشكلات البيئية وامتد نطاقها، حتى تحولت من مشكلات محلية محدودة النطاق إلى مشكلات إقليمية وعالمية مترامية الأطراف. بل أصبحت كثير من المشكلات الوطنية ذات أهمية دولية، مثل مشكلة احتراق أبار النفط الكويتية خلال حرب الخليج عام 1991 وتجفيف بحر الأورال ومشكلة المطر الحمضي والتلوث بمبيد DDT وتلوث الأنهار والمحيطات.. وغيرها.

4. **تعاظم تعقيد المشكلات وتزايد مضاعفاتها:** مما يساعد على ذلك هو التأثيرات غير المباشرة المترتبة عن النشاطات البشرية المختلفة، مثلما في: التغيرات المناخية وتدهور خصوبة التربة والضرر الذي يلحق بالغابات جراء الأمطار الحمضية والتغيرات في مواطن الكائنات الحيوانية.

5. **تزايد حصة الفرد من المشكلات البيئية:** مما يضاعف من التأثيرات الناشئة عن التضخم السكاني مثلاً هو الزيادة العامة في الاستهلاك الفردي والتأثير البيئي. وهذا الاتجاه واضح في الدول النامية والدول المتقدمة على حدّ سواء، إذ ارتفعت حصة الفرد مما يصيبه من أضرار المشكلات البيئية ارتفاعاً ملحوظاً في الوقت الحاضر بالمقارنة مع السابق.

أسئلة للمناقشة والمراجعة

1. ما طبيعة العلاقة بين الإنسان والبيئة؟ وما الدلائل الملموسة على التغير الذي اعترى هذه العلاقة وتعقدها عبر التاريخ؟

2. تدرج تأثير الإنسان في البيئة الطبيعية مع تطور قدراته على التعامل معها. وضحّ المراحل التاريخية لهذا التأثير.

3. أشرح مفهوم المشكلة البيئية في ضوء هيكلها النظري وكيفية تفاعلها.

4. ما أهم سمات المشكلات البيئية المعاصرة؟ ولماذا يتوقع أن يكون اتجاه هذه المشكلات تصاعدياً في الوقت الحاضر وفي المستقبل؟

* * *

الفصل الخامس

مشكلة التلوث البيئي

يبدأ الفصل الخامس من هذا الكتاب بدراسة أخطر المشكلات التي تهدد اليوم البيئة العالمية وصحة بني البشر على وجه الخصوص، تلك هي مشكلة التلوث البيئي. إذ سيعرض الفصل إلى نبذة عن هذا الموضوع، عبر تعريف التلوث والملوثات البيئية وأنواع التلوث ومصادره وأسبابه فضلاً عن الإشارة إلى آثاره في الصحة البشرية وفي البيئة عموماً.

أساسيات عن التلوث

تعريف التلوث والملوثات البيئية

يعد التلوث بمختلف أشكاله.. أخطر المشكلات التي تهدد البيئة العالمية

يقصد بالتلوث Pollution أي تغيير مباشر أو غير مباشر يطرأ على أي جزء من أجزاء البيئة، وذلك من جراء تصريف أو انبعاث أو ترسيب فضلات أو مواد بكميات تؤثر على البيئة تأثيراً ضاراً، مما يسبب خطورة على الصحة البشرية ويهدد سلامة الأحياء النباتية والحيوانية بشتى أصنافها.

يُفهم من التعريف أعلاه أن التلوث إذا ما أصاب منطقة ما، فأنه يؤدي إلى اختلال توازن البيئة وإلى شل فاعلية النظام البيئي وفقدان قدرته على أداء دوره المميز في التخلص من الملوثات بشكل طبيعي (وهو ما يسمى بالتنقية الطبيعية).

أما الملوثات Pollutants فهي المواد المسببة للتلوث التي تنتج عن مصدر ما، ويؤدي طرحها إلى البيئة بأية طريقة كانت إلى تدهور في نوعيتها وتعطل في خدماتها. وتتنوع هذه الملوثات بحسب مصدر نشوئها، فتكون أما ذات أصل طبيعي أو

بشري، أو بحسب تركيبتها فتكون أما فيزيائية أو كيميائية أو جرثومية، وكذلك بحسب شكلها فتكون أما غازية أو سائلة أو صلبة أو إشعاعية.

عوامل تفاقم التلوث

انطلق التلوث بشكله المعروف.. مع انطلاقة الثورة الصناعية قبل ما يزيد عن 150 عاماً

ثمة عوامل تدفع باتجاه تفاقم مشكلة التلوث البيئي حول العالم، منذ أن اقترن ظهورها مع الثورة الصناعية في منتصف القرن الثامن عشر. ويمكن إجمال هذه العوامل على النحو الآتي:

1- تزايد أعداد سكان العالم على وفق متوالية طردية، وما يصاحب ذلك من تزايد الطلب على السكن والإنتاج والسلع الاستهلاكية وعلى وسائط النقل والطاقة. وهي كلها متطلبات تقتضي استغلال مزيداً من موارد الطبيعة وطرح مزيداً من الفضلات إلى البيئة.

2- تزايد الابتكارات التقنية وظهور كثير من المصانع والعمليات الصناعية المعقدة جراء ذلك. وهو أمر يؤدي بالضرورة إلى رمي مخلفات صناعية خطيرة ذات تراكيب معقدة تعمل على تلويث البيئة المحيطة ولا تتحلل فيها بسهولة.

3- عدم مراعاة أحوال البيئة من قبل النظم السياسية والاقتصادية العالمية القائمة. إذ يركز النظام العالمي على مصالح آنية تتعلق بتسريع النمو الصناعي ورفع مستوى المعيشة، دون إيلاء الاهتمام بأن للبيئة سعة تحمّل محدودة، الأمر الذي يفضي بدوره إلى زيادة تلويث البيئة وتدهورها بشكل كبير.

4- رداءة أساليب تصريف الفضلات إلى البيئة، وعدم نجاعة معظم طرائق معالجتها.

5- عدم سنّ تشريعات وقوانين وضوابط صارمة ورادعة بحق المسؤولين عن التلوث، في كثير من دول العالم، وهو ما يشجع على استمرار تلويث البيئة من المصادر المسببة لذلك.

مكامن خطورة التلوث

ينتج عن وقوع التلوث عدد من المخاطر المحتملة تؤثر في مجمل مفاصل البيئة، ولذا فأن للتلوث مكامن خطر تتمثل على النحو الآتي:

1- خطورة التلوث على البيئة الطبيعية من ناحية إلحاق الضرر بنمو النباتات والحيوانات والمحاصيل الزراعية والتربة والماء.

2- خطورة التلوث على صحة الإنسان من جراء تركز الملوثات في الهواء والماء والغذاء ذات المساس اليومي بحياة الإنسان، وتعرضه أيضاً للإشعاعات المضرّة.

3- للتلوث خطورة تضر بالنواحي الجمالية للطبيعة، مثلما الحال في الأضرار الناشئة عن انبعاث الغازات والدخان وإثارة الغبار وإصدار الضوضاء ورمي الفضلات الصلبة إلى البيئة.

4- الخطورة المتمثلة بالأثار البعيدة المدى الناجمة عن التلوث، التي لا يمكن في الغالب الشعور بها آنياً، لاسيما حينما تكون الملوثات بتراكيز ضئيلة جداً بحيث يمتصها الجسم البشري ببطء ولا يظهر مفعولها إلا بعد مرور مدة زمنية طويلة. ومثال ذلك تأثير المواد المسرطنة والمشعة والتعرض المستمر للضوضاء.

تصنيف خطورة التلوث

يمكن تصنيف التلوث إلى ثلاثة أصناف طبقاً لدرجة خطورته، وذلك على النحو الآتي:

1- التلوث المعقول: يعني وجود تلوث لكن بدرجات منخفضة، ولا يصاحبه في الغالب وقوع أية مشكلات أو أخطار واضحة على الحياة العامة. لكن يمكن القول أنه لا توجد في الوقت الحالي بيئة تخلو تماماً من الملوثات. فالتلوث موجود في كافة بقاع الكرة الأرضية، على الرغم من وجود مناطق محدودة في العالم لم تصلها بعد مؤثرات التلوث إلى حد الخطر الحقيقي. إذ أن النظم البيئية في مثل تلك المناطق لا زالت قادرة على تخليص نفسها ذاتياً من الملوثات.

2- التلوث الخطير: مرحلة تتعدى فيها تراكيز الملوثات خط الأمان وتؤثر تأثيراً كبيراً في توازن النظام البيئي، إذ تعتل شتى أنواع الكائنات الحية. وقد ظهرت بوادر هذه المرحلة منذ الثورة الصناعية. والمثال الأبرز على ذلك، هو ما أصاب العالم من تلوث خطير للهواء يفوق حد الأمان جراء حرق الفحم، الذي تشير التقديرات إلى استهلاك حوالي 130 بليون طن منه خلال المدة من 1860 إلى 1970.

3- التلوث الكارثي: أخطر أصناف التلوث على الإطلاق. وإذا ما وقع، تحصل كارثة بكل معنى الكلمة بفعل بلوغ تراكيز الملوثات مستويات قاتلة. ويظل حدوث هذه المرحلة من التلوث أمراً محتملاً في أي وقت من الأوقات. ومن الأمثلة عن ذلك كارثة تفجير القنبلة الذرية على مدينتي هيروشيما Hiroshima وناكازاكي Nagasaki اليابانيتين خلال الحرب العالمية الثانية عام 1945، وكارثة التلوث الإشعاعي جراء انفجار مفاعل تشرنوبيل Chernobyl النووي في الاتحاد السوفيتي السابق عام 1986، وكارثة التسمم بغاز ميثيل أيزوسيانيت Methyl isocyanate القاتل في بلدة بوبال Phobal الهندية

يمكن لكوارث التلوث البيئي.. أن تودي بحياة آلاف البشر

في العام 1984جراء التسرب من أحد المصانع. هذا فضلاً عن العديد من كوارث التلوث البيئي الأخرى، التي أودت كلها بحياة الآلاف من البشر وتدمير مجتمعات بشرية وطبيعية على حدّ سواء.

أنواع التلوث ومصادره وآثاره

يؤثر التلوث في مختلف مفاصل البيئة بحسب نوع الملوثات المطروحة من المصادر، لذا يمكن تحديد التلوث بأنواع عدة على وفق ما مبين هنا.

تلوث الهواء

يسبب تلوث الهواء من مصادره المختلفة.. تدميراً لسلامة الغلاف الجوي

يقصد بتلوث الهواء Air pollution تراكم مواد ضارة في الغلاف الجوي بتراكيز تكفي للتسبب بخطر على الصحة البشرية أو التسبب بتأثيرات سلبية على الكائنات الحية والمواد الأخرى. وتعد محطات توليد الطاقة ومعامل حرق النفايات الصلبة والعمليات الصناعية المختلفة ووسائط النقل من أهم مصادر تلوث الهواء الجوي. أما أهم ملوثات الهواء فهي أحادي أكسيد الكربون (CO) وثنائي أكسيد الكربون (CO_2) وأكاسيد النتروجين (NOx) وثنائي أكسيد الكبريت (SO_2) والهيدروكربونات (HCs) وجسيمات الغبار (PM_{10}) ($PM_{2.5}$) والمؤكسدات الناتجة عن التفاعل الكيماضوئي.

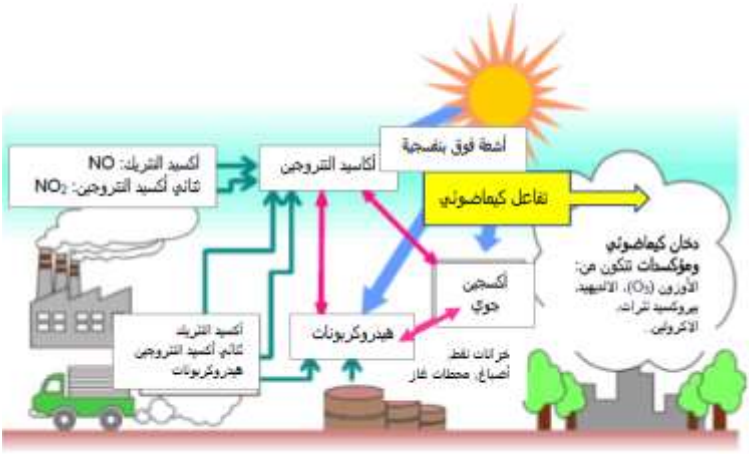
تلوث الهواء المحلي والإقليمي

يؤثر الضباب الدخاني Smog في الإنسان بشكل خطير أكثر من أي شكل أخر من ملوثات الهواء. ويمكن تعريفه على أنه ذلك النوع من تلوث الهواء الذي يتصف بسعة انتشاره وبتعدد مصادره ويتشكل في أجواء المدن في العادة. وينشأ الضباب الدخاني، وهو مزيج من الضباب والدخان، من حرق الفحم حينما يتكاثف الماء

فوق دقائق الدخان. ومن الحوادث المشهورة في هذا الصدد حادثة تلوث الهواء في لندن عام 1952 التي أودت بحياة زهاء 4000 شخص. وهناك شكل أخر من هذا التلوث يدعى الضباب الجليدي Ice fog، ويحدث في العروض العليا فقط عندما يؤدي انخفاض درجات الحرارة الشديد إلى تجمع الدخان فوق البلورات الجليدية.

مع الاعتماد تدريجياً على النفط بديلاً عن الفحم في الاقتصاد، بات الدخان الكيماضوئي Photochemical smog هو السائد في أجواء كثير من المدن عوضاً عن الضباب الدخاني. وينشأ هذا النوع من الدخان بفعل تفاعل الإشعاع الشمسي مع الهيدروكربونات وغيرها من الملوثات في الجو، التي تنبعث أساساً من الوقود غير المكتمل الاحتراق الناتج عن عوادم السيارات ومصادر الاحتراق الأخرى (الشكل 1 – 5). وينجم عن هذا التفاعل الكيميائي الضوئي المعقد سلسلة من الغازات والمواد الضارة للجو مثل الدقائق العضوية والأوزون والالديهيد والكيتونات ونترات بيروكسيد والحوامض العضوية وغيرها من المؤكسدات. وإذا ما كان ثنائي أكسيد الكبريت متواجداً في الجو، فأنه يتأكسد ويتميء مشكّلاً حامض الكبريتيد ويصبح جزءاً من الجسيمات الغبارية العالقة في الجو. فضلاً عن ذلك، لا تسبب الغازات المنبعثة عن السيارات تفاعلات كيماضوئية فحسب، بل أيضاً تلوثاً للهواء بأشكال أخرى، فهي مسؤولة عن إضافة كميات كبيرة من الجسيمات الغبارية إلى الهواء، ناهيك عن كونها مصدراً رئيساً لأحادي أكسيد الكربون الذي يعد من أكثر الغازات سمّية.

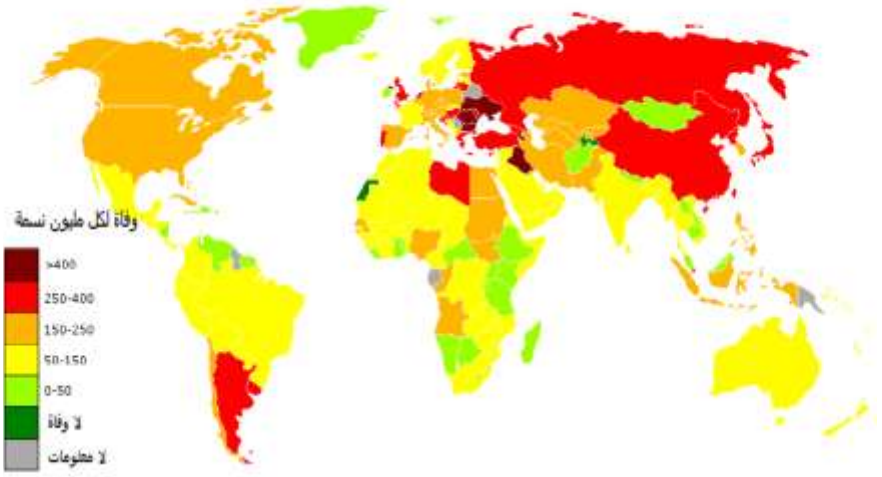
تسبب عوادم السيارات عند تفاعل أبخرتها في الجو.. دخاناً كيماضوئياً ملوثاً للهواء



الشكل (1 – 5): عملية تشكل الدخان الكيماضوئي وتفاعلاته في الجو.

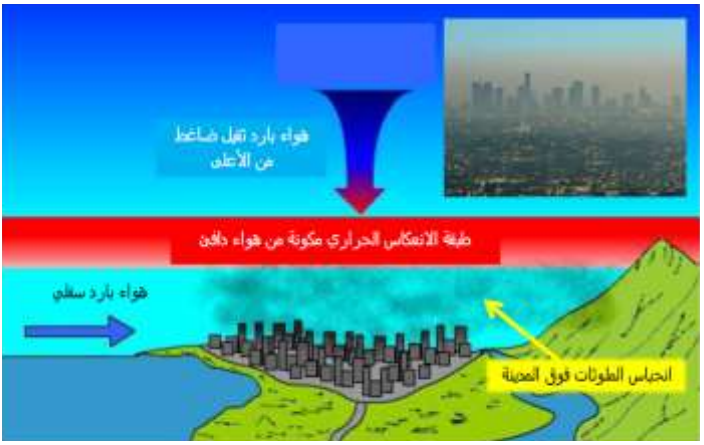
يسبب الضباب الدخاني بصوره المختلفة إثارة حساسية الجهاز التنفسي وتناقص في مدى الرؤية، ويستثنى الضباب الجليدي من ذلك الفعل. وتشير الدراسات الإحصائية إلى أن الضباب الدخاني يعد مصدراً للعديد من الأمراض، إذ يسبب حساسية العينين والدمعان فضلاً عن تلف كثير من النباتات، لاسيما المحاصيل الزراعية المهمة. ويعد ارتفاع معدل الوفيات نتيجة أخرى لتلوث الهواء، خصوصاً بين صفوف الأشخاص الذين يعانون من الالتهابات التنفسية والأمراض القلبية (الشكل 2 – 5). كما أن لتلوث الهواء أثر في تخريب الأعمال الفنية كالتماثيل والمنحوتات الآثارية النفيسة.

يسبب تلوث الهواء.. تأثيرات سلبية على الصحة العامة وربما يؤدي إلى الوفاة



الشكل (2 – 5): نسب الوفيات العالمية جراء تلوث الهواء في المدن.

يرجع سبب تلوث الهواء على المستوى الإقليمي جزئياً إلى تلوث الهواء المحلي بحد ذاته الناتج عن مصادر تلوث محلية كعوادم السيارات وغيرها. إذ يمكن لتلك الملوثات المحلية الانتشار بعيداً وتغطية مساحات تصل لعدة آلاف الكيلو مترات المربعة. وقد تساعد الأحوال الجوية والتضاريس الأرضية على زيادة تراكيز ملوثات الهواء في مكان معين، على المستوى المحلي والإقليمي. فعلى سبيل المثال، من المحتمل أن المدن الواقعة في بطون الأودية حيث تكثر فيها ظاهرة الانعكاس الحراري التي تكون بمثابة طبقة حاجزة تغطي سمائها، تعاني من حدوث ضباب دخاني كثيف (الشكل 3 – 5). كما أن أكاسيد الكبريت والنتروجين التي تنتقل لمسافات طويلة عبر الغلاف الجوي ثم تترسب على شكل مطر حمضي Acid rain، قد تلحق أضراراً بليغة للنباتات وللمجاري المائية وللمباني على حدّ سواء.



الشكل (3 – 5): انحباس الملوثات الجوية فوق المدن بتأثير ظاهرة الانعكاس الحراري.

تلوث الهواء العالمي

يقوم البشر بتلويث الغلاف الجوي على المستوى العالمي أيضاً، على الرغم من أن الالتفات للأثار السلبية الناجمة عن مثل هذا التلوث لم يحصل إلا في مطلع السبعينيات تقريباً. إذ تشير القياسات إلى زيادة تركيز غاز ثنائي أكسيد الكربون في الغلاف الجوي بنسبة 0.2٪ سنوياً. وقد تكون هذه الزيادة نذيراً بارتفاع معدل درجات الحرارة فوق كوكب الأرض، وما لذلك من تداعيات بيئية وخيمة. وتعمل بعض الملوثات على نضوب طبقة الأوزون الجوي المفيدة لحماية سطح الأرض من الأشعة فوق البنفسجية، وما لذلك الأمر من آثار ضارة عديدة. فقد تسبب هذه الأشعة تلفاً للنباتات وتزيد من الإصابة بسرطان الجلد. ومن الأمثلة الأخرى على الملوثات المؤثرة على الغلاف الجوي أكاسيد النتروجين المنبعثة من الطائرات الخارقة لسرعة الصوت وكذلك الكلورفلوركربون المستخدم في الثلاجات وضواغط أجهزة التبريد. إذ تصل هذه الغازات إلى طبقة الأوزون وتتفاعل هناك مسببة انخفاض تركيزه وتآكل الطبقة تدريجياً، وهو ما يحصل الآن فوق منطقة القطبين تحديداً.

تلوث المياه

تعاني معظم المجاري المائية في العالم.. من طرح مستمر للملوثات

يقصد بتلوث المياه Water pollution طرح مواد كيماوية وفيزيائية وبيولوجية إلى المياه العذبة أو إلى البحار والمحيطات، مما يسبب ترديا لنوعية المياه ويؤثر في الكائنات التي تعيش فيها. وتتراوح هذه المواد من ملوثات بسيطة كالمواد الصلبة الذائبة أو العالقة إلى ملوثات معقدة سامة تتصف بخطورتها وطول مدة بقائها في الوسط المائي (كالمبيدات والمعادن الثقيلة والمركّبات الكيماوية غير القابلة للتحلل أو تلك ذات القابلية التراكمية في أجسام الأحياء). هذا ويمكن تقسيم ملوثات المياه إلى تقليدية Conventional pollutants وأخرى غير تقليدية Nonconventional pollutants.

ملوثات المياه التقليدية

ترتبط الملوثات التقليدية للمياه عموماً بالمخلفات البشرية بدرجة رئيسة. إذ تخلف عن النمو الحضري والزيادة السكانية السريعة مشكلات تتعلق بصرف المياه الثقيلة وبعدم مواكبة تلك الزيادة لإنشاء محطات معالجة تلك الملوثات. إذ تسهم مياه الصرف الصحي غير الخاضعة للمعالجة المطروحة من شبكات المجاري البلدية ومن البالوعات بإضافة كميات كبيرة من الأملاح المغذية والمواد الصلبة العالقة والذائبة والزيوت والمعادن (كالزرنيخ والزئبق والكروم والرصاص والحديد والمنغنيز..)، فضلاً عن الكربون العضوي المتحلل وطرحها جميعاً إلى البيئة المائية.

يمكن للملوثات التقليدية التسبب بمشكلات كثيرة للمياه. فزيادة المواد الصلبة العالقة تؤدي إلى حجب وصول الطاقة من الشمس ومن ثم التأثير سلباً في عملية صنع الغذاء بالنسبة للأحياء المائية، التي تعد حيوية جداً لديمومة السلسلة

الغذائية الأحيائية. كما تسبب التراكيز العالية من المواد الصلبة العالقة طمر مجاري الأنهار والقنوات الملاحية، مما يستلزم كريها باستمرار. أما ارتفاع تركيز المواد الصلبة الذائبة فيقلل من صلاحية المياه للشرب ولري المحاصيل الزراعية.

على الرغم من أهمية الأملاح المغذية كالنتروجين والفوسفات للحياة المائية، فأنها قد تسبب أيضاً حدوث ظاهرة الإثراء الغذائي Eutrophication في البحيرات وتعجل في عملية شيخوختها طبيعياً. إذ تفضي هذه الظاهرة إلى تزايد نمو النباتات المائية وازدهار الطحالب بشكل واسع ومن ثم حدوث تغير كلي للمجتمع الاحيائي، وتحوله من انتاجية منخفضة ذات تنوع أحيائي عالي إلى انتاجية مرتفعة ذات عدد كبير لأنواع أحيائية قليلة ومضرة بالطبيعة في العادة. وتقوم البكتريا بأكسدة الكربون العضوي القابل للتحلل وباستهلاك الأكسجين الذائب في الماء. وحين تكون الحمولة بالكربون العضوي عالية في بعض الحالات، قد يؤدي استهلاك الأكسجين إلى انخفاضه بشكل شديد (فقد تصل كمية الأكسجين المذاب إلى أقل من 2 ملغم/ لتر فيما يكون في الحالة الطبيعية بحدود 5 أو 7 ملغم/ لتر)، وقد يسبب هذا الانخفاض الحاد هلاك الأسماك وحدوث اضطراب خطير في تكاثر الكائنات التي تعتمد في وجودها على الأكسجين.

يؤدي نضوب الأكسجين المذاب في الوسط المائي بسبب التلوث إلى هلاك الكائنات التي تعيش فيه

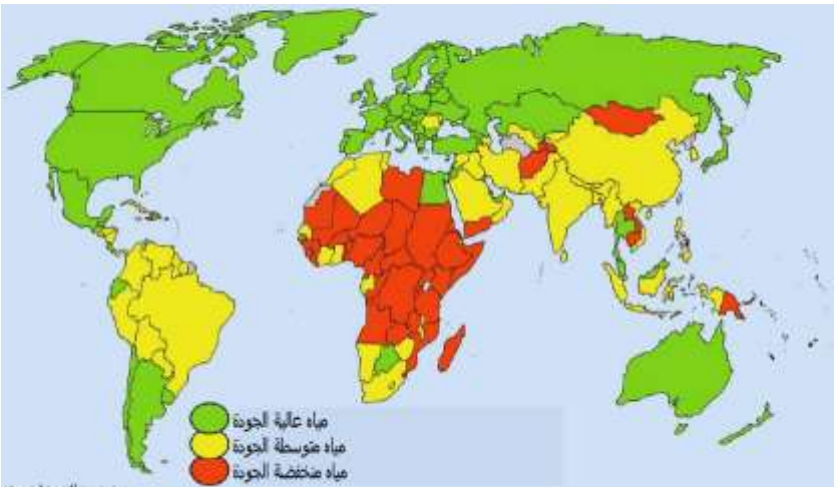
ملوثات المياه غير التقليدية

يشمل هذا الصنف من الملوثات المعادن السامة وغير السامة بشكليها الذائبة والعالقة، فضلاً عن المركّبات الكربونية العضوية القابلة للتحلل والثابتة التي يتم تصريفها إلى الوسط المائي بصورة مخلفات صناعية أو جزء من فضلات مستهلكة. فمثلاً هناك أكثر من 13000 انسكاب نفطي بكميات متباينة يحدث في أرجاء العالم

سنوياً. كما يُطرح روتينياً إلى المجاري المائية آلاف المواد الكيماوية مجهولة الأثر على البيئة لحد الآن. إذ يقدر أن نحو 400 إلى 500 مركّب جديد يدخل إلى السوق في كل سنة. فضلاً عن ذلك، يتخلف عن عمليات تعدين الفحم طرح كميات كبيرة من المخلفات الحمضية إلى الوسط المائي المجاور. هذا وتتفاوت الملوثات غير التقليدية من مواد خاملة بيولوجياً كالهيدروكربونات المهلجنة (ومثالها مركّب DDT والكيبون والميركس والفينولات المكلورة PCB). وتسبب هذه المركّبات الأخيرة أضراراً بيولوجية شديدة تتطلب تطهيراً كاملاً للمجرى المائي الملوث بها، ناهيك عن حدوث تأثيرات مزمنة شبه مميتة قد يتعذر اكتشاف مفعولها لسنين طوال. وقد ظهر أن الأثار المزمنة للملوثات الواطئة المستوى من الصعوبة بمكان ازالتها أو التخفيف من أثرها بسبب انتشارها الواسع وكونها ملوثات مستقرة كيميائياً.

عادةً ما تكون ملوثات الماء غير التقليدية.. خطيرة جداً على الصحة العامة

في المحصلة، فأن الملوثات على تنوع أشكالها تسبب تردي نوعية المياه والتقليل من صلاحيته للاستخدامات المختلفة (الشرب، الاستعمال المنزلي، الزراعي، الصناعي..)، وما ينتج عن ذلك من أخطار على الصحة العامة وتضرر الجدوى الاقتصادية عموماً. وفي كثير من البلدان تعد جودة المياه أحد مؤشرات الرفاهية الاجتماعية، فالبلاد ذات جودة المياه العالية توصف بارتفاع رفاهيتها الاجتماعية والصحية، فيما تكون البلاد ذات جودة المياه المنخفضة على نقيض ذلك (الشكل 4 – 5).



الشكل (4 – 5): تصنيف بلدان العالم بحسب جودة المياه وصلاحيتها للاستخدام البشري.

تلوث التربة

يقصد بتلوث التربة Soil pollution تدهور سطح الأرض جراء سوء استخدام التربة بفعل إتباع ممارسات زراعية خاطئة وسوء التنقيب عن المعادن وطرح المخلفات الصناعية والتكديس العشوائي لنفايات المدن.

سوء استخدام التربة

يؤدي سوء استخدام الأرض.. إلى تفاقم مشكلة تعرية التربة وتلوثها وفقدان استخدامها النفعي

تؤدي تعرية التربة، الناتجة عن إتباع ممارسات خاطئة في الزراعة عادةً، إلى إزالة مادة الدبّال الغنية من الطبقة السطحية والتي استغرقت وقتاً طويلاً في التكّون بفضل تفسخ النباتات وعمليات التحلل الميكروبي، فيفضي ذلك بالمحصلة إلى تجريد الأرض من عناصرها الغذائية الأساسية اللازمة لنمو المحاصيل الزراعية. كما تسبب أعمال التعدين للتنقيب عن المعادن والفحم تراكم مخلفات تمتد على مساحات شاسعة فوق الأرض

سنوياً، مما يؤدي إلى تجريد التربة وتعرض المنطقة التي تم تعدينها إلى مشكلات التعرية الكثيرة. ويطرح التوسع الحضري الناجم عن الزيادة السكانية مزيداً من المشكلات ذات العلاقة بتعرية التربة. فمثلاً قد تزداد حمولة الأنهار من الرواسب في المناطق الحضرية بمقدار 500 إلى 1000 ضعفاً مما عليه في المناطق البعيدة عن المدن. من جهة أخرى لا تعني تعرية التربة تجريد الأرض من غطائها الواقي فحسب، بل تلويث الأنهر بمواد صلبة عالقة. وقد يؤثر ذلك على عمل البيئات الطبيعية ويسبب أيضاً تراكم الغرين في القنوات الملاحية، مما يؤدي إلى تقليل فائدة هذه المياه للأغراض التجارية.

النفايات الصلبة

تشكل النفايات البلدية الصلبة Solid wastes، التي تشمل نفايات المنازل والمتاجر وأعمال التنظيف البلدية، أعظم المشاكل المهددة للتربة في الوقت الراهن. وفضلاً عن هذا النوع من النفايات، هنالك نفايات صلبة مصدرها عمليات التعدين والإنتاج الصناعي والزراعة. وعلى الرغم من أن النفايات البلدية تبدو أوضح للعيان، فأن ركامات الأنواع الأخرى من النفايات هي في الحقيقة أكبر حجماً بكثير، كما أن التخلص منها أكثر صعوبة في بعض الأحيان وتشكل خطراً أكبر على البيئة من سواها.

التهديد الأكبر للتربة في معظم مناطق العالم اليوم.. هي النفايات الصلبة

يعد الطمر الصحي Landfilling هو أكثر طرائق التخلص من النفايات الصلبة البلدية شيوعاً وأنسبها. وهناك المكبات المفتوحة التي تعد مظهراً مقرفاً في العديد من مدن العالم، إذ تجذب إليها أعداداً كبيرة من القوارض وغيرها من الحشرات وغالباً ما تكون مبعثاً لروائح كريهة. في حين أن الطمر الصحي يعد طريقة أفضل للسيطرة على تكدس النفايات ولا يصدر عنه روائح مقززة في العادة. ويجري

في الغالب خلط النفايات المنزلية بنفايات صناعية مجهولة المحتوى. وقد أفضى ترشح هذه المواد الكيماوية السامة إلى المياه الجوفية وتلويثها لإسالة المياه إلى قيام بلدان عدة مؤخراً بإتباع ضوابط أكثر صرامة في كل من مواقع الطمر الصحي وفي طرائق التخلص من المخلفات الصناعية. وعمل إتباع اجراءات دقيقة في إدارة مكبات الطمر الصحي كتوفير عملية تصفية ومعالجة المياه السطحية ناهيك عن التغطية اليومية للمكب بطبقة من التراب، على التخفيف من وطأة المشكلات الناجمة عن المكبات المفتوحة. على أن المساحة المخصصة لمكبات النفايات في بعض المناطق آخذة بالتقلص لذا يجب دوماً البحث عن بدائل.

يعد تدوير المواد وإعادة الاستفادة منها Recycling أحد الطرائق العملية للتخلص من النفايات البلدية والصناعية على حدّ سواء، إذ أن هناك اليوم تزايد في اعتماد هذا الأسلوب وإن كان لايزال محدوداً في بعض المناطق. لكن حينما يجري خلط النفايات، فأن عملية استعادتها تغدو صعبة ومكلفة للغاية. وعلى هذا تم تطوير وسيلة لفرز النفايات من مصادر طرحها وتصنيفها إلى معدنية وغير معدنية، ورق، زجاج، بلاستيك، مواد عضوية (بقايا الطعام).. الخ، حتى باتت هذه طريقة إجبارية في العديد من المجتمعات اليوم. وقد أفضى اعتماد طريقة إعادة التدوير إلى ابتكار العديد من الوسائل لمعالجة المواد المطروحة وتصنيع منتجات جديدة من المواد المعادة فضلاً عن إيجاد أسواق جديدة لتصريفها.

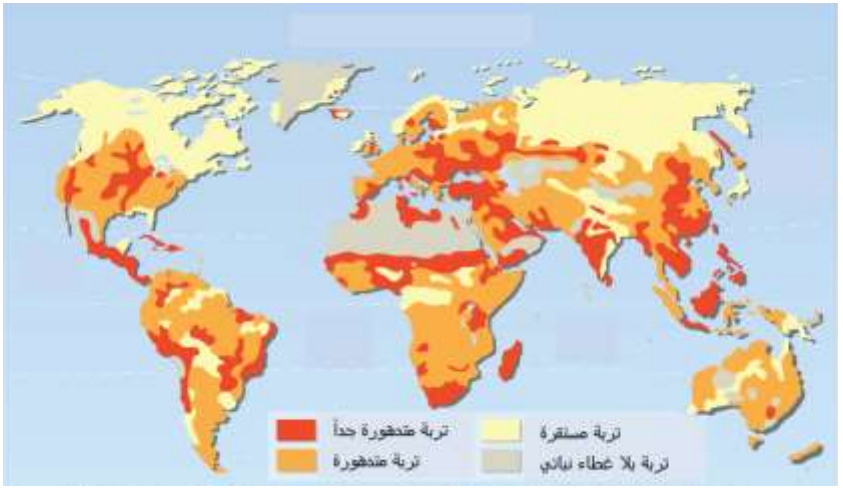
يعد تدوير النفايات.. أحد الوسائل الناجعة للتخفيف من تلوث التربة والأراضي

أما الحرق Incineration فهو طريقة أخرى للتخلص من النفايات الصلبة. فهنالك محارق متطورة تقوم باستخدام النفايات الصلبة كوقود، وذلك بحرق كميات كبيرة من القمامة والاستفادة من الحرارة الناتجة لتوليد البخار لمحطات

الطاقة الكهربائية. ومن شروط ذلك وجوب حرق النفايات بدرجات حرارة عالية جداً، ولذا يجب أن تكون مداخن المحارق مزودة بمرشحات وبأجهزة متطورة للتخلص من غاز الدوكسين وغيره من الملوثات السامة. ومع هذا، تصاحب المحارق جملة من المشكلات منها مثلاً الرماد المتخلف الذي يحتوي على نسب عالية من المعادن الثقيلة فيتحول بذلك إلى مادة خطرة بحد ذاته.

هناك أيضاً طريقة الإسَمدة Composting التي باتت تستخدم بشكل متزايد للتعامل مع بعض المخلفات الزراعية، ناهيك عن استخدامها في معاملة نفايات بلدية كأوراق النباتات والريش. ويمكن الاستفادة من هذه المنتجات في زيادة تخصيب التربة، إذ أنها تتحول إلى مادة دبّالية في غضون أشهر قليلة تسمى الكمبوست Compost.

على الرغم من كل ذلك، فقد تزايدت النشاطات البشرية المؤدية إلى تدهور التربة، وتزايدت معها مساحات الترب المتدهورة حول العالم. ومثلما يبين الشكل (5 – 5)، فأن مساحة الترب من الصنفين المتدهورة والمتدهورة جداً باتت تشكل نسبة مهمة من أجمالي الترب المستقرة، وربما ستتسع رقعة تدهور التربة مستقبلاً



الشكل (5 – 5): أصناف التربة بحسب درجات تدهورها الناتج عن النشاطات البشرية المختلفة.

باستمرار الممارسات المسيئة لاستخدامها وتكديس النفايات فوقها، الأمر الذي سوف يسفر عن مزيد من المشكلات البيئية المرتبطة بذلك.

التلوث الإشعاعي

يشكل التلوث الإشعاعي.. هاجساً مقلقاً لدى جميع بني البشر

يعرّف التلوث الإشعاعي Radiation pollution أنه أي شكل من أشكال الإشعاع المؤين وغير المؤين الناتج من فعاليات بشرية. وغالباً ما كان منشأ حالات التلوث الإشعاعي المعروفة التي حصلت حتى الآن هو انفجار المعدات النووية أو تحرر إشعاعات مسيطر عليها من محطات توليد الطاقة النووية. وتشكل وحدات معالجة المحروقات والنواتج العرضية لعمليات التعدين والتجارب المختبرية مصادر أخرى لانبعاث الإشعاعات. كما أن التعرض المتزايد لأشعة أكس X rays في الفحوصات الطبية والإشعاعات المنبعثة من أفران المايكروويف ومن غيرها من الأجهزة المنزلية تمثل كلها مصادر للتلوث الإشعاعي.

يعد انفجار محطة تشرنوبل أكبر كارثة تلوث إشعاعي في العالم

لقد تصاعد القلق الشعبي كثيراً حيال تحرر الإشعاعات إلى البيئة في أعقاب الكشف عن آثارها الضارة المحتملة على الإنسان، وذلك بعد انبعاث نسب عالية من هذه الإشعاعات جراء اختبارات الأسلحة النووية وكذلك جراء بعض الحوادث مثل حادثة محطة ثري مايل آيلند Three Mile Island النووية لتوليد الطاقة الواقعة بولاية بنسلفانيا الأمريكية عام 1979، وكارثة انفجار محطة تشرنوبل Chernobyl النووية عام 1986، ومؤخراً حادثة التسرب الإشعاعي من محطة فوكشيما Fukushima النووية

في اليابان عام 2011. كما تزايدت مخاوف الرأي العام إبان الثمانينات إثر الكشف عن وقوع مشكلات تلوث إشعاعي مقلقة في مفاعلات الأسلحة النووية الأمريكية.

لقد تم توثيق التداعيات البيئية الناجمة عن التعرض لمستويات مرتفعة من الإشعاعات المؤينة، وذلك عبر دراسات أجريت على أفراد تعرضوا إلى إشعاع نووي في اليابان عقب إلقاء القنبلة الذرية عليها خلال الحرب العالمية الثانية. إذ ظهرت الإصابة ببعض أنواع السرطان على الفور، لكن هناك أمراض كامنة للتسمم بالإشعاع لن تظهر إلا بعد مرور 10 إلى 30 عاماً من التعرض إليه. هذا ولا يعرف لغاية الآن الأثار التي يمكن أن تنتج عن التعرض للمستويات الإشعاعية المنخفضة، لكن أكبر قلق حيال هذا النوع من التعرض الإشعاعي يتمثل في احتمال تضرر الجينات الوراثية.

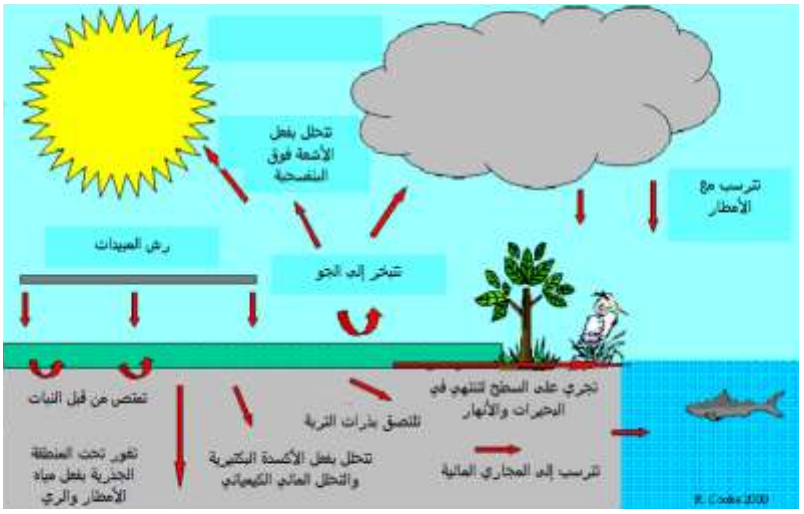
يؤدي التعرض للانبعاثات الإشعاعية المرتفعة.. إلى عواقب وخيمة على الصحة البشرية

هذا ولا يمكن معالجة النفايات النووية المشعة بالطرائق الكيماوية التقليدية، لذا ينبغي خزنها في حاويات مغلقة بإحكام وفي مناطق نائية بعيداً عن أي تواجد للكائنات الحية. وتعتمد أكثر مواقع التخزين أماناً في الوقت الحاضر على استخدام الكهوف العميقة غير المنفذة للماء أو مناجم الملح المهجورة. ومع هذا فأن معظم النفايات المشعة لديها أنصاف أعمار لا تقل عن مئات أو آلاف السنين، كما أنه لا توجد طريقة لخزن النفايات مأمونة تماماً.

التلوث بالمبيدات

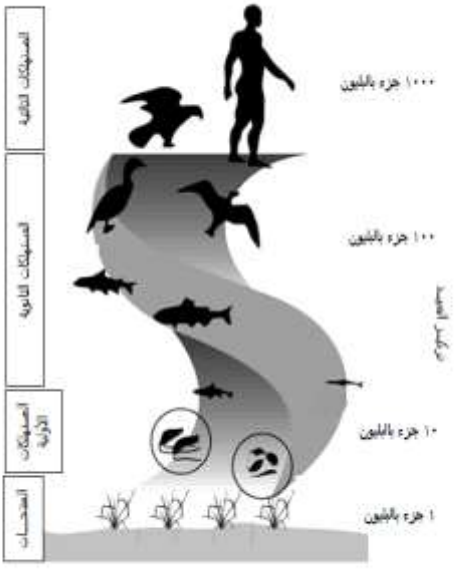
يمثل التلوث بالمبيدات.. تسمماً مباشراً للبيئة والإنسان

المبيدات Pesticides هي مواد كيماوية مُصنّعة، بعضها ذي أصل عضوي وبعضها الأخر لا عضوي، وقد جرى استخدامها بفعالية لأول مرة بقصد تحسين البيئة البشرية للقضاء على بعض الأنواع الأحيائية غير المرغوب فيها كالبكتريا والآفات الزراعية والحشرات المؤذية. غير أن فعاليتها هذه تسببت بتلوث لا يستهان به من ناحية الخطورة والمساحة التي تغطيها. إذ لا يقتصر التلوث بالمبيدات على المكان الذي استخدمت فيه فقط، بل يمكن أن ينتشر على مساحات واسعة ويسلك طرقاً متعددة يلوث من خلالها أجزاء مختلفة من البيئة مما يؤثر في مناطق أخرى وفي كائنات أخرى غير الكائن المستهدف. وبذلك تكون دورة المبيدات في البيئة متنوعة في مسالكها ومتباينة في تأثيرها البيئي (الشكل 6 – 5).



الشكل (6 – 5): دورة المبيدات في البيئة.

تكمن خطورة التلوث بالمبيدات في صنف يدعى بالمبيدات المستديمة أو الشديدة الفعالية تتسم بقدرتها على مقاومة التحلل من قبل النشاطات الكيميائية أو البيولوجية، ولها قابلية أيضاً على التراكم التدريجي والبقاء في أجسام الكائنات الحية المستهلكة لها ومن ثم تتركز مع كل مستوى تالي من السلسلة الغذائية الأحيائية (وهو ما يسمى بالتراكم الحيوي Bioaccumulation). ويعد مبيد DDT مثالاً ممتازاً على الأثر التراكمي الحيوي للمبيدات. فلو تم استعمال مبيد DDT في منطقة ما بحيث لا تتجاوز مستوياته في البيئة المحيطة واحد جزء بالبليون، فأن البكتريا وغيرها من الكائنات المجهرية ستقوم بهضم المبيد والاحتفاظ به، وبذلك قد يتضاعف التركيز مئات أو آلاف المرات بالتدريج. ويحصل هذا التضاعف عندما يتواصل ابتلاع المبيدات من قبل الكائنات الحية الأعلى مرتبة فالأعلى: الأشنات والطحالب، المحار، الأسماك، الطيور، ومن ثم الإنسان. وقد يصل هذا التركيز في الكائنات الأعلى رتبة إلى آلاف أو ملايين الأجزاء بالبليون (الشكل 7 – 5).



الشكل (7 – 5): التراكم الحيوي لبقايا مبيد DDT وتضاعف تركيزه في السلسلة الغذائية.

تتميز معظم المبيدات بكونها متعددة الاستخدام، بمعنى أنها ليس مخصصة لنبات أو كائن حي معين. ومن الأمثلة المشهورة على ذلك هو تأثير مبيد DDE (وهو ناتج عرضي يتحلل عن مبيد DDT بحد ذاته)، ويتميز بفعاليته على تثبيط إنتاج الطيور لمادة الكالسيوم الضرورية لبناء قشور بيضها، مما يؤدي إلى رقاقة قشور

البيض وتفقيسه قبل أوانه. وهناك أثر جانبي أخر للمبيدات وهو تأثيرها في الجهاز العصبي للحيوانات والأسماك، إذ قد تسبب فقدان التوازن والتشوش وربما تقود أحياناً إلى الموت. وتمثل هذه الأمثلة في العموم حالات التأثير الشديد على المدى القصير حين تكون مستويات المبيدات في جسم الكائن الحي مرتفعة نسبياً.

أما الأثار البعيدة الأمد (المزمنة) للمبيدات المستديمة فلا زالت غير معروفة تماماً في واقع الحال، بيد أن العديد من العلماء يرون أن خطرها على البيئة كبير بقدر خطر التأثيرات القصيرة الأمد. أما المبيدات أو البدائل غير المستديمة (القابلة للتحلل بسهولة) وتقنيات التعقيم والتطهير وإدخال مفترسات تتغذى على الحشرات والآفات الضارة، فهي تعطي صورة أكثر إشراقاً للسيطرة على الآفات من دون أن تكون هناك أضرار كبيرة على البيئة.

هذا ويبين الشكل (8 – 5)، بعضاً من أشد بؤر التلوث بالمبيدات في العالم الناتجة عن العمليات الزراعية مقروناً بعدد السكان المحتمل تعرضهم للخطر من جراء ذلك.

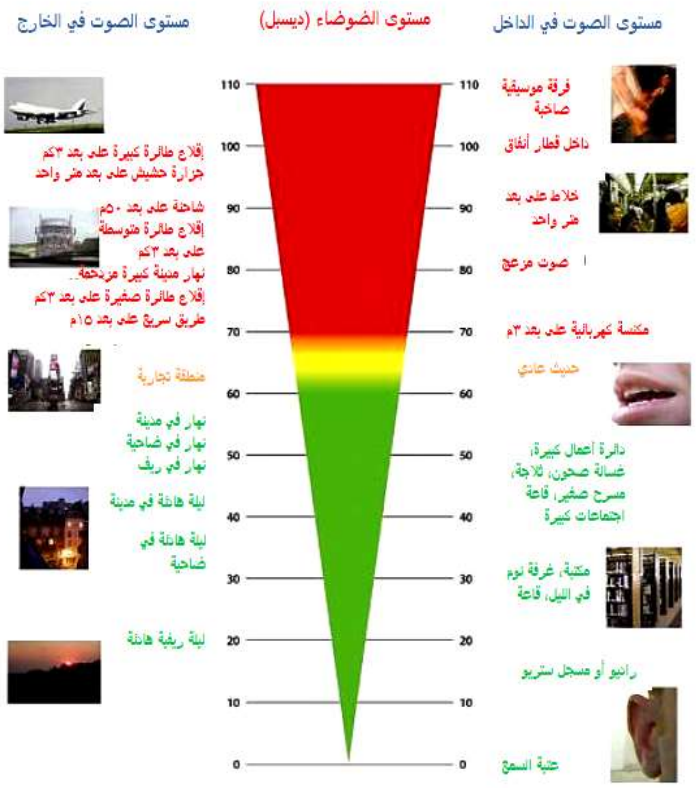
الشكل (8 – 5): بؤر التلوث بالمبيدات في العالم وعدد السكان المتضررين.

التلوث الضوضائي

التلوث الضوضائي.. مشكلة العصر وضريبة التقدم

يعد التلوث الضوضائي Noise pollution حديث النشأة نسبياً. والمقصود به مجموع الأصوات المتولدة عن نشاطات بشرية والتي تتفاوت من ضوضاء ناتجة عن الأجهزة المكبرة للصوت إلى ضوضاء طائرات النقل الخارقة لحاجز الصوت. وعلى الرغم من أن درجة تردد الضوضاء (الحدة الصوتية) تعد ذات أهمية كبرى في هذا المجال، فأن معظم مصادر الضوضاء تقاس في ضوء شدة المجال الصوتي أو قوته. إذ تقاس الضوضاء بوحدة مقياس تسمى الديسبل (dB)، وهي تمثل مقدار الصوت المسموع من قبل الأذن البشرية. هذا وتكون الضوضاء في العادة مصاحبة للمجتمعات الصناعية، حيث أصوات المكننة الثقيلة والسيارات والطائرات التي أصبحت شيئاً معتاداً في حياتنا اليومية. ويكون التلوث الضوضائي أكثر شدة في بيئة العمل مما عليه في البيئة العامة الخارجية، علماً أن الضوضاء الخارجية قد شهدت زيادة ملحوظة في مستوياتها منذ ثمانينات القرن الماضي. هذا ويتراوح معدل الخلفية الضوضائية في منزل نموذجي اليوم بين 40 و 50 ديسبل. ومن الأمثلة المعتادة حول مستويات الضوضاء المرتفعة في البيئة هي الأصوات الصادرة عن الشاحنات الثقيلة (90 ديسبل على بعد 15 متر) وقطارات الشحن (75 ديسبل على بعد 15 متر) ومكيفات الهواء (60 ديسبل على بعد 6 أمتار) (الجدول 1 – 5).

الجدول (1 – 5): مقياس مستوى الصوت ودرجة الضوضاء بوحدة الديسبل.



يعد تضرر السمع من أكثر الآثار الفسيولوجي الناتجة عن التلوث الضوضائي التي يمكن قياسها بسهولة، وقد يكون هذا التضرر وقتياً أو دائمياً وقد يسبب إرباكاً في القيام بالنشاطات الاعتيادية أو قد يكون مجرد ازعاج عابر. ويتفاوت هذا الأثر تبعاً لحساسية الفرد ومدة التعرض وطبيعة مصدر الضوضاء (درجة الصخب) والتوزيع الزمني للتعرض (كأن يكون ثابتاً أو متقطعاً). وتبدأ معاناة كل شخص حين يصل مستوى الضوضاء في المعدل إلى 75 أو 80 ديسبل لمدة عدة ساعات. ولا تتوقف المعاناة حتى يزول المصدر المسبب للضوضاء. وثمة مستوى ضوضائي مهم أخر يؤثر على الوظائف الفسيولوجية للإنسان ذلك هو ما

من أخطر نتائج التلوث الضوضائي.. هو فقدان السمع

يسمى بعتبة الألم، وهي العتبة التي ينتج عنها ألماً جسمانياً (تبلغ 130 إلى 140 ديسبل) حتى لو كان التعرض لوقت قصير. وعلى هذا فأن أي ضوضاء تقع ضمن هذا العتبة قد تسبب ضعفاً دائمياً في السمع. وحين تبلغ الضوضاء أقصى مستوياتها (أكثر من 150 ديسبل)، فأنها قد تسبب أذىً جراحياً في داخل الأذن وفقداناً تاماً للسمع.

على الرغم من قلة المعلومات المتوفرة حول الآثار الجانبية النفسية لمستويات الضوضاء المرتفعة، فأن باحثين كثر يعزون حالات سرعة الانفعال وانخفاض الانتاجية وتعكر المزاج والخشونة في معاملة الأخرين فضلاً عن زيادة الإصابة بأمراض القرحة والصداع النصفي والإعياء، إلى التعرض المستمر لمستويات عالية من الضوضاء سواء في بيئة العمل أم في البيئة الخارجية.

أسئلة للمناقشة والمراجعة

1- ما تعريف التلوث والملوثات البيئية؟ ومتى يستكمل التلوث شروطه؟

2- ما العوامل التي تدفع باتجاه تفاقم مشكلة التلوث البيئي منذ قيام الثورة الصناعية وحتى الآن؟

3- للتلوث مكامن خطورة عديدة، وعلى ضوء ذلك يُصنف إلى ثلاثة أصناف. وضح تلك المكامن وهذه الأصناف.

4- ماذا يعني تلوث الهواء؟ وما الملوثات الرئيسة للغلاف الجوي؟ وما هو البعد الجغرافي لمشكلة تلوث الهواء؟

5- ما الفرق بين الضباب الدخاني والدخان الكيماضوئي؟ وكيف يحدث هذا الأخير؟ عزز إجابتك برسم توضيحي.

6- ما تعريف تلوث المياه والملوثات التقليدية وغير التقليدية للمياه؟

7- كيف تحدث ظاهرة الإثراء الغذائي؟ وما أثرها في البيئة الأحيائية؟

8- أين تتركز الأصناف الثلاثة للمياه جغرافياً بحسب درجة جودتها: العالية والمتوسطة والمنخفضة الجودة؟

9- يعد سوء استخدام التربة سبباً مهماً لتلوثها. حددّ هذه المشكلة في نقاط واضحة.

10- ما المعالجات المتبعة في السيطرة على مشكلة تكدس النفايات الصلبة بوصفها أحد أسباب تلوث التربة والأراضي؟

11- لماذا يشكل التلوث الإشعاعي قلقاً كبيراً لدى الناس؟ أجب من خلال بيان المخاطر البيئية الناتجة عنه.

12- بيّن في مرتسم توضيحي دورة المبيدات في البيئة. ثم علل سبب انتشار المبيدات على رقعة جغرافية واسعة حتى وإن اسُتخدمت ضمن منطقة محدودة.

13- ما المقصود بالتراكم الحيوي؟ ولماذا يشكل خطراً كبيراً على البيئة والأحياء حين يتعلق الأمر بالمبيدات الفتاكة؟

14- لماذا تعد مشكلة التلوث الضوضائي حديثة نسبياً؟

15- لخصّ، في نقاط واضحة، أثار المستويات المرتفعة للضوضاء على صحة الإنسان.

❋ ❋ ❋

الفصل السادس

مشكلة تحطيب الغابات المدارية

يعرض هذا الفصل إلى بحث مشكلة تحطيب الغابات المدارية التي تعدّ من أكثر المشكلات البيئية قلقاً. ويتم هنا أولاً التعريف بجغرافية الغابات المدارية المطيرة بوصفها محط المشكلة، ثم تحديد معنى تحطيب الغابات والمعدلات الجارية عليها، وبحث العوامل المسببة لتدميرها، ثم استعراض أهم العواقب البيئية الناتجة عن ذلك الفعل.

الغابات المدارية ومعدلات تحطيبها

جغرافية الغابات المدارية

تعد الغابات المدارية المطيرة..
أكثر الإقليم الاحيائية فوق الكوكب جمالاً وتنوعاً

تعد الغابات المدارية من أكثر حدائق الطبيعة سحراً وجمالاً. وعبر سقف الغابة المدارية التي تتصف بأوراقها الضاربة إلى اللون الأخضر تتوغل أشعة الشمس الساطعة عبر أغصان الأشجار، لترسم مشهداً لا مثيل له في عالم الطبيعة.

تقع الغابات المدارية المطيرة حول خط الاستواء في ثلاثة أقاليم رئيسة، هي: جنوب شرقي أسيا، وغرب أفريقيا، وفي أمريكا الجنوبية والوسطى. ويتحدد نطاق توزيع معظمها بين دائرتي عرض 10 درجة شمال وجنوب خط الاستواء، وهناك أيضاً أجزاء متفرقة من الغابات المدارية تتمثل في كل من أمريكا الوسطى والمكسيك

وجنوب شرقي البرازيل والأجزاء الشرقية من جزيرة مدغشقر وجنوب الهند وكذلك في الأقسام الشمالية الشرقية من أستراليا (أنظر الشكل 1 – 2).

يتميز مناخ إقليم الغابات المدارية بكونه دافئاً ورطباً على مدار السنة، مع درجات حرارة قليلة التباين فصلياً لكنها ذات تباين واضح خلال اليوم الواحد. ولا يتسم إقليم الغابات المدارية بالحر الشديد كما يجري الاعتقاد، فمعدل درجة الحرارة في هذه المناطق يتراوح بين 25° إلى 27° مئوية، وهو في الحقيقة معدل حراري أقل بكثير من معدلات درجات الحرارة في كثير من الصحاري والأقاليم المعتدلة. أما الأمطار، فهي تعد الأكثر غزارة في هذا الإقليم، إذ تتراوح كميتها السنوية ما بين 2000 إلى 4000 ملم، أو أكثر من ذلك أحياناً. وتهطل الأمطار بشكل متساوي تقريباً طيلة أيام السنة، ولا يكاد يوجد شهر أو فصل جاف في هذه المنطقة.

تعد تربة الغابات المدارية فقيرة في عناصرها الغذائية على وجه العموم، ويرجع ذلك لعمليات الغسيل المستمرة بفعل الأمطار الغزيرة والتحلل السريع للمادة العضوية المتزامن مع الرطوبة والحرارة العاليتين. ونتيجة لذلك غالباً ما تميل تربة الغابات المدارية إلى الحامضية وتكون قليلة السمك وشحيحة في مادتها العضوية. ولذا تستمد الغابات هنا المادة الغذائية من الغطاء الخضري والاحيائي المكون للغابة أكثر من اعتمادها على التربة. على أنه توجد غابات مدارية تمتاز بخصوبة تربتها جداً، فمثلاً هناك غابات تنمو فوق ترب بركانية ناشئة، بحيث أن الأمطار الغزيرة لم تؤثر بعد في غسل العناصر الغذائية منها. وتوجد مثل هذه الترب أيضاً بجوار الأنهار، حيث تتزود هذه المناطق بكميات جديدة من العناصر الغذائية مع كل فيضان يحدث.

من الناحية الأحيائية، فأن الغابات المدارية تعد الأكثر تنوعاً. إذ يوجد في الهكتار الواحد (10.000 متر مربع) من الغابة المدارية أكثر من 300 نوع من

الأشجار التي يمكن أن يصل ارتفاع بعضها إلى ما يزيد عن 150 متراً، ناهيك عن أعداد هائلة من النباتات الهوائية والمتسلقة والأعشاب وغيرها. وتعج الغابة المدارية أيضاً بأعداد وفيرة من الحيوانات كالببغاوات والخفافيش ودببة الكسلان والأفاعي والضفادع والقردة وغيرها، إذ يكون ارتباطها بالأشجار شديداً. أما أعالي الأشجار فعادةً ما تكون مأوى لأعداد هائلة من الحشرات التي تدب فوقها، فقد تضم الشجرة الواحدة مثلاً على أكثر من 250 نوع من النمل، فضلاً عن آلاف الأنواع الأخرى التي لازال العلماء لم يعرفوها بعد.

تعريف تحطيب الغابات

يمكن تعريف تحطيب الغابات Deforestation على أنه عملية قطع أشجار الغابات وإزالتها من مكانها الأصلي بمساحات شاسعة، وذلك لأغراض شتى.

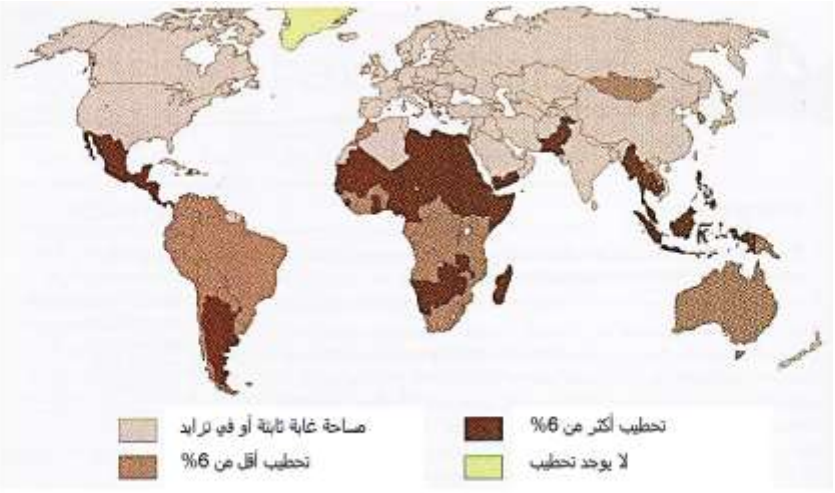
مارس الإنسان قطع الأشجار كمهنة قديمة.. لكنها تحولت في الوقت الحاضر إلى مشكلة

لقد عمل الإنسان منذ القدم على إزالة الغابات، أما لاستخدام أخشابها بحد ذاتها أو لاستثمار الأرض التي تنتصب فوقها. وعلى مر التاريخ، كان تحطيب الغابات من أولى الخطوات التي نفذها الإنسان بصرف النظر عن حرفتي الصيد والالتقاط ومن ثم رعي الماشية وصولاً إلى حرفة الزراعة المستقرة وغيرها من المهن الاقتصادية. وقد تعرضت الغابات لعمليات الإزالة في أوربا إبان العصرين الحجريين الأوسط والحديث، لكن الأقسام الوسطى والغربية من القارة شهدت مرحلة تحطيب كثيفة في المدة ما بين 1050 – 1250 ميلادي. وبعد ذاك، حينما وصل المستوطنون الأوربيون إلى أمريكا الشمالية، شهدت مساحات واسعة من غاباتها عمليات تحطيب بمعدل أسرع بكثير مما شهدته أوربا، إذ اجتث من غابات أمريكا الشمالية في غضون 200 سنة أكثر مما اجتث في أوربا على مدى 2000 سنة. وتشير تقديرات منظمة الزراعة والأغذية

الدولية FAO إلى أنه في عصور ما قبل الزراعة كانت مساحة الغطاء الغابي في العالم تناهز 5 بليون هكتار، وقد انخفض هذا الرقم إلى 3.9 بليون هكتار مع مطلع العام 2000. وعلى الرغم من أن معظم هذه الخسارة قد حصلت في العروض المعتدلة من نصف الكرة الأرضية الشمالي، فأن نسبة الخسارة في ذلك النطاق قد شهدت انخفاضاً ملحوظاً في العقود الأخيرة، إذ تحولت العديد من البلدان إلى ممارسة برامج زراعة البستنة. في الوقت ذاته، أدى تضافر الزيادة السكانية السريعة وتطور وسائط الوصول إلى الغابات في المناطق المدارية في الآونة الأخيرة إلى تسارع معدلات تحطيب الغابات فيها نتيجة لذلك.

معدلات تحطيب الغابات

تتباين تقديرات المعدل السنوي لتحطيب الغابات المدارية من عقد لأخر، ففي مطلع سبعينيات القرن الماضي تراوح المعدل بين 11 إلى 15 مليون هكتار، ثم أنخفض في أواخر السبعينيات ليتراوح من 6.1 إلى 7.5 مليون هكتار ، لكن عاد وارتفع في الثمانينيات ليتراوح بين 12.2 إلى 14.2 مليون هكتار. ويظهر من



الشكل (1 – 6): معدل تغير الغطاء الغابي بحسب البلدان للمدة 1990 – 2000.

الشكل (1 – 6) أحدث التقييمات لمعدلات تغير الغطاء الغابي بحسب البلدان، الذي أعدته منظمة الزراعة والأغذية الدولية. إذ تبين هذه الخريطة بشكل واضح تزايد مساحة الغطاء الغابي أو استقراره عموماً في مناطق العروض العليا، أما البلدان المدارية فهي تعاني في واقع الحال من تناقص واضح في مساحات غاباتها. وبحسب التخمينات، فأن معدل تحطيب الغابات في جميع المناطق المدارية للمدة 1990 – 2000 قد بلغ 14.2 مليون هكتار سنوياً. على أن هذا المعدل كان أقل من ذلك خلال المدة 1981 – 1990 ، إذ بلغت نحو 13.1 مليون هكتار.

أسباب تحطيب الغابات المدارية

تتعدد أسباب تحطيب الغابات المدارية.. وتتداخل مع بعضها بشكل معقد

ليس من السهل إيجاز أسباب تحطيب الغابات في المناطق المدارية المطيرة، ذلك لأن قطع الأشجار يمثل النتيجة النهائية لسلسلة طويلة من العوامل والمسببات التي تترابط مع بعضها بصور شتى. لكن يمكن القول عموماً أن الأشخاص الذين يقومون بقطع الأشجار يتمثلون بالمزارعين ومربي المواشي والحطابين.

على أن الفهم السليم لعملية تحطيب الغابات يستلزم بحثاً معمقاً للقوى الكامنة وراء هذه العوامل. فمثلاً، يعد الوصول إلى الغابات أمراً مهماً، وهذا يتوفر عادة من خلال مد شبكات الطرق. ولهذا، فأن شق طريق جديد، سواء أكان ذلك بواسطة أحدى شركات التحطيب أو كجزء من مشاريع التنمية الوطنية، يعد جزءاً مكملاً من عملية تحطيب الغابات. ويتمثل الطرف الأخر من المعادلة بالدور الذي تلعبه العوامل الاجتماعية والاقتصادية التي تدفع بالناس إلى مجاورة الغابة: فالفقر وتدني الإنتاج الزراعي وعدم المساواة في توزيع الأراضي عوامل مهمة في الغالب، أما معدلات النمو السكاني السريعة التي تتصف بها العديد من بلدان المنطقة

المدارية فهي أيضاً تلعب دوراً في ذلك. ويعد دور الحكومات عاملاً أخر يشجع بعض الجماعات على استثمار موارد الغابات، وذلك من خلال تقديم القروض للحطابين ومربي المواشي، مثلاً، أو من خلال خطط إعادة التوطين الواسعة النطاق. وعلى الصعيد العالمي، لابد أيضاً من الأخذ بعين الاعتبار دور الأسواق الدولية في تداول بعض منتجات الغابات، كالخشب المنشور، وغيرها من المنتجات الواردة من البساتين الزراعية.

تتباين أهمية هذه العوامل من بلد إلى أخر ومن منطقة إلى أخرى، وقد تتغير بمرور الزمن. ويمثل الجدول (1 – 6) العوامل الرئيسة التي تكمن وراء تحطيب الغابات في أهم أقاليم الغابات المدارية. إذ تغيرت طبيعة تحطيب الغابات من عملية كانت تقع أساساً على عاتق الدولة إلى عملية راحت تنفذها شركات خاصة في العقود الأخيرة من القرن العشرين. فخلال فترة السبعينيات أدى شق الطرقات من قبل الدولة والبرامج الاستعمارية إلى فتح مناطق عديدة بوجه الاستيطان البشري والشروع بتحطيب الغابات عبر سائر أرجاء المناطق المدارية. وبحلول التسعينيات تلاشت جميع هذه البرامج، ليحل محلها عمليات تحطيب تقوم بها شركات خاصة أخذت تتوسع مدياتها وتتنوع وسائلها منذ عقد السبعينيات من القرن المنصرم.

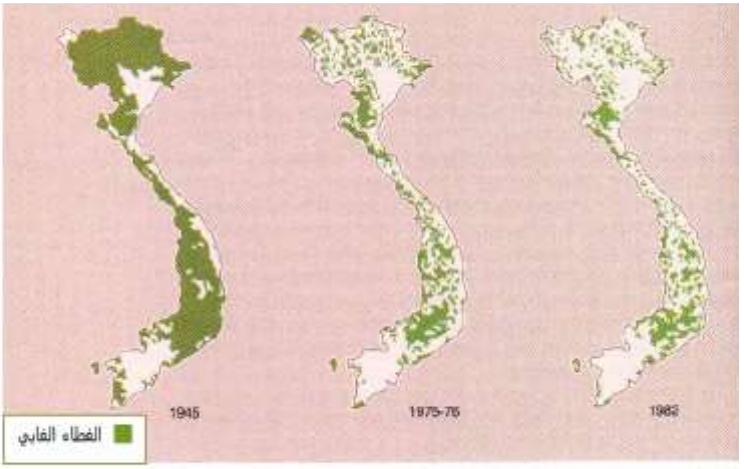
الجدول (1 – 6): العوامل المسببة لتحطيب الغابات المدارية في بحسب أقاليمها الرئيسة في العالم.

الإقليم	العوامل الرئيسة
أمريكا اللاتينية	تربية الماشية، إعادة التوطين والهجرة العفوية، التوسع الزراعي، شبكات الطرق، الضغط السكاني، البنى الاجتماعية غير المتكافئة.
أفريقيا	جمع حطب الوقود، تحطيب الأشجار، التوسع الزراعي، الضغط السكاني.
جنوب آسيا	الضغط السكاني، التوسع الزراعي، الفساد الإداري، جمع الأعلاف، جمع حطب الوقود.
جنوب شرق آسيا	الفساد الإداري، التوسع الزراعي، تحطيب الأشجار، الضغط السكاني.

أمثلة حول مسببات تحطيب الغابات المدارية في بعض البلدان

فيتنام

يتضح أثر العوامل الخارجية على حجم تحطيب الغابات الذي جرى في بعض البلدان، من تجربة فيتنام، وهو بلد كان في عصور ما قبل الزراعة مغطى بأكمله تقريباً بالغابات لكنه خسر أكثر من 80٪ من مساحته الغابية الأصلية، وحصل معظم ذلك خلال النصف الثاني من القرن الماضي (الشكل 2 – 6). إذ شهدت القرون القليلة المنصرمة إزالة الغابات من مناطق السهول الساحلية والوديان لغرض الزراعة، وكذلك إبان فترة الاستعمار الفرنسي عندما جرى إزالة مساحات واسعة في الجنوب لزراعتها ببساتين الموز والبن والمطاط، ومع ذلك بقيت 45٪ من مساحة البلاد مغطاة بالغابات لغاية أربعينيات القرن العشرين. لكن تلك النسبة هبطت إلى حوالي 17٪ حتى أواخر الثمانينات على إثر تدمير مناطق شاسعة جراء الحرب الفيتنامية، ولازالت تلك المساحات المزالة من الغابات آخذة بالاتساع نظراً للتدمير الناتج عن النمو السكاني السريع وأعمال إعادة الإعمار ما بعد الحرب.



الشكل (2 – 6): التناقص التدريجي للغطاء الغابي في فيتنام، 1945 ـــ 1982.

ساحل العاج

لعبت قوى الاقتصاد الدولي التي تعد مكملة لتحطيب الغابات في مناطق عديدة دوراً أساسياً في غرب أفريقيا، حيث بات من الصعب أن تجد في معظم بلدان المنطقة إقليماً نباتياً طبيعياً بكراً إلا وطالته يد إنسان. والمثال التقليدي على ذلك هو ساحل العاج. إذ لا يوجد هناك في الواقع دراسة تناولت تحطيب الغابات في المنطقة المدارية إلا وخلصت إلى أن ساحل العاج قد عانت من أسرع معدل لإزالة الغابات في العالم، إذ بلغ 2800 – 3500 كم^2 سنوياً خلال الـ 40 عاماً الماضي.

تعد ساحل العاج.. من أكثر البلدان المدارية استغلالاً لغاباتها

تنظر ساحل العاج، شأنها شأن معظم الحكومات الأفريقية، إلى غاباتها كمصدر للريع والتبادل الخارجي. ومع هذا، فإذا ما سلمنا بالديون الخارجية الكبيرة للبلاد، وبتدني الأسعار الدولية تجاه صادرات السلع الزراعية، فأن ليس أمام البلاد بدائل كثيرة سوى التوجه إلى استغلال غاباتها بكثافة. ففي العام 1973، وفرت صادرات المنتجات الخشبية 35٪ من العائدات المالية، غير أن هذا الرقم انخفض إلى 11٪ فقط مع نهاية القرن الماضي نتيجة للتناقص السريع في قاعدة هذا المورد. وفي أواخر السبعينيات، كان يستخرج في كل سنة نحو 5.5 مليون م^3 من الخشب المدور الصناعي، لكن هذا الإنتاج هبط إلى ما دون 3 مليون م^3 بحلول العام 1991. وفي العام 1997 وضعت ساحل العاج قيوداً على تصدير الأخشاب بهدف زيادة إيراداتها من خلال تصنيعه في الداخل. وأسفر ذلك عن تزايد معامل تقطيع الأخشاب وزيادة تصنيع المنتجات الخشبية، لكنه أدى أيضاً إلى هبوط أسعار الخشب بالنسبة لمالكي الغابات، وإلى تدني المورد الغابي وحدوث تداعيات سلبية في مجال إدارة الغابات. هذا وبلغ إنتاج الخشب المدور الصناعي في

العام 2004 نحو 1.7 مليون م^3. ومن الأمور التي حفزت على تحطيب الغابات في ساحل العاج أيضاً هو نمو السكان من 5 مليون نسمة في عام 1970 إلى حوالي 15 مليون نسمة في العام 2000، وكذلك عدم سيطرة المزارعين على الاستيطان البشري والقيام بإزالة الغابات لغرض إنشاء بساتين لزراعة البن والكاكاو بدعم وتشجيع حكومي.

الفلبين

يعد تحطيب الأخشاب والزراعة العاملين الرئيسين لإزالة الغابات في الفلبين منذ أربعينيات القرن الماضي. إذ تقلص الغطاء الغابي في الفلبين من 70٪ من مساحة أرض البلاد إلى 50٪ بين الأعوام 1900 و 1950، ثم تقلصت المساحة مرة أخرى إلى أقل من 25٪ في مطلع التسعينيات، في الوقت الذي اختفت فيه غابات الأراضي المنخفضة من البلاد تماماً. ولغاية العام 2000، تقدر نسبة الغابات الطبيعية التي تغطي مساحة البلاد بحوالي 17٪ فقط.

البرازيل

لقد كان للسياسة الحكومية دوراً أساسياً في تحطيب غابات حوض الأمازون في البرازيل، إذ تمت المباشرة على نطاق واسع في أواسط سبعينيات القرن العشرين بخطة متفق عليها لتطوير المناطق المدارية من البلاد. وكان التوسع الزراعي أهم عامل مسؤول عن إزالة الغابات في ذلك الوقت، سواء من قبل المزارعين الصغار أو من مزارعي المزارع التجارية الواسعة، بما في ذلك مربي الأبقار الإنتاجية لسد حاجة السوق المحلية. وحفزت رؤية الحكومة البرازيلية لمنطقة الأمازون على كونها أرض فارغة لكنها غنية بالموارد على الشروع ببرامج إعادة التوطين، لاسيما في ولايتي روندونيا Rondonia وبارا Para تحت شعار "شعب بدون أرض في أرض بدون شعب"، إلى جانب برامج للتوسع الزراعي وخطط لاستغلال المعادن والموارد الأحيائية والكهرومائية.

تعد منطقة روندونيا في غابات الأمازون البرازيلية..
مثالاً بارزاً على أثر السياسات التشجيعية الحكومية في زيادة رقعة تحطيب الغابات بمرور السنين

تتلخص أسباب تحطيب الغابات في الأمازون البرازيلية، في قيام المعونات الحكومية بتشجيع تربية المواشي نظراً لما تتسم به الأرض والماشية من جاذبية لادخار الثروة أثناء فترات التضخم العالي. وتعد طريقة زراعة "أقطع وأحرق" التي أتبعها المزارعون الأوائل الذين جاؤوا إلى الأمازون من المناطق الأخرى، كبديل لطريقة الزراعة المتنقلة التي كان السكان الأصليون في المنطقة يمارسونها منذ وقت بعيد، سبباً مهماً أخراً لتحطيب الغابات، حيث كان هذا الأسلوب سائداً منذ القدم في مناطق الأمازون في كل من بيرو والأكوادور. ويتم إتباع أسلوب أقطع وأحرق المبتكر حيثما كانت الكثافة السكانية كبيرة جداً، إذ لا يوجد في الغالب فترات كافية لإراحة الأرض ويعقب زراعة الأرض بمحصول أولي زراعتها بالعشب لأجل الرعي، الأمر الذي يجعل الأرض تفقد استدامتها في النهاية.

عواقب تحطيب الغابات المدارية

يحدث تحطيب الغابات في المناطق المدارية، شأنه في ذلك شأن التحطيب في أي مكان أخر من العالم، بدافع رغبة الناس في الاستفادة من موارد الغابات. وعلى هذا، فأن تحطيب الغابات المدارية يمد المجتمعات البشرية بفوائد جمّة كالطعام والأخشاب والمواد الخام الأخرى، فضلاً عن توفير فرص عمل ومردود مالي لعدد كبير من

البلدان، أغلبها بلدان فقيرة نسبياً. غير أن خسارة الغابات قد تؤدي أيضاً إلى تدهور بعض خدماتها البيئية، إذ أن معظم القلق الدائر اليوم حول قضية تحطيب الغابات المدارية يكمن في احتمال تعرض الدور الذي تلعبه الغابات في دعم أنظمة الحياة البشرية إلى الاضطراب، ذلك الدور المتمثل في تعديل المناخ المحلي وفي جريان المياه وفي الدورات الغذائية، ناهيك عن دورها في كونها مخزناً للتنوع الأحيائي وموطناً طبيعياً للكثير من الأحياء. هذا ويمكن أن يتباين أثر العواقب البيئية السلبية الهائلة الناجمة عن خسارة الغابات المدارية من نطاق محلي إلى أخر عالمي. وعلى ذلك سنبحث هنا التأثيرات البيئية لتحطيب الغابات على النحو الآتي:

يؤدي تحطيب الغابات المدارية.. إلى خسارة خدمات بيئية قيمة

التأثير في الموارد المائية

إن لتحطيب الغابات أثر جسيم على الموارد المائية. إذ يؤدي تحطيب الغابات عموماً إلى زيادة الجريان السطحي وتسارع تصريف مياه الأنهار، وهي علاقة سببية أثبتتها الدراسات التي أجريت على الأحواض النهرية الصغيرة (التي تقل مساحتها عن 10 كم^2) في كل المناطق المدارية. ومن المحتمل أن تتأثر النظم النهرية الأكبر بالطريقة عينها. وثمة قلق حيال دور الغابة في تنظيم جريان الأنهار والجداول المائية المتدفقة من المنابع العليا. ويتجلى هذا القلق في أوضح صوره في مدى التأثير الإقليمي على الأنظمة الطبيعية جراء تحطيب الغابات في جبال الهمالايا. وهنالك نظرية لاقت رواجاً واسعاً بهذا الخصوص مفادها أن التحطيب الواسع الذي شهدته المنطقة منذ العام 1950 هو

يعني فقدان الغابات.. اختلال دورة الماء في الطبيعة وتزايد الفيضانات المدمرة

المسؤول عن تزايد فيضانات نهري الغانغ والبراهمابوترا. على أن هذه النظرية لم تسلم في الحقيقة من الانتقادات كونها لم تقدم أدلة كافية على العلاقة المفترضة بين تحطيب الغابات وتزايد الفيضانات. لكن أحدى الدراسات التي أجريت على بعض البلدان النامية وجدت علاقة واضحة ما بين زيادة الفيضانات وتقلص مساحة الغابة الطبيعية. وظهر أيضاً وجود علاقة طردية بين تناقص الغطاء الغابي الطبيعي من جهة ومقاييس أخرى للفيضانات (مثل: طول فترة حدوثها، عدد الناس الذي لقوا حتفهم ونزحوا عن ديارهم بسببها، الأضرار الإجمالية..) من جهة أخرى.

التأثير في خزانات السدود وفي منسوب المياه الجوفية

يسهم تحطيب الغابات..
في رفع منسوب المياه الجوفية

يمكن أن تسبب كميات الرواسب الكبيرة التي تحملها الأنهار نتيجة لتحطيب الغابات في المناطق التي تنبع منها، أثراً سلبياً على خزانات السدود. إذ إنها تؤدي، مثلاً، إلى تقصير عمرها المفيد كمجهزات للطاقة ولمياه الري ويستلزم إعادة تنظيفها مبالغ طائلة. ومن المحتمل أيضاً تأثر منسوب المياه الجوفية المحلية بتحطيب الغابات. فعندما تحل الحشائش أو المحاصيل الزراعية الضحلة الجذور محل الأشجار العميقة الجذور يمكن أن تؤدي التغذية المتزايدة لمستودعات المياه الباطنية إلى ارتفاع في منسوب المياه الجوفية. ويمكن الاستشهاد بهذا التأثير من منطقة المرتفعات التايلاندية الشمالية الشرقية حيث أسفر إزالة الغابات المحلية عن ظهور مشكلة تملح السفوح الدنيا وبطون الأودية نتيجة لارتفاع منسوب المياه الجوفية المالحة.

التأثير في تدهور التربة

يؤثر تحطيب الغابات في تدهور التربة.. ومنها حدوث انزلاقات أرضية

يعد تدهور التربة، بمظاهره المختلفة المتمثلة بالتعرية والانزلاق الأرضي والانضغاط والتطبق، من المشكلات المعقدة التي ترافق تحطيب الغابات في أي إقليم حياتي، لكنها غالباً ما تكون على أشدها في المناطق المدارية بوجه خاص. إذ تتصف الأمطار في المنطقة المدارية الرطبة بغزارة كمياتها السنوية وبديمومتها على مدار العام وبقدرتها الكبيرة على فعل التعرية. ولذا، فأن إزالة الغطاء النباتي الواقي سرعان ما تفضي إلى التعجيل بفقدان التربة، علماً أن معدل ذلك الفقدان يعتمد على نوع استعمال الأرض الذي سيحل محل الغطاء الغابي. فعلى سبيل المثال، توصل الباحثون، في دراستهم لإحدى غابات جنوب شرق أسيا، إلى أن أعلى مستويات فقدان التربة بحسب كل وحدة مساحية متأثرة تأتي عموماً من الطرقات ودروب القوافل، بيد أن الفقدان الذي يحصل جراء تحول أرض الغابة يكون عالياً في المناطق الجبلية إذا ما جرى استغلال بعض المواقع استغلالاً مكثفاً للأغراض الزراعية أو عندما تكون المحاصيل والبساتين فقيرة في غطاءها من التربة عموماً. كما لاحظ أولئك الباحثون أن فقدان التربة يؤدي إلى حدوث انزلاقات أرضية لاسيما فوق مناطق التلال، التي قد تقود بعد مرور وقت طويل إلى تراكم كميات من الرواسب تضاهي ما موجود في مناطق السهول برمتها. على أن احتمالات حدوث الانزلاقات الأرضية تزداد في واقع الحال حتى بعد مرور عدة سنوات على تحول الغابة وقد تبقى متواصلة الحدوث إذا ما استمرت زراعة المحاصيل والبساتين ذات الجذور الضعيفة بدلاً عنها.

يمكن أن تتفاقم تعرية التربة أيضاً بفعل الانضغاط الذي ينجم عن مرور آليات ثقيلة فوق التربة، أو تعرض التربة للسحق بأقدام الماشية حين تتحول الغابة إلى مرعى، أو جراء التعرض إلى الشمس والأمطار. ويؤدي سطح التربة المنضغط إلى تزايد الجريان السطحي وغالباً ما يكون ذلك سبباً مهماً لفقدان التربة. أما الطبقية Laterization، وهي عبارة عن تكّون طبقة سطحية صلدة وغير نفاذة من التربة، لكن من المحتمل أن نسبة خطرها لا تغطي سوى 2٪ من مساحة أراضي المنطقة المدارية الرطبة.

يعد فقر محتوى العديد من ترب الغابات المدارية بالعناصر الغذائية عاملاً يسهم في الحد من إمكانية قيام الكثير من استعمالات الأرض التي أزيلت لأجلها الغابة. ففي بعض أنحاء حوض الأمازون، مثلاً، تبلغ كمية الفسفور وغيره من العناصر الغذائية في التربة ذروتها أولاً بعد القيام بحرق النباتات المزالة، الأمر الذي يدر إنتاجية زراعية عالية نسبياً ومن ثم حصول المزارعين على إيرادات مرتفعة. لكن يحدث بعد ذلك في الغالب أن ينخفض مستوى العناصر الغذائية نتيجة لعملية الغسل، وتصبح الأرض غير قادرة حتى على إنبات أعشاب للمرعى بعد مرور أقل من عشر سنوات. وسرعان ما يعمل تعرض التربة لنضوب عناصرها الغذائية وللانضغاط وغزو الأعشاب الضارة على استنفاذ فائدة التربة كأرض صالحة للزراعة والرعي. وبعد حين من الوقت سوف لن تصبح تربية الأبقار أمراً مربحاً مما سوف يصار إلى هجر الأرض في نهاية المطاف (الشكل 3 – 6).

والشيء نفسه يقال في حالة الزراعة المتنقلة غير المستدامة التي سرعان ما تجرد التربة من عناصرها الغذائية، وتؤدي إلى تناقص إنتاجيتها بسرعة، وكذلك إلى تدهور صلاحيتها للرعي، وتدفع بمستوطنيها إلى هجرها والبحث عن غابات جديدة أخرى ليقوموا بإزالتها وتكرار العملية مرة أخرى.

الشكل (3 – 6): دورة التدهور البيئي في الغابة المعرضة للتحطيب.

التأثير في المناخ

لتحطيب الغابات المدارية.. عواقب وخيمة على تغير المناخ

من الممكن حدوث تداعيات مناخية محتملة على نطاق محلي وإقليمي وحتى عالمي بفعل إزالة مساحات شاسعة من الغابات، والتي تؤثر بالمحصلة النهائية على دورتي الماء والكربون في الطبيعة. فعلى سبيل المثال، تكشف سجلات الأمطار في أمريكا الوسطى عن حصول تأثيرات محلية لتحطيب الغابات. ففي غواتيمالا والمناطق المجاورة إليها، أظهر تحليل بيانات مستله من 266 محطة أنواء جوية، حدوث انخفاض واضح في كمية الأمطار أثناء فصل الجفاف في مناطق أزيلت عنها الغابات مقارنةً بمناطق مجاورة مازالت الغابات تكسوها. وعموماً، توصلت بعض الدراسات إلى أن المواطن الطبيعية التي أزيلت عنها الغابات تتسم خلال فصل الجفاف بدرجات حرارة مرتفعة عند النهار

وبغيوم أقل وبرطوبة تربة أدنى مما في المناطق المكسوة بالغابات ضمن الإقليم البيئي نفسه. والحصيلة النهائية هي اتسام المناطق التي أزيلت عنها الغابات بهواء حار وجاف وبقلة تشكل الغيوم والتساقط.

على الصعيد الإقليمي، وفي منطقة واسعة كالأمازون، حيث تعود أكثر من نصف كمية الأمطار المتساقطة إلى الغلاف الجوي ثانية عن طريق التبخر ـــ النتح، فأن إزالة مساحات شاسعة من الغابة قد ينطوي أيضاً على تأثير خطير في الدورة المائية، وما يعقب ذلك من أثار سلبية على الأمطار ومن ثم على وجود الغابة نفسها وعلى الزراعة التي تقام محلها. وقد جرى اختبار مثل تلك النظريات من خلال محاكاة الظروف المستقبلية بنماذج الدورة المناخية العامة، واتفقت النتائج التي تم الحصول عليها عموماً على حدوث تناقص في كمية التساقط وتغير محدود في درجة حرارة السطح. وتشير العديد من الدراسات أيضاً إلى أن تحطيب حوالي 30 – 40٪ من غابة الأمازون قد أفضى إلى سيادة نظام مناخ جاف فوق معظم أرجاء حوض الأمازون.

أما على الصعيد العالمي، فيمكن أن يكون للتغيرات الحاصلة على خصائص السطح من جراء تحطيب الغابات المدارية واختلاف انعكاسية الإشعاع الشمسي مردوداً سلبياً على مناخ العروض الوسطى والعليا. وقد تم ملاحظة حصول بعض التأثيرات العالمية لتحطيب الغابات على دورة الكربون مثلاً. إذ يعمل تحطيب الغابات على زيادة إطلاق ثنائي أكسيد الكربون إلى الجو، سواء بفعل عمليات الإحراق أو التفسخ، وربما يسهم ذلك في تفاقم ظاهرة الاحتباس الحراري. وليس معلوماً لحد الآن مدى المساهمة الفعلية لتحطيب الغابات المدارية في إضافة ثنائي أكسيد الكربون إلى الجو، وذلك نظراً لعدم المعرفة الدقيقة بمعدلات تحطيب الغابات من جهة وبكمية الكربون الموجودة في كل وحدة مساحية من الغابات من جهة أخرى. ومع أن إسهام تحطيب الغابات في زيادة تركيزات ثنائي أكسيد

الكربون الجوي هو أقل مما يسهم به حرق الوقود الأحفوري، فأن التحطيب قد يسهم بما يزيد عن نسبة الثلث في هذا المجال.

التأثير في الحياة النباتية والحيوانية

يعد خسارة الأحياء النباتية والحيوانية من أشد عواقب تحطيب غابات المناطق المدارية خطورةً. إذ تتميز الغابات المدارية المطيرة بتنوع حياتي فريد قياساً بغيرها من الأقاليم الأحيائية الأخرى. وعلى الرغم من أن المعلومات حول العدد الكلي للأنواع الأحيائية الموجود فوق وجه الأرض لازالت ضئيلة، فقد أجمعت معظم التقديرات على أن أكثر من نصف هذه الأحياء إنما يعيش في الغابات المدارية المطيرة التي لا تغطي سوى 6٪ فقط من مساحة اليابس العالمي، مما يدلل على أهمية هذه البقعة من الأرض في دعم الحياة. هذا وتتصف الكثير من الأحياء بالتقوقع في توزيعها وبعلاقات حميمة أو بموائل بيئية ضيقة، الأمر الذي يسفر عن تكافل دقيق بين كل نوع وأخر. ولهذا، يمكن أن يلحق بها دمار شديد في النظام البيئي للغابة بمجرد إزالة مساحة صغيرة منها. وعموماً، هناك إجماع واسع في الوسط العلمي على أن تحطيب الغابات في المناطق المدارية يمثل تهديداً خطيراً للأحياء وللتنوع الجيني فوق كوكب الأرض.

يؤدي تقطيع الغابة وتجزئتها إلى..
عواقب وخيمة على النظام البيئي للغابة

تشير إحدى الدراسات التي أجريت في وسط منطقة الأمازون إلى أن تقطيع الغابة يؤدي إلى حصول عدم تجانس خطير بالنسبة للأشجار الكبيرة، وأن فقدان تلك الأشجار سيكون له تداعيات وخيمة على النظام البيئي للغابات المطيرة. ويعزى سرعة تأثر الأشجار الكبيرة في الغابات المدارية المجزئة إلى أسباب عدة. فهي قد تتعرض بصفة خاصة إلى الاجتثاث من جذورها وإلى التكسر نظراً لقوامها الطويل وسمكها نسبياً وعدم

مرونة جذوعها، لاسيما بالقرب من أطراف الغابة حيث يزداد هناك تأثير الرياح العاتية. وتكون الأشجار الهرمة الكبيرة أيضاً عرضة للابتلاء بالنباتات المتسلقة (وهي نباتات معترشة خشبية طفيلية يقلل وجودها من عمر الشجرة)، ويزداد نموها بشكل خاص قرب أطراف الغابة. فضلاً عن ذلك، تتصف الأشجار المدارية الكبيرة، وبسبب تعرض تيجانها إلى إشعاع شمسي وتبخر شديدين، بحساسيتها لموجات الجفاف وقد يتعرض الموجود منها قرب أطراف الغابة إلى التيبس بفعل ذلك.

إن فقدان الأشجار الكبيرة من الغابة المدارية أمر يبعث على القلق حقاً، ذلك لأنها المنبع المهم للفاكهة والأزهار والمأوى الضروري للحيوانات. ومن المرجح أيضاً أن خسارة هذه الأشجار يقلل من حجم الغابة ومن تركيبتها المعقدة ويشجع على تكاثر الأنواع المحلية ذات العمر القصير، ويؤدي ذلك أيضاً إلى تبدل الدورات الكيماوية الحيوية في الغابة واضطراب نظام التبخر ــ النتح وتعطل تدوير الكربون مما يساعد على انبعاث غازات الدفيئة المضرة. ومن الأمور المقلقة أيضاً هو احتمال عدم عودة الأحياء في المناطق التي أزيلت عنها الغابة، نظراً لتزايد هلاك الأشجار في أجزاء الغابات التي يتراوح فيها عمر الأشجار الكبيرة من مائة إلى أكثر من ألف عام.

مشكلة الحرائق

تعد الحرائق عاملاً أخر يهدد النظام البيئي للغابات المتأثرة بالتحطيب. فعلى سبيل المثال، أثرت الحرائق التي اندلعت في إعقاب موجة الجفاف خلال العام 1982/ 1983 تأثيراً بليغاً على مساحة قدرها 950.000 هكتار من غابات جزيرة صباح Sabah وكذلك على حوالي 2.7

يساعد تحطيب الغابات على زيادة تكرار الحرائق وتأثيرها في النظام البيني للغابة

مليون هكتار من المستنقعات وغابات كاليمانتان Kalimantan الواقعة شرق جزيرة بورينو Boreno الإندونيسية، وانتشرت الحرائق بالدرجة الأساس في المناطق التي تعرضت للتحطيب حيث تكسو أرضية الغابة بقايا خشبية مبعثرة تخلفت عن قطع الأشجار وتتميز بقابليتها السريعة للاشتعال. ويعد تدهور الغابة واجتثاثها من الأرض السبب الرئيس أيضاً لكارثة الحرائق التي اندلعت في إندونيسيا خلال العام 1997/ 1998 والتي خيمت سحابتها الدخانية فوق 20 مليون نسمة عبر جنوب شرق أسيا ولأشهر عدة، وما صاحبها من عواقب كارثية على الصحة المحلية. هذا وفي الوقت الذي يسبب فيه نظام الزراعة المتنقلة التقليدي الذي عادة ما يرافقه إشعال حرائق محدودة النطاق اضطراباً بسيطاً للغابات المدارية المطيرة تستطيع فيه المحافظة على تنوعها الأحيائي العالي، فأن الحرائق الكبرى تسبب في الغالب اضطراباً أعظم بكثير، تستغرق خلاله الغابة وقتاً طويلاً جداً حتى تسترد حالتها الطبيعية.

أسئلة للمراجعة والمناقشة

1. حددّ، في نقاط، أبرز الخصائص الجغرافية لإقليم الغابات المدارية المطيرة.
2. ما معنى تحطيب الغابات؟ ولماذا تحولت إلى مشكلة بيئية كبرى في الوقت الحاضر؟
3. تَتبع، في عمود زمني، معدلات تحطيب الغابات عالمياً. ثم فسرّ سبب اتجاه زيادة هذه المعدلات صوب مناطق العروض المدارية وتناقصها في مناطق العروض المعتدلة والعليا.
4. أوجزّ، في نقاط محددة، أهم العوامل العامة المساعدة على زيادة تحطيب الغابات المدارية.
5. أشرح، في أمثلة مرّكزة، وضع تحطيب الغابات المدارية في كل من فيتنام والفلبين وساحل العاج والبرازيل.

6. ما العواقب البيئية المحتملة التي يخلفها تحطيب الغابات المدارية على الموارد المائية والسدود والمياه الجوفية؟ لخصّ أجابتك في نقاط محددة.

7. ما هي مظاهر التدهور التي تتعرض إليها التربة في المناطق المدارية الرطبة عند إزالة الغطاء الغابي عنها؟ لخصّها.. وأرسم مخططاً يبين ملامحها.

8. يتوزع تأثير تحطيب الغابات المدارية في المناخ على ثلاثة أصعدة. وضحّ خصائص تغير المناخ في كل واحدة منها.

9. لماذا يشكل تحطيب الغابات المدارية تهديداً خطيراً على النظام البيئي الاحيائي؟ وما هي مظاهر هذا التهديد؟

10. لماذا يعمل تحطيب الغابات المدارية على زيادة احتمالية تعرضها لحرائق كبرى؟ وما الأمثلة على ذلك؟

❋ ❋ ❋

الفصل السابع

مشكلة التصحر

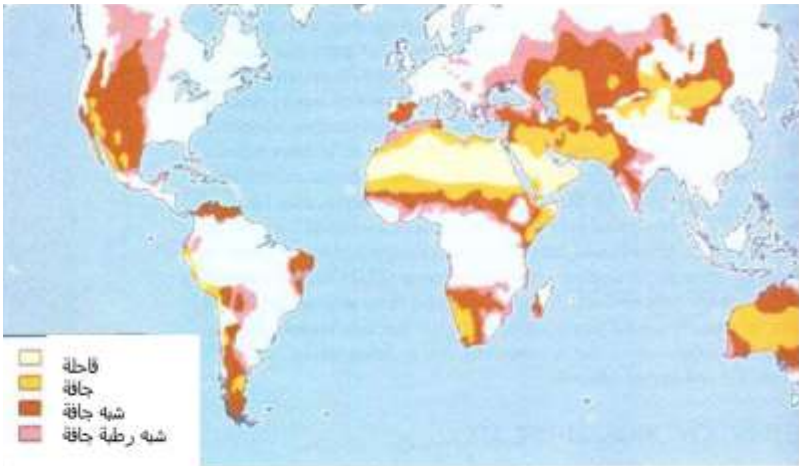
يبحث الفصل الحالي في واحدة من أكثر المشكلات البيئية استفحالاً، إذ بات التصحر يشكل تهديداً فعلياً للأقاليم الجافة وشبه الجافة وكذلك لتلك شبه الرطبة الواقعة على هوامشها. لذا سيتم هنا تحديد تعريف التصحر، فضلاً عن التفصيل في أسبابه والنتائج المترتبة عنه معززة بأمثلة كثيرة.

تعريف التصحر

يشكل التصحر اليوم.. أكبر مشكلة في الأقاليم الجافة وشبه الجافة وشبه الرطبة

ظهرت كلمة التصحر Desertification لأول مرة من قبل أحد العلماء الفرنسيين لوصف تحول ظروف المناطق الرطبة المجاورة للصحراء الكبرى في غرب أفريقيا إلى ظروف أشبه بالصحراوية على إثر إزالة الغابات في المنطقة تدريجياً. ويعني التصحر حرفياً التحول إلى صحراء، لكن وعلى الرغم من استخدام المصطلح لأكثر من خمسين عاماً، فأن الإجماع على تعريف المصطلح لم يتم التوصل إليه إلا مؤخراً. وأظهر مسح لأدبيات الموضوع وجود أكثر من مائة تعريف مختلف. ويشير معظم هذه التعريفات عموماً إلى اتساع رقعة الصحراء، وبخاصة في الأراضي المحاذية للصحاري. كما اشتملت العديد من التعريفات على عبارات مثل فقدان المنطقة لمواردها الكامنة أو استنفاذ خصوبة التربة أو نضوب الغطاء النباتي وبعض الأصناف النباتية المفيدة، فيما يشير بعض التعريفات إلى معنى استحالة تعويض مثل تلك الخسائر ضمن مدى عمر الإنسان.

يتفق معظم الخبراء، إن لم يكن أجمعهم، على أن ظاهرة التصحر تحدث في الأراضي الجافة، والتي يمكن تحديدها بموجب حدود التصنيفات المناخية (الشكل 1 – 7)، حيث تشكل مساحتها أكثر من ثلث مساحة اليابس العالمي.



الشكل (1 – 7): التوزيع الجغرافي للأراضي الجافة في العالم.

يمكن اعتبار الأراضي الجافة بأنها تلك المناطق الجافة وشبه الجافة وشبه الرطبة الجافة التي تكون عرضة للتصحر، باستثناء المناطق القاحلة لكونها لا تقدم للسكان سوى موارد محدودة جداً نادراً ما يستفاد منها ولذلك تكون ظروفها شبيهة بالصحاري. وترى النظرة العلمية الحديثة التصحر على أنه عملية تدهور تصيب الأرض في المناطق الجافة. ويرتبط مفهوم التدهور باستخدام موارد الأرض ــ التي تشمل على التربة والغطاء النباتي والموارد المائية المحلية ـــ بطريقة غير مستدامة. فالأرض التي يجري استخدامها بطريقة غير مستدامة تكون عرضة للتدهور، بمعنى أن التصحر يعني التدني الذي يلحق بالموارد المتاحة نتيجة لعملية أو لسلسلة من العمليات المتفاعلة في المنطقة. أما التعريف الرسمي الذي اعتمدته الأمم المتحدة في مؤتمر مكافحة التصحر، والذي أصبح نافذ المفعول في العام 1996، فيعتبر التصحر على أنه "تدهور الأرض في المناطق الجافة وشبه الجافة وشبه الرطبة الجافة نتيجة

لعوامل متعددة مثل التغيرات المناخية والنشاطات البشرية". ويدلل التعريف على واحدة من المشكلات التي تنطوي عليها قضية التصحر، ألا وهي: أن المصطلح بذاته يشمل أشكالاً مختلفة عديدة من تدهور الأرض.

إن الأراضي الجافة، بحسب التعريف المذكور، إنما هي مناطق تعاني من شح في توفر المياه على مدار السنة، غير أن التساقط على الأراضي الجافة يتسم بتباين كبير على المستوى الزماني والمكاني. إذ لا تهطل الأمطار عادةً إلا في مناسبات قليلة وعلى نطاق مكاني ضيق، نظراً لأن أكثرها يحدث بفعل تيارات الحمل. وفضلاً عن هذا التباين السنوي، فإن التغيرات على المدى الأبعد، كموجات الجفاف مثلاً، إنما تحدث على فترات تمتد لعشرات السنين. ويتناغم الوضع البيئي للأراضي الجافة مع هذا التباين في مقدار الرطوبة المتاحة ولهذا يتصف هذه الوضع بسرعة تغيره وتكيفه.

من الناحية العملية، فإن من الصعوبة بمكان التمييز في الميدان ما بين عوامل التصحر الناجمة من الأفعال البشرية عن تلك الناجمة من التغيرات الطبيعية الحاصلة في كمية الرطوبة. ومن الأمثلة الجيدة على ذلك هو الارتفاع الملحوظ في مقدار ضياع التربة نتيجة التعرية الرياحية الذي أصاب بعض أجزاء إقليم الساحل الإفريقي The Sahel (نطاق شريطي يقع على امتداد جنوب الصحراء الكبرى من ساحل غرب إفريقيا إلى شرقها) خلال سبعينيات وثمانينيات القرن الماضي بحسب ما أظهره العدد السنوي لأيام العواصف الغبارية. ففي نواكشوط عاصمة موريتانيا، كان معدل العواصف الغبارية يقل عن عشرة أيام في السنة خلال عقد الستينيات، لكنه أزداد في أواسط الثمانينيات إلى حوالي 80 يوماً في السنة. ويمكن تعليل هذه الزيادة في ضياع التربة إلى كل من

يعد إقليم الساحل الإفريقي.. أكثر مناطق العالم معاناةً من التصحر

الجفاف، الذي ضرب المنطقة إبان عقدي السبعينيات والثمانينيات، وإلى أفعال الإنسان أيضاً، غير أنه من الصعب تحديد مقدار مساهمة كل واحد من هذين العاملين بالضبط.

أسباب التصحر ونتائجه

تتعدد الأسباب المؤدية إلى إنهاك الأرض ومن ثم إسهامها في حدوث التصحر. ويمكن تصنيف هذه الأساليب تحت عناوين الرعي الجائر والزراعة المفرطة والاستغلال الجائر للغطاء النباتي. أما مشكلة ملوحة الأراضي الزراعية المروية فيجري تصنيفها غالباً في فئة منفصلة عنها. وعلى الرغم من معرفة الكيفية التي تؤدي بموجبها استعمالات الأرض غير المناسبة إلى التصحر من الناحية النظرية، فأن من الناحية العملية هناك بعض المناطق تعد متصحرة لسبب من الأسباب اعتماداً على تقييمات ذاتية في الغالب وليس على رصد علمي طويل الأجل. فضلاً عن ذلك، ومع أن بعض استعمالات الأرض كانت تنال حصة أكبر من اهتمام الباحثين في موضوع التصحر أكثر من غيرها، فأن من المهم معرفة الأسباب الحقيقية التي تقف وراء إساءة استعمال الناس للموارد. إذ أن مثل تلك الأسباب، التي يرتبط أكثرها بالأنظمة الاجتماعية والاقتصادية والسياسية، قد تسّهل أو تشجع أو تدفع باللجوء إلى إتباع ممارسات خاطئة تؤدي في المحصلة النهائية إلى التصحر. على هذا، يمكن إجمال أهم أسباب التصحر ونتائجه بما يلي:

الرعي الجائر

لقد كان الجور في استخدام المراعي الطبيعية، الذي يأتي من السماح لأعداد كبيرة من الحيوانات أو لأنواع غير مناسبة منها بالتهام المرعى، سبباً للتدهور في أكثر المناطق المتصحرة على النطاق العالمي طبقاً لتقديرات برنامج الأمم المتحدة للبيئة UNEP. فمن بين 3592 مليون هكتار قدرت في العام 1992 كونها تعاني من التصحر، فأن

ما لا يقل عن 2576 مليون هكتار، أي حوالي 72٪، من تلك الأراضي تتعرض لتدهور في غطائها النباتي. ويمكن أن يسفر الرعي الجائر على حدّ سواء عن إزالة فعلية للكتلة الأحيائية جراء رعي الحيوانات فضلاً عن أثار أخرى تنتج عن الماشية كسحق التربة والتسبب في انضغاطها. ومن العواقب الشائعة الناجمة عن الرعي الجائر هي تناقص الغطاء النباتي، مما يفضي إلى زيادة في معدل التعرية المائية أو الرياحية.

يعد الرعي الجائر المؤدي إلى تجريد الغطاء النباتي.. أهم أسباب التصحر

ثمة تأثير شائع أخر عن الرعي الجائر ذلك هو نمو الشجيرات غير المستساغة الطعم أو الضارة في أراضي المرعى. إذ يمكن للرعي الطويل الأمد في مناطق الحشائش شبة الجافة أن يقود في العادة إلى تزايد عدم الانسجام المكاني والزماني بين الموارد المائية والغذائية وغيرها من موارد التربة، مما يشجع على اجتياح النباتات الصحراوية للمنطقة، والذي يؤدي بدوره إلى مزيد من تقوقع لموارد التربة في ظل غزو الشجيرات الضارة وهكذا دواليك. أما في المساحة الجرداء التي تتخلل الشجيرات، فإن خصوبة التربة تتناقص فيها بفعل التعرية وبفعل الانبعاثات الغازية. ويؤدي تعاظم الجريان السطحي والتعرية إلى تجريد وتقشير الطبقة السطحية من التربة، وإلى تكوين ما يشبه سطوح صحراوية متحجرة في المساحات التي تخلو من الشجيرات، وكذلك إلى تكّون مسيلات مائية عند هطول الأمطار. ويفضي هذا التدهور في الموارد النباتية بدوره إلى تناقص عدد المواشي التي يمكن رعيها في المنطقة.

من الناحية العملية، فإن أسباب زيادة ضغط الرعي على المراعي الطبيعية أسباب عديدة ومعقدة. ومن بينها المنافسة على الأرض نتيجة لتوسع المناطق الزراعية، مما يدفع بالرعاة إلى زيادة استغلال المراعي الهامشية. ففي العديد من

أرجاء إقليم الساحل الأفريقي، كان التوسع في مساحات زراعة محصولي السرغوم والدخن من العوامل الرئيسة المسؤولة عن التناقص الكبير في مساحة المراعي الطبيعية. ولأن مكانة الرعاة في نظر العديد من الحكومات المركزية كانت تضعهم على هامش المجتمع وأنهم أناس يقبعون في نهاية سلسلة الأحداث، لذا كانت هذه الحكومات تشجع على توسيع الأراضي المروية الخاصة بزراعة المحاصيل النقدية التي حلت محل الزراعة المعيشية المعتمدة على الأمطار حيث تجاوز المزارعون على أراضي المراعي التقليدية، ما أضطر معه الرعاة إلى اللجوء إلى مراعي أصغر مساحة. وتتمثل هذه الحالة في جنوبي الصومال بشكل خاص، إذ أدى توسع الزراعة المروية بمحاذاة نهري جوبا وشبالي إلى قيام المزارعين الصغار بإزالة مساحات كبيرة من أراضي الأحراش لمصلحة الزراعة. وبالنسبة للرعاة البدو، تعد منطقة السفانا والوديان النهرية بحد ذاتها أراضي رعي مهمة خلال فصل الجفاف. وأدى أيضاً اشتداد ضغوط الرعي ضمن مساحات صغيرة إلى توطن بعض الجماعات البدوية، وهو اتجاه شجعته السياسات الحكومية في سبعينيات القرن الماضي، وقد شهد هذا الاتجاه تسارعاً في الآونة الأخيرة بفعل موجات الجفاف. ولازال التوطين الذي ترعاه الحكومات يجري على قدم وساق في العديد من البلدان الأفريقية الأخرى وفي غيرها من الأماكن.

من الأسباب الأخرى المساعدة على الرعي الجائر هو حفر أبار ارتوازية لتوفير إمدادات مائية جديدة مضمونة، الذي إلى ازدياد ضغوطات الرعي في معظم أقاليم التصحر، لاسيما في إقليم الساحل وفي صحراء كالهاري Kalahari في بتسوانا، حيث ازداد عدد رؤوس الماشية وموارد الرعي المتيسرة للفترة بين 1965 و 1976 بمقدار حوالي الضعفين والنصف. ففي بعض أنحاء العالم، يعد تدهور الأراضي على أنه نتيجة لحصول تغير في طريقة استغلال المرعى: إذ تحول الحال من استراتيجية مرنة كان ينتهجها الرعاة البدو التقليديون بحسب التغير الطبيعي

للغطاء النباتي في الأراضي الجافة حيث يتحركون مع قطعانهم بانتظام مع الاحتفاظ بأنواع مختلفة عديدة من الحيوانات، إلى طريقة أقل مرونة تقلد الغرب تعتمد على تسييج المرعى وترك الأبقار فقط ترعى فيه، مما يسبب ضغطاً هائلاً على أرض المرعى المسيج.

يؤدي وجود برك مائية لسقي الماشية.. إلى تكوين بقع مجدبة حولها..

من الحالات التي يشار إليها كثيراً والتي تعد نموذجاً للمناطق المتصحرة هي فقدان الغطاء النباتي حوالي الآبار أو البرك المائية، إذ تتكون من حولها مناطق جرداء بعكس ما يفترض أنها تكون مكسوة بالنباتات. وهذه البقاع المجدبة عبارة عن تربة مضغوطة بمحيط 50 – 100 متراً ناتجة عن رعي الماشية فوقها وتعرضها للسحق بأقدامها، إذ تعد من المظاهر الواضحة بجوار العديد من الآبار المائية في المراعي. على أن مثل تلك المناطق تتصف أيضاً بارتفاع مستويات العناصر الغذائية قياساً بما يجاورها من مناطق وذلك بفضل ما يلقى فيها بشكل منتظم من روث الحيوانات وبولها، التي قد تعمل على معادلة أي تأثيرات سلبية تنتج عن فقدان التربة بفعل التعرية. وربما يمكن عدّ هذه البقاع المجدبة على أنها مناطق يتعادل فيها فقدان المورد النباتي بفوائد وجود تموين مائي مضمون. أما المناطق التي تقع ما بعد البقاع المجدبة هذه، فيمكن عدّها مناطق متصحرة من جراء التعدي على ما موجود فيها من نباتات. ويُعتقد أن وجود الماشية بكثافة كبيرة يشجع على غزو المرعى بالأحراش والنباتات الشوكية كما ذكرنا ذلك آنفاً. ومع أن الأبقار سوف ترعى على الأحراش مثلما ترعى على العشب، فإنها تميل إلى تجنب بعض الأنواع النباتية المحتوية على أشواك، ولذلك يصبح هذا النوع من النباتات هو السائد في المنطقة بمرور الزمن. ويسبب وجود غطاء كثيف من الأحراش الشوكية إعاقة نمو الحشائش والأعشاب المستساغة

ويمنع الأبقار من الدخول إلى الأدغال. وقد أدى هذا النوع من التعدي على النباتات إلى حصول تناقص كبير في مساحة المراعي الطبيعية الجيدة النوعية في بتسوانا بصورة خاصة.

الزراعة المفرطة

تؤدي الأفراط في الزراعة إلى مشكلات عدة للتربة ومن ثم إلى تصحرها

تتنوع مظاهر الزراعة المفرطة، فبعضها ينتج من الإكثار في زراعة الأرض، مما يمكن أن يسفر عن قصر فترات إراحة الأرض، ويؤدي إلى استنفاذ خصوبتها وأخيراً تدني إنتاجيتها. وبعضها الأخر ينتج من الاستخدام المفرط للتربة، فيؤدي إلى تعريتها بواسطة الرياح والمياه، وهي نتيجة تنشأ من ضعف بناء التربة وقلة الغطاء النباتي. ويمكن أيضاً أن تؤدي الزراعة الأحادية إلى حدوث كل هذه الأشكال من تدهور التربة، مثلما أظهرت ذلك البيانات المستحصلة من مراقبة دامت 27 عاماً للأراضي الزراعية في إقليم البمبا Pampa شبه الجاف في الأرجنتين. فقد ظهر أن زراعة الدخن لفترات طويلة قد أضرت بصورة بالغة بالخصائص الفيزيائية والكيميائية للتربة، مما أدى إلى تناقص استقرارية الكتلة الجافة للتربة (بمقدار 10٪) وإلى تناقص المادة العضوية للتربة (30٪) وتناقص جاهزية العناصر الغذائية كالفسفور (44٪)، الحديد (20٪) والزنك (90٪). من جهة أخرى يفضي استنفاذ خصوبة التربة إلى الإكثار من استخدام المخصبات والأسمدة بغية المحافظة على إنتاجيتها مرتفعة وهذا يعني مزيداً من الإنهاك للتربة، فيما يعني نقص المادة العضوية وعدم استقرارية التربة زيادة تعرضها للتعرية.

تحدث التعرية أيضاً، في أحيان كثيرة، بفعل إدخال المكننة الزراعية واستخدامها في الحقول الواسعة لغرض حرثها عميقاً، مما يسبب مزيداً من

الاضطراب لبنية التربة والعمل على زيادة تعرضها لعوامل التعرية المختلفة. ولوحظت نتائج مماثلة في المناطق التي شهدت توسعاً في الزراعة لتشمل مناطق جديدة تقع على هامش الاستخدام الزراعي لكونها أكثر عرضة للجفاف، أو أنها عبارة عن منحدرات شديدة تكون أكثر عرضة للتعرية. وفي جميع الأحوال، تكون النتيجة النهائية هي ضعف الإنبات فوق التربة وهجرها وتحولها إلى ظروف أشبه بالتربة الصحراوية، الأمر الذي يزيد من رقعة التصحر بشكل من الأشكال.

الاستغلال الجائر للغطاء النباتي

الاستغلال المفرط للغطاء النباتي.. سبب مهم للتصحر

تشهد أراضي الغابات إزالة لأشجارها لأسباب عدة سبق ذكرها في الفصل السادس، لكن من أهم هذه الأسباب هو توسع الرعي أو الزراعة أو لأسباب تتعلق بتأمين حطب الوقود. ويعد مثل هذا العمل تدهوراً للموارد النباتية ويؤدي أيضاً إلى تقليل الحماية التي توفرها للتربة من خلال غطاءها الشجري. وقد يعمل ذلك على تسارع معدلات التعرية، وحرمان التربة على المدى البعيد من العناصر الغذائية ومن المادة العضوية التي تحصل عليها من تفسخ الأوراق المتساقطة. ويمكن أن تفضي كلتا هاتين العمليتين إلى تدهور بنية التربة وخصوبتها في آن واحد. وقد يتأثر منسوب المياه الجوفية جراء ذلك أيضاً.

إن لإزالة الغطاء النباتي تاريخ طويل في كثير من المناطق. ففي شمالي الأرجنتين، مثلاً، تعرضت غابات تشاكون Chacoan شبه الجافة إلى الاستغلال على مدى أكثر من قرن من الزمان، وذلك لأن في البداية كانت أخشابها تصلح كعوارض لسكك الحديد، لكن بعد ذلك أخذ يجري إزالة أشجارها لاستغلال أراضيها في التوسع الزراعي، الذي شجعه ارتفاع أسعار الحبوب وزيادة كميات الأمطار منذ السبعينيات. أما في الأراضي الجافة الأفريقية، يتعرض الغطاء النباتي

لإزالة كاملة تقريباً في العديد من أنحاء إقليم الساحل. ويعد التوسع الزراعي سبباً رئيساً لتحطيب الغابات في بوركينا فاسو، إذ يقدر أن 50.000 هكتاراً من الغابات كان يتعرض للإزالة كل سنة منذ مطلع ثمانينيات القرن الماضي. وبالمثل، فقد حلت الزراعة محل مساحات واسعة من أشجار السفانا على مدى الفترة الممتدة من 1957 إلى 1987 بدءاً من منطقة نارا Nara على الحدود المالية ـ الموريتانية، إذ تضاعفت المساحة الزراعية فعلياً خلال تلك الفترة.

إن الاستغلال المفرط للغابات للأغراض المنزلية (وبخاصة لأغراض حطب الوقود وصنع الفحم) لم يؤدِ في العادة إلى الإزالة الكاملة لكل ما موجود من غطاء نباتي، لكنه يمثل استغلالاً للغطاء النباتي لدرجة تفوق قدرته الطبيعية على تجديد نفسه، مما يسفر عن حصول تدهور في الغطاء النباتي من جراء ذلك.

في باكستان، فأن الأشجار القليلة المتبقية من الغابات الشوكية المدارية التي كانت تكسو يوماً ما سهول البنجاب، والتي أزيلت بالدرجة الأساس لتحويلها إلى أراضي زراعية مروية، تتعرض اليوم إلى ضغط متواصل لاستخدامها منذ عهد طويل كمصدر لحطب الوقود. وقد تسبب جمع الحطب حول العديد من المراكز الحضرية في الهند بحصول انكماش كبير في مساحة الغابات الواقعة في مناطق الضواحي إبان العقود الأخيرة، حيث يضطر الفقراء في المدن إلى استخدام الحطب بشكل متزايد بسبب ارتفاع أسعار النفط الأبيض والفحم. وأظهرت إحدى الدراسات التي أجريت عن المدن الهندية الكبرى، باستخدام الصور الفضائية، أن أكثر من نصف الغطاء الغابي المغلق ضمن شعاع 100 كم حول العديد من مدن الأراضي الجافة قد أزيل في السنوات العشر الأخيرة.

لقد عُدت المشكلات البيئية الناجمة عن جمع حطب الوقود، في سبعينيات وثمانينيات القرن الماضي، من المشكلات الخطيرة في إقليم الساحل الإفريقي لدرجة خشي معها من حدوث "أزمة حطب". وترى التقارير الدولية أن الحطب إذا ما تم

التعامل معه بطريقة مستدامة يمكن أن يدعم حوالي ثلثي عدد سكان إقليم الساحل.

إن جمع الحطب في المناطق الجافة.. سبب من مجوعة أسباب تؤدي إلى التصحر

على الرغم من أن أزمة الحطب التي كان يتوقع حصولها في إقليم الساحل لم تحصل على النطاق الذي كان يخشى أن تقع فيه، فقد شهدت بعض المناطق تدهوراً بيئياً. إذ يتركز معظم هذا الشكل من أشكال التصحر حول المناطق الحضرية التي شهدت توسعاً سريعاً منذ أواخر الستينيات بسبب الهجرة الريفية الناتجة عن تداعيات الجفاف. وقد أفادت التقارير الواردة من العديد من مدن إقليم الساحل كالخرطوم وداكار وأغوداكو ونيامي بتعرض المناطق المنكوبة إلى تعرية شديدة.

مشكلة الملوحة

يعني تملح الأراضي.. تصحرها بوجه أخر

تعد الملوحة من أكثر مظاهر تدهور التربة شيوعاً التي تواجه المناطق ذات المناخ الجاف، مع أنها تحدث أيضاً في البيئات الأكثر رطوبة. إذ تنتشر الترب المتأثرة بالملوحة طبيعياً، أو ما يعرف بالترب الملحية "الأصلية"، في المناطق الجافة لأن معدل التبخر الكامن للمياه من التربة يتعدى الوارد من الماء بصورة أمطار، الأمر الذي يسمح للأملاح بالتراكم قرب السطح عند جفاف التربة. وبينما تتواجد هذه الترب المتأثرة بالأملاح طبيعياً بشكل واسع في ظل ظروف طبيعية، فأن مشكلات الملوحة تثير قلقاً خاصاً لدى المزارعين وذلك حينما تصبح التربة التي كانت منتجة يوماً ما متملحة نتيجة ضعف إدارة الأراضي، وهو ما يسمى بالملوحة "الثانوية". وتحتل التربة المتأثرة بالملوحة

الثانوية، أو الترب المتملحة بفعل الإنسان، مساحة أصغر مما تحتله الترب الملحية الأصلية، على أن الملوحة الثانوية تمثل مشكلة أكثر خطورة بالنسبة للمجتمعات البشرية وذلك لأنها تؤثر بالدرجة الأساس على إنتاج المحاصيل الزراعية. إذ أن للمحاصيل الزراعية الرئيسة قابلية تحمّل للأملاح قليلة قياساً بالنباتات البرية التي لها قابلية تحمّل عالية (المحبة للملوحة)، ولهذا تؤدي الملوحة إلى حدوث تناقص سريع في إنتاج المحاصيل. وإزاء ذلك فأن الأرض الزراعية، التي تعدو مورداً نادراً ونفيساً في مناطق الأراضي الجافة، كثيراً ما تتعرض للهجران حينما تصبح متملحة، وذلك بسبب الكلفة المرتفعة جداً اللازمة لاستصلاحها.

إن الملوحة الثانوية تحصل في ظل مجموعة من الظروف، لكن أكثرها شيوعاً يقترن بسوء إدارة مشاريع الري. وتبيّن إحدى التقديرات أن نحو 50٪ من مجمل الأراضي المروية في المناطق الجافة وشبه الجافة إنما هي متأثرة إلى حد ما بالملوحة الثانوية. وتشتهر العملية بكونها من أهم المشكلات البيئية التي تعانيها الزراعة المروية.

التربة المتملحة.. تقتل النبات فتكون سبباً آخر للتصحر

يكون تأثير الملوحة على إنتاج المحاصيل غير مباشراً من خلال تأثيرها على التربة ومن خلال تأثيرها المباشر على النباتات نفسها. إذ يعمل تراكم الأملاح على تقليل المسافات بين مسامات التربة ويقلل من قابلية التربة على الاحتفاظ بالهواء وبالرطوبة وبالعناصر الغذائية، مما يسفر عن حصول تدهور في بنية التربة وتدني في صلاحيتها كوسط مناسب لنمو النباتات. وتعمل الملوحة أيضاً على القضاء بشكل مباشر على نمو النباتات، وذلك بسبب أولاً سمّية الأملاح بالنسبة للنباتات، خاصة في مرحلة الإنبات، وثانياً من خلال تأثيرها على الضغط التنافذي. إذ أن ملامسة محلول التربة

المحتوي على كميات كبيرة من الأملاح الذائبة لخلية النبتة تسبب انكماش بطانة الخلية من جراء الحركة التنافذية للماء من الخلية إلى محلول التربة الأكثر تركيزاً. ونتيجة لذلك تنهار الخلية ويموت النبات.

تؤدي الملوحة أيضاً إلى جملة من الأخطار الجانبية. إذ غالباً ما يعمل البزل من المناطق المتملحة على زيادة تركيز الأملاح في الجداول والأنهار والأراضي الرطبة مما يؤثر سلباً على الحياة النباتية في المياه العذبة، كما يسفر ذلك في بعض الحالات عن خسارة في التنوع الأحيائي. وقد تصبح المياه الجوفية التي تصاب بالتملح غير صالحة للاستعمالات البشرية (كمياه الشرب مثلاً)، في حين قد يسبب ارتفاع الأملاح بفعل الخاصية الشعرية من مثل هذه المياه الجوفية "الضارة" إلى أساسات المباني وإلى غيرها من المنشآت بإلحاق أضرار بالغة بمواد البناء وذلك بفعل التجوية الملحية.

في صحراء تاكلاماكان الصينية.. يجري العمل حثيثاً لزراعتها بأشجار الأثل لمكافحة تصحر وتملح المناطق المجاورة لها

إن سوء إدارة مشاريع الري ليست السبب البشري الوحيد لمشكلات الملوحة في بيئات الأراضي الجافة. إذ يمكن أن يحدث ارتفاع لمنسوب المياه الجوفية حين يجري إزالة الغطاء النباتي الطبيعي وتحويله إلى مرعى طبيعي أو زراعته بمحصول لا يحتاج إلى كميات كبيرة من الماء. وتعمل قلة التبخر والنتح من المحاصيل الزراعية ومن المراعي قياساً بنباتات المنطقة الأصلية ذات الجذور العميقة على زيادة كمية المياه التي تغور في التربة وصولاً إلى مكامن المياه الباطنية. فقد أدى إزالة أشجار اليوكالبتوس الأصلية من مساحات واسعة في الجنوب الغربي لولاية أستراليا الغربية إلى ارتفاع المياه الجوفية المالحة نتيجة لذلك، فسبب مشكلة "النزيز الملحي". ومن الممكن أيضاً إيجاد حلول لمثل هذه المشكلات الناجمة عن الملوحة.

فالأملاح يمكن أن تترشح عن مقد التربة باستخدام أما البزل شبه السطحي أو الآبار المعقودة بالقرميد أو الآبار الأنبوبية الرأسية أو بزراعة النباتات التي تتحمل الملوحة. فقد أدت زراعة أشجار الأثل Tamarix ذي الجذور العميقة في الأطراف الجنوبية من صحراء تاكلاماكان Taklimakan في الصين إلى الحد من تغدق المياه والملوحة فضلاً عن توفير مصدر جديد لحطب الوقود للقرويين المحليين.

أسباب أخرى

ثمة مجموعة أخرى من الأسباب المتداخلة تساعد على تفاقم ظاهرة التصحر في جهات واسعة من المناطق الجافة في العالم. وقد تكون معظم هذه الأسباب أو العوامل ذات نطاق عالمي وتأثيرها واسع النطاق.

إن التغيرات التي تطرأ على درجة انعكاس الإشعاع الشمسي (الالبيدو) فوق مساحات واسعة من جراء تقلص الغطاء النباتي، سواء أكان ذلك بسبب الجفاف أو بسبب الرعي الجائر، قد يكون لها أثراً سلبياً في كمية الأمطار. إذ يؤدي فقدان الغطاء النباتي إلى انعكاس أسرع للأشعة الشمسية، مما يسفر عن تبرد سطح الأرض، الأمر الذي يقلل بدوره من نشاط تيارات الحمل ومن ثم قلة الأمطار. وتؤدي كمية الأمطار القليلة بدورها إلى قلة الغطاء النباتي، وهكذا دواليك. وعدّ بعض الباحثين هذه الأسباب بمثابة تفسير لطول فترات الجفاف التي يشهدها إقليم الساحل منذ أواخر ستينيات القرن الماضي.

من المرجح أيضاً أن يتولد عن تكوين كميات كبيرة من الغبار الجوي الناشئ من تدهور تربة الأراضي الجافة تداعيات على العمليات الجوية، المتمثلة بتشكيل الغيوم وهطول الأمطار. إذ يمكن أن نجد لمثل هذه التعرية الرياحية

تعد العواصف الغبارية في الأراضي الجافة.. سبباً محتملاً لانحباس الأمطار ومن ثم تزايد رقعة التصحر

أسباباً ترجع أصولها إلى بعض العمليات الطبيعية كالجفاف مثلاً، أو أسباباً ترجع أصولها مرة أخرى لنشاطات بشرية كالرعي الجائر والزراعة المكثفة. فالقطرات المائية المكونة للسحب تأخذ بالتشكل على جزيئات صغيرة كالغبار، لكن كثرة دقائق الغبار قد تمنع حدوث التساقط وذلك لأنها تجعل من القطرات صغيرة وليس كبيرة بما يكفي لهطولها بشكل مطر. وثمة عامل أخر يؤثر في عدم هطول الأمطار ذلك هو التغيرات التي تطرأ على نشاط تيارات الحمل، إذ يؤدي وجود الغبار إلى تغيير في المنحدرات الحرارية في الغلاف الجوي.

على الرغم من ذلك، فإن مثل هذه التغيرات البيئية الناجمة عن البشر قد يكون لها جذور تاريخية موغلة في القدم. إذ ترى إحدى النظريات حول انحسار هطول الأمطار الموسمية في وسط أستراليا في عصر الهولوسين بأن الإنسان القديم عمل على إحداث تغييرات هامة لمعالم المنطقة وذلك عبر إشعال الحرائق. وتقترح النظرية أن عمليات الإحراق المنتظمة عملت على تغيير وجه المناطق شبه الجافة بما تزخر به من أنواع نباتية (أشجار، شجيرات، حشائش) وتحويلها إلى مظهر من مظاهر الصحاري الحديثة، ومن ثم إضعاف العوامل الأحيائية التي تسهم بإضافة كميات من الرطوبة إلى الغلاف الجوي، وهو ما قد يؤدي إلى حدوث تصحر طويل الأجل في عموم القارة.

أسئلة للمراجعة والمناقشة

1- على الرغم من تعدد تعاريف "التصحر"، فأنها تحمل مضامين مشتركة. حددّها في شكل نقاط. ثم أذكر التعريف الرسمي لمصطلح التصحر.

2- ما الأهمية التي يتميز بها الرعي الجائر لكي يكون عاملاً خطيراً يؤدي إلى التصحر؟ لخصّ إجابتك في نقاط محددة.

3- أين تتكون "البقع المجدبة"؟ وكيف تكون سبباً غير مباشراً لحدوث التصحر؟

4- ما دور عامل الزراعة المفرطة في التسبب بالتصحر؟

5- يعد الاستغلال الجائر للغطاء النباتي عاملاً مهماً في حدوث التصحر. أوجزّ في نقاط واضحة أثر هذا العامل، مع ذلك أمثلة كلما تطلب ذلك.

6- كيف تكون ملوحة التربة سبباً مباشراً وغير مباشراً في التسبب بالتصحر؟

7- ما هي الأسباب "العالمية" المساعدة على حدوث التصحر؟ حددّها في صيغة نقاط.

8- هل العواصف الغبارية سبب أم نتيجة للتصحر؟ ولماذا؟

9- لماذا يعد إقليم الساحل الإفريقي من أشهر المناطق في العالم التي تعاني من ظاهرة التصحر؟ وما هي أبرز عوامل ومظاهر التصحر المتمثلة فيه؟ أكتب تقريراً موجزاً عن ذلك في ضوء دراستك لموضوع التصحر.

❋ ❋ ❋

الفصل الثامن

مشكلة التغير المُناخي

سيقدم هذا الفصل تحليلاً مستفيضاً لمشكلة التغير المناخي، بوصفها أهم المشكلات البيئية التي تشغل في الوقت الحاضر الوسط العلمي والرأي العام على حدّ سواء. وسيتم هنا بحث الموضوع من ثلاث زاويا: الأولى تناقش أثر البشر في الغلاف الجوي، والثانية توضح مفهوم غازات الدفيئة وظاهرة الاحتباس الحراري، والثالثة تستعرض الأثار البيئية الناجمة عن هذه الظاهرة.

أثر البشر في الغلاف الجوي

يعد التغير المناخي الناتج عن البشر.. أكثر القضايا البيئية قلقاً في الوقت الحاضر

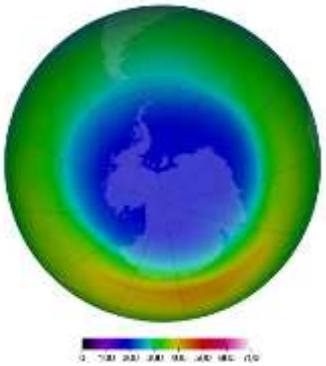
هيمنت قضية التغير المناخي Climatic change الناتجة من زيادة تركيزات غازات الدفيئة على الأجندة البيئية منذ منتصف ثمانينات القرن المنصرم وأحدثت جدلاً دولياً سياسياً وعلمياً محتدماً. وما من شك أنه على مدى المائتين سنة الماضية أو نحو ذلك، عمل البشر على زيادة تركيزات العديد من غازات الدفيئة في الجو زيادة ملحوظة، الأمر الذي له علاقة كبيرة بارتفاع درجة حرارة الأرض. ويبدو على الأرجح أن لهذه التركيزات المتزايدة، تأثير بالغ على المناخ العالمي، وإن كانت معرفتنا وفهمنا مازالا قاصرين تجاه ما ستكون عليه الموازنة الحرارية العالمية الآن وفي المستقبل. أما التوقعات حيال طبيعة مناخ الأرض في القرن القادم، والتداعيات المحتملة للتغيرات المناخية على جوانب أخرى من البيئة الطبيعية والبشرية، فلا تزال غير نهائية بعد.

إن النشاطات البشرية تؤثر سلبياً في الغلاف الجوي بطرق عدة، وغالباً ما يكون لها تداعيات محتملة على النظم المناخية (الجدول 1 – 8). فالمدخلات المباشرة المتمثلة بالغازات والجسيمات الصغيرة المسماة الهباء الجوي Aerosols والطاقة الحرارية يمكنها كلها التأثير في عمل المناخ على مقاييس مختلفة. إذ يكون انبعاثات الهباء الجوي والحرارة مسؤولين عن نشوء الجزر الحرارية المحلية المحيطة بالمناطق الحضرية، وكذلك عن تكوين الضباب الدخاني، وزيادة هبوب العواصف الغبارية، لاسيما من المناطق الزراعية الواقعة في الأقاليم الجافة، وتكون مسؤولة أيضاً عن التأثير في خصائص الإشعاع الشمسي الواصل إلى الغلاف الجوي، الأمر الذي يمكن أن يؤدي إلى تناقص هطول الأمطار محلياً. لكن، على النطاق الأوسع، يعتقد أن الانبعاثات الغازية هي السبب في زيادة تأثير مفعول الدفيئة وفي تآكل طبقة الأوزون في أعالي طبقات الغلاف الجوي. وعلى العموم، يمكن إجمال أهم التأثيرات البشرية على الغلاف الجوي بالنحو الآتي:

الجدول (1 – 8): الأثار المحتملة لتغير المناخ بفعل النشاطات البشرية.

التأثير في المدخلات الجوية المباشرة
• الانبعاثات الغازية (ثاني أكسيد الكربون، الميثان، الكلورفلوركربون، أكسيد النتروجين، الكرايتون، بخار الماء، الغازات النزرة) • الهباء الجوي • التلوث الحراري
التغيرات في سطوح اليابسة
• التغير في الإشعاع الشمسي المنعكس (تحطيب الغابات، التشجير، الرعي الجائر، تراكم الغبار فوق الغطاءات الجليدية) • التغير في وعورة الأرض (تحطيب الغابات، التشجير، التحضر) • التوسع في الري • خزانات المياه
التغيرات في المحيطات
• التغيرات الجارية بفعل شق الممرات الملاحية • التغيرات بفعل تغيير مجاري المياه العذبة صوب المحيطات

1 ـ التسبب بتآكل طبقة الأوزون:



ثقب الأوزون.. كما يبدو فوق القارة القطبية الجنوبية (الصورة 2012)

يلعب الأوزون الجوي دوراً رئيساً في العمليات المناخية يتمثل بقدرته على امتصاص الأشعة الشمسية فوق البنفسجية الواصلة إلى الأرض. وتؤدي هذه العملية إلى تسخين طبقة الستراتوسفير التي تتواجد ضمنها طبقة الأوزون. ويعمل على انعكاس كبير لدرجة الحرارة ما بين حوالي 15 و 50 كم فوق سطح الأرض، الأمر الذي يؤثر على تيارات الحمل وعلى الدورة الجوية في طبقة التروبوسفير الواقعة تحتها. وفي العام 1985 اكتشف لأول مرة وجود ثقب في طبقة الأوزون فوق القارة القطبية الجنوبية. ومنذ ذلك الحين، انصب الاهتمام كثيراً على التداعيات البيئية التي قد تنجم عن تزايد وصول الأشعة فوق البنفسجية إلى سطح الأرض. فمن المرجح أن يؤثر ذلك في عملية التركيب الضوئي، ومن ثم حدوث تأثيرات بالغة على العديد من الكائنات الحية. كما من المحتمل حصول تناقص في إنتاجية الأحياء المائية كالهائمات النباتية والنباتات البرية. أما الأثر المباشر على صحة الإنسان فيتمثل في زيادة احتمالات الإصابة بسرطان الجلد والعمى. ولم تعد المشكلة محصورة فقط في نصف الكرة الجنوبي، بل اكتشف الآن ثقب في طبقة الأوزون فوق العروض الوسطى من نصف الكرة الشمالي وفوق القطب الشمالي. وعلى الرغم من الجهود الدولية الحثيثة للحد من انبعاثات غاز الكلورفلوركربون Chlorofluorocarbon، وهو المركّب الرئيس المسؤول عن نضوب طبقة الأوزون، فأن الانبعاثات التي تمت في الماضي ستستمر في زيادة تدهور طبقة الأوزون لعقود أخرى من الزمن. ومن المتوقع أن لا تصل طبقة الأوزون إلى درجة التعافي التام إلا بحلول العام 2050 على أقل تقدير.

2 ـ تغيير كمية الإشعاع الشمسي المنعكس:

من المحتمل أن هناك عدد من الأفعال البشرية التي تجري على سطح اليابسة لها تأثيرات مناخية محلية من خلال تغيير قابلية رد الإشعاع الشمسي المنعكس، أو ما يسمى بالبيدو Albedo. إذ ازداد الإشعاع الشمسي المنعكس بفعل التغيرات الكبيرة التي تعرض إليها الغطاء النباتي الطبيعي كتحطيب الغابات والرعي الكثيف أو بفعل دقائق الغبار الهابة من الترب الزراعية والمترسبة فوق الغطاءات الجليدية. ويمكن لبعض العمليات الطبيعية أيضاً العمل على زيادة رد الإشعاع الشمسي المنعكس، ومثال ذلك موجات الجفاف التي تؤثر بدورها في الغطاء النباتي والثورانات البركانية التي بوسعها لفظ كميات هائلة من الغبار إلى الجو.

إن التغيرات في مقدار الإشعاع الشمسي المنعكس تؤثر بالنتيجة في كمية الطاقة الشمسية الممتصة من السطح، ومن ثم في كمية الطاقة الحرارية المتحررة من السطح. ويؤثر ذلك بدوره أيضاً في عمليات جوية كتيارات الحمل وهطول الأمطار. وبعبارة أخرى، كلما ازداد رد الإشعاع الشمسي المنعكس من السطح أدى ذلك إلى تبريد سطح الأرض، الأمر الذي يقلل بدوره من نشاط تيارات الحمل ومن هطول الأمطار. وقد يؤدي ذلك إلى تداعيات عديدة كحصول موجات جفاف طويلة كالتي ضربت إقليم الساحل الأفريقي في أواخر الستينيات. وحصلت حالات مشابهة في مناطق شهدت عمليات تحطيب واسعة للغابات.

يؤدي زيادة انعكاس الإشعاع الشمسي.. إلى مشكلات بيئية عديدة

3 ـ تغيير كمية الرطوبة ودرجة الحرارة:

إن للتغيرات التي يجريها الإنسان على دورة الماء في الطبيعة انعكاسات على المناخ أيضاً. فالزيادة في مساحة الزراعة المروية في العديد من بقاع العالم واستحداث

مسطحات مائية شاسعة خلف السدود، يعمل كليهما على تغيير قابلية رد الإشعاع الشمسي المنعكس على النطاق المحلي، وكذلك على زيادة معدلات التبخر والنتح. فتحويل استعمال الأرض إلى نمط الزراعة المروية، الذي يعمل على تعديل توزيع الرطوبة في المنطقة الجذرية، يؤثر في موازنة الطاقة في سطح التربة. ويمكن أن يكون لذلك تأثيرات ملحوظة على درجة الحرارة المحلية في المناطق التي تتبع نظام الري على نطاق واسع. ففي بعض المناطق من السهول الأمريكية العظمى حيث أن أكثر من 80٪ من استعمال الأرض تبدل من نمط الزراعة غير المروية إلى المروية، خلال النصف الثاني من القرن العشرين، انخفضت معدلات درجة الحرارة خلال موسم النمو إلى ما يزيد عن درجتين مئويتين عما كانت عليه سابقاً. هذا وأن للتوسع في الزراعة المروية آثار واسعة النطاق أيضاً. إذ يعتقد أن الزيادة في مقدار الإشعاع الشمسي المنعكس من المنطقة التي كان يشغلها سابقاً بحر الأورال، قد أسهمت في زيادة درجة القارية وتغير المناخ، متمثلة بهبوط الرطوبة النسبية وارتفاع درجات الحرارة والتغير في موسمية الصقيع وزيادة عدد أيام الجفاف بمقدار ثلاثة أضعاف.

أدى تجفيف بحر الأورال.. إلى تغير المناخ الإقليمي لدول آسيا الوسطى

4 ـ تغيير نسبة ملوحة المحيطات:

يمكن للمؤثرات البشرية الجارية على الطبيعة وعلى نظام المحيطات إحداث تغيرات في نمط المناخ المحلي. فالتغيرات التي تطرأ على ملوحة مياه السواحل نتيجة لتحوير النظم النهرية مثلاً، إنما تعمل تغيير قابلية المياه البحرية على امتصاص الحرارة.

حينما تزداد ملوحة البحار.. فأنها تفضي إلى تغيير قابليتها على امتصاص الحرارة ومن ثم تغير المناخ

غازات الدفيئة وظاهرة الاحتباس الحراري

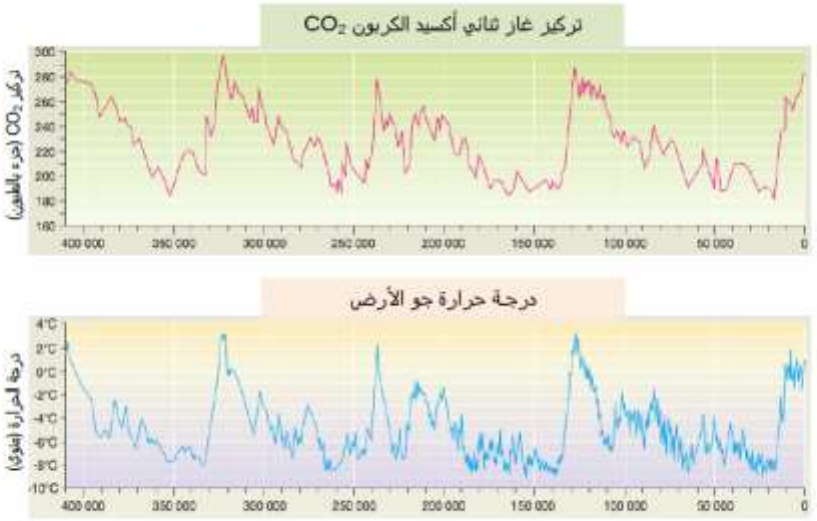
غازات الدفيئة

تعد غازات الدفيئة.. وعلى رأسها غاز ثنائي أكسيد الكربون.. المسؤولة الرئيسة عن حدوث الاحتباس الحراري

إن من أبرز النتائج التي تخلفها النشاطات البشرية على المناخ هو انبعاثات ما يسمى بغازات الدفيئة Greenhouse gases. إذ أن احترار الغلاف الجوي الناجم عن غازات الدفيئة التي تتواجد في الجو بكميات ضئيلة هو في الحقيقة ظاهرة طبيعية تنتج عن مفعول هذه الغازات التي تكون شفافة أمام دخول موجات الأشعة الشمسية القصيرة، لكنها تكون معتمة بوجه الأشعة الشمسية المرتدة من سطح الأرض ذات الموجات الطويلة (الأشعة تحت الحمراء)، مما يؤدي إلى تسخين الهواء (أنظر الشكل 2 – 8).

على أن قدراً محدوداً من غازات الدفيئة يكون مفيداً. فبدونها، سيبلغ معدل درجة حرارة سطح الأرض حوالي – 18 ْم، ما سيجعل الأرض مكاناً غير مناسباً للحياة على الإطلاق. كما تساعد غازات الدفيئة على إبقاء درجة حرارة سطح الأرض في حدود ملائمة جداً للحياة، أي حوالي 15 ْم. لكن نظراً لارتفاع تركيزات غازات الدفيئة بسبب الأنشطة البشرية في العصور الحديثة، فأن ما يحدث الآن هو تصاعد معدل درجة حرارة الكوكب وإحداث تغيرات خطيرة في المناخ سنشهد جميعنا وقوعها من حولنا. وعادة ما يكون ثنائي أكسيد الكربون (CO_2) المسؤول الأول عن وقوع ذلك لأنه يمثل ما نسبته 80٪ من إجمالي انبعاثات غازات الدفيئة. إذ أننا حينما نقوم بحرق الوقود الاحفوري (النفط، الغاز الطبيعي، والفحم) في منازلنا، وسياراتنا، ومصانعنا، ومحطات توليد الطاقة، أو حينما نقوم بقطع الغابات وحرقها، أو حينما نقوم بإنتاج الإسمنت، فأننا نقوم في الحقيقة بإطلاق ثنائي أكسيد

الكربون إلى الجو. وتشير البيانات العلمية المأخوذة من عينات لب الجليد لمدة تزيد عن 400.000 سنة خلت، إلى أن الزيادة في نسبة غاز ثنائي أكسيد الكربون في الجو قد رافقها ارتفاع متزامن في درجة حرارة جو الأرض بشكل يكاد يكون متطابقاً تماماً (الشكل 1 – 8). ولذا يستدل العلماء من هذا الارتباط الوثيق على اعتبار ثنائي أكسيد الكربون المتسبب الرئيس في احترار الأرض.



الشكل (1 – 8): التطابق في مستويات غاز ثنائي أكسيد الكربون ودرجة حرارة جو الأرض.

ومثلما الحال مع غاز ثنائي أكسيد الكربون، فأن وجود غازيّ الميثان (CH_4) وأكسيد النتروجين (N_2O) يسبق وجودنا فوق الأرض لكنهما حصلا على زيادات كبيرة من لدن بني البشر. إذ أن 60٪ من غاز الميثان الموجود حالياً في الجو ناتج عن البشر بدرجة رئيسة، فهو يأتي من مواقع طمر النفايات ومن تربية الماشية وحرق الوقود الاحفوري ومن محطات معالجة مياه الفضلات ومن صناعات أخرى. ففي حالة تربية المواشي الواسعة النطاق، يجري خزن السماد السائل في خزانات كبيرة ما يسبب انبعاث غاز الميثان. أما غاز أكسيد النتروجين فأنه يتواجد طبيعياً أيضاً، غير أن النشاطات البشرية المختلفة عملت على زيادة نسبته في الغلاف الجوي بحدود

17٪ منذ قيام الثورة الصناعية، حيث ينجم بالدرجة الأساس من صناعة الأسمدة الكيماوية ومن الوقود الاحفوري ومن حرق الغابات وبقايا المحاصيل المتفسخة.

فضلاً عن ذلك، تعد غازات هكسافلوريد الكبريت (SF_6) والبيرفلوروكربون (PFCs) وهيدروفلوريد كربون (HFCs) غازات دفيئة تنجم حصرياً عن الأنشطة البشرية. ولا عجب أن نجد أن انبعاثات هذه الغازات آخذ في الارتفاع أيضاً. فغاز هيدروفلوريد الكربون يستخدم كمادة مساعدة لإنتاج غاز الكلورفلوروكربون (CFCs)، الذي تم منع استخدامه بسبب انبعاثاته من أنظمة التبريد ويمثل وجوده أينما كان دماراً لطبقة الأوزون. كما يعد غاز الكلورفلوركربون هذا من غازات الدفيئة البالغة التأثير. فيما يتحرر غازيّ البيرفلوروكربون وهكسافلوريد الكبريت إلى الجو من جراء بعض الفعاليات الصناعية كصهر الألمونيوم وتصنيع الموصلات الكهربائية، إضافة إلى انبعاثهما من محطات توليد الكهرباء التي تنير مدننا.

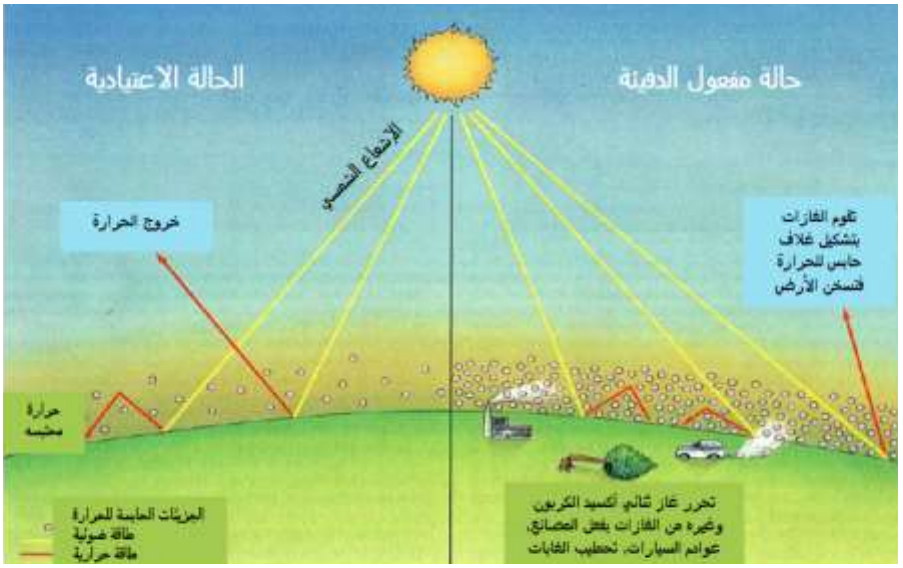
هذا وتعد الولايات المتحدة الأمريكية من أكبر مصادر هذه الانبعاثات الصناعية، إذ تسهم لوحدها بقرابة 30.3٪ من هذه الانبعاثات. فيما تأتي أوربا ثانياً بنحو 27.7٪، ثم روسيا بحوالي 13.7٪، وتسهم دول جنوب شرقي أسيا والهند والصين مجتمعة بحوالي 12.2٪، ثم تليها أمريكا الجنوبية واليابان والشرق الأوسط وأفريقيا وكندا وأستراليا بمساهمات قدرها 3.8٪ و 3.7٪ و 2.6٪ و 2.5٪ و 2.3٪ و 1.1٪ على التوالي. وفي الآونة الأخيرة أصبحت معظم المساهمات بغاز ثنائي أكسيد الكربون في المناطق المدارية تأتي من جراء تحطيب الغابات.

ظاهرة الاحتباس الحراري

الواقع أن الغلاف الجوي لكوكب الأرض رقيق لدرجة أن بإمكان البشر القيام بإحداث تغيرات كبيرة في تراكيز بعض من عناصره الجزيئية الأساسية. ودليل ذلك

هو الزيادة الملحوظة في كمية غاز ثنائي أكسيد الكربون، وهو من أهم غازات ما يسمى بغازات الدفيئة مثلما ذكر سابقاً.

يقوم المبدأ الأساسي لظاهرة الاحتباس الحراري Global warming على ما يعرف بمفعول الدفيئة (الصوبة الحرارية) Greenhouse effect. وتحدث هذه الظاهرة مثلما يوضّحها الشكل (2 – 8) على النحو الآتي:



الشكل (2 – 8): مفعول الدفيئة وأثره في حدوث ظاهرة الاحتباس الحراري.

تدخل الطاقة الشمسية إلى الغلاف الجوي في شكل موجات قصيرة. ويقوم جزء من تلك الطاقة بتسخين الأرض ومن ثم يرتد راجعاً إلى الفضاء الخارجي مرة أخرى في شكل موجات تحت الحمراء.

وفي الظروف الاعتيادية، يقوم الغلاف الجوي طبيعياً باحتجاز جزء من الأشعة تحت الحمراء الخارجة، ويعد ذلك أمراً حسناً، لأنه يحافظ على درجة الحرارة فوق الأرض في حدود مريحة. ففي كوكب الزهرة تتسم غازات الدفيئة هناك بسماكتها الكبيرة لدرجة تكون فيه درجات الحرارة مرتفعة جداً بالنسبة للبشر. فيما

يكاد كوكب المريخ أن يخلو من أي وجود لغازات الدفيئة فوقه، ولذا تكون درجة الحرارة منخفضة جداً هناك. وهذا ما يفسر سبب وصف الأرض أحياناً بكونها "الكوكب المتوازن"، ذلك أن درجات الحرارة فوقه تكون مناسبة جداً للحياة.

المشكلة التي نواجها الآن هي أن هذه الطبقة الرقيقة من الغلاف الجوي قد أخذ سمكها يزداد بفعل الكميات الكبيرة التي يتسبب بها البشر في طرح ثنائي أكسيد الكربون وغيره من غازات الدفيئة. وكلما أزداد ذلك الغلاف سمكاً، كلما عمل على حبس قدراً أعظم من الأشعة تحت الحمراء التي سوف لن تجد لها طريقاً للخروج إلى الفضاء. ونتيجة لذلك، سيزداد ارتفاع درجة حرارة الغلاف الجوي للأرض، وكذلك درجة حرارة المحيطات على نحو ينذر بخطر كبير. وهذا هو ما نعنيه بظاهرة الاحتباس الحراري.

إن الأدلة التي تم جمعها من مؤشرات شتى، تشير إلى أن القرن العشرين كان الأدفى من بين قرون الألفية الماضية. وأن التغيرات التي طرأت على معدل درجة حرارة العالم التي تم رصدها منذ منتصف القرن التاسع عشر إنما تدلل، مثلما يظهر في الشكل (3 – 8)، على أن كوكب الأرض قد ارتفعت درجة حرارته إجمالاً بنحو 0.74 درجة مئوية على مدى المائة سنة المنصرمة ــ أي ما بين العامين 1906 و 2005. وعلى الرغم من احتمالية أن يكون هذا الاتجاه الحراري المتصاعد دليلاً على نهاية العصر الجليدي الصغير، فأن معظم الباحثين يرون عدم أرجحية أن يمثل ذلك الاتجاه حالة طبيعية في واقع الحال. فهو قد يكون انعكاساً لتأثير مفعول الدفيئة الناجم عن النشاطات البشرية الملوثة للغلاف الجوي بشكل أو أخر. وفي تقرير الهيئة الدولية للتغيرات المناخية IPCC لعام 2007، تم الإقرار أن "لأفعال الإنسان دور واضح في حدوث الاحتباس الحراري".

الشكل (3 – 8): التباينات في درجة حرارة سطح الأرض من العام 1000 إلى 2100 ميلادي.

الأثار البيئية لظاهرة الاحتباس الحراري

نظراً لارتباط الغلاف الجوي ارتباطاً وثيقاً بالغلاف الحياتي والمائي والصخري، فأن أي تغيرات مستقبلية تطرأ على المناخ العالمي سيكون لها عواقب وخيمة على جميع مفاصل الطبيعة التي نحيا في ظلها. وفيما يلي إيجازاً بأهم التأثيرات المحتملة لظاهرة الاحتباس الحراري:

1 ـ انكماش جليد القطب الشمالي:

سيكون الدب القطبي.. أول الخاسرين من ذوبان جليد القطب الشمالي

تتميز العروض العليا بكونها أكثر المناطق التي قد تؤثر فيها ظاهرة الاحتباس الحراري. فقد شهدت درجات حرارة الهواء قرب السطح عند خط العرض 65° شمالاً زيادة بنحو ضعفين عن المعدل العالمي خلال المائة سنة الماضية. ومن المتوقع حصول تغيرات مهمة في العمليات الجليدية، الأمر الذي يؤثر في جليد الثلاجات وفي الجليد الأرضي وجليد البحار على حدّ سواء، مما ينعكس بدوره على الغطاء النباتي وعلى بيئات الحياة

البرية وعلى المنشآت والمرافق البشرية عموماً. ومن المحتمل حدوث تغيرات مؤثرة حول الدائرة القطبية الشمالية إلى الشمال من كندا. فثمة احتمال قوي بتلاشي الغطاء الجليدي للمحيط المتجمد الشمالي، الأمر الذي قد يسهل النقل البحري واستغلال النفط والغاز من جهة، ولكن أيضاً قد يزيد المخاطر المتأتية من الجبال الجليدية من جهة أخرى. والواقع، أن معدل التقلص في جليد المحيط المتجمد الشمالي منذ الخمسينيات كان أسرع من المتوقع، إذ يصل المعدل إلى نحو 8٪ لكل عشر سنوات خلال شهر أيلول الذي يمثل نهاية فصل الذوبان، وذلك للمدة 1953 ــ 2006.

إن لاختفاء الجليد البحري تداعيات مهمة نظراً لأن الجليد إنما يعد عاكساً كبيراً للإشعاع الشمسي، وبفضل ذلك ترتد نسبة كبيرة من الإشعاع إلى الفضاء الخارجي ويزداد عامل التبريد. أما المساحات المعتمة من المياه المفتوحة، الآخذة بالتوسع نتيجة لذوبان الجليد، فإنها تمتص كميات أكبر من الإشعاع الشمسي فترتفع بذلك درجة الحرارة. وتسهم هذه العملية في حصول مزيد من الضياع للجليد.. وهكذا دواليك.

2 ـ ذوبان القارة القطبية الجنوبية والثلاجات الجبلية:

سيمثل ذوبان جليد القارة القطبية الجنوبية والثلاجات الجبلية.. كارثة بيئية لا تحمد عقبها

لقد تم رصد تأثر مساحات واسعة من الغطاءات الجليدية للقارة القطبية الجنوبية منذ أربعينيات القرن الماضي بفعل ارتفاع درجات حرارة المناخ. إذ كانت تحدث في منتصف القرن الماضي مواسم شتاء باردة يزداد خلالها سعة الغطاء الجليدي في كل أربع سنوات من أصل خمس، لكن هذا الرقم تناقص إلى فقط سنة أو سنتين في كل خمس سنوات منذ أواسط السبعينيات. ويؤدي ارتفاع درجات الحرارة إلى تسارع ذوبان الثلاجات الجليدية وانحسارها في القارة القطبية الجنوبية وفي معظم بقاع العالم. إذ تتعرض

الثلاجات إلى التراجع على نحو سريع لاسيما في الهمالايا، الأمر الذي يسبب قلقاً بالغاً بالنسبة للتجهيزات المائية على المدى الطويل لملايين الناس في كل من الصين والهند والنيبال التي تعتمد أنهارها على المياه الذائبة من الثلاجات. وهناك أيضاً دلائل موثقة لتقلص واختفاء ثلاجات بأكملها في ألاسكا وفي جبال الأنديز بأمريكا الجنوبية وجبال الألب بأوروبا وكذلك في جبل كلمنجارو بأفريقيا.

3 ـ تقلص مساحة مناطق الصقيع الدائم:

لم تعد أراضي الصقيع الدائم نافعة للاستخدام مثل السابق.. فالتغير المناخي أدى إلى ذوبانها

إن تراجع خط الصقيع الدائم باتجاه الشمال له العديد من التأثيرات على الطرقات والمباني وأنابيب النفط المشيدة حالياً فوق أراضي الصقيع الدائم وعلى التصاميم الهندسية وتقنيات البناء الجديدة. والأمر الخطير الذي يمكن أن ينجم عن ذوبان الصقيع الدائم في أراضي العروض العليا، هو تحرر الميثان، أحد غازات الدفيئة المساهمة في زيادة الاحتباس الحراري. فعلى سبيل المثال، كلما ارتفعت درجة الحرارة كلما طال فصل النمو وتحرك خط الغطاء النباتي صوب الشمال، ومن المحتمل أن يزيد ذلك من احتجاز الكربون وخزنه بفعل عملية التركيب الضوئي. وقد سبب ارتفاع درجات الحرارة خلال القرن العشرين بحصول تقلص كبير في أشجار الغابات الشمالية في سيبيريا وألاسكا وتراجعها صوب الشمال، مثلما أظهرت ذلك صور الأقمار الاصطناعية.

4 ـ نقص المياه العذبة:

يمكن لتغيرات صغيرة نسبياً في المناخ أن تؤثر في جاهزية المياه العذبة. إذ من المحتمل أن يتسبب ذلك بمشكلات خطيرة لاسيما في الأقاليم الجافة وشبه الجافة وفي المناطق الأكثر منها رطوبة، وذلك أما نتيجة لزيادة الطلب على المياه أو لتلوثها، الأمر الذي قد يؤدي إلى ندرتها وشحتها. ويعد حوض البحر المتوسط أحد الأمثلة

على ذلك. إذ شهدت الجهات الغربية والوسطى من الحوض خلال العقود الأخيرة تناقصاً ملحوظاً في مجموع الأمطار، كما لوحظ حدوث تغيرات واضحة في موسمية سقوطها. وأصبح هطول الأمطار يتركز في فترات أقصر من السنة مثلما في جنوب البرتغال مثلاً، إذ انخفضت نسبة التساقط السنوي خلال الخريف وكان ما يسقط في الشتاء على حساب مجموع المتساقط في الربيع. وشهدت مناطق جنوب إسبانيا أيضاً تراجعاً في هطول الأمطار الربيعية. أما الأجزاء الشمالية الشرقية من البلاد، فقد سجلت زيادة في كمية التساقط خلال الشتاء والربيع منذ عشرينات القرن الماضي، فضلاً عن حصول زيادة عموماً في عدد الأيام الممطرة الشديدة تتخللها فترات جفاف أطول. وقد كان للتغيرات في توزيع الأمطار أثر سلبي في جاهزية المياه للمحاصيل الزراعية، الأمر الذي أسهم في زيادة معدل تعرية التربة. كما من المتوقع أن يكون لمثل هذه التغيرات في موسمية الأمطار وشدتها تأثير في مواسم فيضانات الأنهر. وقد توصلت الدراسات التي أجريت حول عدد من الأحواض النهرية في العالم إلى ارتفاع احتمالية خطورة الفيضانات العارمة خلال القرن العشرين.

5 ـ تحرر الكربون من التربة:

تحرر الكربون من التربة بفعل التغير المناخي سيزيد من فعل الاحتباس الحراري

يؤثر الاحتباس الحراري أيضاً في التربة لاسيما في العروض الوسطى. إذ وجدت إحدى الدراسات، التي تفحصت أكثر من 5600 عينة للتربة في كل من إنكلترا وويلز، أن المحتوى الكربوني قد تناقص بمعدل 13 مليون طن في السنة للمدة 1978 – 2003. ونظراً لأن الكربون المخزون في التربة يبدو أنه قد تحرر إلى الجو بشكل أو أخر، فقد توصل الباحثون إلى أن السبب الرئيس في ذلك لابد أن يرجع إلى التغير المناخي الذي أدى إلى ارتفاع درجة الحرارة وزيادة معدل تحلل المادة العضوية ومن ثم تحرر الكربون.

وتعد هذه النتائج مقلقة حقاً نظراً لأن الترب تقوم مقام "الجلد" الـذي يمـتص أيـة زيادة في الكربون الجوي كلما ازدادت معها مستويات ثنائي أكسيد الكربون في الجو، وهي بذلك تكون أشبه بالحجاب الذي يقي من تأثيرات الاحتباس الحراري. ولكن بدلاً من ذلك أصبحت التربة الآن تطلق الكربون وتعيده مرة ثانية إلى الجـو بسـبب ارتفاع درجات حرارة الأرض.

6 ـ تدهور المناطق الجافة:

ستزداد معاناة المناطق الجافة بفعل التغير المناخي

من المحتمل أن تتأثر المناطق الجافة وشبه الجافـة بشكل خـاص مـن التغـير المنـاخي العـالمي. إذ ازدادت وتـيرة ظـاهرة تغـير المنـاخ في بعـض الحالات بفعل نشاطات الإنسان المدمرة للغطاء النباتي ولسطح التربـة. وفي الوقـت نفسـه، قـد يـــؤثر التغـــير المنـــاخي عـــلى العمليـــات الجيموفولوجية في هذه الأقـاليم، وذلـك بفعـل التـأثير المبـاشر لارتفـاع درجـات الحرارة وما يرتبط بها من تغيرات على نظـم التسـاقط ودرجـات الحـرارة والغطـاء النباتي. فعلى سبيل المثال، يحـدث في العديـد مـن المنـاطق شـبه الجافـة، تنـاقص في رطوبة التربة بسبب ازدياد الضائعات من التبخر والنتح وتناقص الجريان السطحي خلال الصيف وارتفـاع معـدلات تعريـة التربـة بفعـل الريـاح. وأظهـرت بعـض الدراسات التي أجريت في جنوب أفريقيا، أنه خـلال القـرن الحـالي سـوف تصـبح معظم الكثبان الرملية في صحراء كالهاري Kalahari كثباناً متنقلـة ونشـطة الحركـة نتيجة لتضافر جملة من العوامل مثل تناقص رطوبة التربة وفقدان النبـات الطبيعـي وتزايد طاقة الرياح.

7 ـ تدهور نوعية الهواء:

من المحتمل أن يؤدي تضافر التغير المناخي مع التأثيرات البشرية الأخرى إلى الإضرار في الكثير من جوانب البيئة الطبيعية. فارتفاع درجات الحرارة يعّجل من تكوين غاز الأوزون الضار القريب من سطح الأرض، مما سيديم مكوث هذه التركيزات العالية من الأوزون مدة أطول في الجو. وعلى هذا، من المرجح أن يكون الاحتباس الحراري سبباً لزيادة معدلات التفاعل الكيماضوئي Photochemical reaction بين الملوثات الكيماوية الموجودة في الغلاف الجوي، الأمر الذي يزيد من تلوث هواء المدن وتضرر الصحة العامة.

8 ـ زيادة حموضة المياه البحرية:

تتعدد تأثيرات ارتفاع درجات الحرارة على نوعية البيئات البحرية. لكن ثمة تغير كيماوي أساسي يتمثل بزيادة حموضة مياه البحار والمحيطات. وتحدث هذه العملية جراء قيام مياه المحيطات بامتصاص قسم من غاز ثنائي أكسيد الكربون المنبعث إلى الجو من النشاطات البشرية المختلفة. فعندما يذوب ثنائي أكسيد الكربون في الماء، فأنه يتحول إلى حامض الكربونيك، وعلى هذا تصبح مياه المحيطات أكثر حموضة. وقد أظهرت الدراسات أن المياه البحرية الحمضية يمكنها التسبب بتآكل الهياكل الكربونية التي تكسو أبدان الكثير من الأحياء البحرية، مثلما يحدث اليوم في الشعاب المرجانية التي تشكل حموضة البحار تهديداً قد يقضي عليها نهائياً.

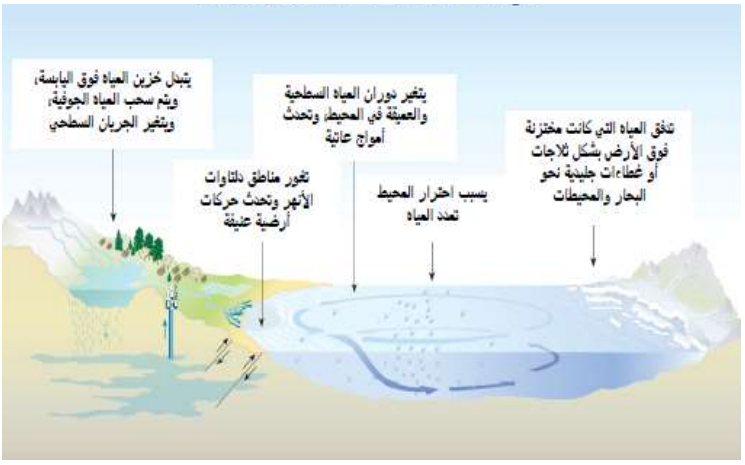
شعاب مرجاني حي

شعاب مرجاني ميت

يؤدي ارتفاع حموضة مياه البحار بفعل الاحتباس الحراري.. إلى تفاعل كيمائي يقضي على الشعاب المرجانية ويحولها إلى مجرد هياكل عظمية.. في ظاهرة تعرف بـ "ابيضاض" المرجان

9 ـ ارتفاع منسوب البحر:

إن من أخطر المشكلات التي تواجه البحار وحظيت باهتمام كبير، هي ارتفاع مناسيب البحار نتيجة للتمدد الحراري الذي تتعرض إليه البحار والمحيطات وكذلك من جراء ما يضاف إليها من مياه الجليد الذائب. إذ يرى بعض العلماء أن ارتفاع منسوب البحر سيكون بلا شك الأثر الأبرز لظاهرة الاحتباس الحراري. وإذا ما عرفنا أن أغلب البشر يقطنون على طول المناطق الساحلية، فأن ما ستتعرض إليه المناطق المنخفضة من السواحل سيكون حدثاً خطيراً بالتأكيد. وتفيد تقارير الهيئة الدولية للتغيرات المناخية، بأن منسوب سطح البحر قد ارتفع خلال القرن العشرين بمقدار 1.5 ـــ 2 ملم/ سنة. والأدق من ذلك، أن القياسات العالمية لمنسوب البحر المأخوذة من الأقمار الاصطناعية تشير إلى هذا المعدل آخذ بالازدياد في القرن الحادي والعشرين، وهي نتيجة تدعو إلى مزيد من القلق. وفي أقصى الحالات، فإذا ما تعرضت الغطاءات الجليدية في غرينلاند والقارة القطبية الجنوبية للذوبان تماماً، فمن المحتمل ارتفاع منسوب البحر بنحو 70 متراً. وقد يكون أيضاً لتدفق المياه العذبة من هذه الغطاءات الجليدية تأثير في الدورة المائية المحيطية بحيث تسهم في حدوث مزيد من تداعيات التغير المناخي (الشكل 4 – 8).



الشكل (4 – 8): كيفية تغير منسوب البحر بفعل التغير المناخي.

10 ـ الفيضانات وغرق السواحل والجزر:

يمكن أن يؤدي ارتفاع مناسيب البحار إلى حدوث فيضانات مفاجئة وهيجان البحر وغرق المستوطنات البشرية المنخفضة الواقعة على السواحل القارية، لاسيما المدن الكبيرة مثل بانكوك ولاغوس ولندن ونيويورك وريو دي جانيرو وطوكيو. أما مدينة البندقية الإيطالية الواقعة على البحر المتوسط، فمن المتوقع تعرضها إلى خطر داهم لكون أن معظم المنطقة الحضرية فيها لا تقع سوى على ارتفاع 80 سم فقط فوق منسوب سطح البحر. علماً أن هذه المدينة قد تعرضت أيضاً للهبوط والانخساف بفعل البشر في العقود الأخيرة.

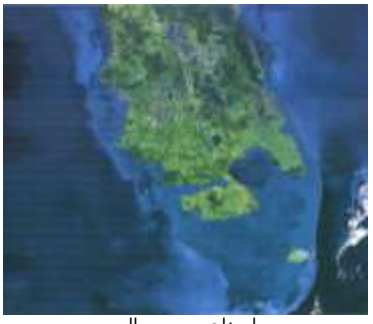
لقد كان عدد كبير من الجزر الواقعة في المحيط الهادي قبل 18000 سنة غارقة تحت الماء أصلاً، وعلى هذا فأن الارتفاع المستمر لمياه البحر بضعة أمتار سوف يغير بشكل كبير من الخريطة الحالية للمحيطين الهادي والهندي. وقد تختفي العديد من البلدان الجزرية الصغيرة في المحيط الهادي، مثل توغالا Tokelau وجزر المارشال Marshall Islands وتوفالا Tuvalu وجزر لاين والكريباتي Line Islands and Kiribati، إذا ما تحققت أسوء سيناريوهات ارتفاع مستوى سطح البحر. كما يتوقع حدوث الكثير من الأثار الطبيعية الأخرى بالنسبة لغيرها من الجزر المحيطية. فمع ارتفاع مناسيب البحر، سوف يزداد معدل التعرية الساحلية، وإن كان هذا يعتمد على عدد من العوامل مثل التاريخ التكتوني للجزر، ومعدل الترسيب والهبوط، وسعة الشعاب المرجانية ومعدل نموها، وطبيعة الرصيف الصخري للجزر، ومدى حماية الشواطئ من الأمواج البحرية، وكثافة الغطاء النباتي المتمثل بغابات القرم (المانغروف).

إن ارتفاع منسوب البحر يتضح بأخطر صوره على البلدان المنخفضة والكثيفة السكان كبنغلاديش مثلاً. ويمثل الغرق وتوغل الملوحة البحرية أهم

تهديدين يواجهان الاقتصاد الوطني في تلك البلاد. إذ يمكن حصول الحالتين التاليتين:

- ارتفاع منسوب البحر بمقدار 30 سم، إذا ازدادت درجة الحرارة بمقدار 2 درجة مئوية.
- ارتفاع منسوب البحر بمقدار 100 سم، إذا ازدادت درجة الحرارة بمقدار 4 درجة مئوية.

منسوب البحر الحالي



عند ارتفاع منسوب البحر

ستكون بنغلاديش عرضة للغرق بمياه البحر إذا ما ارتفع بمنسوب 30 -100 سم بفعل الاحتباس الحراري

11 ـ زيادة تكرار الأعاصير المدارية:

تعد الزيادة في تكرار حدوث الأعاصير المدارية العملاقة Hurricanes أحد التهديدات المقلقة الناجمة عن ظاهرة الاحتباس الحراري. إذ ينشط هذا النوع من الأعاصير في العروض المدارية التي تزيد فيها درجة حرارة مياه سطح البحر عن 26.5 درجة مئوية. ويمكن لهذه الأعاصير التسبب بأضرار جسيمة للأنظمة البيئية الساحلية والجزرية، ناهيك عن إلحاقها الضرر بالبنى الاجتماعية. ويشير تحليل لتكرار الأعاصير المدارية في المحيط الأطلسي إلى أن حدوثها منذ مطلع هذا القرن قد تضاعف مرتين في السنة الواحدة قياساً بما كان عليه قبل نحو 100 عام. ويعزى سبب هذه الزيادة على الأرجح إلى ارتفاع درجة حرارة المياه السطحية للبحر وتبدل أنماط الرياح، وذلك تزامناً مع التغيرات المناخية العالمية. ولوحظ أيضاً حصول زيادة في تكرار تلك الأعاصير وفي شدتها خلال الربع الأخير من القرن العشرين

في محيطات أخرى، كشمال المحيط الهادي وجنوبه الغربي وفي المحيط الهندي، إذ ازدادت بشكل كبير الأعاصير المدارية من الفئة الرابعة والخامسة.

تعد الأعاصير المدارية العملاقة.. أكثر مظاهر الاحتباس الحراري رعباً وتدميراً

إن الزيادة في تكرار الأعاصير المدارية الشديدة ما هو إلا مظهر واحد من مظاهر الطقس العنيف التي شخصتها الهيئة الدولية للتغيرات المناخية وأقرت أنها أخذت تزداد تكراراً وعنفاً ومساحةً في العديد من أنحاء العالم خلال القرن الحادي والعشرين. أما المظاهر الأخرى فتتمثل بزيادة موجات الحر القائظ وموجات الجفاف والأمطار الغزيرة. وما الأعاصير المدارية العنيفة كإعصار هوغو (1989)، أندرو (1992)، إيفان (2004)، كاترينا، ويلما، وريتا (جميعها حدثت في العام 2005)، فضلاً عن الكثير من العواصف الهوجاء التي ضربت أوربا للفترة 1990 – 1999، إلا دليل على أن ظاهرة الاحتباس الحراري إنما بدأت تترك أثراً واضحاً لا يمكن نكرانه في الطبيعة والمجتمع البشري على حدّ سواء.

أسئلة للمراجعة والمناقشة

1- أحدث الإنسان تغييرات جسيمة في الغلاف الجوي، منها تآكل طبقة الأوزون والتغير في الإشعاع الشمسي المنعكس. لخصّ، في نقاط واضحة، أبرز التأثيرات البشرية في ذلك.

2- أكتب مقالاً مرّكزاً عن دور الإنسان في تغيير مناخ وسط أسيا عبر قيامه بتجفيف بحر الأورال. (أستعن بمصادر مكتبية أو إلكترونية).

3- ما المقصود بغازات الدفيئة؟ وما هي أنواعها؟ وما فائدتها وضررها؟ وأياً منها برأيك أكثر خطراً على البيئة؟

4- كيف يحدث الاحتباس الحراري؟ ولماذا يعد مشكلة عويصة بحد ذاته؟ عزز إجابتك بمرتسم قدر المستطاع.

5- لماذا تعد العروض العليا أكثر تحسساً من غيرها لتأثيرات الاحتباس الحراري؟

6- يشكل ذوبان جليد القطبين الجنوبي والشمالي وجليد الثلاجات الجبلية وذوبان مناطق الصقيع الدائم بفعل الاحتباس الحراري كارثة كبرى لكوكب الأرض. أشرح أوجه هذه الكارثة وانعكاسات حدوثها على البيئة.

7- ما العلاقة الرابطة بين التغير المناخي والنقص المتوقع في المياه العذبة العالمية؟

8- كيف يتحرر الكربون من التربة؟ وما خطورة ذلك في التسبب بمزيد من الاحتباس الحراري؟

9- بيّن أوجه معاناة المناطق الجافة وشبه الجافة من التغير المناخي.

10- كيف يكون الاحتباس الحراري مسؤولاً عن تغير التفاعلات الكيميائية في الغلاف الجوي؟ وما خطورة ذلك على جو المدن بشكل خاص؟

11- ما هي أبرز النتائج المتوقعة للاحتباس الحراري على مياه البحار والمحيطات؟ أكتب ما يفي عن ذلك.

12- لماذا ازداد تكرار حدوث الأعاصير المدارية العملاقة واشتدت عنفاً واتسعت نطاقاً بشكل ملحوظ في الآونة الأخيرة؟ أذكر تفسيراً علمياً دقيقاً لذلك.

❋ ❋ ❋

الفصل التاسع

مشكلة خسارة التنوع الأحيائي

يعرض الفصل الحالي لمشكلة بيئية مقلقة أخرى، هي خسارة التنوع الأحيائي. إذ أن فقدان كوكب الأرض لتنوعه الأحيائي الذي يشكل شبكة الحياة، سيكون بمثابة اضمحلال للوجود برمته فيما لو استمر ذلك على الوتيرة الراهنة. سنتناول معنى التنوع الأحيائي أولاً، ثم نعرض للتهديدات التي تواجه التنوع الأحيائي، ونحدد بعض الأنواع المهددة بالانقراض، مع بيان لمظاهر ذلك التهديد وأمثلة عديدة عنه.

معنى خسارة التنوع الأحيائي

يعني التنوع الأحيائي.. تعدد أنواع الأحياء والبيئات في منطقة معينة بحيث يتشكل فيما بينها ترابطاً وثيقاً

لقد باتت خسارة التنوع الأحيائي Biodiversity loss، وهو اصطلاح يعني فقدان تعدد الكائنات الحية وتنوعها ووجودها، تمثل مشكلة بيئية محط جدل كبير في الآونة الأخيرة. فعلى الرغم من أننا نعيش في كوكب يتسم بالحراك المستمر بحكم طبيعته، حيث تتعرض الأنواع الأحيائية إلى الانقراض والأنظمة البيئية إلى التغير، فإن التنوع الأحيائي أصبح قضية محل قلق كبير لأن أفعال الإنسان تؤدي إلى خسارته بوتيرة غير مسبوقة. فقد رافق الزيادة الكبيرة والسريعة في عديد السكان خلال القرون الأخيرة اتساع مجال تغيير الأنظمة البيئية وتبدلها إلى صورة أخرى وذلك لصالح الزراعة وغيرها من النشاطات البشرية. في الوقت ذاته، فأن هنالك العديد من الحالات الموثقة التي تثبت بأن النشاطات البشرية تقف وراء تعرض كثير من الأنواع للانقراض، وهو ما سنأتي عليه في هذا الفصل.

على الرغم من أن التعريف الدقيق لكلمة التنوع الأحيائي (أو ما يسمى أحياناً بالتنوع البيولوجي Biological biodiversity) مازال مختلفاً عليه، فمن الممكن تعريفه عموماً على أنه عبارة عن الأجناس والأنواع الأحيائية والأنظمة البيئية، بحسب ترتيبها إلى ثلاثة مستويات رئيسة ضمن التنظيم الأحيائي. ويصنف البعض الإنسان أيضاً كعنصر منفصل في تعريفاتهم، فيسمون ذلك بالتنوع الأحيائي الحضاري Cultural biodiversity. وتعرّف اتفاقية التنوع الأحيائي هذا المصطلح أنه عبارة عن "الكائنات الحية بمختلف أنواعها وأشكالها، لتشمل الأنواع البرية والبحرية وما بينهما إضافة إلى غيرها من الأنظمة البيئية المائية والمجتمعات البيئية". أما التنوع الجيني فيشمل التباين ما بين الأفراد وما بين الجماعات ضمن نوع أحيائي معين Species. وعلى هذا فأن التنوع الأحيائي يعني الأنواع المختلفة من الحيوانات والنباتات وأشكال الحياة الأخرى الموجودة ضمن منطقة معينة. أما تنوع الأنظمة البيئية فيقصد به تعدد البيئات الطبيعية الموجودة في منطقة من المناطق.

التهديدات التي تواجه التنوع الأحيائي

حين تتعرض الأنظمة البيئية إلى تغيرات، فأن الأنواع الأحيائية يمكن أن تنقرض في ظل الظروف الطبيعية. فنحن نعلم أن مناخ الأرض في تغير دائم على مر الزمن، وأن المجتمعات النباتية والحيوانية أما أنها قد كيفت نفسها لهذه التغيرات أو واجهت خطر الانقراض Extinction. وقد تتعرض الأنواع للانقراض أيضاً بسبب مجموعة من الظروف الطبيعية الأخرى غير المناخ، كالحوادث الكارثية المفاجئة أو بسبب المنافسة مع أنواع أخرى أو بسبب الأمراض أو الافتراس. والحقيقة، مثلما يذكر أحد علماء الأحياء، أن "الانقراض يعد جزءاً أساسياً من الطبيعة، إذ أن أكثر من 99٪ من جميع الأنواع التي عاشت في الماضي هي منقرضة الآن".

إن الدراسات المعتمدة على السجل الأحفوري، الذي يعد أرشيفاً طبيعياً ممتازاً لحالات الانقراض، بينت أن العصور الجيولوجية الطويلة، يوم كان وقتها انقراض الأنواع يجري بوتيرة واحدة تقريباً، كانت تتخللها على ما يبدو أحداث كارثية انطوت على انقراض شامل. ففي 570 مليون سنة الأخيرة من تاريخ الأرض وقعت خمسة حوادث انقراض شامل، يعتقد أن كل واحدة منها قضت على أكثر من 60٪ من الأحياء البحرية. وحدث أعنفها خلال العصر البرمي Permain قبل نحو 245 مليون سنة خلت، فيما وقعت أحدثها في نهاية العصر الكريتاسي Cretaceous قبل نحو 65 مليون سنة، إذ تعرضت فيه الديناصورات والعديد من الأحياء الأخرى للانقراض نهائياً.

مع أن الانقراض حالة طبيعية.. فقد يكون بسبب حدث كارثي مثلما حصل للديناصورات

أما في الوقت الراهن، فهنالك خشية كبيرة من حدوث انقراض شامل أخر، يكون بني البشر اللاعب الرئيس فيه. ومع أننا ليس على يقين تام بالمعدل الذي يجري به انقراض الأحياء حالياً، فمن الممكن تشخيص ستة أسباب رئيسة تسهم في خسارة التنوع الأحيائي، وذلك على النحو الآتي:

1 – ارتفاع معدل النمو السكاني لبني البشر ومعدل استهلاكهم للموارد الطبيعية ارتفاعاً كبيراً.

2 – محدودية الواردات الحالية المتأتية من الزراعة والغابات والثروة السمكية.

3 – فشل النظم الاقتصادية في تقدير قيمة البيئة ومواردها.

4 – عدم المساواة في الملكية وفي إدارة المنافع المتأتية من استخدام الموارد الأحيائية وصيانتها.

5 – القصور الحاصل في المعرفة العلمية وتطبيقاتها.

6- وجود أنظمة قانونية ومؤسساتية تشجع على الاستغلال المفرط لموارد الطبيعة.

الأنواع المهددة بالانقراض

يواجه بعض الأحياء بشكل خاص خطر التهديد بالانقراض لا لسبب إلا لكونها توجد ضمن حيز جغرافي ضيق، أو لكونها تعيش فقط في موطن طبيعي واحد أو بضعة مواطن طبيعية معينة، أو لكونها تتواجد بأعداد قليلة. وتعرف الأحياء التي تعيش في مكان واحد فقط بالأحياء المستوطنة Endemic. وهنالك أيضاً عوامل أخرى يمكنها التأثير في درجة الخطورة التي تواجهها أنواع معينة من الأحياء، تتمثل بالآتي:

- هبوط معدلات تكاثر الأحياء.
- ضخامة أجسام الأحياء (التي تتطلب في المحصلة مكاناً أكبر وطعاماً أكثر مما يسهل من عملية صيدها من قبل الإنسان).
- ضعف قابلية الأحياء على الانتشار.
- الحاجة إلى بيئة مستقرة.
- الحاجة إلى الهجرة ما بين بيئات مختلفة.
- أدراك خطورتها من قبل البشر.

هذا وتتباين الأثار البيئية الناجمة عن خسارة كائن حي معين من نوع لأخر. إذ أن أبرز جانب في قضية الانقراض يكمن في أهمية بعض الأنواع الرئيسة في تحديد قابلية بقاء عدد كبير لأحياء ثانوية من نوع أخر. وعليه فأن خسارة نوع رئيسي معين قد يسفر بالنتيجة عن حدوث سلسلة من الانقراضات المتتالية. ويخشى من وقوع مثل هذه الحالات بالنسبة للحشرات الاستوائية مثلاً، إذ أن الكثير منها يتطلب تغذية من شكل خاص.

لقد قام الاتحاد الدولي لصون الطبيعة IUCN بتوثيق الأنواع التي تواجه خطر التهديد بالانقراض تبعاً لخطورة التهديد الذي تلاقيه وقربها من حافة الانقراض، ووضعها ضمن قائمة حمراء (الجدول 1 – 9).

الجدول (1 – 9): تصنيف درجات انقراض الأنواع الأحيائية في ضوء القائمة الحمراء للاتحاد الدولي لصون الطبيعة IUCN.

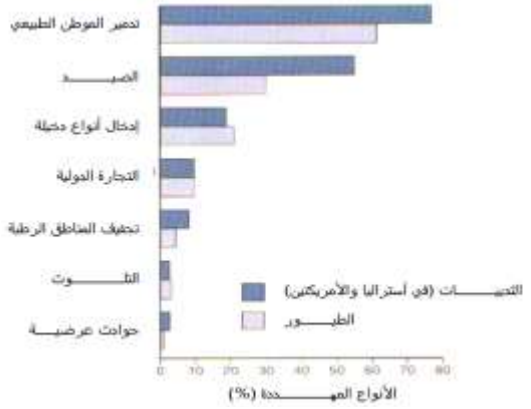
مرتبة انقراض النوع الأحيائي	الوصف
منقرض	التأكد يقيناً بموت آخر فرد من نوع أحيائي معين.
منقرض من البرية	غير معروف عن وجوده إلا بالاستنبات إن كان نباتاً، أو واقع في الأسر ومحتجز في مكان غير مكانه الطبيعي السابق إن كان حيواناً.
مهدد على نحو خطير	يواجه خطراً شديداً للانقراض من البرية في القريب العاجل.
مهدد بالانقراض	يواجه خطراً كبيراً للانقراض من البرية في المستقبل القريب.
معرض للانقراض	يواجه خطراً كبيراً للانقراض من البرية في المستقبل المتوسط.
على وشك التهديد بالانقراض	أنه على وشك تهديد شديد بالانقراض أو أنه مهدد أو معرض للانقراض.
أقل قلقاً	ليس على وشك التهديد بالانقراض بعد.
نقص في المعلومات	البيانات غير كافية لتصنيفه في القائمة ويحتاج إدراجه إلى مزيد من البحث، ولكن هناك إقرار بضرورة تصنيفه ضمن القائمة.
غير مصنف بعد	ليس مصنفاً بعد في القائمة.

التهديدات التي تواجه الحياة النباتية والحيوانية

إن أغلب العوامل المهددة حالياً للأنواع النباتية والحيوانية إنما هي في حقيقتها حصيلة لأفعال بشرية. وقد تكون مثل تلك الأفعال مقصودة أحياناً، كما في حالة الصيد، أو غير مقصودة كما في حالة تحوير البيئات الطبيعية وتدميرها من أجل استغلال الأرض لأغراض مختلفة. من الوجهة العملية، فأن العديد من الأحياء إنما تواجه أكثر من تهديد واحد، وقد تتضافر بعض التهديدات مع بعضها البعض: فمثلاً يؤدي إزالة الغابات إلى جعل عملية صيد الثدييات أكثر سهولة. وقد تتباين

التهديدات أيضاً التي تواجه نوعاً معيناً من الأحياء على مر الزمن. إذ بدأ تلاشي نبات الهدال الدبق *Trilepidea adamsti*، وهو نبات طفيلي يتواجد في نيوزيلندا، بعدما تقلصت مساحات موطنه الطبيعي بفعل عمليات تحطيب الغابات، أولاً من قبل السكان الأصليين ومن ثم بوتيرة متسارعة من قبل المستوطنين البريطانيين في أواخر القرن التاسع عشر. وحصل أن تعرضت مستعمرات هذا النبات للتلاشي أكثر فأكثر بفعل ممتهني الجمع والالتقاط وكذلك بفعل تعرض الطيور التي كانت تقوم بنشر بذوره إلى التناقص في أعدادها بعد إزالة الغابات. وقد تم القضاء على آخر ما تبقى من هذا النبات من على وجه الجزيرة الشمالية لنيوزيلندا في العام 1954، حيث التهمتها حيوان الأبوسوم ذي الذيل الكثيف الذي جُلب عمداً من أستراليا خلال ستينيات القرن التاسع عشر من أجل المتاجرة بفرائه. وعلى الرغم من أن طبيعة التهديدات قد تتسم بالتعقيد والتباين في كثير من الأحيان، فأن الشكل (1 – 9) يبين الأهمية النسبية لبعض التهديدات المختلفة التي تواجهها مثلاً الطيور في العالم والثدييات في أستراليا والأمريكتين بصفة خاصة.

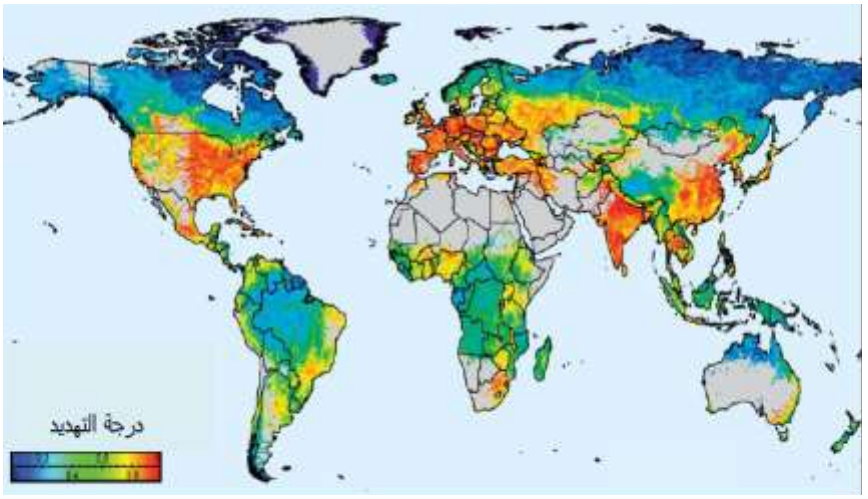
انقرض نبات الهدال الدبق من نيوزيلندا بسبب الأفعال البشرية بالدرجة الرئيسة



الشكل (1 – 9): أهم التهديدات التي تواجه الثدييات والطيور.

إن كل هذه الأسباب البشرية المؤدية إلى زوال الأنواع يرجع تاريخها إلى الماضي. ففي بريطانيا مثلاً أدى تضافر عمليات الصيد وتدمير البيئة الطبيعية بسبب تحطيب الغابات إلى اختفاء الكثير من الأنواع الحيوانية الأصلية على مر مئات السنين.

ومثلما يظهر من الشكل (2 – 9)، فأن أكثر الجهات في العالم التي يواجه التنوع الأحيائي تهديداً فيها (اللون الأحمر) تتركز في المناطق المتحضرة من أمريكا الشمالية وأوروبا وفي بعض أرجاء قارة أسيا لاسيما الصين شبه القارة الهندية وفي أجزاء من أفريقيا وأستراليا، وذلك لأسباب عدة سنأتي على ذكرها بعد قليل.



الشكل (2 – 9): درجات تهديد التنوع الأحيائي حول العالم.

مظاهر تهديد التنوع الأحيائي

تدمير المواطن الطبيعية

يعد تدمير البيئات الطبيعية من أخطر التهديدات التي تواجه التنوع الأحيائي، فيما تعد التجزئة والتدهور، اللذان غالباً ما يكونان نذيراً بحصول دمار شامل لاحق، سببين مهمين يدعوان للقلق أيضاً. إن تدمير الموطن الطبيعي وتدهوره يمثل

التهديد الأكبر بالنسبة للطيور والثدييات والنباتات، طبقاً للقائمة الحمراء المعدة من قبل الاتحاد الدولي لصون الطبيعة في عام 2004 (أنظر الشكل 1 – 9)، وهو يؤثر في حوالي 86٪ من مجموع الطيور المهددة بالانقراض، و أيضاً في 86٪ من الثدييات و 88٪ من البرمائيات.

يعد تدمير المواطن الطبيعية.. أهم عامل مسبب لخسارة التنوع الأحيائي

في العديد من البلدان، لاسيما في الجزر، التي تعاني من كثافات بشرية عالية، لحق الدمار بمعظم بيئات المواطن الطبيعية بسبب استغلالها للزراعة أو للرعي أو لغرض الاستيطان وتوطين الصناعات. ويُعتقد أن نحو 49 بلداً من أصل 61 بلداً من البلدان الاستوائية في إفريقيا وأسيا، قد خسرت أكثر من 50٪ من مواطنها الطبيعية. ففي بلدان أفريقيا الاستوائية، تم خسارة 65٪ من مواطنها الطبيعية الأصلية، وبمعدلات تدمير مرتفعة بشكل خاص في كل من: غامبيا (89٪)، ليبيريا (87٪)، رواندا (87٪)، بورندي (86٪)، وسيراليون (85٪). أما في بلدان أسيا الاستوائية فقد كان إجمالي الخسارة بحدود 68٪، مع وجود معدلات خسارة خطيرة في كل من هونغ كونغ (97٪)، بنغلاديش (94٪)، سيرلانكا (83٪)، فيتنام (80٪) والهند (80٪).

إن المواطن الطبيعية تواجه التدمير بمختلف أنواعها من غابات مدارية مطيرة وشعاب مرجانية وأراضي رطبة وغابات القرم (المانغروف Mangrove forest)، ويعد ذلك أمراً خطيراً لأن تلك البيئات تزخر بتنوع حياتي هائل. وعليه، فأن معظم الانقراضات التي تواجهها الأنواع في الوقت الحاضر على يد الإنسان إنما تحدث في مناطق الغابات الاستوائية المطيرة، وتقع الحشرات في صدارة الأنواع المهددة بالزوال في تلك المناطق. ومع هذا، تواجه مواطن طبيعية أخرى خطر التدمير على قدم المساواة.

هنالك أمثلة كثيرة على وقوف أنواع أحيائية على حافة الانقراض بسبب فقدانها لمواطنها الطبيعية. ففي بريطانيا، مثلاً، أدى تدمير نباتات السحلبيات ذات الأجنحة الخضراء *Orchis morio* المهددة بالانقراض إلى تقلصها على نحو خطير بعدما تلاشى 40٪ من مناطق المروج ما بين الفترة 1932 و 1992. أما على الصعيد الدولي، فقد عانى أيضاً واحد من أشهر الأنواع المهددة بالانقراض، وهو دب الباند *Ailuropoda meanoleuca*، من التجاوزات البشرية المتصاعدة لموطنه الطبيعي. إذ كان هذا الحيوان يوجد يوماً ما في كل المناطق الواقعة في العروض العليا من الصين وما بعدها، لكن وجوده بات الآن مقتصراً على بضعة مواقع بالقرب من مقاطعة تشنغدو Chengdu. إذ كان اعتماد حيوان الباند الشديد على نبات الخيزران في طعامه، يجبره في بعض الأحيان على النزول إلى المناطق المنخفضة عند انتهاء موسم نمو الخيزران، وهنالك يصبح هذا الحيوان الجبان والخجول عادةً في مواجهة مباشرة مع بني البشر.

دب الباندا.. أكثر الحيوانات المعرضة لخطر الانقراض بسبب تدمير موطنها الطبيعي

أما تجزئة المواطن الطبيعية فهي لا تعني التقلص في مساحة الموطن فحسب، بل أيضاً التأثير في عمليتي انتشار الأحياء واستقرارها من جهة، ومحدودية المساحات التي تبحث فيها عن طعامها من جهة أخرى. فتجزئة موطن الباندا لا تعد مجرد تهديد لعدد أشجار الخيزران المتبقية، ذلك أن الأعداد القليلة والمنعزلة من حيوان الباندا تواجه أيضاً خطر عدم الاستيلاد فيما بينها إذا ما تفرقت عن بعضها. ويمكن لهذا الأمر أن يقود إلى ضعف المناعة من الأمراض وعدم التأقلم مع التغيرات البيئية، وتناقص معدلات الإنجاب. وتعمل التجزئة أيضاً على زيادة المخاطر المتأتية من أحداث مثل الحرائق والأمراض ومن الغزو من قبل المنافسين أو من المفترسين. فعلى سبيل المثال، يعزى الانخفاض الذي شهدته مؤخراً أعداد

الطيور المغردة في أمريكا الشمالية إلى زيادة الافتراس والتطفل الذي يحدث في أعشاشها الموجودة في مناطق مجزئة. وتظهر نتائج الدراسات حول العلاقة ما بين الأنواع والمساحة التي أجريت على الجزر المحيطية بأن عدد الأنواع يرتبط ارتباطاً مباشراً بمساحة المنطقة المجزئة.

تبين الأبحاث التي أجريت في غابات الأمازون البرازيلية حول خنافس الروث (أبو الجعل) أن هذه الأحياء تتأثر بشكل كبير بعامل التجزئة، إذ كانت المناطق الصغيرة المجزئة من الغابة تضم أنواعاً أقل من الخنافس وبكثافات قليلة لكل نوع منها وبأحجام أصغر إذا ما قيست بالخنافس التي تعيش في غابات ممتدة غير مجزئة. إذ تعد خنافس الروث كائناً رئيساً في النظام البيئي الغابي، وذلك لدورها في دفن الروث والجيف كمصدر للطعام ليرقاتها، واهميتها في تسهيل وتسريع دورة العناصر الغذائية وفي إنبات البذور التي تخرج مع براز الحيوانات التي تتغذى على الثمار، والحد من تفشي الأمراض للحيوانات الفقارية نتيجة قتل الطفيليات التي تعيش في الروث.

تتناقص أعداد خنفساء أبو الجعل ذات الفوائد العديدة.. مع تزايد تجزئة الغابات

يمكن للتغييرات التي يجريها الإنسان على المواطن الطبيعية أن تؤدي أيضاً إلى خسارة الأنواع، سواء بشكل مباشر أو غير مباشر من طريق التأثير في العمليات البيئية الطبيعية. وربما يعد التلوث بأشكاله المتعددة أبرز مشكلة في هذا المجال. وهنا بعض الأمثلة على ذلك: فقد لوحظ وجود تأثيرات كيماوية وتدهور واضح على المخلوقات التي تعتلي قمة السلسلة الغذائية حيث الأحياء التي تعتمد على التراكم الحيوي للمواد في أجسامها. وتعد الطيور الجارحة مثالاً على هذه الحالة، إذ عانت أعدادها من انخفاض حاد في سنوات ما بعد الحرب العالمية الثانية تزامناً مع زيادة استعمال المبيدات المكلورة، لاسيما مبيد DDT، الذي أثر في رقرقة قشور البيض ومن

ثم تكسرها وهي في العش وحدوث تبدلات في طريقة التفقيس. كما أسفر استخدام مبيدا الدلدرين والالدرين الشديديّ السمّية في تعفير حبيبات البذور وفي تلقيح الأغنام بطريقة الغطس، وهي طريقة متبعة منذ العام 1956 في بريطانيا، إلى انخفاض أعدادها بشكل كبير نتيجة لزيادة معدل الهلاكات.

على هذا، أدى الإقلاع عن استخدام المبيدات المكلورة في العديد من البلدان الغربية إلى تزايد أعداد الطيور الجارحة مرة أخرى. ففي بريطانيا، انخفضت أعداد الصقر الجوال *Falco peregrinus* التي كانت تبلغ نحو 850 زوجاً في ثلاثينات القرن الماضي، إلى 360 زوجاً فقط بحلول العام 1962، لكنه ارتفع مجدداً بعد منع استخدام المبيدات إلى 1050 زوجاً في العام 1991.

قد يكون لتلوث المياه بأشكاله المختلفة تأثير حدي على النباتات والحيوانات المائية. فعلى سبيل المثال، يؤثر ارتفاع حامضية مياه البحيرات والأنهر في طيور الماء وفي غيرها من الحيوانات الفقارية. ومن الأمثلة على حدوث انقراض نوع أحيائي جراء تلوث المياه هو ما حصل لسمكة مفلوقة الفم *Lagochila lacera*، التي اكتشفت في نهر تشكيماكا بولاية تنسي في أواخر القرن التاسع عشر وعرفت في وقتها بكونها جنس جديد. وكان هذا النوع من الأسماك يكثر في المنطقة ويوجد في تنسي وفي كمبرلاند وفي مجرى نهريّ وايت وأوهايو اللذان يصبان ببحيرة آيري. وقد شوهد هذا النوع لأخر مرة في نهر أكلايز بولاية أوهايو في العام 1893. ويبدو أن سبب انقراضه يرجع إلى عمليات التلويث المستمرة لموطنه الطبيعي، ليعد بذلك أول نوع من أسماك المياه العذبة في أمريكا الشمالية يُفنى تماماً بفعل البشر.

سمكة مفلوقة الفم في المتحف.. بعدما انقرضت بسبب تلوث موطنها الطبيعي

أما تلوث الهواء فقد يكون له أيضاً عواقب وخيمة على النباتات والحيوانات. إذ أن لارتفاع درجة الحامضية في الغلاف الجوي العديد من التأثيرات على الأشجار وعلى غيرها من الأنواع النباتية. فالتناقص الواسع للأشنات، التي تعد حساسة للغاية لتلوث الهواء، عبر أرجاء واسعة من أوربا وأمريكا الشمالية له علاقة بزيادة ثنائي أكسيد الكبريت (SO_2) وظاهرة الضباب الدخاني. ويمكن للملوثات الجوية المنبعثة من الصناعات الثقيلة أن تدمر ما حولها من عناصر بيئية.

الاستغلال الجائر

تشير القائمة الحمراء للاتحاد الدولي لصون الطبيعة لعام 2004 إلى أن الاستغلال الجائر الذي ينطوي على عمليات الصيد والجمع وصيد الأسماك وتأثيرات المتاجرة بالأنواع وبأعضائها، يشكل تهديداً رئيساً على الثدييات (بما نسبته 33٪ من جميع الأنواع المهددة) وكذلك على الطيور (بما نسبته 30٪ من جميع الأنواع). ويشكل أيضاً التهديد الأكبر بالنسبة للأحياء البحرية. ويعد البشر متورطون منذ زمن بعيد بانقراض الأنواع بفعل الاستغلال الجائر، لاسيما جراء صيدها لأجل الغذاء. ويرى البعض أن مثل هذه الأفعال قد ترجع إلى العصر الحجري وإلى أواخر عصر البلايستوسين، الذي شهد فقدان ثدييات ضخمة كفيلة الماموث والنمر ذي الأنياب وذلك بسبب عمليات الصيد المفرط اللذين تعرضا إليهما، وإن كان للتغيرات المناخية العنيفة إسهام في انقراض مثل تلك الكائنات أيضاً.

لقد عانت كائنات ضخمة من جور الاستغلال منذ ذلك الحين. ففي العصر الروماني، أستأصل الصيادون كل حيوانات الفيلة ووحيد القرن والزرافة من أفريقيا شمال الصحراء، والأسود من أسيا الصغرى ومن سوريا. وواجهت النمور في هيرسينا وشمال بلاد فارس المصير نفسه. وفي أحيان كثيرة، كان لخسارة كائن معين أثار جانبية على غيره من الكائنات. فهلاك آخر طيور الدودو *Rapbus cucullatus* (طائر من فصيلة الحمام ولكنه أكبر من الديك الرومي)، الذي قتل على

أدى انقراض طائر الدودو قبل 300 سنة.. إلى توقف شجرة التمبولاكو عن التكاثر منذ ذلك الوقت

يد بحارة في جزيرة مورشيوس في العام 1681، كان يعني أن نوعاً أخر من الأحياء المستوطنة في الجزيرة، وهو شجرة التمبولاكو *Sideroxylon sessilisiorum*، قد فقد قدرته على التكاثر على مدى الـ 300 سنة الماضية لأن الطير الذي كان يتغذى على ثمارها ويهيئ الثمرة في معدته لتصبح صالحة للإنبات قد اختفى للأبد.

بظهور السلاح الناري، حصل تحول مهم في طرائق الصيد، فقد تعززت قدرة الإنسان بشكل كبير في القضاء على الكائنات وبأعداد ضخمة، الأمر الذي أسفر عن هلاك القسم الأعظم من حيوان الجاموس الأمريكي مثلاً وكذلك انقراض الحمام المهاجر من أمريكا الشمالية. إذ يُعتقد أن الحمام المهاجر *Ectopistes migratorius* كان يعد من أكثر الطيور عدداً التي قطنت الكوكب على الإطلاق. وتقدر التخمينات المتحفظة بأن عددها ربما وصل إلى نحو 10.000 مليون طائر في النصف الأول من القرن التاسع عشر. وأنها كان تعيش في اسراب هائلة وكثيفة جداً، بعضها يضم ما يزيد عن 2000 مليون طائر، بحيث أن السماء كانت تظلم لثلاثة أيام حينما كان في الماضي تطير مهاجرة. وقد تعرضت هذه الطيور للقتل الكثيف من أجل الحصول على لحمها، فأدى هذا الاستغلال الجائر فضلاً عن تدمير موطنها الطبيعي الذي تتكاثر فيه، إلى تناقص أعدادها بشكل حاد. وقد شوهدت آخر حمامة مهاجرة في البرية وأطلق النار عليها في العام 1900 فيما ماتت آخر واحدة أسيرة في حديقة حيوان سنسناتي في العام 1914. وفي غضون بضعة عقود فقط، انقرض تماماً واحدة من أكثر

انقرض الحمام المهاجر نهائياً من الوجود بفعل الصيد الجائر.. بعدما كان ينتشر بكثافة

الطيور التي كانت تجوب المعمورة.

ولازالت الطيور المهاجرة تتعرض للقتل بأعداد هائلة من قبل الصيادين في بعض أنحاء العالم. وتعد بلدان حوض البحر المتوسط الأوربية كإيطاليا ومالطا من البلدان المتورطة في ذلك. ولا يزال الصيد الجائر يعد أيضاً تهديداً بالغ الخطورة على الكثير من الثدييات الكبيرة، وبخاصة لتلك التي تدر مردودات مرتفعة في السوقين المحلية والدولية. فعلى سبيل المثال، تقلصت أعداد الفيلة الأفريقية إلى النصف خلال الثمانينيات، وذلك من جراء قتلها للحصول على العاج من أنيابها، فانخفضت أعدادها من 1.3 مليون فيل إلى أقل من 600.000 فيل فقط، قبل أن يُمنع صيدها دولياً في العام 1989 (على الرغم من أن هذا المنع ليس فعالاً 100٪). وبالمثل، تعمل سوق منتجات الحيتان على تشجيع صيد أنواعها، بحيث أصبحت خيارات بقاء العديد منها في الوقت الحاضر محدودة للغاية.

يشكل الصيد الجائر للفيلة الإفريقية للحصول على العاج.. قلقاً حقيقياً من احتمال انقراضها

هذا ويعد الطلب على بعض الأنواع النباتية عاملاً رئيساً أيضاً وراء الإفراط في استغلالها. فبعض الأنواع من نبات الصبار والسحلبيات تواجه الخطر من قبل جامعي النباتات، كما أن الكثير من فصائل الأشجار انخفضت أعدادها بشكل كبير جراء التحطيب الانتقائي لها. ويشار هنا إلى اختفاء شجرة الصندل المعطر *Santalum fernandeziaanum* تماماً من جزر جان فرناندیز، حيث تم قطعها وشحنها كلها إلى بيرو وتشيلي بحلول العام 1908، وكذلك الشجر المسمى بوس دي برن بلانك *Drypetes caustica* من جزر مورشيوس ورينون، المعروف بصلابة خشبه وجودته، والذي لم يتبقَ منه سوى 12 شجرة فقط.

انقراض الأنواع المستوطنة في الجزر

لأن الجزر تكون منعزلة.. فأن التنوع الأحيائي فيها يكون أكثر عرضة للانقراض

على الرغم من أن الجزر لا تشغل سوى نسبة صغيرة من إجمالي مساحة سطح اليابس العالمي، فأن الحياة النباتية والحيوانية فيها مهددة بالانقراض على أي حال. إذ تتميز الأنواع المستوطنة في الجزر بالحساسية الشديدة على وجه الخصوص، وذلك لجملة من الأسباب. فالعديد من هذه الأنواع المستوطنة قد نشأت وتطورت منعزلة عن غيرها، لذا فأنها تكون عرضة للخطر لدى دخول أي منافسين وأمراض ومفترسين جدد إليها. ويعني الحجم الطبيعي للجزر أيضاً أن بوسع النشاطات البشرية العمل على إحداث تدهور سريع لأجزاء واسعة من أنظمتها البيئية الأمر الذي يكون له أثر عظيم على الأحياء الجزرية القليلة العدد نسبياً.

إن مدى تأثر الأحياء المستوطنة في الجزر بالتغيرات التي يحدثها الإنسان تؤكده حقيقة أن ما لا يقل عن 75٪ من انقراضات الحيوانات الفقارية إنما وقعت بين صفوف الحيوانات القاطنة في الجزر. والواقع أن القائمة الحمراء للاتحاد الدولي لصون الطبيعة توضح أن الغالبية الساحقة لجميع الانقراضات التي حصلت منذ العام 1500 قبل الميلاد قد حدثت في الجزر المحيطية. وجدير بالذكر أن أرجحيه تعرض الطيور المستوطنة في الجزر للانقراض أكبر بـ40 مرة من تلك التي تعيش فوق القارات. ونتيجة لذلك، تضم الجزر المحيطية ما يزيد عن ربع إجمالي أنواع الطيور المهددة بالانقراض في العالم.

وغالباً ما تكون الأنواع الأكبر حجماً المستوطنة في الجزر هي أول من يعاني من أفعال الإنسان المباشرة. ففي جزيرة مدغشقر، مثلاً، انقرضت من على الوجود ستة أجناس وما لا يقل عن 14 نوعاً من حيوان الليّمور، فضلاً عن عدة أنواع من

الطيور التي لا تطير والسلاحف البرية، وذلك لدى وصول الإنسان إلى هناك منذ قرابة 2000 سنة مضت. وثمة دليل واضح يشير إلى أن البشر هم المسؤولون عن ذلك، وربما كان الصيد هو السبب الرئيس.

يرجع تاريخ العديد من الأضرار التي لحقت بالبيئة في كثير من الجزر إلى وصول المستكشفين والمستعمرين الأوربيين الأوائل، الذين كان يشكل لهم استيطان تلك الجزر أهمية استراتيجية. فقد كان، مثلاً، لإدخال الماعز إلى جزيرة سانت هيلينا St.Helena الواقعة جنوبي المحيط الأطلسي في العام 1513، إن تحولت إلى قطعان هائلة في غضون 75 عاماً وراحت تجوب الجزيرة لوحدها لترعى دون منافس على النباتات المستوطنة وتقضي عليها. ومن المعلوم أن هناك اليوم 46 نوعاً نباتياً مستوطناً في هذه الجزيرة، 7 منها انقرضت تماماً، لكن بعض التقديرات ترى أن العدد الحقيقي للنباتات المستوطنة يزيد عن المائة. وتبقى جزيرة سانت هيلينا واحدة من أكثر الجزر التي تعاني فيها النباتات المستوطنة من خطر الانقراض.

ومع هذا، ليس المستعمرين الأوربيين هم المسؤولون الوحيدون عن ذلك. فالضرر الذي لحق بالحياة البرية لجزر هاواي Hawaii، حيث تستوطن فيها قرابة 100٪ من الحشرات المحلية، فضلاً عن 98٪ من الطيور، 93٪ من النباتات الزهرية، 65٪ من السرخسيات، كان قد بدأ قبل وقت طويل من وصول الكابتن كوك، أول المستكشفين الأوربيين إليها، في العام 1778. إذ أن البولينزيين الذين قطنوا الجزيرة حوالي العام 750 قبل الميلاد، قاموا بإزالة الأشجار الكثيفة من المناطق المنخفضة بغية زراعتها وجلبوا الجرذان والكلاب والخنازير ودجاج الغابة. وتشير الأدلة المستمدة من المتحجرات القديمة إلى أن ما لا يقل عن نصف أجمالي الأنواع الـ 83 المعروفة من طيور هاواي قد أصبحت منقرضة في عهد ما قبل الأوربيين. وعلى أي حال، فقد أدى المزيد من عمليات التدمير وإدخال كائنات

دخيلة إلى البيئة الطبيعية لجزر هاواي منذ العام 1778، إلى خسارة ما لا يقل عن 23 نوعاً من الطيور و 177 نوعاً من النباتات المحلية.

في بعض الأحيان، قد يسفر إدخال نوع دخيل واحد إلى جزيرة ما عن حدوث انقراض محلي لأنواع مستوطنة كثيرة. وتعد أفعى الشجر البنية *Boiga irregularis* مثالاً بارزاً على ذلك، حيث تم إدخالها إلى مجموعة من جزر المحيط الهادي فما كان إلا أن تسببت بأثار مدمرة للطيور المستوطنة. وأفعى الشجر البنية هذه أفعى نحيلة وبارعة في التسلق يصل طولها في العادة ما بين 1 – 2 متر. وهي مفترسة ليلية تصطاد طعامها على جميع المستويات من الغابة. وقد تم جلبها بالصدفة إلى جزيرة غوام Guam، من غينيا الجديدة على الأرجح، في الأربعينيات من القرن الماضي. وقبل وصول هذه الأفعى، كانت غوام تخلو من الأفاعي تقريباً، إذ لم تكن تأوي سوى الأفعى الدودية العمياء غير المؤذية. ونتيجة لذلك، ازدهرت الحياة البرية في جزيرة غوام في ظل غياب المفترسات من الأفاعي. غير أن العديد من الأنواع المستوطنة في الجزر أصبحت لقمة سائغة لتلك الأفاعي المفترسة بمجرد وصولها، نظراً لعدم تطوير الأنواع المستوطنة لسلوكيات تقي فيها نفسها من الأفاعي.

تكاد أفعى الشجر البنية.. أن تتسبب بانقراض طيور جزيرة غوام بأكملها

وبعدما أصبحت هذه الأفعى الدخيلة واحدة من الحيوانات المستوطنة في الجزيرة خلال الخمسينيات، بدأت بتدمير حياة الطيور الأصلية في جزيرة غوام عن بكرة أبيها. وأخذ عدد أفاعي الشجر البنية بالازدياد بشكل كبير في مقابل تناقص أعداد الطيور بشكل حاد. وتلاشت من جزيرة غوام تسعة أنواع من أصل أحد عشر نوعاً من الطيور المحلية المقيمة في الغابة. ثلاثة منها الآن قد أصبحت في عداد المنقرضة. وهنالك اليوم العديد من أنواع الطيور الأخرى مازالت موجودة لكن

بأعداد قليلة جداً، وأن مستقبلها في جزيرة غوام محفوف بالمخاطر. وإجمالاً، فأن 22 نوعاً من أصل الأنواع الـ 25 المقيمة في جزيرة غـوام، بضـمنها 17 مـن أصـل 18 نوعاً محلياً، قد تأثرت تأثراً شديداً من هذه الأفاعي.

أسئلة للمراجعة والمناقشة

1- ما المقصود بخسارة التنوع الأحيائي؟ وما هي جملة التعاريف التي وضعت لتحديد معنى التنوع الأحيائي؟

2- هل الانقراض جزءٌ من مسيرة الطبيعة؟ ومتى يصبح حالة غير طبيعية؟

3- ما الأسباب الرئيسة المؤدية إلى خسارة التنوع الأحيائي؟ وما العوامل المساعدة على التسريع بهذه الخسارة؟

4- صنّف الكائنات الحية الآتية في ضوء درجة انقراضها بحسب القائمة الحمراء للاتحاد الدولي لصون الطبيعة IUCN: النمر الآسيوي، الدب القطبي، الحمام المهاجر، النمل الأحمر، دب الكوالا، الصقر الجوال، شجر الصندل المعطر، الحوت الأزرق، دب الباندا، عصفور الدورّي، نبات ملكة الأنديز، الغاق السوقطري، نسر الأوذون، الليّمور، زنبور الجوهرة العملاقة، ضفدع الطين، الخفاش ذو الذيل المسطح، ببغاء البراكيت الصغير، خنزير آسام البري، سلحفاة الغابة.

5- ما سبب تزايد درجة التهديد على التنوع الأحيائي في المناطق الأكثر تحضراً دون غيرها؟

6- يعد تدمير الموطن الطبيعي أكثر المظاهر المؤدية إلى خسارة التنوع الأحيائي. أبحث مفصلاً في أسباب ذلك، مع ضرب أمثلة متنوعة.

7- ما الأمثلة على دور الاستغلال الجائر في التسبب بكثير من الخسائر في التنوع الأحيائي؟

8- لماذا تكون قابلية خسارة التنوع الأحيائي في الجزر أكبر مما يحدث مع بيئات جغرافية أخرى؟

9- لماذا كان دخول أفعى الشجر البنية مدمراً على التنوع الأحيائي في جزيرة غوام، على سبيل المثال؟

10- لماذا تشكل خسارة التنوع الأحيائي خطراً على الوجود فوق كوكب الأرض برمته؟

❊ ❊ ❊

الفصل العاشر

مشكلة الأمن الغذائي العالمي

يتناول هذا الفصل مشكلة غاية في الخطورة، لعلاقتها المباشرة بحياة الناس، تلك هي مشكلة الأمن الغذائي المرتبطة بالإنتاج الزراعي، الذي يتعرض اليوم للتدهور والاختلال في العديد من دول العالم ويهددها بحصول مجاعات محتملة. وسنعرض لهذه المشكلة في ضوء تعريف المقصود بالأمن الغذائي ومعدلات العوز الغذائي في بعض مناطق العالم، ثم التعريج على أهم التحديات التي تعترض تحقيق الأمن الغذائي العالمي والمخاطر المسببة ذلك.

تعريف الأمن الغذائي ومعدلاته

بدأ الإنسان بالزراعة منذ نحو 5000 سنة وتزداد التحديات أمامه اليوم لأسباب عدة

ترجع نشأة الزراعة، بشقيها المتمثل بإنتاج المحاصيل الزراعية وتربية الماشية، إلى قرابة 10.000 سنة، أي مع بداية عصر الهولوسين Holocene. وقبل هذا التاريخ كان الإنسان القديم الذي ظهر للوجود منذ أكثر من 2 مليون عاماً يعتمد في غذائه على جمع والتقاط النباتات وصيد الحيوانات. واستمر الإنسان العاقل، الذي ظهر قبل نحو 100.000 عاماً، على إتباع الطريقة نفسها. لكن في الـ 5000 سنة الأخيرة من ذلك، أصبح سكان العالم أجمعهم يعتمدون في الواقع على المزارعين والرعاة الذي أخذوا بتهجين النباتات الطبيعية والحيوانات بقصد تأمين الغذاء. ومع تزايد أعداد سكان العالم تدريجياً، توسعت المساحة المخصصة لإنتاج الغذاء وأصبحت الأساليب المتبعة في ذلك أكثر تطوراً شيئاً فشيئاً. وعلى هذا، كان لابد أن يكون

للتوسع الكمي والنوعي في الإنتاج الغذائي تداعيات جمّة على البيئة. وإزاء ذلك التدهور البيئي بات الإنتاج الغذائي في خطر داهم. وكانت النتيجة بروز مشكلة بيئية جديدة إلى العالم في الوقت الحاضر، لاسيما في بلدان العالم النامي، تدعى بمشكلة الأمن الغذائي.

تعريف الأمن الغذائي

يعني الأمن الغذائي.. ضمان استمرار الإنتاج الزراعي لإطعام الجميع

يقصد بالأمن الغذائي Food security، طبقاً لمنظمة الغذاء والزراعة الدولية FAO، أنه تلك الحالة التي يستطيع بموجبها جميع الناس من الناحية المادية والاقتصادية وفي كل الاوقات الحصول على قدر كافٍ وآمن من الطعام المغذي بما يسد احتياجاتهم الغذائية ويؤمّن لهم حياة صحية سليمة. فيما يقصد بالأمن الغذائي العائلي Household food security حصول جميع أفراد الأسرة وفي جميع الأوقات على غذاء كافٍ بما يؤمّن حياة صحية سليمة. فالأفراد الذين لديهم ما يكفيهم من طعام لا يعيشون حياتهم جياعاً ولا يخشى عليهم من مجاعة.

يعد الأمن الغذائي مقياساً لقدرة الشعوب على مواجهة أية مشكلات قد تحدث في المستقبل مثل موجات الجفاف أو الاضطرابات السياسية أو عدم الاستقرار الاقتصادي أو حصول نقص خطير في التموين والشحنات الغذائية أو شح الوقود أو الحروب.. الخ. وقد أقرت منظمة الغذاء والزراعة الدولية بضرورة توفر أربعة مقومات لتحقيق الأمن الغذائي، هي: الوفرة وإمكانية الحصول على الطعام والانتفاع والاستقرار.

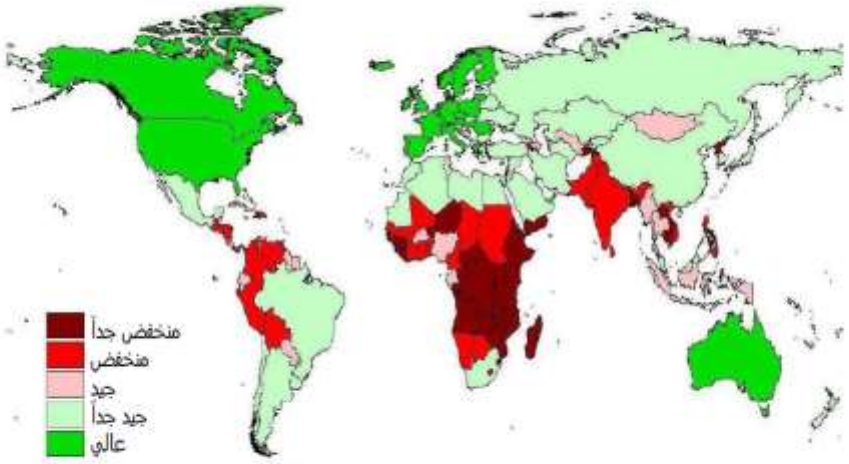
لقد تسبب الفشل في تنظيم سوق الزراعة وانعدام وجود آليات تمنع الاحتكار بحدوث أزمة عوز غذائي عالمية. ومثال ذلك ما حصل في أواخر العام

2007، حين ارتفعت أسعار الحبوب إلى أعلى مستوياتها، على إثر أزمة هبوط قيمة الدولار الأمريكي، التي سببت بدورها تلكؤ الصادرات وعزوف كبير عن الشراء، فضلاً عن تزايد استثمار الزراعة في مجال صناعة الوقود الحيوي وارتفاع سعر برميل النفط إلى أكثر من 100 دولار، يرافق ذلك تزايد سكان العالم والتغير المناخي وتقلص الأراضي الزراعية نتيجة التوسع السكني والصناعي وارتفاع طلبات المستهلكين في كل من الصين والهند. وعلى هذا تشهد العديد من بلدان العالم حالياً اختلالاً في أمنها الغذائي.

معدلات العوز الغذائي

تفيد تقارير منظمة الغذاء والزراعة الدولية، استناداً إلى مؤشر العوز الغذائي Undernourishment indicator، أن قرابة 870 مليون نسمة يعيشون في عوز غذائي مزمن في العام 2010 – 2012، وهو ما يمثل نحو 12.5٪ من أجمالي سكان العالم، أي ما يعادل شخصاً واحداً لكل ثمانية أشخاص. وتسجل البلدان النامية أعلى المعدلات، إذ أن 852 مليون نسمة (أو حوالي 15٪ من سكان العالم) هم في عوز غذائي مزمن وأن أمنهم الغذائي في أدنى مستوياته (الشكل 1 – 10). وتفيد التقارير أيضاً أن أسيا وأمريكا اللاتينية قد شهدت انخفاضاً في معدلات العوز الغذائي، إذ تسعى دول تلك المنطقتين إلى خفض معدلات العوز الغذائي فيها إلى النصف بحلول العام 2015. ومع هذا فأن بعض التقارير الدولية تشير إلى أن نحو ملياري نسمة لا يستهلكون كمية كافية من الفيتامينات والمعادن. ففي الهند، مثلاً، التي تعد ثاني أكبر بلد في العالم بعدد السكان، أضيف نحو 30 مليون نسمة إلى طبقة الجياع منذ منتصف التسعينيات كما أن نحو 46٪ من الأطفال هناك هم دون الوزن الطبيعي.

870 مليون إنسان يعيشون اليوم في عوز غذائي مزمن في العالم



الشكل (1 – 10): مستويات الأمن الغذائي في العالم.

التحديات البيئية التي تعترض تحقيق الأمن الغذائي

ندرة المياه

من الممكن أن يؤدي نقص المياه إلى حث البلدان العملاقة كالصين والهند إلى استيراد كميات كبيرة من الحبوب، مثلما فعلت من قبلها البلدان الصغيرة الشيء نفسه. إذ تشهد المياه انخفاضاً ملحوظاً في مناسيبها في العديد من البلدان (مثلما في الأجزاء الشمالية من الصين وفي الولايات المتحدة والهند)، وذلك جراء الاجترار الواسع النطاق والمفرط للمياه الجوفية عبر استخدام مضخات فائقة القدرة تعمل بطاقة الوقود والكهرباء. وهناك ثمة بلدان ستتأثر بهذه المشكلة أيضاً مثل باكستان وأفغانستان وإيران. وسيفضي الأمر في نهاية المطاف إلى حصول ندرة في المياه ومن ثم انخفاض إنتاج محاصيل الحبوب. وعلى الرغم من محاولة الصين استغلال مياهها الجوفية في هذا المجال، فأنها ستواجه أزمة نقص في الحبوب. ولو حصل ذلك، فسوف تشهد أسعار الحبوب صعوداً هائلاً. من ناحية اخرى، فأن معظم الثلاثة مليار شخص الذين من المتوقع ولادتهم في العالم مع حلول منتصف القرن الحالي إنما

تهدد ندرة المياه الأمن الغذائي مستقبلاً في العديد من دول العالم

سيولدون في بلدان تعاني من نقص في المياه. ويأتي بعد الصين والهند، فئة ثانية من بلدان أصغر حجماً لكنها تواجه نقصاً حاداً في المياه، وهي: أفغانستان والجزائر ومصر وإيران والمكسيك وباكستان. وتقوم أربعة من هذه البلدان حالياً باستيراد كميات ضخمة من الحبوب. وعلى الرغم من تحقيق باكستان اكتفاءً ذاتياً في إنتاج الحبوب، فأن من المتوقع أن تلجأ قريباً إلى استيراد الحبوب تزامناً مع نمو السكان فيها بمقدار 4 مليون نسمة سنوياً.

على المستوى الإقليمي، تعد البلدان الأفريقية الواقعة جنوب الصحراء الكبرى أكثر البلدان في العالم التي تعاني من أزمة ندرة المياه ويجمعها مكان واحد. إذ يقدر أن من بين الـ 800 مليون نسمة الذين يعيشون في قارة أفريقيا، فأن هناك 300 مليون منهم يعيشون في بيئة تفتقر إلى مياه كافية. ومن المتوقع أنه بحلول العام 2030، سوف يعيش ما بين 75 مليون إلى 250 مليون نسمة من سكان أفريقيا ضمن مناطق تعاني شحاً شديداً في المياه، ومن المرجح أيضاً نزوح ما بين 24 مليون و 700 مليون نسمة إلى مناطق أخرى نتيجة لمواجهتهم ظروف قاسية بشكل متزايد من جراء ذلك. ولأن معظم الأفارقة يعتمدون في معيشتهم على امتهان الزراعة وأن 80٪ إلى 90٪ من أجمالي العوائل الأفريقية تعتمد على إنتاج غذائها بنفسها، فأن ندرة المياه ستفضي في المحصلة النهائية إلى فقدان الأمن الغذائي في تلك المناطق على نحو خطير.

ستفقد البلدان الأفريقية جنوب الصحراء.. أمنها الغذائي بسبب أزمة ندرة مياه وشيكة

تدهور التربة

غالباً ما تؤدي الزراعة المفرطة إلى حدوث دورة مهلكة تسبب استنزافاً لخصوبة التربة وتدنياً للإنتاج الزراعي. إذ تعاني حوالي 40٪ من الأراضي الزراعية في العالم اليوم من تدهور شديد. فعلى سبيل المثال، إذا ما استمرت معدلات تدهور التربة على ما عليه حالياً في أفريقيا، فقد لا تتمكن القارة من إطعام سوى 25٪ من سكانها بحلول العام 2025، وذلك طبقاً لتوقعات معهد الموارد الطبيعية الأفريقي Institute for Natural Resources in Africa.

التغير المناخي

من المتوقع أن تزداد شدة وتكرار الظواهر المتطرفة كالجفاف والفيضانات مع مضي التغير المناخي قدماً. إذ سيكون للفيضانات العارمة وموجات الجفاف المتفاقمة تدريجياً جملة من التأثيرات في القطاع الزراعي. فعلى سبيل المثال، من المتوقع أن تتحول كل مناطق نيجيريا تقريباً، التي كانت تضم فيما مضى مساحات شاسعة من الأراضي الزراعية المروية، إلى صحراء قاحلة حيث ستغدو الزراعة مستحيلة جراء شح المياه. وطبقاً إلى أحد التقارير الدولية، فأن تأثيرات التغير المناخي ستسبب تغيراً في أنماط الإنتاج الزراعي وتربية المواشي، وستسبب خسائر اقتصادية فادحة وتؤثر في البنية التحتية وفي الأسواق العالمية. لذا سيكون الأمن الغذائي في المستقبل مرتبطاً بمقدرتنا على تكييف النظم الزراعية للظواهر المتطرفة.

يؤدي التغير المناخ إلى نتائج كارثية عديدة على الأمن الغذائي العالمي

من المحتمل تعرض نحو 2.4 مليار نسمة ممن يعيشون في حوض أنهار الهمالايا Himalayan في كل من الهند والصين وباكستان وأفغانستان وبنغلاديش

والنيبال وميانمار إلى خطر الفيضانات والتي ستعقبها موجات جفاف شديدة متوقعة خلال العقود القليلة القادمة. ففي الهند وحدها، يوفر نهر الغانغ Ganges المياه الصالحة للشرب وللزراعة لأكثر من 500 مليون نسمة. أما على الساحل الغربي لأمريكا الشمالية، فمن المحتمل أيضاً تأثر إمدادات المياه التي يتم الحصول على معظمها من الثلاجات الجبلية في سلاسل جبال الروكي Rocky Mountains وسييرا نيفادا Sierra Nevada. هذا ولا يشكل ذوبان الثلاجات القلق الوحيد الذي يؤرق الدول النامية، بل هناك أيضاً قلق متصاعد من ارتفاع منسوب سطح البحر بفعل التغير المناخي، الأمر الذي سيقلص من رقعة الأراضي الصالحة للزراعة.

من المرجح أيضاً أن يكون للتغير المناخي أثر كبير سيؤدي إلى انخفاض الإنتاج الزراعي في أنحاء أخرى من العالم، لاسيما في مناطق العروض الدنيا التي تقع فيها معظم الدول النامية. ولهذا سترتفع أسعار الحبوب، إلى جانب سعي الدول النامية إلى زراعة الحبوب. ونتيجة لذلك، سيفضي كل ارتفاع في الأسعار بمقدار 2 – 2.5٪ إلى تزايد عدد الجياع بمقدار 1٪. لكن انخفاض الإنتاج الزراعي لا يعد سوى مشكلة واحدة تواجه المزارعين في مناطق العروض الدنيا والمدارية، إذ من المتوقع أن يؤدي اختلاف توقيتات فصل النمو ومدته الناتج عن الاختلاف في درجة حرارة التربة والرطوبة، إلى حدوث نتائج كارثية عند قيام المزارعين بزرع محاصيلهم.

الآفات الزراعية

يمكن أن يكون للأمراض والآفات التي تؤثر في الماشية والمحاصيل الزراعية على حدّ سواء آثار مدمرة على الوفرة الغذائية خصوصاً في حالة عدم وجود أية خطط طوارئ جاهزة. فعلى سبيل المثال، أن مرض Ug99، وهو مرض ينتمي لسلالة آفة صدأ ساق الحنطة التي تؤدي إلى القضاء على محصول الحنطة بنسبة 100٪، ينتشر في حقول الحنطة في العديد من بلدان أفريقيا والشرق الأوسط ومن المتوقع انتشاره

بشكل سريع في هذه البلدان وفي غيرها أيضاً، مما قد يسبب كارثة بالنسبة لإنتاج محصول الحنطة ستطال آثارها الأمن الغذائي في العالم كله.

مرض الصدأ Ug99، مرض فتاك.. يصب محصول الحنطة ويهدد الأمن الغذائي

يمكن استخدام التنوع الجيني لفصائل محصول الحنطة البرية في تحسين الأنواع الحالية للحنطة بحيث تصبح اكثر مقاومة للآفات. فعلى سبيل المثال، يجري الآن في العديد من مراكز الأبحاث الزراعية تعريض الفصائل البرية من الحنطة إلى مرض الصدأ لتعزيز مقاومتها له، ثم يجري دراسة الخريطة الجينية لها وبعدها يتم زراعة النباتات البرية مع الفصائل الحالية للحنطة عبر تقنيات الاستزراع الحديثة، وذلك بغية نقل جينات المقاومة من النباتات البرية إلى فصائل الحنطة الحالية.

دور الحكومات

في الوقت الذي تعد فيه موجات الجفاف وغيرها من الظواهر الطبيعية سبباً لحدوث مجاعات في بعض البلدان، فأن للحكومات دوراً في تقرير درجة قسوة تلك المجاعة، أو في وقوعها أصلاً من عدمه. والقرن العشرين حافل بالعديد من الأمثلة على دور الحكومات في إضعاف الأمن الغذائي في بلدانها، وبشكل متعمد أحياناً.

حينما تفرض بعض الحكومات سيطرتها على البلاد بالقوة ولا تأتي عن طريق صناديق الاقتراع أو بواسطة انتخابات نزيهة، فمن المؤكد أن تكون قاعدتها الجماهيرية ضيقة ومحدودة ولا تقوم إلا على المقربين والمنتفعين وأصحاب المصالح. وفي ظل مثل تلك الظروف، يصبح توزيع الغذاء في داخل البلد قضية سياسية بامتياز. فالحكومات في معظم البلدان تعطي الأولوية للمناطق الحضرية، ذلك لأن الأسر المتنفذة وأصحاب السلطة والمشاريع تقطن فيها في العادة. أما المناطق الريفية، حيث الفلاحين والفقراء عادةً، فغالباً ما يكون نصيبها الإهمال. كما أن معظم

الحكومات لا تولي اهتماماً بالمناطق النائية من البلاد التي لم يشملها التطوير، وقلما تلبي حاجياتها الضرورية على نحو فعال. وغالباً ما تتصف السياسات الزراعية، لاسيما فيما يخص تسعير السلع الزراعية، بالتمييز ضد المناطق الريفية. إذ تحاول الحكومات في الغالب المحافظة على تسعيرة منخفضة لمحاصيل الحبوب الأساسية بحيث يعجز المزارعين عن جمع ما يكفي من رأسمال لتحسين إنتاجهم الزراعي. ولذا، فأنها بهذه الطريقة تمنعهم دوماً من أن يرتقوا إلى منزلة أعلى ربما قد تشكل خطراً على السلطة الحاكمة في المستقبل.

في بعض البلدان.. تحول السلطات الحاكمة الطعام إلى سلاح لإذلال المعارضين

كثيراً ما كان الزعماء المستبدين والحكام العسكريين الجائرين يستخدمون الغذاء كسلاح سياسي تجاه شعوبهم، إذ يُكافأ المؤيدون بمؤن غذائية ضخمة فيما تحرم من ذلك المناطق التي تأوي المعارضين لحكمهم. وفي مثل تلك الحالات يغدو الطعام سلعة يحصل الطواغيت في مقابلها على الدعم والتأييد فيما يصبح القحط والعوز والمجاعة من الناحية الأخرى سلاحاً فعالاً يُشهر بوجه المعارضين.

المخاطر التي تهدد الأمن الغذائي العالمي

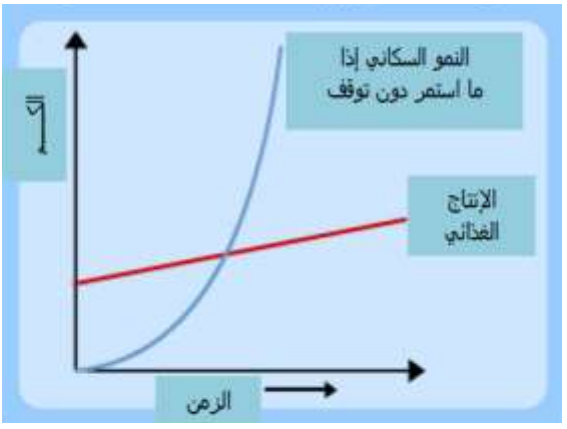
النمو السكاني

تشير التوقعات الحالية للأمم المتحدة إلى تزايد مستمر في أعداد سكان العالم في المستقبل القريب (على الرغم من حصول انخفاض مضطرد في معدل النمو السكاني)، إذ من المتوقع أن يبلغ تعداد سكان العالم ما بين 8.3 و 10.9 مليار نسمة بحلول العام 2050، وأن العدد سيصل إلى 24.8 مليار نسمة في العام 2150. ويشك بعض المحللين في تواصل النمو السكاني العالمي مستقبلاً، بسبب تزايد

الضغوط على البيئة والتجهيزات الغذائية العالمية ومواد الطاقة. ومن المؤكد أن هذا الزيادة السكانية الانفجارية ستشكل خطراً جدياً يهدد الأمن الغذائي العالمي، لأن الأفواه المتزايدة تعني طعاماً متزايداً، مما يستلزم تحصين الأمن الغذائي من الانهيار مستقبلاً.

قد تعني زيادة السكان.. حلول مجاعة كارثية

يبين الشكل (2 – 10)، الاتجاه المتصاعد للنمو السكاني العالمي المتوقع في مقابل المعدل المتهاوي للإنتاج الغذائي، إذ أن الهوة ما بين المتغيرين قد تعني في الحقيقة حدوث مجاعة كارثية.



الشكل (2 – 10): الاتجاه المتوقع للنمو السكاني والإنتاج الغذائي العالمي.

الاعتماد على الوقود الاحفوري

في الوقت الذي يشهد فيه الإنتاج الزراعي زيادةً نتيجة للثورة الخضراء في عالم الزراعة، فأن الإنتاج الحالي من الطاقة (اللازمة لتشغيل العمليات الزراعية) يزداد هو الأخر بوتيرة أكبر، بحيث أن نسبة الإنتاج الزراعي إلى إنتاج الطاقة تتقلص بمرور الزمن. إذ باتت التقنيات الزراعية الحديثة تعتمد بصورة كبيرة على الأسمدة

الكيماوية والمبيدات الحشرية والعشبية، التي لابد من تصنيع بعضها من الوقود الاحفوري، مما جعل الزراعة تعتمد بشكل متزايد على المنتجات البترولية.

ما بين الأعوام 1950 و 1984، وبعدما عمت الثورة الزراعية أرجاء العالم كله، ازداد الإنتاج العالمي للحبوب بمقدار 250٪، وقد ازدادت معه نسبة استهلاك الوقود الأحفوري اللازم لتصنيع الأسمدة (الغاز الطبيعي) والمبيدات (النفط) والهيدروكربونات اللازمة لتشغيل نظم الري المختلفة. لذا، فأن زيادة اعتماد العمليات الزراعية على الوقود، في وقت تشهد فيه أسعار هذا الوقود ارتفاعاً عالمياً، سيؤدي في المحصلة إلى رفع أسعار الإنتاج الزراعي ومن ثم معاناة البلدان الفقيرة من الحصول على ما يكفيها من الغذاء.

مع اتكال العمليات الزراعية المتزايد على الوقود..
فقد ترتفع أسعار المنتجات الغذاء ارتفاعاً كبيراً

التهجين والهندسة الوراثية وخسارة التنوع الأحيائي

شاع مؤخراً استخدام تقنية التهجين في مجال الزراعة والاقتصاد الحيواني وذلك سعياً لزيادة الإنتاج من خلال تكوين أصناف عالية الإنتاجية. وفي الغالب تشهد البلدان النامية عمليات تهجين أكثر للأصناف المحلية وذلك لتكوين سلالات ذات إنتاجية عالية لها قدرة على مقاومة ظروف المناخ المحلي والأمراض. ونظراً لقيام الحكومات المحلية والصناعة بالتشجيع على التهجين، فأن ذلك قد تمخض عن تعرض عدة أصناف محلية إلى خطر الانقراض. إذ أدى الاهمال من جراء عدم الربح وانعدام السيطرة المقصودة وغير المقصودة على التلقيح والإخصاب الهجيني (التلوث الجيني Genetic pollution)، إلى انهيار الأحواض الهائلة لتهجين الجينات التي كانت تحتوي في السابق على أصناف برية ومحلية شتى، مما سبب تلوثاً وتعرية

جينية Genetic erosion واسعة النطاق. وقد أسفر ذلك عن حدوث خسارة في التنوع الجيني والأحيائي بأسره.

إزاء ذلك، ظهر ما يسمى بالكائن المعدّل وراثياً Genetically modified organism، وهو عبارة عن كائن يتم التلاعب بجيناته الوراثية باستخدام تقنيات الهندسة الوراثية، بحيث يصبح أفضل من حيث الإنتاجية والنوعية. لكن المحاصيل المعدلة وراثياً أصبحت اليوم مصدراً شائعاً للتلوث الجيني، ليس للأصناف البرية فحسب، بل أيضاً لغيرها من الأصناف الداجنة المستمدة من التهجين الطبيعي نسبياً. فقد يؤدي تظافر التعرية الجينية مع التلوث الجيني إلى ظهور أنماط جينية فريدة تدميرية، ومن ثم ظهور أزمة خفية تهدد على نحو خطير أمننا الغذائي. فقد يتوقف ظهور مواد جينية منوعة، وهو أمر سيؤثر في قدرتنا على تهجين مزيد من المحاصيل الزراعية والماشية المقاومة للآفات المرضية وللتغيرات المناخية.

تؤدي الهندسة الوراثية والتهجين الجيني.. إلى مخاطر خفية تهدد الأمن الغذائي

أسئلة للمناقشة والمراجعة

1 – ما معنى الأمن الغذائي؟ وما الشروط اللازمة لتحقيقه؟ وما هي دواعي القلق تجاه احتمال اختلاله في الحاضر والمستقبل؟

2 – تفيد التقارير الدولية أن نحو 15٪ من سكان العالم في عوز غذائي مزمن، وأن معظمهم يتركزون في قارة أفريقيا تحديداً. لماذا؟ ناقش هذا الموضوع من وجهة نظرك العلمية الشخصية.

3 – تعد مشكلة ندرة المياه من أبرز التحديات البيئية التي تعترض الأمن الغذائي العالمي. ما هي أوجه تأثيرات هذه المشكلة؟

4- كيف يؤثر التغير المناخي في اختلال الأمن الغذائي العالمي؟ لخصّ ذلك في صورة نقاط محددة.

5- أكتب تقريراً عن دور الآفات الزراعية في تهديد الأمن الغذائي العالمي. (استعن بمصادر مكتبية أو إلكترونية)

6- كيف تعمل بعض الحكومات المستبدة على تعكير الأمن الغذائي في بلدانها؟ ولماذا؟

7- يعد النمو السكاني المتصاعد خطراً يداهم الأمن الغذائي. وضحّ ذلك بالأرقام وبمرتسم بياني مع التفسير.

8- لماذا يعد اتكال الزراعة على الوقود الاحفوري خطراً على الأمن الغذائي؟

9- ناقش مسألة التهجين والهندسة الوراثية واخطارها المحتملة على الأمن الغذائي العالمي في المستقبل.

10 – أسرد قائمة بأسماء بلدان العالم بحسب مستويات الأمن الغذائي فيها، من خلال ذكر عشرة بلدان لكل فئة. (استعن بالشكل 1 – 10)

❋ ❋ ❋

الفصل الحادي عشر

مشكلة إنتاج الطاقة

يهتم الفصل الحالي بعرض المشكلات البيئية المصاحبة لإنتاج الطاقة بأشكالها المختلفة. ففي الوقت الذي تتصاعد فيه معدلات إنتاج الطاقة واستهلاكها عالمياً، ينجم عنها بالوتيرة ذاتها أضرار بيئية عديدة متفاوتة التأثير والمدى. لذا، سيتم أولاً تحديد مفهوم الطاقة ومصادرها، ثم العروج على بيان الأثر البيئي لكل نوع منها.

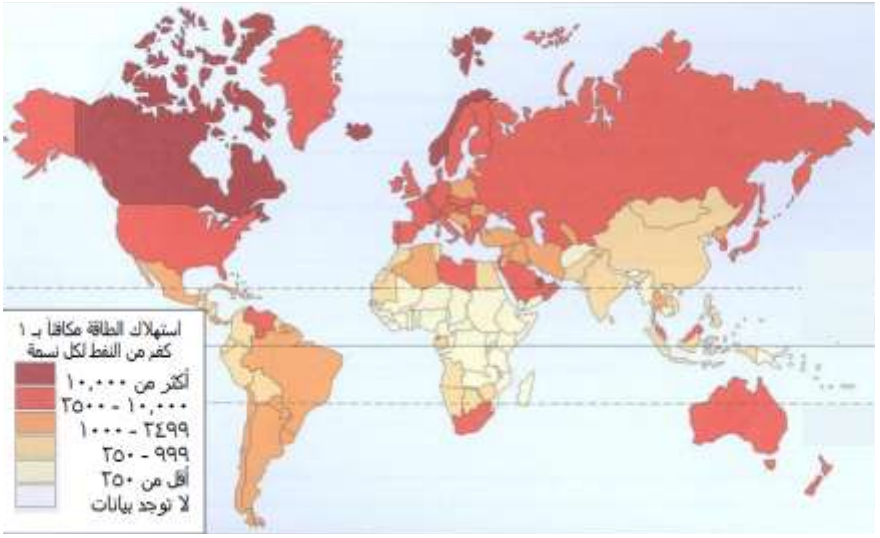
مفهوم الطاقة ومصادرها

تتنوع مصادر الطاقة اليوم..
وتتنوع أثارها البيئة أيضاً

لطالما كانت الطاقة مطلباً أساسياً للمجتمعات البشرية. إذ تشير الأدلة الآثارية من بعض الكهوف في أفريقيا إلى قيام الإنسان القديم باستخدام النار منذ قرابة مليونا سنة خلت، إذ احتاج إليها لأغراض الإنارة والتدفئة وطهي الطعام. وبذلك فقد كانت النار هي الوقود التي يغذي التكنولوجيا التي قامت عليها المجتمعات المتحضرة آنذاك. أما اليوم فقد باتت الإمدادات المنتظمة للطاقة هي من يسير المركبات ويحرك المدن والصناعات والنقل التي تشكل اليوم أساس الحياة البشرية القائمة فوق كوكب الأرض. وبمرور الزمن، أصبحت قدرة الحضارات البشرية في الحصول على الطاقة وكمية الطاقة المستخدمة مؤشراً على تطور المجتمع. على أن استخدام الطاقة، وبخاصة منذ الثورة الصناعية، رافقه مشكلات بيئية عدة. إذ أن عمليات إنتاج الطاقة ونقلها وتحويلها واستخدامها، لاسيما تلك المستمدة من الوقود الاحفوري، مسؤولة عن بعض أكثر المشكلات البيئية خطورة في العالم اليوم.

إن معظم الطاقة التي نحصل عليها اليوم مصدرها الشمس في المحصلة النهائية. وتتحول هذه الطاقة الإشعاعية بواسطة عملية التمثيل الضوئي إلى طاقة كيماوية، تمد الحياة النباتية ومعها كل أشكال الحياة الحيوانية بالاستمرار والبقاء. كما يستفيد منها المجتمع البشري في صورة وقود حيوي وأحفوري على حدّ سواء، ذلك الوقود الذي كان في يوم من الأيام نباتاً حياً بحد ذاته. وينتفع المجتمع البشري من الإشعاع الشمسي أيضاً بشكل مباشر وغير مباشر عبر الافادة منه في تحريك الرياح والتيارات المائية بوصفها جزءاً لا يتجزأ من دورة الماء في الطبيعة.

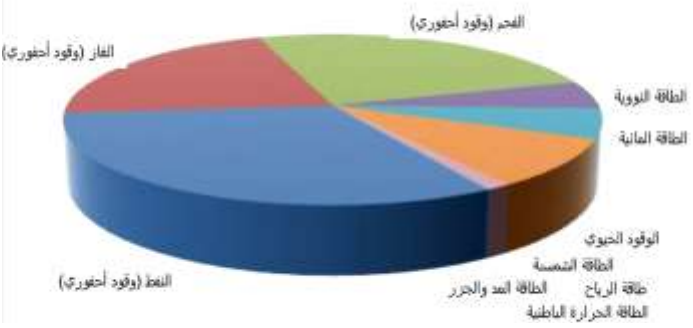
تصنف مصادر الطاقة في الغالب إلى مصادر متجددة Renewable وأخرى غير متجددة Nonrenewable. وعلى الرغم من أن الوقود الاحفوري يعد مورداً متجدداً ضمن المقياس الجيولوجي، فأنه يمكن أن ينضب ويغدو غير متجدداً ضمن مدى عمر الإنسان إذا ما استمر معدل استهلاكه على ما عليه في الوقت الحاضر (الشكل 1 – 11). إذ تشير تقديرات مجلس الطاقة العالمي WEC إلى أن النفط سينضب بحدود 30 – 40 سنة القادمة والغاز 50 – 60 سنة والفحم بحدود



الشكل (1 – 11): التوزيع الجغرافي للاستهلاك العالمي الحالي للطاقة.

200 سنة القادمة، إذا ما استمر الاستهلاك على المعدلات الحالية. وعلى الرغم من تأكيد مجلس الطاقة العالمي على عدم وجود أي استنفاد أو ندرة لموارد الطاقة في الوقت الحاضر، فأن محدودية كميات الوقود الاحفوري، إلى جانب تزايد الوعي تجاه الأثار البيئية لاستخدامها، قد شجع على ضرورة الاهتمام بالحفاظ على الطاقة وصونها وتطوير طرائق أكثر استدامة لإنتاج طاقة من موارد متجددة عوضاً عن تلك غير المتجددة.

مع هذا، ومثلما يتضح في الشكل (2 – 11)، فأن معدلات إنتاج الطاقة في العالم لازالت تتركز بشكل كبير على الوقود الاحفوري (الفحم، الغاز، النفط)، ويأتي من بعدها الوقود الحيوي، ثم الطاقة الكهرومائية، والنووية، ومن ثم بنسب أقل الأنواع الأخرى من مصادر الطاقة الحديثة الاستخدام.



الشكل (2 – 11): الإنتاج العالمي من الطاقة بأنواعها المختلفة.

الأثار البيئية لإنتاج الطاقة

سنبحث هنا الأثار البيئية المحتملة لكل مصدر من مصادر الطاقة من التي اعتادت المجتمعات البشرية على استخدامها في الوقت الحاضر. إذ أن جميع مصادر الطاقة تؤثر بطريقة أو أخرى في البيئة، ولا يوجد شيء أسمه طاقة "نظيفة" تماماً. ويحدث تأثير الطاقة في البيئة بأشكال متعددة، ويؤثر بعض مصادرها بشكل أكبر من غيره. وفيما يلي بيان لأنواع الطاقة وأهم تأثيراتها السلبية في البيئة.

الطاقة المائية

تعد الطاقة المائية أهم المصادر المتجددة لتوليد الكهرباء.. لكنها لا تخلو من أثر في البيئة

تعد الطاقة المائية Hydropower المورد المتجدد الوحيد الذي يستخدم على نطاق واسع اليوم لتوليد الطاقة الكهربائية. فخلال القرن الحالي، تعتمد حوالي ثلث بلدان العالم على الطاقة الكهرومائية في تلبية أكثر من نصف حاجتها من الطاقة الكهربائية، وأن السدود الكبيرة تولد نحو 19٪ من أجمالي الطاقة الكهربائية العالمية (أنظر الشكل 2 – 11).

على هذا، فأن هنالك العديد من المشكلات الاجتماعية والبيئية التي ترافق إنشاء السدود لأغراض توليد الطاقة الكهربائية.

في الوقت الذي لا تسبب فيه الطاقة الكهرومائية تلوثاً للمياه أو للهواء، فأنها أيضاً لا تخلو من تأثير في البيئة. فقد تؤثر محطات توليد الطاقة الكهرومائية في الأنظمة البيئية للمجاري العليا والدنيا من الأنهار، ومن بين ذلك تأثيرها في المجاميع السمكية، وتعمل على تغيير درجة حرارة المياه وتدفقها (مسببة اضطراباً للنباتات والحيوانات)، كما يضطر الناس والحيوانات المتواجدين بالقرب من موقع السدود إلى إعادة التوطن في أماكن أخرى. وقد يحول إنشاء سدود الطاقة الكهرومائية دون وصول بعض الأسماك، كالسلمون مثلاً، إلى المجاري العليا للأنهار لأجل التفريخ والتكاثر. وتساعد بعض التقنيات كسلالم الأسماك على تسلق سمك السلمون من على السدود والوصول إلى مناطق التفريخ في أعلى النهر، لكن وجود هذه السدود يجبرها من ناحية أخرى على تغيير نمط هجرتها مما يلحق ضرراً بالأسماك.

ينجم عن إنشاء السدود لأغراض توليد الطاقة الكهرومائية.. مشكلات بيئية عدة

تسبب محطات الطاقة الكهرومائية أيضاً انخفاض مستويات الأكسجين الذائب في الماء، الأمر الذي يضر بالبيئات النهرية. كما قد يؤدي إنشاء الخزانات المائية الواقعة خلف السدود وركود المياه فيها إلى انبعاث غاز الميثان، أحد غازات الدفيئة المضرة بالبيئة. ونتيجة لتراكم الرواسب التي تحملها الأنهار في خزانات السدود هذه، فأن ذلك سيمنع من تجدد خصوبة التربة الواقعة على ضفاف المجاري الدنيا من تلك الأنهار. كما أن تلك الضفاف تتعرض للتعرية والتآكل عندما يتم فتح بوابات السد وتتدفق منه المياه بقوة.

يكون إنشاء السدود لأغراض توليد الطاقة الكهرومائية سبباً أيضاً لإجبار السفن وقوارب الصيد على إيجاد مسالك بديلة بعيداً عن منظومة السد. كما أن حوادث تشقق السدود او انهيارها قد تلحق ضرراً فادحاً بالمناطق المأهولة الواقعة أسفل السد، وتؤدي إلى وقوع كوارث لا تحمد عقباها.

طاقة الرياح

استخدم الإنسان طاقة الرياح Wind energy في تسيير السفن الشراعية وتحريك طواحين الهواء منذ آلاف السنين، ولاتزال اليوم مضخات المياه العاملة بقوة الرياح تعد من المظاهر الشائعة في المناطق الريفية، لاسيما في الأقاليم الجافة حيث تستخدم لسحب المياه الجوفية إلى السطح. أما توربينات الرياح الخاصة بتوليد الكهرباء فهي ظاهرة حديثة نسبياً، فهي لا تزال تغطي حوالي 2٪ فقط من الطلب العالمي على الطاقة الكهربائية (أنظر الشكل 2 – 11).

تعد الرياح مصدراً نظيفاً نسبياً لإنتاج الطاقة. إذ أنها لا تسبب تلوثاً للهواء أو الماء نظراً لأنها لا تحتاج إلى حرق وقود لتوليد الطاقة الكهربائية. لكن هناك بعض الأثار البيئية التي ترافق مزارع إنتاج الطاقة بواسطة الرياح. إذ كانت الضوضاء أحد المشكلات المهمة التي تنجم عن دوران مراوح الرياح في التصاميم القديمة، أما التصاميم الحديثة فبالكاد يسمع منها صوت غير صوت هبوب الرياح. لكن

مازالت هناك مشكلات تتعلق بدور المراوح الفولاذية في التسبب بقتل الطيور من ذوات الأحجام الكبيرة كالنسور مثلاً وكذلك التسبب بتشويش مستقبلات البث الإذاعي والتلفازي وغيرها من الأجهزة الإلكترونية الحساسة. وتعد ضرورة توفير مساحات واسعة من الأراضي لإنشاء مزارع طاقة الرياح فوقها مشكلة أخرى، على الرغم من إمكانية استخدام الأراضي الواقعة بين المراوح لنشاطات أخرى كالزراعة أو الرعي مثلاً. فعلى سبيل المثال، ارتفعت قيمة الأرض في منطقة ألتاماونت Altamount بولاية كاليفورنيا الأمريكية ارتفاعاً ملحوظاً في أعقاب إنشاء مزارع لتوليد طاقة الرياح هناك، فأضافت الإيجارات المرتفعة لتلك الأراضي مدخولاً إضافياً للرعاة فضلاً عن استمرارهم برعي ماشيتهم.

بالرغم من كون طاقة الرياح نظيفة نسبياً.. فأنها مسببة لبعض المشكلات في البيئة

لأن توليد طاقة كهربائية من مراوح الرياح العملاقة يتطلب الحصول على رياح مستمرة بقوة تزيد على 7 متر/ ثا، لذا غالباً ما نجدها تقع على امتداد السواحل أو فوق السلاسل الجبلية. ويرى البعض أن وضع هذه المراوح العملاقة في مثل تلك الأماكن إنما يعمل على تشويه جمال المناظر الطبيعية، ولهذا فهم يرفضون فكرة تحويل تلك المناظر الخلابة إلى مجرد محطات ومراوح متناثرة لتوليد طاقة الرياح. وربما يعد ذلك من أكبر المشكلات التي تعترض استخدام طاقة الرياح في كثير من المناطق. ففي بريطانيا، مثلاً، ظهرت العديد من الاحتجاجات الشعبية في العام 1994 للاعتراض على خطط زيادة مراوح الرياح في مروج هاورث Haworth خشية تخريب الطبيعة الساحرة لتلك المنطقة.

ونظراً لوجود بعض مزارع الرياح اليوم فوق مياه البحار المقابلة للسواحل، فمن المحتمل حدوث بعض التأثيرات في البيئة البحرية. إذ قد تحدث هناك بعض

التأثيرات في مرحلة إنشاء المراوح تؤدي إلى الإضرار بالمناطق التي تضم أنواع أحيائية أو مواطن طبيعية نادرة. لكن من ناحية أخرى، لا تشكل الاضطرابات التي ترافق عملية تشغيل المراوح - المتمثلة بالضوضاء والاهتزازات والحقول الكهرومغناطيسية - أهمية تذكر بالنسبة للبيئة البحرية. لكن من المحتمل حدوث أكبر تأثير تحت سطح الماء، وذلك عند تثبيت أساسات اصطناعية لقواعد مراوح طاقة الرياح. إذ يؤدي مثل هذا الأثر إلى تغيير جريان الرواسب تحت الماء، كما قد يكون لها أثراً مهماً على تركيبة الأنواع المحلية والبنية الأحيائية.

تسبب مزارع مراوح الرياح الممتدة على السواحل بعض الضرر للبيئة البحرية

الطاقة الشمسية

من المتوقع على المدى الطويل جداً، ربما ما بعد القرن الحالي، أن تكون الطاقة الشمسية Solar energy بأشكالها المختلفة قادرة على سد الطلب العالمي من الطاقة، على الرغم من توقع أن ترتفع نسبة مساهمتها في ذلك بشكل أكبر على المدى القصير (أنظر الشكل 2 – 11). يمكن الافادة من الطاقة الشمسية على نحو فعال من خلال تصميم مباني تتلاءم مع ضوء الشمس والطاقة الحرارية الناتجة عنه، بحيث يمكن الافادة منها في تسخين المياه أو تدفئة المباني أو توليد الكهرباء. وتعد الطاقة الكهروضوئية (PV) أحد الطرائق المباشرة لتحويل أشعة الشمس إلى كهرباء، وذلك عندما يتم امتصاص ذرات الضوء الفردية (الفوتونات) بواسطة خلايا شبه مُوصّلة مولدةً بذلك تياراً كهربائياً. ولذلك لا يتخلف عن الخلايا الشمسية أي ضوضاء أو تلوث أخر يذكر. كما أن أنظمة الخلايا

يتزايد اليوم استخدام الطاقة الشمسية.. دون اعتبار يذكر لأثرها البيئي

الشمسية لا تحتاج إلى أدامة كبيرة ولا إلى ماء، ولذا فأنها تعد ناجحة في المناطق النائية كالصحاري مثلاً، على الرغم من أن ارتفاع درجات الحرارة يمكن أن يؤثر بشكل سلبي في عملها.

عادةً ما تحتاج مزارع الطاقة الشمسية.. إلى مساحات واسعة مما يسبب أثراً بيئياً

بالرغم من هذه المزايا، فأن لمزارع توليد الطاقة الشمسية بعض الأثر على البيئة. إذ قد ينتج عنها تكوين جزر حرارية أو إحداث ضرر بيئي كخسارة مواطن طبيعية مثلاً. إذ تتطلب المزارع الشمسية مساحات شاسعة قد تصل إلى مئات الكيلو مترات المربعة، ولذا قد يكون لها أثر كبير في التربة والأرض التي تشغلها. ومع ذلك، فأن المناطق المشمسة كالبيئات الجافة مثلاً قلما توجد فيها نباتات، لذا يكون الاضطراب الذي يصيب البيئة ليس كبيراً بقدر ما يصيب المناطق التي تحتوي على غابات ونباتات كثيفة. وعلى الرغم من عدم تسبب الخلايا الشمسية التي تستعمل في المنازل بأضرار بيئية كبيرة، فأنها تؤدي أحياناً إلى خسارة جزء من المواطن الطبيعية عندما يتم إزالة بعض الأشجار لغرض تلافي حجب الإشعاع الشمسي الواصل إلى الخلية الشمسية المثبتة فوق سقوف المنازل.

طاقة المد والجزر

تتمثل الطاقة الموجودة في البحار والمحيطات في هيئة مد وجزر وأمواج وتيارات بحرية وفروقات في درجات الحرارة ومنحدرات الملوحة والكتل الأحيائية البحرية. وعلى الرغم من سعة توفر هذه الطاقة فأن إمكانية الاستفادة منها لاتزال محدودة جداً في الوقت الحاضر وحتى في المستقبل المنظور (أنظر الشكل 2 – 11)، وذلك لأن هذا النوع من الطاقة متشتت على مساحة واسعة من البحار والمحيطات من جهة، فضلاً عن أن معظم الطاقة إذا ما تم توليدها فهي بعيدة جداً عن مراكز

الاستهلاك من جهة ثانية. وتعد طاقة المد والجزر Tidal energy هي النوع الوحيدة من الطاقة المستمدة من البحار والمحيطات الذي تم استخدامه حتى الآن. وهي في الحقيقة من أقدم أشكال الطاقة التي استغلها الإنسان، ومثال ذلك الطواحين التي كانت تعمل حينها بقوة المد قبالة سواحل كل من بريطانيا وفرنسا وإسبانيا منذ القرن الأول الميلادي. ولأن المد والجزر يعتمد على تأثير قوة الجاذبية للشمس والأرض والقمر، لذلك من الممكن التنبؤ بمواعيدها بدقة مما يمنح طاقة المد ميزة تتفوق بها على غيرها من مصادر الطاقة الأخرى. ويستفاد من طاقة المد بنفس مبدأ الاستفادة من الطاقة الكهرومائية، وذلك ببناء سد عبر مصب بحري مناسب. لكن فيما يعتمد السد الكهرومائي على تدفق المياه من اتجاه واحد، فأن السد المدي يختلف عنه من ناحية أنه يسمح للمياه الواقعة خلفه بالحركة جيئةً وذهاباً تزامناً مع حركة المد والجزر. وتتولد الكهرباء نتيجة دوران التوربين بهذه الحركة المتناوبة للمياه عبر السد المشيد.

توفر حركة المياه في البحار والمحيطات.. مصدراً مهماً لتوليد الطاقة

تعتمد كمية الطاقة الكامنة المتولدة عن المد والجزر على مدى ارتفاع المد وانخفاض الجزر وكذلك على مساحة المصب الذي تشيد عليه محطة توليد الطاقة. ومن الأمثلة على محطات الطاقة التي تعمل بقوى المد والجزر المحطة الواقعة على مصب لارانس La Rance الواقع عند ساحل بريتاني شمالي فرنسا، إذ تقع هذه المحطة في مصب يصل فيه المدى المدي 8 أمتار وتتكون من سد يمتد بطول 800 متراً يحتوي على 24 توربين وتولد طاقة كهربائية تكفي لسد احتياج مدينة تضم 300.000 نسمة. وهناك أيضاً محطة خليج فندي Fundy على الساحل الأطلسي لكندا الذي يبلغ فيه المدى المدي 10.8 متراً، وكذلك محطة مصب سيفرن Severn في بريطانيا الذي يصل فيه معدل المدى المدي 8.8 متر.

يكتنف مثل هذه المشاريع الكثير من الجدل حول ضرورة إنشاءها من عدمه بسبب الأثار البيئية المحتملة. فعلى الرغم مما يحمله توليد الطاقة الكهربائية بواسطة قوى المد والجزر من مزايا بيئية عديدة كخلوه من الملوثات ودور السدود التي تشيد في المحطة في حماية السواحل من الأمواج البحرية الهائجة، فأن تلك المشاريع لا تخلو بطبيعة الحال من بعض المساوئ كقيامها بتغيير حركية المياه عبر المصب. إذ أن التغيرات التي تحدث في المدى المدي وفي حركة التيارات المائية ومنطقة المد والجزر ضمن منطقة المحطة ستؤثر في عدة متغيرات بيئية أخرى مثل حركة الرواسب ونوعية المياه، التي ستؤثر بدورها في السلسلة الغذائية وفي المحصلة النهائية في الطيور والثروة السمكية. كما قد تؤثر السدود والحواجز التي يتم إنشاء لغرض توليد الطاقة المدية في مسارات سير السفن التجارية والسياحية واضطرارها إلى إيجاد مسالك بديلة أو إنشاء أنظمة مكلفة في السدود لأبحار السفن من خلالها.

تنشأ عن سدود توليد طاقة المد والجزر.. بعض المشكلات البيئية

طاقة الحرارة الباطنية

تتولد طاقة الحرارة الباطنية Geothermal energy، التي تتمثل عادةً بالينابيع الحارة والبراكين، من جراء احتباس الحرارة وخروجها من باطن الأرض وكذلك من جراء تحلل المواد المشعة الموجودة في الصخور. ويمكن الحصول على مثل هذه الطاقة بشكل خاص في المناطق الفاصلة بين صفائح القشرة الأرضية، مع أن من الممكن الحصول عليها من مناطق أخرى بعيدة عن تلك الفواصل. وبهذا فأن طاقة الحرارة الباطنية لا تتوفر إلا في

لا يجري استغلال طاقة الحرارة الباطنية إلا في أماكن محدودة من العالم..

مواقع محدودة، وذلك عندما تكون حمم جوف الأرض قريبة من السطح فتعمل على تسخين المياه الجوفية حتى تصل إلى درجات حرارة قريبة من نقطة الغليان.

لقد تعرضت هذه الطاقة للاستغلال التجاري منذ مطلع القرن العشرين، وذلك لغرض تأمين الحرارة اللازمة للتدفئة أو استخدامها كقوة تحريك ميكانيكية أو لتوليد الكهرباء. فعلى سبيل المثال، كانت أيسلندا أول من شيدت في العام 1930 وعلى نطاق واسع أنظمة تدفئة في المباني تعتمد على طاقة الحرارة الباطنية. وأعقبتها في تطبيق المبدأ نفسه كل من فرنسا وإيطاليا ونيوزيلندا والولايات المتحدة الأمريكية.

على الرغم من ضعف احتمالية مساهمة طاقة الحرارة الباطنية في سد حاجة الطاقة العالمية في المستقبل القريب (أنظر الشكل 2- 11)، فأن من الممكن مع ذلك أن تلعب دوراً رئيساً بالنسبة لبعض البلدان التي تتصف بوجود طاقة كامنة من هذا النوع بكميات كبيرة في الوقت الذي لايزال الطلب فيها على الطاقة قليل حالياً (ومثالها جيبوتي والسلفادور وكينيا والفلبين). وأفضل الأمثلة على استغلال هذه الطاقة الكامنة هو في نيكاراغوا حيث تم تشييد محطة موتومبو Momotombo في العام 1989، التي يُنتج بفضلها اليوم 40٪ من حاجة هذا البلد إلى الكهرباء.

يمكن تقسيم الأثار البيئية المصاحبة لاستخدام طاقة الحرارة الباطنية إلى أثار وقتية ناتجة عن عمليات الحفر والاستخراج لهذه الطاقة وأخرى دائمة تنشأ من أعمال أدامة الآبار وتشغيل المحطات. ولأن هذه المحطات تحتل مساحة من الأراضي فأنها غالباً ما تواجه اعتراضات شديدة بخصوص إنشاءها في مناطق تتسم بجمالها الطبيعي الأخاذ. ويعد تلوث الهواء أكبر المشكلات التي تنجم عن محطات توليد طاقة الحرارة الأرضية، ذلك لأن الغازات

من أبرز التأثيرات البيئية لمحطات طاقة الحرارة الباطنية.. هو انبعاث غازات ضارة

التي تتحرر في أثناء إنتاج الطاقة، كثنائي أكسيد الكربون ومركّبات الكبريت، ليس من السهل إعادة حقنها إلى باطن الأرض مجدداً، علماً أن هذه المحطات يتخلف عنها في العموم انبعاثات غازية أقل مما ينبعث من استخدام الوقود الاحفوري. ومن المشكلات البيئية الأخرى:

- الضوضاء
- طرح نفايات صلبة ومياه عادمة
- حدوث هزات أرضية محدودة النطاق
- حدوث هبوط أرضي.

الطاقة النووية

أصبح استخدام الطاقة النووية اليوم.. يمثل مجازفة بيئية

عندما تم توليد الطاقة بواسطة الانشطار النووي أول مرة للاستخدامات المدنية في الخمسينيات، كان السبب المعلن وقتئذ هو كون هذا النوع من الطاقة رخيص ونظيف وآمن. ثم جرى بعد ذلك تطوير عدد من برامج الأسلحة النووية في بعض البلدان لاستخدامها للأغراض العسكرية. وتبدلت صورة الطاقة النووية Nuclear energy منذ ذلك الحين تبدلاً كبيراً، وباتت اليوم واحدة من أكثر أشكال الطاقة إثارة للجدل والخلاف من وجهتي النظر الاقتصادية والبيئية. ولغاية نهاية العام 2005، انتشرت المفاعلات النووية سواء الداخلة في الخدمة أو قيد الإنشاء عبر أكثر من 30 بلداً، وأصبحت محطات الطاقة النووية تجهز حوالي 16٪ من أجمالي إنتاج الطاقة الكهربائية في العالم منذ العام 1990 (أنظر الشكل 2– 11). وتعد الطاقة النووية مصدراً غير متجدداً من مصادر الطاقة، ذلك لأن اليورانيوم Uranium وهو الوقود الرئيس المستخدم في

إنتاج الطاقة النووية، هو معدن قابل للنضوب. على أن مستقبل الطاقة النووية سيعتمد بشكل كبير على ما يصاحبها من مشكلات بيئية.

تستند هذه المشكلات إلى حقيقة أن المادة النووية هي مادة مشعة ومن ثم من الممكن أن تشكل خطورة عالية على الكائنات الحية، وأن بعض العناصر المشعة المستخدمة قد يدوم نشاطها الإشعاعي لفترات طويلة جداً تستغرق آلاف السنين، مما يحول دون إمكانية إعادة استخدام الأرض التي تلوثت بها. ويمكن لهذه المواد المشعة أن تتحرر إلى البيئة عبر دورة الوقود النووي، التي تبدأ من التعدين والتحويل وتحضير وقود المفاعل وتنتهي بطرح النفايات النووية ومعالجتها. وعلى الرغم من أن معظم النفايات النووية تكون ذات مستوى إشعاعي منخفض ويمكن التخلص منها، مثلما الحال مع الغبار الإشعاعي، فأن الوقود المستنفذ قد يحتوي على مستويات إشعاعية عالية لذا يجب خزنه في منشآت خاصة معدة لهذا الغرض. وإلى جانب الوقود المستنفذ، هناك الكثير من المعدات المستخدمة في محطات الطاقة النووية تصبح ملوثة بالإشعاع وتتحول إلى مواد مشعة بعد إغلاق المحطة.

تعد النفايات المشعة.. أعظم خطر ينتج من محطات توليد الطاقة النووية

من جهة أخرى، تستهلك محطات الطاقة النووية كميات كبيرة من المياه لأغراض التبريد وتوليد البخار، مما يؤثر في الأسماك وفي غيرها من أشكال الحياة المائية. كما يمكن أن تترسب المعادن الثقيلة والأملاح الموجودة في الماء على أنظمة المحطة النووية. وحين يتم طرح المياه من المحطة، فقد تسبب الملوثات الموجودة فيها تأثيراً سلبياً في نوعية المياه وفي الحياة المائية.

لقد ركزت أبحاث كثيرة على مخاطر ارتفاع معدلات الوفيات بالسرطان حول المحطات النووية العاملة. وبينما تشير تلك البحوث إلى عدم وجود علاقة

واضحة بخصوص الوفيات بين البالغين، فأن هناك علاقة أوضح بالنسبة للوفيات من الأطفال. فعلى سبيل المثال، ربما تعزى الأسباب الحقيقية وراء الارتفاع غير الطبيعي لمرض سرطان الدم (اللوكيميا Leukemia) بين الأطفال بجوار محطة سيلافيلد Sellafield في بريطانيا، إلى علاقتها بالانبعاثات النووية من تلك المحطة. ومع أن الأبحاث حول إثبات ارتفاع معدلات الإصابة بسرطان الدم وغيره من الأمراض السرطانية وعلاقتها بالمنشآت النووية مستمرة دون انقطاع، فأن القلق الأكبر يأتي من طرح النفايات النووية (الجدول 1 – 11)، ومن مخاطر الحوادث النووية الكبرى التي سبق الإشارة إليها في طيات هذا الكتاب.

الجدول (1 – 11): أصناف النفايات النووية بحسب مستويات خطورتها.

النفايات ذات المستوى الإشعاعي المنخفض
هي تلك النفايات السائلة والصلبة التي ينتج عنها تلوث قليل بفعل نويدات مشعة قصيرة الأمد (مثالها: الملابس الواقية التي يجري رميها من العاملين بالمجال الإشعاعي، مواد البناء الملوثة، مخلفات مناجم اليورانيوم..)
النفايات ذات المستوى الإشعاعي المتوسط
هي المواد الملوثة بنويدات إشعاعية طويلة الأمد كالبلوتونيوم والعناصر المتخلفة عن اليورانيوم، إذ ينشأ معظمها من عمليات إنتاج الطاقة وإعادة معاملتها (مثل: قضبان التحكم والسوائل المستعملة في خزن الوقود المستنفذ قبل المعالجة..)
النفايات ذات المستوى الإشعاعي العالي
هي تلك المواد الملوثة بنويدات ذات نشاط إشعاعي عالي لها أنصاف أعمار طويلة، تسبب ارتفاعاً كبيراً في درجة حرارة المخلفات (مثالها: الوقود المستنفذ غير المعالج، النفايات السائلة التي تنشأ خلال عملية معالجة الوقود المستنفذ)

الوقود الحيوي

تعد المواد النباتية، أو ما يسمى بالكتلة الأحيائية Biomass، شكلاً من أشكال الطاقة التي استخدمها الإنسان لأغراض التدفئة والإنارة وطهي الطعام منذ اكتشافه للنار. ولازال حطب الوقود في العديد من البلدان النامية يعد مصدر الطاقة الرئيس، إذ يقدر أن 2.5 مليار نسمة، أي ما يعادل حوالي نصف عدد سكان العالم، يعتمدون

بشكل رئيسي أو كلي على الوقود الحيوي في سد حاجتهم اليومية من الطاقة، ولذا فأنه يأتي بالترتيب الثاني بعد الوقود الاحفوري من حيث الاستخدام (أنظر الشكل 2 – 11). وعلى الرغم من أن جمع حطب الوقود في بعض أجزاء العالم النامي يجري بطريقة غير مستدامة ولها آثار بيئية شديدة، فأن الوقود الحيوي من الضخامة في كمياته بحيث يمكن عده وقوداً متجدداً من عدة نواحي.

يكون الوقود الحيوي Biofuel بأشكال شتى، فقد يكون وقوداً غير مُصنعاً (كالخشب والقش والروث والمواد النباتية والمخلفات الزراعية) وقد يكون مُصنعاً (ومثال ذلك الفحم الخشبي وغاز الميثان الناتج من معامل تصنيع الغاز الحيوي ومكبات النفايات، وكذلك بقايا عمليات التحطيب والنشارة والكحول الناتج من عملية التخمير). وقد اسُتخدمت المخلفات الصناعية والزراعية لسنوات عدة لتوليد البخار في محطات إنتاج الطاقة الكهربائية التقليدية. وفي بعض البلدان الإسكندنافية، حيث يسهم الوقود الحيوي بنسبة عالية نوعاً ما من استهلاك الطاقة الوطنية، تعد المخلفات الخشبية من معامل الورق أهم عنصر هناك. وحققت بعض البلدان، وبخاصة البرازيل، تقدماً ملحوظاً في استبدال البترول المستخدم في السيارات بوقود مستخلص من قصب السكر، كما يتم حجز الانبعاثات الغازية الناتجة من حرق النفايات البلدية في المحارق لاستخدامها في توليد الطاقة.

يمثل الوقود الحيوي حلاً واعداً لمشكلة الطاقة لكن استغلاله لا يخلو من صعوبات

على هذا، يُنظر إلى الوقود الحيوي كونه يعد حلاً مثالياً لقضية الطاقة. فطالما أن النباتات تمتص غاز ثنائي أكسيد الكربون عند مراحل نموها المختلفة، فأنها بذلك تخلصنا من هذا الغاز الضار الذي تطلقه السيارات وغيرها. كما إنها تعد مورداً متجدداً، ويمكن زراعته باستمرار لسد النقص في إمدادات الوقود. لكن للآسف الشديد، ليس الأمر بهذه البساطة.

فزراعة النباتات تتطلب صرف كميات هائلة من الطاقة بحد ذاتها، وذلك لغرض تصنيع الأسمدة والمبيدات التي يحتاجها النبات أثناء مراحل زراعته حتى يتحول إلى وقود. فمثلاً، قد يحتاج وقود الايثانول المستخلص من الذرة الصفراء إلى صرف طاقة أكبر من التي تستخدم لزراعة محصول الذرة لأغراض الطعام. كما أن الوقود الحيوي لا يؤمّن في الحقيقة قدراً كبيراً من الطاقة مثل التي يؤمّنها إنتاج الوقود الاحفوري، ولذا فقد لا يكون الوقود الحيوي بديلاً عن النفط مادامت الطاقة المنتجة عنه تتطلب صرف كميات كبيرة جداً من المحاصيل الزراعية.

ينطوي الوقود الحيوي على بعض الأضرار البيئية.. لكنها أقل من الوقود الاحفوري

يضاف الايثانول Ethanol إلى بنزين السيارات في الغالب، ومع أن هذا المزيج يحترق بشكل أنظف من البنزين النقي، فأنه يخلف كثيراً من الانبعاثات غازية والأبخرة من خزانات وقود السيارات ومن جهاز مقسم الوقود (الكاربريتر). وتسهم هذه الانبعاثات في مشكلات لطبقة الأوزون أو حدوث الضباب الدخاني. ولا يخلو استخدام وقود الايثانول من غاز ثنائي أكسيد الكربون أيضاً. أما الديزل الحيوي Biodiesel فأنه حينما يحترق لا يخلف سوى القليل من أكاسيد الكبريت والجسيمات الغبارية وأحادي أكسيد الكربون والهيدروكربونات قياساً بالديزل التقليدي المشتق من النفط. لكنه في المقابل يطرح كميات أكبر من أكسيد النتروجين بالمقارنة مع الديزل النفطي.

من ناحية أخرى، يسبب حرق الكتلة الاحيائية عموماً انبعاث غازات ضارة مثل ثنائي أكسيد الكربون والكبريت، وإن كان ما يتخلف عنها من تلوث أقل بكثير مما يتخلف عن الوقود الاحفوري. إذ أن حرق الخشب في المواقد أو الأفران قد يسبب تكوين ملوثات كأحادي أكسيد الكربون مثلاً. كما يمكن أن ينتج أيضاً عن حرق النفايات الصلبة والقمامة في مكبات الطمر الصحي انبعاثات غازية

خطيرة. فقد يترتب عن الرماد الناتج من عملية الحرق مشكلة بيئية، لكونه قد يحتوي على معادن سامة كالرصاص والكادميوم.

الوقود الاحفوري

يكون الوقود الاحفوري Fossil fuels على ثلاثة أنواع، هو: الفحم الحجري والنفط والغاز الطبيعي. ويقدر أن نسبة مساهمة هذه المصدر تبلغ في الوقت الحاضر نحو 86٪ من أجمالي الطاقة المنتجة في العالم، وهو يشكل بذلك أكبر مصدر لتجهيز الطاقة العالمية لحد الآن (أنظر الشكل 2 – 11).

يعد الوقود الاحفوري مورداً غير متجدد، ويتطلب إنتاجه القيام بعمليات تنقيب وتعدين واستخراج وحفر واسعة النطاق. كما يعد الوقود الاحفوري - سواء في مرحلة الإنتاج أو الاستهلاك - من أبرز المصادر الملوثة للبيئة في العالم على الإطلاق، إذ يتخلف عن حرقه إجمالاً حوالي 21.3 مليار طن من غاز ثنائي أكسيد الكربون في السنة، ولا يمكن للعلميات الطبيعية المختلفة ألا أن تمتص حوالي نصف هذه الكمية فقط، ولذا فأن صافي الزيادة لهذا الغاز الذي يتراكم في الغلاف الجوي يكون بمقدار 10.65 طن سنوياً. ومثلما عرفنا سابقاً، فأن لغاز ثنائي أكسيد الكربون عدة تأثيرات بيئية كونه يعد أحد غازات الدفيئة المسببة لظاهرة الاحتباس الحراري التي تؤدي إلى ارتفاع معدل درجات حرارة الأرض وما يترتب على ذلك من تداعيات سلبية على البيئة.

يعد الوقود الاحفوري المصدر الأكبر لتلوث البيئة العالمية

على هذا، يمكن بحث الأثار البيئية لكل شكل من أشكال الوقود الاحفوري على النحو الآتي:

1 – الفحم الحجري:

كان الفحم الحجري ولايزال..
من أكثر مصادر الطاقة تلويثاً للبيئة

يعد الفحم الحجري Coal من أبرز مصادر الطاقة منذ الثورة الصناعية وحتى اليوم، وأكثرها تلويثاً للبيئة. ويترافق الأثر البيئي للفحم مع عمليات تعدينه وتصنيعه واستخدامه. إذ يؤدي استخراج الفحم الحجري إلى تدمير شديد للبيئة وتلويثاً لنوعية الهواء والماء والتربة على حدّ سواء. فضلاً عن تسرب المياه الحمضية من المناجم إلى المياه الجوفية، فيما يفضي حرق الفحم إلى انبعاث مواد ضارة تحتوي على ثنائي أكسيد الكربون وأكاسيد الكبريت والزئبق والثوريوم والزرنيخ وغيرها من المعادن الثقيلة، ناهيك عن تطاير الرماد السام.

ثمة العديد من الأثار الصحية الخطيرة التي تنتج عن حرق الفحم. فبحسب تقارير منظمة الصحة العالمية WHO وبعض المنظمات البيئية، يقدر أن التلوث بجسيمات الفحم المتطايرة يعجل بحياة قرابة مليون إنسان سنوياً في سائر أنحاء العالم. كما ينجم عن عمليات تعدين الفحم عدة أثار بيئية سلبية تضر بالصحة البشرية، من بينها تدفق المياه الملوثة حين يتم حفر مناجم الفحم. ويؤدي تعدين الفحم أيضاً إلى تغيير الأشكال التضاريسية وربما إلى إزالة قمم جبلية أو تلال بأكملها.

تاريخياً، كان تعدين الفحم ولايزال يعد نشاطاً خطيراً للغاية حتى أن قائمة الحوادث والكوارث المتعلقة بذلك طويلة جداً. وتتنوع تلك الكوارث ما بين الاختناق والتسمم بالغاز وانهيار سقوف المناجم وانفجار الغازات. وفي الولايات المتحدة الأمريكية وحدها لقي أكثر من 100.000 عامل من عمال المناجم حتفهم جراء حوادث وقعت في القرن الماضي، منهم 3.200 عامل قتلوا في العام 1907 وحده.

2 – النفط:

بالرغم من أهمية النفط كمصدر للطاقة.. فأنه له أضرار خطيرة على البيئة

يعد النفط من أهم مصادر الطاقة في الوقت الحاضر على الإطلاق، غير أنه ذي أثر سلبي بالنسبة لمعظم أشكال الحياة فوق كوكب الأرض. وعلى الرغم من أن النفط يعد وقوداً أنظف من الفحم، فأنه يحفل بالعديد من الأضرار على البيئة.

من أبرز أضرار النفط المؤثرة في البيئة هو مفعوله "السمّي Toxic". فالنفط الخام Crude oil على وجه الخصوص يتكون من مزيج عدة مركّبات عضوية، أغلبها تكون شديد السمّية وسبباً لأمراض السرطان. كما يعد النفط قاتلاً حقيقياً بالنسبة للأسماك، التي سرعان ما تهلك بمجرد بلوغ تركيز النفط في المياه 4000 جزء بالمليون. ويسبب التعرض للمشتقات النفطية أيضاً تشوهات خلقية بالنسبة للأجنة. ويعد البنزين Benzene، على سبيل المثال، وهو أحد مشتقات النفط، سبباً لإصابة الإنسان بسرطان الدم وسرطان الغدد اللمفاوية وأمراض الجهاز المناعي الأخرى.

من جهة أخرى، تسبب عمليات تكرير النفط تلوثاً للهواء، فتحويل النفط الخام إلى مواد بتروكيماوية يطلق كميات من السموم للغلاف الجوي مؤثرةً في الصحة البشرية والنظام البيئي على نحو خطير. ويؤدي حرق الكازولين إلى تحرر ثنائي أكسيد الكربون مساهماً في حدوث ظاهرة الاحتباس الحراري. فضلاً عن أن الانسكابات النفطية الواسعة النطاق التي تحدث خلال عمليات الحفر أو النقل أو الاستخدام تسفر عن أضرار جسيمة في البيئة المحيطة. ومن أشهر حوادث الانسكابات النفطية التي أدت إلى أثار كارثية على البيئة، حادثة ناقلة النفط أكسون فالديز Exxon Valdez في آلاسكا عام 1989، وحادثة التسرب النفطي من منصة

ديبووتر هورزن Deepwater Horizon التابعة لشركة BP في خليج المكسيك عام 2010. هذا فضلاً عن تسرب المشتقات النفطية من السيارات والطائرات والزوارق وأعمال طرح المخلفات النفطية غير القانونية.

3- الغاز الطبيعي:

يعد الغاز الطبيعي Natural gas من أنظف أنواع الوقود الاحفوري. غير أنه لا يخلو من بعض الضرر البيئي. فالغاز الطبيعي عبارة عن مركّب مكون بالدرجة الأساس من الميثان، والذي يطلق عند احتراقه ثنائي أكسيد الكربون وبخار الماء، وهي نفس المركّبات التي نطلقها في عملية الزفير. وبالمقارنة مع الفحم والنفط، يطلق الغاز الطبيعي عند الاحتراق كميات صغيرة من ثنائي أكسيد الكبريت وأكاسيد النتروجين لذا يكون ذي رائحة كريهة في العادة. ولا يتخلف عن حرق الغاز الطبيعي عملياً أي رماد أو جسيمات عالقة، بالرغم من تحرر كميات ضئيلة من غازات أحادي وثنائي الكربون وغيرها من الهيدروكربونات. ومع هذا، حين يجري حرق الغاز الطبيعي على نطاق واسع لغرض عزله عن النفط الخام المستخرج، فمن الممكن أن يتسبب ذلك بمستويات تلويث شديدة للهواء الجوي، وربما المساهمة في تفاقم ظاهرة الاحتباس الحراري.

الغاز الطبيعي أنظف أنواع الوقود الإحفوري لكن حين يستغل بكثافة يسبب تلوثاً بيئياً

ونظراً لحاجة عملية استخراج الغاز الطبيعي من باطن الأرض إلى حقن مزيج من مواد كيماوية سائلة مع رمل ومياه إلى المكمن الصخري الحاوي على الغاز مع تسليط ضغط شديد، وذلك لإخراج الغازات المحتبسة في المكمن إلى السطح، فأن هذه المواد الكيماوية والرمل الذي يترك في المكمن تؤدي إلى تلويث المياه الجوفية وربما حتى إلى زعزعة استقرار الطبقات الصخرية الباطنية. لذا، يساور العلماء قلق

من حدوث هزات أرضية حالياً في منطقة الغرب الأوسط الأمريكي، على سبيل المثال، نتيجة لحقن مياه عادمة إلى مكامن الغاز الطبيعي الموجودة فيها، علماً أن المنطقة لم تكن تعاني في السابق من أي هزات أرضية.

أسئلة للمناقشة والمراجعة

1- ما الأساس العلمي لتصنيف مصادر الطاقة إلى موارد متجددة وأخرى غير متجددة؟ وما المعيار الرئيس في إنتاج الطاقة واستهلاكها حول العالم؟

2- لخّص، في صيغة نقاط، الأثار البيئية لكل من مصادر الطاقة المتجددة الآتية:

- الطاقة المائية.
- طاقة الرياح.
- الطاقة الشمسية.
- طاقة المد والجزر.
- طاقة الحرارة الباطنية.

3- على الرغم من تدابير السلامة والأمان الصارمة التي يتم اتخاذها في محطات توليد الطاقة النووية، فأن وقوع أي حادث طارئ فيها يسبب كارثة لا تحمد عقبها. ناقش هذه العبارة في ضوء الآتي:

- أصناف الإشعاعات والنفايات النووية.
- الأضرار الصحية للإشعاعات النووية.
- أمثلة عن بعض كوارث التلوث الإشعاعي في محطات الطاقة النووية.

4- يمثل إنتاج الوقود الحيوي مستقبلاً واعداً لحل مشكلة الطاقة، لكنه لا يخلو من بعضها الأضرار البيئية. لخصها في صيغة نقاط محددة.

5- تتباين مصادر الوقود الاحفوري الثلاثة في تأثيرها على البيئة. لخّص هذه التأثيرات تبعاً لكل مصدر منها.

6- صنّف مصادر الطاقة، في صيغة مجدولة، بحسب آثارها البيئية في ضوء الأسس الآتية:

- شدة وخطورة التأثير البيئي.
- أمد التأثير البيئي ومساحته.
- نوع البيئة المتضررة من كل مصدر من مصادر الطاقة.

❊ ❊ ❊

الفصل الثاني عشر

الكوارث الطبيعية

في الفصل الأخير من هذا الكتاب، سنعرض لموضوع الكوارث الطبيعية باعتبارها قضية بيئية عظمى عادةً ما ينتج عنها خسائر فادحة في الأرواح البشرية وفي الممتلكات المادية وتسبب تدميراً لمكونات البيئة التي نحيا فيها. وسيتم هنا تحديد مفهوم الكوارث الطبيعية وتصنيفها، ثم تقديم عرض وافٍ لنماذج من هذه الكوارث والمخاطر الحقيقية الناجمة عنها، معززاً بكثير من الأمثلة.

الكوارث الطبيعية وتصنيفها

تعد الكوارث الطبيعية.. خطراً فتاكاً يهدد الإنسان وبيئته من حين لآخر

تعد الكوارث الطبيعية Natural Disasters كالزلازل والفيضانات والأعاصير المدارية وتفشي الأوبئة الفتاكة مظاهر مألوفة من مظاهر البيئة الطبيعية. وهي تؤثر في سائر الكائنات الحية ولذا فعادةً ما يشار إليها على أنها كوارث لكونها تؤثر في المجتمع البشري وتسبب اضطراباً اجتماعياً وأضراراً مادية وخسائر في الأرواح. وعلى هذا، ينبغي دراسة الكوارث الطبيعية وتعريفها في ضوء العمليات الطبيعية التي تنطوي عليها وفي ضوء العوامل البشرية المسببة لتعريض مجموعة من الناس إلى مخاطر هذه الكوارث.

على الرغم من أن بعض الأماكن تعد أخطر من غيرها، فأن كل المواقع على سطح الأرض معرضة لخطر الكوارث الطبيعية في واقع الحال، فهنالك دائماً فرصة لحدوث كارثة من جراء خطر طبيعي ما. ومع أن لا يوجد هناك مكان يخلو من مزايا طبيعية معينة، فأن الذي يحدد وجود النشاطات البشرية من عدمها في هذا المكان أو

ذاك هو المقارنة ما بين خطورة ذلك المكان مع مزاياه. ففي كثير من المواقع، تتمتع الظاهرة الطبيعية المسؤولة عن كارثة ما بمخاطر ومنافع في آن واحد. فالنهر، على سبيل المثال، يتعرض إلى الفيضان مما قد يجعله خطراً، لكن يعد في الوقت نفسه مصدراً للمياه ويمثل سهله الفيضي مكاناً للترب الخصبة والانبساط. وعلى هذا، فإن الكارثة الطبيعية بقدر ما تحمل من مخاطر جمة، فأنها أيضاً قد تكون نافعة للنشاط البشري عبر أزمان مختلفة.

هذا ويمكن تصنيف الكوارث الطبيعية بحسب نوعها وتكرار حدوثها وأمد تأثيرها مثلما مبين في الجدول (1 – 12).

الجدول (1 – 12): تصنيف الكوارث الطبيعية تبعاً لنوعها وتكرار حدوثها وأمد تأثيرها.

الكارثة	تكرار حدوثها ونوعها	أمد تأثيرها
برق وصواعق	عشوائي	لحظة
انهيار جليدي	موسمي/ يومي وعشوائي	ثوان ـ دقائق
زلازل	شبه منتظم	ثوان ـ دقائق
زوبعة قمعية	موسمي	ثوان ـ ساعات
انهيار أرضي	موسمي/ غير منتظم	ثوان ـ عقود
عاصفة مطرية شديدة	موسمي/ يومي	دقائق
تسونامي	شبه منتظم	دقائق ـ ساعات
فيضان	موسمي/ شبه منتظم	دقائق ـ أيام
هبوط أرضي	مفاجئ أو تدريجي	دقائق ـ عقود
عاصفة هوجاء	موسمي/ تصاعدي	ساعات
إعصار مداري	موسمي/ غير منتظم	ساعات
عاصفة ثلجية	موسمي	ساعات
حريق طبيعي	موسمي/ عشوائي	ساعات ـ أيام
ضباب	موسمي/ يومي	ساعات ـ أيام
ثوران بركاني	غير منتظم	ساعات ـ سنوات
تعرية تربة	تدريجي	ساعات ـ آلاف السنيين
موجة جفاف	موسمي/ غير منتظم	أيام ـ سنوات
آفة زراعية	موسمي/ غير منتظم	أسابيع ـ شهور

نماذج من الكوارث الطبيعية

سنلقي فيما يلي نظرة عن كثب على بعض الأسباب الطبيعية الرئيسة المؤدية إلى حدوث الكوارث. ويستند الاختيار هنا إلى تحليل أسباب الوفيات من كافة أنواع الكوارث على مدى الفترة 1900 – 1999 الذي أعدته الدائرة الأمريكية للمساعدات بشأن الكوارث الخارجية. وعلى الرغم من أن الحروب الأهلية والمجاعات تعد من أبرز أسباب الوفيات، إذ تبلغ الوفيات الناجمة عنها نحو 88٪ من أجمالي الخسائر، فأن الحوادث الطبيعية كموجات الجفاف والفيضانات غالباً ما تعد سبباً لبداية وقوع المجاعات، ومع هذا تعد الزلازل والبراكين والأعاصير والأوبئة الفتاكة والفيضانات من أهم الأسباب المباشرة للوفيات (الشكل 1 – 12).

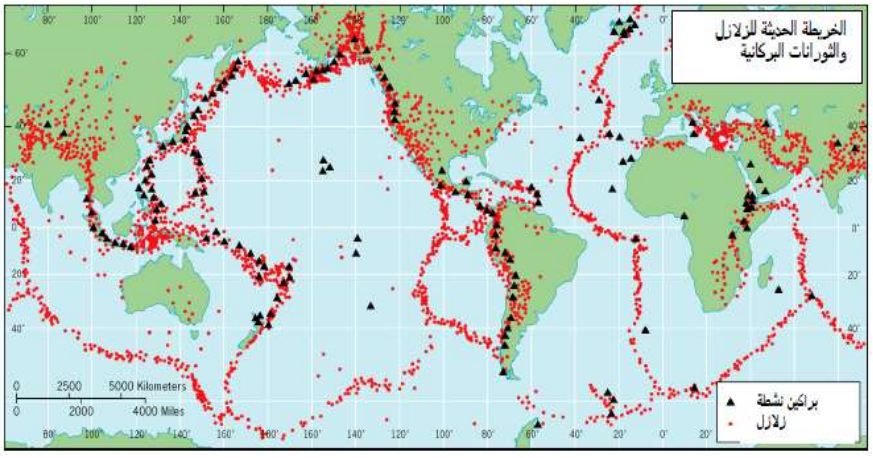
الشكل (1 – 12): درجة تضرر دول العالم من جراء الكوارث الطبيعية.

الزلازل

يُسجل فوق سطح الأرض في كل عام حوالي مليون هزة أرضية Earthquakes، لكن الغالبية العظمى منها تكون عبارة عن هزات صغيرة جداً بحيث لا يشعر بها الناس. لكن، لا يتسبب سوى عدد قليل جداً من الزلازل الكبرى التي تقع في كل

سنة بإحداث ضرراً واسعاً مسببةً بذلك بعضاً من أكثر الكوارث الطبيعية في العالم تدميراً. فالصين مثلاً عانت من بعض أسوء النكبات من جراء زلازل أرضية عنيفة: فقد أدى زلزال العام 1556 الذي ضرب شنيسي Shensi إلى مقتل ما يزيد عن 800.000 شخص، فيما أسفر زلزال تانغشن Tangshan في العام 1976 عن مقتل أكثر من 250.000 شخصاً.

تحدث معظم الزلازل نتيجة لضغوط تكتونية شديدة تتحرر على مقربة من حافات الصفائح الصخرية للأرض، مع أنها قد تحدث أيضاً في المناطق الضعيفة الواقعة في وسط تلك الصفائح. وعلى الرغم من معرفتنا الجيدة بمواقع حدود الصفائح ومعظم الصدوع المرتبطة بها (الشكل 2 – 12)، إلا أن التحديد الدقيق لوقت ومكان حدوث الهزات الفردية أمر غير ممكن التنبؤ به واقعاً على وجه الدقة. وقد كان استخدام مراقبة الموجات الزلزالية إلى جانب معاينة الظواهر الطبيعية، بما في ذلك تصرفات الحيوانات، يعد التكهن الناجح الوحيد بوقوع زلزال مدمر، كالذي ضرب مدينة هاتشنغ Haicheng الصينية في شباط 1976. إذ صدر الأمر بإخلاء هاتشنغ مع مدينتين أخريين قبل 48 ساعة من وقوع الزلزال، الأمر الذي حفظ أرواح الآلاف.



الشكل (2 – 12): التوزيع الجغرافي للنطاقات الزلزالية والبراكين النشطة في العالم.

إن أهم خطر بيئي ينشأ عن الحركات الأرضية الزلزالية هو اهتزاز الأرض، الذي يمكن قياسه على مقياس ريختر Richter scale، وهو عبارة عن مقياس لوغاريتمي يقيس الطاقة الاهتزازية للهزة. وفي نيسان من العام 1906، تسبب زلزال وقع على طول صدع سان أندرياس San Andreas بولاية كاليفورنيا الأمريكية، بانزلاق الصدع لستة أمتار على مسافة 300 كم، وتسببت الأمواج العابرة التي تحررت عن الانزلاق بدمار واسع لسان فرانسيسكو. وقد كان لظروف الموقع المحلية أثر مهم على الحركة الأرضية، إذ وقعت أكبر الأضرار للمنشآت في المناطق المرتكزة على ترب ضعيفة على نقيض تلك المرتكزة على صخور صلبة. أما الزلزال الذي ضرب الأجزاء الوسطى من العاصمة المكسيكية مكسيكو سيتي في العام 1985، فقد تسبب بخسائر فادحة، وذلك لأن المدينة كانت تقوم فوق قاع بحيرة جافة. وبالمثل، فقد تسبب زلزال متوسط بقوة 5.4 على مقياس ريختر ضرب مدينة سان سلفادور في العام 1986، بدمار واسع على نحو استثنائي، وذلك لأن المدينة مبنية فوق طبقة من الرماد البركاني يصل سمكها إلى ما يزيد عن 25 متراً.

تتكرر الزلازل في العاصمة المكسيكية.. لكونها تقع فوق قاع بحيرة جافة نشطة تكتونياً

ثمة خطر جدي أخر للزلازل يرتبط بالرواسب الطرية المشبعة بالماء، ذلك هو سيولة التربة. إذ يمكن للاهتزاز العنيف أن يؤدي إلى طراوة الرواسب وضعف تماسكها وتحولها إلى ما يشبه السائل. ويمكن لهذه الحالة أن تؤول إلى هبوط المباني وتدفق التربة من على السفوح التي تزيد درجة انحدارها عن 3 درجات. وغالباً ما تلعب التدفقات الطينية والانزلاقات الأرضية والانهيارات الصخرية والثلجية التي تنجم عن الاهتزازات الأرضية دوراً رئيساً في كوارث الزلازل، لاسيما في المناطق

الجبلية. وفي دراسة للزلازل الكبرى في اليابان، وجد أن الانزلاقات الأرضية هي السبب وراء وقوع أكثر من نصف الوفيات المرتبطة بالزلازل.

تسبب أمواج التسونامي الناجمة عن الزلازل البحرية.. دماراً هائلاً للمناطق الساحلية

تعد الزحزحة التكتونية لقاع البحر السبب الرئيس لحدوث الأمواج البحرية العملاقة، أو ما يسمى بأمواج التسونامي Tsunamis، التي يمكنها قطع مسافات تصل لآلاف الكيلو مترات وبسرعة تزيد عن 900 كم/ ساعة والتسبب بأضرار جسيمة عند ضربها للسواحل. ويكثر حدوث أمواج التسونامي في المحيط الهادي حيث تسببت أحدى أضخم الموجات وأكثرها تدميراً، بعدما بلغ ارتفاعها 24 متراً، بغرق 26000 شخصاً في سانريكو Sanriku باليابان في العام 1896. أما موجة التسونامي التي وقعت في المحيط الهندي في كانون الأول من العام 2004 فقد ألحقت خسائر أكبر في الأرواح، إذ يقدر عدد اللذين لقوا مصرعهم أو فقدوا بحوالي 300.000 شخصاً، مما يجعلها تعد واحدة من أكبر الكوارث الطبيعية دماراً في التاريخ الحديث. إذ وقع زلزال عنيف قبالة ساحل شمالي سومطرة يعد الأعنف لحد الآن بعدما بلغت قوته على مقياس ريختر 9.3، وتسبب بحدوث أمواج وصل ارتفاعها إلى 30 متراً انتشرت عبر أرجاء المحيط بسرعة تقارب سرعة الطائرة النفاثة. وبلغ عدد الذين تأثروا مباشرة بهذه الأمواج قرابة مليونين نسمة. وحدثت أكبر الفواجع وأعنف دمار وأوسعه في مقاطعة آشي Aceh بجزيرة سومطرة، إذ كان ساحلها الأقرب إلى مركز الزلزال، إذ لم يستغرق وصول موجة التسونامي إليه سوى عشر دقائق. أما ثاني أكثر المناطق تضرراً فكان ساحل تايلاند، يليه الهند وسيرلانكا، لكن تم تسجيل وقوع أضرار وخسائر في الأرواح في مناطق تقع على مسافات بعيدة جداً

عن مركز الزلزال كما في بنغلاديش وجزر سيشيل والصومال. وقدر مجموع الخسائر الاقتصادية التي نجمت عن هذه الكارثة الدولية بمليارات الدولارات.

الثورانات البركانية

لازالت البراكين تشكل كارثة مدمرة.. إذا ما ثارت وانفجرت

تسببت الثورانات البركانية Volcanic eruptions بمقتل زهاء 250.000 شخص على مدى الـ 400 سنة الأخيرة نتيجة للمخاطر الكثيرة التي ترافقها، مثل تساقط الصخور والرماد، وانبعاث الغازات السامة وانهيارات الحطام الصخري وانسياب الحمم البركانية والتدفقات الطينية والتدفقات الفلذبركانية Pyroclastic المكّونة من رغوة من المفتتات الصخرية والغازات. ويمكن أن تصل التأثيرات البيئية لهذه المظاهر إلى مسافات بعيدة جداً. وقد تسبب البراكين النشطة أيضاً بمخاطر طويلة الأمد على الصحة البشرية وذلك جراء التعرض المستمر لغازات ثنائي أكسيد الكربون والرادون وغيرهما من الملوثات. ويعتقد أن نحو 500 بركان فقط قد ثارت فعلياً عبر التاريخ، وبغض النظر عن تصنيفها كونها براكين نشطة أو خاملة أو منقرضة، فإنها تسبب في بعض الأحيان دماراً واسعاً (مثلما في بركان جبل بانتيبو Pinatubo في الفلبين عام 1991). وكما الحال مع الزلازل، فإن العامل المؤثر في توزيع البراكين ونشاطها هو الوضع التكتوني للأرض (أنظر الشكل 2 – 12).

يمكن للدقائق الصلبة التي يلفظها البركان في أثناء ثورانه، التي تدعى عموماً بالرماد البركاني، التسبب بأخطار شتى تبعد مئات الكيلو أمتار عن البركان. فالدقائق الصغيرة قد يتم استنشاقها، مما يسبب مشكلات تنفسية كالربو والتهاب الشعب الهوائية وتضرر العيون والجلد. وقد يتراكم الرماد البركاني أيضاً على المباني، مسبباً انهيارها جراء ثقله فوق السقوف. ويمكن أيضاً الإضرار بالغطاء النباتي،

كالمحاصيل الزراعية مثلاً، وذلك بفعل أطمارها أو تلوثها. وقد يكون الرماد البركاني ملوثاً بغازات سامة كالفلورين (F) الذي ينبعث بكميات كبيرة في بعض الثورانات، مما قد يشكل خطراً على الحيوانات التي ترعى في المراعي. ويعد التسمم بالفلوريد من المشكلات الخطيرة التي تعاني منها بشكل خاص الماشية في أيسلندا، حيث تسبب مثلاً بهلاكات لآلاف الأغنام في أعقاب ثوران بركان هيكلا 1970. كما أن مياه الشرب قد تصبح ملوثة بالفلورين من الرماد البركاني، علماً أن تسمم البشر بالفلورين يبدو أمراً نادراً.

يسبب الرماد البركاني نتائج كارثية على الصحة العامة

أما تدفق الحمم البركانية، التي تعد من أكثر المخاطر التي تتصف بها البراكين، فأنها نادراً ما تكون سريعة بما يكفي للتسبب بحدوث وفيات لكن بوسعها أن تسحق تماماً كل ما يعترض طريقها. وتتباين الاستجابات للتصدي لتدفق الحمم البركانية بين الدول. إذ تميل الدول النامية إلى الاعتماد على أسلوب التحذير من الخطر والإخلاء، فيما تحاول بعض الدول المتقدمة التخفيف من الخطر من خلال تعديل مسار الحمم المتدفقة بواسطة المتفجرات، ووضع الحواجز والمتاريس لحماية المناطق المأهولة بالسكان، وكذلك التحكم بالتدفق باستخدام المياه (مثلما معمول في هاواي، أيسلندا، إيطاليا، واليابان)، علماً أن هذه البلدان تلجأ أيضاً إلى أسلوب التحذير والإخلاء. ويقترح البعض أنه بات بالإمكان الآن تجنب حدوث "وفيات كثيرة" من خلال تطبيق طرائق التنبؤ البسيطة إلى حد ما، ذلك لأن نشاط معظم البراكين يقوم على حجم الثوران، والثوران هو الذي

تعد الحمم البركانية.. أكبر أخطار البراكين

يبني البركان، وبناء البركان يمكن كشفه، إذا ما توفرت مراقبة كافية باستخدام المقاييس الزلزالية وتحليل عينات الغازات. ومع هذا، تبقى هناك حقيقة وجود العديد من المنشآت البشرية في سائر العالم تقع في مرمى الكوارث البركانية المحتملة، مثلما في بعض المدن الكبرى الواقعة على مقربة من البراكين كمكسيكو سيتي (قرب بركان بوبوكاتبيتل Popocatepetl)، بانكوك (قرب بركان تانغبن براها Tangkuban Parahu)، نابولي (قرب بركان فسيفيوس Vesuvius)، ماناغوا (قرب بركان ماسايا نديري Masaya Nindiri)، إذ تقع جميعها على مسافة لا تزيد عن 50 كم من تلك البراكين. وقد يؤدي التوسع الحضري، لاسيما في البلدان النامية، إلى زيادة التعرض لمخاطر الثورانات البركانية المحيطة بالعديد من المدن الكبرى في العالم.

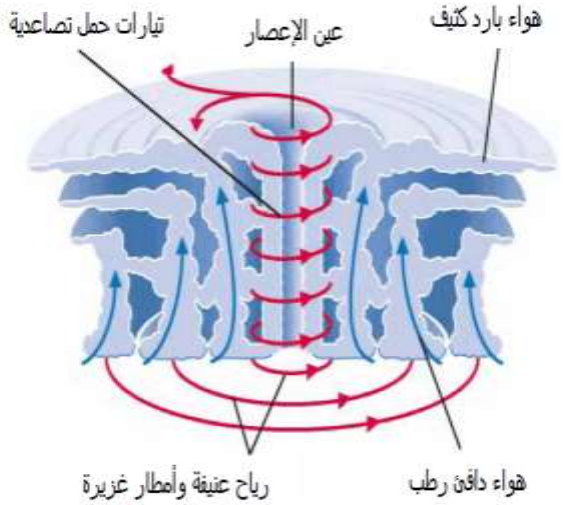
أما في العصر الحالي، فثمة فارق واضح بين التنبؤ الصائب وعملية الإخلاء الناجحة كما حصل بالنسبة للمنطقة المحيطة بجبل بانتيبو Pinatubo الواقع في جزيرة لازيو الفلبينية خلال العام 1991، وبين الفشل في عملية الإخلاء في الوقت المناسب الذي حدث خلال ثوران بركان نيفادو ديل ريوز Nevado del Ruiz في كولومبيا خلال العام 1985. إذ تم رصد حدوث اهتزازات وغيرها من الظواهر غير المألوفة في نشاط بركان نيفادو قبل نحو عام من ثورانه، واستدعي العديد من الجيولوجيين والمتخصصين في مجال علم الزلازل لتقييم الوضع، لكن ضعف التواصل والإجراءات الحكومية البيروقراطية حالت دون اتخاذ قرار الإخلاء في الوقت المناسب. وثار البركان في 13 تشرين الثاني، وأذاب جزءاً من الجليد المتجمع في قمة الجبل، واجتاح سيل جارف من المياه الذائبة والمفتتات الصخرية المتدفقة من القمة القنوات المائية الواقعة في الأسفل مقتلعاً الغطاء النباتي وتكونت على الفور سيول هادرة من الماء والوحل. وقد لقي زهاء 70٪ من سكان بلدة أرميرو Armero (أي حوالي 20.000 نسمة) حتفهم جراء التدفق الطيني فيما قُتل 1800 شخصاً على الجهة الأخرى من البركان. ولحق الدمار والأضرار بما مجموعه 50

مدرسة، 2 مستشفى، 58 معملاً صناعياً، فضلاً عن العديد من الطرقات والجسور وخطوط نقل الطاقة، وتعرضت 60٪ من مواشي المنطقة للهلاك. وقدرت الكلفة الإجمالية على الاقتصاد الكولومبي بنحو 7.7 مليار دولار أمريكي، أو 20٪ من الناتج القومي للبلاد في ذلك العام.

الأعاصير المدارية العملاقة

تعد الأعاصير المدارية.. من أكثر الأخطار الطبيعية تدميراً وتكراراً

تعد الأعاصير المدارية العملاقة، التي تدعى أيضاً بإسم Hurricanes في المحيط الأطلسي و Typhoons في غربي المحيط الهادي، من أكثر الأخطار الطبيعية تدميراً على الإطلاق. وهذه الأعاصير تنشأ فوق المحيطات المدارية الدافئة وتتشكل بموجب مجموعة من العمليات المعقدة حتى تنضج ومن ثم تتلاشى في نهاية المطاف. وتكون المياه البحرية الدافئة بمثابة الوقود الذي يغذي الماكينة الحرارية للإعصار، إذ لا يتشكل الإعصار إلا حينما تصل درجة حرارة الخمسين متراً العلوية من مياه سطح البحر إلى قرابة 26.5 ْم. وأن تتصف درجة حرارة الهواء الواقع في الأعلى بالانخفاض السريع مع الصعود إلى الأعلى، بحيث تتكون في بداية الأمر زوابع رعدية. ويساعد نشاط الزوبعة الرعدية الذي يتزود بالطاقة من حرارة مياه المحيط على تشكيل الإعصار المداري (الشكل 3 – 12). ولا يمكن لهذه الظروف إلا أن تحدث ضمن النطاق المحصور بـ 500 كم على كلا جانبي خط الاستواء. ويرجع السبب في ذلك إلى تأثير قوة دوران الأرض حول نفسها (قوة كوريولس) التي تضفي عاملاً مكملاً لتشكيل الإعصار المداري، وتنخفض حدة هذه القوة كلما ابتعدنا عن خط الاستواء.



الشكل 3 – 12: كيفية تشكل الإعصار المداري.

عادةً ما يسبب هيجان البحر الناجم عن الأعاصير المدارية.. دماراً فادحاً للسواحل

يحدث الدمار الذي تتسبب فيه الأعاصير المدارية نتيجة لتضافر مجموعة من العوامل كالرياح الشديدة التي تصل سرعتها إلى 33 م/ ثا، ويمكن أن تبلغ 80 م/ ثا، وهطول أمطار غزيرة بحيث قد تسبب حدوث فيضانات وانزلاقات أرضية وتدفقات طينية، وأمواج عاتية التي تسفر إلى جانب تضافر تأثير الرياح إلى هيجان البحر وارتفاع منسوب مياهه بحيث يتسبب بغرق السواحل وحدوث انهيارات أرضية. والواقع أن نحو 15٪ من سكان العالم هم في خطر حقيقي من الأعاصير المدارية، ذلك لأن معظم الوفيات التي تحدث جراء هبوبها إنما تكون نتيجة الغرق من أمواج البحرية الهائجة. ويوضح الجدول (2 – 12) الخسائر البشرية والكلف الاقتصادية للأضرار الناجمة عن الأعاصير المدارية لبعض أسوء الكوارث الإعصارية الحديثة خلال الفترة

1970 – 2006، فمثلاً تفوق الخسائر الاقتصادية الناجمة عن إعصاري كاترينا Katrina وأندرو Andrew أجمالي ما نجم عن اعتداءات 11 سبتمبر 2001.

الجدول (2 – 12): بعض الأعاصير المدارية الأكثر تدميراً للفترة 1970 – 2006.

التاريخ	أسم الإعصار	البلد	الضحايا (قتلى ومفقودين)	الخسائر المادية (مليارات الدولارات)
25 آب 2006	كاترينا	الولايات المتحدة، البهاما	1836	66.3
23 آب 1992	أندرو	الولايات المتحدة، البهاما	43	23
2 أيلول 2004	إيفان	الولايات المتحدة، الكاريبي	124	13.7
19تشرين أول 2005	ويلما	الولايات المتحدة، المكسيك	35	13
20 أيلول 2004	ريتا	الولايات المتحدة، الكاريبي	34	10.4
11 آب 2004	تشارلي	الولايات المتحدة، الكاريبي	24	8.6
27 أيلول 1991	ميرلي رقم 19	اليابان	51	8.4
15 أيلول 1989	هوغو	الولايات المتحدة، الكاريبي	71	7.4
26 آب 2004	فرانسس	الولايات المتحدة، البهاما	38	5.5
22 أيلول 1999	بارت رقم 18	اليابان	26	4.9
20 أيلول 1998	جورجس	الولايات المتحدة، الكاريبي	600	4.4
5 حزيران 2001	أليسون	الولايات المتحدة	41	4.1
13 أيلول 2004	جيان	الولايات المتحدة، الكاريبي	3034	4
6 أيلول 2004	سونكدا رقم 18	اليابان، كوريا الجنوبية	45	3.8
10 أيلول 1999	فلويد	الولايات المتحدة، البهاما	70	3.4
1 تشرين أول 1995	أوبال	الولايات المتحدة، المكسيك	59	3.3
18 أيلول 2003	إيزابيل	الولايات المتحدة، كندا	30	2.4
5 أيلول 1996	فرين	الولايات المتحدة	39	2.3
11 أيلول 1992	أنكي	الولايات المتحدة، ش الهادي	4	2.3
12 أيلول 1979	فريدريك	الولايات المتحدة	–	2.2
18 أيلول 1974	فيفي	هندوراس	2000	2

ونظراً لفشل محاولات السيطرة على الأعاصير المدارية أو تغيير مسارها أو تدميرها، فأن أهم ما تركز عليه المجتمعات هو محاولة تقليل الأضرار من خلال الاستعداد الكامل لمواجهة الإعصار. إذ تعد الأقمار الاصطناعية المختصة برصد المناخ من أهم الوسائل الكفيلة بالكشف عن الأعاصير المدارية ومراقبتها، وبذلك تكون وسيلة ناجعة للإنذار المبكر. وقد عملت التحسينات في مجال التنبؤ والإنذار وخطط الإخلاء على التقليل من حجم الخسائر البشرية في العديد من البلدان خلال العقود الأخيرة، في مقابل ارتفاع الأضرار في الممتلكات. ففي الولايات المتحدة الأمريكية، يقدر أن نحو 70 مليون نسمة هم عرضة لخطر الأعاصير المدارية، وأن قرابة 10٪ منهم يقطنون في فلوريدا. ولاحظ بعض المراقبين وجود فارق جوهري في التأثير ما بين البلدان المتقدمة والنامية، فالأولى أفضل تنظيماً وأقدر على إبلاغ التحذيرات وتسهيل الإخلاء.

تعد بنغلاديش.. أكثر البلدان المفجوعة من الأعاصير المدارية

إن من أكثر البلدان المتأثرة تأثراً شديداً وبشكل متكرر من الأعاصير المدارية هي بنغلاديش، التي ضربها خلال المدة الممتدة من 1797 إلى 1997 نحو 61 إعصاراً عنيفاً، 32 إعصاراً منها كان مصحوباً بأمواج بحرية عاتية. وكانت بعض هذه الأعاصير قد أوقعت خسائر فادحة. فمثلاً أسفر إعصار تشرين الأول من العام 1876، الذي نجمت عنه أمواج عاتية بارتفاع 12 متراً، عن خسائر في الأرواح وصلت إلى 400.000 قتيل، كما قُتل 300.000 أخرين في موجة بحرية عاتية بلغ ارتفاعها 10 أمتار في تشرين الثاني من العام 1970، فيما فقد 140.000 أرواحهم جراء إعصار جوركي Gorky في نيسان من العام 1991. إن ارتفاع الكثافة السكانية لبنغلاديش يعني أن الناجين سرعان ما يبادروا إلى إشغال الأراضي الساحلية المنخفضة بعد زوال الكارثة. ولهذا

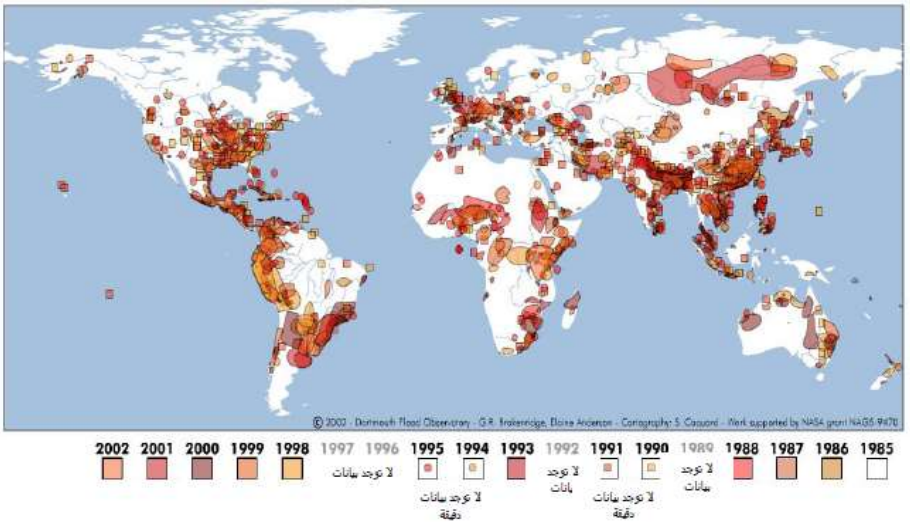
تبنت الحكومة البنغلادشية مشروع الحماية من الأعاصير الذي يهدف إلى إعادة تأهيل السدود الساحلية المبنية في الستينيات والسبعينيات، وذلك لتوفير قدر من الحماية لهذه المناطق. ومع هذا، فأن استئصال التهديد المتأتي من الأعاصير وما يصاحبها من أمواج عاتية يعد أمراً مستحيلاً في الحقيقة. وقد بُذلت جهود كبيرة في مجال تبليغ التحذيرات لمعظم سكان الأرياف حتى أنه تم بناء أكثر من 3400 ملجأ ومأوى لهذا الغرض. وصدرت أيضاً دعوات إلى إتباع وسائل حماية أكثر فعالية من خلال إعادة زراعة المناطق المهددة من غابة القرم (المانغروف) في سندربانس Sundarbans وفي أماكن أخرى على امتداد الساحل، وذلك لتأمين حماية طبيعية من الأمواج البحرية العاتية. غير أن فعالية هذه السبل على المدى البعيد ما زالت مثار شك، بسبب بعض التغيرات المتوقع حدوثها في المنطقة من جراء ظاهرة الاحتباس الحراري وارتفاع منسوب سطح البحر.

الفيضانات

تعد الفيضانات.. أكثر الكوارث الطبيعية شيوعاً

تعد الفيضانات Floods من أكثر مظاهر الكوارث الطبيعية شيوعاً ويمكن حدوثها في أي بلد (الشكل 4 – 12). والفيضانات عبارة عن غمر الأراضي اليابسة بالمياه، ويمكن تصنيفها إلى فيضانات ساحلية التي يكون معظمها مرتبطاً بهيجان أمواج البحر، وفيضانات نهرية. وعادةً ما تكون الظواهر الجوية السبب الرئيس لفيضان الأنهر. وفي الغالب تكون الأمطار الغزيرة هي المسؤولة عن ذلك، أما ذوبان الثلج والانسداد المؤقت لمجاري الأنهار بفعل الجليد الطافي فقد تكون من الأسباب المهمة للفيضانات على المستوى الفصلي. وتتأثر ارجحية هذه العوامل المؤدية إلى حدوث فيضان معين بالعديد من الخصائص المختلفة لحوض

النهر، كالطوبوغرافيا وكثافة التصريف النهري والغطاء النباتي والتأثير البشري المتمثل في تحوير استعمالات الأرض الحضرية بشكل خاص.



الشكل (4 – 12): خريطة الفيضانات العارمة حول العالم للمدة 1985 – 2002.

تعد تقنيات التنبؤ بالفيضانات متطورة جداً. فمعظم الفيضانات تحدث موسمياً وغالباً ما يتم التكهن بوقوعها من خلال مراقبة الأحوال الجوية، كما أصبح بالإمكان حساب الفترة التي يصل فيها جريان النهر إلى الذروة عند هطول الأمطار. وبات ممكناً أيضاً حساب فترات تكرار حدوث الفيضانات، وإن كان ذلك يتطلب بيانات ترجع لفترات بعيدة.

يعد نهر المسيسبي Mississippi في الولايات المتحدة الأمريكية من أكبر الأنهار في العالم والأكثر دقة في إدارتها. فعلى سبيل المثال، بوشر بجعل مسار النهر مستقيماً منذ الثلاثينيات من القرن الماضي وذلك لزيادة منحدر مجرى النهر ورفع سرعته بحيث تعمل مياهه على نحت المجرى وتعميقه باستمرار، ومن ثم زيادة قدرته الفيضانية. كما تم عمل منشآت هندسية على نطاق واسع عبر مجراه، إذ أن

أكثر من 4500 كم من المجرى المسيسبي تتخلله سدود أو كتوف مصممة لحصر مياه الفيضان.

بالرغم من الإدارة الدقيقة لنهر المسيسبي.. فأنه حين يفيض يسبب خسائر فادحة

على الرغم من المحاولات الكثيرة لدرء خطر الفيضان، فإن المسيسبي لا يزال يطفح من على كلتا ضفتيه وما لذلك من عواقب وخيمة. ويعد فيضان العام 1993 الذي حدث في الأقسام العليا من النهر من أخطر الأمثلة الحديثة على ذلك. فقد ساعد ارتفاع المحتوى الرطوبي للتربة نتيجة للأمطار الغزيرة التي هطلت في العام السابق للحادثة على حدوث جريان سطحي خلال الفترة ما بين نيسان وآب من العام 1993، وعندما ارتفعت كمية الأمطار فوق المعدل في الولايات الشمالية والوسطى فشلت الكتوف النهرية في أكثر من 1000 موقع وفاضت المياه في العديد من مجاري النهر مسجلة فيضاناً قياسياً. وغمرت مياه الفيضان مساحة قدرها 4 مليون هكتار، ودمرت أو تسببت بأضرار بالغة لما يزيد عن 40.000 مبنى، وقد ظلت المياه التي طفحت فوق الكتوف فترة طويلة ولم ترجع إلى قناة النهر حتى بعد زوال ذروة الفيضان. وبلغ مجموع خسائر شركات التأمين 755 مليون دولار، فيما قدر أجمالي تكلفة الخسائر المادية بنحو 12 مليار دولار. وقد لقي 45 شخصاً حتفهم. هذا ويمكن إرجاع سبب التغيرات التي اعترت تكرار حدوث فيضانات المسيسبي إلى تأثير ظاهرة الاحتباس الحراري، إذ لوحظ وجود علاقة قوية ما بين هذين المتغيرين بعد دراسة لسجلات رواسب فيضانات المسيسبي وروافده على مدى 7000 سنة. إذ كان حجم الفيضانات وتكرار حدوثها يتباين على نحو كبير كلما حدثت تغيرات في درجات الحرارة السنوية بمقدار 1 – 2 ْم وكلما اختلف معدل التساقط السنوي بنحو 10 – 20٪.

بالنظر لكثرة حدوث الفيضانات العارمة في منطقة دلتا بنغلاديش، فقد صير إلى مشروع يستهدف بناء سدود كبيرة على طول مجاري الأنهار الكبرى في تلك الدلتا. إذ أن حوالي 80٪ من أراضي البلاد عبارة عن سهل فيضي، وعرضة على حدّ سواء لفيضانات من الأعاصير ومن الأنهار الكبرى (الغانغ، براهمابوترا، وميغانا) التي تجري عبر البلاد. وكانت آخر فيضانات شهدتها تلك الأنهر قد حدثت في العامين 1987 و 1988، مما أدى إلى غرق 40٪ و 57٪ من أراضي البلاد خلال ذانيك العامين على التوالي. وقد وقعت مثل هذه الحوادث منذ ما يزيد عن 100 عام، وكان لما خلفته من تداعيات سبباً لاقتراح المشروع المشار إليه كجزء من خطة عمل شاملة لدرء الفيضانات برعاية البنك الدولي.

الأوبئة الفتاكة

تشكل الأوبئة الفتاكة.. خطراً دائماً على البلدان النامية بشكل خاص

تعد الأمراض الوبائية، التي بالإمكان الوقاية والشفاء من معظمها، من أهم الأسباب المؤدية إلى تفشي الأمراض والوفيات على مستوى العالم. إذ أنها تعد السبب لحوالي نصف الوفيات في البلدان النامية، حيث يكون الأطفال دون سن الخامسة من أبرز ضحاياها. أما في البلدان المتقدمة، فتكون أمراض الشيخوخة والأمراض الشائعة كأمراض القلب والسرطانات هي القاتل الرئيس وليس الأوبئة. وتأتي حقيقة معاناة أعداد كبيرة جداً من الناس في البلدان النامية من الأمراض الوبائية بشكل خاص، نتيجة لجملة من العوامل مثل سوء التغذية وعدم كفاية المياه الصالحة للشرب وانعدام الصرف الصحي وضعف الممارسات الصحية وظروف العيش المزدحم. والواقع يمكن عدّ تصاعد النمو الحضري الذي يبلغ أعلى

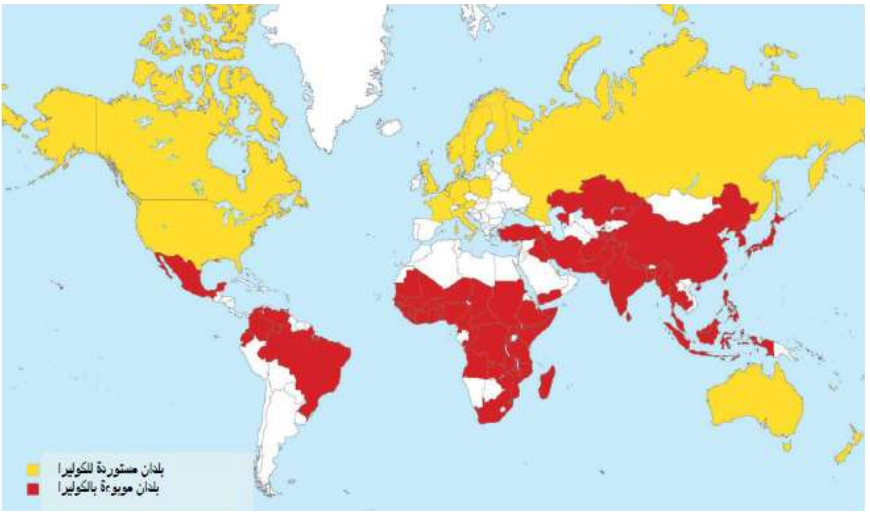
معدلاته في أكثر بلدان العالم فقراً، عاملاً رئيساً في زيادة تكرار العديد من هذه الأمراض.

هناك ما يعرف بالمرض المُعدي Infectious disease وهو ذلك المرض الذي ينتج عن تعرض المضيف إلى الغزو من قبل طفيليات أو مسببات مرضية أخرى، قد تكون بكتيريا أو فيروس أو دودة ما. ويقضي هذا المسبب المرضي قسطاً من دورة حياته في داخل المضيف وغالباً ما يكون المرض الذي ينشأ عن ذلك هو أحد نواتج تلك الفعاليات التي تجري في داخل جسم المضيف. وتحتاج الكثير من المسببات المرضية إلى ناقل، أو "شريك"، يساعدها على الانتشار من مضيف إلى أخر، وتقوم الحشرات بهذا الدور في العادة. وحين ينتشر المرض على نطاق واسع يصبح وباءاً فتاكاً أو جائحاً Epidemic. وعلى الرغم من كون أن أي مرض من الأمراض إنما يمثل خطراً طبيعياً على بني البشر أفراداً كانوا أم جماعات، فأن التركيز هنا سينصب على نوعين من الأمراض يرتبطان بالماء هما الكوليرا والملاريا.

الكوليرا

تسبب بكتريا الكوليرا وباءاً جائحاً.. من الممكن أن يفتك بملايين البشر

ينشأ مرض الكوليرا عن نوع من البكتريا يدعى ضمّيات الكوليرا Vibrio cholera (شبيهه الشكل بحرف S)، الذي بوسعه العيش خارج أمعاء الإنسان في أوساط كالوسط المائي والأطعمة الرطبة والبرازّ البشري والأيدي الوسخة، حيث تعد كلها وسطاً مناسباً لانتقالها. أصل المرض يعود إلى جنوب أسيا، وبالتحديد في دلتا نهري الغانغ والبراهمابوترا، ويبدو أنه ينتشر ويتقهقر جغرافياً في شكل حلقات. مع هذا، ومثلما يظهر في الشكل (5 – 12)، يبدو أن التوزيع الجغرافي للكوليرا يتمثل في بلدان معينة تكون موبوءة بالمرض، فيما تكون بلدان أخرى مستوردة له حين تنتقل العدوى إليها بطرق مختلفة.



الشكل (5 – 12): التوزيع الجغرافي العالمي لانتشار مرض الكوليرا بين البلدان الموبوءة والمستوردة.

تاريخياً، وصل وباء الكوليرا للمرة الأولى إلى أوربا في القرن التاسع عشر، مسبباً ست موجات وبائية رئيسة، والواقع أن المياه القذرة التي لعبت دوراً أساسياً في انتقاله كانت دافعاً قوياً وراء النهضة في مجال الصحة العامة التي شهدتها العديد من البلدان الأوربية في القرن التاسع عشر. وقد ساعدت هذه الإجراءات في القضاء تقريباً على مرض الكوليرا من معظم البلدان المتقدمة، غير أنه وقعت هناك موجة وبائية سابعة في مطلع الستينيات من القرن العشرين انتشرت من إندونيسيا ووصلت إلى أفريقيا وجنوبي أوربا في غضون عشر سنوات. وقد سبب انتشارها السريع في أفريقيا بوفيات كثيرة بعد مرور حوالي 75 سنة كان خلالها القلق حيال المرض قد خف نسبياً. ووصل الوباء إلى أمريكا الجنوبية مجتاحاً العاصمة البيرونية ليما Lima في كانون الثاني من العام 1991 حيث يعتقد أنه جلب من أسيا مع مياه التوازن لإحدى السفن. وقد يكون دفء المياه الساحلية بفعل ظاهرة النينو التي حدثت في ذلك الوقت، ساعد على نمو نوع من الهائمات النباتية تأوي بكتيريا الكوليرا. فتعرضت الأسماك والمحار إلى تلوث بكتيري، ثم جرى استهلاكها من

قبل السكان المحليين، ومما سهل من تفشي المرض هو دخوله إلى مياه الشرب التي تجهز بها العاصمة ليما عن طريق وحدات معالجة غير كفؤة. وما أن بلغ اليابسة في بيرو ، انتشر المرض عبر معظم أرجاء قارة أمريكا الجنوبية في غضون سنة واحدة، وأعُلن عن 1700 حالة إصابة يومياً خلال الأربعة أشهر الأولى. هذا وحصل آخر تفشي للوباء في بنغلاديش نهاية العام 1992، حيث شمل هذه المرة على سلالة من بكتيريا الكوليرا أحدث وأعتى تم تشخيصها للمرة الأولى في طحلب ساحلي، وقد أثارت مخاوف من أن تكون موجة وبائية ثامنة. وعلى الرغم من عدم إمكانية الحيلولة تماماً من ظهور سلالات جديدة من الكوليرا والانتشار الحلقي للمرض، فما من شك أن اتخاذ تدابير النظافة الأساسية وتوفير مياه الشرب الآمنة والتشجيع على تبني ظروف معيشة أقل ازدحاماً في البلدان النامية سيكون له أثر كبير في اتجاه الحد من انتشار هذا المرض الفتاك. فمثلاً، كان لانعدام هذه الشروط الأساسية أن جعل من الكوليرا قاتلاً مشهوراً في مخيمات اللاجئين في بعض المناطق المدارية.

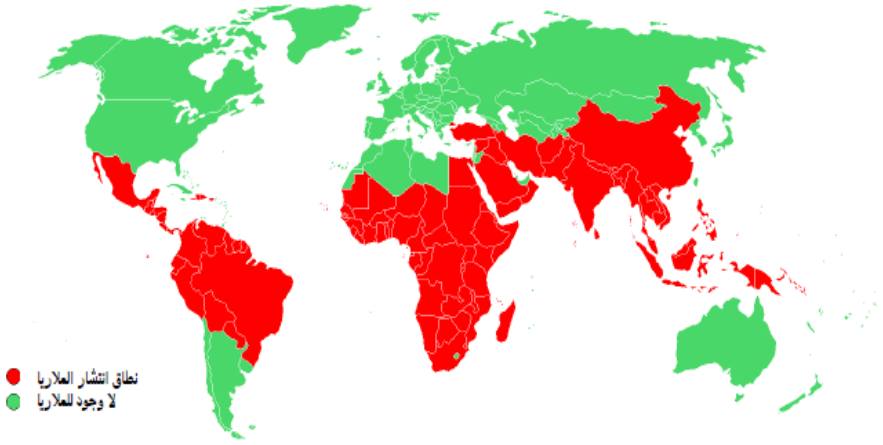
الملاريا

تنتقل الجرثومة المسببة لمرض الملاريا.. بواسطة أنثى بعوض الملاريا

مثلما في الكوليرا، تحتاج الملاريا Malaria أيضاً إلى وسط ناقل لانتقالها. ويحدث المرض نتيجة لطفيل وحيد الخلية يدعى بجرثومة الملاريا التي تنتقل من شخص إلى أخر من طريق لسعة أنثى بعوض الملاريا، التي تحتاج إلى الدم لحضن بيضها. ويحصل انتقال جرثومة الملاريا هذه طبيعياً ضمن حدود مناخية معينة: تلك هي خط درجة الحرارة المتساوي 15 ْم في شهر تموز وكانون الثاني الواقع تماماً مع أقصى دائرتي عرض 64 ْش و 32 ْج (الشكل 6 – 12). ولهذا يحدث مرض الملاريا في ظل الظروف الطبيعية عبر سائر بقاع اليابس

العالمي تقريباً. لكن، في الوقت الحاضر، تغير توزيعه الجغرافي تغيراً جذرياً بفضل النجاحات المهمة التي تحققت على صعيد مكافحة الملاريا.

لو عدنا إلى نحو 100 عاماً إلى الوراء، أو تحديداً إلى مطلع القرن العشرين، كانت المناطق المتأثرة بالملاريا تمتد بعيداً باتجاه الشمال عبر جنوبي كندا والنرويج والسويد وفنلندا وروسيا. وفي إنكلترا، كان المرض يعرف بإسم "قشعريرة المستنقعات" أو "حمى المستنقعات"، وكان يعد من الأسباب الشائعة للوفاة بين كثير من الناس القاطنين بالقرب من الأراضي الرطبة خلال القرن التاسع عشر. وقد ظل مرض الملاريا شائعاً في بعض أنحاء أوربا، كدلتا الراين والجهات المنخفضة من بلدان حوض البحر المتوسط لغاية انتهاء الحرب العالمية الثانية، إذ أعلنت أوربا الغربية خلوها تماماً من المرض في العام 1975.



الشكل (6 – 12): النطاق الجغرافي المفترض لانتشار مرض الملاريا في العالم.

لقد أسفرت جهود مكافحة الملاريا عن تحقيق نجاحات مهمة والقضاء على المرض في مناطق عديدة. فمع حلول العام 1900، كان هناك 140 بلداً يعاني من مرض الملاريا، لكن بحلول العام 2002 انخفض العدد إلى 88 بلداً. وفي ضوء نسبة سكان العالم المعرضين لخطر الإصابة بالملاريا، فأن هذا الانخفاض في عدد

الدول يعادل انخفاضاً في عدد الإصابات بين السكان من 77٪ في العام 1900 إلى 48٪ في العام 2002.

اعتمدت المحاولات الأولى لمكافحة الملاريا على الربط ما بين المرض والمياه الراكدة والمستنقعات، وقد تم إدراك ذلك من قبل الإغريق القدماء والرومان منذ العام 2600 قبل الميلاد. وقاد إدراك هذا الارتباط إلى القيام بتجفيف مناطق الأراضي الرطبة بهدف تحسين الأحوال الصحية للسكان القاطنين بقربها. وقد كان لهذه البرامج أيضاً فائدة إضافية في توفير مزيد من الأراضي للاستخدام الزراعي، ومن ثم رفع الإنتاج الزراعي.

على أن دور الناقل، أي البعوضة، التي تضع بيضها في المياه الراكدة، لم يتبين إلا في أواخر القرن التاسع عشر، الأمر الذي أتاح بذل مزيد من الجهود للمعالجة البيئية. وتحقق نجاح كبير في مجال مكافحة البعوض في منطقة قناة بنما Panama Canal خلال مطلع القرن العشرين. إذ كان السبب في فشل المحاولات الأولى لشق القناة من قبل الفرنسيين في أواخر القرن الثامن عشر يرجع إلى وفاة أعداد كبيرة من العمال من جراء الملاريا والحمى الصفراء، وهو مرض أخر يسببه البعوض. وعندما أُنجزت القناة أخيراً من قبل الأمريكيين في العام 1914، فأن الفضل في ذلك يعود في جزء منه إلى مكافحة هذه الأمراض بعد القضاء على البعوض. إذ تم تجفيف مناطق المستنقعات ورُشت كل المسطحات المائية الراكدة أو البطيئة الحركة المتبقية بمزيج من النفط والمبيدات الحشرية. وجُهزت بلدات مدينة بنما سيتي بشبكة من أنابيب المياه الجارية بدلاً من خزانات المياه المنزلية التي تعد مكاناً مفضلاً لتفقيس بيض البعوض، كما تم تعبيد الطرقات للقضاء على البرك الصغيرة.

شهد النصف الأول من القرن العشرين أمثلة مشابهة عديدة في مجال المعالجة البيئية في أنحاء أخرى من العالم، تقوم على تحسين وسائل التصريف والبنى التحتية، هدفها الحد من انتشار الملاريا. وقد طبق هذا النهج في الخمسينيات من

القرن الماضي بحملات منظمة باستخدام مبيد DDT وغيره من المبيدات الحشرية الفتاكة. ولأن مبيد DDT يقتل البعوض فقد اسُتخدم على نطاق واسع لإعاقة نقل المرض. وفي العام 1955، تبنت منظمة الصحة العالمية WHO حملة عالمية للقضاء على البعوض باستخدام وسائل المكافحة الكيماوية للبعوض من خلال رش مبيد DDT في البيوت. وقد ساعدت هذه الاستراتيجيات على القضاء على الملاريا من معظم المناطق المعتدلة ومن مناطق شبه مدارية عديدة، واختفى المرض تقريباً في أوربا وأمريكا الشمالية (بالرغم من أن ازدياد الأسفار الدولية في الوقت الحاضر إلى المناطق الاستوائية قد أدى إلى حالات إصابة بين صفوف بعض السكان المقيمين في مناطق العروض المعتدلة).

مع هذا، لازالت الملاريا وباءاً في معظم أرجاء العالم النامي، وبالرغم من المحاولات الكثيرة للقضاء عليها عالمياً منذ الخمسينيات، فقد وصل المرض إلى حد الوباء في عدد من البلدان التي تتصف بكثافاتها السكانية المرتفعة وبرداءة الصرف الصحي ووجود تدهور بيئي ونشوب حروب أهلية فيها. ومن الصعوبة بمكان إجراء تقييم دقيق لدور الملاريا في ذلك لأن أغلب الوفيات بسبب هذا المرض تحدث في البيوت، كما أن الصفات السريرية لتشخيص الملاريا تشابه كثيراً تلك التي تتصف بها العديد من الأمراض الوبائية الأخرى ولا يتوفر تشخيص دقيق لهذه الحالات إلا في عدد محدود فقط من المراكز الصحية. لكن، يعتقد أن الملاريا مسؤولة عما لا يقل عن مليون حالة وفاة سنوياً على نطاق العالم، معظمهم من الأطفال، وذلك من بين حوالي 500 مليون حالة سريرية. وتعد أفريقيا جنوب الصحراء أهم المناطق المتأثرة حيث أن ما لا يقل عن 90٪ من حالات الوفيات سببها الملاريا. وقد ساهمت مقاومة

لازالت الملاريا وباءاً.. يعذب
الكثير من سكان المناطق الفقيرة في العالم

المسبب المرضي للعقاقير ومقاومة البعوض للمبيدات الحشرية، فضلاً عن مستوى الخدمات الصحية المتخلف في العديد من المناطق، في زيادة مشكلة الملاريا في أفريقيا جنوب الصحراء على مر العقود الثلاثة المنصرمة. وقد أجريت في الولايات المتحدة الأمريكية الكثير من الأبحاث الخاصة بصنع عقاقير مضادة للملاريا في أثناء حرب فيتنام، لكن ومنذ ذلك الحين لم تُبذل جهود حثيثة لمكافحة المرض الذي لا يزال إلى اليوم يعذب سكان المناطق الفقيرة من العالم.

ثمة عامل أخر يؤثر في النمط الجغرافي للإصابة بالملاريا وهو ظاهرة الاحتباس الحراري العالمي. إذ يمكن أن يكون للتغيرات في درجات الحرارة وعدم ثباتها أثر مهم في توزيع الملاريا. وتشير نماذج التغيرات المناخية العالمية إلى أن المستوى الحالي لحالات الإصابة سنوياً قد يزداد بشكل ملحوظ بحلول العام 2100. وستحدث أكبر التغيرات في انتقال الملاريا في المناطق الموسمية والقريبة من هوامش مناطق تواجدها الحالية، كالمناطق الجبلية مثلاً (الشكل 7 – 12). وقد ثبت حدوث مثل هذا الامتداد في نطاق الملاريا في رواندا Rwanda إبان السنوات الأخيرة، حيث أدت الزيادة الملحوظة في درجات الحرارة منذ مطلع الستينيات

الشكل (7 – 12): تغير نمط انتشار مرض الملاريا بعد توسع مناطق تواجد البعوض الناقل للمرض صوب المناطق المرتفعة، بفعل تأثيرات الاحتباس الحراري.

والتي بلغت ذروتها في أواخر الثمانينات، إلى توطن الملاريا في مناطق نادراً ما كانت سابقاً تتواجد فيها أو كان يستحيل عيشها فيها على الإطلاق. إذ ارتفعت نسبة الإصابة بالمرض في المناطق المرتفعة بمقدار 500٪، ومرد معظم هذه الزيادة هو ارتفاع درجات الحرارة وزيادة الأمطار. وعلى هذا، يمكن أن تعزى الزيادات الأخيرة في معدل الإصابة بالملاريا في المناطق الجبلية لشرق أفريقيا إلى ظاهرة الاحتباس الحراري. أما في المناطق المنخفضة من شرق أفريقيا، فأن عوامل الزيادة في مقاومة المرض للعقاقير المضادة والهجرات السكانية والتردي في الخدمات الصحية وفي وسائل مكافحة البعوض، قد أسهمت جميعها في إحياء الملاريا من جديد هناك، إذ لم يُسجل في تلك المناطق أي دور يذكر للتغير المناخي بهذا الخصوص.

أسئلة للمناقشة والمراجعة

1- حددّ مفهوم الكوارث الطبيعية. ثمّ صنفها إلى فئات مستقلة في ضوء تكرار حدوثها تارةً، وفي ضوء أمد تأثيرها تارةً أخرى.

2- أين ينشط وقوع الزلازل بالتحديد؟ ولماذا تتسبب في العادة بخسائر مادية وبشرية جسيمة؟

3- ما سبب القلق من مخاطر وقوع زلازل مدمرة في المناطق المشبعة بالماء من جهة، وفي القيعان البحرية من جهة أخرى؟

4- تتجسد المخاطر الناجمة عن البراكين بعدد من النقاط. حددّها وبيّن أثرها في البشر والبيئة، معززاً إجابتك ببعض الأمثلة.

5- ما الدرس المستفاد من كارثة ثوران بركان نيفادو ديل ريوز في كولمبيا؟

6- كيف ينشأ الإعصار المداري؟ ولماذا يتسم بالعنف، ويتسبب بخسائر مادية وبشرية فادحة في العادة؟

7- متى تكون الفيضانات مدمرة؟ وما سبب إمكانية حدوثها حول العالم كله؟

8- لماذا تعد البلدان النامية والمناطق الفقيرة الضحية الأولى لانتشار الأوبئة الفتاكة في الغالب؟

9- ثمة وباءان جائحان فتكا بملايين البشر عبر التاريخ. أذكرهما، وتحدث عنهما في ضوء ما يلي: المسببات المرضية، التوزيع الجغرافي، عوامل التفشي، الضحايا، وسائل المكافحة.

10- من وجهة نظرك العلمية، لماذا تعد بنغلاديش بالخصوص من أكثر البلدان في العالم معاناةً من ويلات الكوارث الطبيعية؟

❋ ❋ ❋

المصادر والمراجع

Burton V. Barnes, Donald R. Zak, Shirley R. Denton and Stephen H. Spurr, *Forest Ecology*, 4th ed., Wiley, London, 1998.

Charles J. Krebs, *Ecology: The Experimental Analysis of Distribution and Abundance*, 6th ed., Benjamin Cummings, New York, 2008.

Charles L. Harper, *Environment and Society: Human Perspectives on Environmental Issues*, 5th ed., Pearson, Boston, 2011.

Clair L. Kucera, *The Challenge of Ecology*, 2nd ed, The C.V. Mosby Company, Saint Louis, 1978.

Colin R. Townsend, Michael Begon and John L. Harper, *Essentials of Ecology*, 3rd ed., Wiley-Blackwell, Massachusetts, 2008.

Daniel B. Botkin and Edward A. Keller, *Environmental Science: Earth as a Living Planet*, 8th ed., Wiley, London, 2010.

David D. Kemp, *Exploring Environmental Issues: An Integrated Approach*, Routledge, London, 2004.

David T. Krohne, *General Ecology*, 2nd ed., Cengage Learning, Belmont, 2000.

Donald K. Swearer, Daniel P. Schrag, Lawrence Buell and Michael D. Jackson, *Ecology and the Environment: Perspectives from the Humanities*, Center for the Study of World Religions, London, 2009.

Eugene P. Odum and Gary W. Barrett, *Fundamentals of Ecology*, 5th ed., Cengage Learning, Belmont, 2004.

Frances Harris, *Global Environmental Issues*, 2nd ed., Wiley-Blackwell, New York, 2012.

F. Stuart Chapin III, Pamela A. Matson, Peter Vitousek and M.C. Chapin, *Principles of Terrestrial Ecosystem Ecology*, 2nd ed., Springer, New York, 2011.

G. Tyler Miller and Scott Spoolman, *Essentials of Ecology*, 6th ed., Cengage Learning, Belmont, 2012.

Gerald G. Marten, *Human Ecology*, Routledge, New York, 2001.

Herbert C. Hanson, *Dictionary of Ecology*, Philosophic Library, Washington DC, 1962.

Hermann Remmert, *Ecology: A Textbook*, Springer, New York, 1980.

John B. Sowell, *Desert Ecology*, University of Utah Press, Utah, 2001.

James Brower, Jerrold Zar and Carl N. von Ende, *Field and Laboratory Methods for General Ecology*, 4th ed., McGraw-Hill, New York, 1997.

J. L. Chapman and M. J. Reiss, *Ecology: Principles and Applications*, 2nd ed., Cambridge University Press, Cambridge, 1998.

John B. Sowell, *Desert Ecology*, University of Utah Press, Utah, 2001.

John H. Postlethwait and Janet L. Hopson, *Modern Biology*, Holt, Rinehart and Winston, Orlando, 2006.

John Kricher, *Tropical Ecology*, Princeton University Press, New York, 2011.

Karrie Lynn Pennington and Thomas V. Cech, *Introduction to Water Resources and Environmental Issues*, Cambridge University Press, Cambridge, 2010.

Larry L. Barton and Diana E. Northup, *Microbial Ecology*, Wiley-Blackwell, Massachusetts, 2011.

Larry L. Rockwood, *Introduction to Population Ecology*, Wiley-Blackwell, Massachusetts, 2006.

Lewis A. Owen and Kevin T. Pickering, *An Introduction to Global Environmental Issues*, 2nd ed., Routledge, New York, 1997.

Manuel C. Molles, Jr. *Ecology: Concepts and Applications*, 3rd ed., McGraw Hill, New York, 2005.

Mark B. Bush, *Ecology of a Changing Planet*, 3rd ed., Benjamin Cummings, New York, 2002.

M. Begon, J. L. Harper and C. R. Townsend, *Ecology: Individuals, Populations and Communities*, 3rd ed., Wiley-Blackwell, Massachusetts, 1999.

Michael Allaby, *Basics of Environmental Science*, 2nd ed., Routledge, New York, 2000.

Michael Begon, Colin R. Townsend and John L. Harper, *Ecology: From Individuals to Ecosystems,* 4th ed., Wiley-Blackwell, Massachusetts, 2006.

Michael L. Cain, William D. Bowman and Sally D. Hacker, *Ecology*, 2nd ed., Sinauer Associates, New York, 2011.

Mick Crawley, *Plant Ecology*, 2nd ed., Wiley-Blackwell, Massachusetts, 1997.

Mike Dobson and Chris Frid, *Ecology of Aquatic Systems*, 2nd ed., Oxford University Press, New York, 2009.

N. S. Subrahmanyam and A. V. S. S. Sambamurty, *Ecology*, 2nd ed., Alpha Science Intl Ltd, London, 2006.

Nicholas J. Gotelli, *A Primer of Ecology*, 4th ed., Sinauer Associates, New York, 2008.

Nick Middleton, *The Global Casino: An Introduction to Environmental Issues*, 4th ed., Hodder Education, London, 2008.

Norman Myers and Scott Spoolman, *Environmental Issues and Solutions: A Modular Approach*, Cengage Learning, Belmont, 2013.

O. Kinne (ed.), *Excellence of Ecology*, Ecology Institute Press, Oldendorf, 1987.

P. W. Price, R. F. Denno, M. D. Eubanks and D. L. Finke, *Insect Ecology: Behavior, Populations and Communities*, Cambridge University Press, Cambridge, 2011.

Peter J. Morin, *Community Ecology*, 2nd ed., Wiley-Blackwell, Massachusetts, 2011.

Peter Stiling, *Ecology: Theories and Applications*, 4th ed., Prentice Hall, New York, 2001.

Peter Stiling, *Ecology: Global Insights and Investigations*, McGraw-Hill, New York, 2011.

R. S. K. Barnes and R. N. Hughes, *An Introduction to Marine Ecology*, 3rd ed., Wiley-Blackwell, Massachusetts, 1999.

Richard A. Matthew, *Global Environmental Change and Human Security*, The MIT Press, New York,2009.

Robert E. Ricklefs and Gary Miller, *Ecology*, 4th ed., W. H. Freeman, New York, 1999.

Robert L. McConnell and Daniel C. Abel , *Environmental Issues: Measuring, Analyzing, Evaluating*, 2nd ed., Prentice Hall, New York, 2001.

Robert L. McConnell and Daniel C. Abel, *Environmental Issues: An Introduction to Sustainability*, 3rd ed., Benjamin Cummings, New York, 2007.

Robert L. Smith and Thomas M. Smith, *Ecology and Field Biology*, 6th ed., Benjamin Cummings, New York, 2000.

Robert May and Angela McLean, *Theoretical Ecology: Principles and Applications*, 3rd ed., Oxford University Press, New York, 2007.

Slattery Michael, *Contemporary Environmental Issues*, 2nd ed., Kendall Hunt Publishing, New York, 2010.

Sandra Alters, *Biology: Understanding Life*, 3rd ed., Jones and Bartlett Publishers, Boston, 2000.

Simon A. Levin (ed.), *The Princeton Guide to Ecology*, Princeton University Press, New York, 2012.

Sven Erik Jorgensen, *Introduction to Systems Ecology*, CRC Press, New York, 2012.

Thomas M. Smith and Robert Leo Smith, *Elements of Ecology*, 8th ed., Benjamin Cummings, New York, 2012.

Trevor Beebee and Graham Rowe, *An Introduction to Molecular Ecology*, 2nd ed., Oxford University Press, New York, 2008.

William Cunningham and Mary Cunningham, *Principles of Environmental Science: Inquiry and Applications*, 4th ed., McGraw-Hill Science, New York, 2008.

William Cunningham and Mary Cunningham, *Environmental Science: A Global Concern*, 12th ed., McGraw-Hill Science, New York, 2011.

❋ ❋ ❋

View publication stats