الفصل العاشر
الظواهر البيئية وضررها على الأحياء

يبقى الإنسان سيد هذا الكوكب والملوث الأكبر على سطح الأرض وفي الفضاء والعامل الأهم في تخريب الطبيعة وعدم احترام قوانينها والإخلال بالتوازن البيئي .

وبصورة عامة يمكن تعريف تلوث البيئة بأنه : كل تغيُّر في مكونات البيئة وخصائصها مما يسبب خللاً في التوازن البيئي ويؤثر في سلامة الكائنات الحية .

يقول تعالى : ﴿ ظَهَرَ ٱلْفَسَادُ فِى ٱلْبَرِّ وَٱلْبَحْرِ بِمَا كَسَبَتْ أَيْدِى ٱلنَّاسِ لِيُذِيقَهُم بَعْضَ ٱلَّذِى عَمِلُوا۟ لَعَلَّهُمْ يَرْجِعُونَ ﴾ [الروم : ٤١] .

ولا يزال الإنسان يقوم باستثمار الخيرات البيولوجية التي تكونت منذ آلاف السنين (بترول ـ غابات) دون رادع أو تخطيط سليم مما سبَّب تشكُّلَ ظواهر بيئية ضارة بالأحياء كافة من إنسان وحيوان ونبات ، ومن الظواهر البيئية الأمطار الحامضية التي تسبب في تراجع الإنتاج النباتي وخاصة الغابات ، وظاهرة الاحتباس الحراري تسبب تبدلات في المناخ والأحياء ، أما ظاهرة الضباب الدخاني والكيماوي فتسبب أضراراً عديدة بصحة الإنسان وخاصة على العيون ، واضطرابات في الجهاز التنفسي . ومن أخطر هذه الظواهر البيئية ظاهرة تآكل طبقة الأوزون في الغلاف الجوي التي تسبب أضراراً لا تُحمد عقباها بوصول الأشعة فوق

البنفسجية ذات الأمواج القصيرة ، والتي تحدث أمراضاً مسرطِنة متنوعة للإنسان .

أهم الظواهر الناتجة عن تلوث الهواء :

١ـ ظاهرة الأمطار الحمضية (المياه الحمضية) Acid rains .

٢ـ ظاهرة الاحتباس الحراري .

٣ـ ظاهرة الضباب الدخاني smog .

٤ـ ظاهرة تآكل طبقة الأوزون O_3 .

١ـ ظاهرة الأمطار الحمضية (المياه الحمضية) :

وهي ناتجة عن انحلال الغازات المنطلقة من المصانع كغاز CO_2 ، Co ، SO_2 في بخار الماء العالق في الهواء .

وتعدُّ ظاهرة الأمطار الحمضية نتيجةً لتطور الصناعات الحديثة ، وخاصة في الدول الصناعية مثل أوروبا وأمريكا ، وتؤثر الأمطار الحمضية في التربة ، وتهدد التوازن الطبيعي في البيئة .

تنقل آثار الأمطار الحمضية من منطقة إلى أخرى ، أي : ليس بالضرورة أن تهطل الأمطار فوق نفس المنطقة التي تنطلق منها الغازات المشكلة لها ، بل قد تصيب الدول المجاورة والبعيدة عنها ، مثال : تهطل الأمطار الحمضية فوق السويد ، النرويج ، وسويسرا ، ومصدرها المناطق الصناعية في بريطانيا ، فرنسا ، ألمانيا ، وهولندا ، حيث تحملها الرياح إلى تلك البلاد .

خطر المياه الحمضية على النباتات :

تؤثر المياه الحمضية على التربة فتسبب زيادةً في حموضتها . مما يؤدي إلى انخفاض نشاط الكائنات الدقيقة كالجراثيم المثبتة للآزوت ، وبالتالي انخفاض في الإنتاج النباتي وخاصة الغابات .

وللأمطار الحمضية أثر سلبي في التربة الزراعية حيث تسبب هذه الأمطار في بيئة غير صالحة لزراعة بعض المحاصيل . كما تؤثر المياه الحمضية على النباتات وخاصةً الغابات ، مما يؤدي إلى تراجعها كما تؤثر المياه الحمضية على المباني الحجرية الكلسية والإسمنتية فتؤدي إلى تشققها وتخريبها .

يمكن تخفيض أخطار المياه الحمضية عن طريق تخفيض الغازات المنطلقة بالجو والمسببة للأمطار الحمضية ، مثال : تركيب مراشح للمداخن والمصانع .

٢ـ ظاهرة الاحتباس الحراري (ظاهرة الاحترار ، أو ظاهرة الدفيئة):

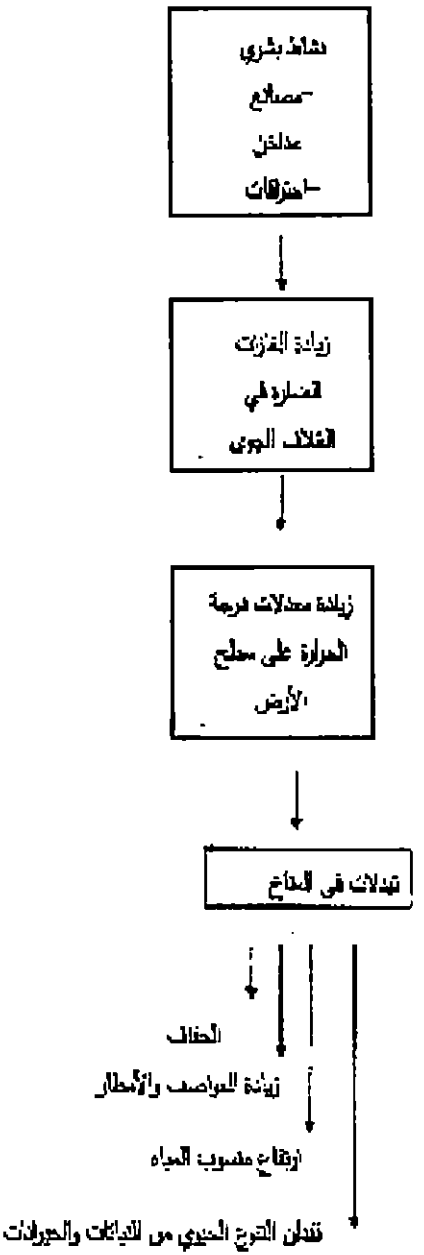
وهي ناتجة عن ارتفاع نسبة الملوثات الغازية المختلفة وأهمها غاز CO_2 وغاز الميتان ، وأكسيد الأوزون والكلور وفلور الكربون ، بالإضافة إلى بعض الغازات الأخرى وتكون النتيجة زيادة الطاقة بالقرب من سطح الكرة الأرضية ، فتزيد حرارة الجو الخارجي .

وتعمل الغازات والجزيئات الموجودة في الغلاف الجوي على امتصاص جزء من الأشعة التي تعكسها الأرض ، وتعيد جزءاً منها ، وبذلك تحتبس الحرارة بنفس مبدأ البيوت الزجاجية ، ولكي يتم التوازن الحراري على سطح الكرة الأرضية ، لا بد أن تتساوى كمية الحرارة التي

تمتصها الأرض من الأشعة الشمسية مع الحرارة التي تفقدها بالإشعاع الأرضي خلال نفس المدة .

إن الغازات في الغلاف الجوي وخاصة غاز CO_2 تسمح بمرور الإشعاعات ذات الموجات القصيرة القادمة من الشمس ، لكن الإشعاعات ذات الموجات الطويلة تعكسها الأرض إلى الفضاء الخارجي .

إن زيادة معدلات تلوث الهواء يؤدي إلى تزايد معدل حرارة الأرض ؛ وبالتالي ينتج عن ذلك تغيرات وتبدلات مناخية ضارة بالبيئة ، حيث يسود الجفاف في أقاليم واسعة من العالم ، في حين أن تزايد الأمطار في أقاليم أخرى قد تؤدي إلى نشوب العواصف وإذابة كمية كبيرة من الجليد في القطبين مما يؤدي إلى ارتفاع منسوب البحار والمحيطات من المياه . وما يشكله ذلك من تهديد لغمر الكثير من المدن ، والمناطق السياحية بالمياه ، وقد تؤدي التغيرات المناخية السريعة إلى انقراض أنواع من النباتات الطبيعية والحيوانات ، بسبب عدم قدرتها على التأقلم مع البيئة الجديدة (كارتفاع الحرارة مثلاً) . ويمكن تمثيل الأثر السلبي للاحتباس الحراري وزيادة معدل حرارة الأرض على المناخ والأحياء بالمخطط التالي :



مخطط يوضح التأثيرات السلبية للاحتباس الحراري
وزيادة معدل حرارة الأرض على المناخ والأحياء

٣ـ ظاهرة الضباب الدخاني smog :

يتشكل الضباب الدخاني نتيجة تلوث الهواء الناتج عن دخان المصانع إضافة إلى ما تنفثه وسائل النقل المختلفة ، ويتألف من غازات مختلفة أهمها ؛ أكاسيد الآزوت والفحوم الهيدروجينية مع الأشعة الشمسية ، ويظهر الضباب الدخاني جلياً في الصباح الباكر فوق المدن المزدحمة بالسكان والمصانع والسيارات . وهناك نوع آخر من الضباب يدعى بالضباب الكيماوي : وهو عبارة عن مجموعة من الملوثات مثل أكاسيد الآزوت والتي تتفاعل مع الأشعة UV وتشكل الأوزون ، بالتفاعل الكيموضوئي التالي :

$$NO_2 + \text{ضوء} \longrightarrow NO + O \quad (\text{أكسجين ذري})$$

$$O_2 + O \longrightarrow O_3 \quad (\text{الأوزون})$$

ثم يتفاعل الأوزون في الجو مع أول أكسيد الآزوت ويشكل ثاني أكسيد الآزوت :

$$O_3 + NO \longrightarrow NO_2 + O_2$$

يتركز الضباب الكيماوي في المدن ذات المناخ الحار والجاف والمشمس ، في وقت ما بعد الظهيرة ، ومن أشهر المدن التي تعاني من هذه المشكلة (لوس أنجلوس ، سيدني ، القاهرة ، وغيرها . . .) . إن الفحوم الهيدروجينية المنطلقة من عوادم السيارات تتفاعل مع أكسيد الآزوت NO وتوقف تحول الأوزون مما يؤدي إلى تراكم الأوزون في الجو . ويفرز الضباب الدخاني والكيماوي آثاراً سلبية على النباتات ، فيؤدي إلى تلف الأنسجة النباتية ، وإلى انخفاض معدل التركيب

الضوئي ، وزيادة معدل التنفس وتخريب الصانعات الخضراء ، بالإضافة إلى تأثيره الضار على صحة الإنسان ، وخاصة أثره على العيون ؛ إذ يؤدي إلى تهيجها ، كما يسبب اضطرابات في الجهاز التنفسي .

٤ـ ظاهرة تآكل طبقة الأوزون o_3 Ozone :

يتركز غاز الأوزون في طبقات الجو على ارتفاع ١٥ـ٣٥ كم فوق سطح الأرض ، ما بين طبقة تربوسفيرا وستراتوسفيرا ، وتشمل طبقة البيوسفيرا الوسط البيولوجي بأجزائه الهوائية والمائية والتربة ، وهذا الجزء من الغلاف الجوي يعاني من التلوث الشديد في الوقت الحاضر .

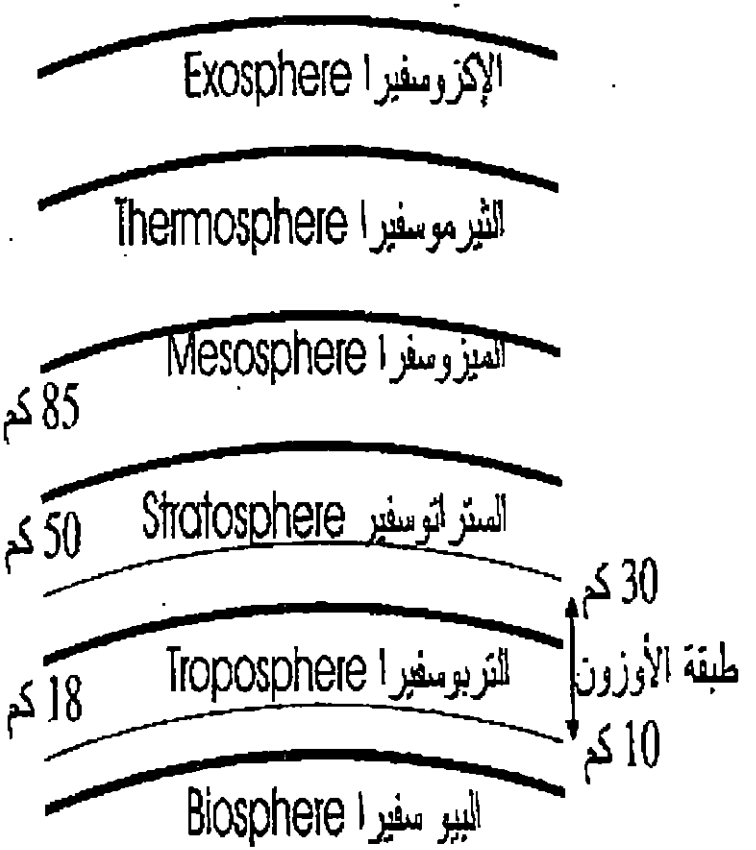
الغلاف الجوي Atmosphere :

Biosphere : **الغلاف** الحيوي ويشمل الوسط البيولوجي من أجزائه الهوائية والمائية والتربة .

Troposphere : ويشمل الجزء السفلي من الأتموسفيرا ١٠ـ ١٨ كم فوق سطح الأرض .

Stratosphere : من ١٨ـ٣٠ كم فوق سطح الأرض وتحتوي طبقة الستراتوسفيرا على أكثر من ٦٠٪ من كمية الأوزون الجوي .

Mesosphere : من ٣٠ـ١٠٠ كم فوق سطح الأرض تتناقص درجة الحرارة فيها حتى تصل إلى ناقص عشرة درجة مئوية (ـ١٠م) .



مخطط يوضح طبقات الغلاف الجوي ومكان طبقة الأوزون في الجو

وقد أطلق على طبقة الجو التي يكون فيها تركيز الأوزون مرتفعاً اسم أوزوسفيرا .

إن كمية الأوزون في الجو تؤدي دوراً مهماً في امتصاص الأشعة فوق البنفسجية ذات الأمواج القصيرة الضارة على الأحياء جميعها (إنسان ، حيوان ، نبات) والتي لو وصلت إلى سطح الأرض لقضت على الحياة فيها .

إن كمية الأوزون التي تصل إلى سطح الأرض قليلة نتيجة امتصاص النباتات لها ولا تشكل أكثر من ١٪ من الطاقة الشمسية ، وقد سبب غاز الأوزون موت كثير من أشجار الغابات في أوروبا ، كما أن للأوزون آثاراً ضارة على الإنسان ؛ فهو يؤثر علة الجهاز التنفسي ويسبب السعال والتهيج وتخريش للعيون ، وتقلص العضلات الصدرية ، كما يؤثر سلباً على النباتات فيؤدي إلى تغير نفوذية الأغشية الخلوية ، ويعرقل نشاط الأنزيمات ويخرب الشبكة الإندوبلاسمية الداخلية ، ويقلل من معدل التركيب الضوئي .

ويعود سبب تآكل (نقص الأوزون) في الجو إلى زيادة مادة فلورو كلور الكربون والمعروفة باسم الفريون ، ويزداد استخدام مركبات الكلور والفلور في صناعة الدهانات وغازات البرادات وأجهزة التبريد المختلفة .

ومن الملوثات الأخرى التي تتلف الأوزون التفجيرات النووية والطائرات النفاثة التي تطلق في الجو وعلى ارتفاع ٣٠ـ١٠ كم كميات كبيرة من NO أول أكسيد الآزوت الذي يتفاعل مع الأوزون ويتحول إلى O_2 أوكسجين .

$$NO + O_3 \longrightarrow NO_2 + O_2$$

$$NO + O \longrightarrow NO + O_2$$

$$O + O_3 \longrightarrow NO + 2O_2$$

كما أن مركبات الفلوركلور الكربون المتعددة مثل : $CFCL_3$ و$CFCL_2$ ، تكون خاملة في طبقات الهواء السفلي ، ولكن عندما ترتفع إلى الأعلى تتفكك بواسطة الأشعة فوق البنفسجية ، وتعطي الكلور النشيط والذي يتفاعل بدوره مع الأوزون ليشكل الأوكسجين :

$$CFCL_2 - CFCL_3 + \text{ضوء} \longrightarrow CF + CL$$

$$CL + O_3 \longrightarrow CL + O_2$$

وهكذا نجد أن الكلور وأول أكسيد الآزوت إذا وصلا إلى طبقة الأوزون وتفاعلا معه لحوّلاه إلى أكسجين ، وبالتالي إلى نقصان كمية O_3 .

ومن أهم الأضرار التي تحصل جراء تآكل طبقة الأوزون ، ومن ثم وصول الأشعة UV الضارة إلى سطح الأرض هي :

١ـ زيادة حرارة الأرض ؛ لأن O_3 يسهم في امتصاص الأشعة الشمسية الساقطة .

٢ـ زيادة تلوث الهواء ، في أجواء المدن ؛ لأن الأشعة فوق البنفسجية تساعد على إحداث الضباب الدخاني والكيماوي .

٣ـ تآكل طبقة o_3 في طبقات الجو ، ويسهم في تغيرات خطيرة في المناخ من رياح وأمطار وغيرها .

٤ـ تآكل الأوزون O_3 يساعد على وصول الأشعة فوق البنفسجية ذات الأمواج القصيرة الضارة ٢٨٦ ميلي ميكرون ، والتي تسهم في تخريب الخلايا في النباتات والحيوانات .

٥ـ إن وصول الأشعة فوق البنفسجية القصيرة تقلّل من عملية التركيب الضوئي في أوراق النباتات ؛ مما يسبب تناقص إنتاج المحاصيل الزراعية الأساسية .

٦ـ أثر الأشعة فوق البنفسجية في نقصان التركيب الضوئي في الطحالب والنباتات البحرية ؛ مما يسبب نقصان الإنتاج الغذائي للبحار .

٧ـ تسبب الأشعة فوق البنفسجية ذات الأمواج القصيرة حدوث سرطان الجلد والذي يؤدي إلى موت الخلايا الحية أو تحولها إلى خلايا سرطانية نتيجة تخريب DNA وتحدث طفرات .

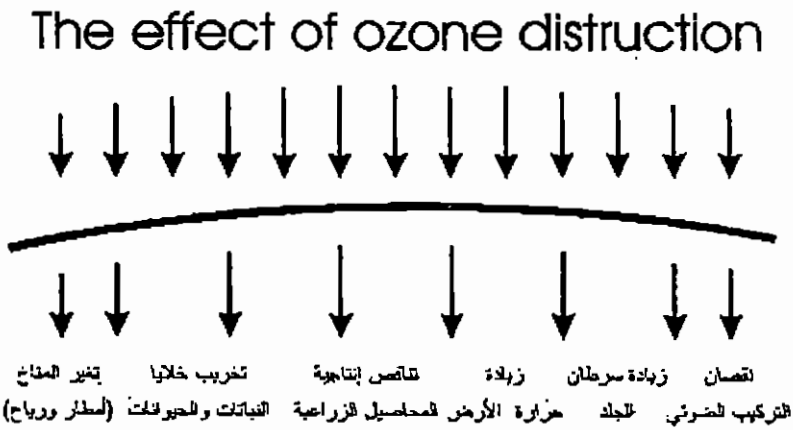
٨ـ إضعاف نظام المناعة عند الإنسان ، فالأشعة UV القصيرة تقلل من القدرة الدفاعية للأمراض المعدية والأورام .

٩ـ تسبب الأشعة UV أضراراً في العين ، وإصابة عدسة العين بالعتمة ثم العمى .

١٠ـ أثر الأشعة UV الضارة بالأحياء ، ترهل البشرة وتجعدها .

والمخطط التالي يوضح الآثار السلبية الناجمة عن تآكل طبقة الأوزون في الجو ووصول الأشعة فوق البنفسجية الضارة .

تأثير نقصان نسبة الأوزون في الجو يؤدي إلى زيادة نسبة الأشعة فوق البنفسجية الضارة .



وهكذا نجد مدى الأضرار الجسمية التي تصيب الكائنات الحية ومناخ الكرة الأرضية نتيجة تآكل الأوزون . إن حماية طبقة الأوزون مسؤولية دولية تقع على عاتق الدول الصناعية ، ويجب احترام الاتفاقيات المعقودة بشأن حماية البيئة وسلامتها ، وتخفيض كمية المواد المنبعثة إلى الجو والتي تسبب تآكل طبقة الأوزون .

غاز الأوزون O_3 :

يوجد غاز الأوزون في طبقات الجو اعتباراً من ٣٠ـ١٠ كم فوق سطح الأرض . كمية الأوزون في الجو تلعب دوراً هاماً في امتصاص الأشعة فوق البنفسجية القصيرة (ذات أطوال موجات بين ٢ـ٢٨٦ ميلي ميكرون) الضارة على كافة الأحياء من إنسان وحيوان ونبات . وإن كمية الأوزون التي تصل إلى سطح الأرض تمتصها النباتات ، ولا تشكل أكثر من ١٪ من الطاقة الشمسية . ولقد سبّب غاز الأوزون موت كثير من أشجار الغابات في أوروبا ، وإن تغير نسبة الأوزون في طبقات الجو يعود إلى تغيرات في عوامل المناخ من حرارة وأمطار ورياح وغيرها .

تأثير غاز الأوزون O_3 :

للأوزون إذا وجد بكميات كبيرة آثاراً ضارة على الإنسان فهو يؤثر في الجهاز التنفسي ويسبب السعال والتهيج والتخريش للعيون والحلق وتقلص في العضلات الصدرية .

كما يؤثر غاز الأوزون سلباً على النباتات فيؤدي إلى تغيُّر نفوذية الأغشية الخلوية ويعرقل نشاط الأنزيمات ويخرّب الشبكة الإندوبلاسمية الداخلية ويقلل من معدل التركيب الضوئي .

وهكذا نجد مدى الأضرار الجسيمة التي تصيب الكائنات الحية ومناخ

الكرة الأرضية نتيجة تآكل الأوزون . إن حماية طبقة الأوزون مسؤولية دولية تقع على عاتق الدول الصناعية ، ويجب احترام الاتفاقيات المعقودة بشأن حماية البيئة وسلامتها ، وتخفيض كمية المواد المنبعثة إلى الجو والتي تسبب تآكل طبقة الأوزون .