المنـــاخ والإحـتبـــاس الحـراري
مشكلة العصر

د / يعقوب أحمد الشرح

سنة الطبع ٢٠١١

الطبـــعة الأولـى ٢٠١١

صندوق بريـد : ٥٢٢٥ الصفـاة : ١٣٠٥٣

الكـويـــت

هاتف منـزل المؤلف : ٢٠٣٨١٧٠٤

البريد الالكتروني : yaqub44@hotmail.com

بسم الله الرحمن الرحيم

المحتويـــات

المؤلف :..... ث
المقدمة :..... حـ
التمهيد :..... د

الفصل الأول :..... ١
- الشمس ٣
- الأرض ١٠
- التأثيرات المتبادلة ١٨

الفصل الثاني : النشاط البشري وغازات الدفيئة ٢٧
- الاحتباس الحراري ٢٩
- غاز ثاني أكسيد الكربون (CO_2) ٣٢
- غاز الميثان (CH_4) ٥٢
- غاز الأوزون (O_3) ٥٤
- مادة الكلوروفلوروكربون (CFC_s) ٦٠
- غاز ثاني أكسيد النيتروجين (NO_2) ٦٣
- غاز أول أكسيد الكربون (CO) ٦٧
- بخار الماء (H_2O) ٧١

الفصل الثالث : تأثيرات ارتفاع حرارة الأرض..... ٧٥
- ارتفاع سطح البحر..... ٨٢
- الإعصار ٧٩
- سلوك الأحياء المائية ٨٤
- التداعيات الصحية ٨٩

الفصل الرابع : المنظمات الدولية والتغيرات المناخية ٩١
- برنامج الأمم المتحدة للبيئة (UNEP) ٩٣
- برنامج الأمم المتحدة للتنمية (UNDP) ٩٥
- الهيئة الحكومية الدولية للتغيرات المناخية (IPCC) ٩٧
- المنظمة العالمية للأرصاد الجوية (WMO) ١٠٢

الفصل الخامس: الواقع المناخي في الكويت ١٠٥
- الملوثات الغازية ١٠٧
- التأثيرات الصحية المحلية ١١٤
- المنظور الاقتصادي البيئي ١١٦

الفصل السادس: الأخلاقيات المناخية ١٢١
- المفهوم والمعنى ١٢٣
- التربية البيئية ١٢٧

الختام : ١٣٠

الملاحق : ١٣٤
١. فهرس الأشكال ١٣٥
٢. فهرس الجداول ١٣٧
٣. المراجع العربية ١٣٨
٤. المراجع الأجنبية ١٣٩
٥. مسرد المصطلحات الواردة في الكتاب ١٤٠

المـؤلـــــف

الدكتور/ يعقوب أحمد حسن الشرّاح.

المؤهلات والتدرّج الوظيفي :

- حاصل على ليسانس العلوم (أحياء ـ علوم) من أمريكا عام (١٩٦٩).
- حاصل على دبلوم عام التربية (دراسات عليا) من جامعة لندن - بريطانيا، عام (١٩٧٥).
- حاصل على دبلوم خاص التربية (دراسات عليا) من جامعة لندن- بريطانيا، عام (١٩٧٦).
- حاصل على ماجستير التربية (مناهج وطرق تدريس العلوم) من جامعة ليدز - بريطانيا عام (١٩٧٧).
- حاصل على الدكتوراه في التربية البيئية من جامعة عين شمس، جمهورية مصر العربية عام (١٩٨٤).
- مدير إدارة المناهج والكتب المدرسية - وزارة التربية، عام (١٩٧٩).
- وكيل وزارة التربية المساعد للتخطيط والشؤون الثقافية، عام (١٩٨٠-١٩٩٢).
- الأمين العام المساعد لمركز تعريب العلوم الصحية (أكملز)، مجلس وزراء الصحة العرب - جامعة الدول العربية منذ عام (١٩٩٤) وحتى تاريخه.

التأليف والتدريس :

١- كتاب ((التربية البيئية)) إنتاج مؤسسة الكويت للتقدم العلمي، (١٩٨٦).

٢- كتاب استمرار الحياة وعلاقة الأحياء «للمرحلة الثانوية» (١٩٨٢).

٣- كتاب ((العلوم)) للصف الرابع المتوسط، (١٩٨٢) .

٤- كتاب ((الأيض والاتزان)) لثانوية المقررات، (١٩٨٥) .

٥- كتاب ((استثمار البيئة)) للمرحلة الثانوية / القسم الأدبي، (١٩٨٥).

٦- كتاب ((ثقافة بيئية)) للمرحلة الثانوية / القسم الأدبي (١٩٨٧).

٧- كتاب ((تعليم الكبار ومحو الأمية في الكويت))، تم تأليف هذا الكتاب بطلب من المعهد الدولي في ألمانيا / اليونسكو، وقد طبع بعدة لغات، (١٩٨٥).

٨- كتاب ((صدى الكلمة)) - منشورات شركة دار الفكر الحديث - الكويت، (٢٠٠٠).

٩- كتاب ((أضواء على الأحداث)) - منشورات ذات السلاسل، الكويت، (٢٠٠١).

١٠- كتاب ((التربية وأزمة التنمية البشرية)) - منشورات المركز العربي للبحوث التربوية لدول الخليج، الرياض، المملكة العربية السعودية،(٢٠٠٢).

١١- كتاب ((التربية والانتماء الوطني - تحليل ونقد))، منشورات دار الفكر الحديث، الكويت، (٢٠٠١).

١٢- كتاب ((المناهج الخفية))، الكويت، (٢٠٠٤)

١٣- كتاب ((البيئة والبشر - صراع بلا حدود))، الكويت، (٢٠٠٦).

١٤- كتاب ((المنظور الدولي للمخاطر البيئية))، الكويت، (٢٠٠٧) .

١٥- كتاب ((التربية والبيئة - وتحديات العصر))، الكويت، (٢٠٠٩).

١٦- كتاب « المناخ والاحتباس الحراري - مشكلة العصر»، الكويت، (٢٠١١).

١٧- كتابة المقالات والمواضيع التربوية والعلمية المختلفة في العديد من المجالات المتخصصة والجرائد اليومية.

١٨- تدريس مقرر التربية البيئية - كلية التربية/جامعة الكويت، عام(٢٠٠٠- ٢٠٠٢).

١٩- تدريس طلبة ماجستير علوم البيئة - كلية العلوم/ جامعة الكويت، عام (٢٠٠٥-٢٠٠٧) .

٢٠- تحكيم العديد من الدراسات في المجالات التربوية والثقافية والبيئية.

المقـدمــة

لاشك أن التغيرات المناخية والاحتباس الحراري من الظواهر التي يعاني منها العالم، وتشكل قلقاً دائماً نتيجة تزايد النشاطات البشرية في البيئة. فالاحترار العالمي، يعني الزيادة في درجة حرارة الأرض بسبب حرق الوقود الأحفوري، وتنامي العمليات الزراعية والصناعية والعمرانية وغيرها التي تؤدي إلى انبعاثات غازات دفيئة فترفع من معدلات درجة حرارة الأرض على نحو تشكل مخاطر جسيمة على صحة البشر وحياتهم في الحاضر والمستقبل. ولأن التأثيرات الناجمة عن المناخ والاحتباس الحراري وخيمة، والمخاوف العالمية متزايدة فقد أصبح الاحتباس الحراري قضية الساعة، ومحور اهتمامات الدول لما لها من انعكاسات آنية وبعيدة المدى.

تكشف الدراسات البيئية أن الواقع البيئي العالمي لا يسرّ أحد، ومنظمات الأمم المتحدة تؤكد يوماً بعد يوم استمرارية تدهور البيئة وتفاقم التداعيات الاقتصادية والاجتماعية والصحية، وغيرها على الناس في كل مكان بسبب قلة الاهتمام في اتخاذ القرارات التي تجنب كل ما يؤثر في بيئة الأرض ويؤدي إلى تغيرات مناخية متطرفة. فالخلافات الدولية مازالت قائمة حول مسألة الالتزام في خفض معدلات انبعاثات غازات الدفيئة المتسببة في سخونة الجو. والاحتباس كمشكلة عصرية ليس من السهل معالجتها إذا اعتمدت على الإطار الدولي فقط، وإنما لابد من مساهمة الحكومات بحيث تضع كل دولة استراتيجية تخفض الغازات الملوثة والدفيئة، وتلتزم بالاتفاقيات الدولية حول المناخ، وتطبق غرامات مالية على كل من يخالف ذلك.

ونظراً لأهمية تسليط الضوء على مشكلة المناخ والاحتباس الحراري، فقد كلفت المنظمة الإقليمية لحماية البيئة البحرية الدكتور يعقوب

أحمد الشرّاح كونه متخصصاً في مجال العلوم البيئية أن يعد هذا الكتاب ليكون في متناول القرّاء من الطلبة والمعلمين والباحثين والمهتمين بالشأن البيئي، بهدف خلق الوعي وترسيخ السلوك ليس فقط في طريقة التعامل مع مشكلة الاحتباس الحراري، وإنما أيضاً الإلمام بمسبباتها وانعكاساتها ودور الإنسان في الحفاظ على البيئة.

يحتوي هذا الكتاب على ستة فصول، يتناول الفصل الأول والثاني علاقة الأرض بالشمس والتأثيرات المتبادلة على المناخ مع إيجاز لأهم الغازات المؤثرة في التغير المناخي. ويشير الفصل الثالث إلى بعض التداعيات الناجمة عن ارتفاع الحرارة. ويعرض الفصل الرابع أهم المنظمات الدولية المعنية بالمناخ وأبرز النشاطات التي تقوم بها في هذا المجال. أما الفصل الخاص فيلخص الواقع المناخي في الكويت. وفي الفصل الأخير يتحدث الكاتب بإيجاز عن الأخلاقيات المناخية، ثم تنتهي الفصول السابقة بكلمة ختام تركز على بعض الاقتراحات التي تصب في مكافحة الاحترار العالمي وتساهم في تلافي مشكلات الاحتباس الحراري.

نتمنى أن يكون هذا الكتاب مفيداً لكل باحث ومهتم في الشأن البيئي، وخاصة في مجال المناخ والاحتباس الحراري، وأن يكون أيضاً إضافة جديدة للمكتبة العربية.

والله ولي التوفيق،

د.عبد الرحمن عبد الله العوضي

الأمين التنفيذي

المنظمة الإقليمية لحماية البيئة البحرية

التمهيد

تتناول هذه الدراسة باختصار إشكالية التقلبات المناخية، وخاصة الاحتباس الحراري العالمي Global Warming من منظور تنامي الانبعاثات الغازية الضارة المتمثلة بمجموعة من الغازات العادمة، أو الدفيئة Green House Gases الناتجة بفعل النشاطات البشرية التي تؤثر سلباً في الموارد والممتلكات والصحة والاقتصاد وغيرها، فضلاً عن التداعيات بعيدة المدى على مختلف جوانب الحياة.

ومع أن الدول تتفق على الأضرار الناتجة عن الاحتباس الحراري وتتخوف منه إلا أنها لا تعمل بجدية وبتعاون كامل على خفض الانبعاثات الغازية، فالكثير من المؤتمرات الدولية على مستوى رؤساء الدول التي تبحث في شؤون المناخ والاحتباس الحراري مازالت تواجه الخلافات الحادة على مستويات هذه الانبعاثات والتي ترى في حال تقليل نسبة الانبعاثات أنها ستؤثر في المستهدفات الاقتصادية والسياسية والصناعية كقضايا لها الأولوية في خطط التنمية. فلا غرابة أن يعيش الإنسان مع أزمات المناخ بسبب النشاطات البشرية المؤثرة في المناخ والاحتباس الحراري وانعكاسات هذه النشاطات على ارتفاع معدلات انتشار الفقر والجوع والتخلف في العالم.

لاشك أن ظاهرة الاحتباس الحراري أصبحت في عصرنا هذا تشكل خطراً جسيماً، خاصة وأن الشواهد كثيرة على التدخلات البشرية في سلامة البيئة بسبب الاعتماد المفرط على الوقود الهيدروكربوني في الصناعات والمواصلات وكافة أوجه استخدامات الطاقة في الحياة العامة. فتأثيرات الاحتباس الحراري لا تتوقف على الخسائر المادية للبشر فقط، وإنما أيضاً لها انعكاسات سيئة على صحتهم واستقرارهم وأمنهم.

نتمنى أن تكون هذه الدراسة إضافة جديدة للدراسات السابقة التي تدق ناقوس الخطر المحدق بالبيئة العالمية، وتحفّز الاهتمام بالبيئة والمناخ كهدف استراتيجي للحكومات والأفراد يستدعي إجراءات فاعلة وتعاون دولي على كافة المستويات العلمية والمادية والصناعية والإنسانية، خاصة جدية التعامل مع مشكلات الانبعاثات الغازية من الدول الصناعية التي تساهم بنسبة كبيرة في الاحتباس الحراري العالمي.

المؤلف

الفصل الأول

الطبيعة والمناخ

الفصل الأول

الطبيعة والمناخ

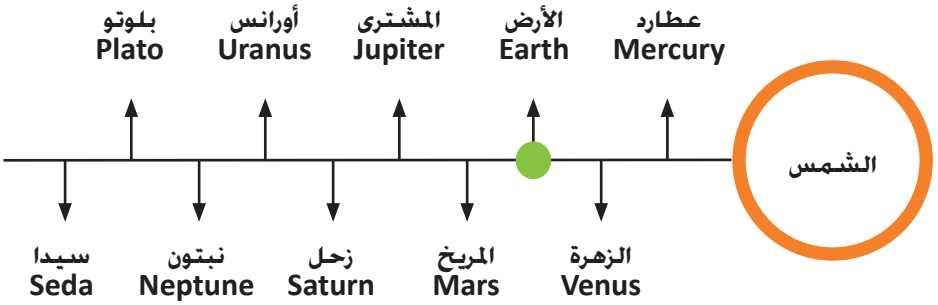
• الشمس

لقد مضت آلاف السنين ولم يكتشف البشر النظام الشمسي Solar System إلا في القرن السادس عشر الميلادي لكنه كان اكتشافاً ناقصاً في حقائقه واكتماله، فلقد ساد الاعتقاد أن الأرض ثابتة في مركز الكون غير متحركة، وأن مجرد التفكير بدوران الأرض ضرب من الجنون الذي يُعرّض صاحبه للموت، فالعلماء في القرن السابع عشر الميلادي أمثال جاليلي جاليليو Galileo Galilei، وجوهانس كبلر kepler Johannes، واسحق نيوتن Isaac Newton وضعوا النظريات الفيزيائية الكونية، ودرسوا النظام الشمسي، وسجلوا نتائج أبحاثهم مؤكدين على أن الأرض تدور حول الشمس وحول نفسها، وأن الحركة مرتبطة بقانون الجاذبية، وأن المجموعة الشمسية تخضع لقوانين فيزيائية دقيقة.

ومع اختراع التلسكوبات، وخاصة إلالكترونية، وتنامي الرحلات الفضائية والتطور المذهل في علم الفلك ودراسة الظواهر الكونية والتغيرات المناخية على الأرض حدثت اكتشافات فضائية واسعة، مثل الاكتشاف الأخير لكوكب جديد هو سيدا Seda بعد اكتشاف سابق لثلاثة كواكب أخرى هي: أورانس Uranus عام (١٧٨١م)، ونبتون Neptune عام (١٨٤٦م)، وبلوتو Pluto عام (١٩٣٠م)، لتصبح عدد الكواكب في المجموعة الشمسية (٩) كواكب سيارة إذا استثنينا اكتشاف الكوكب الجديد سيدا Seda. والمعروف أن أقرب كوكب للشمس هو كوكب عطارد Mercury، والأبعد هو كوكب بلوتو Pluto. أما كوكب الأرض فيقع على المدار الثالث من الشمس بعد كوكب الزهرة Venus.

تأتي أهمية الشمس كونها نجم ساطع تبعث الإشعاع الضروري للحياة على الأرض، ولأنه إشعاع يحيط بالإنسان وسائر الأشياء بشكل دائم فإن الأرض نفسها تصبح نشطة إشعاعياً، والماء والهواء والطعام والتربة وغيرها يصلها الإشعاع الكوني. لكن رغم أهمية الإشعاع إلا أنه ضار إذا لم يقم جو الأرض بالحماية من هذه الأشعة

من خلال المجال المغناطيسي للأرض، ودروع الوقاية الجوية، والغلاف الحيوي، حيث تعمل جميعها على تقليل كمية الأشعة عندما تصطدم بسطح الأرض.



شكل (١) مواقع الكواكب من الشمس

والإشعاع يتأثر بكل ما في المجموعة الشمسية من مكونات، كما أن المجموعة الشمسية لا تتكون فقط من الشمس والكواكب، وإنما هناك أيضاً الأجسام الصغيرة مثل الكويكبات Asteroids ، والشهب Comets ، وغالبية الكويكبات Asteroids تدور في المنطقة الواقعة بين مدارات الكوكبين المريخ Mars والمشترى Jupiter ، بينما الشهب توجد في أماكن بعيدة عن مدار بلوتو Pluto في السحاب المتأين Ort Cloud. وتسمى الكواكب الأربعة القريبة من الشمس وهي عطارد، الزهرة، الأرض، والمريخ، بالكواكب الأرضية Terrestrial Planets لأن لها أسطح صخرية صلبة، بينما الكواكب الأربعة الكبيرة نبتون، أورانس، المشترى، وزحل، تسمى الكواكب الغازية العملاقة.

ولاشك الشمس أكبر نجم في المجموعة الشمسية تقدر كتلتها بحوالي (٩٩,٨٪) من الكتلة الإجمالية للنظام الشمسي. ويقال إن الشمس نجم عادي لأن هناك نجوم أو شموس أخرى في الفضاء السحيق لا نعرف عنها شيئاً. ومع أن كتل النجوم مختلفة إلا أن الشمس لها كتلة تُقدر بحوالي (١٠٪) في مرتبة الكتل، كما أن متوسط حجم النجوم في مجموعتنا الشمسية قد يكون أقل من نصف كتلة الشمس.

إن دراسة الشمس لها أهمية بالغة في معرفة التغيرات الجيوفيزيائية والبيولوجية للأرض. فالشمس مؤثرة بدرجة كبيرة في الأرض وفي سائر الكواكب الأخرى

التي تدور حول الشمس. وتتكون الشمس في الوقت الحالي من (٧١٪) هيدروجين، و(٢٨٪) هليوم من الكتلة الشمسية، بينما المكونات الأخرى للشمس فهي معادن لكن نسبتها تقل عن (٢٪) بما في ذلك عناصر مثل الأكسجين، الكربون، النيون، الحديد وغيرها، ويحدث تغير بطيء لهذه النسب الغازية والمعدنية بمرور الزمن بسبب التحول الذي يحدث لغاز الهيدروجين إلى الهليوم في تفاعلات مركز الشمس.

تصل حرارة الشمس إلى الأرض بواسطة الإشعاع Radiation، والحمل الحراري Convection of Heat، والعملية الاتصالية Conduction. فالإشعاع ناقل للطاقة الكهربية (كهرومغناطيسية) الذي يسخن هواء الأرض حيث يتأثر الهواء في الطبقة الرقيقة من الجو بواسطة العملية الاتصالية ثم يسخن سطح الأرض بعد ملامسة الهواء له فيحُدِث سخونة للهواء المحيط بالكرة الأرضية.

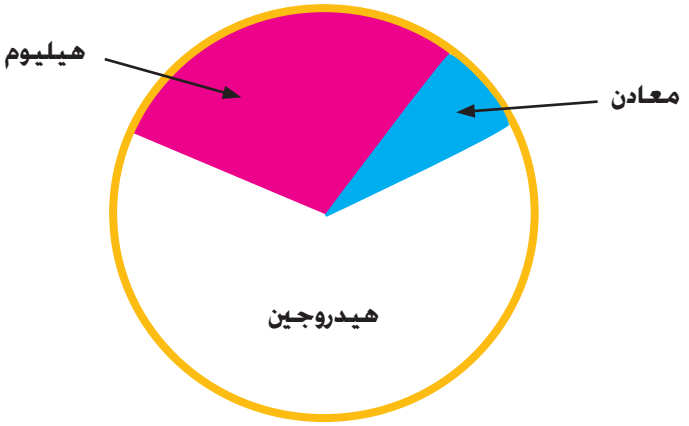
إن الطاقة الشمسية الساقطة تعادل تقريباً (١/٥) كوادربليون وات تضرب الفضاء الخارجي بقوة تعادل (١٤٠٠٠) مرة معدل مجموع ما يحرقه البشر على الأرض من الوقود الأحفوري. وهذا يجعل بالمقارنة كمية ما يستهلكه البشر من الوقود الأحفوري على الأرض لا يشكل أهمية بالغة. فهذا الحرق يحول تقريباً (٦,٥) بليون طن كل سنة من الكربون المثبت بالبناء الضوئي للنبات Photosynthesis في المستنقعات القديمة على مدى عشرات الملايين من السنوات، التي أصبحت مخزّنة في عمق الأرض على شكل فحم وغاز طبيعي منتجة غاز ثاني أكسيد الكربون (CO_2).

تحصل الشمس على الطاقة من خلال الاندماج النووي Nuclear Fusion لأنوية الهيدروجين التي تتحول إلى الهليوم. ففي مركز الشمس تدمج الشمس (٦٢٠) مليون طن مترٍ من الهيدروجين كل ثانية. وتصل درجة الحرارة من المركز وإلى قرابة (٢٥٪) من نصف قطر الشمس إلى (١٥,٦) مليون كالفن، كما أن الضغط يعادل (٢٥٠) بليون مرة الضغط الجوي.

وللشمس طاقة هائلة تعادل(٣٨٦) بليون البليون ميغاواط الناتجة من الاندماج النووي في الشمس. ففي كل ثانية يتحول (٧٠٠) مليون طن من الهيدروجين إلى حوالي (٦٩٥) مليون طن من الهليوم، وكذلك (٥) مليون طن من الطاقة في شكل أشعة جاما Gamma Rays. وباندفاع الطاقة من داخل الشمس إلى الخارج

القريب من السطح فإن الطاقة تمتص باستمرار وتقل درجة حرارتها حتى تصل إلى السطح الذي نرى الطاقة تنبعث في شكل حزمة ضوئية مرئية.

ولكي نتصور حجم الشمس علينا أن نقارن ذلك بحجم الأرض، حيث إن حوالي (١,٣) مليون من الأرض يمكن أن تدخل بسهولة في جسم الشمس. أما قطر الشمس فيعادل (١,٣٩٠,٠٠٠) كم.

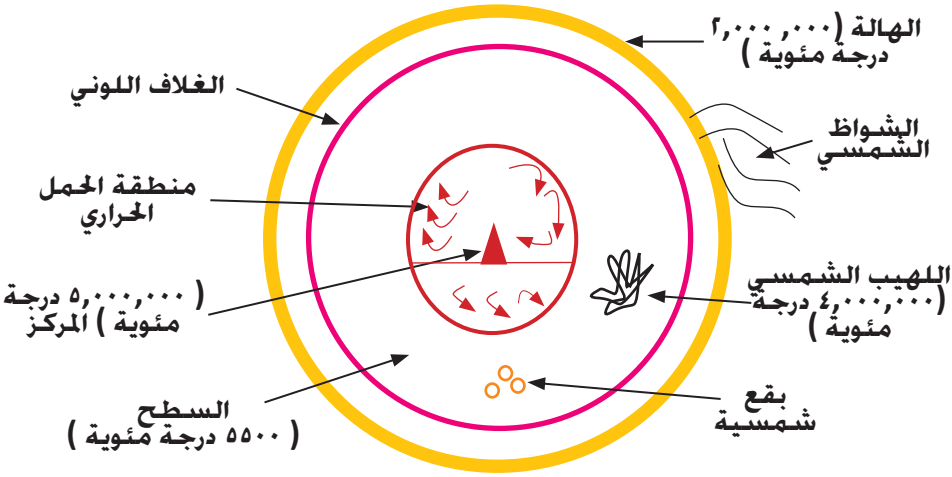


شكل (٢) الهيدروجين والهيليوم والمعادن في الشمس

تتكون الشمس من عناصر بدءاً من مركزها إلى سطحها الخارجي وتشمل الاندماج النووي في المركز Core، ومنطقة إشعاعية، ومنطقة الحمل الحراري Convection Zone، والمحيط الضوئي Photosphere، والهالة Corona. وللشمس أيضاً البقع الشمسية Sunspots، واللهيب الشمسي، والحلقات الهالية Coronal Loops، والشواظ الشمسي Prominences.

والشمس بمالها من حرارة سطحية هائلة فإنها تبعث كمية كبيرة من الطاقة الإشعاعية ذات الموجة الطولية القصيرة. وغالبية الأشعة ترى بالعين، ولكن أيضاً تشمل موجات طولية لا نستطيع أن نراها بالعين المجردة مثل الأشعة فوق البنفسجية الحارقة والضارة. لكن الأرض كونها أبرد كثيراً من الشمس فإنها تبعث كمية قليلة من الطاقة من خلال الأشعة ذات الموجة الطولية الطويلة. لذلك فإنه كلما كانت الموجة الطولية قصيرة كلما أدى ذلك إلى موجة تحمل طاقة أكبر، والعكس أيضا صحيح.

لذلك، يمكننا القول إن أشعة الشمس في المعنى العام تعني مجموع طيف التردد من الأشعة الكهرومغناطيسية المنبعثة من الشمس. وهذه الأشعة تفلترها الأرض بعد وصولها في أجوائها. والأشعة الشمسية ضرورية للبناء الضوئي في النباتات الخضراء، وبدون الشمس لا حياة على الأرض. وهناك أنواع من الأشعة الشمسية مثل الأشعة تحت الحمراء الحرارية، وهي غير مرئية، وتقدر نسبتها بحوالي (٤٦٪) من جملة الإشعاع الشمسي. والأشعة الضوئية المسماه المرئية، بينما هي في الحقيقة غير مرئية، وتعد البنفسجية، وهي غير مرئية، ونسبتها (٩٪) من إجمالي أشعة الشمس. كل هذه الأنواع من الأشعة مفيدة وهامة للحياة إذا ظلت في حدود النسبة الطبيعية.



شكل (٣) تركيب سطح الشمس

والشمس نجم كبير في مجموعتنا الشمسية تبعث الأشعة من موقعها في مركز المجموعة الشمسية تقريباً، دائرية الشكل، تتكون من بلازما حارة متداخلة مع حقول مغناطيسية. وتتفاوت حرارة الشمس حسب بعدها عن مركز الشمس، فسطح الشمس الذي يسمى بالطبقة الضوئية Photosphere لها درجة حرارة تعادل (٥٨٠٠) كالفن، بينما البقع الشمسية على الشمس Sunspots تعد أماكن باردة لأن حرارتها تصل (٣٨٠٠) كالفن مقارنة بحرارة السطح (٥٨٠٠) كالفن. لذلك تظهر هذه البقع وكأنها مظلمة، وقد تكون هذه البقع كبيرة وهائلة يصل قطرها إلى حوالي (٥٠,٠٠٠) كم. ويعتقد أن هذه البقع معقدة وغير

معروفة من حيث آليات التفاعل مع الحقل المغناطيسي للشمس. ويرى العلماء أن الحقل المغناطيسي للشمس هائل ومعقد ويصل إلى أبعد كوكب عنه وهو كوكب بلوتو Pluto.

فبالإضافة إلى المجال المغناطيسي الهائل للشمس والحرارة والضوء فإن الشمس تبعث أيضاً جزيئات كهربية غالبيتها إلكترونات Electrons وبروتونات Protons، تُعرف على أنها ريح شمسية Solar Wind تخترق فضاء المجموعة الشمسية بسرعة تعادل (٤٥٠) كم/ ثانية. إن الريح الشمسي والجزيئات الكهربية عالية الطاقة تنبعث من اللهيب الشمسي وتُرسل إلى الفضاء، وقد يكون لها تأثيرات بالغة الخطورة على الأرض تتمثل في الطاقة الإشعاعية والتدخلات اللاسلكية.

أما من حيث تشكّل الشمس فيعتقد أنها تعود إلى (٤,٥) بليون سنة، ومنذ ميلادها وهي تستهلك الهيدروجين من مركزها Core في عملية الاندماج النووي Nuclear Fusion، ويعتقد أن استدامة انبعاث الأشعة الشمسية ستستمر لزمن يُقدر بحوالي (٥) بليون سنة أخرى، حيث إنه في النهاية سينضب الهيدروجين كوقود شمسي مؤدياً إلى تغيرات جذرية ينتهي الأمر بتدمير الأرض، وربما خلق سديم كوكبي Planetary Nebula.

إن القوة المؤثرة على المناخ هي الشمس، المصدر الأساسي للطاقة على الأرض، وعندما يتغير نوع وكمية الإشعاع الساقط على سطح الأرض فإن أسباب ذلك مختلفة منها تباين جذب الموجة المدية Tidal Pull على الشمس بواسطة الكواكب، لكن كمية الأشعة الساقطة تتغير دائماً بسبب « البقع الشمسية » Sun Spots التي تُعد مناطق مظلمة أو سوداء مقارنة ببياض حرارة الشمس الخارجية وشدة لهيبها، أي أن السطح المنخفض عن الغلاف الخارجي للشمس هي أماكن مظلمة. هذه البقع السوداء يتغير نشاطها، فقد لوحظ بعد دراسة البقع السوداء على مدى أكثر من (٨٠) سنة حدوث ظاهرة غياب هذه البقع في الفترة (١٦٤٠ م – ١٧١٠ م)، وهي فترة أُطلق عليها « التوهان القصير» Maunder Minimum. ويعتقد أن فترة غياب هذه البقع حدثت في العصر الجليدي القصير.

إن البقع الشمسية إذاً هي الأماكن الداكنة الباردة نسبياً تظهر على فترات في تجمعات أو مجموعات على سطح الشمس ويصاحبها حقل أو مجال مغناطيسي

قوي يؤدي إلى اختلالات في البث الإذاعي والتليفزيوني على الأرض، ومن خصائص الثقب الأسود أنه يمتص الضوء المار بجانبه بفعل الجاذبية، فلا يمكن أن يفلت أي شيء قريب منه حيث تسقط الأشياء في هاوية الثقب.

لقد تم اكتشاف أول ثقب أسود في سنة (١٩٧١م)، كما أن نظرية آينشتين النسبية أكدت على وجود هذه الثقوب في النجوم، وليس هناك مجال لمشاهدتها أو حتى تصويرها رغم أن العلماء الألمان في السنوات الأخيرة أكدوا على وجود هذه الثقوب ليس بالرؤية ولكن على أساس العمليات الحسابية المبنية على معرفة كتلة النجم ونصف قطر فلكه، ووجدوا أن الثقب الأسود في مجرتنا له كتلة تبلغ حوالي (٢) مليون ضعف كتلة الشمس.

النظر في واقع المجموعة الشمسية يعكس أن الشمس مركز هذه المجموعة يحيط بها(٨)كواكب تابعة لها تدور في فلك المجموعة الشمسية مع وجود مجموعة أخرى من أجسام صغيرة. ولا يعتبر بلوتو Pluto كوكباً لكننا نضعه مع مجموعة الكواكب، وبالتالي هناك (٩) كواكب. وإذا استثنينا بلوتو فإن أصغر كوكب هو عطارد Mercury، وأكبر كوكب هو نبتون Neptune.

تلعب الشمس دوراً حاسماً في التغيرات المناخية، فالطاقة من الشمس تختلف بمعدل (٠,١٪) في كل (١١) سنة دورة شمسية. وهذه النسبة الضئيلة مؤثرة بدرجة كبيرة في طبقة الاستراتوسفير والمحيط الاستوائي الباسفيكي. فالعلاقة بين الشمس والمحيطات البحرية وطبقة الستراتوسفير وثيقة ومتصلة، وهي التي تؤدي إلى العواصف والأعاصير وارتفاع سطح البحار وغيرها. وسنبحث تأثيرات الطبيعة علي المناخ بالتفصيل في الفصول القادمة .....

- **الأرض**

يقع كوكب الأرض في المجموعة الشمسية في المدار الثالث بدءاً من الشمس وله قطر يعادل (٦٣٧٨) كم، بينما قطر أصغر كوكب عطارد Mercury (٢٤٣٩) كم، أما قطر أكبر كوكب مثل نبتون فإنه يساوي (٢٤٧٦٤) كم، كذلك يبعد كوكب عطارد Mercury عن الشمس مسافة (٥٧,٩١٠,٠٠٠) كم، بينما تبعد الأرض عن الشمس حوالي (١٤٩,٦٠٠,٠٠٠) كم. أما كوكب نبتون فهو أبعد كوكب وتقدر المسافة عن الشمس بحوالي (٤,٤٩٧,٠٧٠,٠٠٠) كم.

ويعتبر كوكب الأرض هو الكوكب الخامس في الحجم، ويدور في المدار الثالث القريب من الشمس، وهذا المدار حول الشمس يعادل (١٤٩,٦٠٠,٠٠٠) كم. دوران الأرض حول الشمس يحدث بسرعة (١٠٦,٢٠٠) كم / ساعة، ويستغرق سنة شمسية (٣٦٥) يوم تقريباً لاكتمال دورة واحدة، كما أن الدوران حول المحور في اليوم الواحد يؤدي إلى اختلاف الليل والنهار والمواسم. والعجيب أن الأرض كوكب بين الكواكب الأخرى لم يُعرف إلا في القرن الرابع عشر في عصر كوبرنيكس N.Copernicus، مفجر الثورة الفلكية التي تقول إن الأرض تدور حول نفسها، وهي كروية الشكل، وأن المجموعة الشمسية نظام كوني مركزه الشمس، وأن الأجرام السماوية تتسم بالحركة الدائمة. لقد مهد كوبرنيكس بنظريته الفلكية الطريق إلى العلماء الفلكيين والفيزيائيين من بعده من أمثال جاليليو وكبلر وهرشل وغيرهم.

إن كوكب الأرض في مجموعتنا الشمسية هو الكوكب الصالح للحياة. فالدراسات عن الكواكب الأخرى في المجموعة لم تؤكد على وجود أي شكل من الحياة عليها حتى الآن. والأرض تتسم بخصائص تجعلها مناسبة للحياة مقارنة بغيرها من الكواكب مثل الزهرة والمريخ والمشترى أو كوكب القمر التابع للأرض.

بلاشك دراسة مكونات الأرض وطبقاتها وموقعها في المجموعة الشمسية تساعد على فهم الأسباب وراء الكثير من التغيرات المناخية وغيرها التي تؤثر ليس في بيئة الأرض فقط، وإنما أيضاً في مختلف صور الأحياء التي تعيش عليها. تتكون الأرض من طبقات داخلية وأخرى خارجية تتصف كل طبقة بسماكة تقدر

بالكيلومترات. فهناك مركز الأرض الذي يبعد عن قشرة الأرض Crust بحوالي (٦٣٧٩) كم، لكن سماكة هذه الطبقة حوالي (٥١٥٠-٦٣٧٨) كم، وهذا يعني أن نصف قطر الأرض هو (٦٣٧٨) كم، لكن غالبية كتلة الأرض تقع في منطقة تسمى الوشاح Mantle، والبقية في مساحة المركز، والجزء المستقل للحياة على سطح الأرض هو جزء صغير من كل الأرض.

تقدر درجة حرارة مركز الأرض بحوالي (٧٥٠٠) كالفن، أي بدرجة حرارة أعلى من حرارة سطح الشمس. ففي المركز يوجد الحديد والنيكل في حالة منصهرة. والمعروف أن مقياس الحرارة بنظام كالفن Kelvin يعني استخدام مقياس حراري ثيرموديناميكي كوحدة قياسية في العلوم الفيزيائية. فالصفر المطلق عند (٠) كالفن (K) يعادل (-٢٧٣,١٥) درجة مئوية. أي أن (٠) درجة الحرارة المئوية تساوي (٢٧٣,١٥K). فعلى سبيل المثال (٤٠) درجة مئوية تعادل (٣١٣,١٥K).

تتكون الأرض من اليابسة والماء والهواء المحيط، لكن (٧١٪) من سطح الأرض يشكل الغطاء المائي الضروري لوجود الحياة. ورغم أهمية الماء إلا أنه مسؤول عن غالبية ما يحدث من تعرية وتبدلات مناخية. أما هواء الأرض فيتكون من الغازات والجزيئات العالقة والمتطايرة، حيث إن نسبة النيتروجين تعادل (٧٧٪)، والأكسجين (٢١٪) مع كميات ضئيلة من الأرجوان Argon، وثاني أكسيد الكربون، وبخار الماء.

ولغاز ثاني أكسيد الكربون في الجو أهمية بالغة في المحافظة على درجة سطح الأرض، وحيث إن هذا الغاز من الغازات الدفيئة فإن ارتفاع تركيزاته مع غازات دفيئة أخرى ترفع من معدل حرارة السطح، وتتسبب في الانحباس الحراري Global Warming. فالتأثيرات الدفيئة ترفع متوسط حرارة السطح حوالي (٣٥) درجة مئوية أكثر مما هو متوقع (+١٤ إلى ٢١) درجة مئوية، فبدون ذلك تتجمد المحيطات، وتصبح الحياة مستحيلة.

ويبدو أن الأرض الكوكب الوحيد في مجموعتنا الشمسية المناسبة للحياة بعد كل المحاولات العلمية لاكتشاف أي أثر للحياة في الكواكب الأخرى، لكن لم يستدل حتى الآن على أي أثر. ومع أننا نتصور أن دراسة كوكب الأرض

من النواحي الجيوكيميائية والبيولوجية مسألة سهلة إلا أن الواقع عكس ذلك، هناك تعقيدات كثيرة تواجه العلماء لمعرفة كل شيء عن الأرض. ويقسّم الجيولوجيون عمر الأرض (٤,٦ بليون سنة) إلى دهور وحقب زمنية لتسهيل دراسة الأرض، لكن التوصل إلى معلومات دقيقة عن تاريخ الأرض والتغيرات المناخية في غاية الصعوبة، وفي الغالب مبنية على الفرضيات والاحتمالات الناتجة عن تفسيرات العلوم الفلكية والجيوفيزيائية والبيوكيميائية وتطورات نشأت الحياة. عامة، هناك اتفاق علمي وتاريخي على وجود أربعة دهور للأرض منذ نشأتها وحتى يومنا هذا وهي:

- الدهر الحديث أو القريب Cenozoic Era (٠,٠١ - ٦٥ مليون سنة).
- الدهر الوسيط Mesozoic Era (١٣٦ - ٢٢٥ مليون سنة).
- الدهر القديم Paleozoic Era (٢٨٠ – ٥٧٠ مليون سنة).
- الدهر السحيق في القدم أو أقدم الدهور Precambrian Era (٢٥٠٠ - ٤٦٠٠ مليون سنة).

كما أن جميع هذه الدهور مقسمة إلى عصور وأزمان مختلفة، فالدهر الحديث يتكون من عصرين: الهولوسين Holocene، وبليستوسين Pleistocene ، حيث إن الأولى عصر جيولوجي بدأ منذ (١١٧٠٠) سنة وحتى وقتنا الحالي. ويعرف بأنه عصر اتسم بالدفء، وظهر فيه الإنسان والحضارات. وفيه كان المناخ مستقراً تقريباً، وفي نهايته بدأ العصر الجليدي Ice Age. أما البلستوسين فهو عصر جيولوجي (٢٥٠٠ - ١٢٠٠٠ سنة) اتسم بالبرودة الجليدية، وهو عصر ممتد وتابع للعصر الهولوسيني حدثت فيه الجليدية المتكررة وارتفاع السماكة الجليدية على المسطحات الأرضية، وتجلد البحار القريبة من المسطحات الجليدية القارية مؤدياً إلى انخفاض سطح البحر.

إن دهر البركامبرين Precambrian يعد من أقدم الدهور، ويعتقد أن البداية لنشوء الأرض وتشكّل الجبال والوديان والسهول وانتشار الكائنات الأولية بوجود عنصر الأكسجين الحر. ويعتبر هذا الدهر زمنه طويلاً ومعقداً، كما أن تطورات الأحداث فيه غير معروفة. لكنه دهر حدث فيه تشكّل جو الأرض Atmosphere، والجزء اليابس من الأرض Lithosphere، وكذلك الجزء المائي Hydrosphere.

إن الدارس لتاريخ الأرض من المنظور المناخي يلاحظ كثرة تقلبات المناخ وعدم استقراره على حال، فأحياناً تكون الأرض باردة، وأحياناً أخرى حارة، وأحياناً جافة أو رطبة وكثيرة الأمطار. ففي العصر الروماني وفي الفترة (١٠٠م - ٦٠٠م) كان الجو حاراً، وفي العصور المظلمة (٥٨٦م - ١٠٠٠م) كان الجو بارداً، أما في العصر الوسيط Medieval Age (١٠٠٠م- ١٣٠٠٠م) بعد الميلاد كان الجو حاراً، حتى جاء العصر الجليدي الصغير (١٤٠٠م - ١٨٠٠م)Little Ice Age فكان المناخ جليدياً بارداً، ومع العصر الحديث (١٨٥٠م - الوقت الحالي) نجد أن الجو عاصف وحار وشديد التقلب والتغير.

ومع أن العصور الجليدية تتفاوت في أزمانها وأمد بقائها إلا أنها تشكل ظاهرة مناخية غاية في الخطورة على بيئة الأرض، وخاصة تأثيراتها على الكائنات الحية من نبات وحيوان وبشر. ففي القرن العاشر حدثت برودة شديدة للأرض نجم عنها موت غالبية سكان جزيرة جرينلاند Greenland وهم سكانها الأصليون الذين كانوا يسمون بالفيتوكونغ. كذلك حدث تجمد للأنهر والبحيرات ومنها نهر التايمز في بريطانيا والأنهر في الدول الاسكندينافية بسبب تأثيرات العصر الجليدي على المناخ. والمعروف أن الحيوانات أو النباتات عندما تموت بسبب التغير المناخي الشديد فإن البشر أيضاً يموتون نتيجة اعتمادهم في الغذاء والزراعة على الحيوان والنبات.

لقد اتسم العصر الجليدي القصير Little Ice Age ببرودة قارصة بعد انتهاء العصر المظلم الحار. ويعتقد أن العصر الجليدي بمرحلتيه الأولى والثانية (PhaseI+PhaseII) حدث في القرن السادس عشر وامتد حتى القرن التاسع عشر. ففي دراسة قامت بها الهيئة الحكومية الدولية للتغير المناخي Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) أشارت إلى الأماكن التي تأثرت بالعصر الجليدي وهي:

- ارتفاع كبير في برودة المناطق الجليدية القطبية، وألاسكا، ونيوزيلندا وبتاجونيا Patagonia.
- ظهور بقع جليدية في المحيط الأطلنطي (١٢٥٠م).
- تأثر حرارة موسم الصيف بسبب البرودة العالية لأوروبا الشمالية (١٣٠٠م) .

- حدوث تمدد جليدي عالي (١٥٥٠ م).
- حدوث دمار واختلالات للبيئة العالمية بسبب العصر الجليدي القصير.

لقد تسبب العصر الجليدي القصير في ارتفاع برودة الأرض، وخاصة في شتاء أوروبا وأمريكا الشمالية لدرجة أن القرى والمزارع أصابها دمار كبير، وقد لوحظ ذلك في أعالي جبال الألب في سويسرا في منتصف القرن السابع عشر. كذلك تجمدت الأنهر في هولندا أو بحر البلطيق لدرجة أن الناس تمكنت من العبور على هذا البحر من بولندا إلى السويد.

كما أن تجمد البحر أحاط بكل أيسلندا ولعدة أميال وفي كل الاتجاهات مؤدياً إلى توقف الملاحة وحركة السفن في الموانيء. ويقال إن عدد سكان أيسلندا انخفض إلى النصف بسبب التغيرات المناخية في نهاية القرن السابع عشر، خاصة بعد حدوث انفجار بركان (لاكي) Laki في عام (١٧٨٣م) الذي تسبب في التسمم بغاز الفلورين. لقد أدت كارثة التغير المناخي آنذاك أن عانت أيسلندا وجرينلاند ودولة البرتغال من نقص شديد في المحاصيل الزراعية والغذاء أدت إلى تداعيات صحية سيئة في القرن السابع عشر.

وأيضاً في القرن السابع عشر الجليدي حدثت المجاعة في فرنسا (١٦٩٣م - ١٦٩٤م)، والنرويج (١٦٩٥م - ١٦٩٦م)، والسويد (١٦٩٦م - ١٦٩٧م) بسبب البرودة الشديدة، ويقال إن حوالي (١٠٪) من سكان هذه الدول ماتوا نتيجة للبرودة العالية. وفي فنلندا (١٦٩٦م - ١٦٩٧م) تفاقمت الأزمات والخسائر فمات قرابة ثلث سكان هذا البلد نتيجة العواصف الثلجية والرياح القارصة وتلف المزارع. وكذلك تدمرت المدن الساحلية وغمرتها المياه الباردة بسبب الأعاصير العاتبة في الدانمرك وألمانيا والسواحل الهولندية. وأيضاً وُجد أن المناخ المتطرف في هذه الفترة تسبب في خسائر فادحة أصابت بعض الدول الإفريقية مثل أثيوبيا وموريتانيا حيث ازدادت كميات الثلوج على قمم الجبال بمستويات لم تحدث من قبل.

تقوم وكالة (ناسا) NASA الفضائية الأمريكية برصد التغير المناخي بصفة دائمة، وفي إحدى دراساتها عن تأثيرات غازات الدفيئة، وخاصة تأثيرات غاز (CO_2) على المناخ وجد أن قيمة الدرجة المتغيرة بالنسبة المئوية في كل فترة متباينة،

لكن الارتفاع في درجة الحرارة بدأ في عام (١٩٨٠م) واستمر في الارتفاع حتى وقتنا الحالي، ويلاحظ ذلك في الجدول رقم (١).

الفترة	حالة حرارة الأرض	قيمة الدرجة (٪)
١٨٨٠ - ١٨٨٩م	انخفاض في الحرارة	-٠,٢٧٤
١٩٤٠ - ١٩٤٩م	انخفاض في الحرارة	-٠,٠٣٥
١٩٦٠ - ١٩٦٩م	انخفاض في الحرارة	-٠,٠١٤
١٩٨٠ - ١٩٨٩م	ارتفاع في الحرارة	+٠,١٧٦
١٩٩٠ - ١٩٩٩م	ارتفاع في الحرارة	+٠,٣١٣
٢٠٠٠ - ٢٠٠٩م	ارتفاع في الحرارة	+٠,٥١٣

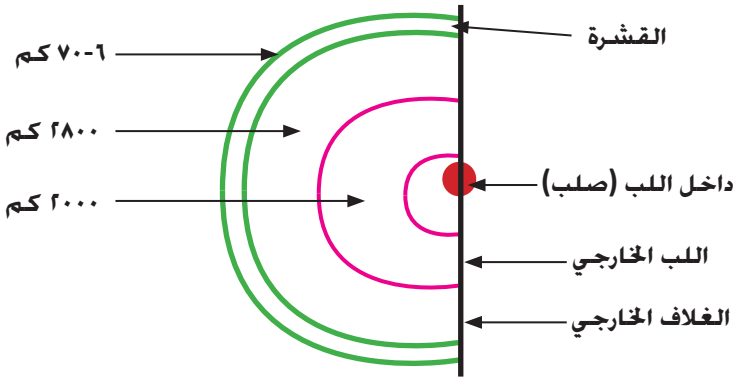
جدول (١) التغيرات في درجة حرارة سطح الأرض ويلاحظ ارتفاع الحرارة منذ عام (١٩٨٠)

لقد أشرنا أن نظامنا الشمسي يتكون من الكواكب مثل الأرض والأقمار والكويكبات Asteroids والمذنبات Comets، والشهب والنيازك Meteorites، والغبار، والغاز، وكذلك الشمس. نحن لا نعرف تماماً كيف تشكل النظام الشمسي رغم القبول بنظرية التكثف الكوني الذي يعني أن الفضاء تكثف من ضباب غازي مّركز كان يدور في الفضاء، فحدث له انكماش تدريجي بواسطة الجاذبية أدى إلى أن تصبح الكتلة المركزية الضبابية ساخنة بما يكفي لحدوث تفاعلات حرارية نووية Thermonuclear Reactions محدثة بناء نجم جديد هو الشمس.

وإذا كانت آلية تكّون المجموعة الشمسية غير معروفة على وجه الدقة، إلا أن العلماء يعتقدون أن تحديد عمر الصخور على الأرض والقمر وبعض صخور النيازك يعطي دلالات تاريخية أن النظام الشمسي بما فيه الأرض نشأ منذ حوالي (٤٦٠٠) مليون سنة. وعندما تشكلت الأرض لأول مرة كانت كتلة منصهرة Molten Mass، وبالتدرج بردت هذه الكتلة وأصبح لها طبقات صلبة وسائلة. ثم تشكلت طبقة جوية تقوم بوظائف حيوية متعددة.

إن الطبقة الداخلية للأرض تسمى (لب الأرض) Core، ولها عدة طبقات خارجية سائلة وداخلية صلبة (تتكون أساساً من الحديد)، هناك الطبقة الوسطى

تسمى بالغلاف الخارجي Mantle له سماكة تقدر بحوالي (٢٨٠٠ كم)، وهو في حالة صلبة مع درجة حرارة تقارب (٥٠٠٠) درجة مئوية إلى (١٣٠٠) درجة مئوية بالقرب من لب أو مركز الأرض. أما الطبقة الخارجية للأرض فتسمى القشرة Crust لها سماكة (٦- ٧٠ كم). كذلك هناك اللب الخارجي القريب من المركز له سماكة تقارب (٢٠٠٠ كم).



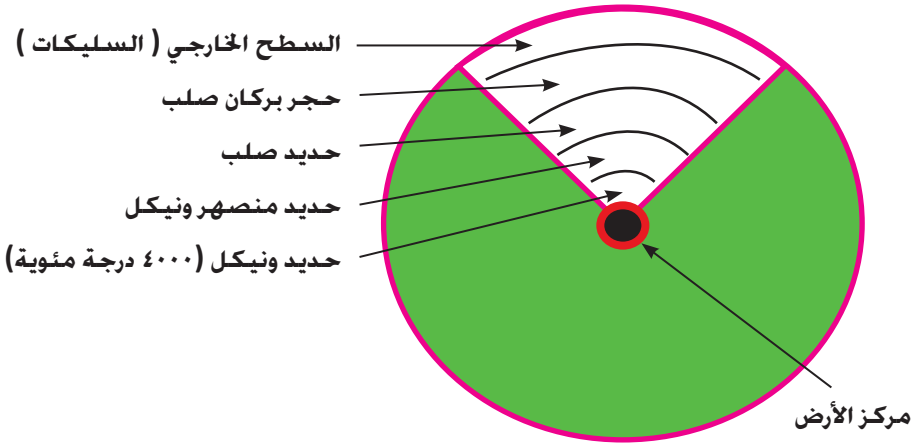
شكل (٤) قطاع يبين سماكة الأرض (من اللب إلى القشرة)

وتتكون الأرض من غازات ومعادن تتفاوت في نسبتها، ويعتبر الحديد من أكثر المواد نسبة في الأرض. والجدول رقم (٢) يوضح نسب المواد المختلفة في الأرض، ويلاحظ أن الحديد أعلى نسبة من بقية المواد الأخرى يليه الأكسجين.

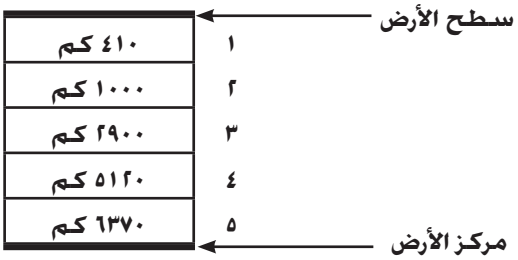
المادة	النسبة ٪
الحديد	٣٥
الأكسجين	٢٨
المغنيزيوم	١٧
السيلكون	١٣
النيكل	٢,٧
الكبريت	٢,٧
الكالسيوم	٠,٦
الألومنيوم	٠,٤
المواد الأخرى	أقل من ١٪

جدول (٢) نسبة المكونات المادية للأرض

لقد أمكن دراسة مكونات الأرض الداخلية وتحديد مختلف العناصر التي تتركب منها الطبقات الداخلية للأرض وصولاً إلى لب الأرض. ويلاحظ في الشكل (٥) هذه الطبقات ومكوناتها والمسافات التقريبية بين كلٍّ منها. وعموماً فإن الحديد والنيكل والحجر من أكثر المواد الموجودة في هذه الطبقات. كما أن سماكة طبقات الأرض مختلفة، ويلاحظ أن أقل سماكة هو السطح الخارجي للأرض الذي يحوي السليكات ولا تتعدى السماكة عن (٧٠ كم). كل طبقات الأرض الداخلية بما تحوي من مواد وعناصر مختلفة تشكل نظاماً اكولوجياً متداخلاً مع النظام الاكولوجي الخارجي وتتأثر بقوى الطبيعة وبتفاعلات نظام المجموعة الشمسية، وخاصة الأشعة الشمسية.



شكل (٥) (أ) مواقع المكونات الأساسية الأكثر تواجداً في طبقات الأرض



شكل (٥) (ب) سماكة طبقات الأرض

تمتص الأرض أشعة الشمس الساقطة في كل الاتجاهات، وجزء ضئيل من هذا الإشعاع يصل إلى الأرض، بينما تدور الأرض حول نفسها وحول الشمس

في فضاء غاية في البرودة، فتكتسب من امتصاصها للأشعة بعض الدفيء والطاقة اللازمة لحياة الكائنات على الأرض. وللأرض جو Atmosphere هو الذي جعل الأرض الكوكب المناسب للحياة حيث غازات التنفس، وبناء، الغذاء والسحب والضغط والجاذبية والغطاء الواقي للأحياء. كل هذه المكونات في الجو أن وجدت واستمرت في حالة اتزان فإن الأرض تظل على حالة اتزان، والعكس أيضاً صحيح.

• التأثيرات المتبادلة

وحيث إن الأرض تدور في فلك وجو مناسب للحياة فإن الأشياء على الأرض وفي جوها متفاعلة في علاقاتها ومتبادلة في تأثيراتها، ويمكن تبيان العلاقة والصعوبات في المكونات على الأرض: دوران الأرض مثلاً نظام، حيث أن خطوط العرض المنخفضة Low Latitudes تؤدي إلى دوران الهواء المحيط بالأرض وفق نظرية تكوين الحمل الحراريConvection Cell Theory، حيث إن الهواء الساخن قرب خط الاستواء يرتفع ليبدأ رحلته في اتجاه القطب، وفي هذه الآلية الهوائية تحدث ثلاث صعوبات:

١- بارتفاع الهواء لن يكون بالمقدور حمل غطاء آخر من الهواء الثقيل فوقه مما يعني فقدان الكثير من حرارة الهواء في الفضاء. وهذا يجعل الهواء بعيداً عن مصدر سخونته القريب من سطح الأرض مما يؤدي تدريجياً فقدان الهواء للحرارة.

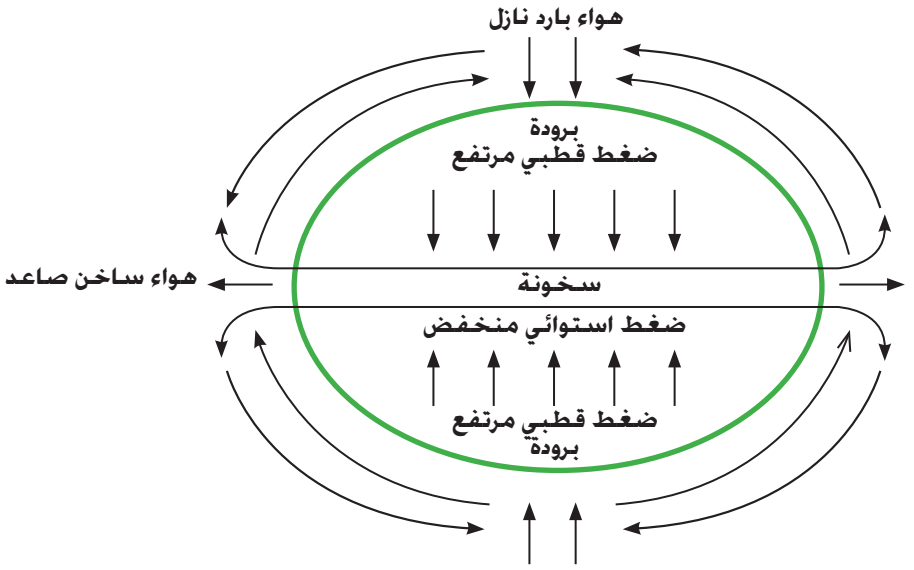
٢- يتجمع الهواء في حركته تجاه القطب نتيجة للإشكالية الدورانية للأرض بسبب تباين قطر الأرض بحسب الاتجاهات شرقاً وغرباً. فعندما تدور الأرض يكون طول قطره عند خط الاستواء حوالي (٤٠,٠٠٠ كم) لكنه ينكمش في الشرق والغرب كلما اقتربنا من القطب.

٣- دوران الأرض يؤدي إلى خلق قوة أو تأثير يسمى «تأثير كورليوس» Coriolis Effect يؤدي لرحلة الهواء في الاتجاه القطبي أن ينحرف الهواء باتجاه الشرق.

ونتيجة لدوران الأرض فإن الرياح تؤثر في التيارات المائية السطحية في المحيطات، فتنحرف باتجاه اليمين في نصف الكرة الأرضية الشمالي ولليسار في نصف الأرض الجنوبي بسبب قوة كارليوس، فأي تيار يبدأ على السطح ينحرف

فوراً، وأحياناً لشدة قوة كارليوس فإن التيارات السطحية تؤثر أيضاً في التيارات في الطبقة العميقة لمياه البحار فتنحرف عن اتجاهها.

هذه القوة الكوريوسية يمكن فهمها بوضوح عن طريق تخيل شخص يجلس في مركز قرص يدور ويواجه شيء حول حافة حفرة. فعندما يرمي الشخص الكرة مباشرة في اتجاه هذا الشيء فإن الكرة تندفع في خط مستقيم، ولكنها لا تصيب الهدف لأن الشيء هذا قد دار أكثر في اتجاه اليسار. ولكن بالنسبة للشخص الذي يدور مع الشيء فإن الكرة تظهر وكأنها تحركت في شكل منحنى بعيد عن الشيء.



شكل (٦) دوران الهواء الجوي في حالة عدم دوران الأرض

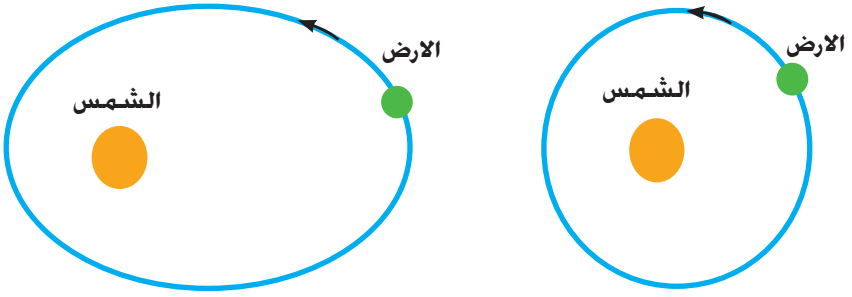
هناك ثلاثة عوامل لها أهمية في التغيرات المناخية وفي العلاقة بين الأرض والشمس واختلاف الليل والنهار والمواسم وهي :

أولاً: مدار الأرض حول الشمس ليس دائرياً كاملاً وإنما مدار بيضاوي Ellipse، فلو كان هذا المدار دائرياً فإن الصيف والشتاء أو فصول السنة تصبح بطول زمني واحد. إن التباين في طول الزمن لكل موسم يجعل التغير الحراري للأرض مختلفاً على الأرض. والاختلاف اللاتمركزي Eccentricity على مدى أكثر من (١٠٠,٠٠٠) سنة لمدار الأرض يمثل حالة « التمدد » أو البعد أكثر عن الشكل الدائري للمدار، لكن ذلك لا يعني أن تمدد المدار مستقراً.

ثانياً: حدوث التوازن ودقة التعادل بين الليل والنهار أو طول المواسم خاصية لها علاقة بدوران أو تمايل الأرض وحدوث التأرجح حول محورها حيث يحدث الاختلاف في الفصول عندما تكون الأرض اقرب إلى الشمس.

ثالثاً: يتأثر المناخ تأثراً بالغاً في مدة زمنية تُقدر بحوالي (٤١,٠٠٠) سنة بسبب الانحراف الدائري لظاهرة المدار البيضاوي حول الشمس، حيث إن ميل محور الأرض يتغير بين (٢١,٥) و(٢٤,٥) درجة مئوية.

هذه الظواهر الثلاث تشكل ما يسمى بنظرية الفلكي ميلانكوفتش Milankovitch Theory عن التغيرات في الأشعة الشمسية الساقطة على الأرض. فالعالم الفلكي الصربي ميلانكوفتش، المتخصص في الرياضيات، اقترح أن الدوران الطبيعي للأرض أثّر في تغير علاقة الأرض بالشمس، وبالتالي تأثر المناخ بحدوث الحرارة والبرودة، ونشأت العصور الجليدية في التاريخ القديم.



شكل (٧) الاختلاف في مركزية الشمس بالنسبة للأرض

إن اللامركزية المتمثلة في تغير مركزية الشمس بالنسبة لمدار الأرض ودوران الأرض حول الشمس يغير شكل مدار الأرض حول الشمس كما يشير إليه ميلانكوفتش. فالتأثيرات المتبادلة بين الأرض والشمس تغيرت على مدى (٤-٦) مليون سنة منذ بداية نشأة الأرض. ومع أننا نتحدث بصفة عامة أن مدار الأرض تقريباً له شكل دائري إلا أن هناك حوالي (٣١٪) اختلاف في المسافة، وكذلك الزمن عندما تكون الأرض أبعد من الشمس. وعندما تكون أقرب إلى الشمس والذي يحدث عادة في (٣) يناير من كل سنة ميلادية حيث عند هذه النقطة تصبح الأرض بعيدة عن الشمس بمسافة تقدر بـ(٩١,٥) مليون ميل. وعندما تكون الأرض

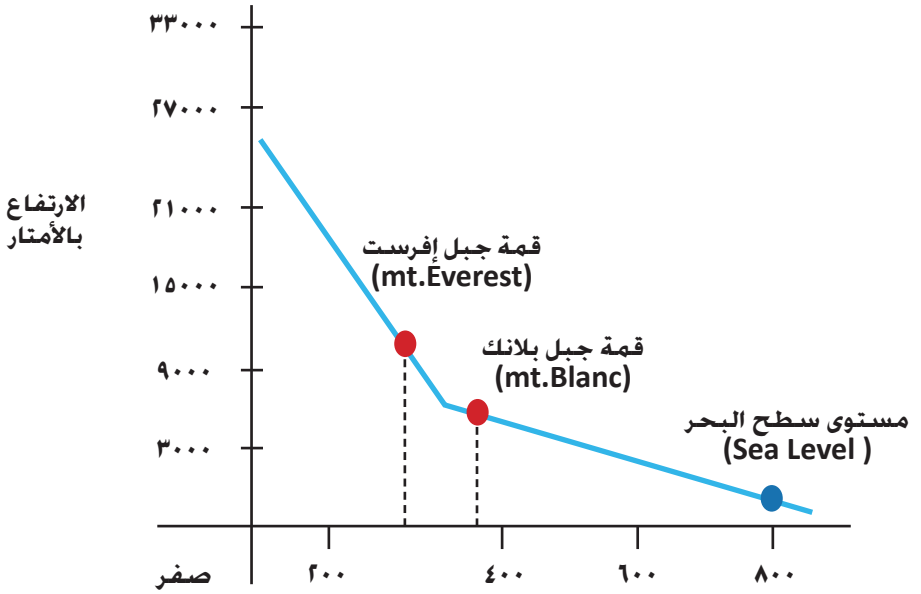
أقرب إلى الشمس فإنها تحصل على أشعة أكثر، وإذا حدث ذلك في الشتاء سيكون الجو دافئاً، وإذا جاء الصيف والأرض أقرب إلى الشمس فإن الصيف سيكون حاراً.

المعروف أن مدار الأرض حول الشمس يتغير بشكل دوري وهو يؤثر في كمية الإشعاع الشمسي الساقط على سطح الأرض. ولمعرفة نظرية ميلانكوفج التي ثبت فيما بعد صحتها بعد الاعتراض عليها في بداية الإعلان عنها لابد من الإلمام بمفاهيم مثل اللاتمركزية Eccentricity وهو تعبير عن التغيرات في قياس عدم دائرية الأرض، أي التغير في الشكل الاهليجي للأرض والتي تحدث خلال دورة تبلغ طولها (٩٦,٠٠٠) سنة. وكذلك مفهوم ميل محور الأرض وهو تعبير عن التغيرات في الزاوية الانحرافية Inclination or Tilt لمحور الأرض والتي تبلغ قيمتها (٢٢-٢٤,٥) درجة. هذا الانحراف أو الميل بسبب حدوث الفصول الأربعة، كما أن زيادة زاوية الميل يؤدي إلى زيادة الفرق بين درجة حرارة الصيف ودرجة حرارة الشتاء، وهذه التغيرات تحدث كل (٤١,٠٠٠) سنة. كذلك يؤكد ميلانكوفج على تأرجح الأرض حول المحور Precession or Earth Wobbles الذي يحدث كل (٢١٠٠) سنة. إن ذلك يعني حسب نظرية ميلانكوفج أن العوامل الفلكية تؤثر في المناخ، وأن الدورة تحدث بشكل دوري للأرض لكن الدورة الشديدة تحدث كل (٤٠,٠٠٠) سنة.

تؤكد نظرية ميلانكوفج أن الأرض تتجه نحو البرودة وليس السخونة بخلاف ما هو حاصل في وقتنا هذا، مما يعني أن النظرية لم تلتفت إلى النشاطات البشرية التي تساهم في تغير العوامل المؤثرة في المناخ.فهي تتحدث عن الظروف الطبيعية لعلاقة الأرض بالشمس وبالتغيرات المناخية. لذلك فإن الاحترار العالمي صناعة إنسانية، والتغيرات المناخية هي نتاج هذا الاحترار.

يتمدد الهواء الساخن الملامس لسطح الأرض بواسطة الحمل Convection أو النقل فيصبح أخف من الهواء في الطبقات العليا من الجو مما يؤدي إلى إحلالها بهواء بارد. هذا الهواء الحار الأقل كثافة من الهواء البارد يتسبب في ارتفاع الهواء مؤديا إلى انخفاض في الضغط الجوي، كما أن الهواء النازل يزيد من ضغط الهواء. لذلك يتحرك الهواء من أماكن الضغط المرتفع إلى أماكن الضغط المنخفض وبسرعة الحركة المقاربة لاتجاه الضغط. فكلما كان اتجاه الضغط مرتفعا كلما كانت السرعة عالية.

وبسبب قابلية الهواء للانضغاط Compressibility فإن كثافة الهواء تقل كلما ارتفعنا في الجو. إن متوسط ضغط الهواء في مستوى سطح البحر يقارب (١٠١٣ mb)، بينما على ارتفاع (٥٠٠٠ متر) يكون الضغط حوالي (٥٥٠ mb). ومع أن ضغط الهواء يتغير مع الارتفاع عن سطح البحر فإن هذا الضغط يغير من درجة حرارة الأرض. لذلك قسم العلماء الجو إلى طبقات مختلفة في مكوناتها بحسب ارتفاعها عن سطح الأرض.



شكل (٨) العلاقة بين ضغط الهواء والارتفاع عن سطح البحر

إن الطبقة القريبة من سطح الأرض تسمى التروبوسفير Troposphere، وهي أكثر دفئاً لكن تحدث فيها تقلبات الطقس الكثيرة. وكلما ارتفعنا في طبقات الجو فإن الحرارة تنخفض بمعدل (٦,٤) درجة مئوية لكل (١٠٠٠) متر، وهو معدل يُطلق عليه «المعدل الانحرافي للحرارة البيئية» Lapse Environmental Temperature Rate.
أما سماكة طبقة التروبوسفير فإنها تختلف تبعاً لاختلاف المواسم، لكن تزداد السماكة بدءاً من سطح الأرض وفوق خط الاستواء لتصل حوالي (١٧ كم)، بينما تقل على القطب (١٠ كم).

تلي طبقة التروبوسفير طبقة أخرى بعيدة عن سطح الأرض تسمى «الستراتوسفير» Stratosphere، حيث تنخفض الحرارة تدريجيا لتصل إلى الصفر درجة مئوية على ارتفاع (١٥ كم) ولها سماكة تعادل (٤٠ كم). وهذه الطبقة تحوي الأوزون الذي يعمل كلفتر غازي لبعض الأشعة فوق البنفسجية الحارقة الآتية من الشمس. كذلك تلي طبقة الستراتوسفير طبقة الميزوسفير Mesosphere، حيث تنخفض الحرارة كثيراً (−٨٠ درجة مئوية). وهي طبقة تبعد عن الأرض حوالي (٨٠ كم). يلي هذه الطبقة «طبقة الثيرموسفير» Thermosphere على ارتفاع أكثر من (١٠٠ كم) من سطح الأرض، ويلاحظ طبقات جو الأرض المختلفة في الشكل رقم (٩).

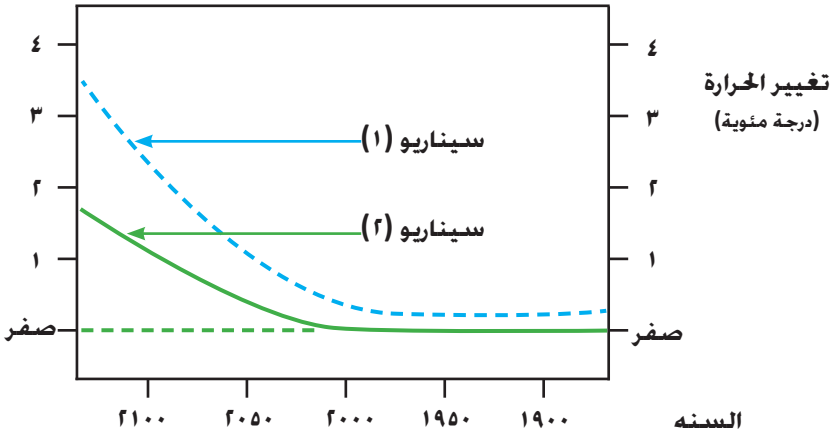
ومع أن كل طبقات الجو مهمة للأرض إلا أن طبقة الستراتوسفير تشكل أهمية بالغة لاحتوائها على الأوزون الضروري لوقاية الأحياء على الأرض من الإشعاع المسبب للكثير من الأمراض واعتلال الصحة العامة للبشر. فتآكل الأوزون يؤدي إلى تغير في المناخ العالمي، وتأثير بالغ في المحاصيل الزراعية، وتأثر الأحياء المائية، والاختلال في الحياة البرية، واعتلالات صحية وغيرها.

لقد وجد من الدراسات السابقة أن انخفاض مستويات الأوزون يؤدي إلى ارتفاع في مستويات الأشعة فوق البنفسجية التي تصل إلى سطح الأرض. فنسبة هذه الأشعة فوق البنفسجية القادمة من الشمس لا تتغير لكن تتغير نسبتها بوصولها سطح الأرض اعتماداً على التغيير في مستويات الأوزون في « الطبقة الستراتوسفيرية ». عامة، تشير تقارير برنامج الأمم المتحدة للبيئة (UNEP) إلى أن لكل (١٪) انخفاض في مستوى الأوزون بيولوجياً يرتفع قوة تدمير الأشعة فوق البنفسجية بحوالي (١,٣٪).

شكل (٩) طبقات الجو ويلاحظ طبقة الأوزون

يؤثر المناخ في بيئة الأرض تأثيراً بالغاً مؤدياً إلى خلق اضطرابات في البيئة الطبيعية والمشيدة، فالكثير من التضاريس الجيولوجية والجغرافية والأوضاع البيولوجية والأنظمة الاكولوجية وغيرها تتأثر بدرجة عالية. لذلك يصعب التحكم في كل شيء من رياح وأمطار وحرارة وبرودة وتجنب الخسائر المادية والأزمات الصحية. وهذه المخاطر البيئية قد تحدث بسبب عامل واحد كارتفاع حرارة الأرض بسبب ارتفاع تركيزات غاز (CO_2) في الجو.

غالبية الدراسات والأبحاث المتصلة بالتغيرات المناخية Climate Changes، وخاصة المتعلقة بارتفاع درجة حرارة الأرض Global Warming تؤكد على شدة التداعيات الخطيرة الناجمة عن تقلبات المناخ وحدوث الاحتباس الحراري في الحاضر والمستقبل. فلقد أصبح الاحتباس الحراري حقيقة لا تحتاج إلى برهان بعد أن شُخصت منذ عام (١٨٥٠م) معدلات ارتفاع الحرارة الأرضية، وما يترتب عليها من مشكلات، خاصة متابعة تسجيل درجات ارتفاع الحرارة الآخذة في التزايد في الفترة (١٩٩٥م - ٢٠٠٩م). بل إن هناك دراسات تشير إلى احتمالات ارتفاع حرارة الأرض حتى عام (٢١٠٠م) بحسب معدلات ارتفاع الحرارة منذ عام (١٩٠٠ م) نتيجة لارتفاع تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون في الجو. ويعتبر غاز (CO_2) العامل الأساسي المؤثر في ارتفاع حرارة الأرض.



شكل (١٠) تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي

هذا الانقلاب الحراري للأرض، وعلى مدى (١٥) سنة الماضية ووفق الرصد العلمي الدقيق للتطورات الجيوكيمائية والفيزيائية والجغرافية للمناخ ودور البشر فيه مقارنة بتأثيرات الطبيعة يعكس عن يقين شدة الصلة بين التغيرات المناخية والنشاطات البشرية المدمرة لبيئة الأرض. فمن أبرز براهين سخونة الأرض رصد مجموعة من الظواهر غير المألوفة أثرت ومازالت في الأنظمة البيئية.

وفي النظام الإكولوجي العالمي Global Ecolgical System نشاهد الكثير من الظواهر غير الاعتيادية مثل الذوبان المستمر للجليد على قمم الجبال العالية، وتكّسر البحيرات والأنهر الجليدية، ونمو النبات في مواسم مختلفة، وتفتح أزهار الأشجار قبل موعدها، والتغير في مواسم تكاثر الطيور، واختلاف مواسم ظهور الحشرات والحيوانات، وتأثر الترسبات البحرية الناتجة عن الاختلال في التيارات المائية وحركتها الأفقية والرأسية الاعتيادية، وإطالة أمد العواصف وتنامي شدتها وغيرها.

لقد تطرق العلماء في الثمانينيات من القرن الماضي إلى ظاهرة ثقب الأوزون Ozone Hole في القطب الجنوبي Antarctica وتزايد مساحة هذا الثقب، والارتفاع التدريجي في حرارة الأرض. وفي التسعينيات أيضاً حدثت التقلبات المناخية واستمرت إلى هذا اليوم حيث شدة الجفاف، وسخونة الأرض، والتصحر، والفيضانات، وذوبان ثلوج القطب الشمالي المتجمد، وكثرة الزلازل والأعاصير

والبراكين، وتدهور التنوع الحيوي، وتنامي معدلات الأمراض عند البشر، ونقصان الغطاء الأخضر لسطحات الأرض في كثير من بقاع الأرض. ناهيك عن تدهور إنتاج المحاصيل الزراعية، والاختلال العام في النظم البيئية.

صور مختلفة من تدهور بيئي وحياتي مازال العلماء يحذرون من تداعياته بعيدة المدى. أما في وقتنا الحاضر فلا يكاد يمر يوم إلا وهناك أزمة أو كارثة بيئية تحل ببقعة من بقاع الأرض، أما في البحار أو في أجواء الأرض أو لمكونات التربة والتي تؤثر في الناس وتحدث خسائر في الأرواح والأشياء مؤدية إلى مشكلات ليست لها حدود جغرافية أو زمنية، لأنها لا تصيب جانب واحد أو مكوّن دون الإصابة بالمكونات الأخرى للبيئة، بسبب طبيعة العلاقات المتداخلة بين المكونات الحية وغير الحية في البيئة. لاشك أن المخاطر على هذه المكونات واسعة وممتدة تتجاوز حدود أي تصور أو معالجة مادامت أجواء الأرض مفتوحة، وكذلك مياهها ويابستها.

المعروف أن البيئة تعني الجانب الحي وغير الحي، أو الطبيعي والمكّون المشّيد، وبالتالي فإن مشكلاتها تتداخل مع كل عناصر البيئة لدرجة أنها لا تقتصر على جانب واحد دون آخر. وهذه المشكلات تشمل الجانب الطبيعي، وكذلك الميادين الاقتصادية والاجتماعية والثقافية والأمنية والسياسية وغيرها. فلو حدث مثلاً تلوث نفطي فإن ذلك يؤثر سلباً على الصحة العامة، وموت الكائنات، وتشويه للبيئة الطبيعية، وتأثيرات اقتصادية وسياسية وغيرها. كذلك لو ارتفعت درجة حرارة الأرض بسبب غاز ثاني أكسيد الكربون (CO_2)، فإن ذلك يؤدي إلى سخونة الأرض، وتدهور الأشياء، وحدوث فيضانات وزلازل أو أعاصير وغيرها.

الفصل الثاني

النشاط البشري وغازات الدفيئة

الفصل الثاني

النشاط البشري وغازات الدفيئة

• الاحتباس الحراري

تتناول الدراسات التي تُجرى عن الأزمات البيئية بُعديّن هما: أزمات عالمية، أي تشترك غالبية دول العالم فيها، وأزمات ذات طابع محلي وإقليمي، ولكل أزمة درجة خطورة متباينة عن غيرها، وقد صنّفتها اللجنة العالمية حول البيئة والتنمية (WCED) في عام (١٩٨٧م) بأنها أزمات متداخلة التأثيرات، فالأزمة المحلية قد تصبح عالمية، والعكس أيضاً صحيح. وفي الجدول رقم (٣) نلاحظ بعض الأزمات التي لها خطورتها ومستوى تهديدها وتأثيراتها العالية. ومن هذه الأزمات التغير المناخي وانبعاثات غازات الدفيئة.

الأزمة	تهديد	نشط	درجة الخطورة
الحروب البيولوجية	√	√	عالٍ
التغيير المناخي	√	√	عالٍ
مشكلة الأوزون	√	√	عالٍ
انبعاثات الغازات الدفيئة	√	√	عالٍ
التكنولوجيا غير المناسبة	√	√	عالٍ

جدول (٣) بعض القضايا التي تشكل أزمة بيئية ولها تهديد نشط وخطورة عالية

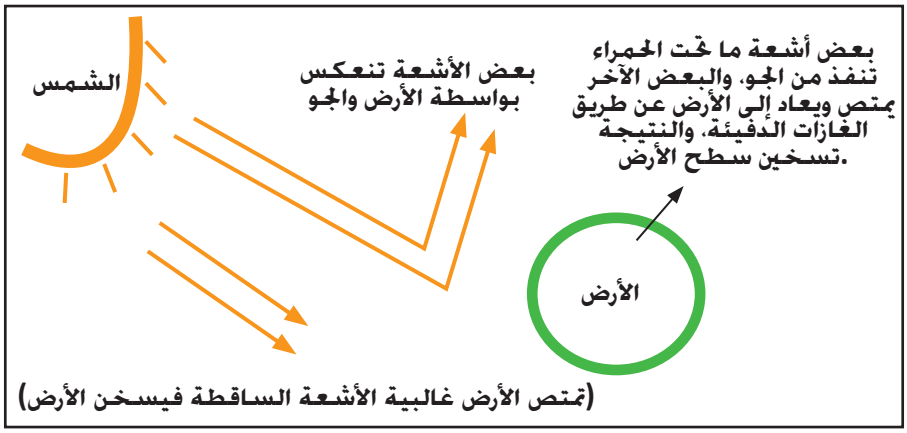
إن الاهتمام العالمي بالتغيرات المناخية، وخاصة ظاهرة الاحتباس الحراري العالمي Global Warming نابع من القلق الدائم من مخاطر انعكاساتها السيئة على الإنسان والتنمية، فلقد ارتفعت درجة حرارة الأرض إلى معدلات غير مسبوقة بسبب التأثيرات البشرية على مناخ الأرض، وتنامي معدلات انبعاثات الغازات الضارة المسببة للاحتباس. هذا الارتفاع الملحوظ في درجة حرارة الأرض بسبب استمرار ارتفاعها ناتج من الأنشطة البشرية المتمثلة في الأنشطة الصناعية والزراعية والتجارية والاتصالية وغيرها.

لهذا فإن دراسة ظاهرة الاحتباس الحراري للهواء والمحيطات على سطح الأرض، كنتاج للتغير المناخي، بلاشك تفيد في وضع استراتيجيات تُجنِب حدوث الاحتباس على المستوى العالمي. فالاحتباس الحراري يعني الزيادة في متوسط حرارة الأرض منذ منتصف القرن العشرين الذي نتج عن التغيرات المناخية واضطراب الأنظمة البيئية، بسبب النشاطات البشرية المفّعلة للاختلالات في العوامل الداخلة في الأنظمة البيئية. هناك تساؤلات كثيرة عن ماهية الاحتباس الحراري، وما علاقة هذا الاحتباس بغازات الأرض، وبالعوامل الجيولوجية والفيزيائية والكيمائية التي تؤثر في طبيعة الغلاف الجوي Atmosphere المؤثر في النظام البيئي العالمي المتزن؟ وكيف يؤثر احترار الأرض في الأنظمة البيئية؟ وما مستوى التهديد للصحة والأمن الغذائي وتدهور الموارد المائية، والتصحر، والفيضانات والأعاصير وغيرها؟ ثم هل بالإمكان معالجة الاحتباس الحراري عالمياً من أجل تجنب الكثير من المخاطر الكبيرة المحدقة بالإنسان وسائر الأشياء؟، هذه التساؤلات وغيرها الكثير بلا شك تحتاج إلى إجابات مطولة نحاول قدر الإمكان أن نبحث باختصار في جوانب منها بهدف توصيل رسالة مفادها أن الإنسان بيده المحافظة على البيئة، مثلما بيده تحمّل أخطائه بسبب عبثه وسوء تعامله مع البيئة، فالإنسان المسبب الأول للاحتباس الحراري.

لاشك أن ظاهرة الاحتباس الحراري مشكلة عالمية خطيرة، خاصة إذا تجاوزت حرارة الأرض عن المعدلات الطبيعية، وارتفعت الحرارة في بعض بقاع الأرض إلى مستويات لا تحتمل، بينما قد تنخفض في بقاع أخرى إلى برودة لا تحتمل أيضاً بتجاوز (٢٠) درجة مئوية تحت الصفر. فحاجة الأرض إلى الحرارة المناسبة وفق النظام البيئي المتزن للحرارة والبرودة وحركة الغازات الضرورية لاستمرارية الحياة بوجود بخار الماء والرياح، وغيرها تشكل نظاماً متزناً لبيئة الأرض الذي يقوم غلافه الجوي بالحفاظ على الحياة واستمراريتها. فالغلاف الجوي للأرض يمتص الأشعة تحت الحمراء Infrared Radiation التي تنبعث من سطح الأرض كانعكاس للأشعة الساقطة على سطحه من الشمس ويحبسه في الغلاف الجوي. هذه الأشعة المحتبسة تعمل على تدفئة سطح الأرض ورفع درجة حرارته حسب نظام الاتزان، لكن خروجها عن المألوف يجعلها كارثة عندما تتغير نسب انبعاث الغازات المكونة للغلاف الجوي، وخاصة تزايد تركيزات غاز (CO_2) بجانب الغازات

الأخرى المؤثرة بدرجة عالية في طبقة أوزون الأرض Earth's Ozone Layer، وتآكل هذه الطبقة على نحو لا يستطيع صد الإشعاع الضار بالأرض، وخاصة زيادة الأشعة فوق البنفسجية Ultra Violet Radiation التي تصل إلى سطح الأرض من الشمس، وتؤثر في معادلة التوازن بين الأشعة الضارة وسرعة الزيادة في درجة حرارة الماء والهواء المحيط بالأرض.

والمعروف أن سطح الأرض يمتص بعض أشعة الشمس التي تبعثها أو ترسلها على شكل الأشعة دون الحمراء Infrared Radiations التي لها موجة طويلة، حيث إن هذه الأشعة التي هي دون الحمراء تمتصها الغازات العادمة (الدفيئة) الجوية Greenhouse Gases فتعيدها إلى الأرض. ونلاحظ ذلك في الشكل رقم (١١).



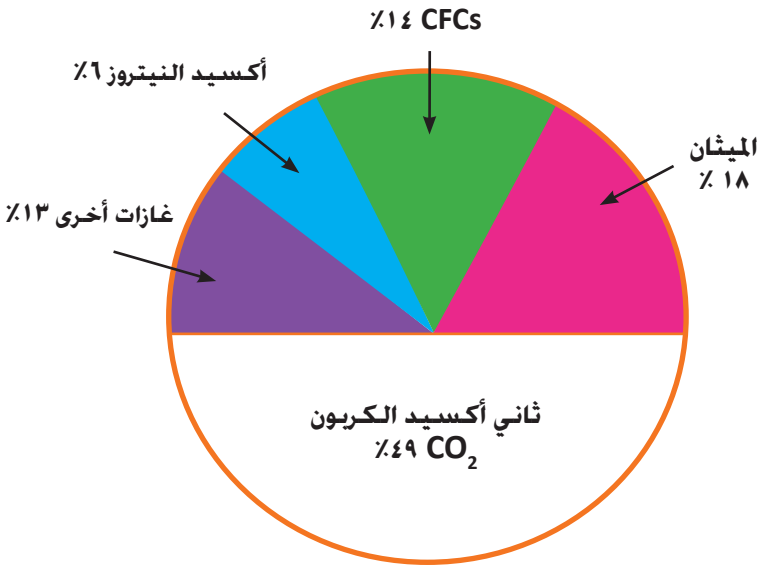
شكل (١١) تأثيرات غازات الدفيئة على الأرض

تنفذ أشعة الشمس إلى جو الأرض وتصل إلى السطح فتمتصها اليابسة والماء والنبات ثم يعاد الإشعاع من سطح الأرض على شكل طاقة إشعاعية تحت الحمراء Infrared Energy إلى الغلاف الجوي. معظم هذه الطاقة غير المرئية تمر خلال المكونات الرئيسية للجو كالنيتروجين والأكسجين، وتهرب إلى الفضاء الخارجي. فإذا كان الجو لا يحتوي على غازات أخرى فإن الأرض تصبح مكاناً بارداً تصل درجة حرارتها إلى (٥٠) درجة مئوية تحت الصفر، لكن الجو يحتوي على نسبة صغيرة من الجزيئات Molecules التي تحجب وتمتص بعض الطاقة المفقودة.

الخاصية الجوية التي تسمح للإشعاع Solar Radiation للدخول بحرية، وفي الوقت نفسه تمنع عودة الإشعاع جزئياً يشابه ما تقوم به الغرفة الزجاجية لزراعة وحفظ النباتات، حيث يتم حجز الإشعاع. فالغازات الدفيئة في إطار الاحترار العالمي هي الغازات التي تشتمل على (CO_2)، والكلوروفلوروكربونات، وأوزون المستوى الأرضي، والميثان، وأكسيد النيتروزNitrous Oxide، وبخار الماء H_2O وكلها عوامل أساسية في سخونة الأرض وارتفاع منسوب سطح البحار والمحيطات.

• ثاني أكسيد الكربون (CO_2)

يشكل غاز (CO_2) نسبة تعادل (٠,٠٣٣٪) من الهواء الجاف القريب من سطح الأرض، وهو مصدر الحصول على الغاز للتنفس في الحيوان، وتحلل المادة العضوية، وحرق الوقود حيث إن هذا الحرق من الإنسان يعادل (٧٥٪) من إجمالي(CO_2) المنتج الذي يذهب إلى الجو كل عام. لقد وُجد أن عشر دول كبيرة تساهم في الانبعاثات الغازية بحوالي النصف، وهي دول صناعية، ويلاحظ في الشكل رقم (١٢) نسب غازات الدفيئة الناتجة عن النشاطات البشرية في العالم حيث إن (CO_2) يشكل حوالي (٤٩٪) من مجموع الانبعاثات الغازية الأخرى.



شكل (١٢) نسبة انبعاثات غاز (CO_2) مقارنة بالغازات الدفيئة الأخرى

هناك الكثير من الصناعات المؤدية إلى ارتفاع معدلات الانبعاثات الغازية في العالم. ونظراً لكثرة المصانع وتنامي أعدادها واختلاف منتجاتها فإن الانبعاثات العالية لغازاتها أصبحت مخيفة، حيث إن أمريكا فقط في عام (١٩٩٥م) كان لديها أكثر من (١٣) ألف مصنع كيميائي ينتج أكثر من (٨٠) ألف مادة كيميائية بما في ذلك (٤٠) ألف نوع من المبيدات Pesticides. كما أن الصناعة الأمريكية كل سنة تخّلف أكثر من (٢) طن من المخلّفات الكيميائية لكل مواطن مما يعني أن هناك أكثر من (٢٩٠) مليون طن كل عام من هذه المخلفات.

كمية الانبعاثات الغازية التي تقاس بالطن المتري لكل فرد يمكن ملاحظتها في الجدول رقم (٤)، حيث التباين في انبعاثات غازات الدفيئة لبعض الدول في عام (١٩٨٧م). وقد تم ترتيب الدول حسب كمية الانبعاثات لكل فرد، فالدول التي تتصدر القائمة هي أكثر الدول انبعاثاً للغازات بالنسبة لكل فرد.

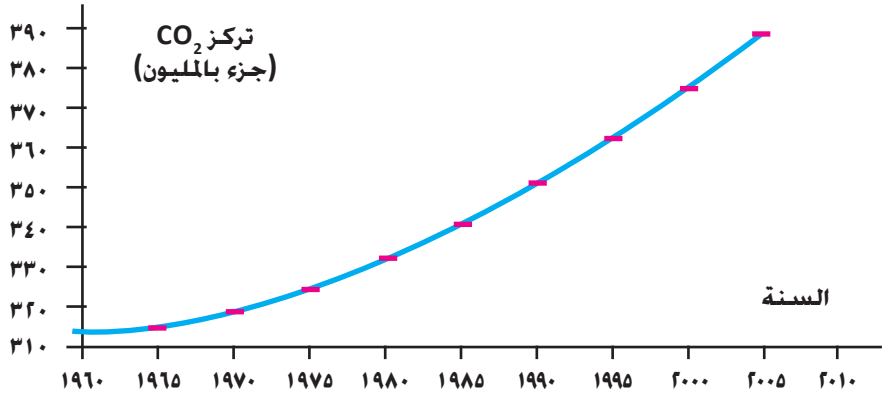
ومع أن غازات الدفيئة تتأثر بالأشعة الشمسية إلا أن طاقة الشمس لاتصل كلها إلى سطح الأرض، فبعضها يتم امتصاصه بواسطة بخار الماء، والغازات، والجسيمات العالقة والسحب، كما أن حوالي (٧٠٪) من الإشعاعات يعاد انعكاسها بموجات طول عالية، وترتد إلى الفضاء، وجزء من هذا الإشعاع المرتد يحتبس Trapped Radiation بصورة رئيسية في الجزء السفلي من الجو، وعلى مستوى أقل من (١٤ كم) بواسطة بخار الماء وغازات الدفيئة من أجل المحافظة على حرارة الأرض. ومع أن تأثيرات غازات الدفيئة على المناخ متباينة، لكن أكثر الغازات المؤثرة هي (CO_2) حيث وجد أن مساهمة هذا الغاز في التغيير كانت حوالي (٥٥٪) في عام (١٩٩٣م).

الترتيب	الدولة	الانبعاثات لكل فرد بالطن المتري	ملاحظات
١	لاوس	١٠	⋆
٢	قطر	٨,٨	•
٣	الإمارات	٥,٨	•
٤	البحرين	٤,٩	•
٥	كندا	٤,٥	
٦	لوكسمرج	٤,٣	
٧	البرازيل	٤,٣	
٨	ساحل العاج	٤,٢	
٩	أمريكا	٤,٢	
١٠	الكويت	٤,١	•
١١	إستراليا	٣,٩	
١٢	ألمانيا	٣,٧	
١٣	عمان	٣,٥	
١٤	السعودية	٣,٢	
١٥	نيوزلندا	٢,٨	
١٦	هولندا	٢,٨	
١٧	كوستاريكا	٢,٨	
١٨	سنغافوره	٢,٧	
١٩	بريطانيا	٢,٧	
٢٠	فنلندا	٢,٥	

⋆ تصحر عالٍ.

• حرق الغاز الطبيعي ومخلفات تكرير البترول.

جدول (٤) انبعاثات غازات الدفيئة عام (١٩٨٧م) في بعض الدول



شكل (١٣) مستوى تركيزات (CO_2) في الجو (١٩٥٨ - ٢٠٠٧م) والمتوقع حتى (٢١٠٠م)

إن ارتفاع الحرارة بسبب غازات الدفيئة المنبعثة بنسب عالية تفعّل دورة الرياح والتيارات المائية السطحية فيرتفع مستوى البحر بسبب التمدد الحراري (Thermal Expansion) لمياه البحار.كما أن ذوبان الجليد على القمم العالية القطبية، وأيضاً تكسر وتمدد البحر الجليدي(Sea Ice) من العوامل التي ترفع مستوى سطح البحر. وفي حال ذوبان الجليد فإن ارتفاع المياه قد يصل (٥) أمتار، وهناك من يقدّر الارتفاع بحوالي (٧) أمتار، لكن ذلك يتعذر حدوثه ما لم ترتفع الحرارة بزيادة يُقدر متوسطها بحوالي (٤) درجة مئوية. وهو أمر لا يحدث إلا بعد (١٠٠) سنة على الأقل، وحتى ذلك الوقت، فإن ارتفاع مستوى البحر الدولي لن يكون فجائياً ومدمراً.

هناك دراسات تشير إلى ارتفاع سطح البحر في منطقة بحر الشمال بسبب انبعاثات غازات الدفيئة المختلفة من المصانع، والتيارات الهوائية الساخنة، وذوبان الجليد في المناطق القطبية من بحر الشمال. فلقد وجد أن ارتفاع مستوى البحر في الجزء الجنوبي لبحر الشمال في الفترة ما بين (١٩٩٠م - ٢٠٣٠م) يقدر بحوالي(٩-٢٩)سم مع زيادة سنوية تُقدر بنحو (٦-٤)ملم. كما أن الدراسات تشير أيضاً أن مستوى بحر اليابان قد ارتفع بمقدار (١٠-٢٠)سم على مدى القرن الماضي بسبب التمدد الحراري لماء البحر وتأثيرات ذوبان الجليد.

وإذا كان(CO_2) المسؤول الأول عن ارتفاع حرارة الأرض فإن غازات أخرى تساهم أيضاً في هذا الارتفاع، خاصة وأن غازات الدفيئة زادت تركيزاتها في الهواء منذ الثورة الصناعية. فمنذ عام (١٧٥٠م) وتركيزات (CO_2) بمعدل (٣٧٪)، والميثان (٥٠٪)، وأكسيد النيتروز (١٨٪). كذلك ارتفعت معدلات استهلاك الفحم وحرق الوقود الأحفوري والبترول في وسائل النقل. هذه الزيادة في استعمالات الوقود الأحفوري رفعت من معدلات الانبعاثات الغازية الدفيئة بسبب زيادة الإنتاج الصناعي الذي يعتمد على الزيادة في مستوى إنتاج الوقود الأحفوري ومعه البترول. لقد كان الإنتاج العالمي للنفط يعادل (١٥٠) مليون برميل في العام، لكن الآن أصبحت هذه الكمية تُستخرج في يومين.

كل المكونات المناخية عند حدوث أي تغيير لأيٍّ منها فإنها تؤدي إلى تغيرات وتفاعلات متبادلة في بقية المكونات. فالتغير في تركيز (CO_2) مثلاً يؤدي إلى الانحباس الحراري إذا زاد التركيز عن المستوى المقبول، وارتفاع الحرارة يرفع من سرعة الرياح وتحدث الفيضانات، وتكثر المشكلات البيئية. هناك مجموعة من الغازات والعوامل التي ترفع من تركيزات الانبعاثات الغازية في الهواء ينبغي دراستها، وخاصة تحديد دور كلٍّ غاز دفيء في ارتفاع حرارة الأرض وهي:

١- غازات الدفيئة مثل:

- ثاني أكسيد الكربون (CO_2).
- الميثان (CH_4).
- الكلوروفلوروكربون (CFCs).
- أكسيد النيتروز (N_2O).
- الأوزون (O_3)

٢- الانبعاثات الأخرى مثل الجسيمات والضباب والدخان والكبريتات.

٣- التلوث الحراري وسخونة الهواء الصاعد من المدن.

٤- التغير في الأسطح العاكسة لأشعة الضوء مثل الأسطح الجليدية، والتحريج Afforestation، والإفراط في الرعي، والهدر في مياه الري، وإطالة أمد ري المزارع.

٥- التغير في معدلات بخار الماء.

تتكون الغازات الدفيئة من مجموعة من الغازات والمركبات أهمها: الكلوروفلوروكربونات (CFC_s)، وبرومايد الميثيل، وأكسيد النترات، وهذه المواد هي مركبات كيميائية وصناعية تستخدم في الثلاجات والعوازل والمكيفات. وكذلك (CO_2)، وثاني أكسيد الكبريت (SO_2)، وأكسيد النيتروز (N_2O) والميثان (CH_4)، وكبيريتد الهيدروجين (H_2S)، وغيرها. والمعلوم أن هذه المواد المنبعثة في الجو من المصانع على المستوى العالمي تتفاوت من مادة لأخرى، ويُلاحظ ذلك في الجدول رقم (٥).

المواد المنبعثة في الجو	مليون طن / السنة	الانبعاثات العالمية بفعل الإنسان ٪
ثاني أكسيد الكربون	٣٥٠٠	٥٠
الميثان	٨٤	٢٤
أكسيد النيتروز	٠,٢	١٣
الأمونيا	٧	٢٠
أكاسيد الكبريت	٨٩	٩٠
أكاسيد النتريت	٣٠	٤٤
المواد العالقة	٢٣	٤٠
المواد الهيدروكربونية	٢٦	٥٠
مركبات الكربون الفلورية/الهاليدات	١,٢	١٠٠

الجدول رقم (٥) التقديرات الانبعاثية للغازات من الصناعة (٢٠٠٢)

كذلك يتأثر المناخ بالمواد الناتجة من احتراق الغابات والحشائش والمخلّفات الزراعية والصناعية، ونواتج حرق الوقود التي تشغل محطات الطاقة، والآلات، ومدافئ المنازل، والعمليات الحربية وغيرها. ويلاحظ في الجدول رقم (٦) تأثيرات غازات الدفيئة على التغير المناخي منذ الثمانينيات.

الغاز	ثاني أكسيد الكربون	ثاني أكسيد الكربون	ثاني أكسيد الكربون	ثاني أكسيد الكربون	الميثان	أكسيد النيتروز	الأوزون	المركب كلوروفلورو كربون
	CO_2	CO_2	CO_2	CO_2	CH_4	N_2O	O_3	CFC_s
المصدر	من المواصلات	من محطات الطاقة (الفحم)	من احتراق الغاز الزيت، الفحم	من الغابات، الاحتراق، إزالة الغابات	من تسّرب الغازات، المستنقعات، الزراعة، التحلل	من الأسمدة، السيارات	من حرق الوقود الأحفوري	من الحرق، الصناعات، العوازل والمكيفات
التأثير	٪٩	٪١٠	٪١١	٪٣١	٪١٨	٪٦	٪١٢	٪١٤

جدول رقم (٦) النسبة التقريبية لتأثيرات غازات الدفيئة في العالم منذ الثمانينيات

لقد وُجِد أن (CO_2) من أكثر الغازات المؤثرة في التغيير المناخي حيث إن مساهمة هذا الغاز في هذا التغيير كانت حوالي (٥٥٪) في عام (١٩٩٣م)، أما غاز الميثان فقد ارتفعت مستوياته من (٨٠٠) جزء في المليون من حيث الحجم في القرن السابع عشر إلى حوالي (١٧٠٠) جزء في المليون من حيث الحجم مع نهاية الثمانينيات. ويُحتمل أن يصل مستوى الميثان في الجو إلى (٢٥٠٠) جزء في المليون من حيث الحجم مع عام (٢٠٥٠م)، والمعروف أن غاز الميثان يرفع من معدل حرارة الأرض أكثر من (CO_2)، وله تأثير على الأوزون. أما ثاني أكسيد الكبريت (SO_2) فلا يعتبر من غازات الدفيئة لكنه غاز يؤثر في حرارة الأرض. وتحديداً فقد ازداد تركيز (CO_2)، بينما الميثان وأكسيد النيتروز ينبعثان بمستوى عالٍ بسبب الزراعة، والمخلفات الزراعية وسوء استخدام التربة.

مستوى انبعاثات غازات الدفيئة في الدول المتقدمة أعلى بكثير من نسبة الانبعاثات لدى الدول النامية. ولقد أُجريت دراستان منفصلتان في أمريكا لتحديد مسؤولية الانبعاثات الغازية في الدول المتقدمة والنامية. والجدول رقم (٧) يبين نتائج الدراستين.

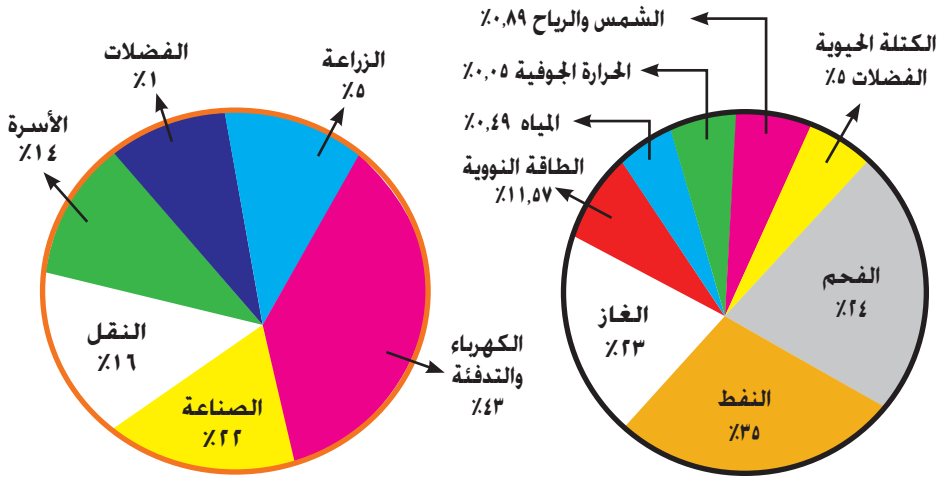
	دراسة (١)		دراسة (٢)	
	الدولة	الانبعاث٪	الدولة	الانبعاث٪
الدول النامية	الهند والصين	١٠,٣	الهند والصين	١٠,٦
	البرازيل	١٠,٣	البرازيل	١٨,٢
	بقية الدول	٢٦,٧	بقية الدول	١٤,٣
الدول المتقدمة	أمريكا	١٧,٠	أمريكا	٢٧,٤
	روسيا وأوروبا	١٦,٠	روسيا وأوربا	١٧,٦
	أوروبا الغربية	١٤,٠	أوروبا الغربية	١١,٩
	اليابان	٣,٩	اليابان	٢,٥
	بقية الدول	١,٤	بقية الدول	٧,٥
مسؤولية الانبعاثات	دول نامية ٪ ٤٧,٣	دول متقدمة ٪٥٢,٦	دول نامية ٪٣٣	دول متقدمة ٪٦٦,٩

جدول رقم (٧) نتائج دراستين عن الانبعاثات الدفيئة

يتضح من الدراسات السابقة عن التغيرات المناخية واحترار الأرض أن الدول الصناعية والمتقدمة تساهم بنسبة كبيرة في الاحترار مقارنة بالدول النامية. فلقد ازدادت كمية (CO_2) في العالم منذ عام (١٩٩٢م) بمقدار الثلث لتصل سنوياً إلى حوالي (٣٠) مليار طن. إن متوسط انبعاث (CO_2) للشخص الواحد في الصين (٤,٣ طن)، وفي الهند (١,١ طن) بينما في أمريكا (١٩ طن)، وألمانيا (١٠ طن). كما أن الدول الصناعية اليوم تشكل حوالي (٢٠٪) من سكان العالم مسؤولة عن ثلاثة أرباع كمية الغاز (CO_2) المنبعث في الغلاف الجوي.

إن حماية الغلاف الجوي للأرض من الارتفاع الكبير للحرارة أصبحت اليوم مسؤولية كل الدول، وبالأخص الدول الصناعية. فكمية الغازات العادمة الصادرة والمنبعثة من الأرض يجب أن تخفض بمعدل (٢٥-٤٠٪) حتى عام (٢٠٢٠م)، وبمعدل (٥٠٪) على الأقل حتى عام (٢٠٥٠م)مقارنة بعام (١٩٩٠م). فبدون ذلك فإن التهديدات تتراوح بين موجات الجفاف القاتل والفيضانات المرعبة التي تجتاح مناطق واسعة من العالم.

تنصح الهيئة الحكومية الدولية للتغير المناخي (IPCC) بتخفيض انبعاثات الغازات بمعدل (٤٠٪) حتى عام (٢٠٢٠م). بعض الدول مثل ألمانيا نجحت في قطع نصف الطريق نحو هذا الهدف، لكن دول كثيرة مازالت بعيدة عن الهدف، خصوصاً أمريكا وروسيا لأسباب اقتصادية وتجارية، وحاجتها إلى تحقيق نمو اقتصادي أساسه الصناعات التي تساهم في ازدياد معدلات الانبعاثات. ولبيان الحالة الألمانية كمثال في عام (٢٠٠٩م) نوجز ذلك في الشكلين (١٥،١٤). لقد احتلت ألمانيا المرتبة الأولى في تخفيض كميات الغازات العادمة خلال السنوات (١٩٩٠م) حتى (٢٠٠٠م) وتم تجاوز أرقام معاهدة (كيوتو) بمقدار (٠,٦٪).



شكل (١٤) مصادر الطاقة في ألمانيا. (٢٠٠٩)

شكل (١٥) الغازات العادمة حسب القطاع الاقتصادي في ألمانيا (٢٠٠٩)

معدلات انبعاثات غازات الدفيئة، كما أشرنا، لها مخاطر كثيرة، خصوصاً وأن (CO_2) يعتبر الغاز الدفيء المؤثر بدرجة عالية في الاحتباس الحراري. والجدول رقم (٨) يوضح جوانب الاختلال في منظومة بيئة الأرض بسبب غازات الدفيئة، ومنها (CO_2).

ذوبان الجليد في القطب (بدأ بالفعل)	ظروف المناخ المتغيرة في جنوب المحيط الهادي تؤدي إلى كوارث في جنوب شرق آسيا (مازالت صامدة)
ذوبان جليد غرينلاند يؤدي إلى ارتفاع منسوب البحر بمقدار (٧) أمتار (على وشك أن يحدث)	كثرة الأمطار والفيضانات تجرف التربة والرمال إلى غابات الأمازون (مازالت صامدة)
موت الغابات، وفقدان التنوع الحيوي وزيادة CO_2 في غابات الصنوبر الشمالية (مازالت صامدة)	موت غابات الأمازون وفقدان التنوع الحي (مازالت صامدة)
انبعاث كميات هائلة من غاز الميثان في شمال أمريكا (مازالت صامدة)	تأثر كميات المياه في المحيط القطبي الجنوبي بزيادة المياه الحلوة (بدأ بالفعل)
تآكل ثقب الأوزون في شمال أوروبا والقطب الجنوبي وصعوبة حماية سطح الأرض من الأشعة الضارة (مازالت صامدة)	اضطراب الرياح الموسمية الهندية يؤدي إلى جفاف وفيضانات (مازالت صامدة)

جدول (٨) تأثيرات غازات الدفيئة على النظام البيئي العالمي

تشير الدراسات أن العالم بإمكانه أن يتحكم في معدلات انبعاث (CO_2) على نحو لا يؤثر في المناخ إذا عمل على تحقيق هدف عدم تجاوز متوسط ارتفاع درجات الحرارة الأرضية عن درجتين فقط، وهذا يعني أن عدم تجاوز كمية (CO_2) المنبعثة ألف مليار طن خلال الفترة من عام (٢٠٠٠م) حتى (٢٠٥٠م)، لكن الواقع هو أن ثلث هذه الكمية قد تم انبعاثه بالفعل في الغلاف الجوي خلال السنوات المنصرمة من عام (٢٠٠٠م). لذلك لابد من أن تعمل الدول على الوصول إلى حالة يمكن السيطرة فيها على الانبعاثات، وتجنب الحد الذي يؤدي إلى تداعيات خطيرة.

تشير حقائق انبعاثات (CO_2) إلى أن العالم مازال يضخ كميات كبيرة من هذا الغاز في الجو وبصورة مستمرة. ففي عام (٢٠٠٨م) ضخ حوالي (٨) بليون طن من (CO_2) بعضها ناتجة من الطبيعة مثل انفجارات البراكين والتنفس البشري لكن الأرض تستطيع أن تمتص هذه الكميات في المستوى العادي الذي تحدث فيه عملية تبادل الغازات بين سطح الأرض والغلاف الجوي. لكن الزيادة المفرطة في كميات غاز (CO_2) والمؤثرة في الغلاف الجوي وسخونة الأرض هي ناتجة عن حرق الوقود كما أشرنا. نشاهد حالياً أن (٤٠٪) من انبعاثات (CO_2) هي بسبب محطات الطاقة. فهذه المحطات تحرق الفحم والغاز الطبيعي Natural Gas ووقود الديزل

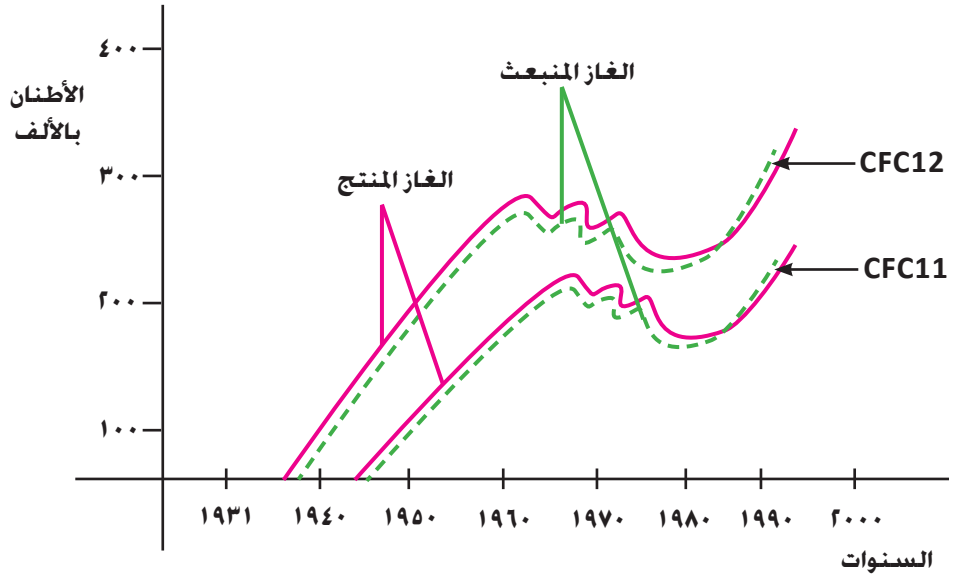
Diesel Fuel ، كما أن بعض المحطات تحرق المخلفات والنفايات. وبعضها الآخر يحرق الميثان المصنوع من النفايات. حوالي (٣٣٪) من كل (CO_2) المنبعث ناتج من المَرْكبات والمواصلات، بينما حوالي (١٢٪) من (CO_2) منبعث في الجو من المباني والمنشِآت، حيث تسبب المنشآت الجديدة بإدخالها لمواد تستخدم في المباني والطاقة المستخدمة في البناء إلى انبعاثات (CO_2). ناهيك عن التدفئة والعوازل والمواد مثل المكيفات والأجهزة والسيارات وغيرها والتي أيضاً لها دور في زيادة الانبعاث الكربوني. عامة كمية (CO_2) التي تضاف إلى الجو تتضاعف كل (٣٠-٣٥) عاماً.

تتفاوت غازات الدفيئة في مدة بقائها في الجو، فغاز الميثان له زمن إقامة يقارب (١٠) سنوات وهو الأقل من بين كل الغازات الدفيئة. وهذا يعني أنه في حال عدم انبعاث هذا الغاز فإن تركيزه في الجو سينخفض ويصل إلى معدله الطبيعي في غضون حقبة زمنية واحدة. أما أكسيد النيتروز (N_2O) فإن مدة إقامته في الجو يقارب (١٠٠-٢٠٠) سنة، كذلك ثاني أكسيد الكربون (CO_2) تقدر إقامته بحوالي (١٠٠) سنة، وأية محاولة لتخفيض تركيزات هذين الغازين فإن الزمن المطلوب سيكون طويلاً لإعادتهما إلى غازين بتركيزات طبيعية.

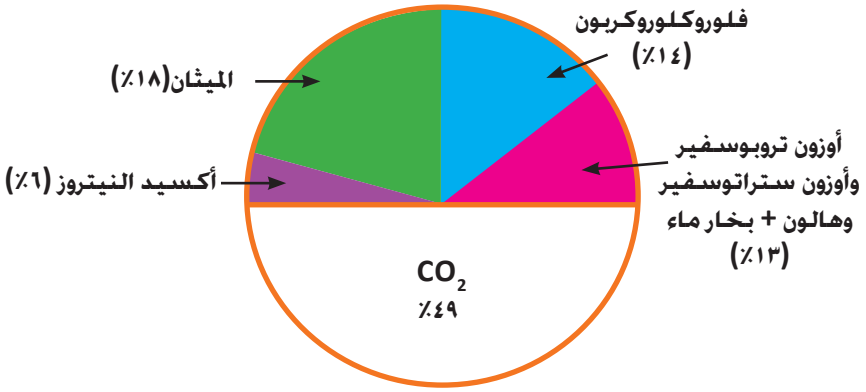
الغاز	القوة الإشعاعية النسبية	زمن الإقامة في الجو بالسنوات
CO_2	١	١٠٠
CH_4	٢١	١٠
N_2O	٢٠٦	١٠٠ - ٢٠٠
CFC-11	١٢,٤٠٠	٦٥
CFC-12	١٥,٨٠٠	١٣٠

جدول رقم (٩) القوة الإشعاعية للغازات الدفيئة لكل وحدة جزيء متغير في الجو

غاز الكلوفلوروكربون (Chlorofluorocarbons CFCS) رغم قلة كميته نسبياً في الجو إلا أنه غاز زادت كمياته في الجو بسبب كثرة معدلات انبعاثاته. ونلاحظ أن هذا الغاز بنوعيه (CFC11 - CFC12) لهما مدة إقامة في الجو مختلفة. فالغاز (CFC11) مدة إقامته (٦٥ سنة) بينما الغاز الثاني (CFC12) مدة إقامته (١٣٠) سنة.



شكل (١٦) التغيير في إنتاج غازين (CFC12 - CFC11) الكلوروفلوروكربون في الفترة(١٩٣١ - ١٩٩٢م).



شكل (١٧) توزيع غازات الدفيئة في جو الأرض بحسب النسبة

لقد ارتفعت تركيزات (CO_2) في الهواء في السنوات الماضية وحتى يومنا هذا، وخاصة منذ عام (١٨٢٧م) وعلى نحو مضاعف. ومع أن خطورة ارتفاع (CO_2) بدأت في الظهور في عام (١٩٤٠م) إلا أن أول تقرير بمخاطر الغاز لم يصدر من الأمم المتحدة إلا في عام (١٩٧٤م).

تشير الدراسات أن تركيزات(CO_2) في آخر عصر جليدي منذ (١٨٠٠٠) سنة كانت حوالي (١٩٠-٢١٠) جزء في المليون من حيث الحجم، وكان متوسط درجة الحرارة العالمية حوالي (٤) درجة مئوية أقل من اليوم، لكن منذ الثورة الصناعية ارتفع تركيز(CO_2) في الجو من (٩٠) إلى (٢٥٠) جزء في المليون من حيث الحجم في عام (١٧٥٠م) إلى حوالي (٣١٥) جزء في المليون من حيث الحجم في عام (١٩٥٧م) إلى (٣٤٦) جزء في المليون من حيث الحجم في عام (١٩٨٥ م) وإلى (٣٥٠) جزء في المليون من حيث الحجم في عام (١٩٨٩م). عامة، ازدادت نسبة (CO_2) في الجو في السنوات الأخيرة حتى وصلت (٢٠-٢٥٪) وهي حوالي (٥٦٠) جزء في المليون من حيث الحجم في عام (٢٠٠٠م).

ومن المعروف أن ثاني أكسيد الكربون غاز لا لون له ولا طعم وغير قابل للاشتعال، وأكثر الغازات تواجداً في الهواء الجوي للأرض. ويعاد دوران إنتاج هذا الغاز بواسطة عملية البناء الضوئي Photosynthesis في النباتات الخضراء الراقية والأساسية للحياة. والتمثيل الضوئي يعني تحويل الطاقة الضوئية إلى طاقة كيميائية حيث يحول النبات الأخضر الراقي بوجود الطاقة الضوئية ثاني أكسيد الكربون والماء إلى أكسجين وطاقة غنية بالمركبات العضوية. وفي هذه العملية ينطلق الأكسجين الضوئي الذي يستفيد منه الإنسان والحيوان بينما ثاني أكسيد الكربون يخرج إلى الهواء الخارجي في عملية تنفس الإنسان، ومن حرق الوقود الأحفوري ومن تحريج النباتات واجتثاثها من على الأرض فتستفيد النباتات من الكربون. ففي كل سنة يضيف البشر أكثر من (٣٠) بليون طن من ثاني أكسيد الكربون في الجو من خلال النشاطات التي يقومون بها.

في إحدى الدراسات التشخيصية لتركيزات ثاني أكسيد الكربون في هاواي / أمريكا وُجد أن أكثر من ١٢٪ (٣١٦ جزء في المليون في عام ١٩٥٩، و٣٦٠ جزء في المليون في عام ١٩٩٦) زيادة في متوسط التركيز السنوي لثاني أكسيد الكربون. كذلك عينات من المسطحات الجليدية بعد دراستها أثبتت ارتفاع في تركيزات (CO_2) على مدى (١٠٠) سنة مضت. وفي عام (١٩٩٦م) زادت الانبعاثات العالمية لغاز ثاني أكسيد الكربون بنسبة (٢,٨٪)، بينما تقارير أمريكية أكدت على أن الزيادة الفعلية هي (٣,٣٪).

تعتبر أمريكا أكثر الدول مساهمة في الانبعاثات الغازية لثاني أكسيد الكربون في العالم، ويقدر ذلك بحوالي (٢٥٪) من كل الانبعاثات. بينما دول الاتحاد الأوروبي زادت نسبة انبعاثاتها بحوالي (٢,٢٪) مقارنة بالزيادة بحوالي (١,١٪) في عام (١٩٩٥م). لقد خفضت دول أوروبا الشرقية معدل انبعاثاتها بحوالي(٢,٤٪)، لكن الصين رفعت معدل انبعاثاتها بحوالي (٤,٧٪) في عام (١٩٩٦م).

يتكون الوقود الأحفوري أساساً من تحلل النباتات منذ ملايين السنين، ونحن نستخدم الفحم، والنفط، والغاز الطبيعي للحصول على الكهرباء والحرارة التي تدفئ منازلنا والطاقة التي تشغل المصانع والسيارات والسفن وغيرها. هذا الوقود الأحفوري يحتوي على الكربون الذي عندما يُحرق يتحد مع الأكسجين مشّكلاً ثاني أكسيد الكربون. فالذرتان من الأكسجين تضاف إلى الوزن الإجمالي لجزيء ثاني أكسيد الكربون.

ولأن هناك فضاء شاسع لاحتواء (CO_2) المنبعث، فليس هناك خطر كبير من حدوث فائض لهذا الغاز في الجو، ولكن تتشكل الخطورة نتيجة التجمع الغازي البطيء والتشكل التدريجي لطبقة زجاجية سميكة تغطي جو كوكب الأرض. وباعتبار أن (CO_2) غاز دفيء يرفع حرارة الأرض فإن هذا الغاز يساهم بقوة في ارتفاع حرارة الأرض وحدوث ما يسمى « بالانحباس الحراري».

يتكون جو الأرض، كما أشرنا، من بخار الماء وغاز النيتروجين (٧٨٪)، والأكسجين (٢١٪)، والأرجون Organ (٠,٩٪)، وغازات أخرى (٠,٠٣٩٪). الأكسجين والنيتروجين والأرجون ليس لها تأثيرات دفيئة لأنها ليست من غازات الدفيئة. لذلك (٩٩٪) من الهواء الجوي لا علاقة له بالعزل الحراري. المكونات الأخرى للهواء الجوي مثل (CO_2) والأوزون (O_3) وبخار الماء لها صفات الدفيئة. إذاً الأنواع الثلاثة من الغازات السابقة دفيئة وتشترك في خصائص عامة حيث لكل منها ثلاث ذرات في الجزيء. كما أن كل جزيئاتها تمتص الطاقة على ترددات تمكّنها من التحول من حالة لأخرى. فالجزيئات ذوات الذرتين مثل النيتروجين والأكسجين تتحول في الترددات العالية إلى جزيئات لا تمتص بشدة المخلفات الحرارية فتترك الأرض بطاقة أشعة تحت حمراء لها تردد منخفض.

إن (CO_2) وبخار الماء والأوزون تمتص الأشعة الحرارية بكفاءة عالية لأن الذرات الثلاث في كل منها تخلق نظاماً متناسقاً تمكنها من امتصاص وإعادة غالبية الأشعة تحت الحمراء التي ترتد من الأرض إلى الخارج. ولهذا السبب نجد أن الذرات الثلاث من الملوثات في غازات، مثل أكسيد النيتروز (N_2O)، وثاني أكسيد الكبريت (SO_2)، وتعتبر هذه الغازات أيضاً دفيئة ومؤثرة في الحرارة.

ومن المعلوم أن أية زيادة في نسبة غاز ثاني أكسيد الكربون في الجو حتى لو كانت نسبة ضئيلة فإن ذلك كفيل بأن يرفع من حرارة الأرض. فلقد زادت نسبة (CO_2) مثل الغازات الأخرى في الجو بحدود (٠,٠٢٨٪) قبل العصر الصناعي، لكن مع التقدم أصبح تركيز (CO_2) يعادل (٠,٠٣٦٪)، وهذا أعلى تركيزاً قبل (٤٢٠,٠٠٠) سنة. وبارتفاع نسبة (CO_2) في الجو سنة بعد سنة أصبح تركيز هذا الغاز في وقتنا الحالي مخيفاً.

إن وجود الغازات (الدفيئة وغير الدفيئة) وبتركيزات معتدلة لها أهمية في الحفاظ على توازن المناخ وتغيراتها في جو الأرض، لأن الطاقة من نار الشمس الحارة البيضاء White-Hot Sun هو خليط تقريباً من نصف الضوء المرئي ونصف الأشعة الحارة تحت الحمراء غير المرئية Infrared Heat Rays. وإذا كان جو الأرض خال من غازات الدفيئة فإن كل الأشعة الشمسية تقريباً ستصطدم بالغلاف الخارجي للجو وتصل إلى الأرض، كما أن كل الأشعة وبسرعة ستعود هاربة إلى الفضاء. وهذه الظاهرة غير الأرضية هي التي تجعل القمر خالياً من الهواء وبارداً بسبب امتصاص القمر للأشعة الشمسية بمعدل أربع مرات تفوق الأرض وارتداد الأشعة بسرعة إلى الخارج نظراً لعدم وجود جو للقمر مثل الأرض يحمل الحرارة.

إن جو الأرض يماثل الشباك الضخم الذي نسبياً له شفافية تسمح بدخول غالبية الأشعة الساقطة من الشمس، ولكنه جو لا يسمح بنفاذ الموجة الطويلة جداً للأشعة مادون الحمراء، لكنها ترتد راجعة إلى الفضاء من الأرض. لذلك جو الأرض يمسك بالحرارة على شكل لحاف لا تتسرب منه الحرارة إلا الجزء اليسير. الطاقة الناتجة من تبادل الأشعة بين الأرض والفضاء تعادل (٤٧٪) أكثر من الطاقة الشمسية التي تصل إلى الأرض من الشمس، وهذا هو الذي يجعل معدل حرارة سطح الأرض حوالي (٥٩) درجة فهرنهايتيه بدل أن تكون صفراً

فهرنهايتياً. وهو أيضا السبب في وجود الحياة حيث نجد أن تلك المئات القليلة من (١٪) من الهواء هو غاز) (CO_2) يلعب دوراً حيوياً في التوازن الحراري للأرض.

لذلك يجب الانتباه إلى أن (CO_2) إن كان المسبب الأول للاحتباس الحراري فإنه غاز له دور حيوي في التوازن الحراري للأرض إذا كانت معدلات تركيزه في المستويات الطبيعية. الزيادة في تركيزات (CO_2) في الهواء يعني حجز الحرارة ومنعها من الهروب، ويعني أيضاً أن غالبية الأشعة مادون الحمراء تُمتص في الجو وتعود أشعتها لأسفل تجاه سطح الأرض فتزيد من حرارة الأرض. كذلك يسخن الهواء فوق سطح الأرض فيحمل كمية أكبر من بخار الماء التي ترفع من السخونة المحصورة بسبب غازات الدفيئة مع وجود احتمالات اكبر لتكثف الغيوم في السماء. واعتماداً على الارتفاع من سطح الأرض وخطوط العرض وعوامل أخرى فإن الغيوم المتزايدة قد تسّخن الأرض بدرجة أكبر أو ربما تحدث برودة نتيجة ارتداد أشعة الشمس الساقطة. إن وجود بخار ماء كثير في الهواء يعني حدوث ترسيب Precipitation أكبر.

الهواء الأكثر سخونة يجعل دورة الماء وآلة الطقس تجري بمعدل سريع يؤدي إلى عواصف شديدة وأمطار غزيرة. ففي كل درجة حرارة فهرنهايتية للأحترار العالمي يزيد متوسط الترسيب بحوالي (١٪)، ويمكن أن تزيد هذه النسبة في بقاع مختلفة من الأرض.

لقد تراكمت غازات الدفيئة على مدى القرن الماضي فحدث الانحباس الحراري مرتين إلى ثلاث مرات وأكثر وسخونة إشعاعية قُدرت بالوات Watts لكل متر مربع من الأرض. تشير الدراسات أن عام (١٨٦٠م) كان أكثر سخونة، كما أن معدل متوسط الحرارة زاد في الفترة (١٩٦١-١٩٩٠م) بحوالي (١,٢٥) درجة فهرنهايتية. ففي عام (١٩٩٨م) عانت على الأقل (٥٦) دولة من فيضانات، بينما (٤٥) دولة عانت من الجفاف وحدثت حرائق للغابات في المكسيك وماليزيا والصين، والحرائق امتدت من الأمازون إلى فلوريدا في أمريكا. فالربيع في النصف الشمالي للأرض أصبح موعده أقرب بمدة أسبوع، كما أن الجليد في القطب أصبح يتناقص في كميته وتجلده.

إن المناخ الحار من المحتمل أن يكون مناخاً متطرفاً تحدث فيه كل أنواع التغيرات المناخية. فهذه الحرارة المرتفعة تحرك كتلاً من الهواء ضخمة وتُحدِث

دوامات مائية وأعاصير قاتلة، وتؤدي إلى برودة في أماكن، بينما أماكن أخرى تعاني من ارتفاع الحرارة مع جفاف شديد أو رطوبة مرتفعة. كما أن الأمطار قد تكون غزيرة في أماكن، بينما نادرة أو شحيحة في أماكن أخرى.

لاشك أن سخونة سطح الأرض وبالذات سخونة المحيطات قد تسبب تيارات هوائية مدمرة وعواصف استوائية Tropical Hurricanes بسبب اختلافات في درجات حرارة سطح مياه المحيط الهادي ولفترة طويلة وتسمى النينو EL Nino، ومن علامات النينو، ارتفاع الضغط على المحيط الهندي وأندونسيا وأستراليا، وانخفاض الضغط الهوائي على تاهيتي وبقية وسط وشرق المحيط الهادي. وكذلك الرياح التجارية في جنوب المحيط الهادي تصبح ضعيفة وتتجه شرقاً، لكن الهواء الدافئ يرتفع بالقرب من دولة بيرو وتندفع المياه الدافئة من غرب المحيط الهادي والمحيط الهندي إلى شرق المحيط الهادي، فالمحيطات الساخنة تقتل الشعب المرجانية Coral Reefs وينطلق (CO_2) بمعدلات مرتفعة، خصوصاً وأن المحيطات البحرية تحوي (٦٠) مرة أكثر (CO_2) مقارنة بالجو. كذلك على اليابسة، خاصة عند خطوط العرض المرتفعة للأرض عندما ترتفع درجة الحرارة فإنها تؤدي إلى زيادة في معدلات الترسيب النباتي وإطلاق (CO_2) بكميات عالية، وبالتالي يحدث الجفاف وتفتقر الأرض إلى الكساء الأخضر.

ومن المعلوم في أي نظام بيئي Ecosystem عندما يزداد معدل (CO_2) فإن معدل امتصاص النباتات لهذا الغاز يرتفع لكن على حساب نباتات أخرى في بيئات أخرى مما يؤدي إلى التغير في بنية هذه النباتات وتوزيعها الجغرافي، ناهيك عن حدوث تغيرات في إعداد الحيوانات والكائنات التي تعيش في التربة Soil Biota.

إن التباين في المساحات الخضراء يؤثر في قدرة الأرض على امتصاص أشعة الشمس والإمساك بالأمطار الساقطة، مما يؤدي إلى احتمالات حدوث تعرية للتربة بسبب الأمطار الغزيرة. فالغابات الجافة، والرعي الجائر، وتأخر هطول الأمطار يؤدي إلى حرائق كثيرة للغابات وفي الأراضي العشبية، وزيادة الانبعاثات الكربونية والدخان مثلما حدث في جنوب شرق آسيا وأستراليا في الفترة (١٩٩٧-١٩٩٨م).

وعندما تزداد حرارة الأرض بسبب انحباسها فإن الحرارة تنتقل بواسطة ما يسمى «بالحمل الحراري» Convection من المناطق الاستوائية إلى القطبية بحسب نظرية

التمدد الحراري من أماكن حارة إلى أماكن باردة، وهي تغيرات تميل أن تكون أكبر في القطب بدل المناطق التي تقع على خطوط العرض المتوسطة للأرض، والحرارة في المناطق القطبية تعني حدوث تغيرات مناخية تؤدي إلى انهيار الثلوج وذوبان الجليد. ولقد تم تسجيل ظاهرة ذوبان الجليد في (٥) أحزمة جليدية في القطب الشمالي.

إن ارتفاع سطح البحر ظاهرة مستمرة في أماكن كثيرة من العالم بسبب ارتفاع حرارة الجو وذوبان الثلوج الباردة الجليدية. وتشير الدراسات أن البحر ارتفع مستواه بحوالي (٥) أنش في القرن الماضي. كما أن الكثير من المدن الساحلية تضررت بسبب ارتفاع مياه البحار. وكما يقول يوجين لندن E.Linden إن ارتفاع سطح الماء بمتر واحد سيؤدي إلى مخاطر تصيب (٣٠٠) مليون شخص يعيشون في (٣٠) مدينة كبيرة في العالم. وهذا يشمل (١٦٪) من بنغلاديش التي عانت انغمار ثلثين من أراضيها في المياه في عام (١٩٩٨م).

إن الفيضانات الناجمة عن الرياح العاتية حالياً تؤثر في (٥٠) مليون إنسان كل سنة تقريباً. والكثير من الأراضي المنخفضة القريبة من البحار أو الجزر منخفضة الارتفاع تعاني من احتمالات الغرق. فإذا ارتفع البحر بمتر واحد فان (١٪) من الأراضي المصرية، و(٦٪) من أراضي هولندا، و(١٧,٥٪) من أراضي بنغلاديش ستُغمر بالمياه، كما أن جزر المالديف تختفي تحت سطح البحر، وحوالي (٢٠٪) من الأراضي المرتفعة القريبة من البحار ستكون فوق مستوى الماء.

يتأثر المجال الحراري لأشعة الشمس بين الشمس كنجم والأرض ككوكب بحركة الغازات والسحب وبالغبار من البراكين والصحاري وحرق الوقود الأحفوري. غالبية المواد العالقة الدقيقة في الفضاء مثل السحب المتشكلة من دقائق الكبريت تؤثر جزئياً بالتغيرات المناخية، وبخاصة حدوث الاحتباس الحراري بسبب ثاني أكسيد الكربون، فالجو والبحار واليابسة وأنظمة الكائنات الحيوانية والنباتية كلها تتفاعل بطرق مختلفة ومعقدة لدرجة أنه غير معروف تماماً كل العمليات التي تحدث لهذه الأشياء في البيئة والفضاء. فغالبية التفاعلات ليست خطية ومتسلسلة كما أن بعضها تظهر غير مستقرة.

يتفاعل الكثير من الغازات كيميائياً مع غازات أخرى فتنتج غازات ومركبات جديدة. فالحصول على أكثر من (٣٠) مادة غريبة تؤدي إلى أكثر من (٢٠٠) من التفاعلات الكيميائية التي تحدث في ارتفاعات الجو المختلفة محدثة اختلافات في أزمان المواسم وتباين درجات الحرارة وتركيزات الغازات. فالمحيطات الأكثر دفئاً مثلاً يقل فيها النيتريت Nitrate ويحدث تبعاً لذلك بطء في نمو النباتات المغمورة في المياه والتي تعتمد على امتصاصها للكربون Carbon-absorbing Phytoplankton، وأيضاً إذا ارتفعت درجة حرارة التندرة Tundra في السهول الشمالية الجرداء للقطب الشمالي فإن مركبات ثلجية سيئة تسمى هيدريت الميثان Methane Hydrates تُحبس تحت السطوح الجليدية العميقة والقريبة من سواحل القطب مؤدياً في النهاية إلى انطلاق كميات عالية من الميثان تُقدر بأكثر من (١٥) مرة مما هو عادة موجود في الجو. وقبل حدوث هذا بفترة طويلة فإن أي تغيرات ضعيفة في المستويات المائية للمستنقعات القطبية يمكن أن يرفع انبعاث غاز الميثان بحوالي (١٠٠) مرة.

لذلك فإن كتلة الهواء شديدة البرودة (شبه المجمدة) على القطب الشمالي يمكن أن ترتفع برودتها على نحو يؤدي إلى تفاعلات كيميائية وتآكلية لطبقة الأوزون والذي يُقدر من حيث التدمير بحوالي (٦٥٪) من أوزون القطب، أي أن الأوزون في القطب الشمالي سيتآكل بدرجة أكبر من الذي يحدث في القطب الجنوبي Antarctic.

إن زيادة ارتفاع حرارة الأرض بمرور الزمن ستؤدي إلى كوارث، حيث إن المتوقع لمعدل ارتفاع الحرارة يتراوح (١,٤ –٥,٨ درجة مئوية) خصوصاً، وأن هذا التوقع محسوب على أساس التسجيلات الحرارية لسطح الأرض على مدى السنوات (١٩٠٠م - ٢٠٠٠م). فالمتوقع أن يصل ارتفاع الحرارة إلى معدل (٥,٨-٧) درجة مئوية مع توقع ارتفاع مستوى البحر إلى (٠,٥٥) متر في عام (٢١٠٠م).

إن الارتفاع المستمر في تركيزات غازات الدفيئة في السنوات الأخيرة بسبب ارتفاع معدلات النشاطات البشرية المدمرة للبيئة أدت إلى تغيرات مناخية متطرفة وانحباس حراري نجم عنه الكثير من المشكلات للبشر والبيئة، ومن هذه المشكلات أو الأزمات:

- كثرة وقوة الأعاصير المدمرة الاستوائية في العالم.
- الذوبان المستمر للقمم الجليدية.
- تآكل المسطحات دائمة التجمد في منطقة التندرا القطبية الشمالية.
- تدهور الغطاء العشبي في الغابات الشمالية.
- ارتفاع مستوى سطح البحر والمحيطات، وحدوث الفيضانات وغرق السواحل والمدن.
- تدمير الشعب المرجانية نتيجة لشدة التيارات المائية وحركة الأمواج العاتية بسبب الرياح وتقلبات الطقس وحرارة الجو.
- صابة الأراضي الساحلية بالتعرية والتآكل بسبب الفيضانات والرياح.
- قلة تدفق المياه في الجداول والمجاري المائية بسبب التبخر وقلة أو انعدام الرطوبة.
- تقلص مساحة الأراضي المتجمدة وتأثيراتها السلبية على الأحياء التي تعيش على هذه الأراضي أو في المياه المتجمدة.
- ظهور الأمراض بسبب تكاثر نواقل الأمراض المختلفة نتيجة ارتفاع الحرارة والرطوبة وغرق الأراضي بالمياه.

لذلك من المهم دراسة طبيعية وخصائص غازات الدفيئة التي تؤثر على المناخ وترفع من حرارة الأرض، فكما أشرنا، غاز(CO_2) من غازات الدفيئة الذي يرفع الحرارة ويُحدِث الاحتباس الحراري. لكن ماذا عن الغازات الأخرى التي تشترك مع (CO_2) في الاحتباس وحدوث اضطرابات وتقلبات مناخية؟ سنتناول في الصفحات التالية مجموعة من غازات الدفيئة بهدف إيضاح دور كل غاز دفيء في التغيرات المناخية.

- **غاز الميثان (CH_4)**

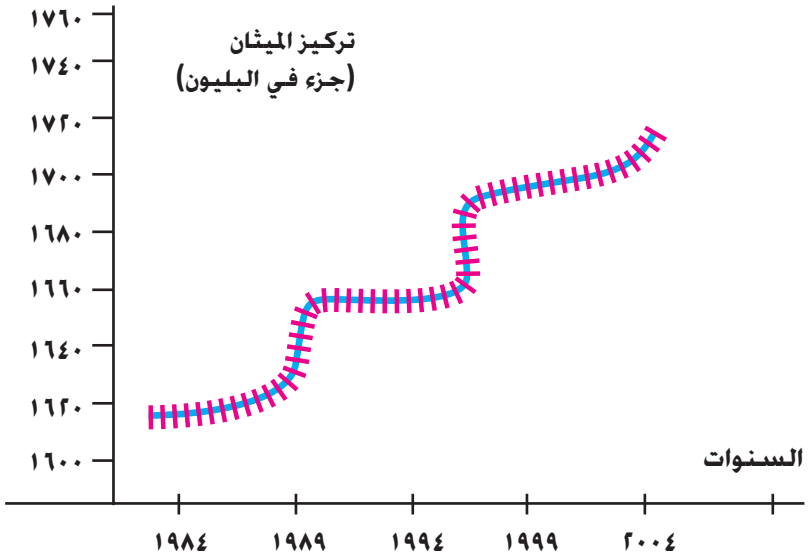
غاز عديم اللون، والنقي منه ليس له رائحة لكنه عندما يستخدم تجارياً يتم خلطه بمركبات الكبريت فتنتج عنه رائحة مميزة، والميثان مكون أساسي للغاز الطبيعي، وهو دفيء وله القدرة على رفع معدل حرارة الجو بحوالي (٢٥) مرة أشد من غاز ثاني أكسيد الكربون.

يأتي غاز الميثان من المستنقعات وتسربات الغاز الطبيعي وشقوق مصادر الفحم، ومن الجراثيم عند تحلل المواد العضوية في الكائنات مثل الماشية والحشرات أو من زراعة الأرز. لذلك مصادر غاز الميثان إما طبيعية أو صناعية عند تصنيع الغاز بالتفاعلات الكيميائية. حوالي (٦٠٪) من الانبعاثات الغازية المنتجة له هي من الأنشطة البشرية، وخاصة الأنشطة الزراعية.

لقد تضاعف تركيز الميثان في الغلاف الجوي خلال الـ (٢٠٠) سنة الماضية من (٠,٨) إلى (١,٦) جزء في المليون. ويشكل هذا الغاز حوالي (٨٠٪) من الغاز الطبيعي المستخدم كوقود، كما إن غاز الطبخ أو الغاز الطبيعي يتكون من الميثان بنسبة (٩٠٪) مع عدد آخر من الغازات.

تركيزات هذا الغاز من الناحية التاريخية تعكس استمرار ارتفاع معدلاته، فلقد زاد التركيز من (٨٠٠) جزء في البليون من حيث الحجم في منتصف القرن السابع عشر إلى حوالي (١٧٠٠) جزء في البليون من حيث الحجم في الثمانينيات من القرن الماضي. فمنذ عام (١٩٩٠م) أصبح معدل الارتفاع في تركيز الغاز حوالي (١٦) جزء في البليون من حيث الحجم لكل سنة، مما يعني أن الزيادة في المستوى تعادل (١-٢٪)، ويتوقع أن يصل تركيز غاز الميثان في عام(٢٠٥٠م) إلى حوالي (٢٥٠٠) جزء في البليون من حيث الحجم.

ويلاحظ إن غاز الميثان يبقى في الجو لمدة تقارب (٩-١٥) سنة، وله تأثيرات عالية على الاحتباس الحراري.



شكل (١٨) تركيزات غاز الميثان في الجو

يستفاد من الميثان في الاستخدامات الصناعية كمادة خام يصنع منها الميثنول (CH_3 OH)، والكلوروفورم (CH_3 C1)ومواد كيميائية أخرى. والميثان غاز يشتعل عند تفاعله مع الكلورين والفلورين بوجود الضوء. كما أن الطاقة المنبعثة من احتراق الميثان في شكل غاز طبيعي يستخدم في تدفئة المنازل والمصانع، وأيضاً في توليد الطاقة الكهربية، ويتواجد كغاز طبيعي في مسطحات التخزين الأرضية، وغالباً يتواجد مع الرسوبيات البترولية.

ولا يعتبر غاز الميثان ساماً، لكنه قابل بدرجة عالية للاشتعال ومتفجر بتعرضه للهواء، ويتفاعل بشدة مع المؤكسدات Oxides، والهالوجوينز Halogens. كما أنه غاز يسبب الاختناق لأنه يقلل من نسبة الأكسجين في محيط التنفس، خاصة وأن الاختناق Asphyxia يحدث إذا قل تركيز الأكسجين عن (١٩,٥٪) بالإزاحة أو الإحلال.

وحيث إن الميثان يتصاعد من البحار والأنهر والطمي وروث البهائم وغيرها فإنه بالتالي غاز متواجد على مقربة من سطح الأرض. كما أنه يصل إلى طبقة الاستراتوسفير بواسطة الهواء في المناطق الحارة الاستوائية. وغاز الميثان

يؤثر تأثيراً بالغاً في الاحتباس الحراري لأنه ذو خاصية عالية لامتصاص الأشعة تحت الحمراء وبقوة تقدر (٧,٦٦μM) وحاجز للحرارة، وتأثيره كبير في زمن قصير (صافي العمر الزمني للغاز في الجو يساوي ٨,٤ سنة)، بينما غاز (CO_2) له قوة تأثير أقل من الميثان لكنه غاز يبقى لفترة طويلة تفوق (١٠٠) سنة.

لقد ارتفع معدل تركيز الميثان في الهواء بحوالي (١٥٠٪) منذ عام (١٧٥٠م)، ويشكل حوالي (٢٠٪) من مجموع القوة الإشعاعية Radiating Force من كل غازات الدفيئة العالمية التي لها معدلات عمر طويلة في الجو. ويعتقد أن الميثان موجود بنسب مختلفة في بعض الكواكب، فلقد وجد في فضاء كوكب المشترى بنسبة تعادل (٠,٣٪)، وكواكب أخرى مثل أورانس Uronus، (٢,٣٪)، وزحل Saturn (٠,٤٪)، ونبتون Neptune (١,٦٪).

ونظراً لخطورة انفجار غاز الميثان نتيجة تفاعله السريع مع الأكسجين في وجود مادة الاشتعال فقد حدثت انفجارات كثيرة في العالم، فلقد انفجر الغاز في منجم سازيادكو Zasyadko في أوكرانيا في عام (٢٠٠٧م) وأدى إلى وفاة أكثر من (١٠٠) شخص كانوا يعملون في المنجم وعلى مسافة كيلومتر واحد تحت الأرض. كذلك حدثت انفجارات في مناجم بالصين وشيلي.

• غاز الأوزون (O_3)

الاز الأوزون والمؤكسدات الكيموضوئية الأخرى Photochemical Oxi-dants ملوثات ناتجة ليست من المصادر الرئيسية، ولكنها تشمل مجموعة من أنواع الكيماويات التي تتشكل من خلال مجموعة من التفاعلات المعقدة في الجو. لقد وجد أن غاز الميثان وبسبب ارتفاع تركيزه في الجو في السنوات الأخيرة يساهم في ارتفاع كبير لمعدلات تركيزات الأوزون على المحيطات، والأماكن اليابسة. والمعروف أن الأوزون يتشكل كيميائياً من اتحاد الأكسجين الذري مع الأكسجين الجزيئي كما في المعادلة :

$$O + O_2 \longleftrightarrow O_3$$

والأوزون غاز دفيء ذو لون أزرق يتكون من (٣) ذرات أكسجين، ونسبته في الجو قليلة قد لا تتجاوز في بعض المناطق عن واحد في المليون، لكنه غاز سام.

ويتواجد الأوزون في منطقة ستراتوسفير الجو والأرضي، وهو يتفكك إلى جزيئات الأكسجين ثم يعود تكوينه في إطار توازن استراتوسفيري. وعندما يحدث أي تدخل للمواد الأخرى فإن توازن الأوزون يتأثر أو أنه يتحلل وقد يرتفع تركيزه في طبقة الستراتوسفير. والأوزون يتشكل أيضاً في طبقة الجو السفلى للأرض بسبب عوادم السيارات، ويؤثر على الصحة العامة، خاصة تأثر التنفس والرئتين والمناعة وحدوث الصداع وتلف الخلايا، وهذا الأوزون يسمى بالأوزون الأرضي.

ومع ذلك، لا يعني أن الأوزون ضار في كل الأحوال، فهناك فوائد في الغلاف الجوي، خاصة وأنه يعمل كحاجب طبيعي يحمي الأرض من الأشعة فوق البنفسجية التي تصل من الشمس إلى الأرض من خلال امتصاص الأوزون لهذه الأشعة وبنسبة أكثر من (٩٩٪).

تشير القياسات الكمية للأوزون في الغلاف الجوي أن كميته تقل تدريجياً وبنسبة قُدرت في عام (١٩٧٨م)مقارنة بعام (١٩٧١م)بحوالي (٥١٪). كما أن نسبة النقص في كميته بلغت في الفترة (١٩٧٩م - ١٩٨٥م) بحوالي (٢,٥٪) وكانت في المنطقة الواقعة بين خطي عرض (٥٣) شمالاً وجنوباً. ولقد اكتشف ثقب الأوزون فوق القطب الجنوبي عام (١٩٨٥م)حيث قدرت نسبة نقص الأوزون بحوالي (٥٠٪).

والأوزون الأرضي يعتبر ملوث هوائي له أضرار بالغة على أنظمة التنفس في الحيوانات، ويحرق أوراق النباتات الحساسة، لكن الأوزون في الطبقات العلوية للجو مفيد لأنه كما ذكرنا، يمنع وصول الأشعة الكهرومغناطيسية الضارة إلى سطح الأرض.

ومن خصائص الأوزون أنه يتأكسد مع أكسيد النيتريك فينتج ثاني أكسيد النيتروجين:

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

والأوزون يتفاعل مع الكربون فيتكون ثاني أكسيد الكربون:

$$C + O_3 \longrightarrow CO_2 + 2O_2$$

وكذلك يتأكسد مع الكبريتيدات Sulfides فيتكون السلفات أو الكبريتات Sulfates، وبالإمكان إنتاج حامض الكبريتيك من الأوزون.

يوجد الأوزون الجوي في طبقة الستراتوسفير التي تقع بين (١٠-٥٠ كم) فوق سطح الأرض. وهذه الطبقة من الأوزون تفلتر الفوتونات Photons التي

لها موجات طول قصيرة من الأشعة فوق البنفسجية (UV rays) الضارة الآتية من الشمس. لذلك فإن غالبية الأوزون الاستراتوسفيري ناتج من الأشعة فوق البنفسجية المتفاعلة مع الأكسجين:

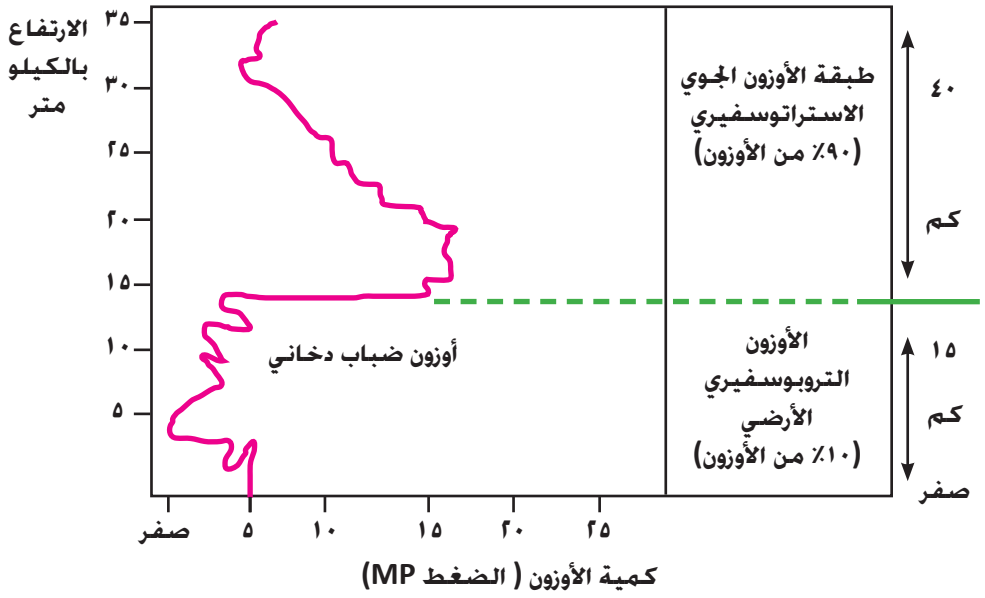
$$O_2 + Photo\ (\ Radiation < 240\ nm) \longrightarrow 2O$$

$$O + O_2 + m \longrightarrow O_3 + m$$

ثم يتفكك بالتفاعل مع الأكسجين الذري:

$$O_3 + O \longrightarrow 2O_2$$

ويوجد الأوزون بنسبة عالية في طبقة الاستراتوسفير على ارتفاع من (١٠ كم) إلى (٤٠ كم) فوق سطح الأرض. أما الأوزون الأرضي فهو غاز دفيء يرفع من حرارة الأرض. وقد وجد أن الكلورين (CL) Chlorine يتفاعل مع الأوزون وله قدرة على تدمير آلاف الجزيئات الأوزونية.



شكل (١٩) أوزون الطبقتين الاستراتوسفيرية والتروبوسفيرية

لذلك تؤدي سخونة الأرض بسبب غازات الدفيئة وتآكل طبقة الأوزون الستراتوسفيري Stratospheric Ozone Depletion إلى سهولة نفاذ الإشعاع

الكوني الضار بالأحياء، خاصة، كما أشرنا، الأشعة فوق البنفسجية (UVR) التي لها أضرار بالغة على الصحة العامة حيث تتسبب في سرطان الجلد، والأورام الخبيثة، وتأثر العين، والتأثير في مناعة الجسم وحدوث العدوى، واضطرابات نفسية وغيرها. كما أن هناك تأثيرات أخرى مباشرة على المناخ والطعام، وناقلات الأمراض المعدية، وتلوث الهواء.. الخ.

إن سماكة الطبقة الاستراتوسفيرية تصل حوالي (٤٠) كم ابتداء من نهاية طبقة أخرى للأرض قريبة منها تسمى التروبوسفير Troposphere. ومن المعروف أن طبقة الأوزون ظلت بعيدة عن التأثيرات البشرية لمدة تمتد لحوالي (٨) آلاف جيل، لم يعرف التاريخ البشري أي شكل من أشكال التأثير على هذه الطبقة المهمة للحياة إلا في عصرنا هذا عندما اكُتشفت المراصد العلمية وسفن الفضاء حجم الإخلال الناجم لطبقة الأوزون بسبب النشاطات البشرية المدمرة.

والأوزون في الطبقة العلوية للتروبوسفير يعمل كغاز دافيء يمتص بعض طاقة الأشعة مادون الحمراء Infra-red Radiation المنبعثة من سطح الأرض. وتشير الدراسات أنه من الصعب حصر وتحديد كمية وفعالية غاز الأوزون لأنه يوجد في حالة ثابتة وبتركيزات محددة على نطاق الكرة الأرضية، لكن تقارير الهيئة الحكومية الدولية للتغيرات المناخية (IPCC) تشير إلى القوة الإشعاعية لأوزون التروبوسفير على أنه حوالي(٢٥٪) من قوة (CO_2) ، فالطاقة الدفيئة العالية لأوزون التروبوسفير تتراوح (٩١٨-١٠٢٢) طن مكافئ لغاز ثاني أكسيد الكربون. وهذا يعني أن أوزون التروبوسفير له قوة إشعاعية تعادل تقريباً (١٠٠٠) مرة أقوى من ثاني أكسيد الكربون. ويعني هذا أن الأوزون الدفيء يظل لفترة قصيرة يتفكك في الجو بسرعة كبيرة مقارنة بثاني أكسيد الكربون.

ولأن الأوزون يبقى لفترة قصيرة فإن تأثيراته ليست قوية على المستوى الجغرافي العالمي، لكن له قوة إشعاع كبيرة ومؤثرة على المستوى البيئي المحلي. ولقد وجد أن الأوزون التروبوسفيري له قوة إشعاعية تصل (١٥٠٪) من قوة ثاني أكسيد الكربون في بعض المناطق على الأرض.

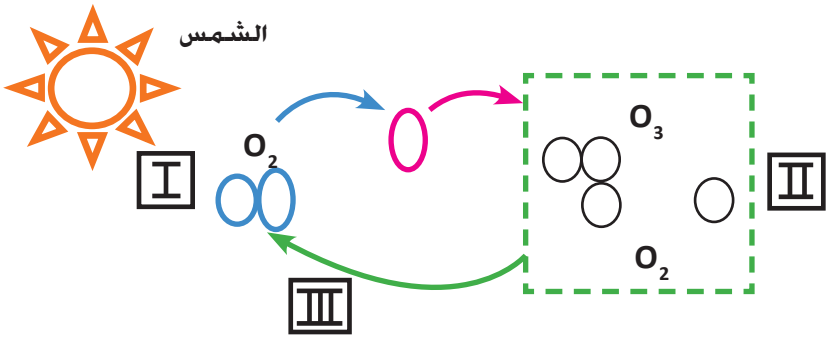
لقد كثر الحديث في السنوات الأخيرة عن ظاهرة تآكل الأوزون Ozone Depletion في الطبقة العليا من الجو بسبب النشاطات البشرية المدمرة للبيئة،

فالكثير من الملوثات والانبعاثات الغازية، وخصوصاً غازات الدفيئة تؤثر في طبقة الأوزون محدثة التآكل لهذه الطبقة المانعة للأشعة فوق البنفسجية الضارة.

ولتآكل الأوزون خاصيتان متداخلتان: الانخفاض البطيء التدريجي لحوالي (٤٪) من الحجم الإجمالي للأوزون في منطقة الاستراتوسفير (طبقة الأوزون) منذ السبعينيات، وانخفاض أكبر، ولكن موسمي لأوزون الستراتوسفير على المنطقة القطبية الأرضية خلال نفس الفترة، وهذه الأخيرة تسمى ثقب الأوزون Ozone Hole. ومع تآكل طبقة أوزون الستراتوسفير يحدث أيضاً تآكل لطبقة أوزون التروبوسفير القريب من سطح الأرض في المناطق القطبية خلال فصل الربيع.

لقد وُجد أن تآكل الأوزون يعود إلى آلية تدمير الأوزون بواسطة "التدمير المحّفز" Catalytic Destruction من خلال تفاعلات الكلورين الذري والبرومين Atomic Chlorine &Bromine. والمصدر الأساسي لهذه الذرات الهالوجينية في الستراتوسفير التي تُحدث التفكك الضوئي لمركبات الكلوروفلوروكربون (CFC) تسمى عامة بالفريونات Freons، ومركبات البروموفلوروكربون تُعرف بالهالون Halons. هذه المركبات الكيميائية تنتقل في طبقة الستراتوسفير بعد انبعاثها من سطح الأرض لكن في حالة زيادة انبعاث الكلورفلوروكربون والهالونات فإنها تزيد من تآكل طبقة الأوزون. إن تآكل الأوزون، كما أشرنا، يضر بالصحة، خصوصاً الإصابة بسرطان الجلد، وأمراض العين، فضلاً عن أضرار أخرى تصيب النباتات، كما أنه يؤدي إلى انخفاض نسبة البلانكتون Plankton في المنطقة الضوئية للمحيطات Ocean`s Photic Zone، خاصة وأن البلانكتون أساس الشبكة الغذائية في المحيطات والتي تتغذى عليها الكائنات البحرية المختلفة.

لقد وُجد أن أشجار الصنوبر في جبال كاليفورنيا تعرضت للتلف بسبب احتواء الهواء على الأوزون وبتركيزات عالية وصلت إلى (٧٠) جزءاً من مئات الملايين. وكذلك أكدت الدراسات في بريطانيا على تلف النباتات بسبب تركيزات الأوزون الناتجة من التفاعلات الكيموضوئية.



شكل (٢٠) دورة الأوزون في الجو

I : جزيئات الأكسجين تؤدي إلى ذرتين أكسجين (تفاعل بطيء) .

II : ذرات الأوزون والأكسجين تتحول دائماً بسبب الأشعة فوق البنفسجية المفككة للأوزون، وبالتالي يتفاعل الأكسجين مع جزيء أكسجين آخر (تفاعل سريع).

III : يتلاشى الأوزون بسبب تفاعل الأكسجين أو جزيء الأوزون أو مع بعض بقايا الغازات الأخرى مثل الكلورين (تفاعل بطيء).

لقد تحدثنا فيما سبق عن الأضرار الناجمة عن الأوزون كغاز دفيء، لكن الأوزون له منافع كبيرة، خاصة في مجال الطب، واستخداماته في علاجات الإيدز والسرطان ومكافحة الجراثيم. ويعتبر الألمان من أكثر الناس اهتماماً بأبحاث الأوزون في المجال الطبي، فلقد استخدموا الأوزون في الطب على نطاق واسع منذ عام (١٩٨٦م) عندما تأسست شركة من أجل استخدام تكنولوجيات الأوزون في علاج المصابين بالإيدز، وصنعت الأدوية باستخدام الأوزون لهذا الغرض. ولقد وُجد أن الأوزون يحارب الخلايا السرطانية دون أن يُعرض الخلايا السليمة للتلف.

المعروف أن نقص الأكسجين في الخلايا يؤدي إلى اضطرابات صحية منها حدوث أورام سرطانية، فالأكسجين ضروري لصحة الخلايا والأنسجة من حيث نمو وتكاثر الخلايا وقيامها بكامل وظائفها. ففي عام (١٩٤٤م) اكتشف العالم أتو واربرج Otto Warburg الحائز على جائزة نوبل عن أبحاثه في علاقة الأكسجين بالأمراض أن هناك علاقة بين نقص الأكسجين والسرطان، فلقد أكد هذا العالم

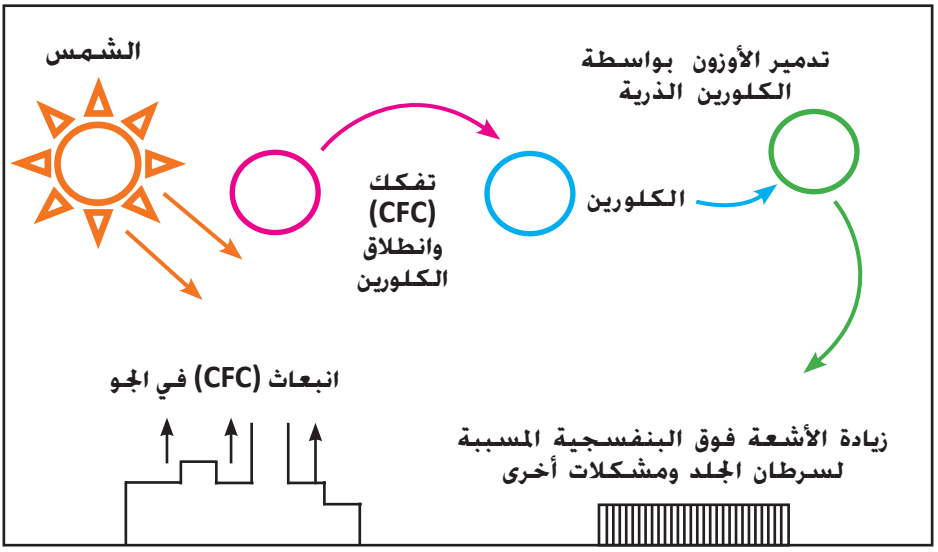
أن السبب الرئيسي للسرطان هو في نقص كمية الأكسجين المطلوب للتنفس، أو بالتنفس اللاهوائي Anaerobic Cell Perspiration، أي التنفس دون الحاجة الكافية للأكسجين. فعندما ينخفض المستوى الأكسجيني للخلية عن (٦٠٪) من المستوى الطبيعي فإن الخلية تضطر لاتباع آلية تحول غريبة ودخيلة من أجل الحصول على الطاقة وهي طريقة الاختمار أو الاهتياج Fermentation، حيث إن الخلية لا تستطيع أبداً أن تعود إلى نظام التأكسد المناسب، وتفقد تحكمها في النمو والتكاثر Replication. هذه الحالة تؤدي إلى أن تتكاثر الخلية عن طريق تكرار نسخ نفسها وبطريقة واسعة، وهي حالة نسميها "السرطان".

لقد تم التأكد على نتائج واربرج بإجراء دراسات أخرى أُجريت في عام (١٩٥٢م) برهنت على أن نقص الأكسجين يلعب دوراً محورياً في تحول الخلايا الطبيعية إلى خلايا سرطانية Cancerous Cells. لذلك،وُجد أن الأوزون في عام(١٩٨٠م)يمنع نمو الخلايا السرطانية، وأن استخدام مقدار (٠,٣-٠,٨) جزء في المليون في تجارب على الخلايا السرطانية أدت إلى القضاء على هذه الخلايا بنسبة (٤٠-٦٠٪).

• مادة الكلوروفلوروكربون (CFCs)

مادة الكلوروفلوروكربون Chlorofluorocarbon كمركب عضوي يحتوي على الكربون والكلورين والفلورين، وكناتج متطاير ومشتق من الميثان والإيثان Ethane استخدم لأول مرة في الثلاثينيات في صناعة الثلاجات والمكيفات الهوائية. وفي الحرب العالمية الثانية استخدم المركب في إنتاج المبيدات الحشرية. أما في الوقت الحالي فقد زادت استعمالات المادة (CFCs) فشملت غالبية الأشياء المتطايرة الداخلة في صناعة مواد التجميل والروائح وغيرها. ومادة (CFCs) كغاز دفيء يساهم بشكل كبير في الاحتباس الحراري، وفي التغيرات المناخية، ويشكل تهديداً للبيئة والصحة العامة مع أن هذه المادة غير سامة وغير قابلة للاشتعال.

ومن مكونات (CFCs) الكلورين Chlorine الذي يوجد بنسبة ضئيلة في الجو، لكن هذا الكلورين الناتج من (CFCs) هو الذي ينطلق في طبقة الأوزون بسبب قدرة الأشعة فوق البنفسجية على تفكيك (CFCs). إن الكلورين يدمر الأوزون كما أشرنا، وقد لوحظ ذلك في تآكل الأوزون في المنطقة القطبية الجنوبية Antarctica، وبالتالي سهولة نفاذ الأشعة فوق البنفسجية من طبقة الأوزون إلى جو الأرض التي من مخاطرها سرطان الجلد وأمراض العين، وتأثر جهاز المناعة والتنفس، فضلاً عن أضرار كبيرة تصيب الزراعة.



شكل (٢١) أثر (CFCs) في تآكل الأوزون الجوي

إن استمرار تصاعد (CFC_s) إلى الهواء الجوي بسبب الأنشطة البشرية يؤدي إلى تجمع هذا الغاز الدفيء في طبقة الاستراتوسفير، وبالتالي تأثر هذه الطبقة التي تحوي الأوزون الضروري لحماية الأرض من الأشعة فوق البنفسجية الصادرة من أشعة الشمس. ويقدر العمر الزمني للمركب (CFC_s) في الجو بحوالي (٢٠-١٠٠) سنة، وبالتالي انطلاق الكلورين الذري من (CFC_s) بحرية يؤثر في تدمير جزيئات الأوزون لفترة طويلة.

ولقد وُجد أن تآكل الأوزون أدى إلى ظاهرة تشكّل "ثقب الأوزون" (Ozone Hole) الذي بلغ مساحته في سبتمبر من عام (٢٠٠٦م) حوالي (٣٠) مليون كم٢ في القطب الجنوبي. كما أن مساحة الثقب انخفضت في سبتمبر من عام(٢٠١٠م) فبلغت (٢٢,٢٠) مليون كم٢. وبغض النظر عن حجم تآكل طبقة الأوزون تؤكد الدراسات على أهمية تجنب حدوث التآكل خصوصاً أنه ناتج بفعل النشاطات البشرية.

السنة (سبتمبر)	مساحة ثقب الأوزون (بالمليون كم٢)
٢٠٠٠	٢٩,٩
٢٠٠٢	٢١,٩
٢٠٠٤	٢٢,٧
٢٠٠٦	٢٩,٣
٢٠٠٨	٢٦,٥
٢٠١٠	٢٢,٥

جدول (١٠) الاختلاف في حجم ثقب الأوزون الاستراتوسفير (بالمليون كم٢) بحسب السنوات (القطب الجنوبي)

تكشف الدراسات أن انبعاثات (CFCs) في الهواء الجوي زادت بدرجة كبيرة حيث كانت في عام (١٩٦٠م)حوالي (١٨٠) مليون كجم، ثم أصبحت (١١٠٠) مليون كجم في عام (١٩٩٠م). ونظراً للانخفاض في سماكة طبقة الأوزون فإن الكثير من الحكومات وقعت على اتفاقية دولية سميت "اتفاقية مونتريال" لعام (١٩٨٧م)حيث نصت هذه الاتفاقية على أهمية ضبط النشاطات البشرية المؤدية إلى انبعاثات غازات (CFC) في الهواء. وحيث إن هذه الغازات لا تذوب في الماء ومستقرة فإنها تظل في الجو لحقب، وربما لقرون قادمة.

والمعلوم أن الأوزون يتآكل بشكل أكبر في القطب الجنوبي بسبب الأحوال المناخية المتقلبة والمضطربة خلال فترة الشتاء الطويل في الجنوب، حيث تحدث رياح عاتية تدور في دوامات متسببة في عزل القطب الاستراتوسفيري عن بقية الأجواء. ففي هذه الفترة تنخفض درجة الحرارة لتصل أقل من (-٨٠) درجة مئوية، وتتشكل الغيوم الجليدية Ice Clouds والتي تسمى «الغيوم القطبية الاستراتوسفيرية» . وهذه الوضعية تعد مثالية لكي يتحول الكلورين الناتج من تفكك (CFC_s) والهالون إلى مركبات متفاعلة وقوية. وعندما تعود أشعة الشمس في شهور الربيع فإن الأشعة فوق البنفسجية تفّعل العملية الكيميائية بين المركبات الكلوروينية والأوزون مؤدية إلى تآكل كبير للأوزون.

• غاز ثاني أكسيد النيتروجين (NO_2)

نستخدم أحياناً مصطلح « أكسيد النيتروجين » Nitrogen Oxide للتعبير عن مجموعة من الأكاسيد النيتروجينية أو خليط من عدة أكاسيد مثل :

- أكسيد النيتريك NO.
- ثاني أكسيد النيتروجين NO_2.
- أكسيد النيتروز N_2O.
- ثلاثي أكسيد ثنائي النيتروجين N_2O_3.
- رباعي أكسيد ثنائي النيتروجين N_2O_4.
- خماسي أكسيد ثنائي النيتروجين N_2O_5.

ومع أن جميع أكاسيد النيتروجين ضارة بالبيئة إذا تم تجاوز التركيزات المقبولة، إلا أن أكسيد النيتروز (N_2O) Nitrous Oxide يعد من أكثر الغازات النيتروجينية تأثيراً في الاحتباس الحراري، ومساهمة في تدمير الأوزون.

ويسمى غاز أكسيد النيتروز بالغاز الضاحك لأنه عندما يستنشق فإنه يجلب النشوة والشعور غير الطبيعي الناتج عن تأثير الغاز والمتمثل في النشاط والخفة Euphoric Effects. والغاز عديم اللون، غير قابل للاشتعال، مانع لنمو الجراثيم Bacteriostatic، وله رائحة خفيفة طيبة، وغير مهيج، ويمكن إزالة تأثيره بالتنفس الطبيعي.

يستخدم غاز أكسيد النيتروز كمادة حافظة نظراً لأنه مانع لنمو الجراثيم، ويعتبر مخدراً خفيف التأثير في العمليات الجراحية البسيطة مثل معالجة الأسنان، ولكن لابد أن يخلط بالأكسجين بنسبة (٣٥٪). ويستخدم الغاز أيضاً في التخدير وتسكين الآلام، وخاصة السمع واللمس، فهو يصل إلى المخ خلال (٢٠ ثانية)، ويبدأ تأثيره بعد دقيقتين حيث يعمل على إفراز الدوبامين الذي يعمل على الإحساس بالنشوة. وكذلك يُستعمل الغاز كعامل مؤكسد في تحريك الصواريخ وسيارات السباق بسبب تأثيراته القوية على دفع موتورات العديد من الآلات.

إن غاز أكسيد النيتروز غاز ملوث دفيء له تأثيرات عالية على احترار الأرض تعادل حوالي (٣١٠) مرة أكثر قوة من ثاني أكسيد الكربون في حبس الحرارة لأنه يظل في الجو عالقاً لفترة طويلة، وعمره الزمني يقدر بأكثر من (١٠٠) سنة.

والمعروف أن أكسيد النيتروز يُحضَّر عامة بواسطة تسخين نترات الأمونيا Ammonium Nitrate الذي يتفكك إلى أكسيد النيتروز وبخار الماء :

$$N H_4 NO_3 \longrightarrow 2 H_2O + N_2O$$

ويحدث هذا التفاعل تحت درجة حرارة عالية (١٧٠-٢٤٠) درجة مئوية، لكن يجب أخذ الحيطة لأن نترات الأمونيا قابلة للانفجار وتعد من العوامل المؤكسدة القوية، وعند ارتفاع حرارة التفاعل إلى أكثر من (٢٤٠) درجة مئوية فإن ذلك يسّرع نقطة الانفجار Detonation مما يتطلب تبريد الخليط لتجنب الكارثة.

ينبعث غاز أكسيد النيتروز من التربة أثناء العمليات المكربيولوجية المعروفة بعملية "النترتة" Nitrification وبعملية إزالة النيتروجين Denitrification حيث تلعب الجراثيم دوراً كبيراً في عملية النترتة في الماء والتربة بسبب وجود الجراثيم بكميات كبيرة في أماكن تحوي كميات مناسبة من الأمونيا، أي في الأماكن المزدهرة والغنية بالمواد البروتينية المتحللة ومخلفات النباتات المعالجة عضوياً. إن إزالة النيتروجين كعملية جرثومية تؤدي إلى انخفاض في كمية النترات التي في النهاية تؤدي إلى ناتج هو النيتروجين الجزيئي (N_2) من خلال نواتج وسطية متفاعلة لمؤكسدات غازية نيتروجينية.

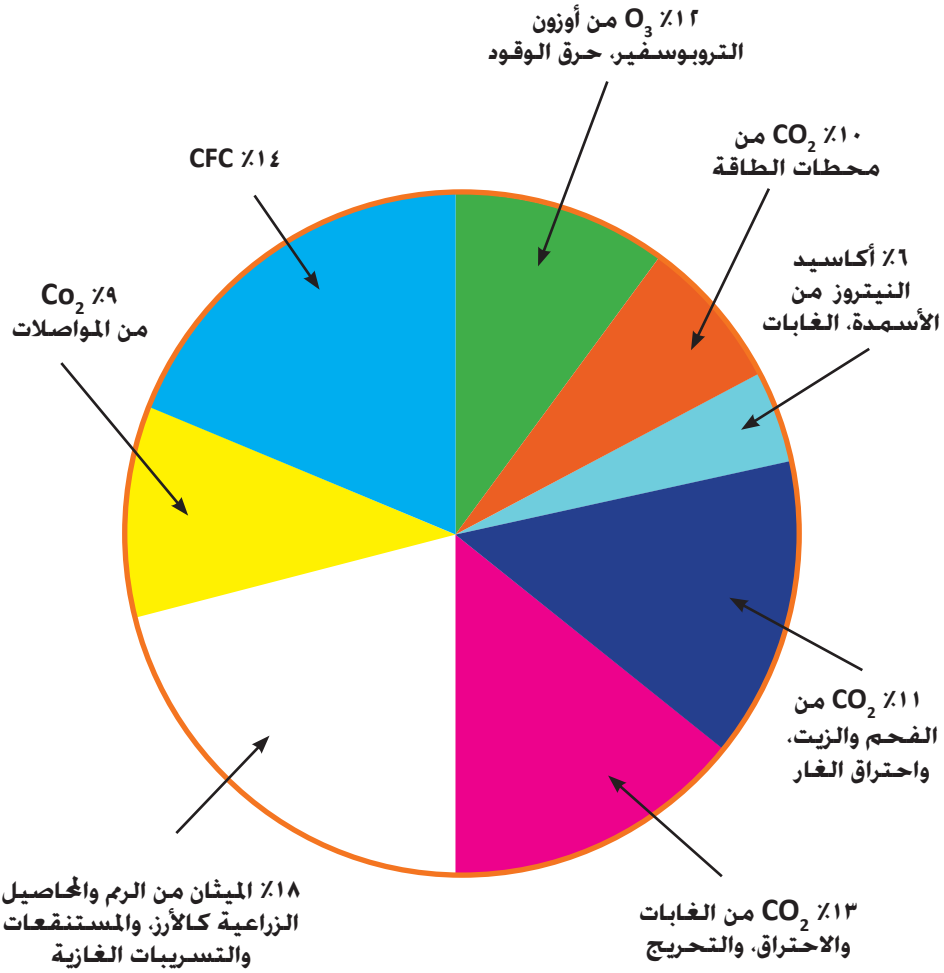
وينبغي الالتفات إلى أن الجرعة السامة غير محددة لغاز أكسيد النيتروز إلا أن أطباء الأسنان لاحظوا حدوث انخفاض لفيتامين (B_{12}) عند التعرض لـ (٢٠٠٠) جزء في المليون من الغاز. وتنصح صحة البيئة الصناعية الأمريكية أن يكون مستوى التعرض في مكان العمل هو (٥٠) جزءاً في المليون لمدة (٨) ساعات في اليوم. ومن مظاهر التسمم بالغاز الاختناق والصداع والدوخة والغشي (Syncope) واضطرابات نظم القلب. وسوء استعمال أكسيد النيتروز المزمن قد يسبب فقر الدم وقلة الصفيحات الدموية، وقلة الكريات البيضاء واعتلال النخاع.

يتفاعل أكسيد النيتروز مع الأوزون الأرضي مكوناً الضباب الدخاني Smog الذي يمتص الأشعة تحت الحمراء. لذلك فإن الغاز مؤثر في الاحتباس الحراري بمعدل ثلاثة أرباع تأثيرات (CO_2). كما أن أكسيد النيتروز يؤدي إلى نقص في أكسجين التنفس أو صعوبة وصول الأكسجين إلى أنسجة الجسم. ولقد وجد أن الغاز يؤثر في فيتامين (B_{12}) المخزّن في الجسم، وإن النقص في هذا الفيتامين قد يعرّض كبار السن لمرض إلزهايمر Alzheimers Disease، وعند غير الشيوخ والمسنين قد تظهر مشكلة التصلب العصيدي Multiple Sclerosis. كما أن تعرض الحوامل لغاز أكسيد النيتروز ولمدة طويلة يؤدي إلى فقدان الأم للجنين أو حدوث عاهات عند الولادة.

إن مصادر انبعاثات أكسيد النيتروز متعددة، وأكثريتها تنحصر في النشاطات البشرية مثل إدارة التربة الزراعية، وحرق وقود السيارات، وإنتاج حامض النيتريك، ومن الغابات والتحريج والأراضي الرطبة، والسماد والرماد الناتج من حرق المخلفات وغيرها. ولقد وجد أن أكبر المصادر الانبعاثية للغاز هي العمليات الحاصلة في إدارة الطمي الزراعي ثم حرق وقود السيارات في المرتبة الثانية، وإنتاج حامض النتريك في المرتبة الثالثة، والسماد في المرتبة الرابعة.

أما المصادر الطبيعية لغاز أكسيد النيتروز فتتمثل في تحلل النيتروجين في التربة، وفي أعماق المحيطات بواسطة الجراثيم، وهذا يشكل حوالي (٩٠٪) من انبعاثات المصادر الطبيعية للغاز. كذلك هناك نسبة ضئيلة من الغاز ناتجة من التفاعلات الغازية في الجو.

ورغم أن أكاسيد النيتروز الناتجة من المصادر المختلفة في أواخر الثمانينيات شكلت نسبة قليلة من نسب غازات الدفيئة الأخرى إلا أن غاز أكسيد النيتروز له قوة إشعاعية عالية لا تُقارن بثاني أكسيد الكربون أو الميثان.



شكل (٢٢) نسبة مساهمة أكاسيد النيتروز في غازات الدفيئة في أواخر الثمانينيات

لقد كانت مستويات أكسيد النيتروز قبل (١٩٥٠م) حوالي (٢٨٥) جزء في البليون من حيث الحجم، ومع عام (١٩٨٩م) أصبحت (٣٠٥) جزء في البليون من حيث الحجم مما يعني زيادة سنوية تقارب من (٠,٢-٠,٣٪) سنوياً.

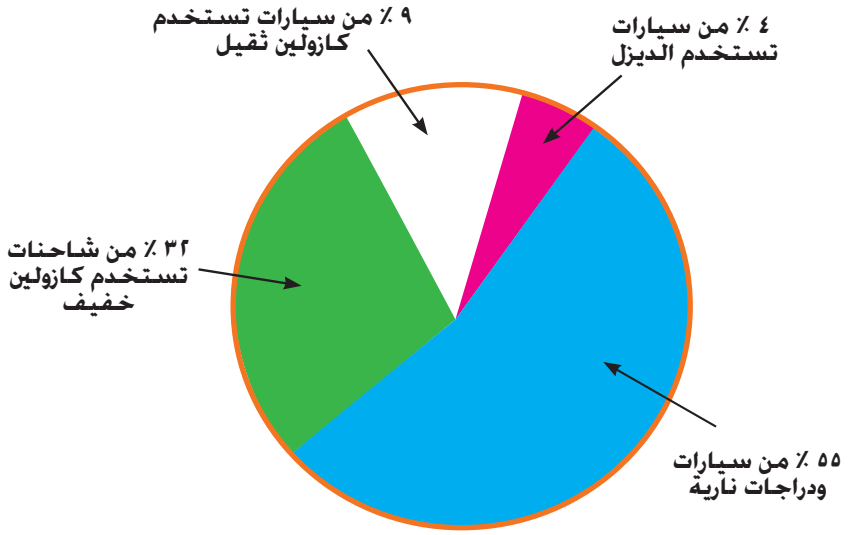
- **غاز أول أكسيد الكربون (CO)**

إن غاز أول أكسيد الكربون من غازات الدفيئة المؤثرة في التغيرات المناخية، فهو غاز لا لون أو طعم أو رائحة له، لذلك يصعب التعرف على وجوده في المكان المحيط بالإنسان. لكنه غاز سام لأنه يتجمع بسرعة في الدم الذي يصبح غير قادر على امتصاص الأكسجين اللازم للتنفس. كما أن الزيادة في تنفس جرعات هذا الغاز يؤدي إلى الموت.

والغاز ينتج من حرق الوقود الأحفوري مثل الفحم والغاز الطبيعي والبروبين والنفط، ويصبح ساماً عندما يصل مستوى تركيزه أعلى من (٥٠) جزءاً في المليون مع استمرار التعرض لمدة أكثر من (٨) ساعات. إن التعرض لأكثر من (٥٠) جزءاً في المليون ولنفس الفترة يعني إصابة الفرد بالزكام والصداع واحمرار العين، أما عند التعرّض لمستوى أعلى من (٤٠٠) جزء في المليون فإن النتيجة فقدان الوعي وتلف خلايا الدماغ والموت.

ويعتبر غاز أول أكسيد الكربون من الملوثات الهوائية في المدن التي تعج بحركة مرور مزدحمة وينبعث من عوادم السيارات. وعادة يتكون الغاز من عدم الاحتراق الكامل للكربون في الوقود Incomplete Combustion. ولقد وجد أن السيارات في أمريكا المصدر الأساسي لانبعاث غاز أول أكسيد الكربون، حيث تشكل النسبة حوالي (٩٥٪) من إجمالي الانبعاثات الغازية لأول أكسيد الكربون. كما أن غالبية المدن الكبيرة في العالم تعاني من تلويث أول أكسيد الكربون للهواء الجوي.

ولأول أكسيد الكربون دور في التفاعلات الكيموضوئية التي تؤدي إلى الدخان الضبابي، والاحتباس الحراري، وتشّكل الأوزون الأرضي. ولقد اكتشف الغاز في القرن الحادي عشر الميلادي، لكنه استخدم في عمليات الإعدام من الإغريق والرومان على أساس أنه غاز سام.



شكل (٢٣) مصادر انبعاث غاز (CO) من المركبات على الطرق في أمريكا عام (١٩٩٩م)

دراسة خواص أول أكسيد الكربون في الطبيعة تتطلب النظر في دورة الكربون التي كما نعرف، أنها دورة بيوجيوكيميائية حيث يتم تبادل الكربون بين المحيط الحيوي Biosphere والمحيط المائي Hydrosphere وجو الأرض. إن فهم دورة الكربون مهم لمعرفة التغيرات المناخية وعلاقة الكربون بالحياة. فالكربون يلعب دوراً حيوياً في بناء الخلايا الحية من النواحي الغذائية والبيوكيميائية، كما أن الكائنات تؤثر في دورة الكربون.

ولقد وجد أن غالبية الكربون تترك المحيط الحيوي خلال عملية التنفس، وعندما يوجد الأكسجين فإن عملية التنفس الهوائي Aerobic Respiration تحدث عن طريق إطلاق ثاني أكسيد الكربون في الهواء أو في الماء، والعكس يؤدي إلى عملية التنفس اللاهوائيAnaerobic Respiration، حيث ينطلق غاز الميثان في البيئة المحيطة الذي في النهاية ينتقل إلى الهواء أو المحيط المائي فنتعرف على ذلك بشم رائحة غاز المستنقعات.

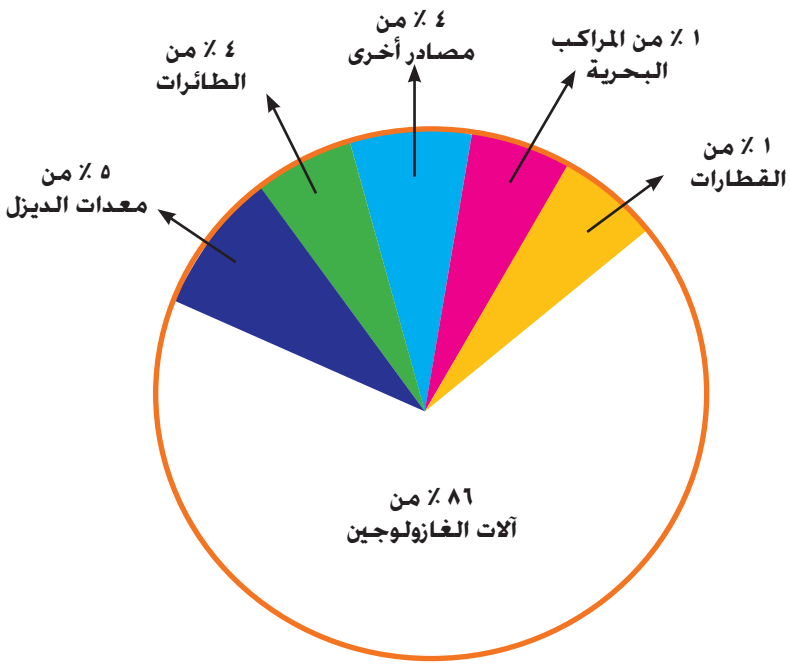
ولدورة الكربون أهمية في المحيطات المائية حيث التحكم في pH الماء. والمعروف أن pH يعني الأس الهيدروجيني الذي يتعلق بحساب تركيز الأيون الهيدروجيني المكافئ في جرام واحد من الذرات في كل لتر محلول. وهذا يزودنا بتقدير على قياس يبدأ من (صفر-١٤) من الحمضية أو القلوية للمحلول (التقدير «٧» يعني الاعتدال، وأكثر من «٧» يعني قاعدي ، وأقل حمضية عالية).

ويمكن ملاحظة العلاقة التبادلية بين الكربون والهواء والماء في انطلاق الكربون إلى الهواء من السطح المائي، بينما في المناطق المائية العميقة فإن ثاني أكسيد الكربون يذوب في الماء بعد ملامسة الهواء للماء. وعندما يتفاعل ثاني أكسيد الكربون في الماء يتكون حامض الكربونيك لكنه تفاعل يتخذ اتجاهين متضادين :

$$CO_2 + H_2O \longleftrightarrow H_2CO_3$$

تعكس الدراسات أن (CO) غاز مستمر في ارتفاع تركيزاته سنة بعد سنة بسبب كثرة النشاطات البشرية المخربة للبيئة. فلقد وجد من القياسات السطحية المحلية في الدول، وكذلك قياسات الأقمار الصناعية عن الأحوال الجوية أن أول أكسيد الكربون المنبعث من المناطق الاستوائية إلى شمال الكرة الأرضية يرتفع في مستواه، مقارنة بأماكن أخرى في الدول الصناعية في النصف الشمالي من الأرض. فبينما تشير الإحصاءات أن هناك انخفاضاً في مستوى (CO) يتراوح بين (١٠-٢٠) جزءاً في البليون من حيث الحجم تظهر دراسات أخرى ارتفاعاً في مستوى الغاز عالمياً.

لقد وجد أن أكثر التغيرات في تركيزات الغاز المرتفعة في وسط إفريقيا (٢٠-٣٠) جزءاً في البليون من حيث الحجم، وفي جنوب شرق آسيا (٣٠-٧٠) جزءاً في البليون من حيث الحجم، وفي جنوب البرازيل (٢٠-٣٥) جزءاً في البليون من حيث الحجم، وأن ذلك معناه أن غاز أول أكسيد الكربون على مدى السنوات القادمة سيكون مؤثراً بدرجة كبيرة في التغير المناخي، وفي جودة الهواء في أماكن كثيرة مأهولة بالسكان.



شكل (٢٤) انبعاث غاز أول أكسيد الكربون من مصادر مختلف أخرى غير السيارات في أمريكا (١٩٩٩م)

إن غاز أول أكسيد الكربون من الغازات الضعيفة الدفيئة، ولكن له تأثيرات غير مباشرة على التغير المناخي، خاصة وأنه يتفاعل مع الهيدروكسل (OH) في الجو مؤدياً إلى انخفاض في كمية الشق الكيميائي للهيدروكسيل، وهذا يساهم في زيادة العمر الزمني للغازات الدفيئة مثل غاز الميثان على عكس دور (OH) الذي يخفض عادة العمر الزمني لغازات الدفيئة. لذلك فإن غاز أول أكسيد الكربون يرفع من طاقة الاحترار العالمي لغازات الدفيئة الأخرى، كذلك يساهم غاز أول أكسيد الكربون في تشكل الأوزون التروبوسفيري الدفيء. ولا يحدث تركيز أول أكسيد الكربون في كل الأماكن بمستوى واحد، فهو يختلف من مكان لآخر باختلاف المواسم في السنة. فحيث يكون مستوى تركيزه (٣٠) جزءاً في البليون نجده في أماكن أخرى مستواه يصل إلى (٢٠٠) جزء في المليون.

• بخار الماء

يعتبر بخار الماء المساهم الرئيسي في التأثيرات الدفيئة، حيث إن هذه التأثيرات تكون في حدود (٣٦-٧٢٪) عندما يكون الجو صافياً، لكن في حالة تلبد السماء بالغيوم فإن هذه النسبة تزيد لتصبح (٦٦-٨٥٪). لكن تركيزات بخار الماء في الهواء تختلف بحسب اختلاف المناطق الجغرافية والتضاريس وأماكن الأنشطة البشرية المكثفة مثل استخدامات الري في الزراعة.

والمعروف أن الهواء الجوي الدافئ له قابلية للإمساك ببخار الماء أكثر من الهواء البارد باعتبار أن الهواء الحار يرفع من تركيزات غازات الدفيئة التي بدورها ترفع من كثافة بخار الماء في الجو. فلقد وجد أن هناك ارتفاعاً تدريجياً ملحوظاً في كمية بخار الماء على سطح اليابسة يُقدر بحوالي (٠,٠١±٠,٠٤) جزء في المليون كل سنة. وهذا البخار يرتفع أحياناً في الجو فيصل علواً يقدر بحوالي (٣٠) كم فوق سطح الأرض.

إن ارتفاع حرارة الأرض بسبب ارتفاع تركيزات (CO_2) في الجو يعتمد على التغذية الراجعة لكمية بخار الماء في الجو. فكلما ارتفع بخار الماء كلما ارتفعت درجة حرارة الأرض التي بدورها تؤثر على زيادة بخار الماء الممتص من الهواء. فالحرارة مع عملية الامتصاص ظاهرتان تحدثان في إطار دورة حلزونية Spiraling Cycle. كذلك التغذية الراجعة لبخار الماء تساهم في تقوية التأثيرات الحرارية للغازات الدفيئة مثل تأثير (CO_2) الذي يسمح بالمزيد من بخار الماء أن يدخل في حزمة الهواء الجوي.

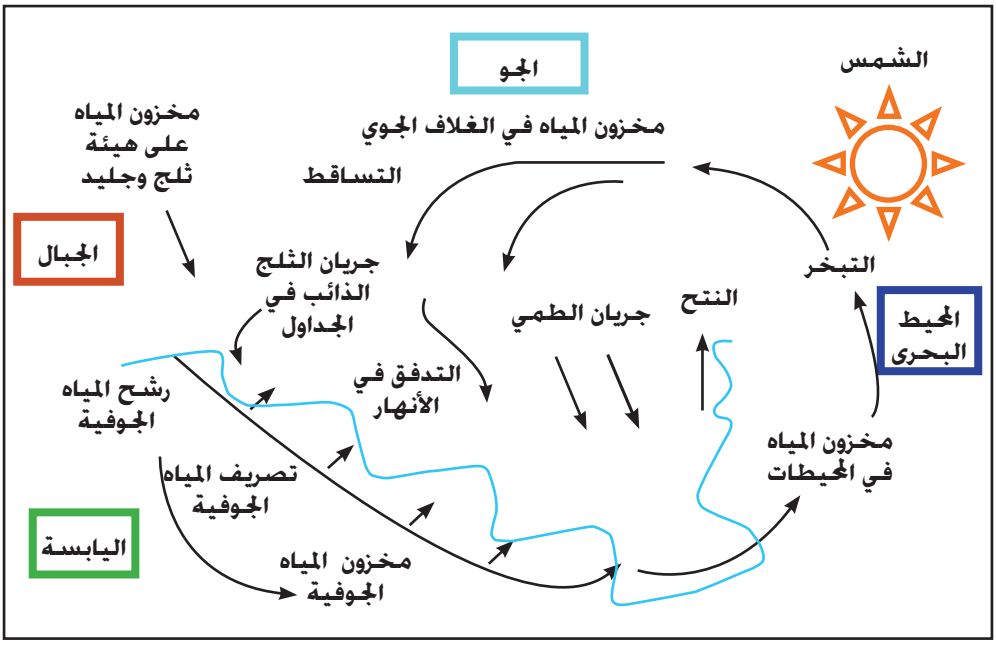
يحبس بخار الماء الكثير من الطاقة الشمسية وبمعدلات تُقدر بـ(٢) وات زيادة في الطاقة لكل متر مربع من الهواء. وهذا يجعلنا نتصور ضخامة احتباس الطاقة الحرارية بسبب بخار الماء على كل سطح الأرض. والرطوبة تعد من مؤشرات ارتفاع الحرارة، وتركز عليها الدراسات المناخية المستقبلية، خاصة أن زيادة الرطوبة في الجو تعني مضاعفة تأثيرات غاز (CO_2) على حرارة الأرض.

يرتفع بخار الماء إلى طبقات الجو العليا وإلى طبقة الستراتوسفير بتأثيرات الأعاصير الاستوائية الشديدة فتتشكل السحب العالية. فلقد وجد أن كمية بخار

الماء في طبقة الاستراتوسفير ارتفعت أكثر من (٥٠٪) في السنوات الخمسين الماضية مؤدية إلى تشكل سحب ثلجية في الستراتوسفير ومؤثرة في التغيرات المناخية، وأن ثلث احترار الأرض في التسعينيات يعود إلى بخار الماء في طبقات الجو العليا.

أُجريت دراسات أخرى في أمريكا في التسعينيات تشير إلى أن بخار الماء له دور أيضاً في برودة الجو وليس فقط في حرارة الأرض، وأن لبخار الماء في طبقات الجو العليا تأثيراً قليلاً على رفع درجة الحرارة. أي أن ارتفاع نسبة البخار في الجو يزيد من الحرارة وانخفاض هذه النسبة يقلل من الحرارة.

لاشك أن بخار الماء في النظام المناخي له أهمية بالغة في دراسات المناخ وتنبؤات الطقس ومستوى التغيرات المتوقعة في المناخ. فبدون البخار لن تتكون السحب أو تنزل الأمطار أو تتكون الثلوج. والبخار مهم للاحتفاظ بدفئ الأرض، وكذلك لتبريد سطح الأرض.



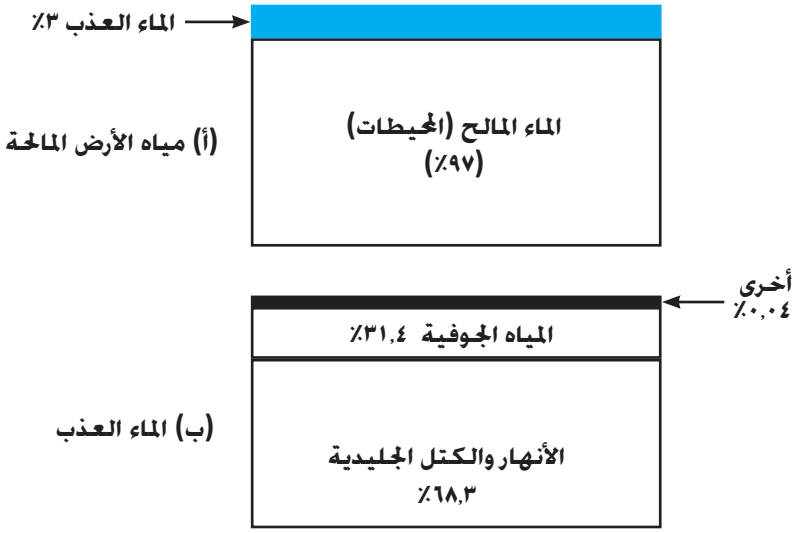
شكل (٢٥) دورة الماء في الطبيعة

إن للماء أهمية كبرى لأنه الأساس للحياة على الأرض، ولا توجد الحياة بدونه، وربما الأرض الكوكب الوحيد من بين كواكب المجموعة الشمسية التي يوجد

على سطحها الماء. ويوجد الماء على الأرض في إطار نظام بيئي متوازن، فما يذهب إلى البحار يعود إلى الأرض على شكل أمطار. والماء تتغير حالته من سائل إلى بخار إلى ثلج في أماكن متفرقة على الأرض وفي دورة طبيعية منتظمة. ودورة الماء تشمل تبادل الطاقة الحرارية التي تقود إلى تغيرات حرارية. فمثلاً عملية التبخر تحدث عندما يمتص الماء الطاقة من البيئة المحيطة فتبرد البيئة، والعكس أيضاً صحيح عندما نشاهد في عملية التكثف Condenstion حيث يطلق الماء الطاقة للبيئة المحيطة مسببة تدفئة البيئة.

ونلاحظ من دورة الماء في الطبيعة أن الماء يتبخر صاعداً إلى الطبقات العليا من الهواء، حيث تخفّض البرودة درجة حرارة البخار فيحدث التكثف والتحّول إلى السحاب الكثيف. وعندما يحرك الهواء بخار الماء حول الأرض وتتصادم جزيئات السحب فإن تكاثر ونمو السحب يشكل ظاهرة الترسيب Preciptation على الأرض. فبعض هذه الترسيبات تكون على شكل أمطار أو ثلوج أو بَـردْ حيث تتجمع الثلوج على القمم الجليدية وتعتبر مخازن ضخمة للماء المتجمد لآلاف السنين. بعض هذه الثلوج تذوب ويتدفق ماؤها على منحدرات الأرض والوديان. غالبية المياه تعود إلى البحار والمحيطات، وبعضها يتخلل في التربة أو إلى الأنهار والبحيرات. وتعتبر المحيطات هي أكبر مستودع للماء على الأرض حيث تُقدر كميتها بحوالي (١,٣٨٦,٠٠٠,٠٠٠) كم مكعب منها حوالي (١,٣٣٨,٠٠٠,٠٠٠) كم مكعب مخزون في المحيطات أو حوالي (٩٥٪). وكذلك تساهم المحيطات بحوالي (٩٧٪) من بخار الماء الداخل في دورة الماء في الطبيعة. أما الماء العذب فلا تتعدى نسبته عن (٣٪) وهي مياه الأنهار والبحيرات.

ومن المعلوم أن الماء يوجد في ثلاث حالات: الحالة الصلبة كما في الجليد، والحالة السائلة كما في الماء، والحالة الغازية كما في البخار. وهذه الحالات يمكن لها أن تتحول فنجد الحالة الصلبة تصبح سائلة، والسائلة تصبح غازية، والعكس أيضاً يحدث حيث تُحول الحالة السائلة إلى صلبة أو الغازية إلى سائلة. وعندما تتغير الحالة المائية يصاحبها تبادل للطاقة الحرارية.



شكل (٢٦) أ- مياه الأرض المالحة ب- مياه الأرض العذبة

لاشك أن النشاطات البشرية تؤثر في دورة الماء، وهي كثيرة مثل النشاطات الزراعية والصناعية، وبناء السدود، والتحريج، وإزالة المياه الجوفية من الآبار، ووضع موانع للمياه في الأنهر، واستهلاكات الإنسان للمياه في المدن وغيرها. وحيث إن (٨٦٪) من التبخر العالمي يحدث من المحطيات فإن ذلك يقلل من درجة الحرارة من خلال آلية التبريد البخاريEvaporative Cooling. وبدون هذا التبريد فإن تأثير البخار على التأثيرات الدفيئة سيؤدي إلى زيادة عالية في درجة حرارة الأرض تُقدر بحوالي (٦٧) درجة مئوية.

كذلك زيادة كمية الماء في الطبقة الجوية المائية تؤدي إلى التبخر وحدوث ظاهرة الترشيح Transpiration الذي يزيد من بخار الماء والغطاء السحابي، مما يعني زيادة في امتصاص الأشعة ما دون الحمراء في جو الأرض. وكذلك لبخار الماء علاقة بغاز ثاني أكسيد الكربون على وجه التحديد حيث إن الزيادة في درجة الحرارة ولو درجة واحدة مئوية بسبب (CO_2)، فإن بخار الماء يرفع من الحرارة درجة مئوية أخرى. لكن عند دراسة التغذية الراجعة لدورة الماء فإن الحرارة الكلية من تغيير درجة الحرارة درجة واحدة مئوية ناتجة من (CO_2) إنما يعني في الحقيقة ارتفاع يعادل (٣) درجات مئوية.

الفصل الثالث

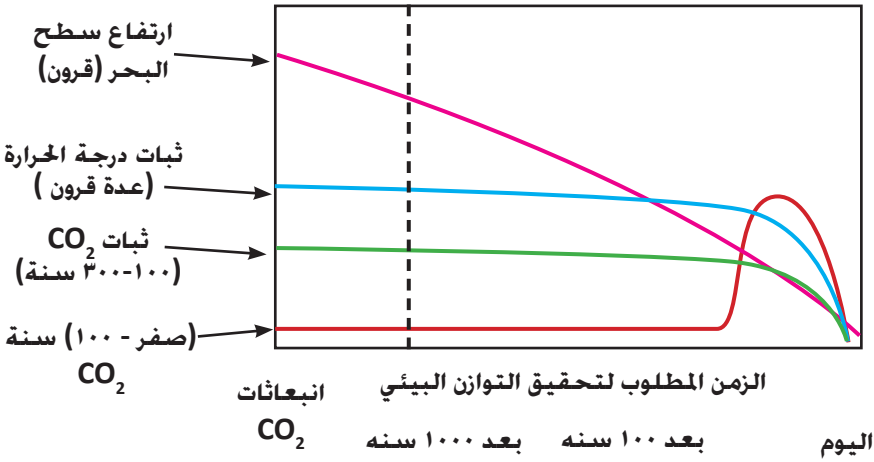
تأثيرات أرتفاع حرارة الأرض

الفصل الثالث
تأثيرات أرتفاع حرارة الأرض

• ارتفاع سطح البحر

تشير الدراسات الحالية عن أوضاع البيئة العالمية أن حرارة الأرض مرتفعة بمقدار(٧) درجات مئوية مقارنة بالفترة ما قبل الثورة الصناعية، وهو ارتفاع حراري سيزداد بمرور الزمن وبمعدلات سريعة وكبيرة من الارتفاع الذي شهدته الأرض منذ العصر الجليدي الأخير قبل حوالي (١٥) ألف سنة عندما ارتفعت الحرارة العالمية بحوالي (٥) درجات مئوية على مدى (٥) آلاف سنة. أما أسباب ذلك فقد كانت أسباباً طبيعية، لكن ارتفاع الحرارة اليوم فإن أسبابه إنسانية، أي بفعل النشاطات البشرية الزراعية والصناعية والبحثية، والعمرانية وغيرها.

إن الإنسان أصبح اليوم يحرق مصادر الطاقة التقليدية بشكل كبير ودون ضوابط، فالحرق مستمر للفحم والنفط والغاز، وزراعة الأراضي تتم بطريقة عشوائية ملوثة للبيئة ومضرة بالمناخ، وتدمير الغابات مستمر لأهداف تجارية وغيرها من نشاطات بشرية متنوعة لا تحسب لها احتمالات الإخلال بتوازن النظم البيئية Ecological Systems. ولقد وجد أن التمادي في هذه الأنشطة سيؤدي إلى أن يفقد عُشر سكان العالم موطنه من إجمالي (٧) مليار إنسان بسبب ارتفاع منسوب سطح البحر الذي أمكن رصده بمعدل ارتفاع (٣,١ مليمتر) منذ (١٩٩٣م). إن مخاطر ارتفاع سطح البحر كثيرة ومدمرة للصناعة والعمران والزراعة والصحة وغيرها، وهي مخاطر عالمية جعلت العالم يعيش حالة الخوف والترقب والرغبة في فعل كل ما يمكن أن يجنبه التداعيات المؤلمة. لذلك كان انعقاد مؤتمر الأرض في عام (١٩٩٢م)في ريودي جانيرو بداية صحيحة للاتفاق على آلية المحافظة على مستوى معين من الغاز العادم عند مستوى يمكن تجنب التأثيرات الخطرة على نظام المناخ. ثم بعد خمس سنوات جاءت معاهدة « كيوتو» التي طالبت بخفض انبعاث غازات الدفيئة وإلزام الدول بذلك، وخاصة الدول الصناعية. لكن لا وعود ريو، ولا آمال كيوتو تحققت أو أثبتت فعاليتها حتى اليوم. فلقد انسحبت أمريكا في المؤتمر السادس لكافة الدول الأعضاء في بون عام (٢٠٠١) معندما بحثت الدول الموقعة على اتفاق كيوتو في آلية التنفيذ ومستوى ما تحقق لدى الدول.



شكل (٢٧) مقاييس زمنية لارتفاع سطح البحر بسبب CO_2 وتحقيق التوازن البيئي

عامة، فإن التقديرات الاقتصادية العالمية لظاهرة الاحترار العالمي يمكن حصرها في أربعة ميادين عامة تُعتبر مؤشرات لدراسات قامت بها منظمة الأمم المتحدة للبيئة والتنمية وهي:

١- فقدان الأراضي بسبب ارتفاع مستويات البحر، وتدمير الاحتياطي السمكي العالمي، وتأثر الزراعة ومصادر المياه بسبب الأعاصير الاستوائية. وتُقدر الخسائر المالية بسبب هذه الظواهر المختلة بحوالي (٣٠٠) مليون دولار سنوياً.

٢- حدوث خسائر عالمية لاستهلاك الطاقة، فصناعة الماء على المستوى العالمي تواجه زيادة مستمرة في كلفة إنتاجه وحفظه وحمايته من التلوث وتقدر بحوالي (٤٧) مليون دولار سنوياً. كما أن الخسائر العالمية المتوقعة للعمليات الزراعية واستنزاف الغابات تقدر بحوالي (٤٢) مليون دولار سنوياً كنتيجة للجفاف أو الفيضانات أو الحرائق إذا استمرت مستويات تركيز (CO_2) مرتفعة.

٣- تقدر تكاليف إعداد البرامج والخطط اللازمة لمكافحة الفيضانات من أجل حماية المنازل والمصانع والمنشآت ومحطات الكهرباء بسبب العواصف وارتفاع مستويات البحر بحوالي مليار دولار سنوياً.

٤- تُقدر الخسائر المتوقعة بفقدان التنوع الحيوي وارتباك الأنظمة البيئية والتي تشمل مستنقعات نبات المنجروف، والحيد البحري المرجاني، والأهوار الساحلية بحوالي (٧٠) مليار دولار مع عام (٢٠٥٠م).

إن التداعيات الاقتصادية للاحترار والتغير المناخي مأساوية، ويعتقد أن الخسائر الاقتصادية المؤثرة في التنمية العامة للدول تتضاعف كل عشر سنوات بسبب الاحترار العالمي والكوارث الطبيعية. فمن هذه الأضرار وأبرزها تلف الممتلكات وحدوث مخاطر تجارية في الزراعة والمواصلات، وانخفاض رأس المال، واختلال في الخدمات العامة للدولة. كذلك تتأثر الصناعة والتصدير والاستيراد، فضلاً عن التداعيات على الصحة العامة حيث انتشار الأمراض وإصابة الناس والحيوانات والنباتات بالملوثات الناجمة عن التغير المناخي.

وإذا استمرت سخونة الأرض فإن الناس ستعاني مشكلات كثيرة يصعب التكهن بنطاق التأثيرات والانعكاسات على البيئة. وتقلبات المناخ في أماكن مختلفة لا يصاحبها فقط مشكلات صحية، وإنما أيضاً السياحية والاقتصادية والنفسية وغيرها. وعلينا أن نتصور حجم الأضرار الناتجة عن تقلبات المناخ لدول مثل أسبانيا وفرنسا وإيطاليا وسويسرا حيث يتوافد ملايين السواح في المواسم المعتدلة للاصطياف في هذه الدول، والصورة التي سيكون عليها موسم الاصطياف إذا حدثت برودة عالية غير محتملة في وقت السياحة.

كذلك لا تستطيع أن تتحمل النباتات والحيوانات التغيرات المناخية الكبيرة حيث تتضرر بعض الكائنات ويتأثر التنوع الحيوي الذي يعتمد عليه الناس في غذائهم وكسائهم، وكذلك المنتجات الصناعية. وحيث إن هناك تداعيات كثيرة للاحتباس الحراري فإننا نلخصها فيما يلي:

- نقصان الغطاء الثلجي وتجلد المياه وتراجع سماكة الثلوج على القمم الجبلية ومسطحات المناطق القطبية.
- ارتفاع مستوى سطح البحر والزيادة في درجة حرارة مياه المحيطات.
- غرق السواحل والمدن الساحلية بسبب ارتفاع مستوى مياه البحار.
- ارتفاع مستوى الترسبات على خطوط العرض المرتفعة والمتوسطة من

المنطقة الشمالية للأرض، وعلى المناطق الاستوائية وقد سجلت ملاحظات عن تغيرات اكولوجية تمثلت في:

- إطالة موسم النمو النباتي في خطوط العرض المرتفعة والمتوسطة.
- انقراض بعض أجناس الحيوانات والنباتات.
- تفتح الأزهار في أوقات مبكرة من السنة.
- ظهور الحشرات في أوقات مبكرة.
- وضع الطيور للبيض في أوقات مبكرة.
- ذوبان المنطقة المتجلدة التي على عمق متفاوت تحت سطح الأرض في المناطق القطبية المتجمدة.
-زيادة الهجرة السكانية.

ولقد وجد أن الأمطار الحمضية Acid Rain أو الظاهرة الحمضية Acidification التي تعني زيادة المحتوى الحمضي مع مرور الوقت بسبب تأثيرات الهواء على المطر والثلج والرطوبة، أو بقع الضباب الملامس أحياناً للأرض تؤدي إلى أضرار بالغة على الصحة والزراعة وسائر الأشياء الحية والجمادية. ويحدث الترسيب الحمضي بسبب انبعاث غاز ثاني أكسيد الكبريت (SO_2)، وأكاسيد النيتروجين الناتجة من حرق الوقود الهيدروكربونية، وصهر المعادن، وحرق الكتلة الحية Biomes، وكذلك من الأمونيا المنبعثة من المجاري والمصادر الأخرى.

لذلك يمكن تلخيص أضرار الحمضية الناجمة عن العوامل الطبيعية والبشرية المؤثرة بشكل خطير على البيئة على النحو التالي:

- الموت المباشر للكائنات الحية.
- التغير في كيميائية التربة وتراكيبها العضوية وغير العضوية.
- التغير في الأيض النباتي.
- التغير في الأيض الحيواني والتنوع الحيوي.
- التدهور في خصوبة الأراضي الزراعية.

- انتشار الأمراض.
- تلوث الأجواء.
- تأثر المواد المستخدمة في العمران والسدود والتشييد.
- اختلال الأنظمة البيئية.

الأعاصير ليست فقط التي ترفع من موجات البحار وتدفعها إلى السواحل وعلى مسافات بعيدة تصل إلى الكيلومترات من الأراضي اليابسة، وإنما منسوب البحار يرتفع أيضاً لأسباب عديدة كالفيضانات والـزلازل وذوبـان الثلوج والأمطار الغزيرة الدائمة وغيرها.

إن ارتفاع مستوى البحار والمحيطات وغرق اليابسة وضياع كل ما يملكه البشر يمثل تداعيات اقتصادية واسعة تكاد تمس كل شيء في حياة البشر في حاضره ومستقبله. لذلك علينا أن نتخيل مدى تأثر التنمية بعامل واحد فقط كارتفاع مستوى منسوب المياه في البحار والمحيطات والخلجان والأنهر وما يحدث من دمار للمنجزات والمشاريع القائمة على السواحل، خصوصاً وأن السكان تزداد كثافتهم بجانب السواحل حيث تقام المدن والسكن والموانئ وسفن صيد الأسماك وغيرها. ناهيك عن التداعيات على الاقتصاد وحياة السكان بسبب الاحترار العالمي الذي يتمثل ليس في ارتفاع سطح البحر فقط، ولكن كذلك في تدهور الزراعة، وتأثر الصناعة، وانتشار الأمراض وغيرها.

إن الكثير من الدول المطلة على البحار وفي كل اتجاهات الأرض يدب فيها الخوف من ارتفاع سطح البحر وحدوث الفيضانات والأعاصير والمآسي الكثيرة التي تعاني منها الدول المطلة على البحار، أو بسبب الظروف الجغرافية والجيولوجية لطبيعة أراضيها المنخفضة عن سطح البحر، فدول مثل بنغلادش، وهولندا، ودول جنوب شرقي آسيا كاندونيسيا وماليزيا وتايلندا وغيرها هي دول تعرضت إلى مشكلات بسبب التغيرات المناخية أو نتيجة ارتفاع منسوب البحار بسبب الزلازل البحرية أو الأعاصير وحركة الهواء الناجمة عن تقلبات المناخ في دول لم تستطع فعل شيء لحماية سواحلها من الدمار.

على سبيل المثال دلتا مصر من حيث ارتفاع منسوب البحر وفيضان الماء لا تختلف كثيراً عن الدول التي تتخوف من تداعيات الاحترار العالمي. فمع أن مساحة مصر

تعادل (١) مليون كم٢ نجد أن (٣,٥٪) هي نسبة الأراضي المزروعة والتي يرتكز فيها السكان. فالسكان يعيشون بكثافة على جانبي نهر النيل، وفي الدلتا باتجاه شرق الإسكندرية إلى المدخل الشمالي لقناة السويس حيث الزراعة والصناعة. ووفق سيناريو ارتفاع مياه البحر (١) متر بما يعادل (١٠-٤٠ سم) ارتفاع سطح البحر الدولي، فإن توقع ارتفاع سطح البحر عن المستوى الأرضي المصري يعادل (٦٠-٧٠ سم) بحلول عام (٢٠٥٠م). هناك دراسات تؤكد من الناحية التاريخية أن مدينة الإسكندرية واجهت ارتفاع مستوى سطح البحر عن أراضيها على مدى (٣) آلاف سنة بما يعادل (١,٢٠ ملم) سنوياً. كذلك عند حدوث ارتفاع (١) متر لمياه البحر فإن حوالي (١٢-١٥٪) من الأراضي الزراعية في البلاد تتأثر على افتراض أن السكان موزعون على المحافظات بشكل متقارب عددياً، وأن الأراضي المزروعة تضم حوالي (٢٠٪) من السكان، أي حوالي (١٥) مليون شخص في عام (٢٠٥٠ م).

• الإعصار

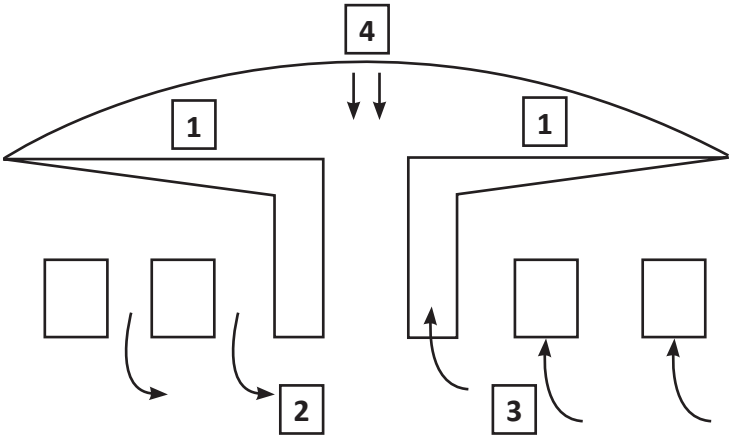
يتأثر الناس بالإعصار بسبب ارتفاع درجة حرارة الأرض، وهي تأثيرات مدمرة وكارثية لا تتوقف أبداً، ففي كل سنة هناك العشرات من الأعاصير التي تجتاح مناطق من العالم وتؤدي إلى خسائر في الأرواح والممتلكات. ففي أمريكا قُدرت الخسائر بسبب العواصف العاتية بمبالغ خيالية تصل إلى أكثر من (٤٠) بليون دولار لعدد (١٠) عواصف مدمرة فقط. إن غالبية الدراسات ربطت بين هذه العواصف واحترار الأرض بسبب غازات الدفيئة في الجو.

تؤثر الاعصارات المسماه بالحلزونية المدارية Tropical Cyclones في حرارة الأرض فتزيد من دوران الرياح العاصفة محدثة تغييرات في سريان الطاقة المؤثرة في حرارة سطح الأرض أو برودة الطبقات العليا من الجو. فمنذ عام (١٩٩٥م) والعواصف المدمرة تزداد عدداً، وخاصة نوع الإعصار العنيف Hurricanes من الدرجة (٥-٤-٣) في المحيط الأطلنطي.

ولا يغيب عن بال الكثيرين الإعصار المدمر المسمى «بإعصار كاترينا Hurricane Katrina في أمريكا الذي أودى بحياة الكثيرين وخسائر كبيرة في الممتلكات تُقدر بحوالي (٨١) بليون دولار، كما أن حوالي (٢٠٠٠) شخص توفوا في هذا الإعصار. وحدث إعصار كاترينا في أغسطس من عام (٢٠٠٥م) على منطقة

البهاما، وتحرك إلى ولاية فلوريدا الأمريكية بقوة تعادل درجة حرارة واحدة، لكنه بعد ذلك زاد عنفواناً عندما وصل جنوب شرق ولاية لويزانيا وكانت قوته تعادل الدرجة الخامسة، لقد غرقت مدينة نيوأورلينز New Orleans بالكامل بسبب قوة الفيضانات وارتفاع أمواج البحر وغرق السواحل لدرجة أن المياه وصلت إلى مسافات بعيدة في الولاية تقدر بحوالي (١٠ كم) من الساحل. كما أن الحد الأقصى لسرعة الرياح وصلت (٢٨٠) كم في الساعة.

تبدأ عاصفة كاترينا وغيرها عادة كعاصفة استوائية تنشط في تحركها على المحيطات. وعندما تلتقي الرياح مع مياه المحيط الدافئة (عندما تكون حرارة الماء أعلى من (٢٦,٥) درجة مئوية) فإن حرارة العاصفة والطاقة ترتفع. والرياح تدور في اتجاه عكس عقارب الساعة حول «عين الإعصار» أو المركز بسرعة تعادل (١٢٠) كم في الساعة، وهذه الظاهرة تحدث في أماكن مثل شمال المحيط الأطلنطي، وجنوب المحيط الهادي أو في شمال المحيط الهادي وشرق خط التاريخ الدولي، لكن إذا حدثت العاصفة في شمال شرق المحيط الهادي غرب خط التاريخ الدولي فإنها تسمى « إعصار مداري » Typhoon مثل الأعاصير التي تحدث في أجواء أستراليا وبحر الصين والمحيط الهندي كإعصار استوائي أو مداري، لكن الريح يدور في هذه الحالة في اتجاه عقارب الساعة.



شكل (٢٨) نموذج لتشكل الإعصار

ولتوضيح نموذج الإعصار في الشكل رقم (٢٨) نلخص الوضع حسب الأرقام المدونة على الشكل وهي:

١. السحب العالية المتحركة مع اتجاه عقارب الساعة البعيدة عن الإعصار وعلى ارتفاع (٣٥) ألف قدم هي سحب تدل على أن الهواء ينتشر فوق العاصفة والتي تعتبر مهمة لتشكل العاصفة.

٢. حزم من زخات المياه على شكل رياح عاتية وأمطار غزيرة. والتي تزداد اتساعاً وتتحول إلى عاصفة هوجاء بسبب تغذيتها بدفئ مياه المحيط.

٣.الجدار العيني وهو حزم من السحب والرياح العاتبة والأمطار العزيزة المحيطة بعين أو مركز الإعصار. فعند جدار العين تحدث حركة سريعة للهواء في اتجاه المركز وإلى أعلى في اتجاه السحاب.

٤. العين، ويحدث فيها ما يذهب إلى أعلى ينزل لأسفل مع قوة ارتفاع الهواء المتحول إلى عين العاصفة يهبط الهواء في داخل العين على شكل هواء جاف مشكلاً العين الهادئة النظيفة. فالرياح في العين خفيفة لكن الرياح عاتية في جدار العين. إن انخفاض الضغط في الإعصار يؤدي إلى سحب مستوى سطح الماء.

- **سلوك الأحياء المائية**

إن زيادة حرارة ماء البحار بدرجة أو درجتين مئويتين تُحِدث تغيرات جذرية في أيض الكائنات Metabolism وتوقف وظائف الخلايا في هذه الكائنات. فلقد تم رصد الاختلالات في التكاثر والموت حيث إن المنتجات الأولوية Primary Producers تتأثر بحرارة الماء بسبب تزايد معدلات نمو النباتات مؤدية إلى تكاثر كبير في فترة حياة قصيرة أو تكاثر قليل في فترة حياة طويلة، كما يحدث في تكاثر الطحالب وازدهارها على نحو غير طبيعي متسببة في انخفاض مستوى الأكسجين في الماء، أو قلة الطحالب التي تؤثر في الدورات الغذائية للأحياء المائية.

كذلك ارتفاع حرارة الماء قد يؤدي إلى نمو وتكاثر الطحالب السامة Toxic Algae والجراثيم في البحيرات والبحار. فالتغير المناخي يجعل البيئات المائية العذبة والمحيطات أكثر عُرضة لتكاثر الطحالب السامة والمكروبات من

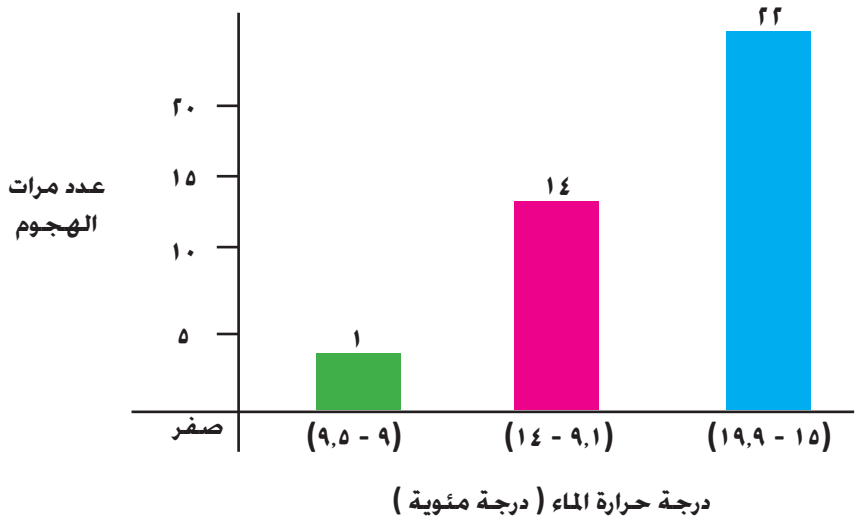
خلال ما يسمى بالانقسام الخلوي. فلقد وُجد أن « المد الأحمر» Red Tide هو تجمّع لطحالب حمراء سامة تسمى Alexandrium Catenella تؤثر في المحار Shelfish وتسبب مشكلات كبيرة بما في ذلك حدوث الشلل في البشر إذا تغذوا على الأغذية البحرية الملوثة.

إن المد الأحمر اسم شائع اليوم لظاهرة تُعرف بتكاثر الطحالب وبتركيزات كبيرة، حيث تتجمع في بقع ومسطحات مائية قريبة من السواحل وتؤدي إلى تغير لون سطح الماء. كذلك ينشأ المد الأحمر من طحالب تسمى الدينوفلاجليت Dinoflagellates وهي طحالب تحوي أصباغ ضوئية مركبة تتباين في اللون من الأخضر إلى البني إلى الأحمر. والمد الأحمر يعني تركيز نوع من الطحالب البحرية المكروسكوبية المسماه Karenia Brevis توجد بتركيزات عادية في الأوضاع الطبيعية، لكن تتحول تركيزاتها إلى تضخم في إعدادها، ولها تأثيرات سامة حيث تشل الجهاز العصبي المركزي للأسماك، وبالتالي لا تستطيع الأسماك التنفس. وقد لوحظ موت الكثير من الأسماك بسبب المد الأحمر في مياه خليج المكسيك وعُمان والكويت وأمريكا وبريطانيا.

إن كيميائية المحيط تتغير نتيجة الزيادة في كميات الماء في المحيطات وارتفاع تركيزات (CO_2)، وارتفاع مستوى الحمضية. فالحمضية تتكون بالتفاعل بين (CO_2) والماء مؤدية إلى حامض الكربونيك (H_2CO_2) حيث إن الحامض يزيد من حمضية مياه المحيط عن طريق خفض (pH) والذي بدوره يمنع تفاعل الكائنات الحية من أمثال نوع من أنواع الفيتوبلانكتون Phytoplankton الموجودة بكثرة في المحيط ويسمى Coccolithophores، والمرجان Corals، والحيوانات القشرية Crustaceans، وبعض صغار الرخويات Mollusks من إفراز عناصر تساهم في بناء تركيباتها الهيكيلية والصدفية والتي تتكون من كربونات الكالسيوم Calcium Carbonate ($Ca\ CO_3$).

كذلك زيادة الحمضية في الماء تجعل الكثير من الكائنات البحرية تواجه صعوبات تشكل هياكلها العظمية، وبالتالي لا تستطيع الاستمرار في الحياة، مما يعني الاختلال في الأنظمة الايكولوجية للمحيطات. تشير الدراسات إلى أن الكثير من تأثيرات الحمضية في المياه على الكائنات غير معروفة بالكامل، لكنها تأثيرات مدمرة بلاشك للبيئة البحرية.

تشير إحدى الدراسات إلى أن ارتفاع حرارة البحر يزيد من تكاثر أسماك القرش وزيادة عدوانيته، وقد تم ملاحظة ذلك في أسماك القرش الاستوائية Tropical Sharks، والقرش النمري، وبعض هذه القروش يحاول التحرك من بيئتها إلى بيئات بحرية أكثر اعتدالاً في درجة حرارة الماء. وكذلك لوحظ في دراسات أخرى على القرش الأبيض، وهو أكثر القروش عدوانية أن ازدياد حرارة الماء يجعله أكثر شراسة وهجوماً. وقد سجلت العدوانية على سواحل فلوريدا الأمريكية في الفترة (١٩٢٢ - ٢٠١٠م) .



شكل (٢٩) علاقة درجة حرارة الماء بعدوانية القرش الأبيض على السواحل الأمريكية (١٩٢٢م - ٢٠١٠م)

إن الطحالب في أوضاعها العادية لا خوف منها لكن تدخلات الإنسان في البيئة ونشاطاته المخلة في توازن الأنظمة الايكولوجية تؤثر في الطحالب، مثلما تؤثر في سائر الكائنات الأخرى فتجعلها تتصرف على نحو غير طبيعي. لقد وُجد أن تكاثر الطحالب السامة يعود إلى وفرة الأغذية التي تحصل عليها بسبب النشطات الإنسانية في البحار من حيث تلويث المياه بمختلف أصناف الملوثات بزيادة حرارة الماء بواسطة محطات توليد الطاقة الكهربائية، وإلقاء المجاري الصحية في البحار، ووجود النترات والفوسفات كمخلفات زراعية في بعض السواحل الزراعية، والغبار المتطاير الغني بالحديد Iron-Rich Dust من الأراضي الصحراوية وغيرها، حيث

يعتقد أن لها دور في حدوث المد الأحمر. بعض المد الأحمر الذي حدث في سواحل المحيط الهادي وُجد أن له علاقة بالتغيرات المناخية مثل ظاهرة El Nino.

إن تغير درجة حرارة الماء يؤدي إلى موت الأسماك، وحيث إن المياه الباردة لها إمكانية امتصاص أكسجين أكثر فإن استمرار ارتفاع حرارة الماء قد يؤدي إلى انخفاض نسبة الأكسجين المذاب في الماء. فلقد وُجد في عام (٢٠١٠م) انخفاض نسبة الأكسجين في مياه خليج ديليوير الأمريكية Delaware Bay بسبب ارتفاع حرارة مياه الخليج. كذلك ماتت آلاف الأسماك بنهر المسيسبي في ولاية ليوزيانيا الأمريكية في سبتمبر من عام (٢٠١٠م) بسبب ارتفاع حرارة الماء أو انخفاض المد.

كذلك تموت الأسماك نتيجة الهبوط المفاجئ لحرارة الهواء الساقط على سطح الماء مع استمرار هذا الهبوط. فموت الأسماك في هذه الحالة يتوقف على نوع الأسماك، خاصة في حال انتقال بعض الأسماك من البيئة المائية الباردة التي اعتادت عليها إلى بيئة مائية دافئة لا تستطيع مقاومة التغيير المفاجئ لحرارة الماء.

إن ظاهرة ارتفاع حرارة سطح البحار في الدول الحارة والصحراوية تؤثر في الكائنات البحرية بدرجة كبيرة رغم أن هذه الكائنات تكيفت مع ظروف البيئة البحرية. فالخليج العربي مثلاً من الخلجان المائية التي تتأثر كثيراً بتقلبات درجة الحرارة، فلقد وجد أن مياه سطح جون الكويت ازدادت حرارتها بمعدل متوسط يقارب (٠,٦٢) درجة مئوية لكل حقبة زمنية. وهذه الزيادة تفوق تقديرات الهيئة الحكومية الدولية للتغيرات المناخية (IPCC) بثلاث مرات مقارنة بتوقعات معدلات الزيادة العالمية، وهذا الارتفاع يعود إلى التقلبات الجوية وحرارة الصيف وطول فترة الصيف، فضلاً عن تأثيرات التقلبات الجوية والبحرية التي تحدث في العالم بسبب النينو Al Nino.

ونظراً لتلوث مياه الخليج العربي بالمخلفات الصناعية والصحية وارتفاع حرارة المناخ، فضلاً عن السخونة الحرارية Thermal Heat الناتجة من محطات توليد الطاقة فإن الكثير من مشكلات الاختلال في الأنظمة الايكولوجية البحرية تؤثر في الكائنات البحرية. ويعتقد أن المد الأحمر جانب واضح في هذا الاختلال، حيث الكثير من الأسماك توجد ميتة أو طافية على سطح مياه السواحل. فقد رصدت حالات

نفوق الأسماك في دول خليجية مثل إيران والكويت والإمارات وعُمان، وتشير إحدى الدراسات إلى نفوق حوالي (٣٢) طن من الأسماك على السواحل الإيرانية عام (٢٠٠١م) .

كذلك حدث المد الأحمر في الكويت في سبتمبر - أكتوبر من عام (١٩٩٩م) وأيضاً في عام (٢٠٠١م) حيث نفقت أسماك كثيرة، ويعتقد أن السبب يعود إلى سلالة من الجراثيم تسمى Streptococcus Iniae ساهمت في موت الأسماك، وقد سميت الحالة على أنها « مرض جنون السمك » Madfish Disease. لقد اكتشفت هذه الجراثيم البحرية لأول مرة في عام (١٩٧٢م) مسببة المرض للدلافين (الدلافين الوردية) التي تعيش في المياه العذبة في الأمزون، والتي من النادر أن تعيش في المياه المالحة. لكن نوع من البكتريا Streptococcus من مجموعة (A) هي التي تسبب تلف الحلق وتشكل البقع على الجلد. بينما البكتريا Streptococcus من المجموعة (B) فإنها تسبب العدوى لأجنة الأسماك أو الأسماك الصغيرة.

ويلاحظ من الدراسات على الأسماك الميتة بسبب المد الأحمر أن جرثومة Streptococcus Iniae تسبب جحوظاً عينياً للأسماك وتؤثر على جهازها العصبي وسباحتها في الماء بشكل دائري مؤدية إلى الموت. ورغم الاختلاف في الآراء حول أسباب موت الأسماك بسبب المد الأحمر، إلا أن المشاهدات تدل على الدور الطحلبي والجرثومي في الظاهرة. فلقد أشارت الدراسات عن المد الأحمر في الكويت عام (١٩٩٩م) أنه يعود إلى تكاثر الطحالب الوحيدة الخلية والتي تسمى Karenia Brevis، وهي طحالب سامة تعيش في مستعمرات مائية وتغطي مستعمراتها مئات الأميال من المياه.

ولا يعني أن كل المد الأحمر سام، فبعضه سام. لكن ازدهار تكاثرها على نحو هائل فإنها من السهل أن تغلق خياشيم الأسماك، وتستنفذ الأكسجين المذاب في الماء مؤدياً إلى حالات اختناق Anoxic Conditions. وهي ليست قاتلة للأسماك فقط، وإنما أيضاً تقتل الرخويات والمحار، وعندما يتغذى الإنسان على هذه الكائنات البحرية المصابة بالمد الأحمر السام فإنه يصاب بعلل صحية مختلفة.

• التداعيات الصحية

إن موجات الحر الشديدة، وتقلبات الطقس بلاشك تنعكس على عافية الناس وتصيبهم بأضرار فادحة، وتشمل الإصابة كل الفئات العمرية. فالصغار مثل المسنين أكثر عُرضة للاعتلالات الصحية. وكما أشرنا فإن ارتفاع الحرارة وإن كان العامل الأساسي المؤثر في الصحة إلا أن هذه الحرارة تؤدي إلى أمطار غزيرة وفيضانات ورياح وغبار وغيرها مسببة في انتشار أمراض مختلفة، وظهور الجراثيم الممرضة، وناقلات الأمراض التي تساهم في نقل وانتشار الأمراض المعدية للناس والكائنات الحية الأخرى.

لقد هبت موجة حرارة شديدة في صيف عام (٢٠٠٣م) في أوروبا أثرت في صحة (٣٥٠٠٠) إنسان، وكذلك حدثت حرائق كبيرة في أوروبا عام (٢٠٠٧م). والمعروف أن ارتفاع الحرارة يزيد من انتشار الملوثات في الجو، وارتفاع مستويات الدخان المختلط بالضباب والأوزون (الضبخان) Smog والذي يتسبب في حدوث الأمراض التنفسية والقلبية بما في ذلك الربو، والخلل في نظام القلب Cardiac Dysarryhtnmia. ولقد زادت نسبة مرض الربو في الأطفال Pediatric Asthma على مدى الـ (٢٥) سنة الماضية.

تشير الدراسات إلى أن أمراض مثل الملاريا، والإسهال، وسوء التغذية، والحمى الصفراء، والكلورا وغيرها لها علاقة بالتغير المناخي. فاتساع مجال انتشار البعوض الناقل لمرض الملاريا وصل إلى المناطق الباردة التي لم يصلها المرض في السابق مثل ووريا الجنوبية، والأراضي المرتفعة في بابوا غنيا الجديدة Papua New Guinea. ولقد وجد أن ارتفاع الحرارة يقصر من دورة حياة بعوضة الملاريا، مما يعني تكاثر البعوض بمعدلات أكبر.

كذلك ارتفاع الحرارة يزيد من ظهور الأمراض الناجمة عن نواقل الأمراض المستوطنة Vector-born Diseases مثل حمى الضنك التي أثرت في (٦٠) ألف شخص عندما ظهرت في البرازيل. وفي أمريكا زاد انتشار فيروسات غرب النيل، وهانتافيروز Hantavirus ، وداء لايم Lyme. إن داء لايم على سبيل المثال مرض معد تتسبب فيه على الأقل ثلاثة أنواع من الجراثيم من جنس Borrelia. وقد عُرف أن ناقلة المرض في عام(١٩٧٥م) هي حشرة مستوطنة في شمال الكرة الأرضية تنقل المرض

عن طريق البشر بواسطة التأثر بعضتها المعدية، ومن الأعراض الحمى، والصداع، والخمول والتوتر. ويؤثر المرض كذلك في المفاصل والجهاز العصبي المركزي.

إن غازات الدفيئة مثل (CO_2) والأمونيا على سبيل المثال في حال ارتفاع معدلات تركيزها وكمياتها فإنها تصبح ملوثات للهواء والماء، وتتحول إلى عوامل مرضية مؤثرة في تمريض الكائنات الحية. أول أكسيد الكربون مثلاً يقلل من حمل الدم للأكسجين، وخطر على مرضى الذبحة الصدرية والمرض الوعائي. فمقدرة اتحاد أول أكسيد الكربون مع هيمولوبين الدم تعادل (٢٠٠ – ٢٦٠) مرة قدر اتحاد الأكسجين مع كريات الدم الحمراء. أول أكسيد الكربون يعرقل تخلص الجسد من ثاني أكسيد الكربون في التنفس، وكذلك يؤثر في الجهاز العصبي، وخلايا الدماغ، ويعتبر من أكثر الملوثات انتشاراً في الهواء بسبب النشاطات البشرية والعمرانية وفساد الهواء بسبب الناقلات والبواخر والطائرات وازدحام المدن. كذلك الزيادة في الحرارة أو الرطوبة وشدة الإضاءة أو الإشعاع الشمسي تعتبر من مسببات اعتلال صحة الإنسان، وتدهور الزراعة، وموت الكائنات الحية كالأسماك في البحار وغيرها.

لقد انخفضت نسبة الوفيات بسبب الأمراض القلبية نتيجة استخدامات المكيفات في المنازل تجنباً لشدة الحرارة أو الرطوبة التي تؤدي إلى مشكلات صحية قلبية. فالاختلال في نبضات القلب له علاقة أساسية بالبرودة الشديدة، وكذلك الارتفاع في درجة الحرارة.

إن تأثيرات الطقس كثيرة منها تفشي الأنفلونزا والالتهاب الرئوي والشعب الهوائية وغيرها من المشكلات الصحية. فارتفاع الحرارة له مشكلاته الصحية تماماً مثل ارتفاع البرودة رغم التباين في نوعية الأمراض والتأثيرات الصحية ومستوى انتشار الأمراض. إن الاختلافات الموسمية في درجة الحرارة تؤدي إلى قصور القلب (احتشاء في معظم الأحيان) والخلل في الأوعية الدموية الدماغية، والإجهاد الجسدي، وزيادة ضغط الدم. تشير معظم البحوث إلى أن معدلات الوفيات بسبب الحرارة الشديدة تختلف مع العمر والجنس والعِرْق، لكنها تزيد مع تقدم العمر وحدوث الجلطات، وخاصة الدماغية. لاشك أن الرطوبة بسبب ارتفاع الحرارة تؤثر على الصحة العامة وفي قدرة الجسم على تبريد نفسه عن طريق التعّرق، والإفرازات الجسدية. ولقد وجد أن الرطوبة تؤثر في زيادة الإصابة الجرثومية أو الفيروسية بسبب اللزوجة المخاطية في قنوات التنفس الهوائية التي لا تستطيع محاربة المكروبات.

الفصل الرابع

المنظمات الدولية والتغيرات المناخية

الفصل الرابع

المنظمات الدولية والتغيرات المناخية

تولى مجموعة من المنظمات والهيئات الدولية حُلّ عنايتها بقضايا التغيرات المناخية، وخاصة المنظمات التابعة للأمم المتحدة مثل:

- برنامج الأمم المتحدة للبيئة (UNEP).

United Nation Environmental Program.

- برنامج الأمم المتحدة للتنمية (UNDP).

United Nation Developmental Program.

- الهيئة الحكومية الدولية للتغيرات المناخية (IPCC).

Intergovernmental Panel on Climate Change .

- المنظمة العالمية للأرصاد الجوية (WMO).

World Meteorological Organization .

هناك العديد من المنظمات والهيئات المحلية تنسق وتعمل مع المنظمات الدولية في مجال حماية المناخ، ولها دور بارز في رصد المتغيرات المناخية وبث المعلومات ومساعدة المنكوبين والمتضررين من التغيرات المناخية. وفي هذا الفصل سنتحدث بإيجاز عن أهم المنظمات الدولية التي تهتم بالشؤون البيئية.

• برنامج الأمم المتحدة للبيئة (UNEP)

تعتبر هذه المنظمة من أكثر منظمات الأمم المتحدة نشاطاً في المجال البيئي على المستوين العالمي والمحلي. فمن أهدافها التنسيق والتطوير لمختلف السياسات البيئية من خلال تقويم البيئة العالمية، وأخطار الحكومات بالقضايا التي تحتاج إلى سرعة اتخاذ القرارات ومعالجة المشكلات، وسبل الوقاية منها.

لقد تأسست هذه المنظمة بعد مؤتمر الأمم المتحدة عام (١٩٧٢م) حول البيئة البشرية الذي انعقد في مدينة استوكهلم – السويد، حيث أوصى هذا المؤتمر بأهمية إنشاء منظمة دولية تعبر عن ضمير الأمم المتحدة، وتُعنى بقضايا البيئة من جميع الجوانب. ولهذه المنظمة مجلس حاكم يتكون من (٥٨) دولة يتم انتخاب الدول كأعضاء كل أربع سنوات من الجمعية العامة للأمم المتحدة، ومسؤولية المجلس تقع في وضع البرنامج البيئي، وتحديد الأولويات البيئية، واعتماد الميزانيات للمشاريع البيئية، وتقييم حالة البيئة العالمية.

وللمنظمة سكرتارية عامة متواجدة في مبنى رئيسي في مدينة نيروبي/ كينيا، ولهذه السكرتارية مدير تنفيذي برتبة نائب سكرتير عام الأمم المتحدة. كما أن المنظمة تنشر كل سنة تقريرها العام عن أحوال البيئة العالمية، وترسلها إلى كافة الدول الأعضاء. ففي تقرير عام (٢٠١٠م) نلاحظ الإشارة إلى بداية العمل في استراتيجية البيئة على المدى المتوسط للأعوام (٢٠١٠ - ٢٠١٣م) ولستة قطاعات بيئية هي:

- التغير المناخي.
- الكوارث الطبيعية والصراعات العرقية والنزاعات الدولية.
- الإدارة الايكولوجية.
- التحكم البيئي.
- المخلفات الضارة.
- الاستهلاك المستديم والإنتاجية.

تساهم المنظمة في مشاريع مختلفة في مختلف الدول النامية، ومن هذه المشاريع «تشجير البيئة» في دول كثيرة حيث قامت المنظمة بشن حملة ضخمة لتشجير أكثر من بليون شجرة في العالم. ولقد شارك في هذه الحملة مختلف القطاعات في كل دولة من رجال أعمال، ومنظمات محلية، وأفراد، ورجال الصناعة والزراعة، واختارت ما يناسب كل دولة من أشجار تتوافق مع بيئتها.

وفي نهاية عام (٢٠٠٠م) تم تشجير أكثر من (٧,٤) بليون شجرة في أكثر من (١٧٠) دولة. لقد كان الهدف من التشجير العالمي خلق الوعي بأهمية

النبات للحياة، وبالتنوع الحيوي، واستدامة البيئة، والعناية بالصحة العامة، ودور النبات في ايكولوجية المناخ.

وتعد المنظمة من أكثر المنظمات الدولية اهتماماً بالتربية البيئية Environmental Education ، والتدريب والثقافة البيئية، فهي تضع البرامج والمناهج البيئية للمدارس والجامعات، والتركيز على التعليم البيئي من أجل التنمية المستدامة، وخلق المبادرات، والاهتمام بالبيئة من خلال تعزيز القيم والأخلاقيات البيئية Environmental Ethics. إن التربية لها دور فاعل في التنمية وبناء السلوك الإيجابي لدى طلاب المدارس والجامعات تجاه التعامل الأمثل مع البيئة. ولهذا فقد أعدت المنظمة الكثير من البرامج البيئية وطبقتها في العديد من الدول استخدمت فيها نظريات التعلم البيئي المبني على أسلوب حل المشكلات، والتفاعل مع البيئة، والدراسات الحقلية والتطوع في خدمة المجتمع وغيرها. كذلك تهتم المنظمة بتدريب القادة والمسؤولين عن البيئة في الدول المختلفة حول قضايا البيئة المختلفة في دولهم، وخاصة أساليب اتخاذ القرارات وآليات حل المشكلات وغيرها.

- **برنامج الأمم المتحدة للتنمية (UNDP)**

برنامج الأمم المتحدة للتنمية جهاز نشط في ميادين كثيرة تتعلق بالتغيرات المناخية والتنمية المستدامة، وتقييم الواقع الدولي في ميدان التنمية العامة. ورغم أن هذا الجهاز نشاطاته واسعة في قطاعات التنمية إلا أنه يهتم أيضاً بمشكلات المناخ وتأثيراتها على التنمية. ففي تقرير له عام (٢٠٠٧ - ٢٠٠٨م) بعنوان محاربة التغير المناخي – التلاحم الدولي في عالم منقسم ,Fighting Climate Change Human Solidarity in a Divided World. نلاحظ التركيز على القضية المناخية على أنها أولوية في خطط التنمية، وأهمية في رصد الاستجابة الدولية لمشكلات الانبعاثات الغازية من خلال تطبيق السياسات والأدوات التي تخفض نسبة الانبعاثات من قبل كل دولة. كذلك تناشد هذه المنظمة الدول أن تساهم في الميزانيات المالية الضرورية للحد من الانبعاثات، وخاصة مساعدة الدول الصناعية للدول النامية في هذا المجال.

إن الكثير من المؤتمرات واللقاءات التي عقدتها المنظمة بحثت فيها التغيرات المناخية وتأثيراتها على البيئة والتنمية، ومن هذه المؤتمرات الاجتماع الدولي في

بالي Bali عام (٢٠٠٧م)، حيث وضعت الشروط للحد من الانبعاثات الغازية بعد عام (٢٠١٢م)، ولقد أدى ذلك إلى « بروتوكول كيوتو «Koyoto في اليابان عندما وافقت غالبية الدول الصناعية على اتخاذ خطوات فاعلة للحد من الانبعاثات وفق خطة بالي Bali Plan.

هناك العديد من التوصيات المهمة صدرت من مؤتمر بالي تركز على حماية الغابات من الإزالة العشوائية والتدمير، والتوجه نحو التكنولوجيا النظيفة غير الملوثة للبيئة، والاهتمام بالطاقة غير الهيدروكربونية، ووضع خطة مالية داعمة لجهود الدول النامية في محاربتها للانبعاثات الغازية وغيرها.

إن برنامج الأمم المتحدة للتنمية (UNDP) مازال يساهم في إعانة الدول النامية بالخبرات والتجارب التي تعالج المشكلات البيئية في مختلف الدول. ففي عام (٢٠٠٧م) ساهم البرنامج بناءً على دراسات بيئية في مكافحة الجفاف في شمال كينيا، خصوصاً وأن الدراسات أكدت على استدامة الجفاف لفترة طويلة من عام (٢٠٠٧م) وقد تتجاوز العشرين سنة القادمة. لقد تم دعم المزارعين بالمال، ومنع الرعي الجائر، وخلق الوعي البيئي وغيرها من آليات استخدمها البرنامج في إنجاح مشروعه في شمال كينيا.

ويسعى البرنامج كذلك في الحد من الغازات الدفيئة من خلال دعم الطاقة النظيفة، ومساعدة الدول النامية مادياً، وحث الدول الصناعية على الدعم المادي أو المالي عن طريق تطبيق اتفاقية كيوتو. وتعتبر اليابان من أكبر مزودي إفريقيا بالدعم المادي والفني في مجال الطاقة، فلأكثر من (١٥) سنة واليابان تعمل مع (UNDP) من خلال "مؤتمر طوكيو الدولي لتنمية إفريقيا" Tokyo International Conference on Africa Development من أجل تطوير الاقتصاد، وإحلال السلام والاستقرار في القارة الإفريقية. فعلى مدى أكثر من نصف عقد من الزمان قدم هذا المؤتمر الياباني حوالي (٨٤) مليون دولار لدعم مختلف الأنشطة البيئية في إفريقيا.

وإذا نظرنا إلى دور البرنامج في وضع مشاريع مختلفة على المستوى الدولي في مجال التغير المناخي، والاحتباس الحراري فإننا نلاحظ المساعدات الفنية والمالية التي قدمت إلى تنزانيا في مجال إعانة المزارعين على مكافحة جفاف

بحيرة فيكتوريا Lake Victoria عن طريق الاستفادة من طاقة الرياح وطاقة الشمس لتحريك مولدات ضخمة تضخ المياه إلى الأراضي القاحلة. كذلك قدمت المنظمة لماليزيا الدعم للمحافظة على أشجار المانجروف وإعادة زراعتها Mangrove Regenration في عام (٢٠٠٤م).

هناك تنسيق كامل بين المنظمتين الدولتين:(UNEP-UNDP) في ميادين التمويل ووضع الدراسات التي تقلل من الانبعاثات الغازية، ومحاربة التصحر، والحفاظ على التنوع الحيوي، وعدم التأثير في طبقة الأوزون، وخفض النشاطات الملوثة للبيئة وغيرها. فلقد أصبحت تقديرات الدعم المالي المقدم من (UNDP) لدول نامية مختلفة، وخاصة في مجال التغير المناخي تُقدر بأكثر من (٧,٨) بليون دولار تمثل أكثر من (٥٦٠) مشروع مختلف.

ولأكثر من عقدين لعبت المنظمة (UNDP) دوراً بارزاً في شن حملة دولية تهدف إلى منع كل ما يتسبب في تآكل الأوزون، خاصة تجنب المواد الداخلة في تآكل الأوزون. فبروتوكول مونتريال ساهم في تقديم الدعم المالي لتنفيذ برنامج حماية طبقة الأوزون. كذلك ركزت المنظمة في الهند مثلاً على تأسيس "حزام أوزوني" Ozone Cell لإدارة كل متطلبات الحفاظ على طبقة الأوزون، خاصة الحد من انبعاثات غازات الكلوروفلوروكربون (CFCs).

• الهيئة الحكومية الدولية للتغير المناخي (IPCC)

تعتبر هذه الهيئة الدولية من الهيئات التابعة للأمم المتحدة والمهتمة بدرجة كبيرة في التغير المناخي من خلال مراجعة وتقويم كافة المعلومات العلمية والتقنية، والاجتماعية والاقتصادية الناتجة عن النشاطات ذات الصلة بالتقلبات المناخية العالمية. فالهيئة تزود الدول بوجهة نظرها العلمية عن الحالة المناخية السائدة وانعكاساتها على مختلف جوانب حياة الناس والدول.

لقد نشأت الهيئة في عام (١٩٨٨م) بواسطة المنظمة العالمية للأرصاد الجوية World Meteorological Organization (WMO) والبرنامج البيئي للأمم المتحدة (UNEP)، ولا تقوم الهيئة (IPCC) بالأبحاث أو إدارة الظاهرة المناخية المتغيرة، وإنما ينحصر جُلّ نشاطها في نشر تقارير دورية خاصة بتنفيذ الاتفاقية الإطارية للأمم المتحدة حول التغير المناخي، وبروتوكول كيوتو الذي وضع في

إطار هذه الاتفاقية. ففي تقرير عام (٢٠٠٧م) على سبيل المثال نجد الاهتمام الكبير بالجانب العلمي الفيزيائي للتغير المناخي، والتأكيد على أن الاحتباس الحراري أساسه النشاطات البشرية المختلة، فلقد وُجد أن أكثر من (٩٠٪) من ارتفاع درجة الحرارة في منتصف القرن العشرين يعود إلى الارتفاع في النشاطات البشرية المؤدية إلى زيادات في الانبعاثات الغازية.

هذه الحرارة المرتفعة بسبب الزيادة في الانبعاثات حسب تقرير الهيئة (IPCC) لعام (٢٠٠٧م) أدت إلى ارتفاع حرارة مياه البحار والمحيطات، ويعتقد أن هذا التأثير سيمتد لقرون حتى لو تم انخفاض تركيزات غازات الدفيئة بسبب العلاقة بالقياس الزمني للتأثيرات الحرارية المرتدة والراجعة نتيجة العمليات المناخية. ولقد وُجد أن التأثيرات الناجمة عن حالة المناخ الطبيعية أو دور الطبيعة في التأثيرات المناخية تقل عن (٥٪) مقارنة بالتأثيرات العالية الناجمة عن النشاطات البشرية.

يشير آخر تقرير صادر عن الهيئة الحكومية الدولية للتغير المناخي (IPCC) لعام (٢٠٠٩م) أن احتمالات ارتفاع حرارة الأرض في القرن الحالي قد تزداد بنسبة (١٠-٢٠٪) درجة مئوية، وأذن ذلك سيؤدي إلى الكثير من المشكلات منها:

- ارتفاع مستويات سطح البحار من (١٨) إلى (٥٩) سم.
- حدوث أمطار غزيرة وموجات حرارية عالية.
- زيادة الجفاف بسبب الرياح، وارتفاع المد البحري.
- استمرار تأثيرات (CO_2) على ارتفاع الحرارة لمدة طويلة تُقدر بأكثر من ألف عام.
- ارتفاع مستويات غازات الدفيئة مثل الميثان، وأكسيد النيتروز والتأثير في التغيرات المناخية.

تعتمد الهيئة الحكومية الدولية للتغير المناخي (IPCC) في ميزانيتها المالية على المنظمتين الدوليتين:(UNEP)، و(WMO)، وكذلك على صندوقها حيث تأتيها التبرعات والمساهمات من الحكومات. ولقد وجهت انتقادات دولية لتقارير الهيئة على أنها عادة تقلل من المخاطر البيئية، وتحاول أن تكون محافظة بعض الشيء دون شفافية أو موضوعية تكشف الأطراف المسببة للتغيرات المناخية. كما أن الهيئة تتأثر بالجوانب السياسية، وخاصة الدور الأمريكي في انبعاثات غازات الدفيئة، ورغم أن المؤتمر الدولي الذي انعقد في كوبنهاغن/ الدانمرك في (٢٠٠٩م) وأجمعت الدول المشاركة بضرورة خفض الغازات الضارة وأهمها (CO_2)

من (٤,٣) طن للفرد الواحد عام (٢٠٠٥م) إلى (١,٥) طن عام (٢٠٥٠م)، إلا أن بعض الدول الصناعية مثل الصين وأمريكا لم يلتزما بنسب الانخفاض المطلوبة وفق الخطة المتفق عليها بين الدول. كما أنه لم تطبق الغرامات المالية على الدول المخالفة، فالانبعاثات الغازية مازالت مرتفعة، ودور المنظمات الدولية المعنية بالبيئة والمناخ والتنمية مازال ضعيفاً ومتعثراً.

هناك العديد من الاتفاقيات والمعاهدات الدولية تجاه الحفاظ على المناخ وتجنب العوامل المؤدية إلى التقلبات المناخية المتطرفة التي نشاهدها اليوم في الكثير من الأماكن في العالم، كما أن العديد من المؤتمرات التي أُقيمت على مر السنوات تبحث في قضايا المناخ والبيئة. وتلخيصاً لهذا الوضع فإننا نلخص أبرز اللقاءات والمعاهدات ونضعها وفق مراحل تطوراتها في الشكل رقم (٣٠).

شكل (٣٠) أبرز اللقاءات والمعاهدات الدولية في مجال حماية المناخ العالمي.

يشير تقرير الهيئة الدولية للتغير المناخي (IPCC) الصادر في عام (٢٠٠٧م) إلى أن احتمالات ارتفاع منسوب البحر سيكون (١٨-٥٩ سم) للفترة القادمة (٢٠٩٠-٢٠٩٩م)، بناءً على دراسات وشواهد سجلت وقائعها في دول عانت الفيضانات وارتفاع منسوب البحار وغرق المدن مثل بنغلادش. لقد وجد أن منسوب البحار آخذ في الارتفاع منذ عام (١٩٦١م) ، فقد ارتفع سطح الماء بمعدل (١,٨ ملمتر) كل سنة.

إن الراصد لتقارير الهيئة الدولية للتغير المناخي يجد صعوبة في الحصول على المعلومات عن المناخ على المستويات البيئية المحلية. فالكثير من الدول تحجب المعلومات ولا تقدم الحقائق كما يجب، وقد تخفي الحقائق عن الناس في مجتمعاتها. لذلك فإن المنظمات الدولية المعنية بالشؤون البيئية إما أنها لا يصلها تقارير الدول أو أنها تصل إليهم التقارير لكن المعلومات غير واقعية أو شاملة. وهذا بلاشك يجعل شفافية التقارير الدولية عن الحالة البيئية في العالم ليست واقعية بشكل كامل.

لاشك أن التعامل مع المشكلات البيئية يتطلب الكثير من الدارسات والأبحاث والموضوعية البعيدة عن الاعتبارات السياسية والأمنية والاقتصادية وغيرها. فاختلال البيئة، وخاصة حدوث تغيرات مناخية بسبب النشاطات البشرية المدمرة لها انعكاسات خطيرة على صحة الناس وبيئتهم. وما يؤكد هذا الواقع أن منظمة الصحة العالمية (WHO) قدرت الذين توفوا في العالم في التسعينيات بسبب المشكلات المناخية بأن عددهم يتجاوز (٦٠٠) ألف شخص، أما الآن فإن التقديرات تقع في حدود (١٥٠) ألف حالة وفاة تحدث سنوياً بسبب الأحوال المناخية السيئة. كما أن هناك دراسات تشير إلى أن حوالي (٢٥٠) مليون إفريقي يعانون من سوء التغذية وندرة المياه بسبب التقلبات المناخية، ناهيك عن الإصابة بأمراض عديدة.

تكشف الدراسات والتقارير الصادرة عن المنظمات الدولية المعنية في شؤون البيئة والتنمية تكشف مخاطر ارتفاع حرارة الأرض وتأثيراتها على

الأحياء البحرية Marine Life. فالحياة البحرية حالياً تعاني من تهديدات بشرية تتمثل في نشاطات مخلة مثل عشوائية صيد الأسماك، وتزايد الملوثات المائية، وخاصة تلويث السواحل بملوثات مختلفة وعلى نحو يؤدي أن تصبح المحيطات المائية مناطق أو " أحزمة ميتة ".

إن ارتفاع حرارة البحر يدمر التنوع الحيوي في البيئة المائية لأسباب كثيرة منها قلة الغذاء في البحار الذي تعتمد عليه الحيوانات، والطيور مثل الدب القطبي وطيور البطريق والفقمة وغيرها. كما أن البلانكتون يتأثر بالملوثات المائية، وتختل دورة حياة الطحالب ومعدلات تكاثرها. فلقد وجد أن هناك نقصاً في عدد الطيور البحرية، والبطريق في القطب الجنوبي، وكذلك تناقص في عدد الفقمات بسبب تجمد المياه والترسبات الجليدية.

كذلك وُجد من تقارير المنظمات البيئية أن هناك نزوحاً لأسماك الحيد للبحري Reef fish واللافقاريات Invertebrates في ما بين مياه المد In-tertidal مثل شقائق النعمان Anemone ، والحلزونيان في كاليفورنيا، وفي المناطق القطبية بسبب ارتفاع درجة المحيطات. ونتيجة لارتفاع درجات الحرارة رصدت حالات نزوح أنواع معينة من الفراشات والطيور في أوروبا إلى الشمال الأوروبي لإتمام دورة الحياة.

إن كائنات الشعب المرجانية على وجه الخصوص لديها حساسية تجاه ارتفاع الحرارة في المياه، فلقد وجد أنه كلما ارتفعت حرارة سطح البحر كلما تغير لون المرجان Corals إلى البياض فاقداً اللون الطحلبي الضروري لإنتاج الغذاء الذي يعيش عليه المرجان. ومع استمرار ارتفاع حرارة الماء وزيادة البياض في لون المرجان فإن النتيجة موت المرجان. كذلك وجد أن سمك السلمون الباسيفيكي عندما يتعرض للتغير في حرارة الماء فإن ذلك يؤثر في عملية الأيض Metabolism مما يؤدي إلى انقراض سمك السلمون بمرور الزمن.

• المنظمة العالمية للأرصاد الجوية (WMO)

تعتبر المنظمة العالمية للأرصاد الجوية World Meteorological Organization (WMO) وكالة متخصصة تابعة للأمم المتحدة، حيث إنها صوت المنظمة الدولية المعبرة عن أوضاع المناخ والطقس (Climate and Weather) في العالم، خصوصاً في الجوانب المتصلة بتوزيع الموارد المائية، والتداخل بين الهواء والمحيطات وغيرها. وتضم المنظمة أعضاء يمثلون حوالي (١٨٩) دولة وإقليم، وتعتبر من الهيئات المنبثقة عن المنظمة الدولية للأرصاد الجوية International Meteorological Organization (IMO) والتي تأسست في عام (١٨٧٣م).

ولقد تأسست المنظمة العالمية للأرصاد الجوية عام (١٩٥١م) لكي تتولى مهمة البحث والدراسة في مجالي الطقس والمناخ، والتركيز على العلوم الجيوفيزيائية والمائية، وحيث إن الطقس والمناخ والدورة المائية ليس لها حدود دولية، فإن التعاون الدولي في مجال الحفاظ على البيئة، وخاصة الدور البشري في التغيرات المناخية مسألة مهمة للمنظمة.

هناك مهام كثيرة للمنظمة العالمية للأرصاد الجوية منها ما يتعلق بتوعية البشر وبتجنب كل ما يؤثر في الطقس وتداعيات التغيرات المناخية من خلال البرامج وتقديم البيانات عن الطقس والمناخ وإنشاء شبكة واسعة من المراصد التي تسهل من ملاحظة التغيرات المائية والهوائية والجيوفيزيائية لبيئة الأرض. فالبيانات تُحلل وتُرسل من المنظمة إلى الدول لكي تستفيد منها في تطوير نشاطاتها الزراعية، وفي المواصلات الجوية والبحرية.

وحيث إن الطقس غير ثابت باختلاف المواسم والدورات الطبيعية للكثير من العناصر فإن حدوث الاختلالات المائية والمناخية يشكل حوالي (٩٥٪) من الكوارث الطبيعية. فالكثير من النشاطات البشرية يساهم في التغيرات المناخية مثل حرق الغابات، والتصحر، وانفجار المحطات النووية، وزيادة الملوثات الغازية وغيرها.

وللمنظمة العالمية للأرصاد الجوية مهام أخرى تتعلق بعقد المؤتمرات العالمية عن الطقس والمناخ، ومن هذه المؤتمرات (مؤتمر المناخ العالمي) الذي

انعقد في عام (٢٠٠٩م) في سويسرا بهدف البحث في التنبؤات المناخية الموسمية وكيفية اتخاذ القرارات بما في ذلك البحث في مشكلات العلاقة بين المناخ والغذاء والماء والطاقة والصحة والسياحة وقطاعات التنمية. وإحدى ركائز مشروعات المنظمة تلك التي لها علاقة بالخطة الاستراتيجية للأعوام (٢٠٠٨-٢٠١٥م) والتي تركز على عمليات رصد الغلاف الجوي العالمي من خلال شراكة دولية تضم (٨٠) بلداً تساهم في توفير البيانات العلمية الموثوقة عن التركيب الكيميائي للغلاف الجوي، وفهم التفاعلات من الغلاف الجوي والمحيطات، وكذلك الدور البشري في التغيير المناخي.

إن نظام مراقبة الغلاف الجوي العالمي يركز على ستة متغيرات هي: الأوزون، الأشعة فوق البنفسجية، الغازات الدفيئة، الهباء الجوي، كيميائية الأمطار، والغازات المتفاعلة في الجو. وفي مجال هذه المراقبة تركز المنظمة على مبدأ التعاون الدولي في المراقبة والأرصاد للتغيرات المناخية، وتقديم المعلومات الضرورية من أجل تفادي مشكلات المناخ، والاستفادة في وضع استراتيجيات محلية تهتم بالطقس والمناخ.

لقد ساهمت المنظمة في الكثير من الجهود الموجهة نحو متابعة الأعاصير والزوابع وتشكل الغيوم والأمطار الغزيرة وغيرها في مختلف بقاع الأرض، وخاصة تقديم البيانات عن الأعاصير المدارية باستخدام الأقمار الصناعية ومراكز الإعصار التابعة للمنظمة في اليابان والصين، وكذلك المراكز الإقليمية المتخصصة. هناك حالياً أكثر من (١٣٤٧) مدينة عالمية تقدم تنبؤات جوية رسمية في حوالي (١٦٥) دولة هي أعضاء في المنظمة الدولية للأرصاد الجوية.

كذلك تتعاون المنظمة مع الهيئات الدولية الأخرى مثل، اللجنة الحكومية الدولية لعلوم المحيطات التابعة لمنظمة اليونسكو (IOC)، والمنظمة الدولية الملاحية International Maritime Organization (IMO) والتي تأسست عام (١٩٥٩م) من أجل تشجيع التعاون في مجال سلامة وحركة السفن التجارية، وكذلك مراقبة تلوث البحار من وسائل النقل البحرية.

الفصل الخامس

الواقع المناخي في الكويت

الفصل الخامس

الواقع المناخي في الكويت

• الملوثات الغازية

تعاني الكويت مثل غيرها من الدول النفطية مجموعة من المشكلات البيئية الناجمة عن عمليات إنتاج النفط وتصديره، واستخدامات الوقود الهيدروكربوني في المحطات ومصافي التكرير والصناعة، فضلاً عن الغبار وشدة حرارة معظم شهور السنة. لاشك أن طبيعة المشكلات البيئية في أي مكان هي طبيعة متداخلة وتبادلية التأثيرات، فعندما يتلوث الهواء بثاني أكسيد الكبريت مثلاً فإن البيئة المائية واليابسة تعاني من الأمطار الحمضية، أو عندما يتلوث الماء بمياه الصرف الصحي فان الرياح والحرارة تنقل الغازات السامة إلى الأجواء التي يتحول هواؤها إلى ملوثات ضارة بالصحة العامة. وهكذا من صور مختلفة للمشكلات البيئية تعكس شدة العلاقة بين البيئات والأنظمة البيئية والملوثات المنتشرة.

فلا ينبغي أن نتوجس عن نشر المعلومات عن المخاطر البيئية للناس، بل يجب العمل على إحاطة الناس بنشاطاتها المدمرة للبيئة، وخلق التوعية، ودعم قطاع الأبحاث والمعلومات بتقارير مستمرة عن كل ما له علاقة بالبيئة، خاصة التنبيه عن العوامل التي تخلق المشكلات البيئية وتتطلب تعاون الحكومات والناس ليس فقط لعلاج نتائج السلوك البشري المدمر، وإنما أيضاً وضع خطط للوقاية اللازمة قبل حدوث المشكلات بمختلف أنواعها.

والكويت شأنها شأن الدول الخليجية المنتجة للبترول تعاني من غازات الدفيئة نتيجة حرق الوقود الأحفوري، وتحولات الطاقة المعتمدة على إنتاج النفط والغاز الطبيعي، والانبعاثات الغازية الناتجة من المصانع، ومحطات توليد الطاقة في مناطق مثل الشعيبة والشويخ الصناعية، ومحطات تكرير النفط وتقطير المياه الصالحة للشرب، ومصافي النفط في الأحمدي والشعيبة الصناعية وميناء عبد الله،

مع وجود مجموعة من المصانع المنتشرة بطريقة عشوائية مثل صناعة الأسمنت والورق والزجاج والأسفلت والطوب والألومنيوم والصناعات البلاستيكية والغذائية وغيرها والتي تساهم في تلوث الهواء بغازات مختلفة هي:

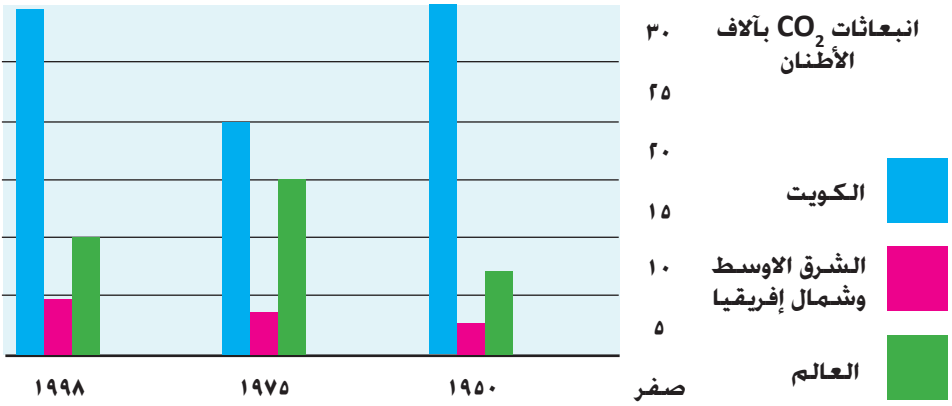
• ينبعث ثاني أكسيد الكبريت (SO_2) من محطات التقطير الصناعية الكيميائية والنفطية بمعدلات (٣٠٠) طن يومياً (SO_2) في الظروف العادية، لكن في الظروف الطارئة يصل هذا الانبعاث إلى أكثر من (٧٠٠) طن يومياً. ومن المعروف أن (SO_2) يساهم في تكّون أو ترسيب الأمطار الحمضية، وأن تركيز الغاز العالي يؤثر في التنفس وأمراض القلب والأوعية الدموية. كما أن درجات التلوث بأكاسيد الكبريت وسلفات النشادر تمتد إلى مسافة بعيدة تصيب السكان في مناطق مثل الأحمدي والفحاحيل وعلى طول الشريط الساحلي المؤدي إلى مدينة الكويت. كما ينتج ثاني أكسيد الكبريت من استخراج الغاز من النفط، واستخراج المعادن من خاماتها، ومن المراكب والسفن والطائرات التي تستخدم الوقود الأحفوري. كذلك صناعة الأحماض مثل حمض الهيدروكلوريك أو حمض الكبريتيك الذي ينتج غازات تحتوي على ثاني وثالث أكسيد الكبريت.

• أكاسيد النيتروجين (NO_x) وهي مجموعة من الغازات الحمضية الفاعلة التي تحتوي على نيتروجين وأكسجين بكميات مختلفة. وهذه الأكاسيد مؤثرة في الأوزون الأرضي وتؤدي إلى مشكلات تنفيسة وسخونة الأرض، وتكّون الأمطار الحمضية. ومصادر هذه الأكاسيد المركبات والوسائل المنتجة للكهرباء. لقد ارتفع تركيز أكسيد النيتروز (N_2O) من (٢٧٠) جزء في البليون في عصر ما قبل الصناعة إلى (٣١٩) جزء في البليون في عام (٢٠٠٥م) في العالم. وهذا الأكسيد ناتج أساساً من الأنشطة البشرية والزراعة.

• تقوم صناعات الأمونيا واليوريا والاسمنت في الكويت على تلويث الهواء، كما أن أدخنة حامض الكبريتيك وتصاعد غاز الهيدروجين بتركيز عالٍ في البخار المتصاعد من المداخن يلوث الهواء بالغازات السامة الكبريتية.

• تشير بعض التقارير أن هناك زيادة في تركيز الملوثات مثل كبريتيد الهيدروجين والأمونيا وأكاسيد الكبريت وأتربة اليوريا والنشادر وتربة الأسمنت عن المستويات المسموح بها دولياً.

• أول وثاني أكسيد الكربون غاز ينبعث من وسائل النقل والعمران والصناعات الهيدروكربونية في الكويت مؤدياً إلى ارتفاع معدلات تركيز غاز (CO_2) في الجو. أكثر من (٨٥٪) من أول أكسيد الكربون منبعث من السيارات وقطاع المواصلات. فضلا عن اكاسيد النيتروجين والكبريت والرصاص. تشير إحدى الدراسات أن انبعاثات (CO_2) في عام (١٩٩٩م) في الكويت والناتجة من قطاع المواصلات كان (١٠) آلاف طن مقارنة بـ(١٤٢) ألف طن لدول شمال إفريقيا والشرق المتوسط. كما أن انبعاثات (CO_2) من قطاع إنتاج الكهرباء والحرارة والمركبات كان (٢١) ألف طن مقارنة بـ (٤١٧) ألف طن لشمال إفريقيا والشرق المتوسط. أما قطاع الصناعات فكان (١٣١) ألف طن في الكويت مقارنة بـ(١٥٠) ألف طن في دول شمال إفريقيا والشرق المتوسط.



شكل (٣١) انبعاثات CO_2 لكل فرد بالطن (١٩٥٠-١٩٧٥-١٩٩٨) في الكويت والشرق الأوسط وشمال إفريقيا والعالم.

يلاحظ من الشكل (٣١) المتعلق بانبعاثات (CO_2) لكل فرد بالطن أن الكويت تفوق العالم في الانبعاثات على مستوى السكاني ودور الفرد في استهلاك الطاقة من وسائل الحرق المختلفة مثل الاستهلاك الكبير للكهرباء، والمَرْكبات والمواصلات والصناعة الهيدروكربونية، والمنازل، وحرق الغاز الطبيعي، والبترول وغيرها والتي تؤدي إلى ارتفاع غاز (CO_2).

ومما يزيد من تلوث الهواء بالغازات ومنها (CO_2) عدم تطبيق بعض المصانع والشركات للمعايير البيئية التي تحد من الملوثات الهوائية. فهناك أكثر من (٤٠)

مصنعاً بعضها لا تتقيد بالشروط والأسس اللازمة للمحافظة على البيئة وصحة الناس، رغم التعليمات والمتابعة والحث على الحفاظ على البيئة بتجنب كل ما يؤدي إلى الانبعاثات الغازية الضارة.

تواجه غالبية الدول المنتجة للنفط ومنها الكويت مشكلات انبعاثات غازات الدفيئة، مثل غاز ثاني أكسيد الكربون الذي يشكل قلقاً عالمياً. ومع ارتفاع معدلات إنتاج النفط والمتوقع في عام (٢٠٣٠م) أن يصل إنتاج الكويت إلى حوالي(٤) مليون برميل يومياً بجانب التوسع في الصناعات البتروكيماوية ومشاريع الطاقة الكهربائية أو النووية والمصافي الجديدة، وغيرها فإن ارتفاع مستوى تركيزات غازات الدفيئة يشكل تحدياً كبيراً على كافة المستويات.

لذلك، فإن الحاجة إلى وضع استراتيجيات شاملة ليس فقط للحد من الانبعاثات الغازية، وإنما أيضا للعمل على تطبيق المفهوم الشامل لإدارة غازات الدفيئة المرتبطة بالإجراءات، والسياسات التي تهدف إلى تجنب التغير المناخي المؤثر في الأوضاع الاجتماعية والاقتصادية والدولية هي حاجة ماسة وضرورية، خصوصاً وأن تطبيق آلية التنمية النظيفة وفقاً لبروتوكول « كيوتو » يتطلب تبادل الخبرات والتعاون مع الشركات العالمية التي لديها التجربة والخبرة في مجال المحافظة على البيئة وتنميتها على نحو لا يتأثر بملوثات غازات الدفيئة وتداعيات سخونة الأرض.

هناك العديد من الدراسات عن تأثيرات غازات الدفيئة على البيئة الكويتية بعضها يركز على عوادم السيارات، والبعض الآخر يتناول غازات معينة في مناطق معينة. إحدى هذه الدراسات عن تلوث الهواء من عوادم السيارات نشرت عام (٢٠٠٩م) واستمرت لمدة سبعة أعوام تجمع البيانات وتحللها عن تركيزات غازات أول أكسيد الكربون، والميثان، وثاني أكسيد الكبريت، وأكاسيد النيتروجين والأوزون الأرضي كانت النتائج تشير إلى أن أكاسيد النيتروجين وثاني أكسيد الكبريت على وجه الخصوص تجاوزت تركيزاتهما المستويات المسموحة بها دولياً.

لقد وُجد أن غازات عوادم السيارات في الكويت تشكل مصدراً رئيسياً لتلوث الهواء في الأماكن القريبة من العاصمة، بينما الملوثات الغازية الصادرة من محطات تكرير النفط والوقود كانت تركيزاتها مرتفعة في المناطق القريبة

من هذه المحطات. ويتأثر انتشار الملوثات الغازية من محطات التكرير النفطية وتوليد الطاقة بصورة خاصة باتجاهات الرياح، خاصة الجنوبية والشرقية التي تنشر غازات محطات التكرير على المناطق السكنية.

والمعروف أن غاز الأوزون الأرضي يزداد تركيزه مع الطاقة الإشعاعية والمواد العضوية المتطايرة (Volatile Organic Compound (VOCs ، وحيث إن حرارة الطقس في الكويت مرتفعة في معظم شهور السنة وبوجود غازات عوادم السيارات، والانبعاثات من محطات التكرير واستهلاك الطاقة وعمليات استهلاك الديزل والكيروسين وغيرها فإن الكويت تواجه تركيزات مرتفعة من غاز الأوزون الأرضي.

إن الأوزون الأرضي غاز يتشكل نتيجة عملية تجميع وتدمير كيميائي وفيزيائي دائمة الحدوث في جو الأرض، فلقد ارتفع معدل الأوزون في الكويت بسبب الحرارة العالية. ونتيجة للاستهلاك الكبير للطاقة الكهربائية صيفاً بسبب استخدامات التبريد المنزلي، وزيادة الضغط على محطات إنتاج الكهرباء واستهلاك الوقود الهيدروكربوني، فقد أدى ذلك إلى زيادة في الانبعاثات الغازية والملوثات الكثيرة. إن التفاعلات بين الكيماويات المحيطة بالبيئة وتحت التأثيرات الكيموضوئية في الجو تؤدي إلى ما يُعرف بالملوثات الثانوية Secondary Pollutants والتي منها الأوزون. أما الملوثات الأولية Primany Pollutants فهي التي تنشأ من الجو مثل الميثان، وأكاسيد النيتروجين، وأكاسيد الكربون، وغيرها.

فعلى سبيل المثال، ثاني أكسيد الكربون ملوث يرفع من الحرارة، وقد ارتفعت نسبته في الكويت خلال السنوات العشرين الأخيرة. ويزداد تركيزه في أوقات ومواسم مختلفة أو في مناطق تكتظ بالمصانع والسكن والمواصلات. كذلك تتباين تركيزات (CO_2) خلال النهار حسب اتجاه الريح، فمع الرياح، الآتية من الغرب، أي من الصحراء فإن التركيزات تنخفض، كما أن مستويات (CO_2) مرتبطة بسرعة الريح، وخاصة الرياح الشمالية.

ومع أن انبعاثات (CO_2) متباينة من دولة لأخرى بحسب نسبة الانبعاثات نجد أن ترتيب الدول يختلف من حيث نصيب الفرد من الأطنان لغاز ثاني أكسيد الكربون. فنصيب الفرد في الكويت من أطنان انبعاثات (CO_2) في الجو يجعل مرتبة الدولة الثالثة في العالم، ويلاحظ ذلك في الجدول رقم (١١)، حيث تم اختيار

مجموعة من الدول حسب المرتبة من حيث نصيب الفرد بالطن من (CO_2). ويلاحظ من الجدول أن دولة قطر تأتي بالمرتبة الأولى عالمياً، بينما مرتبة دولة الإمارات هي الثانية.

المرتبة	الدولة	CO_2 (طن) للفرد الواحد سنوياً
١	قطر★	٥٥,٥
٢	الإمارات ★	٣٨,٨
٣	الكويت ★	٣٥,٠
٤	لوكسمبورج	٢٧,٥
٥	أستراليا	٢٦,٩
٦	البحرين ★	٢٥,٤
٧	أمريكا	٢٣,٥
٨	كندا	٢٢,٦
٩	ترينداد وتوباغو	١٩,٦
١٠	تركمستان	١٨,٩
١١	نيوزلندا	١٨,٨
١٢	أيرلندا	١٦,٧
١٣	السعودية ★	١٦,٢

★ الدول الخليجية

ملاحظة: ترتيب عمان = ٢٣ (٥,٧ طن)

جدول (١١) نصيب الفرد من (CO_2) طن في عام (٢٠٠٥) حسب الترتيب العالمي

أما ترتيب الكويت في سلم الانبعاثات العالمية لغاز (CO_2) فهو (٤٢) في عام (٢٠٠٧م) بنسبة انبعاث من المجموع العالمي تعادل (٠,٢٩٪). ويلاحظ ترتيب الدول حسب نسبة انبعاثات غاز (CO_2) من المجموع العالمي للانبعاثات والتي تُقدر بآلاف الأطنان المترية (٣٠٢ ,٣٢١, ٢٩ طن متري). ويلاحظ من الجدول (١٣) ترتيب الدول الخليجية الأخرى في نسبة الانبعاثات الغازية لثاني أكسيد الكربون عالمياً في عام (٢٠٠٧م) .

المرتبة	البلد	انبعاثات CO_2 بالألف طن متري	النسبة من المجموع العالمي*
١	الصين	٦٥٣٨٣٦٧	٢٢,٣
٢	أمريكا	٥٨٣٨٣٨١	١٩,٩١
٣	الاتحاد الأوروبي	٤١٧٧٨١٧	١٤,٠٤
٤	الهند	١٦١٢٣٦٢	٥,٥
٥	روسيا	١٥٣٧٣٥٧	٥,٢٤
٦	اليابان	١٢٥٤٥٤٣	٥,٢٨
٧	كندا	٧٨٧٩٣٦	٢,٦٩
٨	بريطانيا	٥٥٧٣٤٠	١,٩
٩	كوريا الجنوبية	٥٠٥٣٢١	١,٧٢
١٠	إيران	٤٩٥٩٨٧	١,٦٩

جدول (١٢) مصادر انبعاثات (CO_2) عالمياً (عام ٢٠٠٧)

* المجموع العالمي لانبعاثات CO_2 - ٣٠٢ , ٣٢١ , ٢٩ طن متري.

المرتبة بين الدول	البلد	CO_2 (ألف طن متري)	النسبة في المجموع العالمي
١٤	السعودية	٤٠٢٤٥٠	١,٣٧
٣٣	الإمارات	١٣٥٥٤٠	٠,٤٦
٣٨	العراق	١٠٠٤٥٠	٠,٤٣
٤٢	الكويت	٨٦١٤٥	٠,٢٩
٥٢	قطر	٦٣٠٥٤	٠,٢٢
٦٩	عمان	٣٧٣١٩	٠,١٣
٨٢	البحرين	٢١٤٥٢	٠,٠٧

جدول (١٣) نسبة انبعاثات (CO_2) بالآلاف من الطن المتري في كل دولة خليجية مقدرة على أساس النسبة العالمية الإجمالية لانبعاث (CO_2) في عام (٢٠٠٧)

• التأثيرات الصحية المحلية

تتأثر صحة الناس بالملوثات، وخاصة الغازات الناتجة من حرق الوقود الهيدروكربوني المتمثل، كما نلاحظ في الكويت، من النفط والغاز ومحطات التكرير وتوليد الطاقة، بالإضافة إلى طبيعة المناخ الحار صيفاً، وشدة العواصف الرملية والغبار والجسيمات العالقة في الهواء. هذه العوامل منفردة أو مجتمعة تنعكس على الصحة العامة، وخاصة على السكان القاطنين في المناطق القريبة من مصادر التلوث.

هناك دراسات تشير إلى إصابة الناس بأمراض مختلفة جرّاء الغزو العراقي، وخاصة حرق أكثر من (٨٠٠) من آبار النفط الكويتية المنتشرة في أرجاء البلاد من قبل القوات العراقية الغازية في عام (١٩٩٠م). لقد أدى حرق هذه الآبار النفطية إلى انبعاث كميات هائلة من الغازات السامة التي حوّلت السماء إلى غيوم سوداء مليئة بالغازات، وخاصة غاز (CO_2)، وثاني أكسيد الكبريت (SO_2)، وجسيمات المواد المتطايرة لدرجة أن هذه الظاهرة شبهتها التقارير الدولية بأنها مثل « الشتاء النووي ».

ورغم أنه مضى أكثر من عشرين عاماً على كارثة حرق آبار النفط وتداعياتها على الصحة العامة، إلا أن بعض الدراسات تؤكد أن استنشاق الناس لغازات الحرق آنذاك يعد من أسباب إصابة الناس بالأمراض التنفسية والسرطانية والجلدية والبصرية وغيرها في أوقات مختلفة بعد تحرير البلاد. وكذلك امتدت آثار الغزو العراقي إلى الجوانب الاجتماعية والنفسية، وخاصة لدى الأفراد الذين فقدوا أهاليهم وأقاربهم أو خضعوا للتعذيب والاضطهاد.

وقد أجريت دراسات مختلفة على النواحي الصحية لبعض المصابين بالأمراض بسبب الملوثات البيئية في منطقة الأحمدي حيث توجد المصانع ومصافي تكرير النفط وغيرها. وتلخيصاً لعلاقة بعض الأمراض بالملوثات فإن الجدول رقم (١٤) يبين العلاقة بين الأمراض ومصادر التلوث.

المصدر	الملوثات	المرضي
صناعة البطاريات - صناعة الأسمنت - محارق النفايات	الزئبق - الكادميوم	التوحد
مصافي تكرير النفط - محطات توليد الطاقة - محارق النفايات	الديوكسين - الفانديوم - الزئبق - الرصاص النيكل - المركبات العضوية المتطايرة	الحساسية والربو
مصافي تكرير النفط - مواقع النفايات الخطرة - عمليات الاحتراق الصناعية	الكادميوم - والمركبات العضوية والدقائق العضوية المتطايرة.	النوبة القلبية والسكتة الدماغية
مصافي تكرير النفط - مواقع النفايات الخطرة الصناعية الكيماوية	الديوكسين - الهيدروكربونات - الزرنيخ البنزين - الكادميوم - النيكل - الكروميوم	السرطان
محارق النفايات	الديوكسين	التهاب بطانة الرحم - السكري
صناعة الأسمدة الفسفاتية - صناعة الألومينيوم - صناعة البلاستيك	الفلورين	قصور الغدة الدرقية - الروماتيزم - التهاب المفاصل
محطات توليد الطاقة	الجزيئات - الديوكسين	الاكتئاب
الصناعات الكيماوية والنفطية والبتروكيمائية	الرصاص - الاستيرين: مادة هيدروجينية سائلة - الفينيل	تشوه الأجنة
محطات توليد الطاقة	ثاني أكسيد الكبريت - أكسيد النيتروجين - الأوزون - الديوكسين	ارتفاع ضغط الدم

جدول (١٤) التأثيرات الصحية للملوثات الهوائية في محافظة الأحمدي (الكويت)

سجلت بعض الدراسات متوسط القراءات الدنيا والعليا السنوية، ولبعض الغازات في أم الهيمان في عام (١٩٩٦م) وأظهرت تقديرات تُنذِر بمخاطر على الصحة العامة، فقد لوحظ:

- رصدت تركيزات ثاني أكسيد الكبريت بـ (٣١-١١٧) جزءاً في البليون، بينما المعيار الدولي لعدم التجاوز هو (٣٠) جزءاً في البليون.
- كانت تركيزات ثاني أكسيد النيتروجين (٣٨-١١٩) جزءاً في البليون، بينما المعيار الدولي لعدم التجاوز (٣٠) جزءاً في البليون.
- كانت تركيزات أكاسيد النيتروجين (٦٥) جزءاً في البليون، بينما المعيار الدولي لعدم التجاوز (٣٠) جزءاً في البليون.

- **المنظور الاقتصادي البيئي**

إن الربط بين الاقتصاد والبيئة أدى إلى بروز علم « اقتصاد البيئة Environmental Economics كفرع جديد من فروع العلوم الاقتصادية أصبح يهتم بالمقاييس البيئية للجوانب الاقتصادية في دراسات كلفة الإنتاج والمحافظة على الموارد البيئية ضمن نطاق التنمية المستديمة. إن الكثير من الدراسات الاقتصادية كتلك التي تهتم بالمورد النفطي وكلفة الإنتاج والتصدير وأسعاره لا تهتم عامة بالمشكلات الناجمة عن استخدام هذا المورد كانبعاث غازات الدفيئة وحجم الضرر الحاصل على الزراعة والتربة والناس.

إن الإنتاج الصناعي الذي يرفع من رأس المال، ويحسّن الأوضاع المعيشية والرفاهية إذا لم يكن يعتمد على التكنولوجيا النظيفة والمتطورة من أجل حماية البيئة وترشيد استخدام الموارد، فإن المشكلات الناجمة عن الصناعة تزداد بمرور الزمن، وهو ما نلاحظه اليوم بالنسبة للدول الصناعية التي تريد غالبيتها خفض الانبعاثات الغازية الضارة، لكنها في الوقت نفسه لا تريد خفض مستوى منتجاتها الصناعية، كماً ونوعاً، والتي تحتاجها الأسواق العالمية وتتنافس في عالم التجارة وجني الأرباح.

أما مصادر الطاقة الأحفورية فسيظل العالم يعتمد عليها لسنوات قادمة رغم محاولات إيجاد بدائل أخرى للطاقة، بهدف تجنب الانبعاثات الغازية الملوثة وحماية البيئة من هذه الملوثات التي يعاني منها العالم النامي والدول المتقدمة. ولهذا فإن الكويت والدول الخليجية عليها أن تضع استراتيجيات شاملة لقطاع النفط والبترول ومساهماته في الاقتصاد الوطني في ضوء تغيرات الأسعار والأزمات المالية العالمية، والتحول إلى اقتصاديات لا تعتمد على النفط في المستقبل. فالمستقبل محفوف بالمخاطر نتيجة الاعتماد على النفط كمورد ناضب، واستخدامات الوقود الكربوني الملوث للبيئة دون أن نسعى في خططنا للأخذ بالأساليب الحديثة التي تعتمد على التكنولوجيا الصديقة للبيئة. فالاحتباس الحراري يستنزف القدرات الاقتصادية للدول على مدى السنوات القادمة، فلقد وجد أن تكلفة الاحتباس الحراري في اقتصاديات دول الاتحاد الأوروبي ستكون عالية وتُقدر بحوالي (٦٠) مليار يورو سنوياً، وهذا يعني

ضرورة أن تسعى الكويت والدول الخليجية لخفض الانبعاثات الغازية في إطار اتفاق كيوتو وكوبنهاغن، وبدون ذلك فإن الدول الخليجية عليها أن تدفع الأموال للدول الملتزمة بنسبة الانخفاض بعد عام (٢٠١٢م)، أي بداية العمل باتفاق كوبنهاغن. لاشك أن التوسع الصناعي والعمراني من أجل التنمية ينبغي أن يراعي الاستحقاقات البيئية، خاصة في مجال الحد من الانبعاثات الغازية.

تهتم الاقتصاديات البيئية بالدراسات النظرية والعملية للتأثيرات الاقتصادية الناجمة عن السياسات المحلية والإقليمية حول العالم. ومن أبرز قضايا الاقتصاديات البيئية في هذا الوقت تلك التي لها علاقة مباشرة بالسياسات البيئية Environmental Policies عن التعامل مع التلوث الهوائي، ونوعية المياه، والمواد السامة، والمخلفات الصلبة، والاحتباس الحراري.

إن فشل سوق الاقتصاديات البيئية مرتبط بعدم قدرة الأسواق على تحديد أولويات الموارد بكفاءة، بمعنى استمرار الاختلال في استهلاك الموارد النادرة من أجل الرفاهية الاجتماعية. فالنفط مثلاً مورد ثمين ونادر وناضب لكنه يُستهلك بدرجة عالية لدرجة تتعارض مع واقعية نضوبه وعدم تجدده. هذه الظاهرة في الاستهلاك المفرط للموارد النادرة تعكس الهدر أو عدم الكفاءة الاقتصادية. فالموارد يجب أن يستفيد منها المجتمع دون الإخلال في البيئة ولا تهدر بسبب القلة من الناس الذين يسعون إلى جني الفوائد على حساب الغالبية.

هناك أمثلة عديدة تبين حالات استفادة الأقلية على حساب البيئة أو الأكثرية، ومن السهل ملاحظتها في شتى مجالات سوق العمل والإنتاج. فقد نشاهد مصنعاً يلوث البيئة ولا يأخذ في الاعتبار تكاليف التلوث الذي ينعكس على الآخرين. كذلك يسعى البعض لصيد الأسماك بشكل مفرط في مواسم التكاثر من قبل الصيادين الذين لا يهمهم تطبيق شروط الصيد أو العمل بالقانون البيئي الذي ينظم عمليات صيد الأسماك، فتتأثر البيئة ولا يستفيد كل الناس.

كذلك يستدل على فشل السوق من وجهة النظر البيئية عند دراسة أوجه استخدامات الممتلكات العامة من قبل حفنة من الأفراد تسعى بطريقتها الخاصة للتكسب على حساب النفعية العامة فتدمر موارد الدولة التي هي ملك للجميع.. كذلك ظاهرة تلويث الهواء من المصانع لا يصب في منافع الناس رغم أنها تفيد الخاصة اقتصادياً، فأضرار الملوثات تصيب الجميع وقد تنتقل الأضرار إلى الدول المجاورة.

ولن يكون الاقتصاد فاعلاً إذا ظل يعتمد على محروقات الوقود الهيدروكربوني بدل السعي الجاد لخفض الكربون والتمسك بكفاءة استخدام الموارد وفق استراتيجيات اقتصادية مدروسة. إن الربط بين البيئة والاقتصاد أو التركيز على الاقتصاديات البيئية هو اتجاه يصب ليس فقط في بناء بيئة مستدامة، وإنما أيضاً تطوير البيئة من أجل استدامة اقتصادية Sustainable Economy.

هناك أهداف مختلفة للاقتصاديات البيئية لا نريد الدخول في تفاصيلها، لكن من بين هذه الأهداف المطالبة الدولية « بتسعير الكربون» نتيجة ارتفاع معدلات غازات الدفيئة في الجو، وبالذات غاز (CO_2) الذي كما أشرنا، المساهم الرئيسي في الاحتباس الحراري. إن تسعير الكربون يعني دفع الضرائب بسبب تصاعد الكربون المؤثر في المناخ، وتشجيع الدول لتقليل الانبعاثات، والحد من الملوثات، والتركيز على الطاقة البديلة غير الكربونية، وخفض الكلفة العالية لوقود الطاقة الهيدروكربونية. فتجنب الدول دفع الضريبة التصاعدية نتيجة ارتفاع الانبعاثات الغازية يدفعها للحد من نسبة الغازات الدفيئة، وبالتالي تقل المخاطر على الصحة والرعاية الاجتماعية. وفي المقابل تتوجه الدول، وخاصة الصناعية للعمل في ميدان التجارة الاكولوجية Eco Commerce، والتكنولوجيات النظيفة مثل استخدامات طاقة الرياح، والطاقة المائية وغيرها. والتي بلا شك تجنب البيئة كوارث التغيرات المناخية، ومنها الاحتباس الحراري.

إن الاقتصاديات البيئية تركز على مفهوم « التنمية المستدامة Sustainable Development الذي أصبح في هذا الوقت مجالاً يتحدث فيه السياسيون والاقتصاديون والبيئيون، بل ومتخذو القرارات وواضعو السياسات التنموية. التنمية المستديمة تعني تلك التنمية التي توفر الاحتياجات الإنسانية في الحاضر دون المساس باحتياجات مستقبل الأجيال. وقد أكد المؤتمر العالمي في عام (٢٠٠٥ م) أن التنمية المستدامة لا تتحقق دون التلاحم بين ثلاثة قطاعات أساسية هي: القطاعات الاقتصادية، والاجتماعية، والبيئية، وأن هذه القطاعات هي ركائز ثلاث للاستدامة.

هذه الاستدامة بلاشك تواجه تعقيدات ومشكلات كثيرة تطرقنا إلى بعض منها في مجال التغيرات المناخية الناتجة من النشاطات البشرية والتي تؤثر سلباً

في استدامة موارد البيئة، أو القدرة على تنميتها وفق أهداف التنمية المستدامة. يمكن الاستدلال على عقبات الاستدامة في تنوع المشكلات البيئية وتأثيرات هذه المشكلات على تحقيق استدامة في التنمية والبيئة.

فعلى سبيل المثال، إن الاحتباس الحراري، والتصحر، واستنزاف الموارد، وتزايد أنواع الملوثات، ومشكلات النفايات، والأعاصير المدمرة، والفيضانات، وتدهور التربة الزراعية، وغيرها تشكل مجموعة من الظواهر التي لا تساعد على التنمية المستدامة. كذلك عندما تبحث في اضطراب الأوضاع الاجتماعية حيث الحروب، والجرائم، والفساد وغيرها نجد أن هذه الأوضاع تشكل عقبة أمام التوصل إلى الاحتياجات الأساسية للبشر في الأمن والاستقرار والحفاظ على البيئة. فهذه الأوضاع تدمر قدرة المجتمع على التخطيط للمستقبل.

وربما أكبر تحدٍ يواجه التنمية المستدامة انتشار الفقر بين سكان الأرض، حيث يعتبر الفقر عالمياً أنه مصدر أساسي للتدهور البيئي. وفي تقرير برندلاند Brandtland Report المقدم لبرنامج الأمم المتحدة للتنمية (UNDP) في عام (١٩٨٧م) تأكيداً على أن الفقر المسبب الرئيسي والمؤثر في المشكلات البيئية العالمية. لذلك من الصعب معالجة المشكلات البيئية دون التعامل مع العوامل المؤدية للفقر وعدم المساواة بين البشر في العالم. إن الدراسات السكانية تشير إلى أن الدول الفقيرة لديها نسبة خصوبة عالية وتزايد في السكان مقارنة بالدول الغنية مما يعني تفاقم الفقر في العالم، وتراجع القدرة على تحقيق تنمية ليست لها خصائص الاستدامة، لا في الحاضر ولا في المستقبل.

لاشك أن التغيرات المناخية بفعل النشاطات البشرية ستزيد الفجوة بين الغنى والفقر، فبينما تستفيد الأقلية من اقتصاديات لا تأخذ في الاعتبار الاشتراطات البيئية تشاهد في المقابل معاناة غالبية البشر من تدمير البيئة في شكل انعكاسات مناخية وحرارية مؤثرة في الصحة العامة، والزراعة، والممتلكات، والتنوع الحيوي، وغيرها.

الفصل السادس

الأخلاقيات المناخية

الفصل السادس

الأخلاقيات المناخية

• المفهوم والمعنى

إن تنامي نشاطات البشر في السنوات الأخيرة وتأثير ذلك بشكل لافت في نظام المناخ، وفي حدوث الكوارث البيئية المختلفة في العالم أظهر مجالاً جديداً يسمى « الأخلاقيات المناخية » Climate Ethics يُسلِط الضوء على التغيرات المناخية ودور البشر فيها من المنظور الأخلاقي. فالنشاطات البشرية المؤثرة في التغيرات المناخية أصبحت تثير تساؤلات وخلافات وتباين في وجهات النظر بين المهتمين والباحثين في ميادين الأخلاق والسلوك رغم أن الكثيرين لا يعطون أهمية لهذا الجانب في الدراسات المناخية.

فليس بمستغرب أن يستبعد المنظور الأخلاقي المناخي من اللقاءات والمؤتمرات الدولية أو المفاوضات حول المناخ، ويركز على الأبعاد العلمية والصناعية والاجتماعية والاقتصادية وغيرها. ويبدو أن العامل المباشر في عدم الاهتمام بالأخلاقيات المناخية يعود إلى الاعتقاد بأن المسؤولين عن البيئة ليسوا طرفاً في التغيرات المناخية، وإنما هذه التغيرات ناتجة أساساً من سلوك البشر، وأحياناً بسبب عوامل الطبيعة ذاتها.

وإذا كان البشر هم الأساس في التغيرات المناخية، فإن مصطلحات مثل الأخلاقيات المناخية، والعدالة الايكولوجية Ecojustice، والأخلاقيات البيئية Environmental Ethics وغيرها ينبغي التمييز بينها في مضامينها ومستهدفاتها. فمثلاً نلاحظ استخدام مصطلح العدالة الايكولوجية بشكل واسع في الكثير من الأدبيات العلمية والبيئية، وهي لا تعني الأخلاقيات المناخية وإنما تركز على حقوق البشر في عدالة توزيع الموارد، والحفاظ على البيئة، ومحاربة كل ما يؤثر في توازنها الطبيعي، واستخدام التكنولوجيات النظيفة، وتربية السلوك وغيرها.

إن الأخلاقيات المناخية تركز على المشكلات الأخلاقية في نطاق الجدال الاقتصادي الموجه نحو سياسات التغير المناخي ودور البشر في هذه التغيرات. فالمشكلات الأخلاقية المتصلة بالجدال حول الكلفة Cost الاقتصادية في مواجهة سياسات التغيير المناخي تعكس أن الزيادة في هذه الكلفة قد لا تبرر التعدي على حقوق البشر، أو أن حرية السوق الأساسية وغير المقيدة ستعالج تلقائياً كل المشكلات الاجتماعية والبيئية.

فما دام الإنسان هو مصدر خراب البيئة، فإن السلوكيات الموجهة بالدوافع المختلفة ومنها الاقتصادية مسألة لا تتفق مع الكوارث التي يتسبب فيها بسبب التغيرات المناخية. إن ارتفاع حرارة الأرض، كما هو حاصل حالياً يؤدي إلى موت (١٥٠) ألف شخص، وحوالي (٥) مليون مصاب بحالات مرضية مختلفة كل سنة في مختلف بقاع الأرض، وأكثر الدول المتضررة هي الدول الفقيرة.

يتعارض هذا الواقع مع حقوق البشر في حياة كريمة مستقرة، وبيئة متزنة تحافظ على السلامة الشخصية للأفراد وممتلكاتهم. فالحق في الحياة والحرية والسلامة الآدمية والعافية وغيرها هي حقوق أساسية Basic Rights يعترف بها القانون الدولي والشرائع السماوية والقوانين المحلية، خاصة أن المعاهدات الدولية تنص على هذه الحقوق، كما أن غالبية دساتير الدول تؤكد على حقوق الناس في بيئة سليمة نظيفة والحصول على موارد تحقق العيش الكريم لكل الناس. فالمادة الثالثة مثلاً من "الإعلان العالمي لحقوق الإنسان" Universal Declaration of Human Rights تنص على أن كل إنسان له الحق في الحياة والسلامة الشخصية، وأن البشر لهم الحق في الاختيار والسلامة وطريقة الحياة، ويجب أن يمتنع كل من يؤثر سلباً في هذه الحقوق من تصرفات لا تتفق مع حقوق الإنسان.

إن الأخلاقيات المناخية إذاً هي جزء مهم من الأخلاقيات البيئية تفرض نفسها بقوة، لأنها تنطلق من مفاهيم تتعلق بحماية البيئة ليس فقط في الحاضر وإنما للأجيال القادمة، وكذلك تسعى للحفاظ على مكونات الأرض من نبات وحيوان وأنظمة ايكولوجية متزنة. فالاستمرار في الدور البشري لرفع سخونة الأرض مسألة أخلاقية ترتبط بالتربية البيئية والاجتماعية وليس في معظم الأحوال

سلوكيات صادرة بسبب الجهل أو الإهمال. فالذين يرفعون من حرارة الأرض ويساهمون في الاحتباس الحراري أكثر من غيرهم، مجموعة الدول المتقدمة والصناعية التي تدرك كل الحقائق الكارثية عن التغيرات المناخية لكنها لا تريد أن تضحي أو تتقاضى عن المكاسب الاقتصادية والتجارية والتنافس في الأسواق الحرة.

الأخلاقيات البيئية وخصوصاً المناخية تؤكد على أهمية تضحيات الناس وانضباط سلوكياتهم تجاه التعامل مع التغيرات المناخية. فهذه التضحيات تتمثل في تجنب تلويث البيئة، وترشيد استهلاك الموارد والغذاء والطاقة والمياه، والحفاظ على التنوع الحيوي ودرء مخاطر التصحر والجفاف والتحريج وغيرها والتي تصب في التنمية المستديمة التي تعتمد على البيئة المستديمة كركن أساسي من صرحها ومقوماتها. فلا يكفي وضع النظريات والتشريعات البيئية وإنما لابد من التطبيق والعمل المستمر الذي يستدعي التعاون بين السياسيين والاقتصاديين وصانعي القرارات وعلماء البيئة والمناخ ومختلف الحكومات والمؤسسات المدنية في الدول.

لاشك أن الناس تتجنب البحث في القضايا الأخلاقية، خاصة عندما تجد نفسها طرفاً فيها. ففي غالبية الأحوال هناك صعوبة في التوصل إلى اتفاق عام يحدد الخطأ من الصواب، ويقبل بذلك الناس عندما يتصرفون من غير وعي وإدراك تجاه البيئة ويبررون خطأهم إما بالمشروعية أو النسيان أو الجهل. لكن هناك من يدرك بخطأ سلوكه تجاه البيئة ولا يمانع الاستمرار فيه لأنه يجني مكاسب شخصية لا يريد خسارتها تحت أي تبرير أو مبادئ يتفق عليها الأكثرية أو الأخلاقيات البيئية.

إن السلوكيات التي تتعارض مع النظرة الإنسانية التي ترى الخير يعم بين الناس عندما يسعون موحدين نحو التمسك بمبادئ النفعية العامة والعافية والسلامة والعيش الآمن إذا ساد الحفاظ على البيئة وترسخت الأفعال الإيجابية فإن هذه السلوكيات المعارضة تعتبر ظواهر استثنائية. فالناس تعيش وفق استجابتها للطبيعة Nature، وكل شخص أو ثقافة، بصورة مباشرة أو غير مباشرة، تتفهم الطبيعة في أن الناس لديها مسؤوليات تجاه هذه الطبيعة. يرى الفيلسوف هولز رلستن Holmes Ralston في كتابة "الأخلاقيات البيئية"

Environmental Ethics أن الناس ليست لديها أخلاقيات مناسبة تجاه الأرض والحياة. فالأخلاقيات البيئية عندهم تخلط بين التفسير عن ماهية الحدث وحقيقته النابعة من العلم وعلوم ما وراء الطبيعة والأحكام الصادرة عن القيم الضمنية الجوهرية Intrinsic Values الموجودة أو الغائبة. والخلط ملحوظ عند الناس بين ما يجب أن يكون أو لا يكون، أي بين الخطأ والصواب في السلوك الإنساني.

إن الأخلاقيات البيئية ميدان يمكن اعتباره جديداً ناتجاً من الأزمات البيئية التي تكاثرت منذ عصر الثورة الصناعية، وقد اعتبرت أنها مجموعة المعايير التي توجه الفرد في سلوكه نحو التعامل مع مكونات البيئة. وهي مبادئ أو قواعد نابعة من الديانات والقوانين الوضعية والتربية والتراث الثقافي للمجتمع.

لذلك لا يمكن فصل طريقة تعامل البشر وأسلوب تفكيرهم مع البيئة عن الأخلاق لأنه النسق المتضمن فيه الكثير من العناصر الموجهة لحياة الإنسان من معرفة، وقيم، ومشاعر، ومهارات وضوابط نفسية وسلوكية وعقلانية وغيرها تجعل سلوك الفرد إيجابياً مع الذات والآخرين والبيئة.

ولأهمية الأخلاقيات البيئية لصيانة الموارد وتجنب ما يؤثر في المناخ سلباً، والحفاظ على البيئة وتنميتها فقد أصبح اليوم علماً قائماً بذاته يُدّرس في المدارس والجامعات ولطلبة الدراسات البيئية. وشأنه شأن أي مجال معرفي فإنه في اتساع من حيث أهدافه ومضامينه واهتمام الباحثين فيه كعلم له علاقة بالعلوم الأخرى من فلسفة وتربية ودين وسياسة واجتماع وغيرها.

إن صلة الأخلاق بالبيئة بلا شك معقدة باعتبار أن الإنسان يتعامل مع كل مكونات البيئة، الحية وغير الحية، وحيث إن الإنسان يؤثر ويتأثر بالبيئة فإن الأخلاقيات البيئية تهدف إلى الفحص الناقد لعلاقة الإنسان بالطبيعة. لهذا فانقراض الحيوانات، واستنزاف الموارد، والصيد الجائر، والتصحر، والتلوث، والاحتباس الحراري وغيرها جوانب تعكس علاقة الإنسان بالبيئة، ودور الأخلاق فيها.

يرى كثيرون أن منحى تدهور ثقافة الأخلاق وانحدار القيم، والنظر إلى الأرض كما لو كانت مجموعة من الموارد لا تزيد قيمتها الذاتية عما يحققه الإنسان من منافع آنية تشكل بصفة عامة صعوبات بالغة

لتغيير الذات مقابل سهولة تغيير الأشياء المحيطة بالإنسان. فالظواهر الكونية المختلة بسبب نشاطات الأفراد المدمرة للبيئة تعكس بوضوح حجم الأزمة النفسية الداخلية والتي تزيد لأن هناك أزمة أخلاقية وروحية.

• التربية البيئية

تهدف نظريات التربية إلى تعزيز الأخلاقيات البيئية في مناهج التعليم والأنشطة التربوية في المدارس والجامعات انطلاقاً من عالمية مفهوم التربية، وبالذات التربية البيئية Environmental Education ، فالتربية البيئية تعكس طبيعة العلاقة بين الإنسان والبيئة، خاصة وأن المشكلات البيئية المتزايدة في هذا العصر تفرض التركيز على التعليم البيئي في إطار التوجهات الحديثة للتعليم، وطرق التعليم المعاصرة ووفق نظريات التربية. فالتربية البيئية تسعى لتحسين نوعية معيشة الفرد وتغرس فيه قيم السلوكيات الإيجابية في التعامل مع البيئة من حيث حماية هذه البيئة من كل ما يؤثر فيها سلباً مثل استنزاف الموارد، والنشاطات التي تؤدي إلى انبعاثات غازات الدفيئة، والتصحر، والتخلص من النفايات المختلفة بطريقة ضارة بالبيئة وغيرها.

وحيث إن التربية البيئية تركز في برامجها التعليمية على الشباب من خلال إكسابهم المعرفة والفهم وإدراك الحقائق، والمهارات والقيم فإنها أيضاً تهدف أن يكون الفرد فاعلاً في الحياة الاجتماعية والاقتصادية والثقافية، خصوصاً في غرس قيم المواطنة، والتماسك الاجتماعي، والقدرة على معالجة المشكلات.

ومن خواص التربية البيئية أنها لا تهمل الأحداث الماضية على أساس التعامل معها كوقائع تاريخية وموروثات وأعراف تستدعي التأمل فيها واستيعابها، وكذلك تركز التربية البيئية على الحالة المستقبلية المتمثلة في دراسة التوقعات البيئية والبشرية من حيث علاقة الفرد بالنظم السائدة في المجتمع، والتغيرات المتوقعة. لكن محور علم التربية البيئية يهدف إلى تغيير السلوك وغرس القيم والاتجاهات الإيجابية في النفوس.

إن طبيعة التدريس البيئي تجعل التفاعل بين الطالب وبيئته أكثر قوة وإثراءً مما لو درس مفاهيم علمية صماء مجردة لا تعتمد على التجربة والبحث

والتعلم الذاتي Self- Learning. لذلك فنتائج التعلم البيئي لا تتحقق كما يجب إلا من خلال عمليات انخراط الأفراد في المشاركة مع الآخرين في نشاطات المجتمع، وخاصة القيام بالأعمال التطوعية Voluntary Works نتيجة الشعور بالمسؤولية الوطنية، والدافعية للتعلم من البيئة وعنها، وإدراك مكانة الإنسان في النظام البيئي.

ورغم أن هناك أهمية كبيرة لتدريس التربية البيئية في جميع مراحل التعليم العام، والجامعة، إلا أن التركيز في إدخال البرامج البيئية يجب أن ينصب على المرحلة الابتدائية بشكل خاص باعتبارها الأساس لكل مراحل التعليم الأخرى. إن فاعلية البرامج البيئية للأطفال لن يكون لها تأثيرات على الفهم والمهارة والاتجاه إذا لم يتعلم الأطفال التربية البيئية في إطار تكامل المعرفة، والتداخل بين ميادين العلم. كما لابد من استخدام كل المصادر المتاحة في المدرسة وخارجها مثل توافر الكتب للقراءة، والعينات والوسائل المختلفة، والزيارات الحقلية، واستخدام المعدات الحديثة كالكمبيوترات والأفلام والأقراص المدمجة وغيرها.

يتطلب تفكير الأطفال خلال معظم سنوات التعليم الابتدائي الاعتماد على الخبرات الأساسية Concrete Experiences، ويصف العالم بياجية (J.Piaget) هذه المرحلة من التنمية الذهنية « بالعملية الأساسية Concrete Operation، حيث إن الأطفال في السنوات الأولى لا يستطيعون أن يركزوا على التفاعل متعدد الأبعاد، خاصة إذا كانت خبراتهم الأولى مرتبطة بالأشياء التي تحيط بهم ولا يفهمون معنى النظام البيئي، والتغير المناخي، ودرجة الحرارة والبرودة، والملوثات الغازية وغيرها مما يعني أن المفاهيم المجردة في السنوات الأولى من التعليم تعطل دور العقل عند الأطفال في فهم المحسوسات التي تحيط بهم.

إن الاهتمام باحتياجات الطفل الأساسية Basic Demands هو الذي يجعل المدرسة قادرة على تحقيق التقدم والنجاح، واكتساب المعرفة والذكاء وتنمية الوجدان والمهارات، وهذه لا تتكامل دون أن يتفاعل الطفل مع الأشياء التي يتعلم عنها في محيطه.

كذلك خلق الاتجاهات والقيم البيئية لدى الأطفال في المدارس من خلال التربية البيئية يؤدي في الكبر إلى حسن التعامل مع البيئة، والتفاعل الحسي والوجداني مع مبادئ الحفاظ على البيئة، وعلى نحو يقلل المخاوف من استمرار تدمير مكونات البيئة، واجتناب كل ما يؤثر في حياة وصحة البشر. فالطفل

عندما يتعلم في المدرسة وفي درس من دروس البيئة عن الأضرار الناجمة على الصحة مثلاً من التغيرات المناخية فإنه بلاشك سيحرص في الكبر أن يبتعد عن كل ما يساهم في حدوث تغيرات مناخية ضارة بالإنسان وبيئته.

ولو تمعنا آلية تدريس الاحتباس الحراري لطلاب التعليم العام مثلاً فإننا نجد أنه بالإمكان أن يدرّس المعلم في مواد العلوم أو الجغرافيا أو العلوم الاجتماعية الموضوعات بعد أن يخطط لها وفق مستويات الطلبة العمرية والذهنية، حيث من السهل أن تتناول مختلف جوانب الاحتباس الحراري وتأثيراته المختلفة. ومن هذه الدروس المهمة التي تعد من المعلم وفق المستويات الذهنية والعمرية للطلاب في مجال الاحتباس دروس تتناول مفهوم غازات الدفيئة، وآليات تكونها وتأثيراتها في حدوث الاحتباس الحراري. إضافة إلى دراسة الحرارة الشمسية الساقطة على الأرض ودور جو الأرض في امتصاص الأشعة، وحبسها بالقرب من سطح الأرض. إضافة إلى دراسة مصادر غازات الدفيئة ودور الإنسان في ذلك من خلال الصناعة والزراعة والتصحر وحرق الغابات وغيرها. ومن المهم أن يركز المعلم على دروس تتناول التداعيات الصحية للتغيرات المناخية، وعرض مشكلات مثل الإعصار والفيضانات، ونفوق الأسماك وارتفاع منسوب البحار وغيرها. كذلك باستطاعة المعلم أن يعطي دروساً عن النشاطات البشرية المحددة التي تساهم في الاحتباس الحراري، ويتعرض لدور الوقود الكربوني في الانبعاثات الغازية في دول الخليج المنتجة للنفط.

إن المدخل البيئي يؤكد على ربط ما يدرسه الطالب في مدرسته بالبيئة التي يعيش فيها. فهذا المدخل يركز على تطبيق الجوانب النظرية في الحياة العملية، كما أن الدور الوظيفي للطلبة يبرز بشكل واضح وملموس خارج المدرسة. فالحاجة إلى التربية البيئية أثناء تدريس المواد العلمية المختلفة في المدارس أو التدريس في الجامعات أصبحت ضرورية، خصوصا في عصرنا الحالي الذي يتسم بتنامي النشاطات البشرية المخّربة للبيئة. فالاحتباس الحراري الذي هو قضية الساعة يجب أن يكون محط اهتمام العملية التعليمية ليس فقط في توصيل المعارف، وإنما كذلك التدريس في إطار مبادئ التربية البيئية التي تركز على المفاهيم والقيم والمهارات اللازمة للتعامل الأمثل مع البيئة.

الختـــام

إن الكثير من الأسباب التي ذكرناها في هذه الدراسة والتي تؤدي إلى التغيرات المناخية وارتفاع حرارة الأرض هي أسباب ناتجة من النشاط البشري الذي بالإمكان التحكم فيها وتقنينها وضبطها باتباع السبل المختلفة، وهناك العديد من الاقتراحات التي تفيد في مكافحة الاحترار العالمي إذا تم تنفيذها وفق خطة وأساليب مُلزِمة، وضمن إرادة صادقة ووعي شامل بأن سلوك الإنسان ما لم يكن إيجابياً في التعامل مع البيئة ومدركاً لمخاطر تداعيات السلوك السلبي فإن العلاقة بين الإنسان وبيئته تظل دائمة الاختلال والتدهور.

لذلك بالإمكان أن يساهم الإنسان في الحد من الانبعاثات الغازية الضارة بالمناخ، وأن يتخذ بعض الإجراءات الأساسية التي تقلل من ارتفاع حرارة الأرض، ويتجنب مخاطر الاحتباس الحراري، ومن هذه الوسائل:

- التحول من استخدامات الطاقة الأحفورية والهيدروكربونية إلى الطاقات البديلة النظيفة، مثل طاقات الرياح والشمس والحرارة والماء وغيرها.
- وضع التشريعات المناسبة للحد من الانبعاثات الغازية واللوثات من خلال الضغط الشعبي على البرلمان، ومؤسسات المجتمع المدني بإصدار القوانين التي تعاقب المخالفين.
- وضع التشريعات البيئية التي تحد من انبعاثات غازات الدفيئة من المصانع والمواصلات، وكافة أنواع النشاطات البشرية المؤثرة في التغير المناخي.
- تجنب استخدام الوقود الأحفوري في محطات توليد الطاقة، ومحطات تكرير النفط وتقطير المياه بسبب ما ينتج من غازات دفيئة ومخلفات حرارية ترفع من معدلات الحرارة في الجو أو في الماء.
- تقليل نسبة الانبعاثات الغازية الناتجة من عوادم السيارات من خلال استخدام وسائل النقل العام بدل الزيادة العالية في استهلاك الوقود في السيارات الشخصية. كذلك التخلص من السيارات القديمة المستهلكة للوقود والتي تلوث الهواء وخاصة بغاز (CO_2) .

• التقليل من استخدام الكهرباء في المنازل والمصانع من خلال ترشيد استهلاك الطاقة، وذلك بالاستفادة من أجهزة التقنيات الحديثة التي لا تسمح بزيادة أحمال الطاقة وتمنع تجاوز الاستهلاك عن الحدود المسموحة.

• التركيز على إدارة المخلفات يؤدي إلى منع حدوث التلوث، والتقليل من انبعاثات غازات مثل (CO_2)، والميثان. لقد وُجد أن إعادة تدوير بعض النفايات يؤدي إلى انخفاض حوالي (٣٪) من غازات الدفيئة، خصوصاً (CO_2) وغاز الميثان.

• المساهمة في زراعة الأشجار حيث إن شجرة واحدة تمتص طناً واحداً من(CO_2) خلال فترة حياة هذه الشجرة.

• الاهتمام بالزراعة العضوية، حيث إن التربة تعتبر المستودع لغاز (CO_2) ،ولعملية التحريج فإن كفاءة هذا المستودع وقدرته على امتصاص (CO_2) تنخفض، وهناك فوائد كثيرة للزراعة العضوية Organic Agriculture لأنها زراعة تعتمد على الآليات والتقنيات، مثل إعادة دورة المحصول واستخدام السماد المركب من مزيج من روث وأوراق الشجر الميتة. فالزراعة العضوية لا تعتمد على الأسمدة الكيماوية والمبيدات الحشرية والفطرية، لأن نمو النباتات في هذه الحالة يسير بطريقة طبيعية. كما أن هذه الطريقة في الزراعة تحافظ على صحة التربة والأنظمة الايكولوجية ودورات التنوع الحيوي المناسبة للبيئة المحلية.

• الحد من استخدام الطاقة الكهربية والحرارية في المنازل بتغيير لمبات الإضاءة واستبدالها بنوعية أخرى تحافظ على الطاقة وتقلل من الاستهلاك. فالإضاءة الفلورستينية مثلاً وُجد أنها تقلل من الطاقة المستخدمة بنسبة (٦٠٪) مقارنة بالإضاءة العادية.

• استخدام الزجاج العازل للحرارة Double – Glazing في شبابيك المنازل للحفاظ على طاقة الحرارة والبرودة من التسّرب.

• منع تسّرب الحرارة من المنازل والمصانع بصفة دائمة وعند استخدام التدفئة في الشتاء يؤدي إلى انخفاض انبعاث (CO_2). فلقد وُجد أن (١٠) درجات مئوية أو أقل للحرارة الخارجية يؤدي تقريباً إلى انبعاث طن من (CO_2).

• استخدام الترموستات المبرمج Programmable Thermostat يؤدي تلقائياً إلى خفض الحرارة ليلاً من أجهزة الحرارة المستخدمة، وكذلك خفض البرودة للمكيفات مما يعني تحقيق انخفاض في استهلاك الطاقة.

• تغيير الفلاتر وتنظيفها في أجهزة التكيف والتسخين من الهواء الملوث يؤدي إلى انخفاض (CO_2) كل سنة.

• وضع برامج هادفة تقوم بها الهيئات والجمعيات المعنية بشؤون البيئة في الدول المختلفة من أجل الضغط السياسي على الحكومات والقطاعات الصناعية والتجارية، وكذلك تعزيز دور البرلمانات في ميدان المحافظة على البيئة.

• تجنب قطع الأشجار، وخاصة إزالة الغابات لدواعي اقتصادية، حيث إن الأشجار والاخضرار من العوامل المهمة في خفض النسبة المرتفعة من(CO_2) في الهواء وإلى الحد المتزن الذي لا يؤدي إلى اختلالات بيئية وصحية.

• ترشيد استهلاك الموارد المختلفة من منتجات صناعية وغذائية والتي تؤدي عادة إلى مخلفات ضارة بالإنسان والبيئة، وتساهم في ارتفاع تركيزات غازات الدفيئة في الجو. ومن هذه المنتجات التي لها مخلفات، المنتجات الصناعات البلاستيكية، والمعدات الإلكترونية، ووسائل النقل، والصناعات الدوائية والطبية التي يتخلف منها النفايات الطبية وغيرها. ولاشك أن إعادة تدوير المخلفات في منتجات مفيدة تقلل من تركيزات غازات الدفيئة في الهواء.

• التحول إلى الطاقات البديلة عن طاقة الوقود الأحفوري.

• الاهتمام بالتربية البيئية Environmental Education في المدارس والجامعات، وخلق الوعي البيئي لدى كل الفئات العمرية، وذلك بوضع برامج تعليم وتدريب مناسبة تهذب السلوك الإيجابي نحو التعامل الأمثل مع البيئة.

• التركيز على الإعلام البيئي بهدف خلق الوعي والسلوك البيئي لدى الأفراد من خلال البرامج الإعلامية والتربوية المستمرة.

إن الطاقة Energy تعني القدرة على العمل، وحيث إن الطاقة تحيط بكل شيء على الأرض وتدخل في مختلف أوجه الحياة فإن أكبر تحدٍ يواجه البشر هو في القدرة على استثمار الطاقة وبصورة غير مكلفة، والتحول إلى طاقة نظيفة

تعتمد على موارد مختلفة غير المورد الأحفوري أو انشطار الذرات. دول كثيرة اصبحت تسعى وبشكل جاد للاعتماد على الطاقة البديلة Alternative Energy الناتجة من مصادر كالشمس، والريح، والمد البحري، والحرارة وغيرها. فعلى سبيل المثال، الطاقة الشمسية Solar Energy واحدة من أهم مصادر الطاقة التي يمكن الاعتماد عليها بشكل كبير في المستقبل. فنحن نحصل كل سنة من الشمس على حوالي (٣٥,٠٠٠) مرة إجمالي الطاقة المستخدمة من الناس. وحوالي ثلث هذه الطاقة يُمتص بواسطة الجو أو ينعكس مرتداً إلى الفضاء، و الطاقة الشمسية حالياً تُستخدم بشكل قليل في التدفئة المنزلية والحصول على الكهرباء، لكن على المستوى الأكبر، فإن الطاقة الشمسية يمكن أن تُستخدم في محطات الطاقة، وسفن الفضاء، وتسيير السيارات وغيرها.

لاشك إن دول الشرق الأوسط من أكثر الدول التي تتمتع في معظم شهور السنة بسطوع الشمس والاستفادة من الطاقة الشمسية في الحصول على أنواع الطاقات الأخرى بدل المورد النفطي والأحفوري المكلف والضار بالصحة. وهناك دول كثيرة لا تتمتع بدفء حرارة الشمس في أشهر السنة بسبب برودة أجوائها والسحب الدائمة التي تحجب أشعة الشمس، لكن ذلك لم يثنيها عن استخدام موارد أخرى للحصول على الطاقة مثل المحطات النووية أو طاقة الرياح. وتعتبر هولندا من الدول التي تستفيد من الرياح الشمالية الباردة في الحصول على الطاقة الكهربائية. كذلك تستخدم فرنسا وروسيا موجات المد البحرية الساحلية في الحصول على الطاقة الكهربائية.

إن هذه التكنولوجيات الجديدة بلاشك هي مستقبل العالم في الحفاظ على البيئة أمام تزايد الدور البشري في التغيرات المناخية الضارة الناجمة عن الملوثات الغازية، وخاصة غازات الدفيئة المسببة لارتفاع حرارة الأرض. إن التوجه العالمي نحو "الصناعة التكنولوجية النظيفة" Cleantech Industry في القطاع الصناعي يؤدي إلى معالجات حاسمة للعديد من التحديات البيئية لأنها تمثل تنوعاً متبايناً في المنتجات والخدمات والعمليات الصناعية. فهذه التكنولوجيا تتميز بالأداء الرفيع مع تكاليف منخفضة، وتخفض التأثيرات السلبية الايكولوجية، وتساهم في ترشيد استهلاك الموارد الطبيعية وتجنب المخاطر الصحية.

المـــلاحـق

١. فهـرس الاشكـال
٢. فهـرس الجـداول
٣. المراجـع العربيـة
٤. المراجـع الاجنبيـة
٥. المصطلحـات الـوارده في الكتـاب

فهرس الأشكال

العنوان	الرقم	الصفحة
· مواقع الكواكب من الشمس.	١	٤
· الهيدروجين والهيليوم والمعادن في الشمس.	٢	٦
· تركيب سطح الشمس	٣	٧
· قطاع يبين سماكة الأرض.	٤	١٦
· مواقع المكونات الأساسية الأكثر تواجداً في طبقات الأرض	٥ (أ)	١٧
· سماكة طبقات الأرض.	٥ (ب)	
· دوران الهواء الجوي في حالة عدم دوران الأرض.	٦	١٩
· الاختلاف في مركزية الشمس بالنسبة للأرض.	٧	٢٠
· العلاقة بين ضغط الهواء والارتفاع عن سطح البحر.	٨	٢٢
· طبقات الجو ويلاحظ طبقة الأوزون.	٩	٢٤
· تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي.	١٠	٢٥
· تأثيرات غازات الدفيئة على الأرض.	١١	٣١
· نسبة انبعاثات غاز(CO_2) مقارنة بالغازات الدفيئة الأخرى.	١٢	٣٢
· مستوى(CO_2) في الجو (١٩٥٨-٢٠٠٧) والمتوقع حتى ٢١٠٠.	١٣	٣٥
· مصادر الطاقة في ألمانيا (٢٠٠٩) .	١٤	٤٠
· الغازات العادمة حسب القطاع الاقتصادي في ألمانيا.	١٥	٤٠
· التغير في إنتاج غازين (CFC_{11}- CFC_{12}) كلوروفلوروكربون في الفترة (١٩٣١ - ١٩٩٢).	١٦	٤٣
· توزيع غازات الدفيئة في جو الأرض بحسب النسبة.	١٧	٤٣
· تركيزات غاز الميثان في الجو.	١٨	٥٣

· أوزون الطبقتين الاستراتوسفيرية والتروبوسفيرية.	١٩	٥٦
· دورة الأوزون في الجو.	٢٠	٥٩
· أثر (CFCs) في تآكل الأوزون الجوي.	٢١	٦١
· نسبة مساهمة أكسيد النيتروز في غازات الدفيئة في أواخر الثمانينيات.	٢٢	٦٦
· مصادر انبعاث غاز (CO) من المركبات على الطرق في أمريكا عام (١٩٩٩).	٢٣	٦٨
· انبعاث غاز أول أكسيد الكربون من مصادر مختلفة أخرى غير السيارات في أمريكا (١٩٩٩).	٢٤	٧٠
· دورة الماء في الطبيعة.	٢٥	٧٢
· مياه الأراضي المالحة .	٢٦ (أ)	٧٤
· (ب) مياه الأراضي العذبة.	٢٦ (ب)	
· مقاييس زمنية لارتفاع سطح البحر بسبب (CO_2) وتحقيق التوازن البيئي.	٢٧	٧٨
· نموذج لتشكل إعصار.	٢٨	٨٣
· علاقة درجة حرارة الماء بعدوانية القرش الأبيض على السواحل الأمريكية (١٩٢٢ - ٢٠١٠) .	٢٩	٨٦
·أبرز اللقاءات والمعاهدات الدولية في مجال حماية المناخ العالمي.	٣٠	٩٩
· انبعاثات(CO_2) لكل فرد بالطن (١٩٥٠ - ١٩٧٥ -١٩٩٨) في الكويت والشرق الأوسط وشمال إفريقيا والعالم.	٣١	١٠٩

فهرس الجداول

العنوان	الرقم	الصفحة
· التغيرات في درجة حرارة سطح الأرض. ويلاحظ ارتفاع الحرارة منذ عام (١٩٨٠) .	١	١٥
· نسبة المكونات المادية للأرض.	٢	١٦
· بعض القضايا التي تشكل أزمة بيئية ولها تهديد نشط وخطورة عالية .	٣	٢٩
· انبعاثات غازات الدفيئة في بعض الدول.	٤	٣٤
· التقديرات الانبعاثية للغازات من الصناعة (٢٠٠٢) .	٥	٣٧
· النسبة التقريبية لتأثيرات غازات الدفيئة في العالم منذ الثمانينيات .	٦	٣٨
· نتائج دراستين عن الانبعاثات الدفيئة.	٧	٣٩
· تأثيرات غازات الدفيئة على النظام البيئي العالمي.	٨	٤١
· القوة الإشعاعية للغازات الدفيئة لكل وحدة جزيء متغير في الجو.	٩	٤٢
· الاختلاف في حجم ثقف الأوزون الاستراتو سفيري (بالمليون كم٢) بحسب السنوات (القطب الجنوبي).	١٠	٦٢
· نصيب الفرد من(CO_2) طن في عام (٢٠٠٥) حسب الترتيب العالمي.	١١	١١٢
· مصادر انبعاثات (CO_2) عالمياً في عام (٢٠٠٧).	١٢	١١٣
· نسبة انبعاثات (CO_2) بالآلاف من الطن المتري في دول خليجية مقدرة على أساس النسبة العالمية الإجمالية لانبعاث (CO_2) في عام (٢٠٠٧)	١٣	١١٣
· التأثيرات الصحية للملوثات الهوائية في محافظة الأحمدي (الكويت).	١٤	١١٥

المراجع العربية

١. إبراهيم الرفاعي وإبراهيم أبو الليل. التغيرات المناخية وأثرها على البيئة. الجمعية الكويتية لحماية البيئة. الكويت، ١٩٩٧م.

٢. محمد فوزي قاسم - الوضع البيئي الراهن في دولة الكويت - الهيئة العامة للبيئة، الكويت، ٢٠٠٠م.

٣. مبارك مناع العجمي. طريق أم الهيمان وتلوث الهواء. شركة الحميضي لأعمال الطباعة، الكويت، ٢٠٠٩م.

٤. سيد عاشور أحمد. التلوث البيئي في الوطن العربي- واقعه وحلول معالجته. القاهرة، ٢٠٠٦م.

٥. روبرت الين (ترجمة علي البنا وزين الدين عبد المقصود). كيف ننقذ العالم. استراتيجية عالمية لصيانة الموارد. الكويت - ١٩٨٦م.

٦. فهمي العلي مع وداد العلمي (مراجعة وتدقيق لبحوث المادة العلمية). التوعية البيئية في دول مجلس التعاون الخليجي. الكويت، ٢٠٠٠م.

٧. يعقوب أحمد الشرّاح. البيئة والبشر - صراح بلا حدود - ٢٠٠٦م - الكويت.

٨. يعقوب أحمد الشرّاح. التربية والبيئة وتحديات العصر - ٢٠٠٩م - الكويت.

المراجع الأجنبية

1. Abdul – Wahab, S.A. & Others . Patterns of SO_2 Emissions : A refinery case study. Environmental Modelling & Software , Vol.17, No 6 , pp.563-570, , Kuwait . 2002 .

2. Air Quality Guidelines, WHO, Denmark, 2006.

3. Edwards – Jones, Gareth. Ecological Economics. Blackwell Pub.,UK,2004.

4. Ginkel, Hans Van & Others. Human Development and the Environment. UN. Univ. Press, Japan, 2002.

5. GEO4 (Global Environment Outlook), UNEP, Malta, 2007.

6. Johnston, R.J & Others (Editors).Georaphies of Global Change. Blackwell , UK, 2002.

7. Regional Report of the state of the Marine Environment (Ropme) , Kuwait, 1999.

8. Robbin, Paul. Political Ecology. Blackwell Pub., UK, 2004.

9. Rolston, Holmes. Environmental Ethics – Duties to & Values in the Natural World. Temple Univ Press, USA, 1989.

المصطلحات الواردة في الكتاب

Acid Rain	المطر الحمضي
Acidification	الحمضية
Aerobic Respiration	التنفس الهوائي
Afforestation	التحريج
Alternative Energy	الطاقة البديلة
Alzheimers Disease	مرض ألزهايمر
Ammonium Nitrate	نترات الأمونيا
Anaerobic Cell Perspiration	التنفس اللاهوائي
Antartica	القطب الجنوبي
Asphyxia	الاختناق
Asteroids	الكويكبات
Atmosphere	جو الأرض
Bacteriostatic	مانع لنمو الجراثيم
Biome	الكتلة الحية
Biosphere	المحيط الحيوي
Cancerous Cell	الخلية السرطانية
Carbon - absorbing Phytoplankton	النباتات المغمورة في الماء والتي تعتمد في امتصاصها على الكربون

Carbon Oxide (CO)	أول أكسيد الكربون
Cardiac Dysarryhtnmia	اضطراب نظام القلب
Catalytic Destruction	التدمير المحفّز
Cenozoic Era	الدهر الحديث أو القريب
Chlorine	الكلورين
Chlorofluorocarbons (CFCs)	مادة الكلوروفلوروكربون
Cleantech Industry	الصناعة التكنولوجية النظيفة
Climate Change	التغير المناخي
Climate Ethics	الأخلاقيات المناخية
Comets	المذنبات
Condensation	التكثف
Conduction	العملية الاتصالية
Convection of Heat	الحمل الحراري
Convection Zone	منطقة الحمل الحراري
Coral Reefs	الشعب المرجانية
Corals	المرجان
Coriolis Effect	تأثير كوريوس
Corona	الهالة

Coronal Loops	الحلقات الهالية
Crust	قشرة الأرض
Denitrification	إزالة النيتروجين
Eccentricity	اللامركزية
Ecojustice	العدالة الأكولوجية
Ecosystem	النظام الأكولوجي
Electron	الإلكترون
Ellipse	مدار بيضاوي
Environmental Education	التربية البيئية
Environmental Ethics	الأخلاقيات البيئية
Environmental Temperature Lapse Rate	المعدل الانحرافي للحرارة البيئية
Ethane	الإيثان
Evaporative Cooling	التبريد البخاري
Fermentation	الاختمار
Fossil Fuel	الوقود الأحفوري
Freon	الفريون
Gamma Rays	أشعة جاما
Global Warming	الاحتباس الحراري

Green House Gases	الغازات العادمة أو الدفيئة
Halogens	الهالوجونيز
Hurricane	الإعصار العنيف
Hydrosphere	الجزء اليابس من الأرض
Ice Cluods	الغيوم الجليدية
Inclination (Tilt)	الزاوية الانحرافية
Infrared Radiation	الأشعة تحت الحمراء
Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)	الهيئة الحكومية الدولية للتغير المناخي
Invertebrates	اللافقاريات
Jupiter	كوكب المشترى
Lithosphere	الجزء اليابس من الأرض
Little Ice Age	العصر الجليدي القصير
Low Latitudes	خطوط العرض المنخفضة
Mad fish Disease	جنون السمك
Mantle	الوشاح
Mars	كوكب المريخ
Medieval Age	العصر الوسيط
Mercury	كوكب عطارد

Mesozoic Era	الدهر الوسيط
Metabolism	الأيض
Meteorites	النيازك
Methane (CH_4)	غاز الميثان
Methane Hydrate	هيدريت الميثان
Milankovitch Theory	نظرية ميلانكوفيتش
Minimum Maunder	التوهان القصير
Mollusks	الرخويات
Molten Mass	الكتلة المنصهرة
Multiple Sclerosis	التصلب العصيدي
Natural Gas	الغاز الطبيعي
Neptune	كوكب نبتون
Nitrification	النترتة
Nitrogen Dioxide (NO_2)	ثاني أكسيد النيتروجين
Nitrogen Oxide (NO)	أكسيد النيتروجين
Nitrous Oxide	أكسيد النيتروز
Nuclear Fusion	الاندماج النووي
Ocean's Photic Zone	المنطقة الضوئية للمحيطات

Organic Agriculture	الزراعة العضوية
Ort Cloud	السحاب المتأين
Oxides	المؤكسدات
Ozone (O_3)	غاز الأوزون
Ozone Depletion	تآكل الأوزون
Ozone Hole	ثقب الأوزون
Paleozoic Era	الدهر القديم
Pediatric Asthma	الربو عند الأطفال
Pesticides	المبيدات
Photochemical Oxidants	المؤكسدات الكيموضوئية
Photosphere	المحيط الضوئي
Photosynthesis	البناء الضوئي في النبات
Planetary Nebula	سديم كوكبي
Plankton	البلانكتون
Pluto	كوكب بلوتو
Precambrian Era	الدهر السحيق في القدم
Precession of Earth Wobbles	تأرجح الأرض حول المحور
Precipitation	الترسيب

Primary Producers	المنتجات الأولية
Prominences	الشواظ الشمسي
Proton	البروتون
Radiation	الإشعاع
Red Tide	المد الأحمر
Saturn	كوكب زُحل
Secondary Pollutants	الملوثات الثانوية
Shellfish	المحار
Smog	الضبخان
Solar Energy	الطاقة الشمسية
Solar System	النظام الشمسي
Stratosphere	الطبقة الجوية التي تلي طبقة التروبوسفير بعيدة عن الأرض
Sunspots	البقع الشمسية
Sustainable Development	التنمية المستديمة
Terrestrial Planets	الكواكب الأرضية
Thermal Expansion	التمدد الحراري
Thermonuclear Reactions	التفاعلات الحرارية النووية
Thermosphere	الطبقة الجوية التي تلِي طبقة الميزوسفير بعيدة جداً عن الأرض

Tidal Pull	الموجة المدية
Toxic Algae	الطحلب السام
Transpiration	الترشيح
Tropical Hurricane	العاصفة الاستوائية
Troposphere	الطبقة الجوية القريبة من سطح الأرض
Typhoon	الإعصار المداري
Ultra Violet Radiation	الأشعة فوق البنفسجية
United Nation Developmental Program (UNDP)	برنامج الأمم المتحدة للتنمية
United Nation Environmental Program (UNEP)	برنامج الأمم المتحدة للبيئة
Uranus	كوكب أورانوس
Vector-born Diseases	نواقل الأمراض المستوطنة
Venus	كوكب الزهرة
Volatile Organic Compound (VOCs)	المواد العضوية المتطايرة
World Meteorological Organization (WMO)	المنظمة العالمية للأرصاد الجوية

في هذا الكتاب

إن العلاقة بين الإنسان والبيئة قديمة قدم الحياة على وجه الأرض، فلقد ظل الإنسان ومازال يستفيد من كوكب الأرض الذي جعله الخالق كوكباً مناسباً للحياة لما يحوي من معطيات حياتية تتواجد في محيطاته الجوية واليابسة والمائية وتتفاعل على نحو تجعل الأرض بيئة متزنة ونظاماً اكولوجياً دقيقاً.

والعلاقة بين الإنسان والبيئة، مع الأسف، شابها في عصرنا الحالي الكثير من طغيان السلوك البشري المدمر للبيئة، وخصوصاً الدور البشري في حدوث ظاهرة الاحتباس الحراري بسبب حرق الوقود الأحفوري والذي يؤدي إلى انبعاث غازات من المصانع والنشاطات المختلفة التي يقوم بها الإنسان، لهذا أصبح الاحتباس الحراري يشكل هماً وقلقاً متزايداً لكل الدول بسبب الزيادة المستمرة في تركيزات غازات الدفيئة، وبالذات غاز ثاني أكسيد الكربون (CO_2) المسؤول الأول عن التغيرات المناخية وارتفاع الحرارة.

لقد ارتفعت حرارة الأرض بمقدار (٠,٧٤) درجة مئوية مابين عامي (١٩٠٥) و(٢٠٠٥)، ويتوقع أن ترتفع إلى ما يقارب درجتين مئويتين في السنوات القادمة. كما أن الدراسات تشير إلى وفاة أكثر من (٣٠٠) ألف إنسان سنوياً، ووفاة (٧) من كل (١٠) أفراد بسبب التغيرات المناخية المرتبطة بالتدمير التدريجي للبيئة.

يتحدث هذا الكتاب عن « المناخ والاحتباس الحراري، مشكلة العصر» حيث يتناول موضوع الاحتباس الحراري في إطار التغيرات المناخية والتداعيات الكثيرة لهذه التغيرات على الإنسان والبيئة. فمن بين ما يهدف إليه الكتاب إيضاح أهمية الوعي بالمخاطر المنعكسة من ارتفاع الحرارة على حياة البشر، وأن الأخلاق والتربية والثقافة والتشريعات لها تأثيرات إيجابية كبيرة على التغيير في سلوكيات الناس عندما يتعاملون مع البيئة. نتمنى أن يكون هذا الإصدار نافعاً وعوناً لكل من يسعى للمزيد من المعرفة عن المناخ، وخاصة الاحتباس الحراري الذي هو موضوع الساعة، فهذا الإصدار يفيد الدارسين والطلاب والباحثين ومتخذي القرارات، وواضعي السياسات والخطط البيئية، فضلاً عن المهتمين بالشأن البيئي. نأمل ان يحقق هذا الكتاب الغاية المرجوة منه، وان يكون مفيداً لكل من يطلع علية.

والله ولي التوفيق،

المؤلف