الفصل الثامن

مشكلة التغير المُناخي

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

أثر البشر في الغلاف الجوي

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

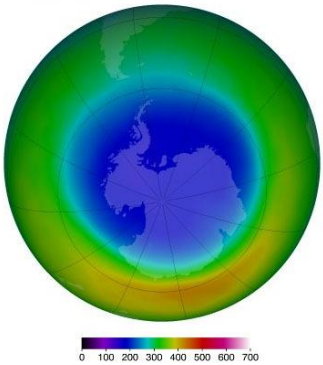
هيمنت قضية التغير المناخي Climatic change الناتجة من زيادة تركيزات غازات الدفيئة على الأجندة البيئية منذ منتصف ثمانينات القرن المنصرم وأحدثت جدلاً دولياً سياسياً وعلمياً محتدماً. وما من شك أنه على مدى المائتين سنة الماضية أو نحو ذلك، عمل البشر على زيادة تركيزات العديد من غازات الدفيئة في الجو زيادة ملحوظة،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

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

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

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

1 ـ التسبب بتآكل طبقة الأوزون:



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

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

2 ـ تغيير كمية الإشعاع الشمسي المنعكس:

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

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

يؤدي زيادة انعكاس الإشعاع الشمسي.. إلى مشكلات بيئية عديدة

3 ـ تغيير كمية الرطوبة ودرجة الحرارة:

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

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

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

4 ـ تغيير نسبة ملوحة المحيطات:

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

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

غازات الدفيئة وظاهرة الاحتباس الحراري

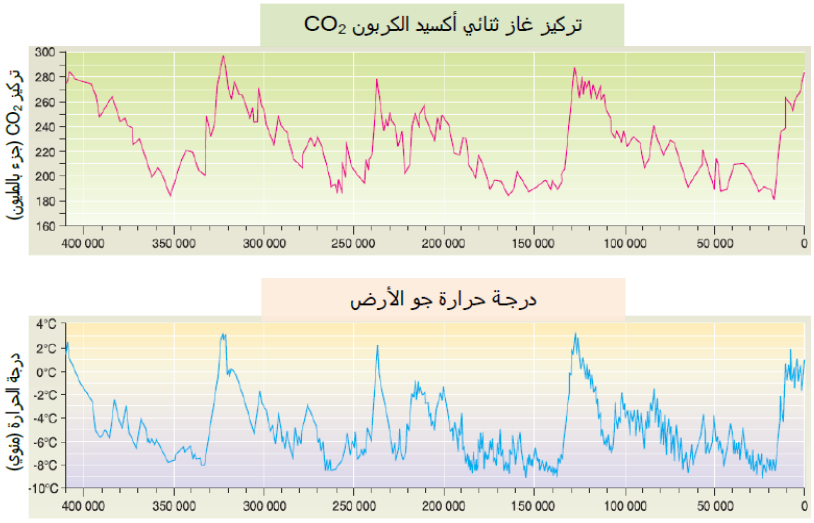
غازات الدفيئة

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

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

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

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



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

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

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

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

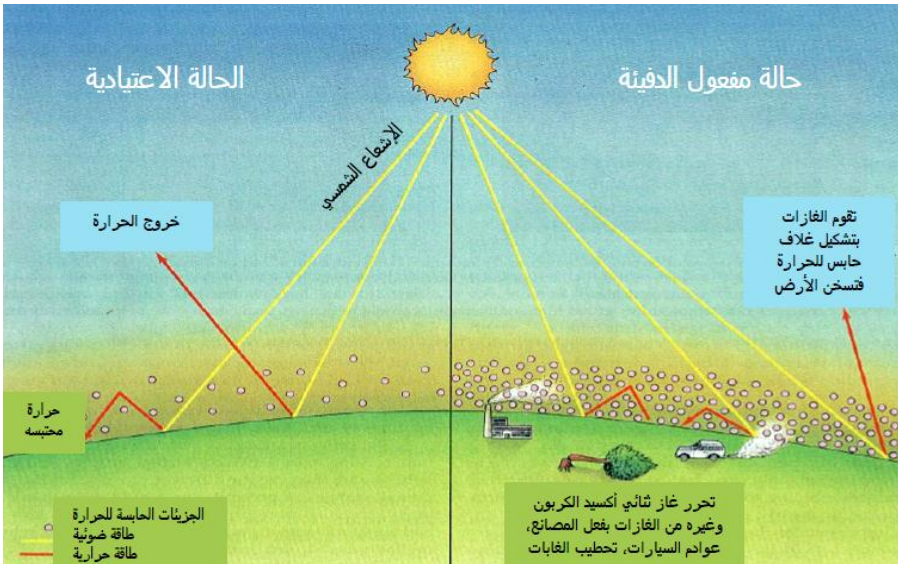
هذا وتعد الولايات المتحدة الأمريكية من أكبر مصادر هذه الانبعاثات الصناعية، إذ تسهم لوحدها بقرابة 30.3٪ من هذه الانبعاثات. فيما تأتي أوربا ثانياً بنحو 27.7٪، ثم روسيا بحوالي 13.7٪، وتسهم دول جنوب شرقي أسيا والهند والصين مجتمعة بحوالي 12.2٪، ثم تليها أمريكا الجنوبية واليابان والشرق الأوسط وأفريقيا وكندا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

ظاهرة الاحتباس الحراري

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

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

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



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

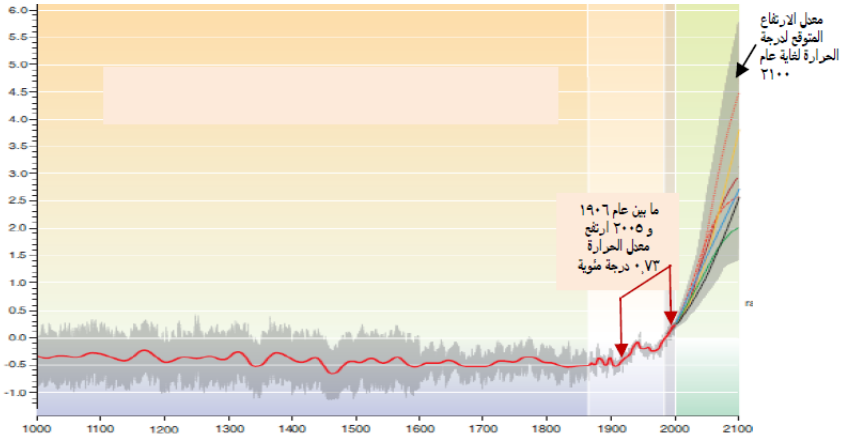
تدخل الطاقة الشمسية إلى الغلاف الجوي في شكل موجات قصيرة. ويقوم جزء من تلك الطاقة بتسخين الأرض ومن ثم يرتد راجعاً إلى الفضاء الخارجي مرة أخرى في شكل موجات تحت الحمراء.

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

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

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

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



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

الأثار البيئية لظاهرة الاحتباس الحراري

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

1 ـ انكماش جليد القطب الشمالي:

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

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

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

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

2 ـ ذوبان القارة القطبية الجنوبية والثلاجات الجبلية:

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

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

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

3 ـ تقلص مساحة مناطق الصقيع الدائم:

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

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

4 ـ نقص المياه العذبة:

يمكن لتغيرات صغيرة نسبياً في المناخ أن تؤثر في جاهزية المياه العذبة. إذ من المحتمل أن يتسبب ذلك بمشكلات خطيرة لاسيما في الأقاليم الجافة وشبه الجافة وفي المناطق الأكثر منها رطوبة، وذلك أما نتيجة لزيادة الطلب على المياه أو لتلوثها،

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

5 ـ تحرر الكربون من التربة:

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

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

تحلل المادة العضوية ومن ثم تحرر الكربون. وتعد هذه النتائج مقلقة حقاً نظراً لأن الترب تقوم مقام "الجلد" الذي يمتص أية زيادة في الكربون الجوي كلما ازدادت معها مستويات ثنائي أكسيد الكربون في الجو، وهي بذلك تكون أشبه بالحجاب الذي يقي من تأثيرات الاحتباس الحراري. ولكن بدلاً من ذلك أصبحت التربة الآن تطلق الكربون وتعيده مرة ثانية إلى الجو بسبب ارتفاع درجات حرارة الأرض.

6 ـ تدهور المناطق الجافة:

ستزداد معاناة المناطق الجافة بفعل التغير المناخي

من المحتمل أن تتأثر المناطق الجافة وشبه الجافة بشكل خاص من التغير المناخي العالمي. إذ ازدادت وتيرة ظاهرة تغير المناخ في بعض الحالات بفعل نشاطات الإنسان المدمرة للغطاء النباتي ولسطح التربة. وفي الوقت نفسه، قد يؤثر التغير المناخي على العمليات الجيموفولوجية في هذه الأقاليم، وذلك بفعل التأثير المباشر لارتفاع درجات الحرارة وما يرتبط بها من تغيرات على نظم التساقط ودرجات الحرارة والغطاء النباتي. فعلى سبيل المثال، يحدث في العديد من المناطق شبه الجافة، تناقص في رطوبة التربة بسبب ازدياد الضائعات من التبخر والنتح وتناقص الجريان السطحي خلال الصيف وارتفاع معدلات تعرية التربة بفعل الرياح. وأظهرت بعض الدراسات التي أجريت في جنوب أفريقيا، أنه خلال القرن الحالي سوف تصبح معظم الكثبان الرملية في صحراء كالهاري Kalahari كثباناً متنقلة ونشطة الحركة نتيجة لتضافر جملة من العوامل مثل تناقص رطوبة التربة وفقدان النبات الطبيعي وتزايد طاقة الرياح.

7 ـ تدهور نوعية الهواء:

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

8 ـ زيادة حموضة المياه البحرية:

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

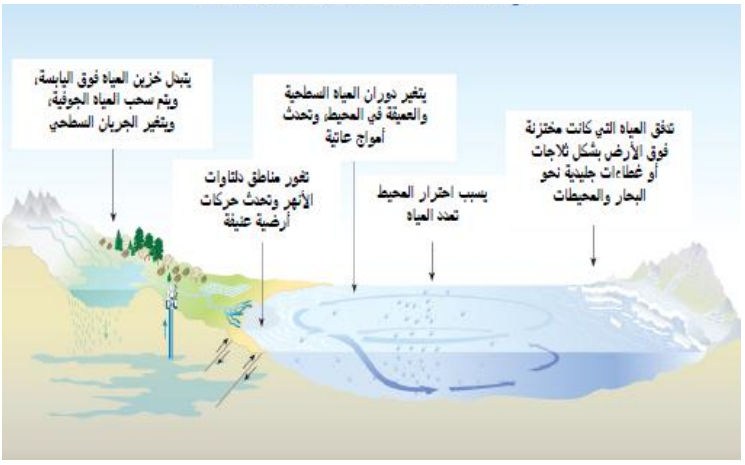
شعاب مرجاني حي

شعاب مرجاني ميت

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

9 ـ ارتفاع منسوب البحر:

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



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

10 ـ الفيضانات وغرق السواحل والجزر:

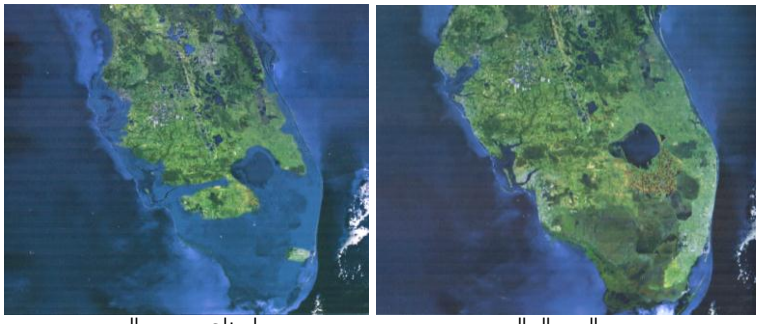
يمكن أن يؤدي ارتفاع مناسيب البحار إلى حدوث فيضانات مفاجئة وهيجان البحر وغرق المستوطنات البشرية المنخفضة الواقعة على السواحل القارية، لاسيما المدن الكبيرة مثل بانكوك ولاغوس ولندن ونيويورك وريو دي جانيرو وطوكيو. أما مدينة البندقية الإيطالية الواقعة على البحر المتوسط، فمن المتوقع تعرضها إلى خطر داهم لكون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

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

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

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

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



منسوب البحر الحالي — عند ارتفاع منسوب البحر

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

11 ـ زيادة تكرار الأعاصير المدارية:

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

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

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

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

أسئلة للمراجعة والمناقشة

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

❋ ❋ ❋