المشكلات البيئية المناخية
التحليل والمواجهة

أ. د. محمد إبراهيم محمد شرف(*)

مقدمة:

لا يستطيع أي منا أن ينكر أن بيئتنا تتغير باستمرار، فهي تتغير طالما تزايد إدراكنا وفهمنا لها، وكلما زادت سيطرتنا عليها، وتزايد الصراع للحصول على المزيد من مواردها وتعظيم إشباع رغباتنا منها، ولا يعني ذلك تخريباً لها طالما أن استغلال الإنسان لها لا يحد من قدرتها على التجديد والحفاظ على توازنها الطبيعي، وإلا تسبب نقص مكوناتها إلى اضطراب توازنها الطبيعي وتُصبح وسطاً ضاراً بالإنسان وباقي الكائنات الحية.

ولا حاجة لنا لإثبات حدوث الاضطراب في التوازن الطبيعي للبيئة على سطح الكرة الأرضية في الوقت الحاضر، فتطالعنا الأخبار باستمرار على صور هذا الاضطراب من نقص في التنوع الحيوي، وتكرار الكوارث الطبيعية، واحترار الكرة الأرضية، وتزايد قوة الأعاصير المدارية والسيول والفيضانات العارمة والجارفة للتربة والمحاصيل والغطاء النباتي وغيرها التي تجرد الأرض من بعض وظائفها مما يؤدي إلى تدهور مظاهر الحياة الاقتصادية والسياسية. وقد تجاوزت هذه الاضطرابات البيئية الحدود المحلية وامتدت إلى مستويات إقليمية وعالمية وطال التدهور كل من الغلاف الجوي، الغلاف المائي، وغلاف اليابس وأفرز مجموعة من المشكلات البيئية الضارة بصور الحياة على سطح الأرض فتجلب المرض والموت وتنذر بكوارث لا طاقة لنا بها.

ويحاول الباحثون المهتمون بشؤون البيئة الوصول إلى حلول لتجنب تلف البيئة والحفاظ على الأنواع الحيوية والموارد الطبيعية ورفع كفاءة أنظمة

(*)أستاذ المناخ التطبيقي – كلية الآداب – جامعة الإسكندرية

إدارتها وتبادلها وتنميتها لضمان استمرارية انتفاع الأجيال القادمة منها في المستقبل، ولأن تلف البيئة كارثة عالمية تقوض التنمية لذلك فمشكلاتها تحتاج إلى حلول عالمية أيضاً تشترك في طرحها والاتفاق على تنفيذها جميع دول العالم دون استثناء، وتتحمل مجتمعاتها الإعلان عنها والتوعية بها ودفع الأفراد إلى تحمل أمانة الانصياع لها والتجاوب معها لعلنا ننقذ الأرض من حالة الاحتضار المتجهة إليها.

أسباب التدهور البيئي:

البيئة وحدة متوازنة متكاملة ترتبط عناصرها ببعضها ارتباطاً يبدو بسيطاً ولكنه بالغ التعقيد، فالنظام البيئي بمكوناته الطبيعية والبشرية يرتبط ببعضه بواسطة دورات حيوية طبيعية كالدورة المائية والدورة الهوائية، ودورة الكربون، دورة الأكسجين، دورة النيتروجين على سبيل المثال لا الحصر، وتتشارك مجموعة من العناصر الطبيعية والبشرية في تواصل حلقة كل دورة فتستمر الحياة في توازن بيئي مستمر. ويؤدي الخلل والاضطراب في أي عنصر من عناصر كل دورة من الدورات الحيوية على سطح الأرض إلى عدم اكتمالها أو تدهورها مما يؤثر في جميع العمليات الحيوية الأخرى المعتمدة عليها أو التي تتداخل معها، فينتج عن ذلك تدهوراً بيئياً يجنيه الإنسان على هيئة تدهور اقتصادي وصحي يتجهان به إلى هاوية عدم الاستقرار المجتمعي والسياسي.

وتشكل الأنشطة البشرية الجائرة أهم أسباب الخلل والاضطراب الذي ينتاب عناصر البيئة فالزيادة المستمرة في عدد سكان كوكب الأرض الذي يترتب عليها زيادة النمو الحضري وزيادة حجم النفايات وتعديل أشكال استغلال الأرض واستخدامها (مثل تجفيف البحيرات واستصلاح الصحاري وإزالة الغطاء النباتي الطبيعي، وتحويل مساحات من اليابس إلى برك مائية كمزارع سمكية، وزحف العمران الحضري نحو الأراضي الزراعية والهوامش الصحراوية، والتوسع في بناء المصانع في المدن محل المساحات الفضاء وفي المناطق الزراعية محل المحاصيل، وفي الصحاري محل الإرسابات الرملية)، والدخول في الحروب والنزاعات الدولية التي ينشأ عنها الاستيلاء على الموارد الطبيعية وتدميرها، والتجارب والحروب والكوارث النووية التي ينتج عنها التسرب الإشعاعي النووي بداية من انفجار القنبلة النووية فوق هيروشيما وناجازاكي عام 1945، أو في حادث انفجار مفاعل تشرنوبل (أسوأ حادث عرفه التاريخ الحديث) عام 1986، وحتى تصدع المفاعل النووي الياباني عام 2014، والتهديدات بنشوب حرب نووية في الشرق الأقصى أو الأوسط. كما تلعب العديد من العمليات الطبيعية دوراً هاماً في الخلل البيئي فتعرية التربة

التي تسود معظم النطاقات الرسوبية على سطح الأرض بفعل عوامل التعرية الهوائية والمائية وتجريد سطح الأرض من المساحات النباتية والزراعية المنتجة وما يترتب على ذلك من تغير نسبة الإشعاع الأرضي، والمركب الغازي للهواء، وتكرار حدوث الأخطار الطبيعية مثل الزلازل، البراكين، الفيضانات، الأعاصير، حرائق الغابات، وموجات التسونامي، وظهور بعض الظاهرات المناخية الخطيرة التي لم تكن تعرف من قبل مثل النينيو El Niño، واللانينيا La Niña باعتبارها تقلبات محيطية عنيفة ينتج عنها فيضانات عارمة. كل هذه الأسباب تؤدي إلى تدهور بيئي وكوارث بيئية يكون من محصلتها تدمير الموارد وفقدان الحياة.

وقد أحصى علماء البيئة حوالي 27 مشكلة بيئية خطيرة تعاني منها الأرض تعد محصلة التدهور البيئي يوضحها الجدول التالي رقم (1).

جدول رقم (1) أهم المشكلات البيئية المعاصرة

م	اسم المشكلة	م	اسم المشكلة
1	التلوث الهوائي	15	تزايد النمو الحضري
2	التلوث المائي	16	انتشار الروائح والمركبات المتطايرة
3	تلوث التربة	17	الضوضاء
4	الاحترار العالمي	18	انحسار اليابس
5	الانفجار السكاني	19	الحوادث
6	انحسار الموارد الطبيعية	20	تراجع التكنولوجيا الحيوية
7	النفايات الصلبة	21	إزالة الغابات
8	مخلفات الصرف الصحي	22	انتقال النفايات
9	التغير المناخي	23	الانهيارات الأرضية
10	فقدان التنوع الحيوي	24	الفقر
11	التصحر	25	تدهور الصحة العامة
12	تحمض المحيطات	26	زيادة شدة الأعاصير
13	ترقق طبقة الأوزون	27	الضباب الدخاني
14	الأمطار الحمضية		

ويلاحظ من تتبع الجدول رقم (1) وجود حوالي عشر مشكلات بيئية مناخية بالإضافة إلى وجود حوالي ست مشكلات يدخل المناخ في دورتها وبالتالي فإن نحو ستة عشر مشكلة بيئية منها 10 مشكلات مناخية مباشرة، 6 مشكلات مناخية غير مباشرة (انحسار الموارد الطبيعية، تدهور الصحة العامة، انحسار اليابس، الحوادث، إزالة الغابات).

اضطراب البيئة المناخية لسطح الأرض:

أظهرت بحوث عديدة تناولت التدهور البيئي لسطح الأرض أن بعض العمليات الطبيعية على سطح الأرض تعدت حدودها الطبيعية وانتقلت من الحالة الطبيعية إلى غير الطبيعية وحدوث المشكلة البيئية، ورصدت تلك البحوث تغيراً انتاب الخصائص المناخية الثابتة على سطح الأرض، وبلا شك فإن أي تغير يحدث في خصائص العناصر المناخية يرجع إلى التغير في ميزانية الطاقة الشمسية الواصلة إلى سطح الأرض الذي يعد الغلاف الجوي جزء لا يتجزأ منه، فالشمس هي وقود الحياة والعمليات الطبيعية بجميع أشكالها على سطح الأرض، وبلا شك فإن أي خلل في ميزانية الطاقة الشمسية على سطح الأرض سينتج عنه خلل في جميع العمليات المناخية المشكلة لمناخ الأرض.

وتعتمد الدورة العامة للغلاف الجوي على كمية الطاقة الشمسية الواصلة إلى سطح الأرض وهو ما يعرف بثابت الإشعاع[1]، وأي تغير أو تذبذب في ثابت الإشعاع ينتج عنه تغير في المناخ. ويوجد العديد من الأسباب التي تؤدي إلى تغير ثابت الإشعاع وبالتالي ميزانية الطاقة على سطح الأرض نستعرضها فيما يلي:

1 – التغير في مسار دوران الأرض حول الشمس:

يتغير مسار دوران الأرض حول الشمس عبر فترات زمنية طويلة، فالمسافة بين الشمس والأرض ليست ثابتة وهي تتغير على مدار دورة كاملة تبلغ 20000 سنة ففي الوقت الحاضر تكون الأرض أقرب ما يمكن للشمس (الحضيض) يوم 3 يناير، وأبعد ما يمكن عن الشمس (الأوج) يوم 3 يوليو، وبعد مرور نحو عشرة آلاف سنة من الآن سيكون الحضيض يوم 3 يوليو، ويكون الأوج يوم 3 يناير، ثم تعود المسافة لما كانت عليه بعد عشرة آلاف سنة أخرى وهكذا. (Growe, P. R., P. 494)

وتتغير درجة ميل محور الأرض أثناء دورانها حول الشمس من 22.1º إلى 24.5º في دورة تستغرق نحو 41000 سنة. ويتغير الشكل الهندسي الذي يتبعه مسار الأرض أثناء دورانها حول الشمس من الشكل القريب من الدائري إلى شكل قطع ناقص في دورة تستغرق 93000 سنة. وتتداخل تلك الدورات الثلاثة فينتج عن ذلك تباين جوهري في كمية وتوزيع الإشعاع الشمسي على

(1) كمية الطاقة الشمسية الواصلة إلى كل سم^2 على سطح الأرض وهي تبلغ 1.95 كالوري جرام / دقيقة وتعادل نحو 1392 وات / متر مربع.

المدى الزمني الطويل مما يؤدي إلى تغير ثابت الإشعاع الشمسي وبالتالي يتغير المناخ.

2 – التغير في النشاط الشمسي:

يرتبط النشاط الشمسي بنشاط البقع الشمسية وهي بقع سوداء تظهر على سطح الشمس يصل قطرها إلى نحو آلاف الكيلومترات وهي تحجب الإشعاع الشمسي المنطلق للشمس ويتفاوت عددها وحجمها ومساحتها في دورات تستغرق إحدى عشرة سنة، كما تمر الشمس بدورات مغناطيسية كل 22 سنة وخلال كل دورة يعكس المركز المغناطيسي للشمس اتجاهه ويستغرق 22 سنة أخرى ليعود إلى موضعه الأصلي. وتمر الشمس بعواصف هوجاء تعقب كل دورة من دورات البقع الشمسية تمتد لنحو 80 سنة، ونتيجة لهذا التباين في النشاط الشمسي يتغير ثابت الإشعاع الشمسي الواصل إلى الأرض ويتغير معه المناخ. (أبو العز – 1980).

3 – التغير في كمية الغبار البركاني:

يؤدي الثوران البركاني إلى انخفاض درجة حرارة الهواء في أعقابه بما يتراوح بين 2، 3%، فالغبار البركاني يحجب ويشتت ويمتص الإشعاع الشمسي، وفي حالة استمرار تدفق الغبار البركاني لعدة شهور أو سنوات متتالية يمكن أن يصل إلى طبقة الاستراتوسفير ويستقر فيها فيمتص ويحجب الإشعاع الشمسي ويشتته نحو الفضاء الخارجي وهو في طريقه لسطح الأرض مما يتسبب في انخفاض ثابت للإشعاع الشمسي وبرودة سطح الأرض.

4 – أسباب تتعلق بدرجة حرارة المحيطات:

تلعب المحيطات دوراً رئيسياً في تفسير بعض التذبذب المناخي، حيث تختزن الثلاثة أمتار الأولى من سطح المحيط كمية كبرة من الحرارة التي اكتسبتها من الإشعاع الشمسي، وفي حالة حدوث أي تغير شاذ في هذه الكمية ينتج تغير حراري يؤثر في حركة التيارات البحرية والتيارات الهوائية ومعدلات التبخر وبالتالي إلى تغير سلوك بعض الظاهرات المناخية وبخاصة العواصف المدارية، وإلى حدوث ظاهرتي النينيو، اللانينيا، وهما عواصف شديدة المطر تسبب فيضانات عارمة في النطاقات الغربية من الكرة الأرضية يتزامن معها حدوث حالات جفاف في النطاقات الشرقية من الكرة الأرضية.

5 – أسباب تتعلق بالأنشطة البشرية:

تؤثر الأنشطة البشرية المتنوعة في تذبذب ثابت الإشعاع الشمسي فيؤدي الرعي الجائر وتعرية التربة وتدمير الغطاء النباتي الطبيعي إلى تعرض التربة المفككة لجرف الرياح وانتشار الغبار والأتربة في الهواء فينتج عن ذلك امتصاص وحجب وتشتت الإشعاع الشمسي الواصل إلى سطح الأرض. ويؤدي تعديل استخدام الأرض والتوسع الزراعي على حساب الصحاري، وامتداد قنوات الري بها إلى تغير نسبة الألبيدو وبالتالي تتغير ميزانية الطاقة الشمسية، ويؤدي تغير ملوحة مياه البحار والمحيطات بجوار السواحل عند مصبات الأنهار إلى تغير الطاقة الحرارية لمياه البحار والمحيطات.

ويؤدي انبعاث غاز ثاني أكسيد الكربون من محركات الوقود الأحفوري بالأنشطة الصناعية، وكذلك غاز الميثان المنبعث من عمليات تحلل المخلفات العضوية، وغاز الكلورفلوروكربون الصناعي، إلى زيادة فعالية الاحتباس الحراري بالغلاف الجوي واحترار الأرض.

الشواهد الدالة على اضطراب البيئة المناخية:

أجمعت الدراسات البيئية في السنوات الأخيرة على وجود تغير جوهري في أربع عمليات طبيعية أساسية على سطح الأرض، الأولى: المتوسط السنوي لدرجة حرارة سطح الأرض، الثانية: حجم ومساحة الجليد الذي يغطي سطح الأرض، الثالثة: المتوسط السنوي لدرجة حرارة المياه العميقة بالمحيطات، الرابعة: مستوى سطح البحر. واشتملت الدراسات على قياسات ميدانية يتضح من تتبعها وجود ارتباط وثيق بين العمليات الطبيعية الأربعة المذكورة، حيث رصدت ارتفاع مستمر في الاتجاه العام للمتوسط السنوي لدرجة حرارة سطح الأرض والمياه العميقة في المحيطات مما أدى إلى ذوبان وانحسار كميات هائلة من الجليد الأرضي والبحري أدى إلى ارتفاع ملحوظ في مستوى سطح البحر.

وحاولت العديد من الدراسات البيئية تفسير أسباب هذا التغير في تلك العمليات الأمر الذي دعي إلى تتبع تطور هذه التغيرات خلال فترات زمنية طويلة للوقوف على مستويات تغيرها واتجاه هذا التغير كما يتبين من العرض التالي:

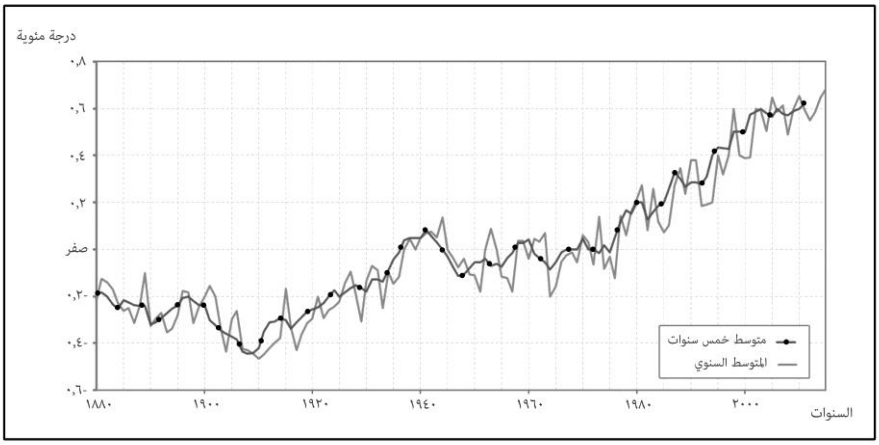
1 – ارتفاع المتوسط السنوي لدرجة حرارة سطح الأرض:

اهتمت مراكز بحوث المناخ بقياس التغير في المتوسط السنوي لدرجة حرارة سطح الأرض تزامناً مع ظهور مظاهر التدهور البيئي لسطح الأرض، وكان في مقدمتها وكالة الفضاء الأمريكية (ناسا NASA)، وقد تعددت وتوالت الدراسات التي أصدرتها وكالة ناسا في هذا الموضوع ففي دراسة أعدتها الوكالة عن تطور التغير في المتوسط السنوي لدرجة حرارة سطح الأرض

خلال الفترة بين عامي 1905، 1995 تبين ارتفاع المتوسط السنوي لدرجة الحرارة عام 1995 بنحو 0.8ºم عن مثيله عام 1910، وبمعدل سنوي يبلغ نحو 0.027ºم كل عشر سنوات.

وفي دراسة أعدها مركز ابحاث المناخ بجامعة إيست أنجليا (East Anlgia) بإنجلترا لقياس التغير في المتوسط السنوي لدرجة الحرارة على سطح الأرض بين عامي 1860، 1990 تبين أن المتوسط السنوي لدرجة حرارة سطح الأرض زاد عام 1990 بمقدار 0.910ºم عن مثيله عام 1860 (Middletonm, N., 2003).

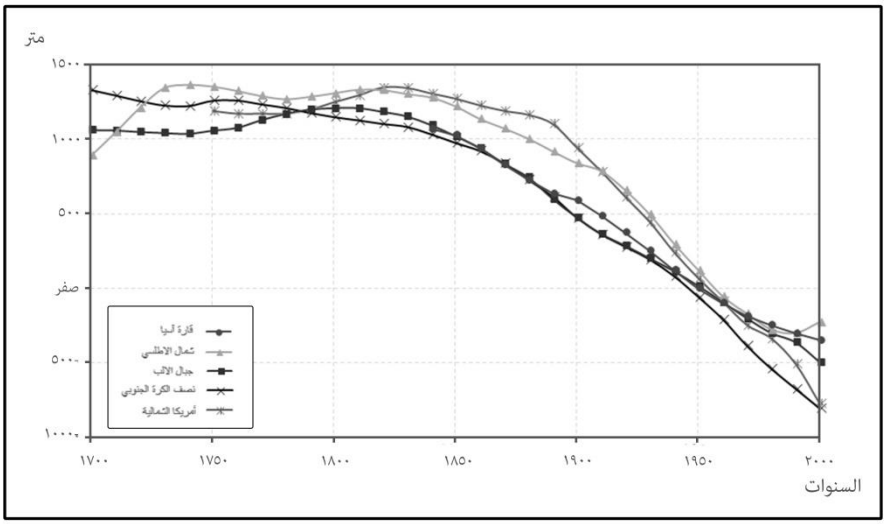
وفي دراسة حديثة أعدتها وكالة ناسا أيضاً لتطور التغير في المتوسط السنوي لدرجة حرارة سطح الأرض بين عامي 1880، 2016 تبين أنه زاد بنحو 0.85ºم عام 2015 عن مثيله عام 1880، وأن هذا الارتفاع لم يكن متجانساً في جميع الفترات الزمنية فقد تراوح بين 0.65ºم، 1.5ºم، وسجل عام 2016 أعلى زيادة في المتوسط السنوي لدرجة الحرارة، وأن هذا المتوسط يزداد بنحو 0.4ºم كل عشر سنوات، وبنحو 1.7ºم كل 100 سنة.شكل رقم (1) (Dessler, A., P. 19)



شكل رقم (1) التغير في قيم المتوسط السنوي لدرجة حرارة سطح الأرض خلال الفترة بين عامي 1880 ، 2016 م

2 – انخفاض حجم وامتداد الجليد على سطح الأرض:

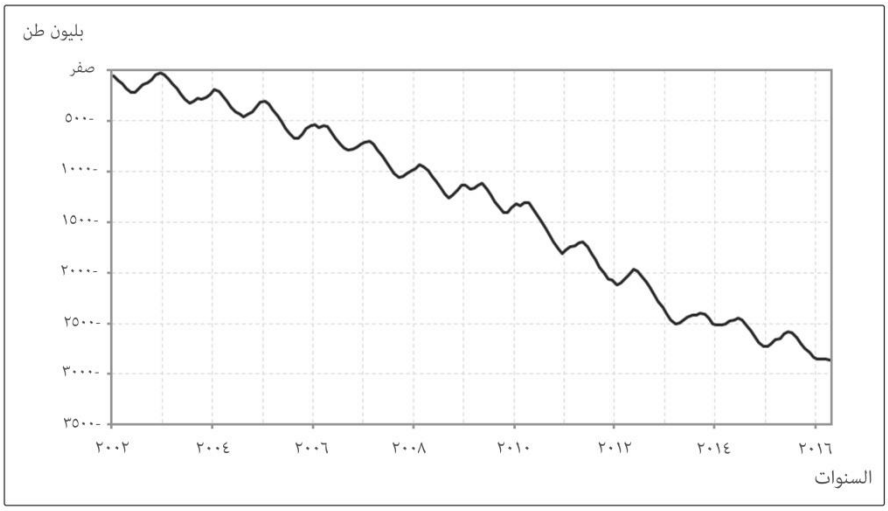
تؤكد جميع الدراسات المناخية الحديثة انخفاض حجم وامتداد الجليد على سطح الأرض في الوقت الحاضر عما كانت عليه منذ مائة عام، وتشترك مجموعة من العوامل في التأثير على التساقط الثلجي وحجم الجليد، منها معدلات تكاثف السحب، والتساقط الثلجي، ولم تتوصل تلك الدراسات إلى أدلة تثبت انخفاض كميات السحب والتساقط الثلجي على سطح الأرض خلال تلك الفترة، مع وجود دليل ثابت بارتفاع المتوسط السنوي لدرجة حرارة الأرض وحدوث الاحترار العالمي الذي أدى بلا شك إلى ذوبان الجليد وانحساره وانخفاض عمقه بنحو 2100 متر في خمس ثلاجات عالمية. شكل رقم (2) وانحسار مساحته من نحو 8 مليون كم^2 إلى نحو 5.1 مليون كم^2. (Dessler, A., P. 24)



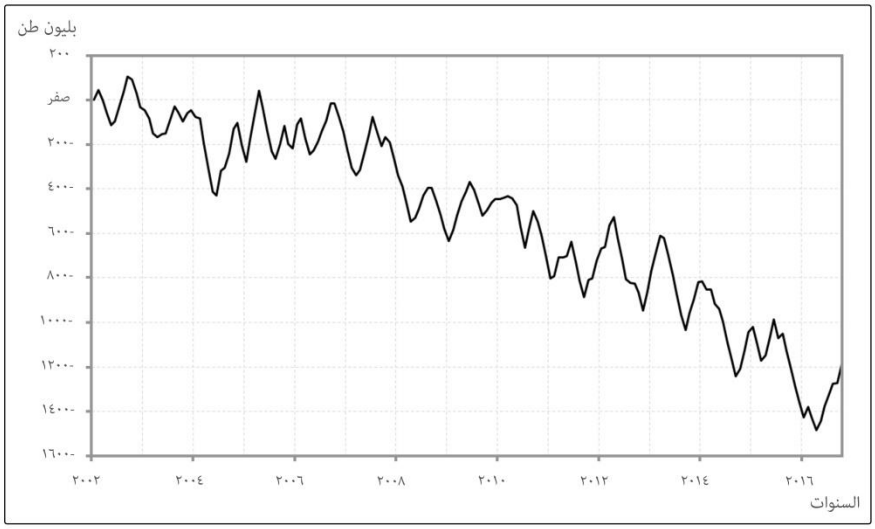
شكل رقم (2)
التغير السنوي في متوسط حجم الجليد على
سطح الأرض خلال الفترة بين عامي 1700 ، 2000 م في خمس مواقع عالمية

ويلاحظ من الشكل أن معدلات الانخفاض في حجم الجليد بالمقارنة بحجمه عام 1950، كانت منخفضة حتى عام 1900 ثم تزايدت بمعدلات أكبر خلال الفترة بين عامي 1900، 2000م، وفي دراسة عن تطور انخفاض حجم

واتساع الجليد في كل من جرينلند وأنتاركتيكا، اتضح أن ما فقده جليد جرينلند منذ عام 2000 وحتى عام 2016 يبلغ حوالي 3500 بليـون طن، وأن معدل الانخفاض يبلغ 281 بليون طن سنوياً. شكل رقم (3)، وأن ما فقده جليد أنتاركتيكا منذ عام 2000 وحتى عام 2016 حوالي 1500 بليون طن، وأن معدل الانخفاض يبلغ 118 بليون طن سنوياً. شكل رقم (4) (NASA, 2016



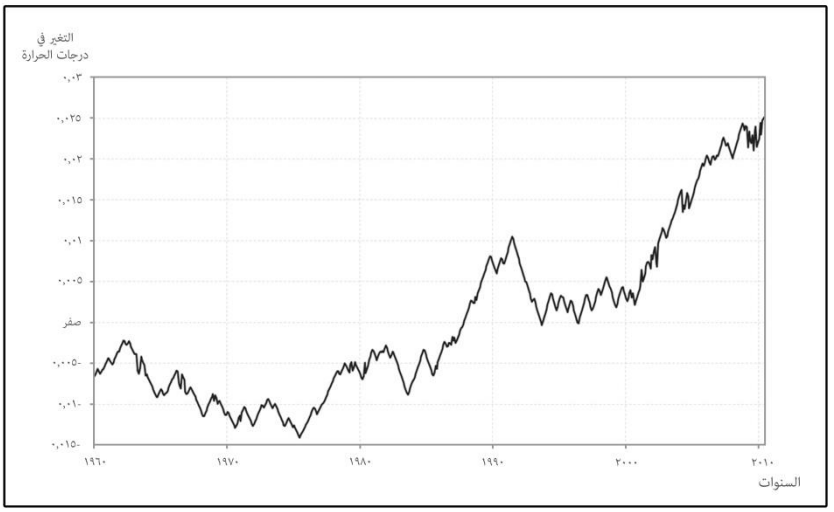
شكل رقم (3) تطور الفاقد من جليد جرينلند
خلال الفترة بين عامي 2002 ، 2016 م



شكل رقم (4) تطور الفاقد من جليد أنتاركتيكا
خلال الفترة بين عامي 2000 ، 2016 م

3 – ارتفاع درجة حرارة مياه المحيطات:

تناولت بعض الدراسات البيئية قياس درجة حرارة كتلة المياه العميقة بالمحيطات وهي التي تبعد عن السطح بنحو أربعة كيلومترات، وجاءت القياسات مؤكدة على أن درجة حرارة المياه العميقة بالمحيطات ترتفع منذ بداية القرن العشرين وحتى الوقت الحاضر بالتوافق مع الارتفاع في المتوسط السنوي لدرجة حرارة سطح الأرض ولكن بقيم أقل مما هو موجود على سطح الأرض حيث بلغ الارتفاع في متوسط درجة حرارة المياه العميقة بالمحيطات إلى نحو 0.025ºم بالمقارنة بمتوسط الفترة بين عامي 1960 – 2010ºم - شكل رقم (5).



شكل رقم (5) التغير في قيم المتوسط السنوي لدرجة حرارة المياه العميقة بالمحيطات بالمقارنة بمتوسطها خلال الفترة بين عامي 1960 ، 2010م

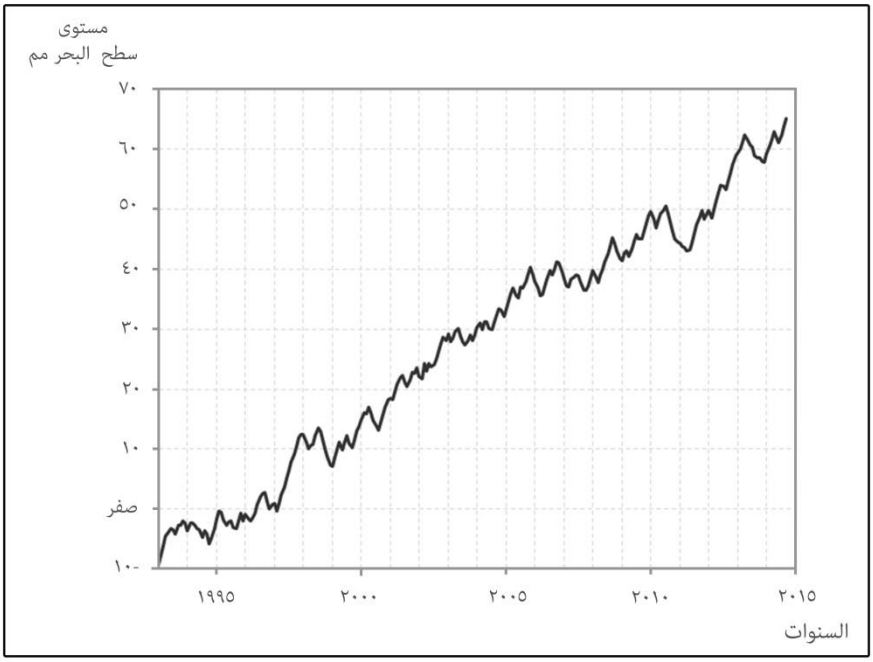
4 – الارتفاع في مستوى سطح البحر:

يعد مستوى سطح البحر أول ما يستجيب ويتأثر بالتغير في درجة حرارة الأرض فيؤدي الارتفاع المتدرج في المتوسط السنوي لدرجة حرارة سطح الأرض إلى ذوبان الجليد الأرضي وفي الحالتين تتجه المياه نحو البحار والمحيطات مما يرفع من مستواها – وهو ما سبق الإشارة إليه عند الحديث عن انخفاض حجم الجليد على سطح الأرض – كما أن ارتفاع الحرارة يؤدي إلى ما يعرف بالتمدد الحراري لمياه البحار والمحيطات مما يجعلها تتمدد ويزداد حجمها فيرتفع مستواها.

ويتضح من تتبع الشكل رقم (6) الذي يبين توزيع قيم التغير في مستوى سطح البحر خلال الفترة بين عامي 1993 ، 2015م أن مستوى سطح البحر ارتفع بنحو 19 سم بمعدل 3.6 مم / سنة بين عامي 1993، 2015م- شكل رقم (6) (Dessler, A., P. 27).

اضطراب التوازن الحراري لسطح الأرض:

مما لا شك فيه أن هناك مجموعة من الأسباب دفعت حرارة سطح الأرض والمياه العميقة للمحيطات نحو الارتفاع، وحجم ومساحة الجليد نحو الانحسار، وترتب على ذلك ارتفاع مستوى سطح البحر، وتنحصر هذه الأسباب في سببين رئيسيين الأول: تغير المركب الغازي للغلاف الجوي، والثاني: تغير الميزانية الحرارية والطاقة الواصلة إلى سطح الأرض وكلاهما محصلة عمليات ناتجة بفعل الأنشطة البشرية على سطح الأرض.



شكل رقم (6) تطور مستوى سطح البحر خلال

الفترة بين عامي 1993 ، 2015 م

أولاً : تغير المركب الغازي للغلاف الجوي:

يتكون المركب الغازي الطبيعي للغلاف الجوي في مستواه الأدنى الملامس لسطح الأرض من مجموعة من الغازات يشكل النتروجين النسبة

الأكبر منه فتبلغ نسبته نحو 78.084% من حجم الهواء، يليه غاز الأكسجين الذي يشكل نحو 20.946% من حجم الهواء، ويشكل كل من الأرجون 0.9313%، وثاني أكسيد الكربون 0.036%، وتتوزع النسبة الضئيلة جداً المتبقية من حجم الهواء (0.0027%) على غازات النيون، الهليوم، الميثان، الكريبتون، الهيدروجين، أكسيد النيتروز، الأوزون، الأجزنيون.

وتشكل العناصر الغازية المذكورة وسطاً ناقلاً للإشعاع الشمسي المتجه إلى سطح الأرض ويؤثر فيه حيث يفقد نحو 49% منه داخل الغلاف الجوي عن طريق الامتصاص، الإنعكاس، والتشتت، ويبقى ما يصل إلى سطح الأرض ويؤثر فيه نحو 51% من الإشعاع الشمسي فينبعث الإشعاع الحراري من سطح الأرض نحو الغلاف الجوي مرة أخرى فتمتص غازات ثاني أكسيد الكربون، الميثان، أكسيد النيتروز، الأوزون، بخار الماء، ما يعادل نحو 91% منها فتحتبس الحرارة بالقرب من سطح الأرض فتتسبب في دفء الأرض وحفظ حرارتها عند متوسط 15ºم.

وينتاب نسب تركيز غازات الغلاف الجوي بعض التغيير من مكان إلى آخر ومن وقت إلى آخر تبعاً للتغير الذي يمكن أن يحدث في مستويات مصادرها الأساسية، وينتج عن هذا التغيير اضطراب في الخصائص الطبيعية والكيميائية للغازات المكونة للغلاف الجوي وكذلك اضطراب العناصر البيئية المتداخلة والمرتبطة بدورة كل غاز، ومن هنا تتغير ميزانية الطاقة التي تتمثل محصلة امتصاص وانعكاس وانبعاث الطاقة الشمسية المتجهة إلى سطح الأرض فيضطرب التوازن الحراري عند سطح الأرض الأمر الذي يؤدي بدوره إلى حدوث تقلبات مناخية مفاجئة لها آثار بيئية مدمرة تشكل كوارث طبيعية تعود بالضرر على الإنسان واستقراره وأنشطته.

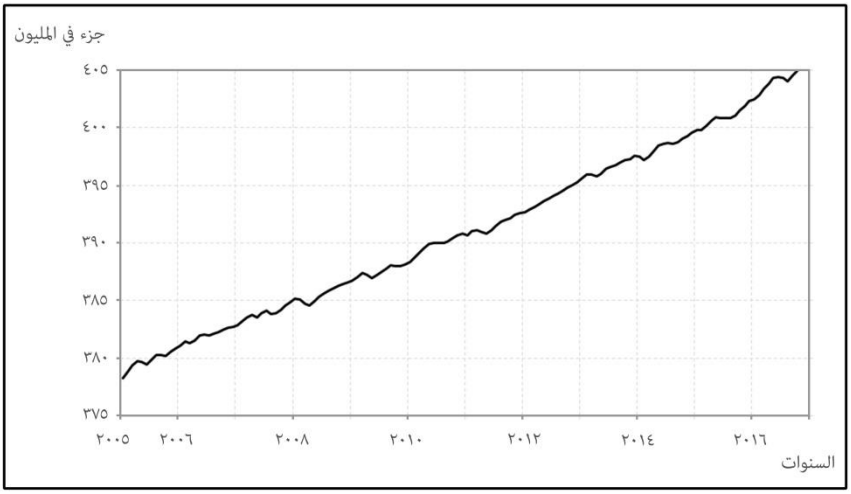
ويضاف إلى الغلاف الجوي غازات ولوافظ ناتجة من الثورانات البركانية, حرائق الغابات، التحلل العضوي للكائنات الحية، التعرية الهوائية والمائية، ومن لوافظ المصانع ومحركات القوى، عمليات الاحتراق، ومن استهلاك الطاقة في المباني والمنشآت، ومن مراكز تجميع النفايات بأنواعها، ومياه الصرف الصحي والصناعي والزراعي، ومن جميع المركبات سواء السيارات والسفن والطائرات والقطارات وغيرها، وتعد المصادر البشرية للغازات في الوقت الحاضر هي أكثر المصادر خطورة على النظام البيئي، وقد دلت القياسات المتعددة لغازات الغلاف الجوي على وجود تزايد هائل في نسب مجموعة كبيرة من غازات الغلاف الجوي تختلط به وتتفاعل مع مكوناته فتتولد مركبات غازية أخرى، وقد تمثل هذه الغازات ضرراً مباشراً على الإنسان حين يستنشقها أو تترسب على جسمه ومبانيه ومزروعاته ومنتجاته الغذائية، أو ضرراً غير

مباشر حين تؤثر على التوازن الحراري لسطح الأرض واضطراب العمليات الفيزيائية والكيميائية للغلاف الجوي. ونستعرض فيما يلي أهم صور التغير في المركب الغازي للغلاف الجوي لسطح الأرض.

1 – ارتفاع نسبة غاز ثاني أكسيد الكربون Co_2 في الغلاف الجوي:

دلت الدراسات البيئية على أن تركيز ثاني أكسيد الكربون في الهواء في ارتفاع مستمر وأن نسبته زادت بمقدار 126 جزء في المليون خلال الفترة بين عامي 1850 حين كانت تبلغ 280 جزء في المليون، زادت إلى 295 جزء في المليون عام 1900، وإلى نحو 315 جزء في المليون عام 1958 وإلى نحو 360 جزء في المليون عام 1997م (شرف، ص 91)، وإلى نحو 406 جزء في المليون عام 2017م – شكل رقم (7). وتعادل الزيادة في نسبة ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي (126 جزء في المليون) نحو 45% من نسبته عام 1958، وأن نحو 36,5% من مقدار هذه الزيادة (ما يزيد عن ثلث قيمتها) حدثت في العشرين سنة الأخيرة.

ويتضح من ذلك أن معدل الزيادة السنوية في نسبة تركيز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي تزايدت إلى أكثر من 0,28 جزء في المليون خلال الفترة بين عامي 1850، 1900، إلى نحو 0.34 جزء في المليون خلال الفترة بين عامي 1900، 1958م، إلى نحو 1.15 جزء في المليون خلال الفترة بين عامي 1958،1997م، إلى 2.3 جزء في المليون خلال الفترة بين عامي 1997، 2017م. (Dessler, P. 78)

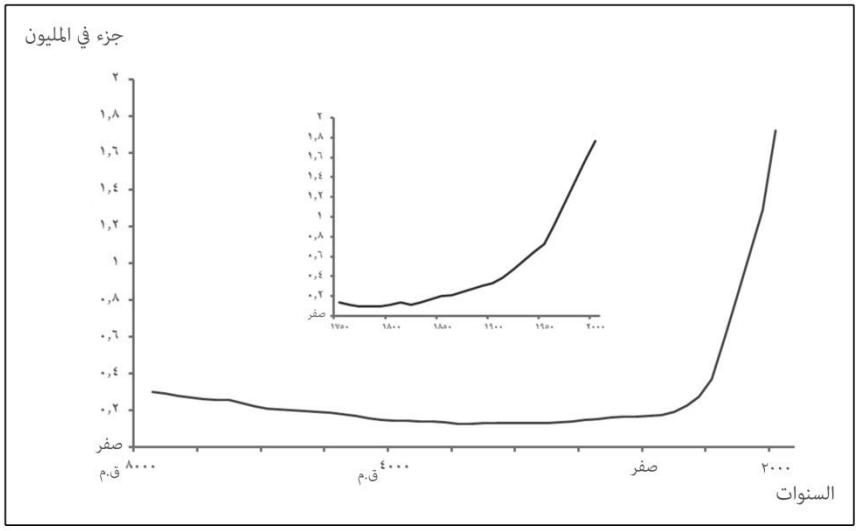


شكل رقم (7) تطور نسبة تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون

2 – ارتفاع نسبة تركيز غاز الميثان CH_4:

يعد الميثان أكثر الهيدروكربونات توفراً في الغلاف الجوي، وهو ينتج بشكل طبيعي عن تحلل المخلفات النباتية لاهوائياً في البرك والمستنقعات والبحيرات والمناطق الرطبة، وينتج بفعل تحلل النفايات البشرية من عمليات تحلل المواد العضوية في مياه الصرف الصحي ونفايات المدن، والتحلل النباتي في مزارع الأرز، كما يتسرب من مناجم الفحم وخطوط الغاز الطبيعي وآبار البترول.

ووفقاً لتقديرات الهيئات الدولية للمناخ ارتفع تركيز غاز الميثان في الغلاف الجوي من حوالي 800 جزء في البليون عام 1850 إلى نحو 1000 جزء في البليون عام 1900، (بمعدل سنوي بلغ 4 جزء في البليون)، ثم إلى نحو 1250 جزء في البليون عام 1956 (بمعدل سنوي بلغ نحو 4.5 جزء في البليون، وإلى نحو 1834 جزء في البليون عام 2015 (بمعدل سنوي بلغ نحو 10 جزء في البليون)، وهو ما يعني أن نسبة تركيز غاز الميثان في زيادة مستمرة حيث زادت بنحو 229% خلال 165 عاماً. وأن معدلات الزيادة السنوية في نسب تركيز غاز الميثان في تزايد مستمر حيث ارتفعت إلى نحو 18 جزء في البليون عام 2015 بعد أن كانت 4 جزء في البليون عام 1800. شكل رقم (8) (Dessler, P. 86)



شكل رقم (8) تطور التغير السنوي في متوسط تركيز غاز

3 – ارتفاع نسبة تركيز أكاسيد النيتروجين N_sO:

تنتج أكاسيد النيتروجين عن سلسلة التفاعلات الطبيعية التي تحدث في الغلاف الجوي من خلال الدورة الطبيعية للنيتروجين بفعل البكتريا في التربة وأكسدة المواد العضوية، كما يساعد حدوث البرق على اتحاد النيتروجين والأكسجين في الغلاف الجوي وإنتاج أكاسيد النيتروجين، فتنبعث أكاسيد النيتروجين من مصادر بشرية متعددة فهو ينبعث من احتراق الوقود الأحفوري ومن محركات السيارات واحتراق النفايات العضوية، ومن صناعات الزيوت والبلاستيك والكاوتشوك والنحاس والجلود.

ولا توجد قياسات مبكرة لنسب تركيز أكاسيد النيتروجين في الهواء، فبالنسبة لأول أكسيد النيتروجين NO، فقد تراوحت نسبته بين 298 جزء في البليون عام 1976، 305 جزء في البليون عام 1995، 328 جزء في البليون عام 2017 بمعدل زيادة سنوي بلغ نحو 0.75 جزء في البليون. أما بالنسبة لثاني أكسيد النيتروجين No_2 فقد تراوحت نسبته بين 270 جزء في البليون عام 1980، 328 جزء في البليون عام 2015، إلى نحو 406 جزء في البليون عام 2017 بمعدل زيادة سنوي يبلغ نحو 3.7 جزء في البليون. (American Meterological Society, P. 546)

4 – ارتفاع نسبة تركيز غاز الأوزون التروبوسفيري:

يوجد نحو 10% من كمية الأوزون الموجود بالغلاف الجوي في الهواء المحيط بسطح الأرض بطبقة التروبوسفير الأسفل بشكل طبيعي ناتج عن تفاعل كل من الأكسجين وأكاسيد النيتروجين وغاز الميثان مجتمعة في وجود الأشعة الشمسية. وتتراوح نسبة تركيز غاز الأوزون في الهواء بين 25 جزء في البليون عام 1900، 50 جزء في البليون عام 1995 (ضعف نسبته عام 1900م)، 75 جزء في البليون عام 2015 (ثلاثة أمثال نسبته عام 1900).

5 – ارتفاع نسب تركيز الهالوجينات CFCs:

وهي غازات صناعية مثل الكلوروفلوروكربون CFCs ، والهيدروكلور وفلوروكربون HCFCs ، والهيدروفلوروكربون HFCs . وتستخدم مركبات الكلوروفلوركربون CFC-12 في صناعة المبردات وأجهزة التكييف، ومركبات CFC-11 وكمادة دافعة في علب الرش وفي صناعة الرغويات والفوم، ومركبات CFC-13 في صناعة الدوائر الكهربائية الإلكترونية.

وتزايدت نسب تركيز مركبات الكلوروفلوروكربون CFC-11 بين 0.22 جزء في البليون عام 1985 إلى نحو 0.232 جزء في البليون عام 2015،

وتزايدت نسب تركيز مركبات الكلوروفلوروكربون CFC-12 بين 0.38 جزء في البليون عام 1985 إلى نحو 0.516 جزء في البليون عام 2015.. (American Meteorological Socity, pp. s46- s47)

ثانياً : تغير الميزانية الحرارية والطاقة:

يؤدي تغير المركب الغازي للهواء إلى تغير عمليات إمتصاص وتشتت وانعكاس الطاقة الشمسية داخل الغلاف الجوي وهي في طريقها إلى سطح الأرض فتتغير ميزانية الطاقة الواصلة إلى الأرض، فيستقبلها سطح الأرض بألوانه المتباينة وتركيبه المتباين ونسيجه المتباين. فيمتص ويشتت ويعكس ما يصله من طاقة بنسب متباينة يتحدد على أساسها صافي ميزانية الطاقة التي يكتسبها سطح الأرض ويتشكل على أساسها ملامح الخصائص المناخية لسطح الأرض، ويؤدي تغير ألوان سطح الأرض وتركيبه ونسيجه بفعل الأنشطة البشرية إلى تغير ميزانية الطاقة باستمرار مما يتسبب في تغير الميزانية الحرارية وما يتبعها من تغير في وزن الهواء وشدة واتجاه حركته وتغير الميزانية المائية بين التبخر والتكاثف والتساقط وتتغير ملامح الخصائص المناخية لسطح الأرض مما يؤدي إلى حدوث تقلبات مناخية عنيفة تجلب الخطر والضرر على الإنسان والبيئة.

ويتسبب تغير كل من صور الغطاء الأرضي Land Cover وصور استخدام الأرض Land Use، في تغير ألوان وتركيب ونسيج سطح الأرض وبالتالي تغير الميزانية الحرارية والطاقة، ويحدث ذلك بفعل الإنسان حين يُعدل استخدامه للأرض لزيادة إشباع رغباته، أو بسبب الحروب والنزاعات، أو بفعل الكوارث الطبيعية مثل الفيضانات، تعرية التربة، وحرائق الغابات، أو بسبب علاقات مشتركة بين الإنسان وبيئته الطبيعية مثل التصحر على سبيل المثال لا الحصر. وهو ما سوف نلقي الضوء عليه في العرض التالي.

1 – تعديل استخدام الأرض:

تسبب الضغط السكاني على الموارد وزيادة النمو الحضري في زيادة محيط البحث عن موارد جديدة وزيادة نطاق استغلال الموارد المتاحة لسد إحتياجات السكان من الغذاء والسكن والملبس بالإضافة إلى توفير خدماته من الصحة والتعليم والتجارة والنقل والمواصلات، وإشباع رغباته الترفيهية وغيرها من احتياجات الحياة.

ولجأ الإنسان إلى تجفيف البحيرات، استصلاح الصحاري وإزالة الغطاء النباتي الطبيعي لزيادة الرقعة الزراعية وزيادة الإنتاج الزراعي وتوفير المواد الخام للصناعة، ولجأ إلى إنشاء المزارع السمكية العذبة فوق الأراضي

الزراعية بهدف زيادة الموارد السمكية، وزحف العمران الحضري فوق الأراضي الزراعية والهوامش الصحراوية وعلى حساب تجفيف البرك والمستنقعات والبحيرات والسهول الساحلية ومساحات من الخلجان والبحار بغرض توفير المساكن والمنتجعات السياحية، وأقام المصانع والمخازن محل المساحات الفضاء وعلى حساب الأراضي الزراعية وفي الهوامش الصحراوية وأزال مساحات هائلة من الغابات وبخاصة المدارية ليحل محلها زراعة المحاصيل والمراعي ومصانع الأخشاب والمعسكرات الحربية مما أسهم في فناء الحياة البرية ذات التنوع الحيوي الكبير واستئصال رئة الأرض التي تمتص ثاني أكسيد الكربون من خلال عملية التمثيل الضوئي وتبعث بالأكسجين إكسير الحياة للكائنات الحية.

وكان من محصلة تعديل وتغيير صور استغلال الأرض على نطاقات واسعة من سطح الأرض أن تعدلت وتغيرت ألوان وتركيب ونسيج السطح وتغيرت معه ميزانية الطاقة الحرارية وتغيرت معه الدورات الطبيعية على سطح الأرض وفي الغلاف الجوي مثل الدورة المائية، الدورة الهوائية، ودورات الغازات المكونة للغلاف الجوي.

2 – إزالة الغابات:

تزاول أنشطة إزالة الغابات منذ قرن تقريباً في الغابة الاستوائية والمدارية بحوض الأمازون ووسط أفريقيا وجنوب وجنوب شرق آسيا بغرض صناعة الأخشاب وصناعة القاطرات والسفن، واستخدامها في عمليات الاحتراق الصناعي، وكذلك بغرض التوسع في إنشاء المراعي والتوسع الزراعي لإنتاج الحبوب الغذائية.

ويتسبب إزالة الغابات في تغير نسب الألبيدو (نسبة إنعكاس الإشباع الشمسي)، وانطلاق غاز ثاني أكسيد الكربون الذي كان مختزناً في أشجارها، وتوقف إمتصاصها لثاني أكسيد الكربون الذي كانت تستخدمه في بناء هيكلها النباتي، وهجرة أو إبادة الحيوانات التي كانت تعيش عليها، ونقص الأنواع النباتية والحيوانية، وإنخفاض حماية التربة وتعرضها للتعرية الهوائية والتجرد والتصحر.

على سبيل المثال أزيلت مساحة من غابات الأمازون تبلغ نحو 31.8 مليون هكتار في الفترة بين عامي 1975، 1992م وهذه المساحة مسئولة عن انبعاث 336 مليون طن سنوياً من غاز ثاني أكسيد الكربون (Moran, 1993)، وفي غرب أفريقيا وبساحل العاج تحديداً يتم إزالة مساحة تتراوح بين 2800، 3500 كم2 سنوياً من الغابة المدارية وهو أعلى معدل إزالة غابات في العالم (Middleton, PP. 51 – 52)

3 – الحروب والنزاعات:

تنشأ العديد من الحروب والنزاعات الدولية بسبب الاستيلاء على الموارد الطبيعية، وتتسبب الحروب في الضغط على الموارد بغرض توفير كميات كبيرة من العتاد والمؤن لتفي باحتياجات الجيوش ولتخزينها إحتياطياً لتفي احتياجات السكان وقت الحرب، وفي حرب فيتنام (1955 – 1975) دُمرت نصف غابات المانجروف ونحو 22000 كم2 من الأراضي الزراعية، ونحو 1170 كم2 من الغابات الداخلية، وفي الغزو السوفيتي لأفغانستان (1979 – 1991) أزيلت الحقول الزراعية وانخفضت مساحة الغطاء النباتي بنحو 31% في عشر سنوات، وفي حرب الخليج الثانية 1991م اشتعلت الحرائق في 613 بئر بترول واحترق نحو 2.5 مليون برميل من الزيت الخام يومياً، ونحو 35 مليون متر مكعب من الغاز الطبيعي يومياً، وأدى ذلك إلى انطلاق نحو 20 ألف طن من ثاني أكسيد الكبريت، 1500 طن من الجسيمات العالقة، ونحو 250 طن من أول أكسيد الكربون، ونحو 500 طن من أكاسيد النيتروجين يومياً إلى الهواء خلال الفترة بين شهري فبراير، مارس 1991 (إدارة موارد المياه والبيئة – 1992).

4 – تعرية التربة:

وهي ظاهرة طبيعية تسود معظم النطاقات الرسوبية وتحدث بفعل عوامل التعرية الهوائية والمائية التي تنقل القطاع السطحي لها وهي تتباين تبعاً لتباين قوة الرياح أو شدة الجريان المائي، وشدة انحدار سطح الأرض ومدى تأثير النشاط البشري والرعوي في تفكك التربة وتعرضها للتعرية، وتبلغ مساحة الأراضي التي تعرضت لتعرية التربة على مستوى العالم بنحو 1642 مليون هكتار عام 1991م. (Park, 1991, PP. 21 – 25)

5 – حرائق الغابات:

يتسبب الطقس الجاف الحار شديد الرياح في إشعال ذاتي للنيران في الغابات، كما تتسبب عواصف البرق والرعد حين تصل صاعقة البرق إلى سطح الأرض في إشعال الحرائق بالغابات، كما يتسبب حرق النفايات وإشعال النار بغرض التدفئة في المخيمات المجاورة للغابات إلى اشتعال الحرائق في الغابات.

وتتسبب حرائق الغابات في مجموعة من الأضرار البيئية فضلاً عن إزالتها للغطاء النباتي وفنائه في انبعاث الملوثات الهوائية متمثلة في أكاسيد النيتروجين وثاني أكسيد الكربون وأول أكسيد الكربون وانتشار الدخان والرماد وذرات الكربون في الهواء.

6 – الفيضـانات:

وهي واحدة من أكثر الكوارث الطبيعية شيوعاً في العالم، وهي إما فيضانات تسببها السيول أثناء مرور الأعاصير الجوية، أو فيضانات تسببها المجاري النهرية عندما تفيض بسبب غزارة مياه الأمطار عند المنابع أو بسبب ذوبان الجليد وجريان المياه نحو أحواض الأنهار، وفي الحالتين تسبب الفيضانات فيجرف التربة وغرق المحاصيل الزراعية والمراعي وجرف المباني والمنشآت والمخازن والحظائر والقوارب وتدمير أشكال استغلال الأرض.

7 – التصحـر:

يؤدي تلف الأراضي الزراعية وتدهورها وانخفاض قدرتها الإنتاجية إلى تحولها إلى أراضي جرداء تالفة توصف بأنها متصحرة، كما يؤدي سفي الرمال وزحف الكثبان الرملية، وما ترسبه الرياح من رمال على الأراضي الزراعية وبخاصة القريبة من الهوامش الصحراوية إلى تغير لون وتركيب ونسيج التربة وضعف قدرتها على الاحتفاظ بالماء وارتفاع نسبة الأملاح وانخفاض المادة العضوية بها وبالتالي انخفاض قدرتها الإنتاجية وتصحرها. وتفيد الدراسات البيئية بأن نحو 3.5 مليون هكتار تأثرت بالتصحر على مستوى العالم خلال الفترة بين عامي 1977، 1995 (Norton, 1995, PP. 86 – 88)، وأن نحو ثلث مساحة الأقاليم الجافة وشبه الجافة وشبه الرطبة الجافة مهددة بالتصحر. (Middleton, 2003, P. 69)

المشكلات البيئية المناخية المعاصرة:

نتج عن التغير في المركب الغازي للغلاف الجوي وتغير الميزانية الحرارية والطاقة مجموعة من الآثار المناخية غير الطبيعية أصابت الحياة على سطح الأرض بالضرر وشكلت خطراً عليها وتنبئ في حالة تفاقمها بأخطار بيئية يصعب التغلب عليها والتقليل من مستوى خطورتها، وأصبحت تمثل مشكلات بيئية تحتاج إلى حلول عالمية لمواجهتها والتقليل من مستواها، ونستعرض فيما يلي أهم تلك المشكلات:

1 – الاحترار العالمي Global Warming:

تُحتبس حرارة الأرض في الغلاف الجوي في ظاهرة طبيعية تنظم الإشعاع الشمسي والأرضي تسمي "الاحتباس الحراري" وتتسبب في دفء الأرض وحفظ حرارتها وهي تشبه تماماً ما يحدث داخل البيوت المحمية الزراعية Greenhouse التي يسمح فيها الزجاج أو البلاستيك المغلف لها بمرور الأشعة الشمسية ذات الموجات القصيرة ولا يسمح بتسرب الأشعة

الحرارية المرتدة ذات الموجات الطويلة نحو الفضاء فتظل حبيسة مسببة ارتفاعاً في درجة الحرارة. وتعتمد عملية الاحتباس الحراري على خمسة غازات رئيسية تدخل في مكونات الغلاف الجوي وهي ثاني أكسيد الكربون، الميثان، أكسيد النيتروز، الأوزون، بخار الماء، ونتيجة لارتفاع نسب تركيز هذه الغازات في الغلاف الجوي منذ الثورة الصناعية عام 1850 م زادت فعالية الاحتباس الحراري وارتفع المتوسط السنوي لدرجة حرارة سطح الأرض تدريجياً بمرور الزمن فزاد بمعدل بلغ 0.4 °م كل عشر سنوات، وهو ما أصبح يعرف بالاحترار العالمي الذي يعد أخطر مشكلة بيئية تواجه الأرض، وتتمثل خطورة الاحترار العالمي في تسببه في ذوبان الجليد الدائم فوق قمم الجبال وانحسار جليد القارة الجنوبية (أنتاركتيكا) والمحيط المتجمد الشمالي، وبالتالي ارتفاع مستوى سطح البحر وتعرض بعض المدن الساحلية وأراضي الدلتوات المنخفضة ومعظم الجزر لخطر الغرق وتآكل الشواطئ، بالإضافة إلى تزحزح النطاقات الزراعية والغابية واختلاف موسم النمو الزراعي لها مما يؤدي إلى زيادة الانفاق وتعديل خطط التنمية.

2 – تلوث الهواء Air Pollution:

تنامي تركيز معظم غازات الغلاف الجوي من مصادر بشرية، وما تخلفه حرائق الغابات من غازات ورماد، بسبب ما تلفظه المصانع ومحركات القوى والسيارات والطائرات والسفن من غازات، وجراء عمليات استهلاك الطاقة لأغراض الطهي والتدفئة والتبريد، وما يلفظه الإنسان من غازات جراء تدخين التبغ أو الذي يتسبب في انبعاثه جراء حرقه للمخلفات والنفايات، بالإضافة إلى المواد العالقة والمركبات العضوية المتطايرة وما تلفظه البراكين من أبخرة وأتربة ورماد وما تحمله الرياح من أتربة وحبوب لقاح، فكانت المحصلة تلف الهواء وتلوثه.

وللتلوث الهوائي آثار بيئية متعددة تعود بالسلب على صحة الكائنات الحية من جهة وإنهيار القيمة الاقتصادية للموارد على سطح الأرض من جهة، كما يؤدي إلى تآكل المواد المعدنية والصخرية في المباني والمنشآت والتماثيل وتشقق الخامات المطاطية، ويتسبب أيضاً في الأمطار الحمضية التي تستقر في الأنهار والبحيرات مما يتسبب في موت الكائنات البحرية، ويتسبب أيضاً في ظهور الضباب الدخاني فوق المدن فيحجب الرؤية ويؤدي لصعوبة التنفس وتهيج أنسجة العين والتهاب الأنف والحنجرة والرئتين.

3 – مشكلة الأمطار الحمضية Acid Rain:

وهي اتحاد كيميائي بين جزئيات الماء الموجودة بالهواء مع جزئيات بعض الغازات الموجودة بالهواء أو المترسبة فوق سطح الارض مكونة مركبات حمضية تتفاعل بدورها مع عناصر سطح الأرض من الأساس الصخري، التربة الزراعية، المحاصيل الزراعية، النبات الطبيعي، المباني والمنشآت، وداخل المسطحات المائية من البحيرات والأنهار مما يتسبب في تحمض هذه العناصر مسببة أضرار بيئية كثيرة مثل موت الأسماك والبلانكتون (النبات والحيوان الطافي) الذي تتغذى عليه داخل البحيرات العذبة وإلى إذابة الصخور الرسوبية، وإلى حموضة التربة، وإلى تآكل المباني الحجرية والواجهات والنقوش المعدنية بالمباني والمنشآت، وإلى إصابة الإنسان والحيوان بأمراض الجهاز التنفسي ومشكلات صحية أخرى قد تسبب الوفاة.

4 – ترقق (انخفاض سمك) طبقة الأوزون O_3:

يشكل غاز الأوزون نحو 0.5 جزء في المليون من الغلاف الجوي، ويتباين تركزه في جميع مستويات الغلاف الجوي، ويبلغ أقصى تركيز له (نحو 90% من حجمه في الغلاف الجوي) في مستوى يتراوح ارتفاعه بين 25، 30 كيلومتراً فوق مستوى سطح البحر داخل طبقة الاستراتوسفير. وقد اكتشفت بعض الدراسات في عام 1985 إنحسار طبقة الأوزون فوق القارة الجنوبية (أنتاركتيكا) وهو ماسمي آن ذاك بثقب الأوزون، حيث أثبتت الدراسات أن هذا الثقب محصلة تحلل وتفكك جزيئات الأوزون واتحاد ذراته مع مركبات غازية أخرى تنبعث من سطح الأرض يأتي في مقدمتها مركبات الكربون الفلوروكلورية)، ومركبات الكربون الكلوروكلورية (CFCs)، وهي غازات صناعية تستخدم في أجهزة التبريد، وكمادة دافعة في علب الرش، وفي صناعة الرغويات، وتنظيف الدوائر الكهربائية.

وتشكل أكاسيد النيتروجين المنبعثة من عمليات التحلل الحيواني والنباتي وعمليات احتراق الوقود الأحفوري وعمليات حرق المخلفات النباتية ومن عوادم الطائرات النفاثة تشكل ثاني أكثر الغازات خطورة على طبقة الأوزون الأستراتوسفيرية حيث تتحد مع ذرات الأوكسجين الناتجة من تفكك جزيئات الأوزون مكونة أكاسيد النيتروجين.

ويعد غاز البروم (Br) المنبعث من الحرائق ومن بعض مركبات الهالونات التي تنبعث من رغويات عبوات إطفاء الحريق من أكثر الغازات خطورة على طبقة الأوزون الأستراتوسفيرية حيث تتحد مع ذرات الأوكسجين الناتجة بفعل تفكك جزيئات الأوزون مكونة أول أكسيد البروم.

وتشكل طبقة الأوزون مرشح طبيعي يسمح بمرور 3% من إجمالي كمية الأشعة فوق البنفسجية المتجهة من الشمس نحو الأرض وهي النسبة الآمنة

لحياة الكائنات الحية ويتسبب ترقق طبقة الأوزون إلى زيادة نسبة الأشعة فوق البنفسجية المتدفقة نحو سطح الأرض مما يتسبب في إصابة الكائنات الحية بأمراض سرطانية خطيرة تصيب الجلد والعين وتؤدي إلى انخفاض معدل النمو النباتي على اليابس وفي البحار والمحيطات.

الجهود العالمية لمواجهة المشكلات المناخية:

أدركت دول العالم مدى خطورة إنبعاث الغازات من مصادر بشرية وتغير المركب الغازي الطبيعي لسطح الأرض وما يتبعه من تغير ميزانية الطاقة الواصلة إلى سطح الأرض وما نتج عنه من آثار بينية ضارة، وقد أثمرت الجهود الدولية لتقليل انبعاث الغازات الملوثة للهواء والمسببة للأمطار الحمضية، والغازات المسببة للاحتباس الحراري، والغازات المسببة لترقق طبقة الأوزون، إلى إبرام مجموعة من الاتفاقيات الدولية حيال ذلك نستعرضها فيما يلي:

1 – إتفاقية "المفوضية الأوروبية الاقتصادية" عام 1979 بشأن التقليل من التلوث الهوائي المسبب للأمطار الحمضية.

2 – إتفاقية نادي "الثلاثين بالمائة (30% Club)" عام 1985 لتخفيض الانبعاث من غاز ثاني أكسيد الكبريت.

3 – إتفاقية "أوسلو" عام 1994 لتخفيض الانبعاث من غاز ثاني أكسيد الكبريت.

4 – معاهدة "فيينا" عام 1985 لحماية طبقة الأوزون.

5 – إتفاقية "مونتريال" عام 1987 لحماية طبقة الأوزون وتجميد المعدل السنوي لاستخدام مركبات الكلوروفلوروكربون بحلول عام 1990، وتخفيض إنتاج هذه المركبات بنسبة 50% بحلول عام 2000، وتجميد معدل الإنتاج السنوي للهالونات بحلول عام 1993. وتم تعديل هذه الاتفاقية في "لندن" عام 1990 بحيث يتوقف استخدام غاز الكلوروفلوروكربون بحلول عام 2000 ويتوقف استخدام الهالونات بحلول عام 2010.

6 – إتفاقية "تغير المناخ" التي تتناول أثر مشكلة الاحتباس الحراري وتغير المناخ وقد بدأ التفكير فيها عام 1979 خلال أول مؤتمر دولي حول المناخ تحت رعاية المنظمة العالمية للأرصاد الجوية عام 1979، ثم المؤتمر الدولي الثاني حول المناخ عام 1990 الذي نتج عنه معاهدة لتوقيع إطار للمفاوضات حول المناخ، ثم كانت البداية الحقيقية في مؤتمر قمة الأرض في "ريودي جانيرو" عام 1992 التي تعد اتفاقية تغير المناخ إحدى أهم

نتائجه للحد من انبعاث غاز ثاني أكسيد الكربون وغازات الاحتباس الحراري، على الرغم من رفض الولايات المتحدة التوقيع عليها، كما طالبت المجموعة الأوروبية بفرض ضريبة الكربون على صادرات البترول تتراوح قيمتها بين 3 ، 10 دولارات عن كل برميل وقد اعترضت الدول العربية المنتجة للبترول على فرض هذه الضريبة.

وقد استمرت المناقشات حول اتفاقية تغير المناخ بشكل دوري عن طريق عقد مؤتمر سنوي لجميع أطراف الاتفاقية من دول العالم لتقييم التقدم الذي يمكن احرازه في التعامل مع تغير المناخ سمي "مؤتمر الأطراف" Conference of the Parties (COP) وبلغ عدد المؤتمرات الدولية التي انعقدت لصياغة اتفاقية تغير المناخ 23 مؤتمراً حتى الآن بدأت في "برلين" بألمانيا عام 1995(Cop 1) وانعقد آخرها في "كاتوفيتش" في بولندا عام 2018 (Cop 24).

7 – لعل أبرز نتائج اتفاقية تغير المناخ ما سمي "بروتوكول كيوتو" الذي وضعت لبناته الأولى في مدينة كيوتو اليابانية عام 1997(Cop 3) ثم احتفلت دول العالم بالتصديق عليه في المدينة نفسها عام 2005 (Cop 11) وهو يقضي بأن تلتزم الدول الصناعية الكبرى بخفض انبعاث الغازات المسببة للاحتباس الحراري بنسبة 5.2% عن مستواها الذي كانت عليه عام 1990، على أن يتم هذا الخفض بدءاً من عام 2008 وحتى عام 2010، على أن تلتزم الدول الصناعية الكبرى بنقل التكنولوجيا إلى الدول النامية بفترة سميت بالمرحلة الأولى تنتهي في عام 2012، ويشترط لسريان هذا البروتوكول أن يصدق عليه ما لا يقل عن 55% من عدد الدول التي أبدت استعدادها للتوقيع عليه وكان عددها 157 دولة، وقد صادقت 141 دولة بينها 34 دولة صناعية كبرى من بينها جميع دول الاتحاد الأوروبي واليابان بالإضافة إلى الصين والهند ومصر على بروتوكول كيوتو ورفضت الولايات المتحدة الأمريكية التصديق عليه وانسحبت منه.

8 – أخذت اتفاقية المناخ منحى آخر بدءاً من مؤتمر كوبنهاجن 2009 (Cop 15) حيث تم إبرام اتفاق جديد لحماية البيئة من مخاطر التغيرات المناخية وتخفيض انبعاث الغازات المسببة للاحتباس الحراري وينص هذا الاتفاق على "اعتبار زيادة المتوسط السنوي لدرجة حرارة الأرض بنحو درجتين مئويتين هو الحد الذي تبدأ عنده التغيرات المناخية وعلى دول العالم البدء في إجراءات تمنع الوصول إلى هذا الحد الحراري". وتجري المناقشات من خلال المؤتمرات السنوية التي تلت مؤتمر

كوبنهاجن حتى الوقت الحاضر في كيفية تحقيق ذلك وقد طرحت أفكار متعددة منها تخصيص ميزانيات توجه للدول الفقيرة لمساعدتها في مواجهة مخاطر المناخ ثم تطورت فكرة المساعدات إلى إنشاء صندوق يُعرف "بالصندوق الأخضر" يهدف إلى تعزيز مشروعات التكنولوجيا النظيفة بالدول النامية ومشروعات تجميع غاز ثاني أكسيد الكربون وبخاصة في الدول المنتجة للبترول.

9 – توالت المناقشات للبحث عن سبل التقليل من انبعاث الغازات المسببة للاحتباس الحراري وتمويل الصندوق الأخضر وتفعيل دوره خلال مؤتمر كانكون 2010 (Cop 16) ومروراً بمؤتمر ديربان 2011، (Cop 17) حتى مؤتمر الدوحة 2012 الذي أعاد مناقشة اتفاقية كيوتو ووضع تعديلات عليها لإضافة فترة إلتزام ثانية على دول العالم تبدأ من 2012 وتنتهي عام 2020، وأثيرت للمرة الأولى خطط التكيف السكاني مع آثار التغيرات المناخية، ثم مؤتمر وارسو 2013(Cop 19) الذي دعي إلى حصر الخسائر والأضرار الناتجة عن التغيرات المناخية، ثم مؤتمر ليما 2014(Cop 20) الذي جمع تعهدات الدول المتقدمة حيال الدول النامية بشأن الصندوق الأخضر.

10 – قدم مؤتمر باريس 2015 (Cop 21) منحي جديد لاتفاقية تغير المناخ حيث صادقت جميع الأطراف (بما فيها الولايات المتحدة الأمريكية) على النص التفاوضي للاتفاقية لتحقيق خمسة عناصر هامة هي تخفيض الانبعاثات من غازات الاحتباس الحراري عند مستوى يمنع الوصول إلى زيادة المتوسط السنوي لدرجة حرارة الأرض إلى أكثر من 2 درجة مئوية والأفضل ألا يزيد عن 1.5 درجة مئوية، تعزيز إجراءات التكيف مع التغيرات المناخية من خلال دفع الدول المتقدمة نحو تقديم الدعم المالي والتقني لذلك حتى عام 2025، التقليل من الانبعاث والتكيف مع التغير المناخي وفق قدرة كل دولة إتاحة المرونة للدول النامية في سياسات التقليل من الانبعاث والتكيف مع التغير المناخي وفقاً لقدرة كل دولة، إنشاء مركز تبادل المعلومات حول مخاطر التغير المناخي لتحديد التمويل اللازم لها، ولإدارة إزالة الغابات، تقوم الدول المتقدمة بتعبئة 100 مليار دولار أمريكي بحلول عام 2020 لتمويل مشروعات التقليل من الانبعاث والتكيف مع تغير المناخ.

11 – خصص مؤتمر "مراكش" 2016 (Cop 22) لمناقشة نتائج مؤتمر باريس وطرق تنفيذها خلال الفترة بين عامي 2017، 2020 ورسم خارطة الطريق حتى عام 2050 من خلال سياسات التمويل وتسريع

التحول إلى أنظمة الطاقة النظيفة. واستمرت تلك الخطى أيضاً خلال مؤتمر "بون" 2017 (Cop 23) للتفاوض حول نتائج مؤتمر باريس للوصول إلى أهدافه قبل حلول عام 2020، وإعداد تقرير تفصيلي لتطبيق اتفاقية باريس يتم مناقشته في مؤتمر "كاتوفيتشي" ببولنده المزمع عقده في الفترة من 4 – 12 ديسمبر 2018.وقد أعلنت الولايات المتحدة الأمريكية في يونيو 2017 إنسحابها من إتفاقية باريس.

جهود الدولة لمواجهة المشكلات المناخية:

تتوافق جهود دول العالم ومنها مصر مع نتائج "مؤتمر الأطراف" لتغير المناخ في إتباع سياسات من شأنها التقليل من انبعاث غازات الاحتباس الحراري والتكيف مع التغيرات المناخية، والتحول نحو التكنولوجيا النظيفة وذلك على النحو التالي:

1 – التكيف مع التغيرات المناخية بتعديل التركيب المحصولي وإتباع طرق ري غير تقليدية والتوسع في الزراعة المحمية، وزيادة المساحات الخضراء داخل المدن، والتوسع في الأبنية والمنشآت الخضراء، والتوسع في إنتاج المرشحات الهوائية بالمصانع والورش.

2 – التقليل من انبعاث غازات الاحتباس الحراري بالتوسع في استخدام الطاقة النظيفة من خلال الطاقة الشمسية وطاقة الرياح والطاقة الكهرومائية، والطاقة الذرية من المفاعلات النووية، والتوسع في الهندسة الجغرافية والبيئية لتعديل صور استخدام الأرض وتعديل مكونات الغلاف الجوي.

3 – المحافظة على موارد المياه وحمايتها من التلوث، واستعادة البيئات التالفة وإصلاحها، وتعديل خطط المدن وخط الساحل لتخفيف الاحترار.

4 – دفع المستثمرين نحو الصناعات النظيفة وصناعات تدوير الأوراق والبلاستيك وصناعات تدوير المخلفات والنفايات.

5 – إنشاء أنظمة إنذار مبكر للتوقع بحدوث السيول، والعواصف الرملية ووضع سيناريوهات لمواجهة هذه الأخطار المناخية المفاجئة.

جهود المجتمع لمواجهة المشكلات المناخية:

تتوافق الجهود التي تبذلها مؤسسات المجتمع المدني مع الجهود العالمية وجهود الدولة نحو دفع أفراد المجتمع إلى التكيف والتعامل مع آثار التغير المناخي والمساعدة في تقليل الانبعاث من غازات الاحتباس الحراري على النحو التالي:

1 – التوعية بالمشكلات المناخية وحجمها وكيفية مواجهتها بعقد الندوات والمؤتمرات والمحاضرات العامة.

2 – تنظيم حملات توعية لنشر مفهوم الحياة الخضراء وأشكالها وكيفية التحول إلى المدن الخضراء صديقة البيئة.

3 – دفع المجتمع للحد من حجم النفايات، والمحافظة على موارد المياه، واستزراع الأشجار في الطرق والشوارع والمباني وداخل الوحدات السكنية.

4 – طرح مشروعات تنموية صديقة للبيئة

دور الفرد للحد من آثار المشكلات المناخية:

دعت توصيات مؤتمر المناخ السنوي الى دفع الأفراد نحو المشاركة في دعم الجهود الدولية والمجتمعية إلى التقليل من آثار التغير المناخي بطرح التوصيات التالية:

1 – زراعة الأشجار وتربية النباتات بالمنازل.

2 – تجنب قيادة السيارات دون هدف بغرض ترفيهي والتحول لاستخدام وسائل النقل صديقة البيئة وتشجيع ركوب الدراجات.

3 – الإبقاء على وسائل تجفيف الملابس الطبيعية في الهواء الطلق.

4 – استخدام الأنسجة الطبيعية والقماش في التنشيف بدلاً من الأوراق.

5 – استخدام مصادر طاقة نظيفة والتحول إلى المصابيح الليد الموفرة للطاقة، وعدم تقليل مؤشر مستشعر التبريد في أجهزة التكييف إلى أدنى درجة ومحاولة زيادة المؤشر درجة واحدة باستمرار، وغلق مفتاح المصباح الكهربائي بعد الخروج من الغرف، وتجنب استخدام الإضاءة في النهار، وعدم ترك باب الثلاجة مفتوحاً لمدة طويلة.

6 – إعادة تدوير النفايات باستخدام الزجاجات البلاستيك الفارغة كعبوات لزراعة النباتات، أو تجميعها على شكل مقاعد ووسائد، وإعادة استخدام الأجهزة الكهربائية التالفة أو القديمة مثل الثلاجات والغسالات كوحدات لتخزين الملابس والأحذية والمقتنيات الشخصية ولعب الأطفال على سبيل المثال.

7 – تقليل المخلفات والنفايات وبخاصة الورقية والبلاستيكية.

8 – عمل الصيانة الدورية للأجهزة والسيارات، واستبدال المرشحات التالفة في أجهزة التبريد.

10 – التحول إلى المباني الخضراء من حيث نوع الخامات المستخدمة في بنائها، أو من حيث إضافة أحواض زراعية بمداخلها وعلى واجهاتها وفوق الأسطح.

11 – تقليل كمية المياه المستهلكة في الأغراض المنزلية عند الاغتسال والتنظيف.

12 – الحد من تناول الأطعمة والوجبات الجاهزة والمواد المعلبة والمغلفة والمصنعة وتناول الأطعمة الطبيعية والخضروات الطازجة، والتقليل من تناول اللحوم.

13 – عزل الأجهزة الكهربائية عن مصدر الكهرباء أثناء إغلاقها.

14 – العزل الجيد للمنازل والمباني لتقليل الفاقد من التبريد أو التسخين بداخلها.

وبعد ... فالمشكلات المناخية هي مشكلات عالمية تبحث عن حلول عالمية تعتمد على التعاون الدولي بين جميع الأطراف سواء كانت الدول أو المجتمعات أو الأفراد في محاولة لضبط التغيرات المناخية المقبلة التي لا يعلم مداها أحد. فعلى الدول أن تتبادل التكنولوجيا الحديثة لبدائل الوقود الأحفوري وحماية الغابات وإتباع الطرق المتاحة حسب إمكانياتها وتوعية مواطنيها في تقليل انبعاث غازات الاحتباس الحراري، فمن المتوقع أن تشهد الأرض في السنوات المقبلة ظواهر مناخية عنيفة تُعرض أقاليم متعددة للكوارث والدمار ويجب أن نُعد العدة لمواجهتها وضبطها قبل أن تطبق علينا.

قائمة المراجـــع

أولاً : المراجع العربية:

1- إدارة موارد المياه والبيئة- معهد البحوث – جامعة الملك فهد للبترول والمعادن – برنامج أبحاث التلوث الجوي للخليج العربي – يونيو 1992.

2 – توليفسون، جيف – اختبار حقيقي لسحب الاستثمارات من الوقود الأحفوري – مجلة العلوم – الطبعة العربية – السنة الثالثة – العدد 33 يونيو 2015.

3 – شيبارد، ثيودورجي – ديناميات درجات الحرارة المتطرفة – مجلة العلوم – الطبعة العربية – السنة الثالثة – العدد 35 – أغسطس 2015.

4 – كاربيفيد لويز كينيون، جيسيكا مارتر – التغيرات المناخية وإعادة التوطين – مجلة العلوم – الطبعة العربية – السنة الثالثة – العدد 30 مارس 2015.

5 – كارتاوسكاس، كريستوفر وآخرون – تغير الرياح يعني رحلات أطول – مجلة العلوم – الطبعة العربية – السنة الثالثة – العدد 36 – سبتمبر 2015.

6 – كتر، سوزان – أهمية توحيد جهودنا المعرفية للحد من خسائر الكوارث الطبيعية – مجلة العلوم – الطبعة العربية – السنة الثالثة – العدد 35 أغسطس 2015.

7 – شرف ، محمد إبراهيم محمد– ظاهرة الاحتباس الحراري – آثارها البيئية وأبعادها الاقتصادية والسياسية في الحاضر والمستقبل – إصدارات مجلة كلية الآداب – العام الجامعي 2000/1999 م.

8 – ..... – جغرافية المناخ التطبيقي – دار المعرفة الجامعية – الإسكندرية – 2006 م.

9 – أبو العز، محمد صفي الدين – تقلبات المناخ العالمي – مظاهرها وأبعادها الاقتصادية والسياسية – مجلة الجمعية الجغرافية الكويتية – الكويت 1980 م.

ثانياً : المراجع الأجنبية:

1- Auty, R. M. Pollution Patterns during the Industrial Transition, The Geographical Journal, Vol. 163, No. 2, 1997.

2- Adedeji, O. & Others, Global Climate Change, Journal of Geoscience and Environment Protection, 2014, 2, 114 – 122.

3- American Meteordological Society, State of Climate in 2015, Spacial Supplement, Vol. 97, No. 8, August 2016.

4- Bradshaw, C., & Warkentin, I., Global Estimates of Boreal Forest Carbon Stocks and Flux, Global and Planetary Change, Vol. 128, PP. 24 – 30, 2015.

5- Boer, G. J., & Others, Greenhouse Gas – induced Climate Change Simulated with the CCC Second – Generation General Model, Journal of Climate, Vol. 5, October 1992, PP. 1045 – 1070.

6- Dessler, A., Introduction to Modern Climate Change, Second Edition, Cambridge University Press, 2016.
7- Growe, P. R., Concepts in Climatology, New York, 1971, P. 494
8- Maegoiz, L. & Others., Global Climate Change : Variants for Solution, Atmospheric and Climate Sciences, 2013, 3, 1 – 5.
9- Middletonm. N., The Global Casino, An Introduction to Environment Issues, Third Edition, London, 2003.
10- Moran, E. F., Deforestation and Land Use in the Brazilian Amazon, Human Ecology, Vol. 21, No. 1, 1993.
11- Nasa, Jet Propulsion Laboratory, Monthly measurements Credit, 2016.
12- Nelson, M. D., Climate Change Science & Propaganda, International Journal of Geosciences, 2015, 6, 1323 – 1338.
13- Nelson, M. D., & Nelson, D. B., Oceans, Ice, & Snow and Co_2 Rise, Swing and Seasonal Flection, International Journal of Geosciences, 2016, 7, 1232 – 1282.
14- Norton, W., Human Geography, Second Edition, Canada, 1995.
15- Park, C., Trans – Frontier Air Pollution; Some Geographical Issues, Geography, Vol. 76, No. 1, 1991, PP. 21 – 35.
16- Ruzmaikin, A. & Byalko, A., On the Relationship Between Atmospheric Carbon Dioxide and Global Temperature, American Journal of Climate Change, 2015, 4, 181 – 186.
17- Thomas, D. S. G., & Middleton, N. J., Desertification: Exploding the myth – Chichester, Wileym, 1994.
18- Vesilind, P. A., & Others, Environmental Pollution and Control, USA, 1990.