- تصل بعض الغازات المصاحبة للحمم البركانية مثل غازي ثنائي أوكسيد الكبريت (SO_2) وكبريتيد الهيدروجين(H_2S) الى طبقة الستراتوسفير وتقوم بتحطيم جزيئات غاز الاوزون(O_3) الذي يلعب دور اساسي في حماية كوكب الأرض من تاثيرات الأشعة فوق البنفسجية الضارة من الوصول اليها.

الفصل الخامس

الإحتباس الحراري والغازات المسببه له

(5-1) مقدمة

(5-2) مفهوم التلوث

(5-2-1) تلوث الهواء

(5-2-2) مصادر تلوث الهواء

(5-2-3) أنواع الملوثات

(5-3)مفهوم ظاهرة الاحتباس الحراري

(5-4)الغازات المسببة لظاهرة الاحتباس الحراري

(5-5)دورة ثاني اوكسيد الكربون في الطبيعة

(5-6)مصادر ثاني اوكسيد الكربون

(5-7) تاثير الرياح السمسية على رفع حرارة الارض

(5-8)النتائج المتوقعة من أرتفاع درجة حرارة الارض

الفصل الخامس

(5-1) مقدمة:

يعتقد الكثيرون إن بداية الاهتمام بظاهرة الإحتباس الحراري هو سبعينيات القرن العشرين وتحديداً بعد مؤتمر ستوكهولم العالمي للبيئة عام (1972) م الذي ناقش ولأول مرة هذه الظاهرة وأعدها ظاهرة تحتاج إلى الدراسات المستفيضة بغية الوصول الى نتائج تساعد العلماء على تحليل هذه الظاهرة وايجاد الحلول المناسبة لها. حذرت الأكاديمية العلمية الأمريكية (National Academy of Science) في سبعينات القرن الماضي من أخطار الإحتباس الحراري. كما وشهدت نفس الفترة اهتماماً كبيراً من قبل الهيئات الدولية والوطنية ووسائل الإعلام بظاهرة الإحتباس الحراري. الا ان هذا الإعتقاد هو إعتقاد خاطيء وذلك لان الإهتمام بظاهرة الإحتباس الحراري من خلال الإهتمام بموضوعة إرتفاع درجة حرارة الأرض بدأ به العالم الفرنسي فوريه (Fourier) عام (1842) م عندما حاول إيجاد تفسيراً او سبباً معقولاً لظاهرة دفء الأرض.

توصل العالم فوريه اثناء بحوثه الى إن السبب لابد وان يعود الى الغلاف الجوي للأرض الذي يعمل مثل سقف البيت الزجاجي حيث يحبس الحرارة تحته وبهذا توصل العالم فوريه الى نصف الحقيقة. أما العالم البريطاني تيندال (Tendal) الذي أجرى ابحاثاً مختبرية عام (1865) م على قدرة غازي ثنائي أوكسيد الكربون وبخار الماء على إمتصاص الحرارة وقام بقياسات توصل من خلالها إلى تحديد مسؤليتهما عن ظاهرة دفء الأرض (الإحتباس الحراري).

أبتكر مصطلح (الاحتباس الحراري) العالم الكيماوي السويدي،سفانتى أرينيوس، عام (1896) م، وقد أطلق أرينيوس نظرية أن الوقود الحفري المحترق سيزيد من تلوث الغلاف الجوي بكميات ثاني أكسيد الكربون وأنه سيؤدي إلى زيادة درجات حرارة الأرض. ولقد استنتج أنه في حالة تضاعف تركزات ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي فأننا سنشهد ارتفاعا بمعدل (5-4) درجة سليزية في درجة حرارة الكرة الأرضية، ويقترب ذلك على نحو ملفت للنظر من توقعات اليوم. أما العالم الأمريكي تشيمبرلين (Schemberlin) فقد أيد نظرية العالم السويدي ارهانيوس حول مسؤولية غاز ثنائي أوكسيد الكربون عن ظاهرة دفء الأرض وأضاف بأن لهذا الغاز دوراً اساسياً في حدوث العصور الجليدية الحديثة جيولوجياً.

ومن المعروف أن آثر الاحتباس الحراري ولملايين السنين قد دعم الحياة على هذا الكوكب. وفي مثل ما يحدث في درجة البيت الزجاجي فإن أشعة الشمس تتغلغل وتسخن الداخل إلا أن الزجاج يمنعها من الرجوع إلى الهواء المعتدل البرودة

في الخارج. والنتيجة أن درجة الحرارة في البيت الزجاجي هي أكبر من درجات الحرارة الخارجية.كذلك الأمر بالنسبة لأثر الاحتباس الحراري فهو يجعل درجة حرارة كوكبنا أكبر من درجة حرارة الفضاء الخارجي. ومن المعروف كذلك أن كميات صغيرة من غازات الاحترار المتواجدة في الجو تلتقط حرارة الشمس لتسخن الأراضي والهواء والمياه مما يبعث الحياة على الأرض.

لكن الملوثات الغازية الضارة الناتجة من النشاطات الانسانية على الارض قد رفعت مستوى الاحتباس الحراري أكثر من الحد المسموح به بحيث أصبحت الحرارة عاملا ضارا للكائنات الحية ويهدد النظم البيئية والحياة على الارض وسنتناول في هذا الفصل أنواع الغازات الملوثة للجو وعلاقتها بالاحتباس الحراري.

(2-5) مفهوم التلوث:

التلوث هو اطلاق عناصر أو مركبات كيميائية سائلة او صلبة او غازية الى محيط البيئة (الهواء والماء والتربة) مما يقلل من نقائها. او بمعنى اخر فأن التلوث يعني عدم قدرة الانسان على التحكم في النفايات المختلفة وعدم تصريفها بطريقة سليمة مما يؤدي الى تراكمها في محيط البيئة وبالتالي تلويثها.

(5-2-1) تلوث الهواء:

ترجع بداية تلوث الهواء بسبب النشاط البشري الى اكتشاف الانسان لمصادر الطاقة واولها هي استخدام الخشب كوقود، ثم ازدادت ظاهرة التلوث في المدن بالذات عندما بدأ استخدام الفحم بدل الخشب كمادة رئيسية للوقود وفي القرن الثاني عشر الميلادي شعر الانسان بمخاطر التلوث واصدرت الحكومات انذاك عدة قوانين وقيود على استخدام الفحم كما هو الحال في برطانيا وفرنسا. وقد صدر اول كتاب عن التلوث من قبل العلم جون ايفيلين في العام (1661) م عزى فية سبب التلوث في بعض المدن ومنها لندن الى استخدام الفحم كوقود في المنازل والمصانع بشكل كبير مما ادى الى تكوين ما يسمى بالدخان الضبابي فوق هذه المدينة، وفي القرن الثامن عشر بدأت الصحف بنشر المقالات التي تحذر من التلوث الذي انتشر في مدن العالم الصناعية الوربية والامريكية.

ان التلوث الهوائي في الوقت الحاضر يمثل مشكلة كل العالم حيث تقدر الملوثات التي تطلق في الجو بنحو (400) مليون طن سنويا والنسبة العظمى هي في الدول الصناعية مثل امريكا واوربا واليابان والصين وبعض الدول الاخرى. ومما يمكن تعريف التلوث الهوائي بأنه حدوث تغيير هام في نسب المواد المكونة له يترتب على هذا التغيير حدوث اضرار بيئية وصحية كبيرة للكائنلت الحية على الارض.

(5-2-2) مصادر تلوث الهواء:

يمكن تقسيم مصادر تلوث الهواء الى نوعين من المصادر هي :

- **مصادر طبيعية:** وهي المصادر التي لايكون للانسان دخل فيها مثل حدوث العواصف وتطاير الرمال والاتربة وحرائق الغابات ورذاذ البحر والتحلل العضوي الحيوان والنبات والبراكين.
- **مصادر غير طبيعية** : وهي المصادر التي يسببها النشاط البشري وتقسم الى قسمين:

a) **مصادر متحركة:** وتشمل وسائط النقل المختلفة من سيارات وقطارات وطائرات وسفن بحرية وغيرها، حيث تطلق هذه المصادر العديد من الغازات والمواد الضارة في المحيط الهوائي مثل اول وثاني اوكسيد الكربون واكاسيد النتروجين واكاسيد الكبريت واكاسيد وكلوريدات الرصاص وبعض الهيدروكربونات كالميثان والايثان والاثلين وغيرها.

b) **مصادر ثابتة:** وتشمل المنشآت الصناعية المختلفة مثل محطات توليد الطاقة الكهربائية ومنشآت صناعة النفط والغاز الطبيعي ومصانع الاسمنت ومواد البناء والسماد والاصباغ والمعادن كالذهب والالمنيوم والحديد ومدافن النفايات العضوية وغير العضوية ومحارق النفايات الطبية

والخطرة وغيرها من الصناعات التي تستخدم الوقود الاحفوري في انتاجها.

فعلى سبيل المثال لا الحصر تؤدي صناعة النفط الى تلوث الهواء بأكاسيد الكبريت والنتروجين والامونيا واول اوكسيد الكربون وكبريتيد الهيدروجين، وتطلق صناعة الالمنيوم والاسمدة الفوسفاتية غاز فلوريد الهيدروجين وغيره من مركبات الفلور. وتنبعث بعض الغازات كالميثان واكاسيد الكربون والامونيا وكبريتيد الهيدروجين من النفايات العضوية في مرادم النفايات، وتنطلق السيليكا والغبار والاتربة (العوالق الجوية)في الهواء المحيط بمصانع السمنت والمحاجر والكسارات واعمال الهدم والبناء. وتنبعث اكاسيد الحديد في المناطق التي توجد فيها صناعة الحديد والصلب كما تنطلق بعض المواد والمركبات العضوية الطيارة في الهواء المحيط بمصانع الاصباغ ومستودعات البترول.

(5-2-3) أنواع الملوثات:

يمكن تقسيم الملوثات الجوية حسب نوعها الى نوعين:

- **الملوثات الغازية**: وتشمل هذه الملوثات غازات اول وثاني اوكسيد الكربون، اكاسيد النتروجين، الهيدروكربونات، واكاسيد الكبريت، الاوزون. وهي كما يلي:

a) **أول أوكسيد الكربون (CO):** وهو غاز عديم اللون والطعم والرائحة ومن أشد الغازات الملوثة للهواء سمية، ينتج هذا الغاز في المدن الكبيرة والمزدحمة من وسائط النقل وكذلك من مصافي تكرير النفط ومصانع الورق ومصانع الحديد والصلب وينتج بكثرة من عمليات الاحتراق غير المتكامل ويتكون هذا الغاز من اتحاد ذرتي كربون معذرة اوكسجين مكونة جزيئتين منه بوجود مصدر حراري وحسب المعادلة التالية:

$$2C + O2 \xrightarrow{\Delta} 2CO$$

عندما يتنفس الانسان الهواء الملوث بهذا الغاز فأنه يتحد مع هيموغلوبين الدم ويكون مركب الكربوكسي هيموغلوبين (Carboxy hemoglobin) ويؤدي الى تقليل نسبة الهيمغلوبين في الدم اللازمة لنقل الاوكسجين الى اعضاء الجسم مما يؤدي الى التسمم.

b) **أكاسيد النتروجين(NO_X):** تتكون من اتحاد الاوكسجين مع النتروجين وهي تشمل اوكسيد النتريك وهوغاز بني محمر وله رائحة نفاثة وذو اثر سام.وهذه الاكاسيد تحدث تلوثا للهواء نتيجة احتراق الوقود الاحفوري مثل الفحم والكازولين والديزل والمواد المحتوية على نسبة صغيرة من المركبات العضوية النتروجينية وكذلك بعض العمليات الكيمياوية داخل المصانع.ان

التعرض للتركيزات العالية من هذه الاكاسيد يؤدي الى الاصابة بتلف الرئتين وكذلك التهاب العيون، وهذه الاكاسيد تسبب الامطار الحامضية.

c) **الهيدروكربونات (HC):** وهي عبارة عن مركبات غازات سريعة التبخر مثل الميثان أو غير مشبعة مثل الاثلين أو الاستيلين أو مركبات صلبة أو سائلة مستقرة مثل البنزين او البنزوبايرين. وهذه المركبات ناتجة من الاحتراق غير الكامل للوقود وخاصة في وسائل النقل عندما تكون المحركات غير سليمة، كما تنتج هذه المركبات من الصناعات المختلفة والمواقد والافران واستخدامات الانسان المنزلية. وتعتبر الهيدروكربونات مواد سامة تسبب امراضا خطيرة مثل تلف الكلى والكبد والحنجرة والتحجر الرئوي والتهابات الجهاز التنفسي ويزداد تأثيرها عندما تتفاعل مع اكاسيد النتروجين في وجود ضوء الشمس لتكون مركبات تسمى مركبات الضباب الاسود والتي لها أثر سمي شديد على الكائنات الحية. كما تتفاعل هذه المركبات عند صعودها الى طبقات الجو العليا مع غاز الاوزون لتشكل جذورا كربونية حرة تتفاعل مع مركبات اخرى مكونة مايعرف بالضباب الدخاني.

d) **أكاسيد الكبريت (SO_X):** تتواجد اكاسيد الكبريت في الهواء على هيئة ثاني اوكسيد الكبريت (SO_2) وثالث اوكسيد الكبريت (CO_3) وتتميز هذه الغازات برائحتها النفاذة وخواصها التأكلية. وغاز ثاني اوكسيد الكبريت غاز غير قابل للاشتعال وعديم اللون وينتج من مصادر طبيعية مثل البلاكين والينابيع الكبريتية وتحلل المواد الكبريتية وكذلك من مصادر صناعية ومن احتراق البترول والفحم ومصانع تكرير البترول، ويؤدي استنشاق هذا الغاز الى الاصابة بالكثير من الامراض التنفسية مثل السعال والربو وعند اتحاد هذا الغاز بالاوكسجين يكون مركبات حامضية في الجو تسقط مع الامطار وتؤذي التربة والزراعة وباقي الكائنات الحية.

e) **الاوزون (O_3):** هو غاز سام ذو رائحة خانقة يتكون نتيجة تفاعل اكاسيد النتروجين مع الهيدروكربونات في وجود اشعة الشمس وهو احد مكونات الضباب الدخاني، والاوزون أحد أخطر الملوثات المؤكسدة واستنشاقه يؤدي الى تهيج الجهاز التنفسي ويسبب السعال وتورمات خبيثة في الرئتين كما يؤثر الغاز على النباتات ويسبب تبقعها مثلالعنب والقمح والبطاطس وغيرها.

- **الجسيمات العالقة:** وهي مجموعة من المواد الترابية والرملية والغبار والدخان والدقائق الغازية واليروسول (Aerosols) والرماد البركاني والجسيمات الحية العالقة في الهواء مثل الميكروبات والجراثيم وكذلك الغبار المعدني الذي يحتوي على دقائق فحمية وخزفية والياف وهي كما يلي:

a) **الايروسول (Aerosols):** وهي جزيئات صلبة اوسائلة تستطيع ان تبقى معلقة في الهواء بسبب صغر حجمها.
b) **الغبار:** وهو مواد دقيقة وصلبة منها غبار الاسبستوز الذي هوعبارة عن سليكات تؤثر على الرئتين ي حالة استنشاقه وتسبب التليف وكذلك الغبار المسبب للحساسية مثل حبوب اللقاح والبكتريا والفطريات والمكروبات.
c) **الدخان:** وهودقائق صلبة تتكون عندما تتكاثف الابخرة اوعند حدوث تفتعلات كيمياوية.
d) **الضباب:** وهي جزيئات سائلة يصل قطرها الى (100µm).
e) **الهباء (السخام):** وهوجزيئات كربون متناهية في الصغر تتجمع مع بعضها بصورة سلاسل طويلة.
تؤثر الجسيمات العالقة على الجهاز التنفسي بأنواع الامراض مثل التليف والسرطان وغيرها.
f) **الرصاص:** وهومن الجزيئات الخطرة على الكائنات الحية نظرا لسميتها العالية، ينتج الرصاص من عوادم السيارات على شكل جزيئات او غبار محمل بأكاسيدوكلوريدات الرصاص التي تتحول في الجو الى كربونات الرصاص، يؤدي المتعرض للرصاص الى الضعف العام والغيبوبة ثم الموت.

- **الملوثات الغازية الثانوية:** تشكل الهيدروكربونات والنتروجين تحت ضوء الشمس مركبات أكثر تعقيدا ومنها نترات البيروكسيل (PAN) وهومن المركبات التي تسبب الحساسية ومن هذه الملوثات هي:

a) **المؤكسدات الضوئكيميائية:** تحدث سلسلة من العمليات الجوية التي تثيرها الاشعة الشمسية عند تراكم المواد العضوية النشكة واكاسيد النتروجين وتتعرض للاشعة فوق البنفسجية ستتكون منها مركبات جديدة تشمل الاوزون ونترات البيروكسيل التي تعمل على تقليل الرؤيا وتآكل المعادن وزيادة امراض الجهاز التنفسي.
b) **الدخان الضبابي الفوتوكيميائي:** يتكون الدخان الضبابي من ثاني اوكسيد النتروجين والمواد الهيدروكربونية غير المحترقة احتراقا كاملا من عوادم الاليات، وعند تعرض غاز ثاني اوكسيد النتروجين لاشعة الشمس سوف يمتصها وينقسم الى اوكسيد النتريت والاوكسجين الذري (O). وتتفاعل الهيدروكربونات بوجود الاوزون واشعة الشمس والذي ينتج عنه تكون الدخان الضوئكيميائي.

ان طبقة الاوزون هي جزء مهم من الغلاف الجوي الذي يحيط بالكرة الارضية وتعتمد فعاليتها على التوازن الصحي للمواد الكيمياوية ولكن بسبب طموحات الانسان التي تصل الى حد الدمار جعل من هذه المواد الكيميائية مادة تساعد على اتلاف وتدمير طبقة الاوزون، حيث ان اول اوكسيد النتروجين ولوبكميات قليلة يلعب دور مهم في تحويل الاوزون الى اوكسجين.وكذلك هنالك تأثير كبير لاستخدام المخصبات النتروجينية في الزراعة واستخدام الكلور والفلور الذي يسبب تطايره في الهواء الجوي وصعوده الى طبان اي انخفاض في مقدار طبقة الاوزون ولو بنسبة (1%) يؤدي الى زيادة نسبة الاشعة فوق البنفسجية الواصلة الى سطح الارض والتي تسبب مشاكل صحية كثيرة للانسان مثل فقدان المناعة وسرطانات الجلد والعمى المؤقت والدائمي كما باتلاف النباتات والخضر التي تسبب بنقص حاد في الموارد الغذائية للانسان والحيوان.

كل هذه الملوثات اضافة الى ماتنتجه من تأثيرات بيئية وصحية على الكائنات الحية فهي سبب رئيسي في رفع درجة حرارة الارض ودعم ظاهرة الاحتباس الحراري.

(3-5) مفهوم ظاهرة الإحتباس الحراري:

ظاهرة الاحتباس الحراري هي الارتفاع التدريجي في درجة حرارة الطبقة السفلى القريبة من سطح الأرض من الغلاف الجوي المحيط بالأرض. وسبب هذا الارتفاع هو زيادة انبعاث الغازات الدفيئة أو غازات الصوبة الخضراء (green house gases)، وأهم هذه الغازات، الميثان الذي يتكون من تفاعلات ميكروبية في حقول الأرز وتربية الحيوانات المجترة ومن حرق الكتلة الحيوية (الأشجار والنباتات ومخلفات الحيوانات)، كما ينتج من مياه المستنقعات الآسنة. وبالإضافة إلى الميثان هناك غاز أكسيد النيروز (يتكون أيضا من تفاعلات ميكروبية تحدث في المياه والتربة) ومجموعة غازات الكلوروفلوروكربون (التي تتسبب في تآكل طبقة الأوزون) وأخيرا غاز الأوزون الذي يتكون في طبقات الجو السفلي.

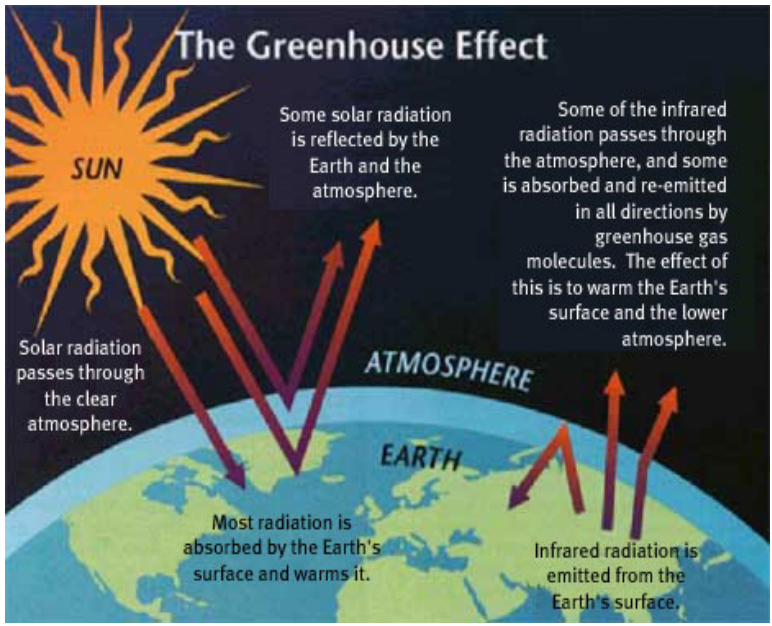
والاحتباس الحراري هي ظاهرة ارتفاع درجة الحرارة في بيئة ما نتيجة تغيير في تدفق الطاقة الحرارية من البيئة و إليها. و عادة ما يطلق هذا الاسم على ظاهرة ارتفاع درجات حرارة الأرض في معدلها. و عن مسببات هذه الظاهرة على المستوى الأرضي أي عن سبب ظاهرة إرتفاع حرارة كوكب الأرض ينقسم العلماء إلا من يقول أن هذه الظاهرة طبيعية و أن مناخ الأرض يشهد طبيعيا فترات ساخنة و فترت باردة مستشهدين بذلك عن طريق فترة جليدية أو باردة نوعا ما بين القرن (17 و 18) في أوروبا، وفريق آخر يعزون تلك الظاهرة إلى تراكم غازات الدفيئة في الغلاف الجوي.

إن اشعة الشمس التي تصل للأرض هي المصدر الأساسي للطاقة ومنها تستمد الأرض الحرارة التي تحتاجها من اجل إستكمال الحياة. فالنبات يستفيد من الطاقة الواصلة عبر أشعة الشمس مستفيداً من الكربون الموجود في غاز ثنائي أوكسيد الكربون والماء ليقوم بعملية التركيب الضوئي اللازمة لإستمرار الحياة فوق الأرض كما في المعادلة التالية:

$$6CO_2 + 6H_2O \rightarrow C_6H_{12} + 6O_2$$ ---------- [1]

وبدون أشعة الشمس والطاقة الناتجة عنها لاصبحت الأرض كوكباً بارداً لايمكن العيش به ولا يحتوي على كائنات حية. و كما اسلفنا في الفصول السابقة فأن الشمس هي عبارة عن مفاعل نووي هائل تحدث فيه تفاعلات نووية تصل درجة الحرارة حوالي (15) مليون درجة مطلقة. إذ تتحد إثنين من البروتونات (الهيدروجين) مع إثنين من النيوترونات لتكوين ذرة واحدة من الهليوم (He) مع فقدان قدر قليل من الكتلة التي تتحول الى طاقة حرارية هائلة تطلقها الشمس الى الكواكب المحيطة بها ومنها الأرض. تعرف الأشعة الشمسية بانها إشعاعات كهرومغناطيسية تنبعث في مسار مستقيم وبسرعة (300) الف كيلومتر في الثانية الواحدة على شكل تموجات تدعى الفوتونات (Photons) التي تحمل معها الطاقة الى الأرض. ويمكن التمييز بين مختلف الإشعاعات الشمسية من خلال أطوال موجاتها والتي تقاس بالنانومتر ويساوي واحد من المليون من المليمتر. وتستطيع عين الإنسان رؤية الإشعاعات التي أطوالها بين (750-390) نانومتر وتسمى الإشعاعات المرئية.

يصل حوالي (50%) من مجموع الأشعة الشمسية التي تخترق الغلاف الجوي بإتجاه الأرض لتزويدها بالطاقة اللازمة لتسخين اليابسة والمحيطات ويقوم النبات بالإستفادة منها في عملية التركيب الضوئي. تقوم الغيوم بإمتصاص وعكس (42%) من الأشعة الواصلة الى الغلاف الجوي فيما ترتد (5%) من الإشعاعات الى الفضاء الخارجي نتيجة لإصطدامها بالجسيمات الصلبة الموجودة في الغلاف الجوي بينما تنعكس (3 %) من الأشعة الكونية الى الفضاء الخارجي بعد اصطدامها بالأرض(ظاهرة الالبيدو) دون تغير في اطوال موجاتها كمامبين في الشكل (5-1).



الشكل (5-1)
يبين تأثير ظاهرة البيوت الخضراء

إجتاحت الثورة العلمية الصناعية بلدان اوربا وإستبدلت نمط الإنتاج اليدوي الفردي باسلوب الإنتاج الالي الصناعي الواسع. إستطاع الإنسان وبفضل تطور الإكتشافات العلمية وزيادة إستخدام الالات من تطوير الإنتاج الصناعي والزراعي وزاد من إنتاجية العمل بعد ان زاد من إستخدام الالات بدل القوة العضلية للإنسان القابلة للتعب والإرهاق. وصاحب هذا التطور في عملية الإنتاج حاجة ملحة لبناء تجمعات عمالية سكانية تستوعب الهجرة الحاصلة من الريف الى المدن وازدادت عدد المناجم التي يستخرج منها الفحم الحجري والمعادن الضرورية للصناعة وتنامي الحاجة الى وسائط نقل وغيرها.

ان الزيادة الحاصلة في الإنتاج الصناعي والزراعي صاحبتها زيادة مطردة في إستهلاك الطاقة الناتجة عن حرق الأخشاب والفحم الحجري وبقية انواع الوقود الإحفوري. لاحظ العلماء البيئيون والمختصون بالأنواء الجوية ان هناك إرتفاعاً تدريجياً في معدلات درجات الحرارة على الصعيد العالمي ابتداءاً من عصر الثورة العلمية الصناعية التي شهدتها اوربا في منتصف القرن الثامن عشر وقد اكدت البيانات الإحصائية المناخية صحة هذه المعلومات.

ومن المعروف ان جميع انواع الوقود الإحفوري هي مركبات عضوية هيدروكاربونية تتكون من اتحاد عنصري الكربون والهيدروجين مع عناصر كيميائية اخرى منها الكبريت والرصاص والنيتروجين والأوكسجين. يدخل الكربون كمكون اساسي في التركيب الكيميائي للجزيئات الهيدروكاربونية لذلك فان اي تفاعل او حرق للوقود الإحفوري ينتج غاز ثنائي اوكسيد الكربون وطاقة (E) وفقاً للمعادلة الآتية:

$$2C_6H_6 + 15O_2 \rightarrow 12CO_2 + 6H_2O + E \quad \text{-------} \quad [2]$$

هذا وينتج عن حرق الوقود الإحفوري الحاوي على شوائب من عناصر كيميائية مختلفة مثل الكبريت والنيتروجين والرصاص وغيرها علاوةً على غاز ثنائي اوكسيد الكاربون إنبعاث غازات أخرى مثل ثاني اوكسيد الكبريت والتي تزيد من تلوث البيئة وتخل بالتوازن البيئي الطبيعي. ويتحمل الإنسان من خلال نشاطاته المختلفة في الصناعة والزراعة والنقل والتعدين والتدفئة المسؤلية الرئيسة عن إرتفاع تركيزات غازات الدفيئة (غاز ثنائي اوكسيد الكربون وغاز الميثان وغاز اوكسيد النتروز) في الغلاف الجوي لكوكب الأرض.

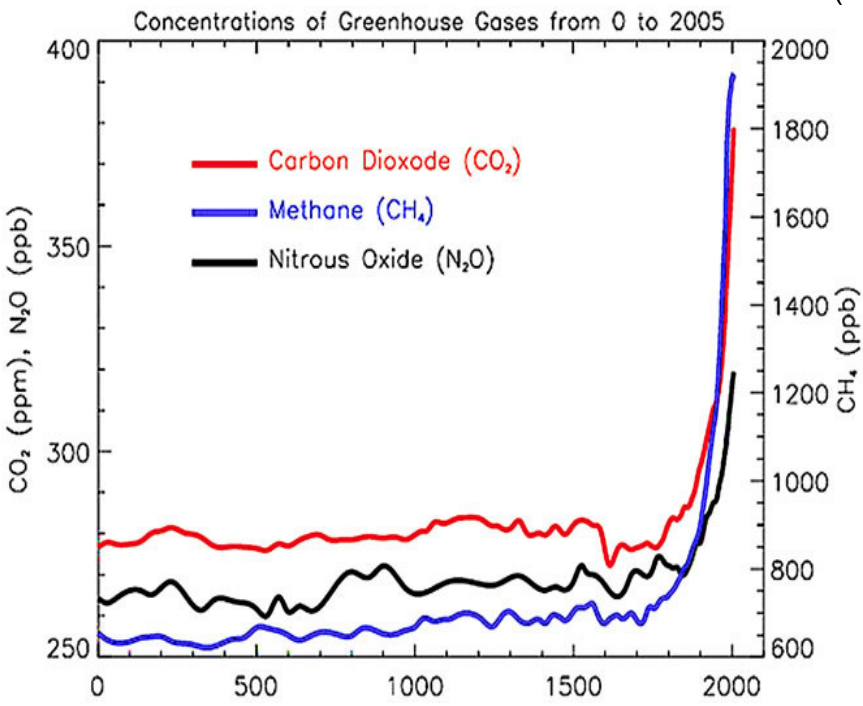
من المعروف ان الشمس هي المصدر الرئيسي للطاقة في الفضاء القريب من الارض وهي التي تمد الأرض بالدفء والحرارة عن طريق الأشعة التي تطلقها والتي تمر بالغلاف الجوي وصولاً الى الارض. تكتسب الأرض كأي جسم صلب الحرارة وتسخن وتقوم بعد ذلك بإطلاق جزء من الحرارة الى المحيط الخارجي على شكل أشعة حرارية تسمى الأشعة تحت الحمراء. ومن خواص غازات ثنائي اوكسيد الكربون والميثان واوكسيد النتروز وبخار الماء انها تقوم بإمتصاص الأشعة تحت الحمراء التي تطلقها الأرض ولا تسمح لها بالنفاذ الى الفضاء الخارجي فتحبسها في طبقات الهواء القريبة من سطح الارض. كما وان غازات الإحتباس الحراري عندما تمتص الأشعة تحت الحمراء المنطلقه من الارض تزداد حرارتها وطاقتها الحركية مما يؤدي الى ازدياد تصادمات جزيئاتها مع بعضها البعض ومع جزيئات الغازات الأخرى المكونة للهواء مولدة طاقة اضافية تساهم في إرتفاع درجة حرارة الغلاف الجوي المحيط بالأرض.

تقوم غازات الإحتباس الحراري برفع درجة حرارة طبقات الهواء القريبة من سطح الأرض وتساهم نفس الغازات بخفض درجة حرارة الطبقات العليا من الهواء في طبقة التروبوسفير.

إن ظاهرة الإحتباس الحراري لم تكن محسوسة ومعروفة في بداية الثورة الصناعية وذلك لأن تركيزات غاز ثنائي أوكسيد الكربون والغازات الأخرى المسببة لهذه الظاهرة لم تكن عالية كما هي عليه الان. كلما ارتفعت تركيزات غازات

الإحتباس الحراري في الغلاف الجوي للأرض قلت كمية الأشعة تحت الحمراء النافذة الى الفضاء الخارجي وهذا ما يفسر بروز ظاهرة الإحتباس الحراري في العقود الثلاثة الأخيرة.

وقد وجد أن نسبة غاز ثنائي اوكسيد الكربون في الهواء والناتجة عن حرق الوقود الإحفوري قد ارتفعت من (280) جزء بالمليون قبل الثورة الصناعية الى (380) جزء بالمليون في بداية القرن الحالي. وإرتفعت نسبة غاز الميثان في الهواء من (848) جزء بالبليون قبل الثورة الصناعية الى (1800) جزء بالبليون في بداية القرن الحالي. اما غاز اوكسيد النتروز فقد إرتفعت نسبته من (280) جزء بالمليون قبل الثورة الصناعية الى (312) جزء بالمليون في بداية القرن الحالي كما في الشكل (1-5).



شكل(2-5)

يمثل تزايد تركيزات غازات الدفيئة إعتباراً من الثورة الصناعية وحتى عام (2005)

يسهم غاز ثنائي اوكسيد الكربون بحوالي (50 %) من إسهامات غازات الإحتباس الحراري الاخرى بسبب كمياته العالية المنطلقة للغلاف الجوي على الرغم من إمتصاص النباتات لحوالي (25 %) من هذا الغاز وذوبان حوالي (25 %) من

نفس الغاز في البحار والمحيطات والتي تعد مغاطس طبيعية تخلص المحيط الحيوي من غاز ثنائي أوكسيد الكربون.

أما المحيط المتجمد الجنوبي فيمتص حوالي (25 %) من تركيزات الغاز المنطلقة للغلاف الجوي. يقوم كل من الغطاء النباتي والمحيطات والمحيط المتجمد الشمالي والجنوبي بامتصاص الغاز وخزنه مما يبقيه حبيساً هناك مما يلغي اسهامه في ظاهرة الإحتباس الحراري وفي إرتفاع درجة حرارة الارض

إن زيادة نسبة غازات الإحتباس الحراري في الهواء وعدم إمكانية الطبيعة التخلص من الفائض من هذه الغازات سبب خللاً في التوازن البيئي لم يكن موجوداً قبل الثورة العلمية والصناعية والإنفجار السكاني الذي أعقبها. وتلعب زيادة تركيزات غاز ثنائي أوكسيد الكربون دوراً كبيراً في زيادة نمو النباتات لاعتمادها عليه في عملية التركيب الضوئي.

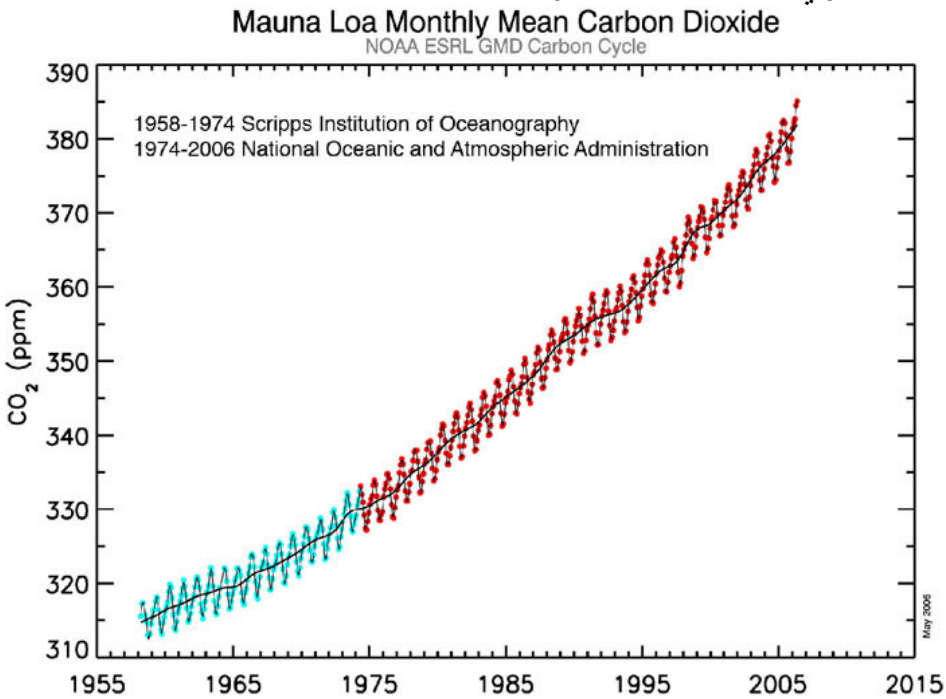
(4-5) الغازات المسببة لظاهرة الإحتباس الحراري:

من المعروف ان غازات الإحتباس الحراري وخصوصاً بخار الماء وثنائي أوكسيد الكربون وأوكسيد النتروز والميثان لهم دوراً مهماً في رفع درجة حرارة الأرض ولولاهم لكانت معدلات درجة حرارة الارض وغلافها الجوي تقل عن درجة الصفر المئوي بكثير ولانعدمت الحياة على هذا الكوكب. تلعب غازات الدفيئة دوراً مهماً في رفع درجة حرارة كوكب الأرض من (°18-) تحت الصفر إلى خمسة عشر درجة مئوية وبذلك تساهم في بقاء كوكب الأرض مكاناً قابلاً للحياة. الا ان الزيادة في تركيزات هذه الغازات التي أطلقت بعد الثورة الصناعية قاد وسيقود الى ارتفاع في درجة حرارة الغلاف الجوي للارض عما كانت عليه قبل الثورة الصناعية مما يهدد بحصول كوارث طبيعية كالاعاصير والفيضانات والجفاف والحرائق

وقد بينت القياسات الحديثة لتركيزات غازات الاحتباس الحراري بوضوح ان الانسان ومن خلال تنوع أنشطته المختلفة أخل بالتوازن الغازي لمكونات الغلاف الجوي مما أدى الى إرتفاع في نسب بعض الغازات وبشكل خاص الغازات التي تؤثر وبشكل مباشر في رفع درجة حرارة الغلاف الجوي. وكانت نتيجة زيادة إستهلاك الإنسان للطاقة أن ازدادت تركيزات غاز ثنائي أوكسيد الكربون بمعدل (30 %) والميثان بمعدل (150%) وأوكسيد النتروز بمعدل (17%) عن معدلاتها قبل الثوره الصناعيه.

أثبتت القياسات التي أجريت بعد القياسات الأولى لغاز ثنائي أوكسيد الكربون التي قام بها العالم تشارلز كيلنك عام (1950) م في منطقة (Mauna Loa) في جزيرة هاواي إلى وجود تزايد في تركيزات هذا الغاز حتى بلغت(380) جزء بالمليون (0.038%) عام(2005) م وتمثل هذه التركيزات لغاز ثنائي أوكسيد الكربون الأعلى

منذ(700) الف عام مضت والشكل(5-2) يمثل ارتفاع معدل تراكيز هذا الغازفي الغلاف الجوي للخمسين سنة الاخيرة.



شكل (5-3)

يمثل إرتفاع معدلات غاز ثنائي أوكسيد الكربون للخمسين سنة الاخيرة

تتكون المركبات العضوية من عنصري الكربون والاوكسجين بشكل اساسي وان إحتراقها (تفاعلها الكيميائي مع الأوكسجين) يولد غاز ثنائي أوكسيد الكربون كناتج لعملية التفاعل. يولد حرق الوقود الإحفوري (الفحم حجري والنفط والغاز الطبيعي) غاز ثنائي أوكسيد الكربون الذي يتصاعد الى الغلاف الجوي. يقوم الغطاء النباتي بالإستفادة من ربع كمية هذا الغاز في عملية التركيب الضوئي بينما تقوم المحيطات والبحار بامتصاص نفس الكمية من هذا الغاز المنطلقة للغلاف الجوي. وهذا يعني ان نصف كمية غاز ثاني اوكسيد الكربون تبقى في الغلاف الجوي للارض مما يزيد من تركيزات هذا الغاز وهذا هو سبب التغير الذي طرأ على مناخ الأرض بعد الثورة الصناعية. وكذلك بالنسبة لبقية الغازات المسببة لهذه الظاهرة.

والجدول (5-1) يبين تراكيز الغازات المسببة لظاهرة الاحتباس الحراري ومدة بقائها في الغلاف الجوي.

ت	الغاز	قبل الثوره	التركيز عام	نسبه التغير	مده البقاء في

		الصناعيه	1998	بالتركيز لكل عام	الغلاف الجوي (عام)
1	رابع فلوريد الميثان	40 ppt	80 ppt	1.0 ppt	50000
2	الفريون FCKW	0	268 ppt	- 1.4 ppt	45
3	أوكسيد النتروز	270 ppb	314 ppb	0.8 pp	114
4	الميثان	700 ppb	1745 ppb	7.5 ppb	12
5	ثاني أوكسيد الكربون	280 ppm	365 ppm	1.5 ppm	5-200

((ppt) = جـزء بـالترليون ،،،،(ppb) = جـزء بـالبليون،،،، (ppm) = جـزء بالمليون)

جدول

(1-5) يمثل تراكيز الغازات المسببة للإحتباس الحراري ومدة بقائها في الجو

تمكن هانز سويس (Hanz Swiss) في خمسينيات القرن الماضي عند تحليله لنظائر الكربون من اثبات ان مصدر ثنائي أوكسيد الكربون الموجود في الجو يعود الى حرق الوقود الإحفوري. من جانب اخر اثبتت التحاليل العديدة التي اجريت في أماكن مختلفة لمياه البحر الى تطابق النتائج مع النتائج التي توصل لها العالم هانز سويس.

ومن الجدير بالذكر هنا ان أية زيادة في عدد البراكين وحرائق الغابات تؤثر بشكل ملحوظ على نسب غازات الإحتباس الحراري في طبقة الغلاف الجوي القريبة من الأرض. تؤدي الزيادة في تركيز غاز ثنائي أوكسيد الكربون و في زيادة في حالات الجفاف الناتج منها وهذا ما اثبتته الأعوام مابين(2003-2002) م إذ ارتفعت درجة حرارة الصيف مما ادى الى حصول جفاف ونشوب حرائق للغابات في كل من الولايات المتحدة الامريكية والبرتغال و ايطاليا و تركيا واليونان ولبنان.

يتحمل الإنسان ومن خلال تعدد أنشطته الحياتية (الصناعية والزراعية والمنزلية) المسؤلية الكاملة عن زيادة إنبعاثات غازات الدفيئة وهو الوحيد القادر على خفض هذه الانبعاثات. وتمثل تاثيرات غاز ثنائي أوكسيد الكربون (64%) من تاثيرات غازات الإحتباس الحراري اما بقية غازات الإحتباس الحراري مثل الميثان و الفريون وأوكسيد النتروز ورابع فلوريد الميثان وغيرها فان تاثيراتها تمثل (36%) فقط من تاثيرات غازات الإحتباس الحراري بإستثناء تاثيرات بخار الماء.

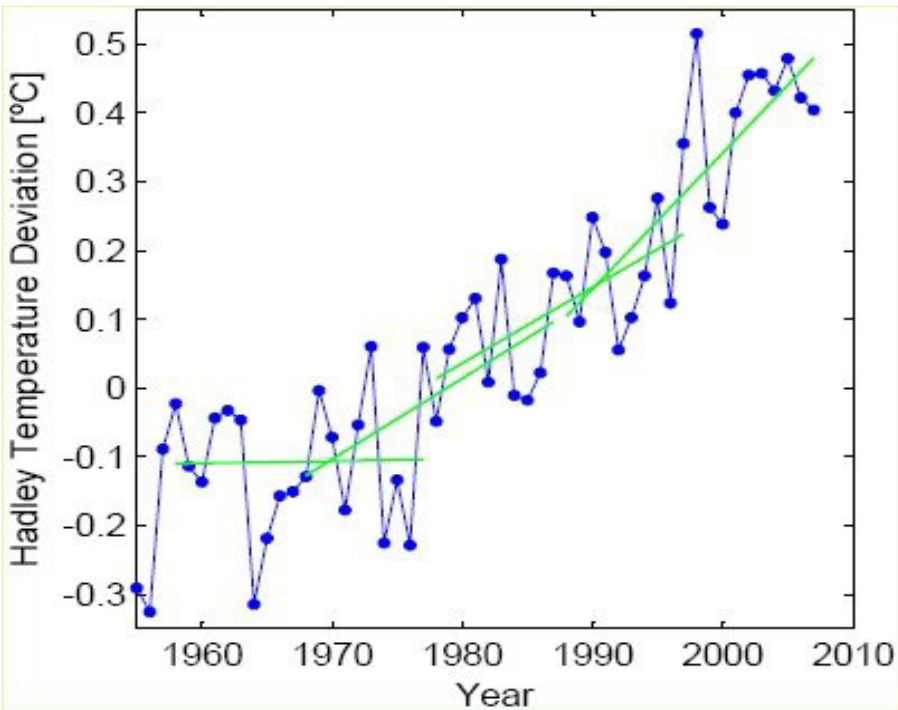
يعد بخار الماء الموجود في الغلاف الجوي اكثر الغازات المسببة لظاهرة احترار الارض وان نسبته تفوق مجموع نسب بقية الغازات المسببة لهذه الظاهرة. غير ان العلماء والمهتمين بدراسة التغير المناخي يركزون على بقية الغازات لسببين أولهما ان الإنسان وحده المسؤل عن زيادة تركيزاتها وهو الوحيد القادر على خفض

هذه الإنبعاثات الغازية وثانيهما ان الإنسان مسؤول بشكل غير مباشر عن زيادة تركيزات بخار الماء في الغلاف الجوي لكنه غير قادر حاليا على خفض هذه النسبة.

ان مصدر بخار الماء الموجود في الغلاف الجوي هو عمليات التبخر المائي للمحيطات والبحار والبحيرات والانهار وعملية النتح للغطاء النباتي وتنفس الإنسان وبقية الحيوانات وخطوط المياه التي يخلفها الطيران المدني والحربي في الجو. تبلغ نسبة بخار الماء في الهواء (0.25%) وتختلف من موقع لاخر ومن وقت لاخر في المكان الواحد على عكس من بقية غازات الدفيئة التي تنتشر في الغلاف الجوي والتي تكون تركيزاتها متساوية في جميع المناطق فوق سطح الكرة الأرضية. تقدر كمية بخار الماء الموجودة في الغلاف الجوي لكوكب الارض بـ ($4 \times 10^{21} m^3/yr$) وهي كمية تعادل تقريباً كمية المياه الموجودة في بحر الشمال الواقع بين السويد والدنمارك وفنلندا والمانيا وبولونيا ودول البلطيق في شمال أوربا وتتكاثف وتسقط على شكل أمطار او ثلوج على الأرض.

ويعتمد تركيز بخار الماء في الجو على درجة الحرارة حيث ان إرتفاعها يؤدي الى زيادة عملية التبخر وذلك لان جزيئات الماء وبارتفاع درجة الحرارة تزداد طاقتها الحركية فتتباعد الجزيئات فيما بينها وتزداد التصادمات بينها وتتحرر من قوة الشد التي تربطها بالجزيئات الأخرى وتتحول بذلك من الحالة السائلة الى الحالة الغازية على شكل بخار ماء يتصاعد الى الغلاف الجوي. وبعكس هذه العملية حيث يؤدي إنخفاض درجه الحرارة إلى فقدان الجزيئات للطاقة الحركية فتتقارب الجزيئات فيما بينها وتقل تصادماتها وتتكاثف وتتحول الى قطرات من الماء (مطر). ان مدة بقاء بخار الماء في الغلاف الجوي وهي المدة الزمنية مابين التبخر والتهطال قصيرة جداً لاتتعدى بضعة أيام عكس بقية غازات الدفيئة التي تقدر مدة بقائها بالغلاف الجوي بالأعوام.

تؤدي الدقائق الصلبة العالقة بالهواء (Aerosols) دوراً ثانوياً في ظاهرة الإحتباس الحراري لان لها دوراً مزدوجاً، فهي من جانب تساهم في عكس الأشعة الكونية الحرارية المتجهة للأرض مروراً بالغلاف الجوي وبهذا تساهم في خفض درجة حرارة الأرض، ومن جانب اخر تمنع الأشعة الحرارية طويلة الموجة من الإفلات للفضاء الخارجي وتحبسها في طبقات الجو القريبة من سطح الارض وهي بذلك تساهم في رفع درجة حرارة كوكب الأرض.والشكل (3-5) يبين مقدار ارتفاع درجة الحرارة على سطح الارض خلال الخمسين سنة الاخيرة.



شكل (5-4)
يمثل إرتفاع درجة الحرارة عالمياً خلال الخمسين عام المنصرمة

(5-5) دورة غاز ثنائي أوكسيد الكربون في الطبيعة:

تشير دورة غاز ثنائي أوكسيد الكربون إلى عملية التبادل الغازي بين الغلاف الجوي من جهة والكائنات الحية النباتية والحيوانية ومياه المحيطات والبحار والبحيرات والأنهار والغلاف الصخري والتربة من جهة أخرى. تتمكن النباتات البرية والبحرية والطحالب وبعض أنواع البكتيريا من الإستفادة من غاز ثنائي اوكسيد الكربون الموجود في الهواء في عملية التمثيل الضوئي لبناء مركبات

عضوية (كربوهيدراتية) على شكل سكريات بسيطة مثل سكر الكلوكوز وتتمكن فيما بعد من تحويلها الى سكريات معقدة مثل النشاء والسليلوز تبني من خلالها اجسامها وتستفيد منها كمصدر للطاقة في فعالياتها الحيوية. وتقوم النباتات والطحالب والبكتيريا بتثبيت ملايين من الأطنان سنوياً من غاز ثنائي اوكسيد الكربون الموجود في الغلاف الجوي وبذلك تقلل من تركيزاته في الهواء.

من جانب اخر تتغذى الكائنات الحية الحيوانية على النباتات وتستفيد من المواد العضوية التي انتجتها النباتات في عملية التركيب الضوئي كمصدر للطاقة تقوم من خلاله بإنجاز جميع فعالياتها الحيوية. وبمساعدة الأوكسجين الذي تتنفسه الحيوانات (الشهيق) تقوم هذه الكائنات الحية بإستهلاك المواد العضوية (كربوهيدرات وبروتينات ودهون) وتحرير ثنائي أوكسيد الكربون مرة ثانية الى الجو(الزفير). وعند موت الكائنات الحية نباتية كانت أم حيوانية تقوم البكتريا بتفسيخها وتحليلها الى مكوناتها الأساسية مما يؤدي الى تحرير ثنائي أوكسيد الكربون مرةً ثانية وتصاعده الى الغلاف الجوي.

يذوب غاز ثاني اوكسيد الكربون في مياه المحيطات والبحار والبحيرات والأنهار وتتمكن النباتات المائية والطحالب من الإستفادة منه بعملية التركيب الضوئي، بينما تقوم الاحياء البحرية وخصوصاً الصدفيات منها بالإستفادة من هذا الغاز ببناء الأجزاء الخارجية من أجسامها والمتكونة من مادة كاربونات الكالسيوم($CaCO_3$) عن طريق تفاعل هايدروكسيد الكالسيوم مع غاز ثنائي أوكسيد الكربون الذائب في الماء وفق المعادلة الآتية:

$$CO_2 + Ca(OH) \rightarrow {}_2\, CaCO_3 + \text{----------} H_2O \quad [3]$$

وتعد المصادر المائية بكل أنواعها ومحتوياتها من الكائنات الحية مغاطس لغاز ثنائي أوكسيد الكربون تقلل من تركيزاته في الغلاف الجوي. إن تزايد تركيزات غاز ثنائي أوكسيد الكربون في مياه البحار والمحيطات ممكن له ان يزيد حموضة المياه مما قد يؤثر على الحياه الطبيعية للاحياء البحرية والشعب المرجانية.

لم تشهد العصور التي سبقت الثورة الصناعية اختلالاً ملحوظاً في التوازن الطبيعي لغاز ثنائي أوكسيد الكربون إلا ان تدخل الإنسان وخصوصاً بعد بداية الثورة الصناعية واستهلاكه المتزايد للوقود الإحفوري ادى الى اختلالاً واضحاً بالتوازن الطبيعي لغاز ثنائي اوكسيد الكربون مما ادى الى إرتفاع تركيزاته عن المستوى العام لتركيزات هذا الغاز قبل الثورة الصناعية.

(6-5) مصادر غاز ثنائي أوكسيد الكربون:

ينطلق غاز ثنائي أوكسيد الكربون إلى الجو عن طريق مجموعة من المصادر أبرزها:

- تفسخ وتحلل المركبات العضوية
- إستعمال الوقود الإحفوري في محطات توليد الطاقة الكهربائية
- الإستخدامات المنزلية المتنوعة
- حرق النفايات المتنوعة والتي تحوي على مواد كيمياوية وبلاستيكية
- المصانع التي تسخدم الطاقة الحرارية في الانتاج مثل مصانع الاسمنت والحديد والصلب والاسفلت والطابوق وغيرها من مواد البناء
- وسائط النقل
- تنفس الكائنات الحية
- حرق الغابات الإستوائية والمزارع
- البراكين
- التدخين

(5-7) تأثير الرياح الشمسية على رفع درجة حرارة الارض:

يرى بعض العلماء ان من الاسباب الرئيسية في زيادة حرارة الارض هو الرياح الشمسية، حيث تؤدي تلك الرياح بمساعدة المجال المغناطيسي للشمس خاصة في اوقات زيادة النشاط الشمسي الى الحد من كمية الاشعة الكونية التي تخترق الغلاف الجوي للارض، والتي تحتوي على جزيئات عالية الطاقة تقوم بالاصطدام بجزيئات الهواء لتنتج جزيئات جديدة تعد النواة لانواع معينة من السحب التي تساعد على تبريد سطح الارض، وبالتالي فأن وجود هذا النشاط الشمسي يعني نقص كمية الاشعة الكونية، اي نقص السحب التي تساعد على تبريد سطح الارض وبالتالي ارتفاع درجة حرارة سطح الارض وانه عند انخفاض هذا النشاط الشمسي المؤقت ستعود درجة حرارة الارض الى طبيعتها حتى اذا تم تخفيض نسبة ثاني اوكسيد الكربون في الهواء لان تاثير الغاز سيكون ضعيفا في حال وجود النشاط الشمسي.

(5-8) النتائج المتوقعة من إرتفاع درجة حرارة الارض:

ان اثار ارتفاع درجة حرارة الارض لن تكون متساوية في جميع مناطق الكرة الارضية، فقد ترتفع درجة الحرارة بمقدار درجة مئوية واحدة عند خط الاستواء و(12) درجة مئوية في القطبين وستكون هنالك فروق اقليمية كبيرة في كيفية تأثر الناس والنظم البيئية بأرتفاع درجة الحرارة وارتفاع مستوى سطح البحر. ويمكن توقع ما سيحدث عند ارتفاع درجة الحرارة وكما يلي:

- سيؤدي ارتفاع درجة الحرارة الى ذوبان الجليد والثلوج في المناطق الباردة وخصوصا القارتين المتجمدتين الشمالية والجنوبية والذي سيؤدي الى ارتفاع كبير في مستوى المحيطات والبحار في جميع انحاء الكرة الارضية. واختفاء التيارات الباردة التي تأتي من المناطق المتجمدة لتلطيف حرارة باقي المناطق على الارض.
- سيؤدي ارتفاع مستوى سطح البحر الى غمر مساحات كبيرة من السهول الساحلية التي تعتبر من أفضل الاراضي الزراعية في العالم وقد تجتاح الفيضانات بعض المدن كما قد تختفي بعض الجزر وزيادة حموضة البحار الذي يؤدي الى موت الكثير من انواع الكائنات البحرية.
- ممكن ان تنمو غابات في بعض مناطق الاسكا وشمال سيبيريا ويصبح رعي الماشية ممكنا ومتاحا في اصقاع القارات الاوراسية والامريكية.
- ستصبح الزراعة في المناطق الجافة اكثر صعوبة وستتضائل موارد المياة وستزيد درجة الحرارة الطلب على مياه الري.
- سيتم القضاء على الكثير من الغابات بسبب تتغير الظروف البيئية الملائمة لنموها وعدم امكانية تكيف هذه النباتات بصورة سريعة مع الظروف البيئية الجديدة من حرارة ونقص اوزيادة في المياه مما سيؤدي الى موتها وتدمير الحياة النباتية والحيوانية في هذه المناطق.