

## 1. التغيرات في الغلاف الجوي:

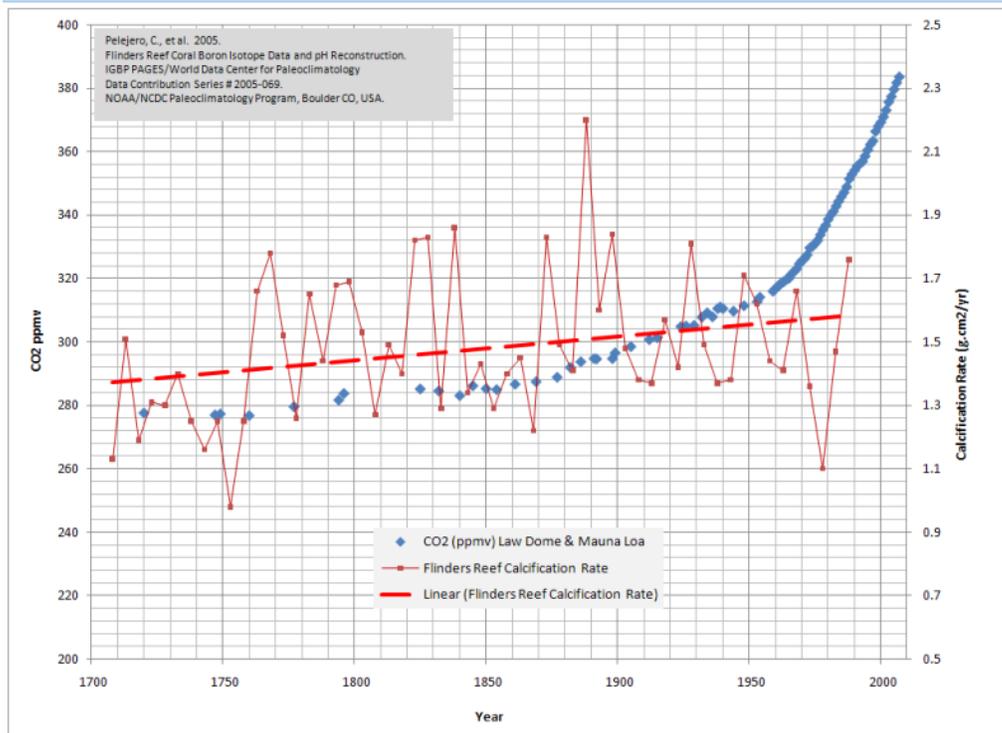
منذ عصر الصناعة كانت نسب الغازات التي يتكون منها الغلاف الجوي ثابتة تقريباً، ولكن ما حدث انه تم أضافه كميات إضافية من الغازات الدفيئة الناتجة عن احتراق الوقود وقطع الأشجار إلى الغلاف الجوي. وبسبب ظاهرة البيوت الزجاجية تقوم بامتصاص وانبعث الأشعة الطويلة الموجة ويؤدي ذلك إلى زيادة درجة الحرارة الأرض. لذا كان من الضروري مراجعة الغازات تراكيز الغازات الدفيئة وكما يلي:

### (1) غاز ثاني أوكسيد الكربون $CO_2$ :

يعتبر هذا الغاز من أكثر الغازات الدفيئة التي تؤثر على الغلاف الجوي. حيث ازدادت تراكيز  $CO_2$  من 280 جزء بالمليون في بداية الثورة الصناعية إلى 382 جزء بالمليون في عام 2006 ونسبة الزيادة تقدر بحوالي 36% ومعظم هذه الزيادة هي بسبب الفعاليات البشرية والتي أصبحت مستوى الزيادة حوالي 1.9% جزء بالمليون لكل سنة وفي الوقت الحاضر هو أعلى مستوى له خلال 650 ألف سنة. وكما موضح في الشكل (4) الذي يبين التغير الزمني لتراكيز  $CO_2$  ولفترة زمنية حوالي 450 ألف سنة إلى الوقت الحاضر. وللمزيد من المعلومات يجب ان ندرس نقطتان أساسيتان هما:

(أ) دورة  $CO_2$  في الطبيعة (مقدار الانبعاث والامتصاص).

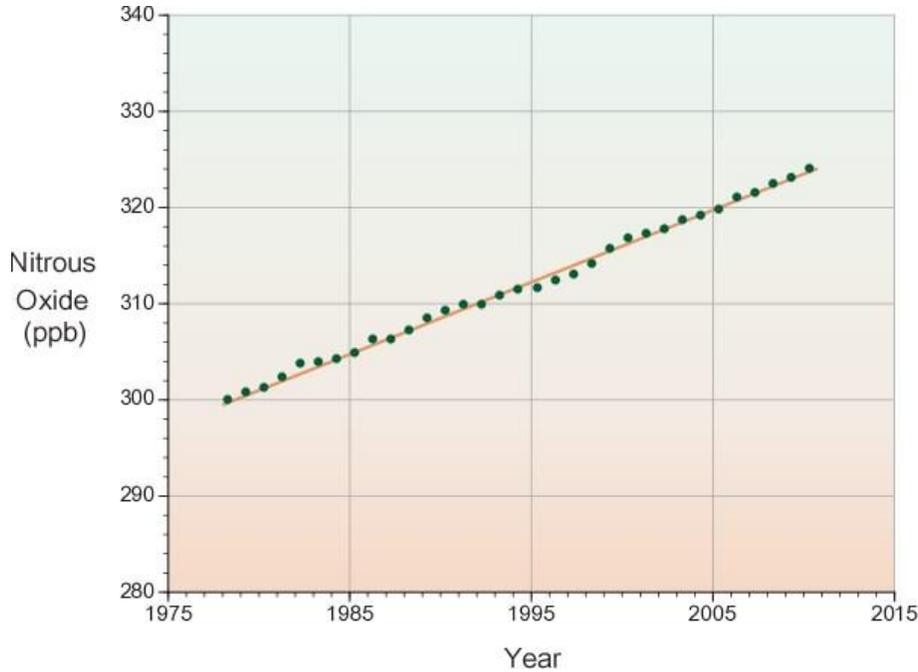
(ب) تأثير الإنسان والطبيعة على مصادر  $CO_2$  و انبعاثاتها وتفاعلاتها.



الشكل رقم (4): التغير الزمني لتراكيز غاز ثاني أكسيد الكربون

### (2) غاز ثاني أكسيد النيتروجين $N_2O$ :

يعتبر غاز ثاني أكسيد النيتروجين الغاز  $N_2O$  الثاني من الغازات الدفيئة من ناحية التأثير، حيث وصلت الزيادة إلى حوالي 18% خلال فترة 200 سنة وكما مبين في الشكل (5) وقبل 11500 سنة من عهد الصناعة كان تغيره قليل جداً ولكنه تزايد بشكل سريع وملحوظ بعد عهد الصناعة.



الشكل رقم (5): التغير الزمني لتراكيز غاز ثاني أكسيد النيتروجين.

### (3) غاز الميثان $CH_4$ :

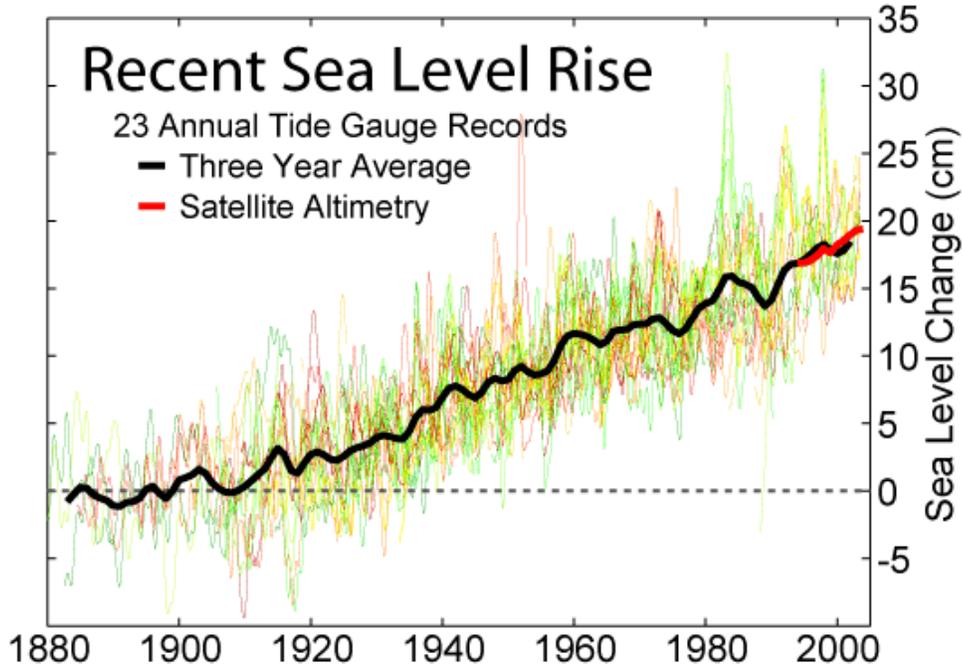
أن غاز الميثان يتوفر بشكل حر في الغلاف الجوي. والذي اخذ بالزيادة عما كان عليه قبل 650 ألف سنة وقد تزايدت تراكيز غاز الميثان بشدة وبشكل واضح خلال القرن العشرين ليصل الآن إلى نسبة 148% عن نسبته قبل عهد الصناعة. وفي العقود الأخيرة زادت النسبة مع عدم إعطاء الاهتمام الكافي لهذه الزيادة.

ونكتفي بهذا القدر من استعراض لأهم الدفيئة الغازات التي تزيد من التغيرات المناخية وبالرغم من وجود غازات أخرى لها دور مؤثر في التغيرات المناخية مثل غاز الأوزون  $O_3$  وغازات الكربون فلورايد (CFCs) وغازات الهيدروفلورايد (HFCs). وان هذه الغازات تتفاعل مع كمية الإشعاع الشمسي داخل الغلاف الجوي ويؤدي إلى زيادة درجة الحرارة، وهذا ما سنتناوله في الفقرات القادمة.

## 2. التغيرات في مستوى سطح البحر

يعتبر مستوى سطح البحر احد الأعمدة الأساسية في قياسات علم الأنواء ويحدد مستوى الضغط الجوي وعلى أساسه تحدد بقية طبقات الجو العليا ، وبالتالي جميع البيانات التي تعتمد على كافة المستويات الضغطية ستكون غير دقيقة. بالإضافة إلى أن ارتفاع مستوى سطح البحر هذا يعني عملياً أن مساحة اليابسة سوف تقل بل أن بعض الجزر تغمر تماماً بالمياه، بل تصل الحالة أن بعض المدن قد تختفي ويحدث هذا أساساً بسبب زيادة ارتفاع درجة حرارة سطح الأرض والتي أدت إلى ذوبان الكتل الجليدية الكبيرة. وقد ظهر جيل من الدراسات أن قياس مستوى سطح البحر ازدادت حوالي 20 سم لكل قرن وهذا يعتبر ذو مستوى عالي. وخصوصاً أن هذه الزيادة هي مستمرة وبشكل تصاعدي وكما هو موضح في الشكل أدناه، و خصوصاً للفترة الواقعة للفترة ما بين (1993- 2003). وتعود هذه الزيادة أساساً إلى النشاطات البشرية المختلفة والتي هي بسبب انبعاث الغازات الدفيئة في الجو وذلك زيادة طرح هذه الغازات نتيجة للزيادة الواضحة لعوادم السيارات والمصانع وطرق حرق الغابات ونتيجة لهذه النشاطات ستشهد البحار ارتفاعاً متزايداً في نسبة المياه في القرن القادم على الأقل ويصعب التنبؤ بهذه الزيادة نتيجة لغياب المعطيات اللازمة والنشاطات البشرية وتطويرها في الفترة القادمة.

ويتوقع العلماء زيادة في ارتفاع سطح البحر 1.3 متر في القرن المقبل بينما يرى بعض العلماء بان هذه الزيادة قد ينخفض 80 سم في حال تحكم الإنسان بطريقة استخدام الطاقة واعتماده على الطاقة النظيفة.



الشكل رقم (6): التغير الزمني لتغير مستوى سطح البحر.

### 3. التغيرات في درجة حرارة سطح الأرض

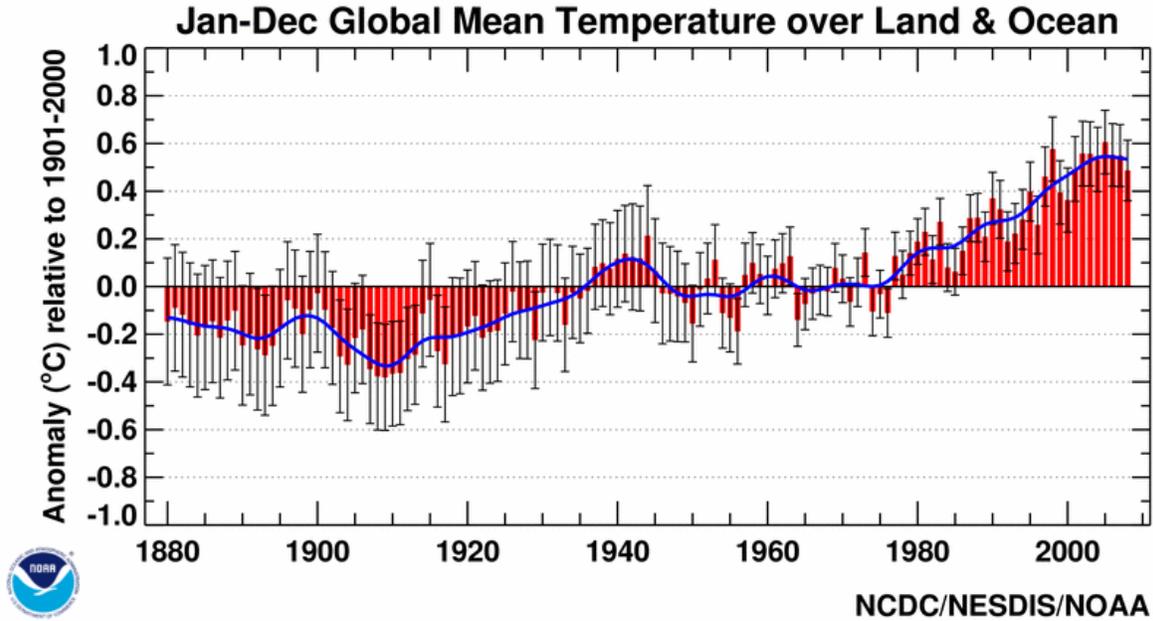
تعتبر مركز البيانات الأمريكية NOAA من اكبر المراكز العالمية لمراقبة التغيرات في درجات حرارة سطح الأرض وذلك لامتلاكها اكبر قاعدة بيانات والتي من خلالها يمكن حساب وبدقة جيدة التغيرات التي تطرأ على درجة حرارة سطح الأرض. ويشير هذا المركز إلى أن خلال القرون الماضية ارتفعت درجة الحرارة وما زالت مستمرة بالارتفاع حيث بلغت خلال القرون الأخيرة (0.6 درجة مئوية لكل قرن) وان معدل الزيادة لدرجة الحرارة لكل عقد خلال الفترة (1979~2005) حوالي ( 0.31 درجة لكل عقد ) وكما موضح في الشكل(7). هذا يعني أن الزيادة في العقود الأخيرة اكبر بكثير من العقود التي هي قريبة من عهد الصناعة وان الزيادة ليست خطية وان هذه الزيادة يجب أن تقل أو تتوقف على الأقل.

إن تسجيل المحطات الأرضية والمحطات البحرية قد تم أخذها بنظر الاعتبار لحساب متوسط درجة الحرارة الكلية اثبت أن درجة الحرارة السطح أصبحت اسخن بمقدار (0.5 درجة مئوية) منذ عام 1880 وهذا واضح من الشكل (7) وأن هذه الإشارة تشير إن الاستمرار بالزيادة إلى عام 1910 ثم ارتفع إلى عام 1945 ثم أخذ التغير ببطئ إلى عام 1975 ثم اخذ بالارتفاع إلى يومنا هذا. أن الهيئة الحكومية للتغيرات المناخية IPCC وهي اكبر هيئة حكومية تابعة للأمم المتحدة أعلنت في عام 2007 وبشكل واضح لا لبس فيه إن النظام المناخي أصبح أسخن من قبل استنادا إلى بيانات الرصد ومراقبة النظام المناخي وأصبح هنالك زيادة على درجات الحرارة لكل من الهواء والمحيطات. كما أن صفائح جليدية أخذت بالذوبان وكذلك طبقات من الجليد، مما أدى ذلك إلى ارتفاع مستوى سطح البحر. وبالإشتراك مركز البيانات المناخي الأمريكي و وكالة الفضاء الأمريكية (ناسا NASA) وتحليل درجات حرارة السطح ولغاية عام 2008 تم تسجيل الملاحظات التالية:

- منذ منتصف السبعينات معدل درجة حرارة السطح أصبت اكبر بمعدل (0.5 درجة مئوية).
- إن درجة حرارة سطح الأرض في الوقت الحاضر مستمرة بالزيادة (15 درجة مئوية لكل عقد) أي بمقدار (1.5 درجة مئوية لكل قرن).
- تغير السنوات الثمانية الأخيرة (2000~2008) هي الأعلى في درجة الحرارة منذ 1880 والاسخن ضمن هذه الفترة هي (2001~2005).

لقد اهتمت المنظمة الحكومية للتغيرات المناخية بمراقبة معدل الاحتباس الحراري من خلال معدل درجة الحرارة السطحية التي تحدث منذ منتصف القرن العشرين وان الاحتمال الكبير هو بسبب نتيجة الفعاليات البشرية كما جاء في تقرير الثالث لمنظمة الحكومية للتغيرات المناخية 2007 ، خلال النصف الأول من القرن حيث تكون الفعاليات البشرية اقل وتغير بعض المتغيرات الطبيعية مثل مقدار الإشعاع الواصل من الشمس وكما يبدو أن الإشعاع الشمسي له دور أقل في زيادة الاحتباس الحراري .

بالإضافة إلى التغيرات التي طرأت على درجات الحرارة في طبقات الجو العليا مثل طبقة الستراتوسفير وطبقة الأوزون.



الشكل رقم (7): التغير الزمني لتغير درجة الحرارة.

#### 4. التغيرات في السواقط والعواصف الترابية

ان زيادة درجة الحرارة أدى إلى زيادة التبخر الذي أدى بالتالي إلى زيادة السواقط في بعض من مناطق العالم مثل الولايات المتحدة الأمريكية ويحدث ذلك في المناطق القريبة من المسطحات المائية والتي تقع ضمن مسار الكتل الهوائية ، وعلى العكس من ذلك فإن بعض المناطق أكثر جفافا حيث اثبتت حسابات بيانات المركز الأمريكي للمناخ ان كمية السواقط الكلية فوق الولايات المتحدة الأمريكية قد زادت بنسبة 6.1 خلال القرن الماضي منذ 1900 وأكثر كمية السواقط قد حدثت شمال شرق الولايات المتحدة وبنسبة تقدر حوالي 11.6 ، اما في جنوب الولايات مثل جزر هواي فقد شهدت السواقط نقصان في السواقط بمقدار (-9.25).

وقد أشار المركز الأمريكي لبيانات المناخ أصبح هنالك نمط جديد مثير للاهتمام حول كمية الندى والمياه والجزء الشمالي الشرقي وجنوب الولايات المتحدة الأمريكية وكذلك في شمال أفريقيا وجنوب اسيا.

اما بالنسبة للعواصف الرعدية فهناك تغيرات طبيعية كبيرة من ناحيتين الشدة والتردد للعواصف الرعدية في مناطق العروض الوسطى وذات علاقة مع العواصف الرعدية ولتحديد المدى الطويل ولمدى متغير وحسب نوع الحدث. وتبين ان التحليل لعدد من العواصف الرعدية ان هنالك تغير واضحا من ناحية التردد الشدة للعواصف الرعدية. وكذلك الاختلاف عند دراسة هذه التغيرات في حالي المدى الزمني لفترة عقد أو لفترة قرن. ودق سجلت الأعاصير الرعدية الأطلسية لسنة

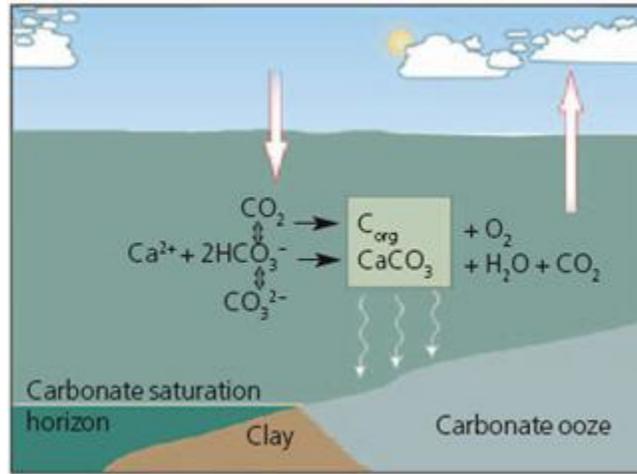
2005 أكثر من 27 إعصاراً وقد أعطى لكل إعصار اسماً لاختلاف هذه الأعاصير وقد تم التركيز في دراسة هذه الأعاصير على علاقتها مع التغيرات المناخية.

أما بالنسبة للعواصف الترابية هناك دراسات حديثة أثبتت أن زيادة الجفاف بسبب ارتفاع درجة الحرارة وقلت السواقيت وخصوصاً في مناطق العروض الوسطى وبسبب الجفاف ازدان مساحة الأرض القاحلة أو الصحراوية وقلت الغطاء النباتي وزيادة نسبة الملوحة للتربة وهذه العوامل أدت تزايد العواصف الترابية.

## 5. المحيطات الحامضية

يعتبر هذا العامل احد العوامل الهمة التي تثبت إن التغيرات المناخية ذات مدى واسعة وأنها تمتلك عمليات متعاقبة وان التغيرات مستمرة بل أصبحت معقدة ويعتبر زيادة الحامضية للمحيطات تأثيرات مستمرة ولفترات زمنية طويلة . أصبحت المحيطات أكثر حموضة بسبب زيادة CO<sub>2</sub> بسبب الفعاليات البشرية. حيث أن معامل حموضة سطح البحر (pH) أصبح أكثر حموضة بمقدار 10% عن مستواه في عهد الصناعة.

أن المحطات تأثيرات بسبب التشبع لكاربونات الكالسيوم بالمقارنة مع كمية المياه. وكما موضح في الشكل (8) كيفية الاضمحلال CO<sub>2</sub> ويحولها إلى شكل غير غازي مثل الكاربون HCO<sub>3</sub> أو ايونات الكربونات البحري إلى كربونات الكالسيوم ثم إلى مواد عضوية كربونية وأصبحت هذه العملية معقدة ويصبح يشير الى السهم النازل وكأنها مضخة بيولوجية تقوم بنقل الكاربون إلى أعماق المحيط وبترتب على ذلك مدى زمني.



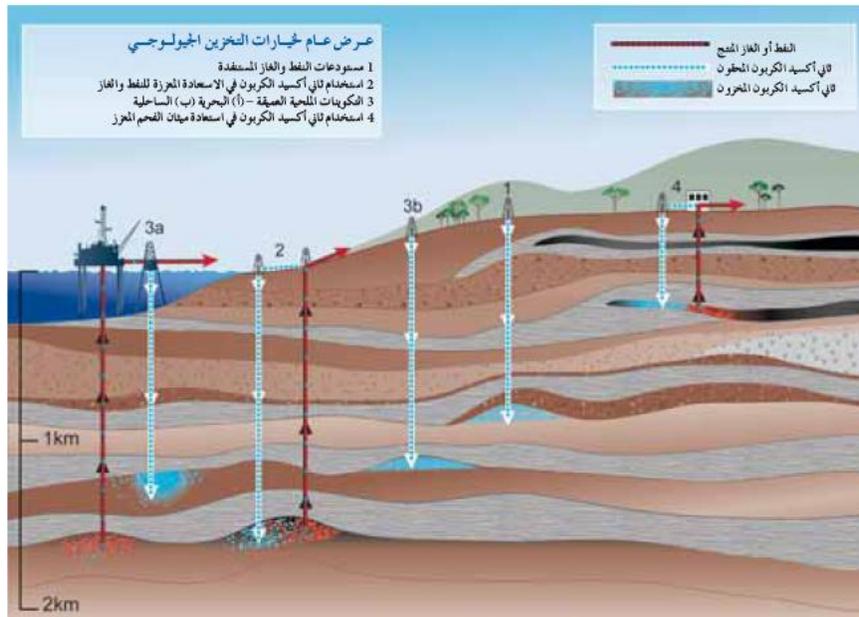
الشكل رقم (8): يبين التفاعلات الكيميائية التي تحدث في المحيطات.

إن كل من الغلاف الجوي والمحيط يلعب دوراً في تعديل المناخ واستمرار في التغيرات. ونتيجة لتطور انبعاث CO<sub>2</sub> في القرن الغلاف الجوي وزيادة تركيزه إلى حوالي 38% للفترة من عهد الصناعة إلى 2009. وأن هذه كمية الكاربون المخزن في المحيط أصبح في زيادة وأدى إلى زيادة مرة أخرى زيادة مترافقة وأصبحت هنالك زيادة متراكمة.

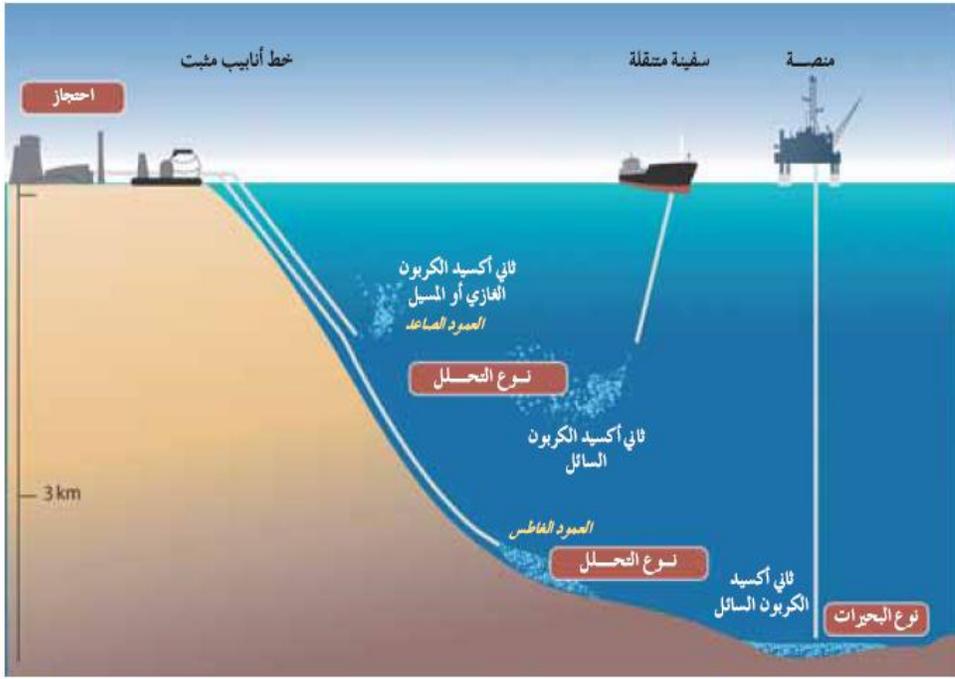
على مدى 200 سنة كان المحيط يتضمن حوالي نصف  $CO_2$  المنتج بواسطة احتراق الوقود وبعض العوامل التي تزيد من الغازات الدفيئة، ولكن المقدرة على الامتصاص في المحيط هي نتيجة إلى زيادة تراكيز  $CO_2$  في الغلاف الجوي أصبح أقل من قبل. ونتيجة لذلك سوف تزداد حامضية المحيط وتصبح أكثر حامضية من المتوقع ومن المتوقع أن تزداد نسبة الحموضة بمقدار 10% منذ عهد الصناعة.

## 6. المعالجة والتكيف للتغيرات المناخية:

ثمة رسالة واضحة وأساسية للتقييمات الإدارية هي ان كثير من النظم والسياسات ليس جيد التكيف حتى مع المناخ الحالي والتقنية المناخية الحالية. وان التكاليف المتزايدة من حيث الحياة البشرية ورؤوس الأموال ، التي تنجم عن الفيضانات والعواصف والجفاف تثبت سرعة التأثير الحالية. ويوحى هذا الوضع بأن هنالك خيارات تكيف من شأنها ان تجعل كثيرا من القطاعات أكثر دقة على التكيف مع الأحوال الراهنة ومن ثم تساعد في التكيف مع التغيرات المستقبلية ومن هذه الطرق وعلى سبيل المثال لا الحصر هي طريقة تخزين الجيولوجي لغاز ثاني أكسيد الكربون، وكما مبين في الشكل التالي:-



الشكل عرض عام لخيارات التخزين الجيولوجي (أهاء من مركز البحوث التعاونية المعنية بثاني أكسيد الكربون). أما الطريقة الثانية فهي تخزين غاز ثاني أكسيد الكربون في المحيطات بطريقة الإحلال حيث ينحل غاز ثاني أكسيد الكربون بسرعة في مياه المحيطات بينما تكون طريقة التخزين لثاني أكسيد الكربون بطريقة البحيرة سائلا موجود أصلا في قاع البحيرة.



الشكل عرض عام لخيارات التخزين المائي (أثناء من مركز البحوث التعاونية المعنية بثاني أكسيد الكربون). كما يوجد نوع آخر من المعالجات إلي هي تتفعل من خلال النظم الاجتماعية السلمية من خلال الاستخدام الأمثل في الطاقة والحفاظ على البيئة وزيادة الوعي بين الناس والتحذير من مخاطر التغيرات المناخية كما حدث في كثير من بلدان العالم في تخصيص يوم الأرض أو عقد المؤتمرات والندوات الجماهير .

كما ان هنالك دور ثاني من خلال المعاهدات والقوانين التي في الغالب ما تعقد بإشراف الأمم المتحدة. ولعل أشهرها هي اتفاقية كيوتو التي تنص على ضرورة خفض الكميات المنبعثة من الغازات التي تؤدي من زيادة الاحتباس الحراري وزيادة درجة حرارة الأرض والتي تسبب بشكل مباشر في التغيرات المناخية. حيث تم ابرام اتفاق كيوتو عام 1997 بهدف تخفيض نسبة الغازات الدفيئة حتى عام 2012 بأقل من 5% مما كانت عليه عام 1990 وقد انضمت إليه أكثر 170 دولة لحد اليوم.