مجلة دفاتر اقتصادية
P-ISSN: 2170-1040 | المجلد: **10**– العدد: **01 (2019)**، ص: **308-322** | **E-ISSN:** 2602-5426

الآثار الاقتصادية والخيارات المستقبلية لسيناريوهات تغير المناخ العالمي

Economic impacts and future options for global climate change scenarios

عبد القادر بلخضر[1]♦

[1] جامعة عمار ثليجي- الأغواط، الجزائر، bellakhdar.aek@gmail.com

تاريخ الاستلام: 31-01-2019 **تاريخ القبول:** 18-05-2019 **تاريخ النشر:** 31-05-2019

ملخص:

هدفت هذه الدراسة، الى ابراز أن ظاهرة تغير المناخ العالمي هي حقيقة ثابتة، وأن آثارها الطبيعية ظاهرة للعيان، إلا أن الدراسات الاقتصادية لهذه الظاهرة غير كافية، حيث يعتبر تقرير اللورد ستيرن أحد المراجع المهمة في تقدير الأبعاد الاقتصادية لظاهرة الاحتباس الحراري. بالإضافة الى الدراسة التي قام بها نورداس، الذي قدم وزملائه تقريراً مفصلاً عن التداعيات والنتائج الاقتصادية لبعض النماذج، للتخفيف من الانبعاثات والتقليص من تكلفة الأضرار المرافقة للتغيرات المناخية.

واختُتمت الدراسة بإبراز أهم السيناريوهات المحتملة للجهود العالمية للتخفيف من تغيرات المناخ العالمي، الذي كان أهمها سيناريو تخفيف آثار تغير المناخ "450" جزءا في المليون، لوكالة الطاقة الدولية.

كلمات مفتاحية: الاحتباس الحراري، تغير المناخ العالمي، الآثار الاقتصادية لتغير المناخ ، تقرير ستيرن، دراسة نورداس.

تصنيف JEL : Q54

Abstract:

This study aims to show that global climate change is a constant fact and that its natural effects are visible. However, the economic studies of this phenomenon are not enough. Lord Stern's report is one of the important references in estimating the economic dimensions of global warming. As well as the study by Noradas, who presented a detailed report on the economic consequences of some models, to mitigate emissions and reduce the cost of damage associated with climate change.

The study concluded by highlighting the most important possible scenarios for global efforts to mitigate global climate change, the most important of which was the "450 ppm" scenario for the International Energy Agency (IEA).

Keywords: Global Warming, Global Climate Change, Economic impacts of climate change, The Stern Review, Nordhaus Study.

JEL Classification: Q54

♦المؤلف المرسل

1. مقدمة:

اعتمدت المجتمعات الإنسانية منذ القدم على استهلاك كميات متزايدة من الطاقة، مما أوجد ذلك ضغطا متزايدا على مصادر الطاقة في كل مكان، وأنتج إسرافا شديدا في استهلاك الطاقة على مستوى العالم بأكمله، ومن دون أدنى شك كان للزيادة الهائلة في حرق الوقود المستخدم في إنتاج الطاقة، سبباً رئيسياً من الأسباب التي أدت الى تلوث البيئة، وظهرت آثار هذا التلوث في السنوات الأخيرة من القرن الماضي، وقد ازدادت أهميته محليا وعالميا، كأحد نواتج التقدم الصناعي، مما ترك ذلك آثاراً سلبية على البيئة وإخلالا في توازنها، فترتب على ذلك مشاكل بيئية عالمية خطيرة، أخطرها ظاهرة الاحتباس الحراري المتسبب الرئيسي في تغير المناخ العالمي.

وترتب على ذلك آثارا سلبية طبيعة واقتصادية، تفاقمت واشتدت عبر السنوات في ظل تقاعس النظام الاقتصادي العالمي القائم على اقتصاد السوق، دون اهتماما لما آلت إليه بيئة كوكب الأرض. ولما شعرت البشرية بالخطورة المحدقة بالبيئة وتبين ذلك للجميع، تتابعت الاجتماعات والمؤتمرات الدولية، وبدأت الدراسات والأبحاث ووضعت سناريوهات مختلفة من أجل التوصل إلى حلول لوقف الآثار السلبية لتدهور البيئة، وكبح جماح ظاهرة تغير المناخ العالمي[1].

1.1 إشكالية البحث:

وعلى ضوء ما تقدم يمكن طرح الإشكالية التالية:

ما هي الآثار الاقتصادية المترتبة عن ظاهرة تغير المناخ العالمي، وما هي الخيارات المستقبلية للسيناريوهات الممكنة للتخفيف من حدة هذه الظاهرة؟

وللإجابة عن الإشكالية الرئيسية يمكن طرح الأسئلة الفرعية التالية:

- ما حقيقة ظاهرة تغير المناخ العالمي ؟
- ما هي الآثار الاقتصادية لظاهرة تغير المناخ ؟
- ما السيناريوهات الممكنة للتخفيف من حدة تغير المناخ ؟

2.1 فرضيات البحث:

- تعد ظاهرة تغير المناخ العالمي حقيقة علمية وظاهرة للعيان.
- من دون شك هناك أثارا اقتصادية ناتجة عن الأضرار المرافقة للتغيرات المناخية.
- هناك سيناريوهات محتملة للجهود العالمية للتخفيف من تغيرات المناخ العالمي.

3.1 أهمية البحث:

تكمن أهمية البحث من خلال ابراز حقيقة ظاهرة تغير المناخ العالمي التي تجلت آثارها الطبيعية للعيان وبدأت آثارها الاقتصادية واضحة ساهمت دراسات وتقارير اقتصادية في الكشف عنها، مع الجهود التي تبذلها المنظمات الدولية المعنية بالظاهرة من خلال السيناريوهات المحتملة للتخفيف منها.

4.1 المنهج المتبع:

اعتمدنا في هذا البحث على المنهج التحليلي والوصفي لدراسة وتحليل الظاهرة وابراز الآثار الاقتصادية الكمية وتحليل ودراسة مختلف السيناريوهات المحتملة للحد من ظاهرة تغير المناخ العالمي.

5.1 محاور البحث:

للإجابة عن الإشكالية المطروحة اعتمدنا المحاور التالية:

أولا- حقيقة ظاهرة تغير المناخ العالمي.

ثانيا- الآثار الاقتصادية لظاهرة تغير المناخ.

ثالثا- سيناريوهات تغير المناخ.

2.حقيقة ظاهرة تغير المناخ العالمي.

إن فكرة تغير المناخ فكرة قديمة، فأول من طرحها العالم الرياضي الفرنسي "بارون جون باتيس فوري"BaronJeanBaptistFourier عام 1827، حيث قال:" إن الغلاف الجوي للكرة الأرضية يحتبس حرارة الشمس بنفس الطريقة التي يحتجز بها الغلاف الزجاجي الحرارة في بيوت النباتات"،[2] وكمية الحرارة المحتبسة تعتمد على معدل غازات الاحتباس الحراري، وأهم هذه الغازات ثاني أكسيد الكربون الميثان، أكسيدالنتروز ومركبات الكربون الفلورية الكلورية، وكلما زادت نسبة غازات الاحتباس الحراري في الغلاف الجوي[3]، كلما أصبحت الكرة الأرضية أكثر حرارة.

1.2 التغير الطبيعي للمناخ:

مصدر طاقة النظام المناخي هو الإشعاع الشمسي، وفي المتوسط يتلقى كل 1 م^2 من الأرض في حدود 342 واط من أشعة الشمس، وينعكس 31 % منها بواسطة الغيوم والغلاف الجوي وسطح الأرض، أما الباقي ومقداره 235 وات/م^2، فيسخن الغلاف الجوي كما يسخن معظمه والبالغ في حدود 168 وات/م^2 الأرض ويعيد سطح الأرض الحرارة إلى الجو عن طريق إصداره للأشعة تحت الحمراء[4]، ويحافظ هذا التبادل الحراري بين الأرض والجو على درجة حرارة بحدود 14 درجة مئوية قرب سطح الأرض، وتتناقص هذه الحرارة مع الارتفاع في الجو لتصبح (- 58 م°) عند نهاية طبقة التروبوسفير، ومن أجل الحصول على مناخ مستقر يجب أن يكون هناك توازن بين الأشعة الداخلة والخارجة، ولذا يجب على الأرض أن تصدر 235 وات/ م^2 إلى الفضاء[5].

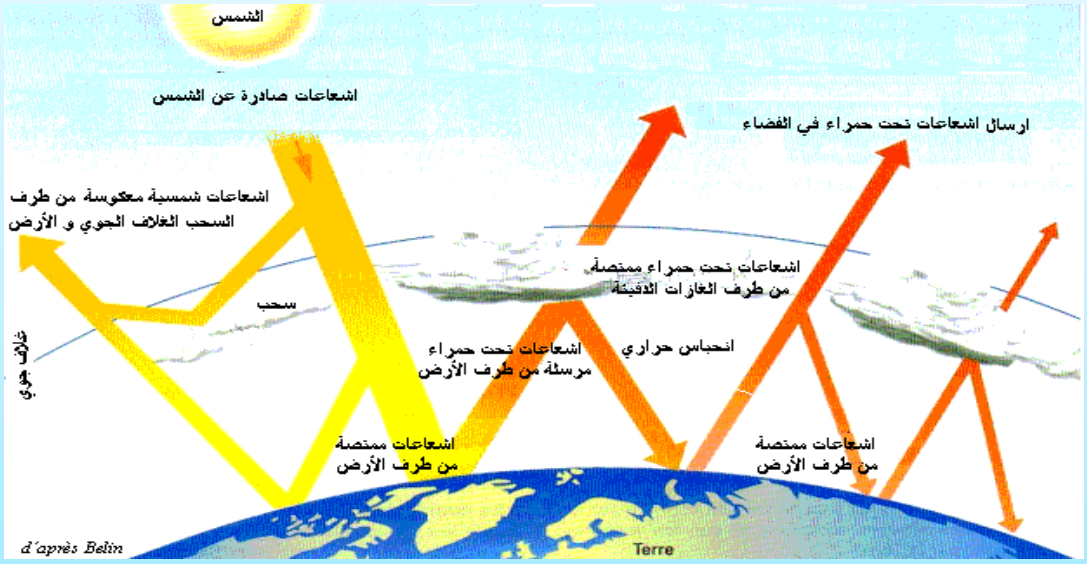
2.2 الاحتباس الحراري الطبيعي:

تتباين آراء العلماء تباينا كبيرا، حول التغيرات المناخية التي يمكن أن تحدث في الكرة الأرضية حيث يعتقد البعض أننا مُقبلون على عصر جديد، بسبب زيادة التلوث بالشوائب، والجسيمات العالقة، مما يسبب زيادة انعكاس الإشعاع الشمسي الداخل إلى الأرض، وإعادته مرة أخرى إلى الفضاء الخارجي، قبل وصوله إلى سطح الأرض[6]. كما هو موضح في الشكل (1)، أما البعض الآخر، فيعتقد حدوث تراكم لغازات الاحتباس الحراري (أكاسيد الكربون، أكاسيد النتروجين)، في طبقة الستراتوسفير[7]، مما يعيق نفاذ الأشعة الشمسية المنعكسة من سطح الأرض، حيث أن لها القدرة على امتصاص الإشعاع الشمسي الحراري ذي الموجة الطويلة (الأشعة تحت الحمراء)[8].

وبذلك تبقى حبيسة حول الأرض، مما يرفع درجة حرارة الكون[9] ويطلق على هذه الظاهرة، تأثير الصوبة الزجاجية[10]، وتُشع بعض الحرارة التي تصدرها الأرض مرة أخرى في الفضاء. ولو كان الأمر مقتصرًا على ذلك فقط لكان متوسط درجة حرارة الأرض (-18) درجة مئوية، أي أكثر برودة بمقدار 33 درجة مئوية عما هو عليه الحال الآن. بل إن ذلك يعد أكثر برودة مما كان عليه الحال في أعماق العصور الجليدية، وقد ثبت ارتفاع ثاني أكسيد الكربون في الجو، منذ بداية الثورة الصناعية، كما رأينا سابقا.

كما ارتفعت مستويات غازات الاحتباس الأخرى، مثل غاز الميثان وأكسيد النتروجين، والفلوروكلوروكربون(C.F.C)[11]، وأول أكسيد الكربون، فخطورة هذه الغازات، برغم قلتها مقارنة بثاني أكسيد الكربون، إلا أن قدرتهاعلى الاحتفاظ بالحرارة كبيرة جدا، حيث يحتفظ جزء أكسيد النتروجين بما يعادل 250 ضعفا من الحرارة،مقارنة بحرارة أكسيد الكربون، ويحتفظ جزء الميثان بحوالي 20 ضعف مقارنة بثاني أكسيد الكربون[12].

الشكل (1): كيفية حدوث ظاهرة الاحتباس الحراري



المصدر: المركز الوطني لبيانات المناخ التابع للإدارة الوطنية للمحيطات والغلاف الجوي،الولايات المتحدة الأمريكية،www.america.gov/st/energy//ديسمبر2015

2.3 تداعيات تغير درجة حرارة الأرض:

إن علماء المناخ يتوقعون أن ترتفع درجة حرارة الجو بمقدار درجتين أو ثلاث درجات بحلول عام 132050 مما سيؤدي من دون شك إلى انصهار جزء من طبقات الجليد التي تغطي القطبين الشمالي والجنوبي للأرض، وإلى انصهار الجليد المغطي لقمم الجبال في بعض المناطق، مما سيؤدي إلى ارتفاع مستوى سطح الماء في البحار والمحيطات، وإلى إغراق كثير من حواف القارات بما عليها من مدن ومنشآت، ففي عام 2030 يُتوقع زيادة منسوب مياه المحيطات بحوالي 20 سم وتصل هذه الزيادة إلى 65 سم مع نهاية القرن القادم، كما أن الشواطئ والدلتا في كثير من دول العالم سوف تُغمر بالمياه كنتيجة لزيادة منسوب مياه البحار والمحيطات، كما أن المياه الجوفية سوف تتلوث نتيجة لزحف مياه البحار وكذلك الأراضي الزراعية فكثير منها ستفقد صلاحيتها للزراعة نتيجة لزيادة الملوحة كما أن توزيع سقوط الأمطار سوف يختل فتعاني بعض المناطق لذلك من الجفاف بينما تعاني مناطق أخرى من السيول، ونتيجة لذلك فإنه سوف يتأثر الإنتاج العالمي للمحاصيل الزراعية، وتحدثالمجاعات، كما أن الثروة السمكية ستتأثر بفعل غمر الشواطئ، وعليه فإن النظام البحري سوف يختل بوجه عام وصار العالم مُهددٌ في أمنه الغذائي.

3. الآثار الاقتصادية لظاهرة تغير المناخ.

في الوقت الذي يزداد فيه الطلب على مصادر الطاقة الأحفورية، سواء في الدول الصناعية المتعطشة لها أو البلدان النامية، فإن معدلات استهلاك الفرد من الطاقة قد ازدادت بسبب ارتفاع المستوى المعيشي للفرد، فزادت معدلات انبعاث غاز ثاني أكسيد الكربون المرتبط أساساً بإنتاج واستخدام الطاقة، كانت هناك علاقة مباشرة بين النمو الاقتصادي ومعدلات الانبعاثات

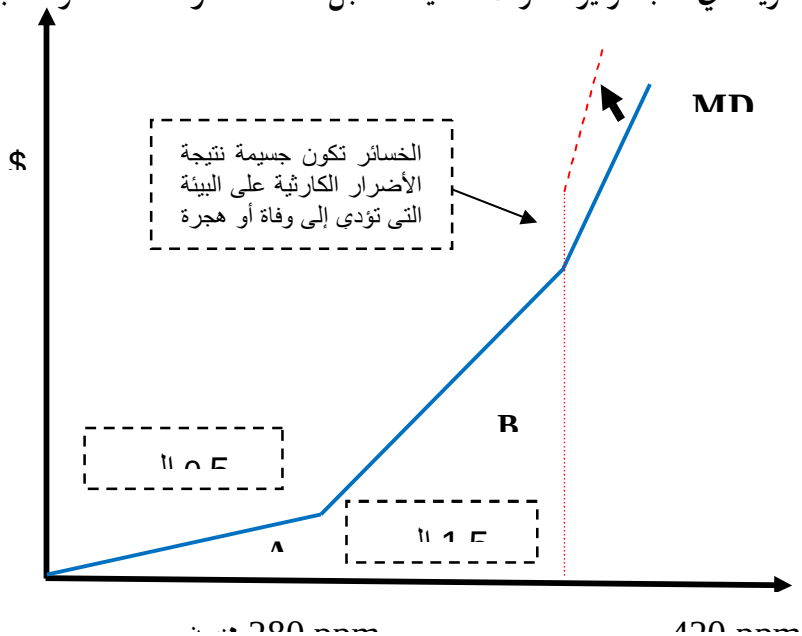
من غازات الاحتباس الحراري، إلا أن هذه العلاقة تتأثر بمدى كفاءة استخدام الطاقة ونوعية موارد الطاقة المستخدمة من حيث محتواها من الكربون[14]، الى جانب هيكل النشاط الإقتصادي وكثافة استخدام الطاقة.

إن ارتفاع درجة حرارة الكرة الأرضية له دواع قد يكون من الصعب تقبلها في وقت يشكل فيه النفط والغاز الطبيعي أهم مصادر الطاقة، خاصة في البلدان الصناعية المتعطشة للطاقة، ويعتمد اقتصادها اعتماداً كليا على هذه المصادر الأحفورية. فمن هنا ينبغي الاهتمام بالجانب الاقتصادي لظاهرة الاحتباس الحراري[15]، خاصة الآثار الاقتصادية المترتبة عن الظاهرة، لأنه في حالة عدم القدرة على مواجهة هذه الظاهرة، فإن العواقب خاصة الاقتصادية منها، ستكون وخيمة، وتفوق المنافع الاقتصادية الآنية.

1.3 الخسائر الاقتصادية المتوقعة نتيجة التغيرات المناخية:

من دون شك فإن التغيرات المناخية ازدادت لما كان للإنسان دوراً في ذلك من خلال استخدامه المفرط لمصادر الطاقة الأحفورية، التي تنبعث منها غازات الاحتباس الحراري، وقد تطرق الإقتصاديون من جهتهم بدراسة التداعيات الإقتصادية لهذه الظاهرة، من أجل حساب التكاليف التي تسببها هذه الظاهرة، والتنبؤ بما قد يترتب عن زيادة درجة الحرارة على سطح الأرض، هذا النموذج يحدد خسائر غازات الدفيئة ويدعى هذا النموذج بـ (TheGreenhouse Damage Cost Function)[16]، وينطلق من قاعدة أساسية وهي بأن زيادة درجة الحرارة على سطح الأرض سوف تؤدي لا محالة إلى أضرار مادية وبشرية، من الممكن حسابها والتنبؤ بها وفق دالة رياضية، تدخل فيها معاملات تُستخدم لتقدير كافة الأضرار الطبيعية وتكلفة انتشار الأمراض والأوبئة الفتاكة والزيادة في معدل الوفيات الناتجة عن الزيادة في درجة الحرارة، وغيرها من المعاملات ذات الدلالة الاقتصادية التي تنتج عن تغير المناخ. وقد تم التوصل إلى بعض الاستنتاجات، أهمها هو أنه لا ينبغي البقاء مكتوفي الأيدي دون عمل شيء، لأن ذلك سيكلفأكثر، فالخسائرباهظةويجب التدخل للتخفيف أو الحد من تفاقم انبعاثات الغازات الدفيئة، وقبل أن تتضاعف هذه التكلفة ويصبح من الصعب تحملها[17]. ومن خلال الشكل رقم (2) الذي يبين العلاقة بين تركيز غازات الدفيئة (GHGs) في الغلاف الجوي[(18)]، الممثلة بالجزء لكل مليون CO2 (ppm) المكافئ، والخسائر المادية ممثلة بالدولار التي ستسببه[19]، حيث أن هذه الدالة في الشكل تعتمد على المعدل التراكمي للغازات الموجودة في الغلاف الجوي لفترة طويلة .

الشكل (2): الزيادة في نسبة تركيز الغازات الدفيئة مقابل التكلفة المتوقعة للخسائر الناتجة عن هذه الزيادة



Source : Hussein, Ahmed, Principles of Environmental Economics, Chapter 7, Routledge London, 2004.

فالخط العمودي في الشكل يبين الخسائر معبر عنها بالدولار، ويجب التنويه هنا إلى أن القيمة الحقيقية المتوقعة بسبب هذه الزيادات في درجة الحرارة صعب حسابها وخاصة أن بعض الخسائر تتمثل في انقراض بعض أنواع الكائنات، والتي لا يمكن تقديرها بثمن.

والشكل مقسم إلى ثلاث أجزاء، فالجزء A والذي يبدأ من قَبل الثورة الصناعية إلى يومنا هذا، فكما ذكرنا مسبقا فإن تركيز ثاني أكسيد الكربون قد ارتفع من ppm280إلىppm420،وصاحب هذه الزيادة ارتفاع في درجة الحرارة تراوح بين0.5إلى0.8درجة مئوية، وكما هو مبين في الجزء B فإن تركيز غازات الدفيئة سيصل إلىppm550 وذلك في سنة 2050[20]، وسترتفع درجة الحرارة بين1.5إلى 4 درجات مئوية. كما يمكن ملاحظة أنه بالرغم من أن نسبة الزيادة في تركيز غازات الدفيئة متقاربة نوعا ما بالنسبة للفترتين (حوالي ppm130)، إلا أن الارتفاع في درجة الحرارة خلال (B) فترة ما بعد الثورة الصناعية هي أكبر من الفترة (A)، وذلك لأن الزيادة في تركيز الغازات كما ذكرنا مثل ثاني أكسيد الكربون هي تراكمية بسبب طول دورتها في الغلاف الجوي التي قد تصل إلى مائتي سنة وبالتالي فإن الأضرار والخسائر تزداد في فترة ما بعد الثورة الصناعية، وحسب الشكل فإن الخسائر تكون باهظة لما يفوق تركيز الغازات الدفيئة الppm550،بسبب زيادة حدة الكوارث على الغابات والمدن الكبيرة.رغم أنه لا يمكن إيقاف الزيادة في نسبة تركيز غازات الدفيئة في الغلاف الجوي، لأنها نتيجة عملية تفاعلات طبيعية ضرورية لحياة جميع الكائنات، إلا أنه بالإمكان التحكم في التفاعلات والأنشطة الصناعية وتقليص تركيز هذه الغازات في الجو، والتي أضافها الإنسان بسبب الاستخدامات المفرطة للوقود الأحفوري.

وإذا ما تم تقليص أو التحكم في نسبة انبعاثات غازات الدفيئة، خاصة ثاني أكسيد الكربون فسيؤدي ذلك إلى خفض التكلفة الاقتصادية بالدولار.

2.4 التأثيرات الاقتصادية لتغير المناخ وفق تقرير" ستيرن"(The Stern Review):

جاء التقرير من700صفحة وقد أعده الخبير الاقتصادي السابق لدى البنك الدولي السير نيكولاس ستيرن وفقا لتوجيهات من الحكومة البريطانية، ويعد تقرير اللورد ستيرن والصادر في30أكتوبر2006، أحد المراجع العلمية في تقدير الأبعاد والتداعيات الاقتصادية لظاهرة الاحتباس الحراري، وقد سلط فيه الضوء على الفواتير المالية التي يمكن أن يدفعها الاقتصاد العالمي في حال فشل المعالجات القائمة لمخاطر تغير المناخ، وحيث أنه أطلق على تغير المناخ اسم" أشنع إخفاق شاهدته أسواق العالم على الإطلاق"[21]، فقد وُصف هذا التقرير بأنه أقوى صرخة تُطلق للدعوة إلى تبني سياسات حكومية دولية صارمة ومنسقة لتشجيع الانخفاض في غازات الاحتباس الحراري[22].

وفي أوائل سنة2007 قام العلماء التابعون لهيئة الأمم المتحدة الحكومية المشتركة حول تغير المناخ بإعادة التأكيد على إجماع الرأيالعلمي، وبنسبة أكثر من90 %من اليقين، بأن تغير المناخ جارٍ بسبب ما اقترفه البشر.والهدف من التقرير هو إقناع متخذي القرار من السياسيين بضرورة اتخاذ التدابير اللازمة للمنع أو الحد من هذه الخسائر، وقد أوصى تقرير ستيرن بالتوصيات التالية[23]:

- ✓ تعتبر الزيادة في كمية انبعاث الغازات الدفيئة خاصة ثاني أكسيد الكربون، وزيادة تركيزها في الغلاف الجوي هي السبب في ارتفاع درجة الحرارة بمقدار0.5درجة مئوية؛
- ✓ إذا لم يتم اتخاذ التدابير اللازمة لتقليص نسبة انبعاث غازات الدفيئة، فإنه يُتوقع بنسبة75% أن ترتفع درجة حرارة الأرض بمقدار 2 إلى 3 درجات مئوية في الخمسين سنة القادمة؛

- ✓ من المحتمل بما نسبته 50 % بأن ترتفع درجة الحرارة بمقدار5درجات مئوية؛

وقد أشار التقرير إلى الأضرار المصاحبة للزيادة في درجة الحرارة، حيث سيؤدي ذوبان الثلوج إلى ارتفاع مستوى الماء في البحار والمحيطات، وبالتالي سيتسبب ذلك في حدوث فيضانات ستقضي على المحاصيل والمنتجات الزراعية، مما ستؤدي إلى تشريد أكثر من 200 مليون نسمة بصورة نهائية، وانقراض ما يقرب 40% من أنواع من الحيوانات والكائنات الحية، وسيؤدي ارتفاع درجات الحرارة إلى المزيد من الكوارث الطبيعية مثل الأعاصير والتقلبات المناخية الحادة.أما الآثار الاقتصادية وفق تقرير ستيرن فقد جاءت كما يلي[24]:

- ✓ الانخفاض في معدل إجمالي الناتج المحلي بنسبة 1 %؛
- ✓ إن الزيادة في درجة الحرارة بمقدار 3 °م، ستؤدي إلى نقص الإنتاج الاقتصادي العالمي بقيمة 3% ؛
- ✓ بينما إذا ارتفعت درجة الحرارة بمقدار 5م°، فإن10%من الإنتاج الاقتصادي العالمي سيُفقد، وستكون هذه النسبة أعلى من 10 %في الدول الفقيرة؛
- ✓ وفي أسوأ الأحوال فإن معدل الاستهلاك للفرد عالميا سينخفض بنسبة 20 %؛
- ✓ ومن أجل تفادى هذه العواقب لابد من تثبيت نسبة انبعاث الغازات الدفيئة للعشرين سنة القادمة، ثم يتم تقليصها بنسبة 1% ثم 3 % بعد ذلك، وسيكلف هذا حوالي 1% من إجمالي الإنتاج المحلي؛

ومن أجل تفادي تلك الخسائر المتوقعة يوصى التقرير بضرورة اعتماد الإجراءات التالية[25]:

- ✓ التخفيض من طلب المستهلكين من المنتوجات والخدمات التي ترفع من نسبة تركيز غازات الدفيئة في الغلاف الجوي؛
- ✓ تحسين كفاءات مصادر الطاقة؛
- ✓ سن القوانين التي تحد من تقلص تدهور الغابات وتقليصها؛
- ✓ تقليص الاعتماد على طاقة الوقود الأحفوري بنسبة40%في سنة2050، من خلال توفير الدعم الازم لبرامج ومشاريع الطاقة الجديدة والمتجددة.

3.3 التحديات الاقتصادية لظاهرة تغير المناخ وفق دراسة نورداس(Nordhaus Study):

- ✓ يعد نورداس من بين أشهر الأساتذة الاقتصاديين في العالم، وهو أستاذ بجامعة ييل (Yale) الأمريكية قام وزملائه بدراسة التغيرات المناخية والتداعيات الاقتصادية المصاحبة لها، ونشرت هذه الدراسة سنة 2007، وهي مكونة من 253 صفحة، في شكل تقرير مفصل عن التداعيات والنتائج الاقتصادية لبعض النماذج من أجل الحد أو تفليص نسبة انبعاث ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي للقرنين القادمين، وقد سميت الدراسة بـ (DICE-2007)[26]. انطلقت الدراسة بفرضية أن العالم لا يتخذ أي إجراءات احترازية لتقليص الانبعاثات من ثاني أكسيد الكربون، أي أن تركيزه في الغلاف الجوي يفوق ppm280 لمرحلة ما قبل الثورة الصناعية، ويبلغ pmm380 حالياً، وسيصل الى ppm685 خلال سنة 2100، وستصل الزيادة في درجة الحرارة حينها الى 2.4درجة مئوية ووفق نموذجه فإن الخسائر المالية ستصل إلى 22.6 تريليون دولار أمريكي تظم الخسائر الزراعية والخسائر المترتبة عن زيادة مستوى سطح البحر، من فيضانات وخسائر بشرية وكل ما ينتج من خسائر عن الكوارث الطبيعية.

- ✓ وانطلاقا من توقعات ستيرن ومقترحات نائب الرئيس الأمريكي السابق آلغور، جاء في الدراسة أنه يمكن تقليص تكلفة الأضرار المصاحبة للتغيرات المناخية بقيمة 12 تريليون دولار لتكلفة قيمتها 34 تريليون دولار[27]، انطلاقا من قاعدة آلغور والتي تنص على ضرورة التقليص المستمر لكمية الغازات الدفيئة بنسبة تصل إلى 90% الى غاية سنة 2050، وتطبيق الضريبة على ثاني أكسيد الكربون التي تصل إلى 300 دولار لكل طن من ثاني أكسيد الكربون خلال العشرين سنة القادمة لتصل في عام 2050إلى ما بين 600إلى800 دولار.
- ✓ وأكد التقرير على أن هذه الضريبة ستزيد من سعر الكهرباء التي تعتمد على الوقود الأحفوري بمقدار 150% وترفع من الضريبة في الاقتصاد الأميركي بـ2 مليار دولار، إلى جانب ذلك فإن تكلفة خفض الانبعاثات التي جاءت وفق تقرير ستيرن تفوق المنفعة الاقتصادية بحوالي 14 تريليون دولار أي 27-13=14، مما يجعلها غير مجدية.
- ✓ وبالتالي يقترح نورداس وفريقه أن الحل الأمثل هو فرض ضريبة ثاني أكسيد الكربون بقيمة 34 دولار لكل طن من الكربون انطلاقاً من سنة 2010، ثم تصل إلى 42 دولار للطن سنة 2015، ثم 90 دولار للطن عام 2050و207 دولار للطن عام 2100، وقد أجريت هذه الحسابات بحيث كل زيادة بـ10 دولار ستؤدي إلى زيادة سعر الطن من الكربون بنسبة 40%من قيمته الحالية (25 دولار للطن)، بحيث تؤدي إلى زيادة الوقود بقيمة4سنتات للجالون من الوقود، في حين أن ضريبة300دولار للطن من الكربون ستؤدي إلى زيادة سعر الجالون من الوقود بقيمة1.2دولار.
- ✓ ووفق هذه الدراسة فإن خفض الأضرار الاقتصادية بقيمة 5.2 تريليون دولار سيكلف 2.2 تريليون دولار في القرن القادم. كما يوضح التقرير بأن التصور الأمثل من حيث التكلفة الاقتصادية، هو ذلك الذي يحث على استخدام ما يسمى بتقنية (Zero-carbon)، حيث تُقدر تكلفتها بـ17تريليون دولار، والتي سيلجأ إليها الكثيرون في حالة ارتفاع ضريبة الكربون المقترحة للحد من انبعاث الكربون والغازات الدفيئة.

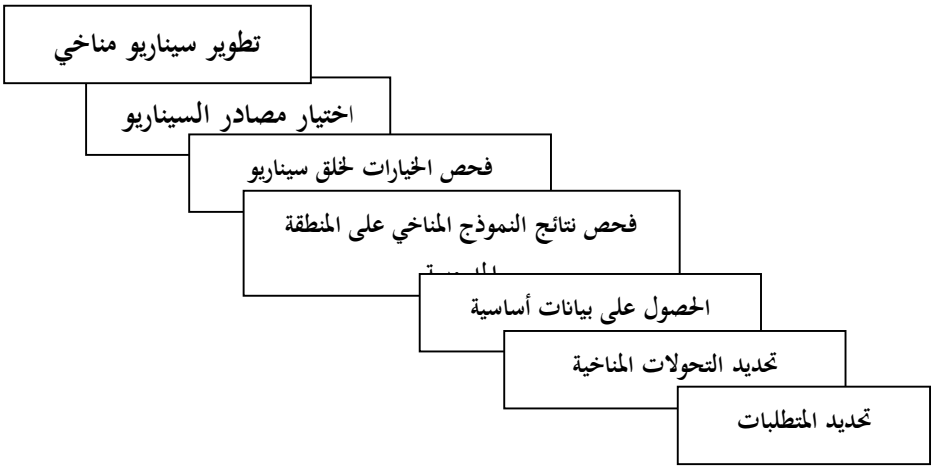
كما يحث التقرير على دعم وتثمين كل الاختراعات التي من شأنها تصنيع تقنيات لا تعتمد على الوقود الأحفوري، والذي يعد أهم مصادر التلوث الكربوني، مثل الاختراعات المتعلقة بالخلايا الشمسية ذات الكفاءة العالية.

4. سيناريوهات تغير المناخ.

السيناريو مجموعة من الخيارات المستقبلية، يتم استخدام السيناريوهات لتقدير النتائج المحتملة مستقبلا ومدى استجابة الأفراد والمؤسسات لها[28].وفي مجال المناخ فإن السيناريوهات تستخدم نظرا لحالة عدم التأكد التي تحيط بتغير المناخ على جميع المستويات المحلية والإقليمية والدولية، بشرط أن تبنى هذه السيناريوهات على معطيات ومتغيرات مفهومة فيزيائياً وذات علاقة بالتأثير البشري على المناخ.

ومن أجل إنشاء سيناريو للتغيرات المناخية لابد من توفر بيانات عن هذه المتغيرات، إما برصدها أو تسجيلها، أو استنتاجها من نموذج مناخي، وتتوفر المعلومات عن المناخ العالمي عادة لدى المنظمة الحكومية لتغير المناخ PCC وفيما يلي الخطوات الأساسية لتطوير سيناريو تغير المناخ:

الشكل (3):خطوات تطوير سيناريو تغير المناخ



المصدر: آمارتيا سن، المناخ والتغير المناخي، الموسوعة الجغرافية، بتاريخ2015-07-25،www. 4geography.com، ص، 15

1.4 أنواع سيناريوهات التغيرات المناخية:

هناك أنواع متعددة لسيناريوهات تغير المناخ العالمي، نذكر منها ما يلي:

1.1.4 سيناريوهات التغير العفوي (الاعتباطي) للمناخ: ArbitraryChange

وهي تغيرات في المتحولات الرئيسية المختارة من أجل اختبار مدى حساسية نظام ما للتغيرات المحتملة في المناخ، وهي على شكل تغيرات سنوية منتظمة من حيث المتحولات، كالتحول في درجة الحرارة مثلا، وكميات الهطول، على مدى فصول مختلفة، وتفيد هذه السيناريوهات في اختبار حساسية النظم للتغير في متحولات منفردة.

2.1.4 سيناريوهات التغير المناخي المماثلة: AnalogueChange

وهي عملية استنتاج المناخ القديم من بيانات سابقة مسجلة لهذا المناخ، أو من إعادة بناء هذا المناخ، ويحتوي السجل الآلي على بيانات يومية لحالة الطقس على مدى عدة عقود، ويتم الحصول على هذه السجلات من كل محطة رصد مناخي، لكي تعطي صورة أكثر مصداقية للنماذج المناخية، كما تقدم هذه البيانات حالات الطقس المتطرفة، إلا أن نقص المحطات خاصة في إفريقيا يعيق إعادة بناء نماذج مناخية قديمة من خلال الرجوع إلى آلاف السنين إلى الوراء[29].

3.1.4 سيناريوهات مبنية على نماذج مناخية: Climatemodelbased

النماذج المناخية هي تمثيل رياضي للمناخ، رغم حالة عدم التأكد، إلا أنها تبين التغير المناخي الناجم عن الإنسان، وهي نماذج ذات مستويات مختلفة محلية أو إقليمية أو عالمية، وتختلف النماذج العالمية بين البسيطة والمعقدة، كنماذج الدوران العامة الذي يأخذ بعين الاعتبار الجو والمحيطات وعلاقتهما ببعضهما البعض، ومع سطح الأرض. وقد تم تطوير نماذج دوران عام انتقالية تسمح بتمثيل تغير المناخ بدلالة الزمن.

4.1.4 سيناريوهات الإصدار للمنظمة الحكومية لتغيرالمناخIPCC:

تصف سيناريوهات المنظمة A1 المستقبل على أنه يتميز بالنمو الاقتصادي السريع مع زيادة في النمو السكاني للعالم يصل إلى ذروته في منتصف القرن الحادي والعشرين ثم ينحدر بعد ذلك، مع دخول تكنولوجيات جديدة أكثر كفاءة، وتعتمد هذه السيناريوهات على فرضية التقارب بين مختلف مناطق العالم من حيث بناء القدرات وزيادة التفاعل الاقتصادي والثقافي والاجتماعي، وانخفاض كبير في التفاوت في الدخل، وتنقسم سيناريوهات A1 إلى 3 مجموعات، تصف اتجاهات لبدائل استخدام

الطاقة في المستقبل وهي: A1FI حالة الاستخدام الكثيف للوقود الأحفوري؛ وA1T لمصادر الطاقة غير الأحفورية؛ وA1B للتوازن بين مصادر الطاقة وعدم الاعتماد الكلي عليها.

أما سيناريوهات A2 فتصف عالماً شديد التباين يفترض الاعتماد الذاتي والحفاظ على الهوية المحلية وتتقارب معدلات نمو السكان من بعضها في مختلف المناطق ببطء شديد، وبالتالي زيادة سكانية مستمرة، أما التنمية الاقتصادية فهي حسب كل منطقة، ويكون دخل الفرد والتقدم التكنولوجي أبطأ من السيناريوهات الأخرى.

أما سيناريوهات B1 فتصف عالماً يقترب من بعضه بعضاً بعدد السكان، كما هو في A1 يصل إلى ذروته ثم يتناقص، مع تغير سريع في البنى الاقتصادية، نحو مجتمع الخدمات والمعلوماتية، وانخفاض في استهلاك المواد وإدخال تكنولوجيات نظيفة، ذات كفاءة عالية، مع التأكيد على حلول عالمية للتنمية المستدامة الاجتماعية والاقتصادية والبيئية.

أما سيناريوهات B2 فتفترض عالما يؤكد على الحلول المحلية للاستدامة البيئية والاقتصادية والاجتماعية، وهو عالم يزداد فيه عدد السكان باستمرار بمعدل أقل من A2 وبمعدل متوسط من التنمية الاقتصادية وتطور تكنولوجي أقل سرعة إلا أنه أكثر تنوعا من B1 وA1، مع التركيز دوما على الحلول المحلية.إن هذه السيناريوهات المختلفة لا تتبنى في أي منها بتنفيذ الالتزامات المحددة وفق بروتوكول كيوتو للحد من انبعاثات الغازات الدفيئة.

2.5 سيناريو تخفيف آثار تغير المناخ "450" جزءا في المليون» لوكالة الطاقة الدولية:

صدر تقريراً عن وكالة الطاقة الدولية خلال السبع سنوات الأخيرة في شكل مقارنة، بين السيناريو المرجعي لتوقعات الوكالة، وسيناريو آخر يبرز الجهود العالمية المبذولة للتخفيف من آثار التغيرات المناخية، وقد اعتُبرت هذه المقارنة بمثابة توقعات الطاقة العالمية استند إليها السيناريو المرجعي للوكالة، حيث جاءت بعنوان" كيف يمكن أن يساهم قطاع الطاقة في اتفاقية المناخ في كوبنهاجن"[30].

جاء في التقرير بأن قطاع الطاقة يعد أكبر القطاعات المتسببة في انبعاثات ثاني أكسيد الكربون بما يعادل ثلثي الانبعاثات، كما تساهم سياسة تحسين كفاءة الطاقة على المستوى العالمي في الخفض من الانبعاثات بما يقارب 57%، حيث جاء في سيناريو 450 جزء في المليون للوكالة، وهو سيناريو تخفيف آثار تغير المناخ، أن الانبعاثات ستصل إلى 26.4جيغاطن بحلول عام 2030، بانخفاض قيمته 13.8جيغاطن عن السيناريو المرجعي للوكالة وستساهم مصادر الطاقة المتجددة بنحو 20% في هذا الانخفاض، كما يُتوقع بأن الطاقة النووية، واحتجاز الكربون وتخزينه، والوقود الحيوي، ستشكل مجتمعة النسبة الباقية أي 80 %.لكن في الوقت ذاته نبهت الوكالة بأن التوجهات الحالية غير مستدامة، وأنه حان الوقت لإحداث نقلة عالمية للتكنولوجيات المنخفضة الكربون، لكنها من جهة أخرى أهملت أولوية إيجاد حلول لإشكالية تغير المناخ.

3.4 التوقعات وفق السيناريو المرجعي للوكالة:

الدراسة التي جاءت بها الوكالة وفق هذا السيناريو، قد أخذت بعين الاعتبار التباطؤ الاقتصادي والسياسات الحكومية غير المجدية التي اعتمدتها خلال السنوات الأخيرة، من أجل الحد من انبعاثات غازات الاحتباس الحراري ففي هذا السيناريو انطلقت الوكالة من فرضية عدم تنفيذ السياسات التي لا تزال حاليا لم تجسد بعد، ولا زال النقاش حول أهدافها لم يراوح مكانه، ولم ترقى إلى سياسات فاعلة لمواجهة الاحتباس الحراري بعد.

4.4 توقعات سيناريو تخفيف آثار تغير المناخ للوكالة:

ينطلق هذا السيناريو من فرضية أن هناك جهد مبذول في وضع وتنسيق السياسات العالمية التي من شأنها أن تؤدي إلى استقرار تركيز جميع الغازات الدفيئة في الغلاف الجوي، عند مستوى 450 جزءا في المليون من مكافئ ثاني أكسيد الكربون بحلول عام 2050، بينما في السيناريو المرجعي، فالتركيز يصل إلى 1000 جزء في المليون[31] حيث تؤكد الوكالة أن التركيز الأقل سينجم عنه زيادة درجة الحرارة العالمية، لكن بدرجتين مئويتين فقط، لكنها لم تحدد خط الأساس.

إلى جانب ذلك فتقرير الوكالة سلط الضوء على توقعات الاستثمارات المطلوبة ضمن سيناريو تخفيف آثار تغير المناخ، حيث يفترض التقرير تنفيذ مجموعة من الحلول، بما في ذلك تحديد سقف ونظم مقايضة الانبعاثات، في البلدان الصناعية والبلدان السريعة النمو، وتشمل المجموعة الثانية البرازيل والصين والشرق الأوسط، وروسيا وجنوب إفريقيا، كذلك يفترض التقرير أن هناك بلدان أخرى ستسعى لمعالجة تغير المناخ، ولكن ليس عبر تحديد سقف ونظم مقايضة الانبعاثات.

ويؤكد تقرير الوكالة أن المحور الرئيسي في سياسية مواجهة تغير المناخ والطاقة النظيفة في العالم، ينبغي أن يتم التركيز على ثلاث استراتيجيات وهي؛ الإسراع في نشر الطاقة النظيفة، وإزالة الكربون من نظام الطاقة العالمي وتحسين كثافة الطاقة في الاقتصاديات الوطنية، وتوفير التمويل والتكنولوجيا اللازمين لدعم النمو الاقتصادي المستدام والنظيف في دول العالم النامية.

5.4 أولوية الاستثمار في تكنولوجيات الطاقة النظيفة وفق سيناريو 450جزءا في المليون:

وفقا لسيناريو 450 جزءا في المليون، ترى الوكالة أن هناك حاجة إلى استثمار ما يقرب من 10.5 تريليون دولار إضافية على مدى عقدين من الزمن، أو 500 مليار دولار سنويا، لسد الفجوة في الاستثمار وتسريع الابتكار وتحقيق طفرات في مجال تكنولوجيات الطاقة النظيفة[32]، هذه التوصية تستند إلى حجم التحدي التكنولوجي الذي يتطلب أن تلعبه الطاقة الشمسية، وغيرها من مصادر الطاقة المتجددة، بحوالي 1800جيغاواط من حجم قدرة توليد الكهرباء، أما باقي مصادر الطاقة منخفضة الكربون فتمثل نحو 4000جيغاواط بحلول عام 2030، تمثل ارتفاعا بأقل من 250جيغاواط ونحو 1300جيغاواط من قدرة توليد الكهرباء على التوالي، في سنة الأساس 2007.

ويرى التقرير أن التوفير في استهلاك الطاقة، من شأنه أن يعوض عن 8.3 تريليون دولار من الاستثمارات الإضافية على مدى 20 عاما في المباني، الصناعة والنقل. إن إجمالي الاستثمارات التي تتطلبها الفترة الممتدة بين 2010 إلى غاية 2030، تتطلب حوالي 606 تريليون دولار، بما في ذلك الطاقة المنخفضة الكربون (بما فيها الطاقة النووية والمائية) حيث أن72% من تلك الأموال ستصرف على توليد الطاقة المتجددة.

5. خلاصة

إن الاستهلاك المفرط لمصادر الطاقة الأحفورية نتج عنها زيادة لا مثيل لها على الإطلاق في حجم انبعاثات غازات الدفيئة (الاحتباس الحراري) في الغلاف الجوي، عن ذلك المستوى الذي كان عليه قبل بداية الثورة الصناعية، مما أدى إلى احتباس الحرارة داخل الغلاف الجوي، متسببة في احترارٍ للأرض لم تشهد له البشرية مثيلاً، محدثاً بذلك تغيراتٍ في المناخِ العالميِ.

وعلى غرار هذا التدخل البشري من خلال حرق الوقود، هناك عوامل أخرى طبيعة المنشأ ساهمت هي أيضاً في زيادة هذا الاحترار، وقد بدأت تداعيات هذه الزيادة في درجة الحرارة تتجلى، كذوبان الغطاء الجليدي في القطبين، وزيادة حرارة مياه البحار، وارتفاع منسوبها، ..الخ.

وقد أظهرت الدراسات الاقتصادية رغم قلتها، أنه بالإمكان التنبؤ بالأضرار المتوقع حدوثها نتيجة التغيرات المناخية، من خلال نموذج رياضي على سبيل المثال يأخذ بعين الاعتبار جملة من العوامل؛ كتكلفة الكوارث الطبيعية وخسارة الأراضي الزراعية وتدهور المدن، إلى غير ذلك من العوامل، وتشير هذه الدراسات إلى أن الخسائر ستكون وخيمة، وبالتالي لا يجب أن نبقى مكتوفي الأيدي، وعلينا جميعاً التدخل على الأقل من أجل التخفيف من حدة هذه الانبعاثات. لأنه من المحتمل جداً أن يصل تركيز غازات الدفيئة إلى 550 جزء في المليون بحلول عام 2050، وهذه أخطر السيناريوهات المتوقعة.

ويعتبر تقرير اللورد ستيرن، أحد المراجع المهمة في تقدير الأبعاد الاقتصادية لظاهرة الاحتباس الحراري، وقد أكد من خلاله على أن الزيادة في كمية انبعاث الغازات الدفيئة خاصة ثاني أكسيد الكربون هي السبب الرئيس في ارتفاع درجة حرارة الأرض إلى مقدار 0.5 درجة مئوية، وإذا لم تُتخذ التدابير اللازمة للتقليص من الانبعاثات، فإنه يتوقع بنسبة 75% زيادة ارتفاع درجة الحرارة من 2 إلى 3 درجات مئوية في الخمسين سنة القادمة. وأكد التقرير عن إمكانية ارتفاع درجة حرارة الأرض بـ5 درجات مئوية، منبهاً إلى الآثار الاقتصادية المتوقع حدوثها نتيجة ذلك؛ كانخفاض معدل الناتج الداخلي الإجمالي ونقص الإنتاج، مشيراً إلى أن الدول الأشد فقراً هي الأكثر تأثراً، ومن أجل تدارك تلك الخسائر يجب خفض الطلب على الطاقة وتحسين كفاءة مصادرها، وسنُ القوانينَ التي تَحُدُ من المظاهر السلبية اتجاه البيئة.

إلى جانب ذلك هناك دراسة لنورداس الذي قدم وزملائه تقريراً مفصلاً عن التداعيات والنتائج الاقتصادية لبعض النماذج للتخفيف من الانبعاثات، واعتمدت الدراسة على وضع خطة للتقليص من تكلفة الأضرار المرافقة للتغيرات المناخية، بقيمة 12 تريليون دولار وبتكلفة قيمتها 34 تريليون دولار، على أن يتم تخفيض الانبعاثات بنسبة 90 % إلى غاية 2050، مع تطبيق ضريبة على ثاني أكسيد الكربون بـ300 دولار لكل طن من ثاني أكسيد الكربون.

ومن بين أهم النتائج التي تم التوصل إليها من خلال بحثنا هذا، نذكر ما يلي:

- ❖ يُعَدَ التوازن البيئي توازناً للأنظمة البيئية، لكن تدخل الانسان من خلال استخداماته غير العقلانية لمصادر الطاقة الأحفورية، ساهم في زيادة حجم انبعاثات الغازات الدفيئة في الغلاف الجوي، فزاد احتباسه للحرارة، مما زاد الأرض احتراراً، مؤدياً ذلك إلى تغيُر المناخ العالمي، وحدوث الظواهر المناخية المتطرفة.
- ❖ لا شك في أن تغير المناخ حقيقة ثابتة، فبالإضافة إلى العوامل البشرية، هناك عوامل طبيعة ساهمت هي أيضا في استفحال ظاهرة تغير المناخ، وبالتالي يتأثر الإنتاج العالمي من المحاصيل الزراعية، وتحدثُالمجاعات، وستتأثر من دون شك الثروة السمكية بفعل غمر الشواطئ.

❖ من بين الآثار الاقتصادية لارتفاع درجة الحرارة، هو انخفاض معدل إجمالي الناتج المحلي بنسبة 1 % وأن أي زيادة في درجة الحرارة بـ3 درجات مئوية، ستؤدي إلى نقص الإنتاج العالمي بقيمة 3 %، أما إذا زادت بمقدار 5 درجات مئوية فإن 10% من الإنتاج العالمي سيُفقد، وأن أكثر المتضررين ستكون الأشد دول العالم فقراً وسينخفض معدل الاستهلاك الفردي بـ20 %. وحتى يتم تفادي ذلك كله يجب أن يتم تثبيت الانبعاثات خلال العشرين سنة القادمة، على أن يتم تخفيضها فيما بعد بنسبة 1 % ثم 3 %، وسيكلف هذا حوالي 1% من إجمالي الناتج الداخلي.

❖ يُعتبر سيناريو تخفيف آثار تغير المناخ "450 ppm" لوكالة الطاقة الدولية، أقرب للواقع من باقي السيناريوهات الأخرى، حيث يؤكد على أن قطاع الطاقة يعد أكبر القطاعات المتسببة في انبعاثات ثاني أكسيد الكربون بما يعادل ثلثي الانبعاثات، ويركز على أهمية مختلف سياسات في التخفيف والتكيف من آثار تغير المناخ، خاصة سياسة تحسين كفاءة الطاقة التي ستساهم في خفض الانبعاثات بما يقارب 57 % على المستوى العالمي.

❖ كما يرى السيناريو وأن الانبعاثات ستصل إلى 26.4 جيغاطن بحلول عام 2030، بانخفاض قيمته 13.8 جيغاطن عن السيناريو المرجعي للوكالة، وستساهم مصادر الطاقة المتجددة بنحو 20 % في هذا الانخفاض، كما يُتوقع بأن الطاقة النووية، واحتجاز الكربون وتخزينه، والوقود الحيوي ستشكل مجتمعة النسبة الباقية أي 80 %.

6. الهوامش والإحالات:

[1]- مُحَمَّد عبد الكريم علي عبد ربه ، مُحَمَّد عزت مُحَمَّد إبراهيم ، اقتصاديات الموارد و البيئة ، دار المعرفة الجامعية الإسكندرية، 2000 ص 291.

[2]-John Justus R. And MarrisseyWaynea, global climate change, CRS, library of congress, up dated, December 1992, p 2 .

[3]- Gregg Easterbrook, A Moment On the Earth, penguin, New Work USA, 1995 p.127.

[4]- عبد القادر عبد العزيز علي، التغيرات المناخية و أثرها على البيئة، ندوة الجغرافيا ومشكلات البيئة، الجمعية الجغرافية المصرية، 28،29 ، القاهرة، مصر، أفريل 1992

[5]- آمارتيا سن، تغير المناخ ومستقبل الطاقة، الموسوعة الجغرافية، بتاريخ: 2010/07/05، الموقع على الويب: www.geography.com،ص،4.

[6]- مُحَمَّد أمين عامر، مصطفى محمود سليمان، تلوث البيئة مشكلة العصر، دار الكتاب الحديث، الإسكندرية، مصر، 1999، ص، 177.

[7]- الستراتوسفير(أي المحيط ذو الطبقات): هي إحدى طبقات الجو العليا التي تعلو طبقةالتروبوسفيروتمتد من 12 كم إلى نحو 50 كم فوق سطح البحروهي طبقة من الهواء الرقيق تجتاحها الرياح العاتية إذ ينساب في قاعدتها نهران من التيارات الهوائية يجريان حول معظم الكرة الأرضية ويعرفان باسم تيارات الرياح المتدفقة. الهواء في هذه الطبقة جاف وصافي وبارد، حيث أن درجة الحرارة فيه ثابتة حوالي -5°، موقع الموسوعة الجغرافية: http://www.moqatel.com/openshare/Behoth/Gography11/.htm

[8] - ضاري ناسم العجمي، التغيرات المناخية وأثرها في البيئة، الاحترار العالمي، عالم الفكر،الكويت، المجلد 37، العدد2، أكتوبر 2008، ص،157.

[9]- جون جريبين، ظاهرة الصوبة، ترجمه أحمد مستجير، القاهرة، مصر، 1992، ص 301.

[10]- يسمح البيت الزجاجي بمرور ضوء الشمس خلال سقفهوحوائطه الزجاجية. تسخن طاقة الشمس النباتات وغيرها من الأشياء الصلبة داخل البيت الزجاجي. وتلك بدورها، تسخن الهواء. وتحدث نفس تلك العملية في الخارج أيضًا، إلا أن الهواء المسخن يرتفع ويستبدل بهواء أبرد. ونظرًا لأن البيت الزجاجي مكان مغلق، لا يستطيع الهواء المسخن الإفلات. ومن ثم تزداد السخونة في الداخل. وتحدث عملية شبيهة بذلك إلى حد ما مع الغلاف الجوي للأرض. حيث يمر ضوء الشمس خلال الغلاف الجوي الشفاف ويؤدي إلى تسخين الأرض والبحار. ويصبح الغلاف الجوي السفلي

ساخنًا نتيجة لملامسته للأرض والمحيطات الساخنة. أما الهواء ذاته فلا تسخنه الشمس.بالنسبة إلى الصوبة الزجاجية التي تزرع بها بعض النباتات الحساسة لانخفاض درجة الحرارة.

[11]- مادة cfc تبعث من صناعات متعددة، في مقدمتها الثلاجات وأجهزة التكيف، وأدوات الرش والرغاوى البلاستيكية والدهان، والمواد الطاردة للحشرات، إلى جانب الانفجارات النووية، والطيران المرتفع الأسرع من الصوت، يمكن الرجوع إلى، علي علي البنا، مرجع سابق، ص 47.الكلوروفلوركربون(CFCs)كانت هذه تستخدم في الماضي في تبريد الثلاجات. وأصبح استخدام غازاتالكلوروفلوركربون (CFCs) أو (FCKW)في الثلاجات ممنوعا في معظم دول أوروبا طبقا لاقتراحات البرلمان الأوروبي، ذلك بسبب ثبوت أن تفاعلات تلك الغازات مع الأوزون في طبقات الجو العليا تؤدي إلى تحلل الأوزون مما يعمل على اتساع نضوب الأوزون أو (ثقب الأوزون). ووجود غاز الأوزون في طبقات الجو العليا ضروري لحماية الكائنات الحية على الأرض من التأثيرات الضارة للأشعة فوق البنفسجية. فغاز الأوزون يمتص قدرا كبيرا منها ويمنعها من الوصول إلى سطح الأرض.

[12]- آمارتيا سن، تغير المناخ ومستقبل الطاقة، الموسوعة الجغرافية، بتاريخ: 2010/07/05، الموقع على الويب: www.geography.com،ص،4.

[13]-شيريلبيلارين، مراكز مستقلة تحسب ارتفاع درجات حرارة الأرض، موقع أمريكا دوت غوف، http://www.america.gov/st/energy-arabic/2010/

[14] - مُحَمَّد صالح الشيخ، الآثار الاقتصادية والمالية لتلوث البيئة ووسائل الحماية منها، الطبعة الأولى، مطبعة الإشعاع الفنية، الإسكندرية، مصر، 2002، ص،57.

([15])- علما أن الأرض قد مرت في الماضي بتقلبات مناخية ناتجة عن ارتفاع أو انخفاض درجة الحرارة، فمن المعروف أن الأرض قد مرت بفترة "ساخنة "في الفترة من سنة 850 إلى 1350 م حيث ارتفعت درجة الحرارة على سطح الأرض بمتوسط 2.5 درجة مئوية وتبعتها فترة "برودة" والمعروفة "The Little Ice Age"أي عصر الجليد الصغير في الفترة من 1550 إلى 1850 م.

[16]- Wikipedia (the free encyclopedia), The Effects of Global Warming, February 6, 2009. Downloaded from (http://en.wikipedia.org/ wiki/Effect_of_global_warming.

[17]- حسين مُحَمَّد المهدي، مقال بعنوان "الآثار الاقتصادية لظاهرة الاحتباس الحراري"، جامعة الشارقة، الإمارات العربية،2011، ص- ص،7- 9

(18)- يجب التنويه إلى أن غازات الدفيئة بصورة عامة تعتبر غازات ملوثة للبيئة بسبب طول دورتها بعد دخولها في طبقة الغلاف الجوي وخاصة ثاني أكسيد الكربون، والذي تستمر دورته في الغلاف الجوي لمدة 100 سنة.

[19]-Cline, W. Meeting the Challenge of Global Warming: Reply to Manne and Mendelson,Copenhagen Consensus Challenge Paper, May, 2004.

20-Nordhaus, William, The Stern Review on the Economics of Climate Change, November 17, 22.2006

[21]- يرون فاندرفير، الرئيس التنفيذي لشركة شل، تقرير شل حول التنمية المستدامة لعام 2006.

[22]-Stern Nicholas, and others (2007). "The Economics of Climate Change". The Stern Review - Cambridge: Cambridge University Press.

[23] -Desgupta, Partha, Comments on the Stern Review's Economics of Climate Change, the Foundation for Science and Technology at the Royal Society, London, November 8, 2006.

[24]-Varian, Hal. Recalculating the Costs of the Global Climate Change, New York Times, December 14, 2006.

25-Sir Nicolas Stern: Stern Review: The Economics of Climate Change. HM Treasury, Cabinet Office. http://www. hm treasury.gov.uk/Independent_Reviews/stern_review_economics_climate_change/sternreview_index.cf

[26]- وهي اختصارا لـ بحيث Dynamic Integrated model of Climate and the Economy

[27]- حيث أن تقرير اللورد ستيرن اقترح تخفيض انبعاث غازات الدفيئة، تـنخفض الخسائر المالية بحوالي 13 تريليون دولار أمريكي، ولكن بتكلفة إجمالية قدرها 27 تريليون دولار أمريكي.إلا أن هذا غير مجدي اقتصاديا، خاصةً إذا ما أخذنا في الاعتبار القاعدة الاقتصادية، التي تنص على أن تكلفة التقليص اليومي لابد أن تضمن تفادي أخطار وكوارث بقيمة دولار على الأقل، لكي تعتبر اقتصادياً مجدية.

[28]- في العادة تبنى ثلاثة احتمالات (سيناريوهات)، أحدهما مرتفع، ويفترض حدوث أفضل التوقعات للظاهرة موضع الدراسة، ثانيهما منخفض بافتراض حدوث الأسوأ، ثم سيناريو متوسط أو استرشادي يعتمد على القيم المتوسطة لتلك الظاهرة. حسين عبد الله، مستقبل النفط العربي، مرجع سابق، ص، 451.

[29]-آمارتيا سن، المناخ والتغير المناخي، الموسوعة الجغرافية، بتاريخ 25-07-2010، الموقع على الويب، www. 4geography.com، مرجع سابق، ص، 17.

[30]- نعمت أبو الصوف، سيناريو تخفيف آثار تغير المناخ ماله وما عليه، الرؤية الاقتصادية، بتاريخ: 2009/10/28 الموقع الإلكتروني http://alrroya.com/node/130454

[31]- نعمت أبو الصوف، المرجع السابق.

[32]- غاري يوهي، مكافحة تغير المناخ تشكل استثماراً سليماً، ترجمة هند علي، النشر بروجيكتسنديكيت، 2008، الموقع على الشبكة، www.project-syndicate.org، بتاريخ: 05-10-2010.