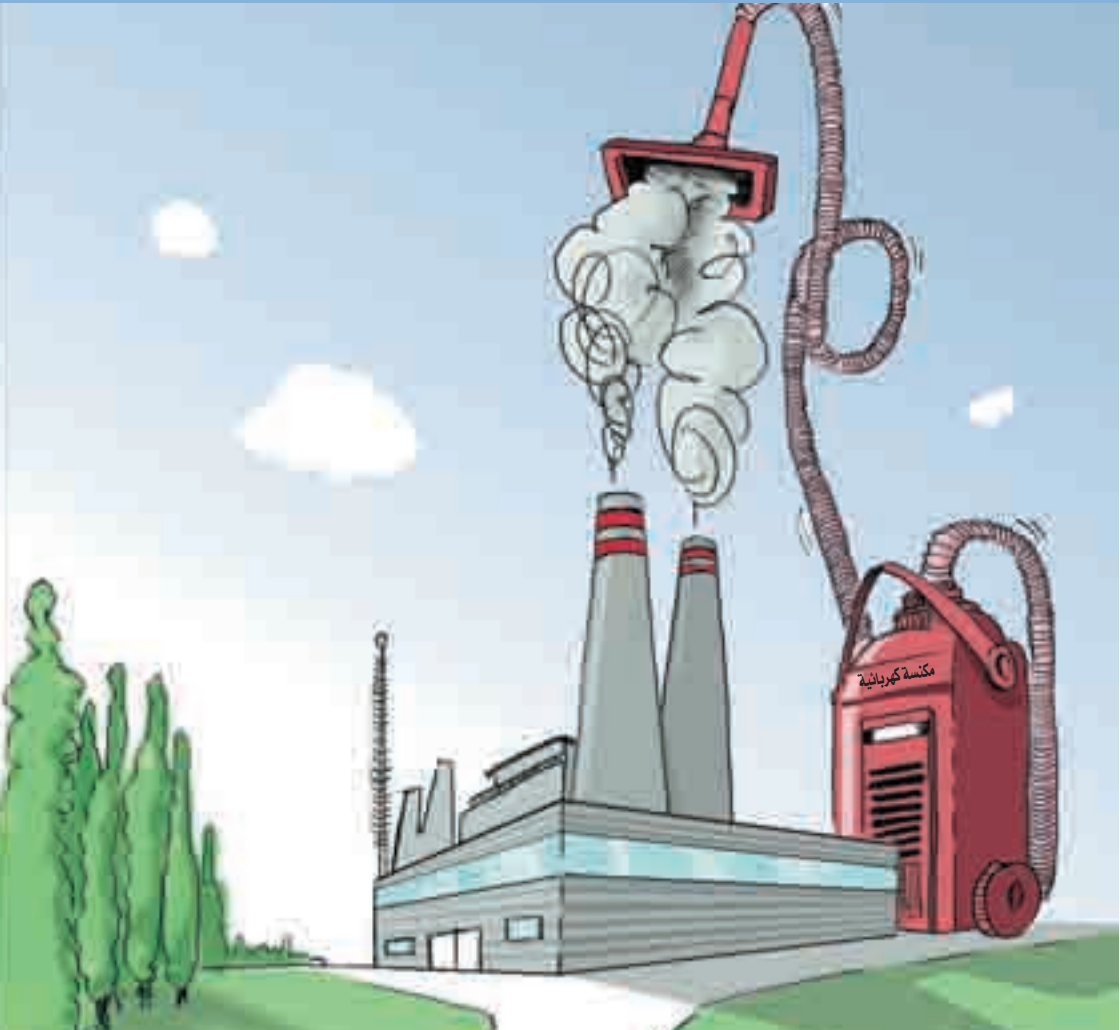


هل يساعد خزن ثاني أكسيد الكربون على تقليل انبعاثات غازات الدفيئة ؟



◀ دليل مبسط عن "التقرير الخاص عن احتجاز و خزن ثاني أكسيد الكربون" الصادر عن الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ

عن الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ

أنشأت المنظمة العالمية للأرصاد الجوية في سنة 1988 مع برنامج الأمم المتحدة للبيئة هذه الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ. ولا تجري هذه الهيئة بحوثاً جديدة، وإنما هي مكلفة بإجراء دراسات لتقييم المعلومات العلمية والفنية والاجتماعية والاقتصادية ذات الصلة بتغير المناخ، للاستعانة بهذه الدراسات في وضع السياسات ومعظم هذه المعلومات العلمية والفنية سبق أن صدر في مطبوعات معتمدة من النظراء.

أصدرت هذه الهيئة سلسلة من تقارير التقييم، والتقارير الخاصة، والورقات الفنية، والتقارير المنهجية، التي أصبحت تشكل الأساس المرجعي القياسي لواقعي السياسات والخبراء والطلاب في مجال التغير المناخي. وتضم هذه الهيئة ثلاثة أفرقة عاملة هي : الفريق العامل الأول، وهو يركز على علم نظام المناخ، والفريق العامل الثاني المعني بمدى التأثير بتغير المناخ والتعرض له والتكيف معه، والفريق العامل الثالث المعني بالتخفيف من حدة تغير المناخ، والقصد من التخفيف هو تدخلات الإنسان للحد من انبعاثات غازات الدفيئة.

اكتمل التقرير الأول الذي أعدته هذه الهيئة في سنة 1990، وساعد على إجراء المحادثات الحكومية الدولية التي أفضت في سنة 1992 إلى وضع اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية المتعلقة بتغير المناخ. ثم نشرت الهيئة تقريرها التقييمي الثاني في سنة 1996، وكان له دور في مفاوضات بروتوكول كيوتو. وأبرزت في تقريرها التقييمي الثالث الصادر في سنة 2001 على النتائج التي استجرت منذ سنة 1995، مع التركيز بصفة خاصة على ما هو معروف عن تغير المناخ على الصعيد الإقليمي. وسنضع الهيئة للمسات الأخيرة في تقريرها التقييمي الرابع ليصدره في سنة 2007.

نشرته شعبة اتفاقيات البيئة التابعة لبرنامج الأمم المتحدة الإنمائي في نيسان/أبريل 2006. وللحصول على نسخ أخرى يرجى الاتصال بالعنوان التالي :

UNEP, Information :

CH-1219 Chatelaine (Geneva), Switzerland; iuc@unep.ch; or +41-22-917-8244/8196

Unit for Conventions, International Environment House, 15 chemin des Anemones,

طبع هذا الدليل على ورق معاد تدويره.

GE-06-000835/A-1,000



المقدمة

للتفكير الإبداعي البشري. ولحسن الحظ استنتجت هذه الهيئة في تقرير التقييم الثالث الذي أصدرته في سنة 2001 أن التكنولوجيات الراهنة والناشئة للحد من هذه الانبعاثات بوسعها، إذا كانت مدعومة بالسياسات السليمة، أن تثبت في موعد أقصاه نهاية هذا القرن نسب تركيز غازات الدفيئة في الغلاف الجوي عند مستويات تُحد أكثر فأكثر من تغير المناخ.

ما من تكنولوجيا تكفي بمفردها لحسم الموقف، بل يقتضي الأمر توليفة من التكنولوجيات والاستعانة بتكنولوجيات واعدة كثيرة إما لتحسين كفاءة الطاقة في بعض العمليات والمنتجات، وإما لتحويل الطاقة الشمسية وطاقة الرياح وغيرها من مصادر الطاقة غير الكربونية إلى طاقة قابلة للاستخدام.

تسهم أنواع الوقود الأحفوري في إنتاج نسبة تتراوح بين 75% و80% من الطاقة العالمية التي تستخدم اليوم، وبثلاثة أرباع جميع انبعاثات ثاني أكسيد الكربون التي تعزى إلى الأنشطة البشرية. وما لم نتخذ إجراءات محددة للتقليل إلى أدنى حد من تأثيرنا على المناخ، فإن كمية ثاني أكسيد الكربون التي تنبعث من الطاقة المولدة بالوقود الأحفوري سوف تتضخم على مدى هذا القرن الحادي والعشرين، وقد تصبح عواقبها بمثابة الكارثة

على الأجيال المقبلة، لأن درجة الحرارة سترتفع بمقدار يتراوح بين 1.4 درجة مئوية و5.8 درجة مئوية، وسيتعرض المناخ لأنماط تغير ولأحداث وخيمة للغاية.

لذلك فإن تثبيت أو تقليل انبعاثات ثاني أكسيد الكربون وغيرها من غازات الدفيئة الأخرى في العالم على مدى العقود المقبلة سيشكل تحدياً

أصدر برنامج الأمم المتحدة للبيئة هذا الملخص الإعلامي للجمهور، بهدف تبسيط النتائج الفنية الواردة في ذلك التقرير لكي يستوعبها القارئ العادي.

مع ذلك سيظل النفط والفحم والغاز أكبر مصادر الطاقة لعدة عقود مقبلة، ولذلك تدرس الحكومات والصناعة الآن تكنولوجيات خفض انبعاثات هذه الأنواع من الوقود. ومن بين هذه التكنولوجيات تكنولوجيا تعرف باسم "احتجاز وخبزن ثاني أكسيد الكربون"، يمكن استخدامها في "المصادر الثابتة للانبعاثات" مثل محطات توليد الكهرباء والمرافق الصناعية التي تعمل بالوقود الأحفوري، لأن هذه التكنولوجيا تحول دون انبعاث ثاني أكسيد الكربون منها وتمنعه من دخول الغلاف الجوي ومن الإسهام في تغير المناخ.

توخيا لمعرفة المزيد عن إمكانيات هذه التكنولوجيا، طلبت حكومات اتفاقية الأمم الإطارية المتعلقة بتغير المناخ أن تقوم هذه الهيئة بتقييم الحالة الراهنة للدرايات بشأن خزن واحتجاز ثاني أكسيد الكربون. واستجابت الهيئة لذلك بأن جمعت حوالي 100 خبير من أكثر من 30 بلدا لإعداد "التقرير الخاص عن احتجاز وخبزن ثاني أكسيد الكربون". وقام خبراء كثيرون وعدة حكومات باستعراض نص ذلك التقرير قبل إصداره في أيلول/سبتمبر 2005 وعرضه في كانون الأول/ديسمبر 2005 على الحكومات في المؤتمر السنوي للأطراف في تلك الاتفاقية.

ماذا يعني احتجاز وخرن ثاني أكسيد الكربون ؟

عضويا ليفصل ثاني أكسيد الكربون عن الغازات الأخرى المتصاعدة من المداخن.

أما نظام الاحتجاز قبل الاحتراق فيبدأ بمعالجة الوقود الخام بالبخار والهواء أو بالأوكسجين. فينشأ من هذه العملية أول أكسيد الكربون ويتفاعل مع البخار في مفاعل ثان بما يسفر عن الهيدروجين اللازم لإنتاج الطاقة أو الحرارة، وعن ثاني أكسيد الكربون أيضا الذي يفصل على حدة ويحتجز.

ظلت هاتان التكنولوجيتان تستخدمان تجاريا لعدة عقود في تطبيقات أخرى ذات صلة. وباستخدام نظام الاحتجاز بعد الاحتراق ونظام الاحتجاز قبل الاحتراق في محطات توليد الكهرباء يمكن احتجاز نسبة تتراوح بين 85% و95% من ثاني أكسيد الكربون الذي تنتجه هذه المحطات. لكن المحطة التي تستخدم

تشتمل تكنولوجيا احتجاز وخرن ثاني أكسيد الكربون على احتجاز ثاني أكسيد الكربون قبل أن ينطلق إلى الغلاف الجوي، ثم نقله إلى مكان مأمون، وعزله عن الغلاف الجوي، وليكن ذلك مثلا بخرنه في تكوينات جيولوجية.

١ - احتجاز ثاني أكسيد الكربون.

يجب أولا فصل ثاني أكسيد الكربون عن الغازات الأخرى الناجمة عن الاحتراق أو المعالجة. وبعد ذلك يضغط وينقى إلى أقصى

قدر ممكن تسهيلا لنقله وخرنه. وبعض الغازات الناجمة عن العمليات الصناعية، مثل تكرير الغاز الطبيعي وإنتاج النشادر، تكون نقية جدا، لكن غيرها لا يكون نقيا.

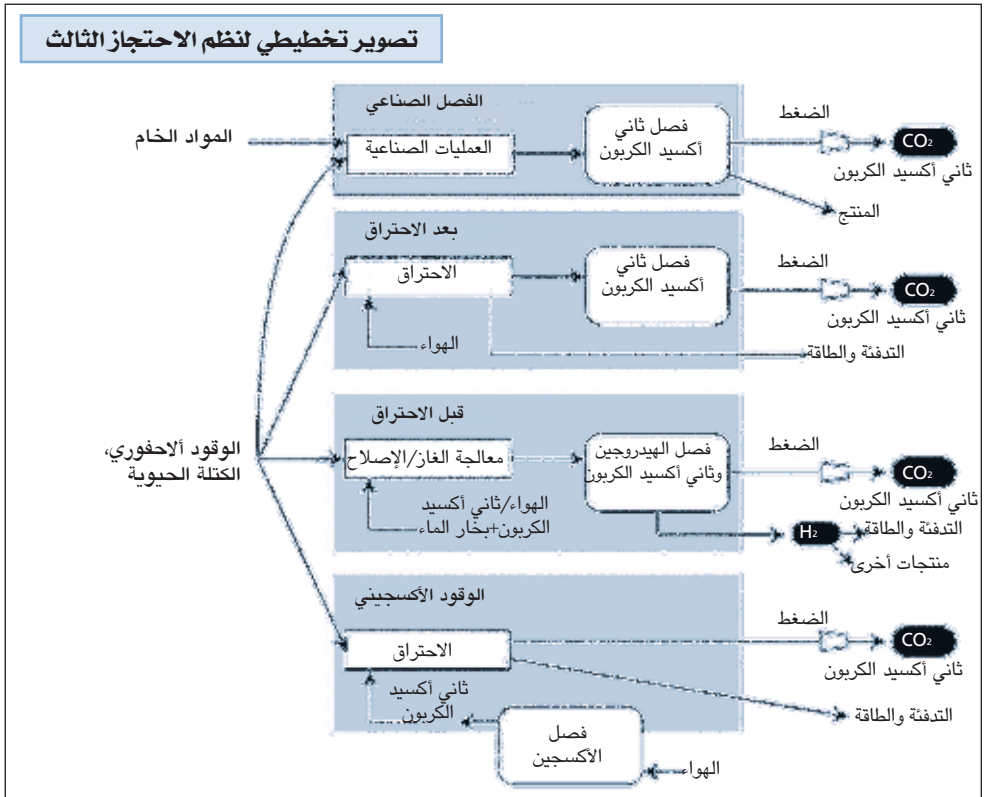
ثاني أكسيد الكربون الناجم عن الاحتراق، ولاسيما في قطاع توليد الكهرباء، يمكن احتجازه باستخدام أحد ثلاثة نظم. منها نظام الاحتجاز بعد الاحتراق، الذي يستخدم مذيبا

بالتبريد والضغط ويحتجز ثاني أكسيد الكربون. وما زالت هذه التكنولوجيا في مرحلة الإثبات، وبوسعها أن تحتجز تقريبا جميع الكميات الناتجة من ثاني أكسيد الكربون، ولكنها تقتضي نظما إضافية لمعالجة الغاز من أجل إنتاج الأوكسيجين وإزالة الملوثات مثل أكاسيد الكبريت والنتروجين، الأمر الذي يقلل نسبة ثاني أكسيد الكربون المحتجب ويجعلها في حدود 90%.

2 - نقل ثاني أكسيد الكربون.
ما لم يكن مصدر الانبعاثات موجودا فوق موقع

تقنية احتجاز وخرن ثاني أكسيد الكربون تقتضي طاقة بنسبة تتراوح بين 10% و40% أكثر من الطاقة التي تستهلكها المحطة التي لا تستخدم هذه التقنية، ولذلك فإن كمية ثاني أكسيد الكربون "المجنب" تصبح حوالي 80% إلى 90%.

نظام الاحتجاز الثالث يسمى احتراق الوقود بالأوكسيجين، لأنه يستخدم الأوكسيجين بدلا من الهواء لحرق الوقود. وهذه العملية تنتج غازا عادما يتألف أساسا من بخار الماء وثاني أكسيد الكربون. لذلك يستبعد بخار الماء



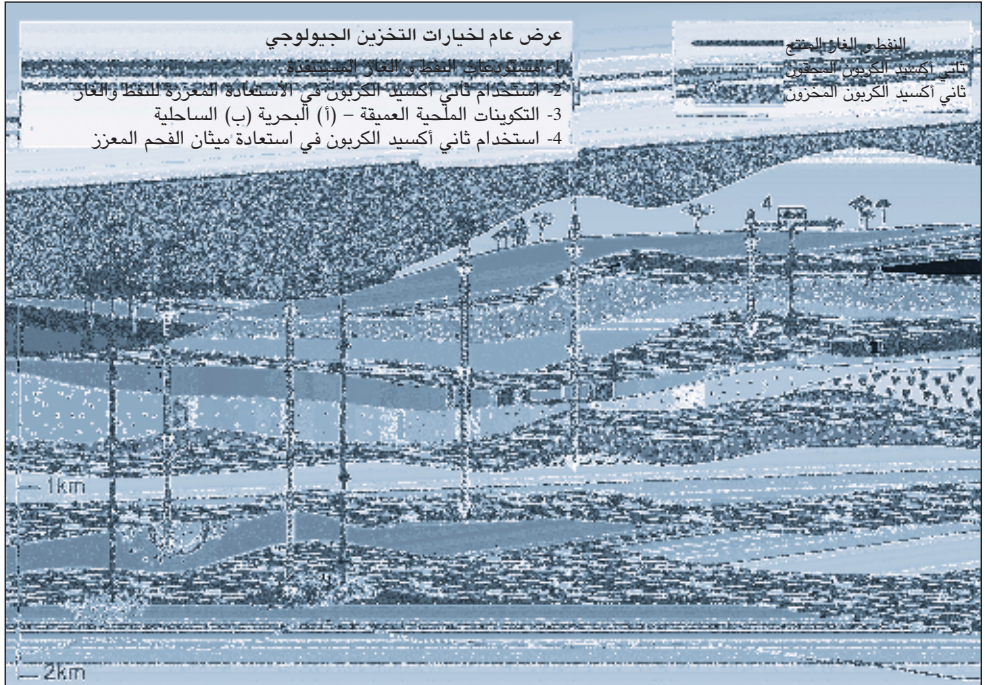
يمكن أيضا نقل ثاني أكسيد الكربون بحالته السائلة على السفن، بطريقة تشبه الطريقة التي كثيرا ما ينقل بها غاز النفط السائل. وتعد الشاحنات البرية وعربات السكك الحديدية ذات الصهاريج المعزولة مجدية تكنولوجيا ولكنها ليست اقتصادية.

3 - خزن ثاني أكسيد الكربون.

إن خزن ثاني أكسيد الكربون في التكوينات الجيولوجية هو أفضل خيار اقتصادي مقبول بيئيا بعد أن اكتسبت صناعة النفط والغاز خبرة كبيرة فيه. ويمكن ضغط ثاني أكسيد الكربون وضخه في تكوينات صخرية مسامية تحت سطح الأرض، وذلك باستخدام الكثير من

الخزن مباشرة، لابد من نقل ثاني أكسيد الكربون. وهناك عدة طرق لذلك.

يمكن نقل تيارات ثاني أكسيد الكربون بعد تركيزها نقلا مأمونا بالضغط العالي في خطوط أنابيب. وقد ظلت خطوط الأنابيب تستخدم منذ أوائل السبعينات حتى أصبحت في الوقت الراهن الطريقة الرئيسية لنقل ثاني أكسيد الكربون. فلدى الولايات المتحدة الآن مثلا أكثر من 2500 كيلومتر من خطوط أنابيب نقل ثاني أكسيد الكربون، ومعظمها في تكساس ويستخدم في مشاريع استخراج النفط. وتزداد التكلفة عندما تمر خطوط الأنابيب في البحار أو عبر مناطق أهلة بالسكان أو عبر الجبال أو الأنهار.



في مختلف أنحاء العالم، في البر وفي البحر. لكن سعتها التقديرية الكلية المتاحة للخرن تتفاوت تفاوتاً شاسعاً، حتى وإن دلت التقديرات على أن هذه السعة تكفي لمدد تتراوح بين عشرات السنين ومئات السنين لخرن المستويات الراهنة من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون. هذا فضلاً عن أن جزءاً كبيراً من محطات توليد الكهرباء الراهنة وغيرها من مصادر الانبعاثات موجودة على بعد لا يتجاوز 300 كيلومتر من الأماكن التي يحتمل أن تصلح للخرن.

من "المرجح" أن تكون قدرة الخرن المتاحة في الخزانات الجيولوجية كافية لتسهم بقدر

التكنولوجيات المتبعة في حفر الآبار، واتباع أساليب الرصد المستخدمة حالياً في صناعة النفط والغاز.

إن الأنواع الرئيسية الثلاثة للخرن الجيولوجي هي صهاريج النفط والغاز، والتكوينات الملحية العميقة، وقيعان طبقات الفحم غير القابل للتعيين. ويجب عموماً ألا يقل عمق مواقع الخرن عن 800 متر حيث تؤدي نسب الضغط ودرجات الحرارة عادة إلى حفظ ثاني أكسيد الكربون في حالة شبه سائلة.

إن المواقع الجيولوجية التي تصلح على وجه الاحتمال لخرن ثاني أكسيد الكربون موجودة



في الختام، من المجدي فنيا استخدام ثاني أكسيد الكربون في عمليات كيميائية بعد احتجازه، لكن احتمال خفض انبعاثاته خفضا فعليا يصبح ضعيفا.

ملحوظ في خفض انبعاثات ثاني أكسيد الكربون في المستقبل، لكن المقدار الحقيقي لهذا الإسهام لم يتأكد بعد ولاسيما في بعض الأقاليم التي تشهد نموا اقتصاديا سريعا، مثل جنوب وشرق آسيا.

هناك طريقة أخرى لخرن ثاني أكسيد الكربون المحتجز، وهي ضخه في المحيطات. ذلك لأن بالإمكان وضع ثاني أكسيد الكربون في أعمدة مائية في المحيطات، إما عن طريق خط أنابيب ثابت وإما من سفن متحركة. وإلا فيمكن إيداعه في قيعان البحار على عمق يربو على 3000 متر حيث يكون ثاني أكسيد الكربون هناك أكثر كثافة من الماء. ومع ذلك فإن هذه التكنولوجيات مازالت في مرحلة البحوث، ولم تختبر بعد اختبارها كاملا، وقد تسفر عن آثار مناوئة لبيئة المحيطات.

إن تكنولوجيات الخزن شبه الدائم لثاني أكسيد الكربون بتحويله الى كربونات معدنية غير عضوية من خلال تفاعلات كيميائية، مازالت هي أيضا في مرحلة البحوث. وقد تم إثبات بعض تطبيقاتها ولكن على نطاق صغير. ونقتضي هذه التكنولوجيا قدرا كبيرا من الطاقة والمعادن، ولابد من إدخال تحسينات أكبر عليها قبل أن تصبح حلا واقعا.

من هم المنتفعون المحتملون ؟

من 60% من جميع انبعاثات ثاني أوكسيد الكربون من الوقود الأحفوري. والصفات التي تجعل أي مصدر مرشحا مناسباً على وجه التحديد لاستخدام تكنولوجيا الاحتجاز والخرن هي الصفات التالية :

● **الحجم الكبير** - نظم احتجاز ثاني أوكسيد الكربون تشغل حالياً في المرافق الصغيرة، وتحتاج إلى إثبات صلاحيتها في المرافق الكبيرة على مدى السنين والعقود المقبلة. لكن من الواضح أنه كلما كان المرفق أكبر أمكن تحقيق وفورات أكبر وانخفضت التكلفة لكل طن من ثاني أوكسيد الكربون المجنب بفضل الاستثمار في تكنولوجيا احتجاز وخرن الكربون. والمرافق الكبيرة التي تصلح لتطبيق تكنولوجيا احتجاز وخرن الكربون موزعة حول العالم. لكن لها تجمعات عنقودية في أربع مناطق تستحق الذكر هي : شرق ومنتصف غرب أمريكا

كان كل من المكونات الرئيسية الثلاثة في عملية احتجاز وخرن الكربون - وهي الاحتجاز والنقل والخرن - ينفذ على انفراد. والمعتاد في الوقت الراهن هو إزالة ثاني أوكسيد الكربون بتقنية تيارات الغاز الصناعية الأخرى، مثل الغاز الطبيعي أو النشادر. واعتباراً من منتصف سنة 2005 ظهرت ثلاثة مشاريع تجارية جمعت هذه المكونات الثلاثة مع بعضها للحد من انبعاثات ثاني أوكسيد الكربون ومنع انطلاقها إلى الغلاف الجوي.

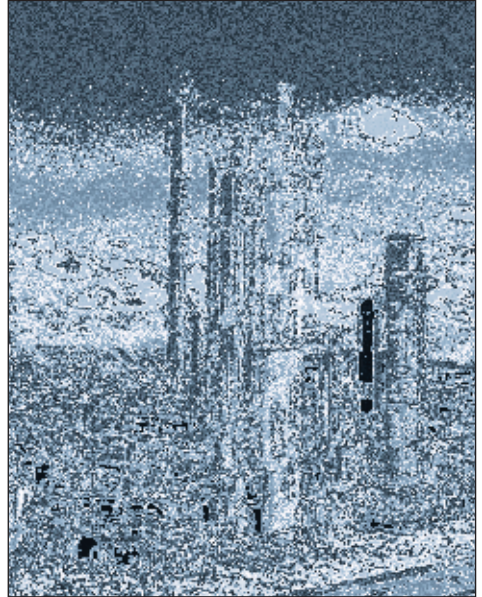
في المستقبل سيصبح المنتفعون الرئيسيون من احتجاز وخرن الكربون هم على وجه الاحتمال المصادر الثابتة لانبعاثات ثاني أوكسيد الكربون. ولا تشكل هذه المصادر مجموعة محدودة كما قد يبدو : لأن محطات توليد الكهرباء والمرافق الصناعية وغيرها من مصادر الانبعاثات تسهم بما يقرب

التنفيذ البكر لتكنولوجيا احتجاز وخرن الكربون، لأن احتجاز الكربون فيها لا يقتضي سوى التجفيف والضغط.

● **المحطات القريبة من مواقع الخزن - هناك** ارتباط جيد على وجه الاحتمال في جميع أنحاء العالم بين أكبر مصادر الانبعاثات ومدى قربها من مواقع الخزن الممكنة، وتوجد مصادر كثيرة إما فوق مواقع الخزن الاحتمالية مباشرة وإما على بعد لا يتجاوز 300 كيلومتر منها.

الشمالية، وشمال غرب أوروبا، والساحل الشرقي للصين، وجنوب آسيا. ومن المرجح أن تحدث في شرق آسيا وجنوب آسيا زيادة ملحوظة في عدد محطات الكهرباء والمصانع الكبيرة من الآن ولغاية سنة 2050.

● **تيارات ثاني أكسيد الكربون شديد التركيز - إن تيارات انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الأنقى لها هي أيضا كفاءة اقتصادية.** لكن الغالبية العظمى من المصادر المحتملة تنتج تيارات تقل فيها نسب تركيز ثاني أكسيد الكربون عن 15%. وأقل من 2% من جميع المصادر الصناعية التي تعتمد على الوقود الأحفوري تنتج تيارات ثاني أكسيد الكربون بنسب تركيز أعلى من 95%. وهذه المصادر هي التي تنطوي على أكبر احتمال



أول ثلاثة مشاريع لاحتجاز وتخزين الكربون

ويرسل عبر خط أنابيب إلى كندا ليحرق في حقل النفط في وبيورن فيساعده على استخراج النفط. الهدف من مشروع وبيورن هو استخدام ثاني أكسيد الكربون لمدة 15 سنة ثم خزنه بأمان بعد ذلك ورصده رصدا كثيفا بناء على دراسات دقيقة للهبزات الأرضية ورصد حالة سطح الأرض، ولم يظهر حتى اليوم أي دليل على تسرب ثاني أكسيد الكربون إلى سطح الأرض أو بالقرب من سطح الأرض.

مشروع غاز عين صالح هو مشروع في منطقة الصحراء الوسطي في الجزائر مشترك بين مؤسسة Sonatrach ومؤسسة British Petroleum ومؤسسة Statoil. وينتج حقل كرشبنة في عين صالح الغاز الطبيعي الذي يحتوي على نسبة 10% من ثاني أكسيد الكربون من طبقات جيولوجية مختلفة. ويسلم هذا الغاز إلى الأسواق الأوروبية بعد معالجته ونزع ثاني أكسيد الكربون منه لي مطابق المواصفات التجارية.

منذ أبريل 2004 أعيد حقن ثاني أكسيد الكربون من خلال ثلاثة آبار إلى طبقة جيولوجية من الحجر الرملي على عمق 1800 متر. وعلى مدى العمر الافتراضي لهذا المشروع سوف يخزن 17 طنا متريا من ثاني أكسيد الكربون. ومن المتوقع أن ينتقل في نهاية المطاف ثاني أكسيد الكربون المحقون إلى منطقة حقل الغاز الراهن بعد أن ينضب ما فيها من غاز. وقد رسمت خريطة لهذا الحقل باستخدام البيانات الزلزالية ثلاثية الأبعاد وبيانات أخرى.

تفاديا لدفع الضريبة النرويجية المفروضة على انبعاثات ثاني أكسيد الكربون من المحطات البرية، أنشأت شركة النفط والغاز الحكومية النرويجية (Statoil) مشروع سليبنر (Sleipner) في بحر الشمال على بعد حوالي 250 كيلومترا من خط الساحل. وبموجب هذا المشروع يحتجز ثاني أكسيد الكربون بنسب تركيز 9% بالغاز الطبيعي الذي يأتي من حقل غاز غرب سليبنر. وبعد ذلك يحقن ثاني أكسيد الكربون في تكوين ملحي كبير وعميق تحت قاع البحر بحوالي 800 متر.

بدأت عملية حقن ثاني أكسيد الكربون في أكتوبر 1996. وبحلول أوائل سنة 2005 كان أكثر من 7 ملايين أطنان مترية من ثاني أكسيد الكربون قد حقن بمعدل 700.2 طن تقريبا في اليوم. ومن المتوقع أن يخزن هذا المشروع 20 طنا من ثاني أكسيد الكربون على مدى عمره الافتراضي.

مشروع استخراج النفط من وبيورن بثاني أكسيد الكربون، هذا المشروع ينفذ في حوض ويليستن (Williston)، وهو قطاع جيولوجي يمتد من جنوب وسط كندا إلى داخل الولايات المتحدة. ويأتي ثاني أكسيد الكربون من شركة Dakota Gasification Company، وهي على بعد 325 كيلومترا تقريبا جنوب وبيورن في ولاية داكوتا الشمالية في الولايات المتحدة. وتحول هذه الشركة الفحم إلى غاز تركيبي (غاز الميثان)، وينتج عن هذا التحويل تيار نقي نسبيا من ثاني أكسيد الكربون. ويجفف هذا التيار ويضغط

ما هي الفوائد المحتملة ؟

التغير المناخي على مدى المائة سنة المقبلة بنسبة تصل إلى 30% أو أكثر. وتبين أيضا أن نظم احتجاز وخرن الكربون ستنافس للتكنولوجيات الأخرى واسعة النطاق مثل تكنولوجيا الكهرباء النووية وتكنولوجيا الطاقة المتجددة.

إن إحدى النقاط الجذابة في نظم احتجاز وخرن الكربون هي أن هذه النظم تكمل وتسهل وزع التكنولوجيات المهمة المحتملة التي بوسعها أن تخفض انبعاثات ثاني أكسيد الكربون على الأجل الطويل. وتشمل هذه التكنولوجيات المحطات قليلة الكربون أو المحطات الخالية من الكربون التي تنتج الهيدروجين من الوقود الكربوني لصالح قطاع النقل. كما أن المحطات الكبيرة التي تنتج الطاقة من الكتلة الأحيائية إذا زوّدت بتكنولوجيا احتجاز وخرن الكربون لأدت بالفعل إلى عدم انبعاث غاز

واجه واضعو السياسات تحديا معقدا وضخما هو تخفيض انبعاثات غازات الدفيئة أو الحد منها، ولذلك فإن تكنولوجيا احتجاز وخرن الكربون تنطوي على فائدتين محتملتين. الفائدة الأولى هي التوسع في كمية الخيارات وزيادة المرونة والفرص. والفائدة الثانية هي تخفيض التكلفة العامة لتخفيف حدة الأثر البيئي.

أثبت عدد من الدراسات التي أجريت على النماذج الإسقاطية أن استخدام تكنولوجيا احتجاز وخرن الكربون مع خيارات تكنولوجية أخرى - مثل زيادة كفاءة تحويل الطاقة، واستخدام أنواع الوقود الأقل احتواء للكربون، واستخدام مصادر الطاقة الأكثر قابلية للتجدد - يمكن أن يخفّض إلى حد ملحوظ تكلفة تثبيت نسب تركيز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي.

تبين أن تكنولوجيا احتجاز وخرن الكربون تخفض تكلفة تخفيف حدة

لمشغلي القطاع الخاص على استخدام
تكنولوجيات التخفيف من حدة الأثر البيئي.
وتدل جميع الدراسات على أن نظم احتجاز
وخرن الكربون (والتدابير الكثيرة الأخرى
للتخفيف من حدة الأثر البيئي) لا يرجح أن
تستخدم على نطاق واسع ما لم تكن هناك
سياسات صريحة للحد بصفة ملحوظة من
انطلاق غازات الدفيئة إلى الغلاف الجوي.
وبدون هذه الحوافز قد لا تمثل نظم احتجاز
وخرن الكربون إلا فرصاً ضئيلة جداً.

ثاني أكسيد الكربون، لأن الكتلة الأحيائية
دائمة النمو تزيل ثاني أكسيد الكربون من
الغلاف الجوي.

إن الخزن الجيولوجي بنظم الاحتجاز والخرن
ينطوي على تكلفة تنافسية وسعة كبيرة،
وبوسع أن يستأثر بمقدار كبير - يتراوح بين
15% و55% - من جميع الكميات المطلوب
تخفيضها من الانبعاثات من الآن ولغاية سنة
2100 من أجل تثبيت نسب تركيز غازات
الدفيئة في الغلاف الجوي. وهذا يساوي كمية
تتراوح بين 220 بليون طن و2200 بليون طن
(بالأطنان القائمة) من ثاني أكسيد الكربون.

وقد تمثل تكنولوجيات احتجاز وخرن الكربون
أداة فعالة للتكاليف في يوم ما للحد من
الانبعاثات يستفيد منها مالكو ومشغلو
المحطات الكبيرة لتوليد الكهرباء والمرافق
الصناعية الكبيرة. وما لم تعتمد الحكومات
سياسات على الصعيد الوطني تتعلق بتغير
المناخ، تفرض بموجبها رسوماً على من ينتج
ثاني أكسيد الكربون، لمّا توفر أي حافز

ما هي التكاليف ؟

عند مقارنة نظم احتجاز و تخزين الكربون بالخيارات الفنية الأخرى المتاحة لخفض انبعاثات ثاني أكسيد الكربون، ينبغي أن نضع في الاعتبار أن الطاقة الإضافية التي تقتضيها نظم الاحتجاز والتخزين تتراوح نسبتها بين 10% و 40% لتوليد نفس الكمية من الكهرباء. وقد تبين أن نظم احتجاز وتخزين الكربون لكل طن من ثاني أكسيد الكربون المجنب تنطوي على تكاليف شديدة التفاوت لأن جزءا كبيرا من قدرة هذه التكنولوجيا متوفر بتكاليف أعلى من تكاليف الحلول الأخرى لتحسين كفاءة الطاقة، ولكنها أقل من تكاليف معظم الحلول التي تعتمد على توليد الكهرباء بالطاقة الشمسية.

عند التخطيط لإنشاء أي محطة جديدة، سوف يؤدي حساب تكاليف تزويدها بنظام الاحتجاز والتخزين إلى التأثير على اختيار نوع المحطة. ويمكن تطبيق نظام الاحتجاز والتخزين على

تبين من تقرير الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ أن التكاليف في الحاضر والمستقبل لنظم احتجاز وتخزين الكربون ليست مؤكدة إلى حد كبير، وأن تكلفة احتجاز الكربون وضغطه هي الأكبر. وهذه التكلفة وغيرها تتغير حسب نوع نظام الاحتجاز والتخزين الذي سيتبع - بما في ذلك نوع التخزين ومسافة النقل - وأيضا حسب مختلف المتغيرات مثل تصميم المحطة وطريقة تشغيلها وتمويلها وحجمها ومكانها ونوع وقودها وتكلفتها.

في ظل الظروف الراهنة، يكلف توليد الكهرباء 0.04-0.06 دولار أمريكي لكل كيلواط/ساعة. وباستخدام التكنولوجيات المتاحة اليوم لاحتجاز وتخزين الكربون ترتفع هذه التكلفة بمقدار 0.01-0.05 دولار أمريكي لكل كيلواط/ساعة. ويمكن خفض هذه التكلفة بنحو 0.01-0.02 دولار أمريكي لكل كيلواط/ساعة إذا كانت إيرادات استخراج النفط بثاني أكسيد الكربون ستعوض تكاليف الاحتجاز والتخزين.

الكهرباء. وستكون تكلفة استخدام هذه النظم في المحطات التي تستخدم الكتلة الأحيائية أعلى نسبياً لأنها محطات مازالت صغيرة الحجم.

التكنولوجيات الراهنة لتوليد الطاقة، مثل التكنولوجيات التي تستخدم مسحوق الفحم أو الغاز الطبيعي. لكن التكاليف الإضافية ستكون أقل عندما تدمج نظم الاحتجاز والخبز في التكنولوجيات الناشئة، مثل تكنولوجيا الدورة التوليفية المتكاملة لتغويز الكربون، ومرافق إنتاج الهيدروجين قبل الاحتراق. ويمكن تزويد معظم المحطات الراهنة بنظم احتجاز وخبز الكربون ولكن بتكلفة أعلى بكثير من تكلفة إدماج هذه النظم في المحطات الجديدة منذ نشأتها.

قد ينخفض معدل تكاليف نظم الاحتجاز والخبز في المستقبل كلما تقدمت التكنولوجيا وأمكن تحقيق وفورات كبيرة في التكاليف - ربما في حدود تتراوح بين 20% و30% على مدى العقد المقبل. وفي المقابل نجد أن ارتفاع أسعار الوقود الأحفوري قد ترفع تكاليف نظم احتجاز وخبز الكربون.

قد تكون تكاليف استخدام نظم احتجاز وخبز الكربون في المحطات التي لا تولد الكهرباء أقل من تكاليف استخدامها في محطات توليد

ما هي الأخطار والحوادث؟

هناك أيضا خطر تسرب ثاني أكسيد الكربون من المخازن الجيولوجية. فالتسرب البطيء لا يسهم فقط في تغير المناخ بل ويؤدي النبات والحيوان. لكن احتمال هذا التسرب ضعيف مادامت مواقع الخزن مختارة بعناية وتتبع إزاءها أفضل التكنولوجيات المتاحة. أما على المستوى العالمي فإن التكوينات الجيولوجية المختارة بعناية تستطيع احتجاز أكثر من 99% مما يخزن فيها على مدى 1000 سنة. وعموما فإن أخطار خزن ثاني أكسيد الكربون تشبه الأخطار الناجمة عن العمليات الصناعية المشابهة في الوقت الراهن مثل خزن الغاز الطبيعي تحت الأرض واستخدامه في استخراج النفط.

● **الأثار البيئية على الخزن في المحيطات** - إن حقن ثاني أكسيد الكربون في المحيطات يمكن أن يؤدي الأحياء البحرية. وبالرغم من

بالإضافة إلى مسالتي التكنولوجيا والتكاليف، لابد للمنتفعين بتكنولوجيا احتجاز وخزن الكربون من أن يقيموا الاعتبار أيضا للمخاوف التي تتعلق بالصحة والسلامة والبيئة والقانون، وخصوصا بنظرة الجمهور. وأهم الحواجز والأخطار التي ينبغي النظر فيها هي :

● التسرب أثناء الاحتجاز والنقل والخزن -

إن التسرب المفاجئ لثاني أكسيد الكربون من منشآت الاحتجاز أو خطوط الأنابيب قد يؤدي إلى خطر على العاملين وغيرهم من الناس الموجودين بالقرب من هذا التسرب، وهو خطر يشبه ذلك الذي يحدث في صناعة النفط وصناعة الغاز وخطوط أنابيب الغاز. ذلك لأن استنشاق الهواء الذي يحتوي ثاني أكسيد الكربون بنسب تركيز أكثر من 7% إلى 10% يشكل خطرا مباشرا على الحياة البشرية والصحة البشرية. لكن احتمال التسرب ضعيف.

حتى الآن توجي بأن الجمهور سينظر إلى هذه التكنولوجيا على أنها أقل تحبيذاً من الحلول الأخرى الرامية إلى تحسين كفاءة الطاقة أو من الاعتماد على مصادر الطاقة المتجددة. ولم يتبين بوضوح بعد كيف سيستجيب الجمهور للمعلومات الأفضل عن نظم احتجاز وخرن الكربون، وعن غيرها من خيارات تخفيض الانبعاثات، وعن التحديات الأوسع التي يثيرها تغير المناخ.

أن الآثار البيئية طويلة الأجل لتغير كيمياء المحيطات مازالت غير واضحة، فإن حقن ثاني أكسيد الكربون بكميات ضخمة قد يؤدي إلى تحميض موضعي في المحيطات يؤثر تأثيراً مناوئاً على الكائنات البحرية والأنظمة الأيكولوجية البحرية.

● **نقص الوضوح القانوني والتنظيمي** - مازالت الريبة قائمة حول مدى الصحة القانونية لحقن ثاني أكسيد الكربون تحت محيطات العالم، وهذه المسألة موضع دراسة في إطار عدة معاهدات دولية. ولا بد أيضاً لاتفاقية تغير المناخ وبروتوكول كيوتو من وضع قواعد وإجراءات محاسبية لنظم احتجاز وخرن الكربون. أما على المستوى الوطني فإن بلدانا قليلة هي التي وضعت إطاراً قانونياً أو تنظيمات بخصوص مواقع الخزن الجيولوجية. وتشمل المسائل التي يحتمل أن تثور من الزاوية القانونية المسؤولية المالية في حالة وقوع حادثة أو في حالة حدوث تسرب، والتأثير على حقوق الملكية التي يتمتع بها ملاك الأراضي الموجودة فوق مواقع الخزن الجيولوجية.

● **شكوك الجمهور** - لم يحصل الجمهور حتى الآن على معلومات واضحة عن نظم احتجاز وخرن الكربون. بل إن الدراسات التي أجريت

الخلاصة : ما هو مستقبل نظم احتجاز وخرن الكربون ؟

ينبغي أيضا تهيئة البيئة القانونية والتنظيمية السليمة. وهذا العمل ينبغي أن يشمل الاتفاق على أساليب تقييم كمية ثاني أكسيد الكربون الذي يمكن تجنبه بفضل نظم احتجاز وخرن الكربون، وطريقة تقديم التقارير، بالإضافة إلى تقييم الكميات التي قد تتسرب على الأجل الطويل. وسوف تكون نظم احتجاز وخرن الكربون موضع دراسة عند تنقيح الخطوط التوجيهية التي وضعتها الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ لمساعدة البلدان المقرر عليها بموجب الاتفاقية أن تقدم قوائم جرد لغازات الدفيئة.

تظل هناك مسألة حرجة بصفة خاصة هي مسألة الحوافز. ذلك لأن نظم احتجاز وخرن الكربون يحتمل أن تنفذ على نطاق واسع في محطات توليد الكهرباء - القطاع الذي ينطوي على أكبر الاحتمالات على الإطلاق - إذا تجاوز الرسم المفروض على الطن المنبعث من

اختلفت الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ تقريرها بأن نظم احتجاز وخرن الكربون مجدية تكنولوجيا ويمكن أن تؤدي دورا كبيرا في خفض انبعاثات غازات الدفيئة على مدى القرن الراهن. لكن هناك عددا من المسائل مازال ينتظر الحل قبل أن تصبح هذه التكنولوجيا قابلة للتنفيذ على نطاق واسع.

أولا إن هذه التكنولوجيا تحتاج إلى المزيد من النضج. وان كانت بعض مكوناتها قد تطورت تطورا جيدا، إلا أنها مازالت تحتاج إلى التكامل مع مشاريع كاملة النطاق في قطاع توليد الكهرباء، وبعدها يمكن إثبات ما إذا كانت هذه التكنولوجيا صالحة للتطبيق على نطاق كامل بعد ازدياد فهمها والنجاح في تجربتها. ويقتضي الأمر إجراء المزيد من الدراسات لتحليل التكاليف وتقدير مدى سعة مواقع الخزن المناسبة، ولاسيما في المناطق التي لا تتوفر عنها سوى بيانات محدودة في الوقت الراهن.

بالنظر إلى معظم التصورات المتعلقة بنسب تركيز ثاني أكسيد الكربون وتثبيتها في الغلاف الجوي في موعد أقصاه سنة 2100، يمكن تركيب نظم احتجاز وتخزين الكربون بأعداد كبيرة في النصف الأول من هذا القرن، ثم تركيب معظمها في النصف الثاني. ويتبين من إجماع الآراء الذي دلت عليه المطبوعات العلمية أن نظم احتجاز وتخزين الكربون يمكن أن تصبح عنصراً مهماً في مجموعة السياسات والتكنولوجيات العريضة التي ستصبح مطلوبة للنجاح في معالجة تغير المناخ بأقل تكلفة.

للاطلاع على المزيد من المعلومات انظر:

www.ipcc.ch

ثاني أكسيد الكربون مبلغ 25-30 دولار (بدولارات سنة) 2002 على مدى العمر الافتراضي للمشروع. لكن فرض الرسوم على انبعاث الكربون لا ينفذ إلا من منطلق سياسات وطنية ترمي إلى الحد من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون.

البلدان النامية التي لم يقرّر عليها بروتوكول كيوتو أرقاماً مستهدفة لخفض الانبعاثات وجرّد كميتها، بوسعها أن تبدأ في تنفيذ تكنولوجيا احتجاز وتخزين الكربون من خلال مشاريع ثنائية الأطراف، مثل مشروع المبادرة الجديدة المشتركة بين الاتحاد الأوروبي والصين لبناء مرفق لاحتجاز وتخزين الكربون، أو من خلال آلية التنمية النظيفة في حالة اعتبار نظم احتجاز وتخزين الكربون أهلاً للتنفيذ. وهنا مرة أخرى يجب وضع قواعد لحساب الكميات التي ستخففها نظم احتجاز وتخزين الكربون، كما يجب توفير الحوافز الضرورية.

إذا تم استيفاء هذه الشروط المختلفة لأمكن وزع نظم احتجاز وتخزين الكربون في قطاع توليد الكهرباء على نطاق واسع في غضون بضعة عقود ابتداء من تنفيذ أي نظام كبير يفرض حدوداً على انبعاث غازات الدفيئة. وسوف يتطلب الأمر مئات الآلاف من نظم احتجاز وتخزين الكربون في مختلف أنحاء العالم لتحقيق المزايا الاقتصادية لهذه التكنولوجيا.

United Nations Environment Programme

11-13, chemin des Anémones

CH-1219, Châtelaine, Geneva, Switzerland

E-mail:iuc@unep.ch

web:www.unep.org/dec