

# Le piégeage et le stockage du carbone ne sont toujours pas une option à retenir

## Carbon Capture and Storage: Still Not An Option

Rapport ISIS en date du 07/04/2011

***L'élimination du carbone émis par les centrales électriques, fonctionnant avec des matières fossiles non renouvelables, est d'un prix prohibitif et elle est en outre contreproductive vis-à-vis de l'environnement. Jeffrey H. Michel***

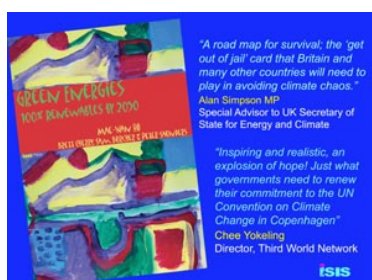
NDLR: Ceci est une mise à jour importante de notre évaluation précédente [1] [Carbon Capture and Storage A False Solution](#) (SiS 39) \*

\* Version en français intitulée "Piégeage et stockage du **carbone** : une mauvaise solution " par le Dr. Mae-Wan Ho, traduction, définitions et compléments de Jacques Hallard ; accessible sur le site <http://yonne.lautre.net/spip.php?article2933&lang=fr>

On peut également se reporter à l'article "Les énergies renouvelables comparées au piégeage et au stockage du carbone " par le Dr. Mae-Wan Ho, traduction et compléments de Jacques Hallard : « *Une étude, commandée par le gouvernement fédéral allemand, considère que le piégeage et le stockage du carbone émettent dix à quarante fois plus de gaz à effet de serre que les énergies renouvelables, comme le solaire et l'éolien, et qu'ils n'offrent aucune garantie contre la hausse du coût des combustibles fossiles. Voir sur <http://yonne.lautre.net/spip.php?article2935>*

La version originale de l'article en anglais, avec toutes les références, est intitulée [Capture and Storage: Still Not An Option](#) ; elle est accessible par les membres de l'ISIS sur [www.i-sis.org.uk/Carbon\\_Capture\\_Storage\\_Still\\_Not\\_An\\_Option.php](http://www.i-sis.org.uk/Carbon_Capture_Storage_Still_Not_An_Option.php)

**LE MATÉRIEL SUR CE SITE NE PEUT ETRE REPRODUIT SOUS QUELQUE FORME QUE CE SOIT SANS AUTORISATION EXPLICITE. POUR LES CONDITIONS et LES AUTORISATIONS DE REPRODUCTION, S'IL VOUS PLAÎT [CONTACTEZ-ISIS](#) . Lorsqu'une autorisation est accordée TOUS LES LIENS doivent rester inchangés**



<http://www.i-sis.org.uk/GreenEnergies.php>

## Le plafonnement des émissions de CO<sub>2</sub> à partir des sources ponctuelles importantes

Un consensus général qui prévaut est que les émissions de CO<sub>2</sub> (dioxyde de carbone), provenant de la combustion des combustibles fossiles, sont la cause la plus importante du **changement climatique**. La hausse des concentrations anthropiques de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère font également diminuer les niveaux du pH dans les océans, mettant en péril les chaînes alimentaires aquatiques.

Les équipements de chauffage et les véhicules automobiles sont les principaux responsables des émissions de CO<sub>2</sub> (dioxyde de carbone), mais les émissions infinitésimales provenant de ces sources individuelles doivent encore être éliminées par des technologies alternatives. Par comparaison, les grandes centrales au charbon émettent collectivement des milliards de tonnes de CO<sub>2</sub> (dioxyde de carbone) dans le monde entier, quantités qui pourraient être hypothétiquement capturées ou piégées à la source et stockées dans des dépôts de couches géologiques.

Des colonnes de lavage à base d'amines et des membranes de diffusion sélective sont déjà employées par l'industrie du gaz naturel pour éliminer le dioxyde de carbone provenant du gaz brut, afin de répondre aux exigences du marché. Ce CO<sub>2</sub> récupéré peut être ensuite injecté dans les **gisements de pétrole** et de gaz pour augmenter les rendements d'extraction des gisements de ces matières fossiles. Plus de 6.000 kilomètres de pipelines ont été affectés à cela en Amérique du Nord depuis les années 1970, pour la distribution du CO<sub>2</sub> à des têtes de puits existants, afin d'améliorer les taux de récupération du pétrole, et des hydrocarbures en général, qui sont en place dans les gisements. [Voir la rubrique '**récupération assistée du pétrole**' dans la partie 'Définitions et complément, *in fine*, à la suite de cet article].

Deux cent cinquante mille barils de pétrole sont extraits chaque jour dans les seuls États-Unis par les techniques de récupération assistée du pétrole, correspondant à environ 5% de la production nationale totale [2]. En moyenne, une '**tonne courte**' [environ 907 kg] de CO<sub>2</sub> injectée, permet un gain supplémentaire de 3,6 barils de pétrole à partir des réservoirs abandonnés après exploitation conventionnelle d'un forage [3].

Comme les prix du pétrole augmentent, des quantités encore plus grandes peuvent être récupérées en utilisant des techniques de production plus intensives. Jusqu'à 1,5 milliard de barils de pétrole pourraient finalement être produits par les champs pétroliers candidats pour une exploitation de ce type au Texas, avec 200 millions de tonnes de CO<sub>2</sub> [4], réalisant un taux de récupération assistée du pétrole de 1 à 7,5. Au nord de la frontière canadienne à Weyburn, au Saskatchewan canadien, un ratio de production de 1,6 a été atteint à l'aide de dioxyde de carbone injecté avec des canalisations, à partir d'une usine de gazéification de lignite dans le Dakota du Nord, aux États-Unis.

Bien que certaines opportunités pour la récupération assistée du pétrole existent dans l'Union Européenne, la production *offshore* dominante permet des recettes pétrolières supérieures, qui ne rendent pas nécessaires la justification de lourdes dépenses d'investissement.

Toutefois, des programmes de six installations pilotes de capture, ou de **piégeage et de stockage** du carbone (en anglais *CCS*) sont actuellement subventionnés en Europe par le **Plan stratégique des technologies énergétiques** (plan SET) [5] afin de simplement réduire le fardeau de la réduction des **émissions de CO<sub>2</sub>** (*Emissions Trading Scheme (ETS)*).

Les technologies de capture du carbone, qui ne sont pas employées pour la purification du gaz naturel, sont de plus en plus développées. Le processus d'**oxycombustion** brûle du carbone dans l'oxygène pur, pour produire un flux de CO<sub>2</sub> qui peut être directement capturé et récupéré.

Les usines équipées d'un **cycle combiné de gazéification intégrée** (*GICC*) convertissent les combustibles fossiles en hydrogène et en dioxyde de carbone pour la séparation des gaz de pré-combustion.

Dans le processus du **cycle du carbone** et des carbonates, le CO<sub>2</sub> effluent est combiné avec l'oxyde de calcium pour former du carbonate de calcium CaCO<sub>3</sub>, qui libère le dioxyde de carbone lorsqu'il est ensuite chauffé pour le recyclage de calcium.

Ces technologies à haute efficacité sont utilisées pour la construction d'une nouvelle usine. Pourtant, à moins que les revenus de la récupération assistée du pétrole ou que des subventions publiques soient disponibles, les frais de mise en œuvre du piégeage et du stockage du carbone ne peuvent pas être couverts par les coûts évités dans le cadre du négoce des émissions de carbone, et complétés si nécessaire par une augmentation des tarifs des services publics concernant l'électricité avec un objectif de réduction des émissions de CO<sub>2</sub>.

## Les prix et la tarification concernant les émissions de CO<sub>2</sub>

En Amérique du Nord, avec la récupération assistée du pétrole, une tonne de CO<sub>2</sub> à un prix livré au gisement de moins de 30 \$, ce qui peut générer des revenus de l'ordre de centaines de dollars. Le piégeage et le stockage du carbone (en anglais *CCS*) ne fournit pas des possibilités de profit comparables dans le cadre des stratégies de protection du climat de l'Union Européenne, car le prix du marché du dioxyde de carbone évité est essentiellement déterminé par des sanctions commerciales dans le cadre du **Système d'échange d'émissions**. A ce niveau, une infrastructure de piégeage et de stockage du CO<sub>2</sub> axé sur des considérations climatiques, n'a pas de justification commerciale, et ceci est vrai n'importe où dans le monde.

Lors d'un symposium qui s'est tenu en 2009 à l'Institut de Technologie du Massachusetts, aux Etats-Unis, il a été estimé que les centrales électriques existantes en voie de modernisation, qui utilisent « la technologie actuelle et évolutive de capture à base d'amines », entraîneraient des dépenses d'équipement qui seraient « en général dans de l'ordre de 50 à 70 \$ / tonne de CO<sub>2</sub> pour la Nième usine » (c'est-à-dire avec des coûts des installations réduits par la construction d'usines standardisées, mais à l'exclusion des coûts de transport et de stockage [6]).

Aux États-Unis, la dépense moyenne d'un processus d'une chaîne complète de piégeage et de stockage du carbone a été estimée à 125 dollars par tonne de CO<sub>2</sub> [7].

L'*US Department of Energy (DOE)*, le Ministère de l'Énergie des États-Unis estime que « la capture du

carbone va ajouter plus de 30 pour cent au coût de l'électricité pour les nouvelles centrales thermiques au charbon avec un dispositif de **cycle combiné à gazéification intégrée** (CCGI, en anglais *IGCC*) et plus de 80 pour cent au coût de l'électricité, si l'on procède à la modernisation des unités de centrales existantes et qui fonctionnent avec du charbon pulvérisé [8].

Dans une étude allemande publiée en Mars 2009, le cabinet McKinsey & Company suppose que les certificats de commercialisation du CO<sub>2</sub> dans l'Union Européenne pourraient s'élever à 35 € par tonne en 2020 et à 40 € / tonne en 2030 [9].

L'inexactitude potentielle de ces attentes est indiquée par la projection de 25 € / t attendue pour 2010, soit près du double des niveaux du Système d'échange d'émissions STE qui ont été effectivement atteints. Une étude européenne, publiée en août 2010, prédit que les prix des certificats n'augmenteraient que de 7 pour cent pour atteindre 16,5 € / t en 2020 et 18,7 € / t en 2030 [10]. Le cabinet McKinsey a misé sur une valeur beaucoup plus élevée, « un prix médian du carbone de 35 € par tonne de CO<sub>2</sub> » [11] pour évaluer les perspectives du financement international des réductions de carbone.

Le Système d'échange d'émissions STE et d'autres moyens de réduction du CO<sub>2</sub> ne peuvent finalement atteindre un prix plus élevé que le coût des détriments et des inconvénients écologiques qu'ils sont capables de prévenir. En 2002, le Ministère britannique de l'Alimentation et des Affaires Environnementales et Rurales (DEFRA) a sondé les estimations précédentes du coût social du carbone (CSC) qui exprime les effets complets des émissions de carbone sur la vie économique et sociale [12].

En 2007, un chiffre du coût social du carbone a été estimé à 42 € / t de CO<sub>2</sub> pour l'année 2020 [13], ce qui est considérablement plus élevé que les projections du Système d'échange d'émissions STE.

Le prix alternatif fictif du carbone indique le coût des technologies et des politiques actuellement nécessaires pour assurer un niveau futur et ciblé de la concentration atmosphérique en CO<sub>2</sub> [14]. En Grande-Bretagne, ce prix alternatif fictif du carbone a été fixé à 25 £ /tonne de **CO<sub>2</sub> eq** en 2007, équivalent à environ 35 € / tonne de CO<sub>2</sub> eq au taux de change en vigueur ; il a été jugé nécessaire à cette époque pour empêcher que les concentrations de CO<sub>2</sub> ne s'élèvent pas au dessus de 450 à 550 ppm, et en faisant l'hypothèse d'une participation internationale équitable.

Ces estimations antérieures ont depuis été éclipsées par la croissance des niveaux d'émission de dioxyde de carbone provenant de l'utilisation mondiale de combustibles fossiles. Le Royaume-Uni a abandonné en 2009 tous les calculs relatifs au piégeage et au stockage du carbone, en se basant sur ses estimations du prix du carbone, plutôt que sur les coûts d'atténuation des teneurs en CO<sub>2</sub> [15] « dans une plage de 41 \$ à 124 \$ la tonne de CO<sub>2</sub>, avec un scénario central de 83 \$ ».

Bien que, pour le carbone, l'augmentation des coûts sociaux puissent justifier des mesures d'évitement plus coûteuses, la dimension internationale du changement climatique exige que les technologies qui visent à réduire les émissions du CO<sub>2</sub> soient également abordables pour les pays les moins nantis.

Les perspectives de solutions rentables en cours d'adoption en Europe restent cependant limitées, du fait

des rendements insuffisants des capitaux qui sont nécessaires pour couvrir les dépenses d'investissements.

Le Conseil consultatif allemand sur l'environnement (SRU) cite des chiffres de différentes études qui varient de 30 à 64 € par tonne de CO<sub>2</sub> évitée pour les nouvelles centrales et de 53 à 97 € / tonne pour les installations anciennes à rénover [16]. L'Institut allemand de recherche économique (DIW) calcule que les coûts de production de l'électricité devraient augmenter de 48 à 92% lorsqu'elle est produite par des centrales au charbon avec captage du CO<sub>2</sub> [17]. Les marchés de l'électricité ne peuvent pas honorer ces projections, à l'exclusion d'une baisse des prix des alternatives possibles, qui vont de la production de la filière électro-nucléaire aux énergies renouvelables et aux techniques de gestion des charges.

Une enquête coordonnée par le Centre de recherche technique VTT de Finlande a déterminé qu'une réduction des émissions de dioxyde de carbone de ce pays de 10 à 30 pour cent « pourrait être réalisée avec la technologie du piégeage et du stockage CSC d'ici 2050 » seulement si, à ce moment là, « le niveau des prix des quotas d'émissions s'élevaient à 70 - 90 euros par tonne de dioxyde de carbone » [18].

Le Fondation Norvégienne Bellona a justifié l'adoption du piégeage et du stockage du carbone avec des indemnités s'élevant à 50 € / tonne en 2030 et 90 € / tonne en 2050 [19]; ces prévisions sont supposées refléter « une politique climatique de l'Union Européenne relativement conservatrice dans le futur, qui impose une réduction lente et constante des émissions européennes de CO<sub>2</sub> jusqu'en 2050 ».

Cependant, la fondation Bellona note que l'augmentation des prix des émissions au niveau requis pour les investissements en vue du piégeage et du stockage du carbone, s'est avéré être un objectif politique « incroyablement difficile »[20].

Des complexités dans la planification et des dépassements importants des coûts ont entraîné des révisions, des reports et des annulations de projets dans plusieurs pays européens ainsi qu'aux Etats-Unis et en Australie.

## **Les obstacles à la mise en œuvre du piégeage et du stockage du carbone**

Dans une chaîne du processus de piégeage et de stockage du carbone (en anglais CCS), jusqu'à un tiers de la production d'une centrale électrique peut être nécessaire pour la séparation, la compression et le transport du CO<sub>2</sub>.

Une pression du gazoduc à haute intensité énergétique, jusqu'à 200 atmosphères (atm), est nécessaire pour éviter que des changements de phase ne se produisent avant que le dioxyde de carbone comprimé n'ait atteint le site de stockage géologique où il est injecté à une profondeur excédant 800 mètres, afin de maintenir une pression supercritique de 72,9 atm pour une pénétration maximale.

Des capacités de production d'électricité supplémentaires sont donc nécessaires, souvent à partir d'une deuxième centrale électrique, pour restaurer l'énergie électrique qui est perdue dans le but de réaliser le

piégeage et le stockage du CO<sub>2</sub>.

Une quantité d'eau, de l'ordre de deux fois supérieure par kilowatt-heure livré, doit être finalement retirée des rivières ou des nappes aquifères locales, afin de produire la vapeur d'eau à fournir, d'une part, et pour dissiper la chaleur résultant de la compression, d'autre part [21].

Des restrictions locales dans l'utilisation de l'eau peuvent donc exclure la rénovation d'une ancienne centrale électrique en vue de l'équiper pour le piégeage et le stockage du carbone. La génération d'électricité conventionnelle sans contrôle du CO<sub>2</sub> peut se révéler tout aussi compétitive, même sous un régime très limité d'émissions de carbone, en raison des plus faibles besoins en combustibles et en eau.

Au début, les propositions en vue du piégeage et du stockage du carbone supposaient que les rénovations en vue d'une post-capture du CO<sub>2</sub> pourraient être facilement réalisées sur des centrales existantes et alimentées par du charbon. Toutefois, l'équipement de séparation des gaz de combustion, de la taille d'un hangar d'avion, et les retraits intensifs d'eau ne sont pas possibles sur les sites de nombreuses centrales. La plupart des installations ont déjà utilisé une partie importante pour leur fonctionnement normal et elles sont impropres pour subir une coûteuse reconfiguration.

La mise en œuvre commerciale des systèmes de piégeage et de stockage du carbone n'est prévue qu'après 2020. Des centaines d'usines déjà en construction ou en phase finale de planification, et toutes les centrales au charbon existantes pour générer de l'électricité dans le monde entier, sont des installations qui ont été conçues sans intention de procéder au captage du CO<sub>2</sub> et à son stockage géologique.

Un programme complet de piégeage et de stockage de carbone, capable de modérer et d'atténuer les impacts climatiques négatifs, ne serait donc seulement possible qu'après que les centrales électriques actuelles aient été retirées du système de production.

En ce moment, toutefois, les fournitures adéquates de combustibles ne peuvent pas être garanties pour des capacités de remplacement des centrales à base de charbon, comme on le verra ci-dessous.

### **L'augmentation des revenus provenant de l'extraction du pétrole avec l'aide du dioxyde de carbone CO<sub>2</sub>**

L'amélioration des technologies de séparation du CO<sub>2</sub> bénéficie à l'industrie pétrolière. Au Canada, le Conseil pour le développement du captage et du stockage de l'état de l'Alberta a estimé qu'avec un prix du pétrole de 75 dollars le baril et un prix de 20 \$ la tonne de CO<sub>2</sub> livrée sur le terrain, « les techniques de récupération éprouvées ont le potentiel d'ajouter 1,4 milliards de barils supplémentaires de pétrole et de séquestrer 450 Mt de CO<sub>2</sub> » [22].

Les technologies de récupération assistée du pétrole peuvent ainsi offrir plusieurs fois le chiffre d'affaires résultant de l'approvisionnement en CO<sub>2</sub>, même après déduction des dépenses d'énergie associées à ces

technologies.

Le CO<sub>2</sub> pressurisé peut également être utilisé comme un agent de fracturation pour l'extraction, à la fois de manière conventionnelle et pour une exploitation des **gaz de schiste** piégés dans des formations géologiques denses et compactes.

Dans l'industrie du gaz naturel en Allemagne, plusieurs milliers de tonnes de dioxyde de carbone ont été injectés par Exxon dans 26 sites entre 2007 et 2010, avec un fluide de fracturation comprenant 30 à 70 pour cent de CO<sub>2</sub> [23].

## **Le piégeage et le stockage du carbone constituent un obstacle à la protection du climat**

Le piégeage et le stockage du carbone (en anglais *CCS*), présentés ensemble comme une technologie d'avenir corrective, sert de prétexte pour continuer l'utilisation déjà ancienne du charbon. En outre, l'amélioration des moyens de captage du CO<sub>2</sub> peuvent contribuer à augmenter la production pétrolière et gazière.

Cette capacité contredit les efforts de réduction des émissions de gaz à effet de serre en introduisant des hydrocarbures supplémentaires dans la biosphère qui seraient sinon restées inaccessibles géologiquement. À cet égard, le **plan SET** de l'Union Européenne renforce les infrastructures des combustibles fossiles, plutôt que de les remplacer.

Lorsque tous les facteurs contribuant à l'extraction, au traitement et à la combustion de pétrole brut sont combinés, les émissions moyennes du **cycle de vie** [bilan énergétique] du pétrole (hors transport de produits pétroliers) en Amérique du Nord, sont d'environ 500 kg de CO<sub>2</sub> eq par baril [24].

En Alberta, l'injection d'une tonne de CO<sub>2</sub> entraîne donc 0.625 tonne nette du cycle de vie des émissions de **gaz à effet de serre**  $((3,25 \times 0,5) - 1)$ . La moyenne actuelle pour les opérations de récupération assistée du pétrole aux Etats-Unis est de 0,8 tonnes, tandis que le ratio correspondant dans l'état du Texas peut s'élever jusqu'à 1 - 2.75 tonnes de gaz à effet de serre.

## **Les réserves de charbon diminuent sous la pression de la demande qui est en croissance rapide**

La consommation mondiale de charbon a largement dépassé les niveaux prévus il y a seulement quelques années. Une étude de l'industrie chinoise publiée en 2003 avait prédit une utilisation du charbon domestique de 1.720 millions de tonnes en l'an 2010 et de 1.950 à 2.100 millions de tonnes en 2020 [25].

Depuis, la trajectoire de la demande réelle a dépassé à deux reprises ces montants et distancé les prévisions antérieures pour la consommation mondiale. Il est maintenant prévu que la production de

charbon chinois puisse atteindre quatre milliards de tonnes en 2015 [26].

Cette quantité sera, néanmoins, encore inférieure à la moitié de la demande mondiale. Avec la hausse des importations, la Chine et l'Inde ont commencé à acheter des installations pour des opérations minières étrangères, afin de sécuriser, à long terme, leurs approvisionnements en charbon [27].

Si les tendances actuelles d'utilisation du charbon se poursuivent, toutes les réserves de charbon qui ont été estimées et publiées, de l'ordre de quelque 800 milliards de tonnes, [28] seraient mathématiquement taries d'ici 60 ans, même sans compter les besoins en énergie qui seraient ajoutés pour les filières de piégeage et de stockage du carbone.

En outre, les pays exportateurs de charbon peuvent donc imposer des mesures très restrictives en fournissant le marché mondial, en limitant fondamentalement les disponibilités en combustibles avec l'objectif de réduire la génération et les émissions de CO<sub>2</sub>.

Dans ces circonstances, le piégeage et le stockage du carbone pourrait rester un sujet de préoccupation dans les pays dotés de réserves de charbon, en particulier lorsque ce dernier est utilisé pour améliorer la récupération du pétrole. Certains coûts résultant du piégeage et du stockage du carbone seraient ainsi assumés, mais au détriment d'autres inconvénients environnementaux.

Les projections climatiques mondiales, qui prédisent une grande disponibilité des ressources en charbon d'ici la dernière partie de ce 21<sup>ème</sup> siècle, restent des promesses intenable.

Les modèles de changement climatique devraient donc être révisés en conséquence, en particulier du fait qu'il est actuellement émis deux fois plus de CO<sub>2</sub> à partir du charbon, qu'il avait été précédemment estimé et supposé.

***Jeffrey H. Michel**, d'origine américaine et vivant à Hambourg en Allemagne, est un chercheur dans le domaine de l'énergie. Ses thèmes de recherches incluent les questions de politique allemande en matière de lignite, ainsi que ce qui concerne le piégeage et le stockage du carbone (CCS), la mesure du comptage électronique de la puissance électrique, ainsi que le déploiement des énergies renouvelables. Il est un collaborateur régulier auprès Secrétariat de la pollution atmosphérique et du climat à Göteborg, en Suède.*

© 1999-2011 The Institute of Science in Society

[Contact the Institute of Science in Society](#)

MATERIAL ON THIS SITE MAY NOT BE REPRODUCED IN ANY FORM WITHOUT EXPLICIT PERMISSION. FOR PERMISSION, PLEASE [CONTACT ISIS](#)

## **Définitions et compléments**

**Changement climatique** -Introduction d'un article de Wikipédia

Pour le phénomène contemporain et anthropique, lire l'article [réchauffement climatique](#). 

Un **changement climatique** correspond à une modification durable (de la décennie au million d'années)



des paramètres statistiques (paramètres moyens, variabilité) du climat global de la Terre ou de ses divers climats régionaux. Ces changements peuvent être dus à des processus intrinsèques à la [Terre](#), à des influences extérieures<sup>1</sup> ou, plus récemment, aux activités humaines.

Le **changement climatique anthropique** est le fait des émissions de [gaz à effet de serre](#) engendrées par les activités humaines, modifiant la composition de l'atmosphère de la planète<sup>2</sup>. À cette évolution viennent s'ajouter les variations naturelles du climat.

Principaux facteurs reconnus de changement climatique :

[http://fr.wikipedia.org/wiki/Fichier:Cambio\\_climatico\\_%28french%29.jpg](http://fr.wikipedia.org/wiki/Fichier:Cambio_climatico_%28french%29.jpg)

Dans les travaux du [GIEC](#)<sup>3</sup>, le terme « changement climatique » fait référence à tout changement dans le temps, qu'il soit dû à la variabilité naturelle ou aux activités humaines.

Au contraire, dans la [Convention cadre des Nations Unies sur le changement climatique](#)<sup>4</sup>, le terme désigne uniquement les changements dus aux activités humaines. La Convention-cadre utilise le terme « variabilité climatique » pour désigner les changements climatiques d'origine naturelle.

## Sommaire

- [1 Variations climatiques constatées](#)
  - o [1.1 Les anciennes variations climatiques](#)
  - o [1.2 Le récent réchauffement climatique global](#)
  - o [1.3 Sécheresse et désertification](#)
- [2 Facteurs de changements climatiques](#)
  - o [2.1 Causes astronomiques](#)
    - [2.1.1 Variations de la position de la Terre](#)
    - [2.1.2 Les variations de l'activité solaire](#)
    - [2.1.3 Nuages interstellaires de poussière](#)
  - o [2.2 Déplacements des continents vers les pôles](#)
  - o [2.3 Crises volcaniques](#)
- [3 Les amplifications des modifications climatiques \(rétro-action\)](#)
  - o [3.1 Variation de l'albédo](#)
- [4 Changements climatiques dus à l'Homme](#)
  - o [4.1 Hiver nucléaire](#)
- [5 Conclusion](#)
- [6 Notes et références](#)
- [7 Compléments](#)
  - o [7.1 Articles connexes](#)
  
  - o [7.2 Liens externes](#)

Article à consulter sur Source [http://fr.wikipedia.org/wiki/Changement\\_climatique](http://fr.wikipedia.org/wiki/Changement_climatique)

**CO<sub>2</sub> eq = Équivalent CO<sub>2</sub>** – D'après Wikipédia

**Equivalent-CO<sub>2</sub>** désigne le [potentiel de réchauffement global \(PRG\)](#) d'un [gaz à effet de serre](#) (GES), calculé par équivalence avec une quantité de CO<sub>2</sub> qui aurait le même PRG. La durée de vie du [dioxyde de carbone](#) dans l'atmosphère est estimée à environ 100 ans. Son PRG vaut exactement 1 puisque que ce gaz est l'étalon de base. Le tableau ci-dessous résume les durées de vie et PRG des GES les plus courants.

**Durée de vie et PRG des gaz à effet de serre (GIEC 2007)<sup>1</sup>.**

Gaz	Durée de vie (ans)	PRG		
		Échelle considérée		
		20 ans	100 ans	500 ans
<a href="#">Méthane</a>	12	72	25	7,6
<a href="#">Oxyde nitreux</a>	114	289	298	153
PFC-14 ( <a href="#">Tétrafluorure de carbone</a> )	50 000	5 210	7 390	11 200
HFC-23 ( <a href="#">Trifluorométhane</a> )	260	9 400	12 000	10 000
<a href="#">Hexafluorure de soufre</a>	3 200	15 100	22 200	32 400

**Notes et références** [[modifier](#)]

- <sup>1</sup> **(en)** [PRG values and lifetimes from IPCC TAR](#) [archive].

**Voir aussi** [[modifier](#)]

**Articles connexes** [[modifier](#)]

- [Émissions de CO2](#)
- [Contenu CO2](#)

Source : [http://fr.wikipedia.org/wiki/%C3%89quivalent\\_CO2](http://fr.wikipedia.org/wiki/%C3%89quivalent_CO2)

**Cycle combiné à gazéification intégrée** – Article Wikipédia

Une centrale à **cycle combiné à gazéification intégrée** (CCGI) est un type de [centrale électrique](#) utilisant des carburants solides tels que le charbon. Ces centrales se caractérisent par une opération de gazéification, qui convertit la matière première en un gaz combustible ([gaz de synthèse](#)) qui alimente une centrale électrique à [cycle combiné](#).

**Sommaire**

- [1 Principe de fonctionnement](#)
  - [1.1 Bilan énergétique](#)
  - [1.2 Variantes et améliorations](#)
  - [1.3 Séquestration du CO<sub>2</sub>](#)
- [2 Avantages](#)
  - [2.1 Environnement](#)
  - [2.2 Carburants](#)

- o [2.3 Multiproduction](#)
- [3 Références](#)
  
- [4 Bibliographie](#)

### **Principe de fonctionnement** [[modifier](#)]

Le combustible est d'abord réduit en grains, puis injecté dans un gazéificateur, en présence d'[oxygène](#) et de vapeur d'eau. L'oxygène n'est pas assez abondant pour permettre une combustion complète. Plusieurs réactions ont lieu : combustion partielle (qui notamment donne du [monoxyde de carbone](#)), [pyrolyse](#) qui décompose les molécules du combustible, et réaction avec la vapeur d'eau qui produit du monoxyde de carbone et du dihydrogène.

L'oxygène est isolé par une unité cryogénique de séparation de l'air.

En sortie du gazéificateur, on obtient donc un gaz de synthèse composé notamment de CO, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S. Ce gaz est refroidi puis traité, en particulier les poussières sont filtrées, et le soufre retiré par absorption chimique. Les cendres issues du gazéificateur sont elles aussi traitées, ce qui permet notamment de récupérer les métaux lourds.

Ensuite le gaz de synthèse traité est utilisé comme carburant de la centrale à cycle combinés elle même : une ou plusieurs [turbines à gaz](#) dont les gaz d'échappement alimentent une chaudière connectée à une [turbine](#) à vapeur, laquelle récupère aussi de la chaleur issue du refroidissement du gazéificateur.

### **Bilan énergétique** [[modifier](#)]

Voici un exemple de bilan énergétique, celui de la centrale espagnole PIEMSA <sup>1</sup>, tous les chiffres étant ramené à 100 pour l'énergie du combustible en entrée. Les chiffres exacts changent d'une centrale à l'autre. Cette centrale produit de l'hydrogène en plus de l'électricité, ce qui complique légèrement le bilan. Elle utilise comme combustible un résidu du raffinage du [pétrole](#).

- Pouvoir calorifique du combustible en entrée : 100 ([pouvoir calorifique inférieur](#)).
- Pouvoir calorifique du gaz de synthèse brut : 83.7
- Pouvoir calorifique du syngaz traité envoyé dans les turbines à gaz : 74.4 en alimentation principale, 1 en post-combustion
- Pouvoir calorifique de l'hydrogène produit : 3.2
- Pouvoir calorifique des gaz résiduels du réacteur de production d'hydrogène (envoyés également aux turbines à gaz) : 1.5
- Production d'électricité des deux turbines à gaz : 29.2
- Production d'électricité de la turbine à vapeur : 17.2
- Rendement électrique *brut* : 46.4 %

Il faut cependant en déduire la consommation propre de la centrale.

- Consommation de l'unité de production d'oxygène : -5.7
- Divers : -1.7.

Ainsi, pour 100 [joules](#) de combustible, la centrale a une production nette de 39 joules d'électricité, et de 3 joules d'hydrogène, soit un rendement global de 42%.

### **Variantes et améliorations** [[modifier](#)]

Il existe au Japon une centrale de démonstration de 250 MW, à Iwaki, qui utilise une gazification à air et non à oxygène. Ce choix permet d'éliminer l'unité de production d'oxygène, en contrepartie la présence d'[azote](#) augmente la taille du gazéificateur et dilue le gaz de synthèse, qui a donc un pouvoir calorifique bien moindre.

Selon la conception de la centrale, l'unité de séparation d'oxygène peut être indépendante ou connectée à la turbine à gaz (recevoir d'elle de l'air comprimé et lui restituer l'azote).

Plusieurs améliorations sont prévues sur les centrales futures, l'objectif du *Department of energy* américain étant d'arriver à terme à un rendement net de 50% <sup>2</sup>.

Une première amélioration est l'utilisation d'une séparation d'oxygène basée sur des membranes de séparation des gaz et non sur la [distillation](#) cryogénique. Cette solution consomme moins d'énergie et pourrait selon le DoE améliorer le rendement de 2 points. Le nettoyage du gaz de synthèse chaud permettrait de conserver la chaleur du syngaz jusqu'aux turbines et pourrait aussi légèrement améliorer le rendement.

Par ailleurs, toute amélioration portée aux centrales à cycle combiné (sur les turbines à gaz, les chaudières de récupération et les turbines à vapeur) peut également bénéficier à une centrale à gazéification intégrée.

S'agissant de la dépollution, la capture du [mercure](#), seul polluant non encore traité, a été installée sur l'une des dernières centrales CCGI construite, à Kingsport (Tennessee). Les émissions de mercure sont réduites de 95 % <sup>3</sup>.

### **Séquestration du CO<sub>2</sub>** [[modifier](#)]

À terme, le principe de la centrale CCGI peut être adapté pour y intégrer la [séquestration du CO<sub>2</sub>](#)<sup>4</sup>. Il s'agit d'ajouter avant la turbine à gaz un réacteur chimique convertissant le monoxyde de carbone en dihydrogène et dioxyde de carbone (réaction du [gaz à l'eau](#)) et un dispositif séparant le CO<sub>2</sub> (qui est expédié vers le site de séquestration) et le dihydrogène qui alimente la centrale à cycle combiné. Le rendement serait diminué de plusieurs points.

## **Avantages** [[modifier](#)]

## **Environnement** [[modifier](#)]

Contrairement à une centrale au charbon classique, où les polluants comme le soufre sont capturés dans les gaz d'échappement de la chaudière, ici ils sont retirés en amont de la turbine à gaz. Cette dépollution *pre-combustion* est très efficace. De plus une turbine à gaz produit moins d'oxydes d'azotes qu'une chaudière. Ainsi, une centrale à gazéification intégrée a des niveaux d'émission de polluants locaux, tels que les SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, ozone, mercure, microparticules et composés organiques peut être réduit à des niveaux plus bas que les meilleures centrales à chaudière <sup>3</sup>, approchant le niveau d'une centrale au gaz naturel. En revanche, en l'absence de séquestration, les émissions de CO<sub>2</sub> restent identiques à celle de n'importe quelle autre centrale à charbon à rendement égal.

## **Carburants** [[modifier](#)]

La polyvalence des gazéifications et l'efficacité de l'extraction des polluants permet d'utiliser une grande variété de combustibles : [charbons](#) et [lignites](#) de différentes qualités, résidus du raffinage du pétrole ([coke de pétrole](#), [asphalte...](#)), [biomasse](#), etc.

## **Multiproduction** [[modifier](#)]

Le gaz de synthèse est une matière première pétrochimique. Il est ainsi possible d'associer à la production d'électricité différents produits auxiliaires, tels que l'hydrogène, le [méthanol](#), l'[éthylène](#). Ces produits sont généralement fabriqués à partir de gaz naturel.

## **Références** [[modifier](#)]

1. ↑ [Bilan énergétique, celui de la centrale espagnol PIEMSA](#) [[archive](#)]
2. ↑ [System Study For Improved Gas Turbine Performance For Coal IGCC Application](#) [[archive](#)].
3. ↑ <sup>a</sup> et <sup>b</sup> [EPA](#) [[archive](#)].
4. ↑ [gasification.org](#) [[archive](#)]

## **Bibliographie** [[modifier](#)]

- Dossier B8920 *Technologie de gazéification intégrée à un cycle combiné*, Michel Klaeylé et Férid Nandjee, avril 1997, [Éditions techniques de l'ingénieur](#), [Résumé](#).

Source : [http://fr.wikipedia.org/wiki/Cycle\\_combin%C3%A9\\_%C3%A0\\_gaz%C3%A9ification\\_int%C3%A9gr%C3%A9e](http://fr.wikipedia.org/wiki/Cycle_combin%C3%A9_%C3%A0_gaz%C3%A9ification_int%C3%A9gr%C3%A9e)

**Cycle de vie** - Ce concept peut se référer à deux présentations : l'**analyse du cycle de vie** et le **bilan écologique**

**Analyse du cycle de vie.** Selon Wikipédia , l'**analyse de cycle de vie** (ACV) se base sur la notion de [développement durable](#) en fournissant un moyen efficace et systématique pour évaluer les [impacts environnementaux](#) d'un [produit](#), d'un [service](#) ou d'un procédé.

Le but fondamental, suivant la logique de pensée cycle de vie, est de réduire la pression d'un produit sur les ressources et l'[environnement](#) tout au long de son cycle de vie, de l'extraction des [matières premières](#) jusqu'à son traitement en fin de vie (mise en décharge, [incinération](#), [recyclage](#), etc), cycle souvent qualifié de *berceau au tombeau* (« cradle to grave » en anglais). Un effet secondaire est qu'en limitant les besoins en ressources et en [énergie](#), la chaîne de valeur du produit peut s'en trouver améliorée.

Cette méthode, apparue dans les années 1970, commence à entrer dans les méthodes couramment utilisées en gestion de l'environnement, notamment depuis sa normalisation avec la série des normes ISO 14040 (la [série des normes ISO 14000](#) concernant la gestion de l'environnement).

L'analyse de cycle de vie est à la fois :

- une procédure, c'est-à-dire une suite d'étapes standardisées ;
- un modèle de transformations mathématiques permettant de transformer des flux en impacts environnementaux potentiels.

Malgré le nom de cette méthode, il est important de comprendre que l'analyse du cycle de vie s'occupe d'étudier la fonction du produit. En effet, en n'étudiant que le produit en lui-même, il deviendrait difficile de comparer des produits remplissant la même fonction mais de manière différente comme la voiture et le transport en commun dont la fonction commune est de déplacer des personnes.

## **Sommaire**

- [1 Méthodologie](#)
  - o [1.1 Définition des objectifs et du champ de l'étude](#)
    - [1.1.1 Définition de l'objectif de l'étude](#)
    - [1.1.2 Fonction](#)
    - [1.1.3 Unité fonctionnelle](#)
    - [1.1.4 Paramètres clés](#)
    - [1.1.5 Flux de référence](#)
    - [1.1.6 Frontières du système](#)
  - o [1.2 Analyse de l'inventaire du cycle de vie](#)
  - o [1.3 Évaluation des impacts du cycle de vie](#)
    - [1.3.1 Typologie des méthodes d'évaluation](#)
      - [1.3.1.1 Méthodes orientées problèmes](#)
      - [1.3.1.2 Méthodes orientées dommages](#)
    - [1.3.2 Étapes d'évaluation des impacts](#)
      - [1.3.2.1 Choix des catégories d'impacts](#)
      - [1.3.2.2 Classification](#)
      - [1.3.2.3 Caractérisation](#)

- [1.3.2.4 Normalisation](#)
    - [1.3.2.5 Groupement](#)
    - [1.3.2.6 Pondération et agrégation](#)
  - o [1.4 Interprétation de l'analyse de cycle de vie](#)
    - [1.4.1 Outils d'analyse des résultats](#)
      - [1.4.1.1 Analyse de contribution](#)
      - [1.4.1.2 Analyse de dominance](#)
      - [1.4.1.3 Analyse d'influence](#)
    - [1.4.2 Outil de vérification](#)
      - [1.4.2.1 Étude des sources d'incertitudes](#)
      - [1.4.2.2 Contrôle de complétude](#)
      - [1.4.2.3 Contrôle de sensibilité](#)
      - [1.4.2.4 Contrôle de cohérence](#)
      - [1.4.2.5 Évaluation de la qualité des données](#)
      - [1.4.2.6 Analyse d'incertitude](#)
- [2 Standardisation de l'analyse de cycle de vie \(ACV\)](#)
- [3 Imputation et exclusion](#)
  - o [3.1 Approche de division](#)
  - o [3.2 Approche par extension des frontières](#)
  - o [3.3 Approche par imputation](#)
  - o [3.4 Cas du recyclage](#)
    - [3.4.1 Recyclage en boucle fermée](#)
    - [3.4.2 Recyclage en boucle ouverte](#)
- [4 Avantages et inconvénients](#)
- [5 Deux types d'ACV](#)
- [6 Flux et méthode mathématique de l'ACV](#)
  - o [6.1 Ecosphère, technosphère et définition des flux](#)
  - o [6.2 Résolution mathématique](#)
    - [6.2.1 De l'inventaire brut à l'inventaire mis à l'échelle et agrégé](#)
    - [6.2.2 Du vecteur d'inventaire au vecteur d'indicateurs d'impact](#)
    - [6.2.3 Vers un vecteur d'impact normalisé](#)
    - [6.2.4 Indicateur unique](#)
- [7 Outils d'ACV](#)
- [8 Exemple de résultats](#)
- [9 Labels](#)
- [10 Notes et références](#)
- [11 Voir aussi](#)
  - o [11.1 Liens externes](#)

### **Méthodologie [modifier]**

Relations entre les différentes étapes du processus d'analyse du cycle de vie selon ISO 14040. (Les normes citées ici ont été remplacées par ISO 14044 qui décrit toutes ces étapes selon la même systématique.). Voir <http://fr.wikipedia.org/wiki/Fichier:Etapes-acv.png>

Relations entre les différentes étapes du processus d'analyse du cycle de vie selon ISO 14040. (Les normes citées ici ont été remplacées par ISO 14044 qui décrit toutes ces étapes selon la même systématique.)

L'analyse de cycle de vie est un processus itératif constitué de 4 étapes principales dont la structure est standardisée par la norme [ISO 14044](https://www.iso.org/standard/42184.html). Le processus est itératif car chaque étape peut amener à revoir les précédentes; ainsi des difficultés dans l'obtention de données pour l'inventaire peuvent amener à revoir les objectifs et le champ d'étude.

Il faut d'abord étudier les systèmes impliqués par les produits à comparer, puis les flux de matières et d'énergie, puis les impacts environnementaux connus, pour chaque étape du cycle de vie. Il faut enfin pondérer ces impacts, habituellement sous la forme d'[unités de charge écologique](#) (UCE). Pour cela, en Suisse, les acteurs peuvent utiliser une banque de données «ecoinvent»<sup>1</sup> créée avec l'OFEV <sup>2</sup>

Article complet sur [http://fr.wikipedia.org/wiki/Analyse\\_du\\_cycle\\_de\\_vie](http://fr.wikipedia.org/wiki/Analyse_du_cycle_de_vie)

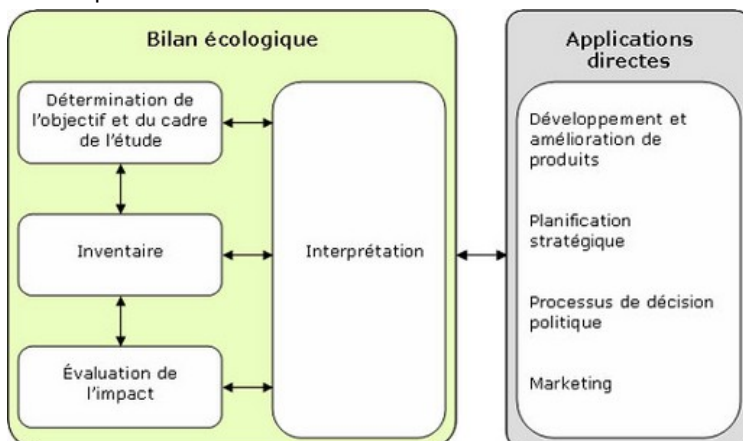
### **Méthode du bilan écologique** – Document Agroscope Suisse

- [Qu'est-ce qu'un bilan écologique?](#)
- [Poursuite du développement méthodologique à la FAL](#)
- [Méthode du bilan écologique SALCA](#)
- [Inventaire](#)
- [Evaluation de l'impact](#)
- [Travaux en cours](#)

### **Qu'est-ce qu'un bilan écologique?**

Le bilan écologique est une méthode de gestion qui évalue et quantifie les impacts sur l'environnement d'un produit ou d'une prestation. L'analyse de ce que l'on appelle le cycle de vie permet de prendre en compte tous les effets qu'un système de production peut avoir sur l'environnement, de l'obtention des matières premières à l'élimination ou au recyclage des déchets. On vise autant que possible à appréhender la totalité des impacts sur l'environnement afin que les éventuels transferts de charge environnementale soient détectés. La méthode est décrite dans les normes ISO 14040 et suivantes. Quatre phases sont distinguées:

1. Détermination de l'objectif et du cadre de l'étude
2. Inventaire (quantification des émissions et de l'utilisation des ressources)
3. Evaluation de l'impact
4. Interprétation





Phases du bilan écologique

Phases du bilan écologique (nach [International Organisation for Standardization \[ISO\], ISO-Norm 14000, 1997](#))

### **Poursuite du développement méthodologique à l'ART**

Les bilans écologiques ont été développés à l'origine pour les prestations et les produits industriels. Les recherches de la ART ont donc pour but de développer et de recommander des méthodes permettant de quantifier les émissions et les impacts environnementaux en les adaptant aux besoins des applications agricoles. Ces développements permettront d'appliquer les bilans écologiques aux cultures, à l'assolement et à l'exploitation agricole. Les principaux domaines de recherches sont les grandes cultures, les cultures fourragères ainsi que la production laitière et la production carnée.

L'application des bilans écologiques aux processus agricoles a nécessité plusieurs développements spécifiques. Les plus importants sont:

- l'analyse du système des processus de production agricole, par ex. la prise en compte de la multifonctionnalité,
- les simulations d'émissions pour des processus spécifiques à l'agriculture comme le lessivage des nitrates, les pertes de phosphore, les flux de métaux lourds ou les émissions de méthane,
- la méthode d'estimation des impacts sur la qualité des sols et la biodiversité.

### **Méthode du bilan écologique SALCA**

La méthode du bilan écologique de la ART, qui porte le nom de SALCA (Swiss Agricultural Life Cycle Assessment Method), a été conçue dans l'optique de fournir à toutes les personnes intéressées un système adapté aux contingences agricoles. Elle repose sur des développements propres à la ART pour des émissions et des catégories d'impact spécifiques ainsi que sur une sélection de modèles d'estimation des impacts en vue de l'application des bilans écologiques aux processus agricoles.

### **Inventaire**

La ART a développé quelques nouvelles méthodes pour calculer l'inventaire:

La lixiviation des nitrates correspond à l'excédent entre l'apport de nitrates (minéralisation et fumure) et le prélèvement de nitrates par la plante. La méthode développée en 1997 a été réactualisée sur la base des résultats d'une première validation. Le modèle prend en compte aussi bien le labour des engrais verts que celui des prairies. En outre, on a systématiquement renoncé à calculer la lixiviation dans les cultures pendant les mois de faibles précipitations et de croissance intensive. Les nitrates qui subsistent à la fin de cette période sont considérés comme exposés à la lixiviation. La méthode est applicable au Plateau suisse; son adaptation aux pays voisins est à l'étude.

Contact:

[Richner Walter](#)



[Richner W., Oberholzer H.-R., Freiermuth R., Huguenin O. & Walther U., 2006. Modell zur Beurteilung des Nitratauswaschungspotenzials in Ökobilanzen --SALCA-Nitrat](#)

(en allemand)

Dernière modification: 25.09.2006 | Dimension: 376 kb | Typ: PDF

Une nouvelle méthode a été développée pour quantifier les flux de métaux lourds (cadmium, cuivre, zinc, plomb, nickel, chrome et mercure). Cette méthode se base sur les entrées de métaux lourds dues aux semences, aux engrais, aux produits phytosanitaires et aux aliments pour animaux, ainsi que sur les dépôts atmosphériques pour calculer les apports dans les sols agricoles et les émissions dans les eaux de

surface et les eaux souterraines. Un facteur d'allocation a été appliqué afin de distinguer les apports diffus des apports liés à l'agriculture. La méthode s'appuie sur des données génériques pour la Suisse.

Contact:



[Ruth Freiermuth, 2006. Modell zur Berechnung der Schwermetallflüsse in der Landwirtschaftlichen Ökobilanz - SALCA Schwermetall.](#)

Dernière modification: 28.09.2006 | Dimension: 518 kb | Typ: PDF

Une méthode pour la quantification des pertes de phosphore a également été développée. La rapport est en allemand.

Contact:

[Prasuhn Volker](#)



[Prasuhn V., 2006. Erfassung der PO4-Austräge für die Ökobilanzierung - SALCA-Phosphor.](#)

Dernière modification: 25.09.2006 | Dimension: 259 kb | Typ: PDF

### ***Evaluation de l'impact***

La catégorie d'impact Biodiversité comprend onze indicateurs (flore des herbages, flore ségétale, oiseaux, mammifères, amphibiens, mollusques, abeilles, araignées, carabes, papillons diurnes et sauterelles). Le potentiel de biodiversité rapporté à la richesse et à la composition des espèces de chaque indicateur se calcule en deux étapes. Premièrement, il s'agit de donner une note aux activités agricoles en fonction de leurs effets sur les organismes. Deuxièmement, les types d'habitats définis sont pondérés en fonction de leur importance pour chaque indicateur. La multiplication de la note obtenue à chaque étape donne la note finale.

Contact:

[Jeanneret Philippe](#)



[Jeanneret P., Baumgartner D., Freiermuth R. & Gaillard G., 2006. Méthode d'évaluation de l'impact des activités agricoles sur la biodiversité dans les bilans écologiques - SALCA-BD.](#)

Dernière modification: 20.07.2010 | Dimension: 568 kb | Typ: PDF

La catégorie d'impact Qualité du sol utilise neuf indicateurs directs, qui expriment l'effet de l'assolement sur le sol (profondeur, volume des pores grossiers, stabilité des agrégats, teneur en humus, teneur en métaux lourds, polluants organiques, activité microbienne, population de vers de terre et biomasse microbienne). Ces indicateurs directs sont calculés à partir d'indicateurs indirects tirés du mode d'exploitation actuel. Le modèle est conçu de manière à appréhender la modification de la qualité du sol à long terme.

Contact:

[Oberholzer Hans-Rudolf](#)



[Oberholzer H.-R., Weiskopf P., Gaillard G., Weiss F. & Freiermuth, R. \(2006\). Methode zur Beurteilung der Wirkungen landwirtschaftlicher Bewirtschaftung auf die Bodenqualität in Ökobilanzen - SALCA-SQ. - \(en allemand\) -](#)

Dernière modification: 25.09.2006 | Dimension: 7832 kb | Typ: PDF

### ***Travaux en cours***

- Comparaison transfrontalière de différentes méthodes d'évaluation agri-environnementales des exploitations agricoles ([SALCA](#), [INDIGO](#), [KUL/USL](#) et [REPRO](#)), l'accent étant mis sur la biodiversité, les pesticides et les nitrates. [Projet ITADA](#). (rapport de clôture sur Bilans écologiques - Publications)
- Poursuite du développement des facteurs d'émissions pour le méthane, le gaz hilarant, le phosphore et l'ammoniac.
- Plausibilisation des méthodes relatives aux catégories d'impact, à la qualité du sol et à la

biodiversité.

- Elaboration de recommandations pour les catégories d'impact suivantes: utilisation des ressources, eutrophisation, acidification, écotoxicités terrestre et aquatique en relation avec les contingences agricoles.

Partenaires de la comparaison méthodologique internationale:

- [ITADA](#)
- [INRA Colmar, Frankreich](#)
- [Öko-Institut Fribourg, Allemagne](#)
- [IfuL Müllheim, Allemagne](#)

Agroscope [Contact](#) | [Informations juridiques](#)

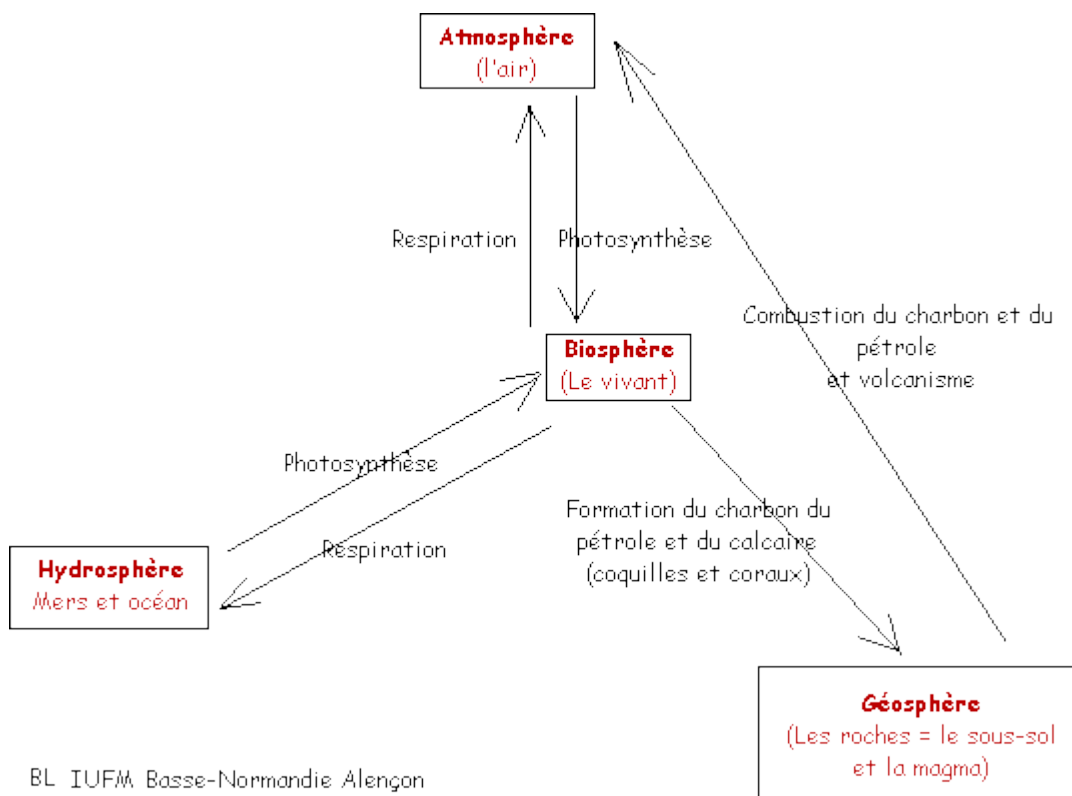
Source : <http://www.agroscope.admin.ch/oekobilanzen/01197/index.html?lang=fr>

## Cycle du carbone et des carbonates

***Le cycle du carbone : hydrates de carbone, hydrocarbures et carbonates.*** Document IUFM Basse Normandie Alençon France

***Concepts pour comprendre les aspects environnementaux liés à l'effet de serre - (Propositions d'activités pour la classe en bas de page)***

Ce document est destiné à toutes les personnes (enseignantes ou non) cherchant à comprendre les problèmes énergétiques du XXI<sup>e</sup> siècle avec toutes les conséquences sur le climat et la biodiversité. Concepts préalables : respiration, photosynthèse, combustion.



### << Sphères du globe :

Le carbone est présent dans les différentes sphères du globe : atmosphère sous forme de dioxyde de carbone, dans la géosphère sous forme de magma, d'hydrocarbures, de charbon et de calcaire et dans la biosphère sous forme de matière organique.

### **Le carbone de la matière organique (biosphère)**

$(C_6H_{12}O_6)_n = \text{hydrates de C. et cellulose}$

#### **Producteurs et consommateurs :**

La biosphère interagit avec l'atmosphère par la photosynthèse et la respiration ; la première consommant du  $CO_2$ , la deuxième en produisant.

Les êtres photosynthétiques (végétaux) sont qualifiés de producteurs car ils injectent le carbone dans les chaînes alimentaires. Ainsi donc la matière organique présente dans la biomasse (masse de tous les êtres vivants de la planète) a pour origine le  $CO_2$  de l'air. Les êtres consommateurs (animaux), mais aussi les producteurs restituent à l'atmosphère, une partie de ce carbone lors de la respiration et le reste après la mort par putréfaction et minéralisation (décomposition des feuilles mortes dans le sol...).

Le  $CO_2$  n'est pas la seule molécule carbonée rejetée par le vivant. Le [méthane](#)  $CH_4$ , molécule à effet de serre, est produit par les fermentations dans les marécages (phénomène naturel) et par les ruminants (élevages bovins). Ainsi donc la consommation excessive de boeuf (par les occidentaux) aggrave l'effet de serre et est, de plus, grand consommateur d'espace agricole.

### **Le carbone des hydrocarbures (géosphère)**

#### **Sous-sol :**

Une partie des êtres vivants peut passer dans la géosphère, c'est-à-dire être transformée en roche. C'est le charbon et le pétrole.

Quand les forêts du Carbonifère ont été transformées en charbon, il y a eu stockage du carbone dans le sous-sol. Ainsi l'atmosphère a vu son taux de CO<sub>2</sub> réduire et inversement son taux de O<sub>2</sub> augmenter.

### **Combustions :**

Jusqu'à présent, n'ont été abordés que les phénomènes naturels. Mais depuis le néolithique l'Homme effectue des combustions avec du bois (cellulose). À partir du XIXe siècle surtout, l'Homme a effectué de façon massive des combustions avec du charbon et du pétrole (hydrocarbures). On peut déplorer les déforestations depuis l'antiquité ; les hydrocarbures ont pris le relais limitant ainsi la pression exercée sur les forêts. Ainsi la Grande-Bretagne a eu une avance technologique en sidérurgie parce qu'elle avait épuisé ses forêts avant la France : elle a remplacé le charbon de bois par le charbon de terre.

Hélas, brûler du bois ou brûler un combustible du sous-sol n'a pas le même effet sur la composition de l'air. Car la durée du cycle du carbone n'est pas du tout la même.

Avec le charbon, le recyclage du carbone dure plusieurs millions d'années : le Carbonifère est daté d'environ 300 MA. Le recyclage du carbone lors de la combustion du bois dure environ un siècle.

### **Le carbone dans les roches carbonatées ou calcaires (géosphère)**

#### **CaCO<sub>3</sub> = Carbonate de calcium**

Beaucoup moins connue est la fabrication de carbonates par le vivant : les coraux et les coquillages fabriquent du calcaire qui se retrouve un jour sous forme de roche calcaire. Les faluns de Touraine sont des calcaires quasi exclusivement constitués de coquilles fossiles. Ces transformations en calcaires stockent le carbone dans la géosphère et ainsi réduisent le taux de CO<sub>2</sub> atmosphérique.

Les fours à chaux qui transforment le calcaire en chaux vive crachent du CO<sub>2</sub> dans l'air, selon la réaction :  
 $\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$ .

La masse énorme des calcaires et des coraux de la planète immobilise de grandes quantités de carbone qui, pendant ce temps, ne sont pas dans l'atmosphère. Aussi, on peut craindre les conséquences de la mort constatée des coraux.

France-Inter, 7-12-2009 : *Avec l'augmentation du taux de CO<sub>2</sub>, l'océan devient de plus en plus acide. Cela rend la fabrication de calcaire par les animaux marins de plus en plus difficile.*

### **Choix énergétiques**

#### **Énergie renouvelable :**

Voyons l'histoire du carbone d'un arbre : l'arbre qui grandit consomme du CO<sub>2</sub>, quand on le brûle, un siècle plus tard, ce CO<sub>2</sub> est restitué, en même quantité, à l'atmosphère. Le bilan carbone est donc nul. Concernant le O<sub>2</sub>, remarquons que l'arbre en grandissant produit exactement la quantité de O<sub>2</sub> qui sera nécessaire à sa combustion. Voilà pourquoi, le bois est considéré comme énergie renouvelable.

#### **Énergie renouvelable, mais à très long terme !**

Avec les hydrocarbures, la vitesse des prélèvements est infiniment plus grande que celle de leur formation. L'Homme aura épuisé en quelques siècles les hydrocarbures qui ont demandé des millions d'années pour être fabriqués par la nature.

### **La solution ?**

On se dit donc que le bois est "la" solution aux problèmes énergétiques de la planète. Hélas non. Deux

raisons à cela : 1) il ne faut pas couper plus de bois qu'on en replante. La vitesse de combustion du bois ne doit pas dépasser la vitesse de sa croissance.

2) La rationalisation de la sylviculture contribue à réduire la biodiversité. Plus une forêt exporte du bois, plus elle consomme de CO<sub>2</sub> (et produit du O<sub>2</sub>), "mais" plus pauvre sera sa faune. Inversement, la forêt qui n'exporte pas de bois, comprenez la forêt vierge, est la plus "biodiversifiée" qui soit. La forêt vierge (concept de plus en plus abstrait !) n'est pas le "poumon de la planète", mais plutôt le poumon de ceux (animaux et hommes) qui y vivent. En effet, la forêt amazonienne, avant son exploitation, restait, de siècle en siècle, inchangée. Globalement les arbres, en moyenne, gardaient la même hauteur. La forêt vierge est par définition en équilibre, c'est-à-dire que la croissance des arbres est compensée par la mort des branches. La croissance de l'arbre consomme du CO<sub>2</sub>, mais sa décomposition en produit une quantité égale. Le O<sub>2</sub> de la forêt amazonienne ne profite qu'aux animaux et champignons qui y vivent. Nous sommes face à un dilemme : sacrifier la qualité de l'air ou sacrifier la biodiversité.

Voici un exemple, extrait de Pour La Science, Mars 1983, montrant le conflit entre biodiversité et atmosphère : "*P. Zimmermann et J. Greenberg... ont estimé la population de termites dans le monde à  $24 \times 10^{17}$ ... Les auteurs estiment que la production mondiale des termites en dioxyde de carbone est égale à  $4,6 \times 10^{16}$  grammes par an soit plus du double de la production mondiale en CO<sub>2</sub> à partir de la combustion de pétrole...*"

### **Bilan carbone :**

Pour comprendre le bilan carbone d'un écosystème, voici l'exemple concret de l'entretien d'une haie urbaine. Le citadin qui possède une haie se dit qu'il oeuvre contre l'effet de serre, puis qu'elle produit du O<sub>2</sub>. C'est oublier qu'il va tailler sa haie. Que va-t-il faire des branches coupées ? Il décide de ne pas les brûler de façon à ne pas dégager de CO<sub>2</sub>. Son attitude est louable, mais pas pour la raison annoncée. En effet, le bois qui n'est pas brûlé sera décomposé par toutes sortes d'êtres vivants qui... respirent. Ainsi donc ne pas brûler le bois coupé favorise la biodiversité mais pas l'atmosphère.

Bien sûr, tout ceci ne veut pas dire que les haies et forêts soient inutiles : elles limitent l'érosion des sols, absorbent certains polluants, réduisent la vitesse du vent, augmentent la biodiversité.

En conclusion, il n'existe pas de solution miracle. Il existe cependant des choix qui limiteront l'impact :

- 1) la diversification des sources d'énergie (éolien, solaire...), mais surtout,
- 2) la parcimonie de la consommation d'énergie. Réduisons les combustions !

N'a pas été abordée ici, le carbone organique présent dans les océans : les algues de la surface (phytoplancton) consomment de grandes quantités de CO<sub>2</sub> et produisent les mêmes volumes d'O<sub>2</sub>.

### **Les stocks :**

Selon le principe de conservation de la matière, la quantité totale de carbone sur la planète demeure inchangée. La réduction de la quantité de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère ne peut se faire que par l'augmentation des autres stocks, c'est-à-dire essentiellement :

- 1) pour le minéral, le calcaire du sous-sol, des coquillages et des coraux, et
- 2) pour l'organique, bois des arbres, le charbon et le pétrole.

### **Conclusion générale :**

Le taux atmosphérique de CO<sub>2</sub> est conditionné par des mécanismes complexes. Les simplifications font

croire que la seule présence de la forêt est un gage de réduction de l'effet de serre : mythe du "poumon de la planète".

Il y a obligation de présenter des bilans complets : le forêt européenne ne réduit l'effet de serre que si les matériaux qui en sont issus ne sont pas brûlés. Dans ce cas le bilan est nul, mais c'est toujours mieux que de brûler du pétrole. Nous pouvons agir en évitant de surexploiter les stocks à renouvellement très lent que sont le charbon et pétrole. Les efforts de l'humanité doivent donc se centrer sur la parcimonie des combustions.

### **Webographie :**

<http://cycleducarbone.ipsl.jussieu.fr/content/view/20/6/>

<http://cycleducarbone.ipsl.jussieu.fr/content/view/11/6/>

[Histoire de la découverte de l'effet de serre](#)

[Cycle du carbone à l'École Primaire](#)

[Contact \(Bernard Langellier\)](#) - Dernière modification de cette page le 31/1/2010

Source <http://lcs.caen.iufm.fr/~bernard.langellier/cycle-carbone.htm>

### **Gaz à effet de serre** - Introduction d'un article de Wikipédia



Cet article **ne cite pas suffisamment ses sources** (février 2009). Si vous disposez d'ouvrages ou d'articles de référence ou si vous connaissez des sites web de qualité traitant du thème abordé ici, merci de compléter l'article en donnant les références utiles à sa vérifiabilité et en les liant à la section « [Notes et références](#) ». ([Modifier l'article](#))

Les **gaz à effet de serre** (GES) sont des composants gazeux qui absorbent le [rayonnement infrarouge](#) émis par la surface terrestre, contribuant à l'[effet de serre](#). L'augmentation de leur concentration dans l'[atmosphère terrestre](#) est un facteur soupçonné d'être à l'origine du récent [réchauffement climatique](#).

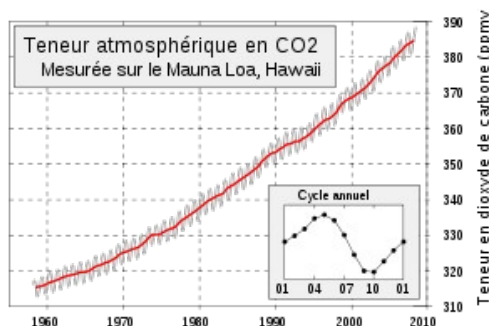
Un gaz ne peut absorber les infrarouges qu'à partir de trois atomes par molécule, ou à partir de deux si ce sont deux atomes différents.

Les principaux gaz à effet de serre qui existent naturellement dans l'atmosphère sont :

- la [vapeur d'eau](#) (H<sub>2</sub>O) ;
- le [dioxyde de carbone](#) (CO<sub>2</sub>) ;
- le [méthane](#) (CH<sub>4</sub>) ;
- le [protoxyde d'azote](#) (N<sub>2</sub>O) ;
- l'[ozone](#) (O<sub>3</sub>).

Les gaz à effet de serre industriels incluent, outre les principaux gaz déjà cités ci-dessus, des [gaz fluorés](#) comme :

- les [hydrochlorofluorocarbures](#), comme le [HCFC-22](#) (un [fréon](#)) ;
- les [chlorofluorocarbures](#) (CFC) ;
- le [tétrafluorométhane](#) (CF<sub>4</sub>) ;
- l'[hexafluorure de soufre](#) (SF<sub>6</sub>).



- Mesure du CO<sub>2</sub> atmosphérique par l'observatoire de *Mauna Loa* à Hawaii.

### Notes :

1. L'eau (sous forme de vapeurs ou de nuages) est à l'origine de 72 %, soit près de trois quarts de l'effet de serre total<sup>1</sup>.
2. Le dioxyde de carbone est le principal (en quantité) gaz à effet de serre produit par l'activité humaine, 74 % du total (tous modes d'émissions réunis)<sup>1</sup>.

### Sommaire

- [1 Le mécanisme de l'effet de serre](#)
- [2 Émissions dues aux activités humaines](#)
- [3 Emissions naturelles](#)
- [4 Le potentiel de réchauffement global](#)
- [5 Mesure des émissions](#)
- [6 Durée de séjour](#)
- [7 Émissions de CO<sub>2</sub> dans le monde](#)
- [8 Méthode d'agrégation des résultats de mesure](#)
- [9 Notes et références](#)
- [10 Voir aussi](#)
  - o [10.1 Articles connexes](#)
  - o [10.2 Liens externes](#)

Article complet sur [http://fr.wikipedia.org/wiki/Gaz\\_%C3%A0\\_effet\\_de\\_serre](http://fr.wikipedia.org/wiki/Gaz_%C3%A0_effet_de_serre)

### Gaz de schiste - Introduction d'un article de Wikipédia

 Ne doit pas être confondu avec [huile de schiste](#).

Photo d'un derrick et plateforme de [forage](#) d'un puits de gaz de schiste dans le shale de Marcellus ([Pennsylvanie](#), États-Unis).



Le **gaz de schiste**, également appelé « gaz de roche-mère », est une forme de [gaz naturel](#) extraite à partir de terrains [schisteux](#). Il joue un rôle croissant dans l'approvisionnement en [gaz naturel aux États-Unis](#) depuis le début du [XXI<sup>e</sup> siècle](#). Le succès que rencontre ce nouveau type d'exploitation aux [États-Unis](#) est sous-tendu par la législation locale, qui permet au propriétaire de mieux bénéficier des ressources du sous-sol qu'en France<sup>1</sup>.

Le potentiel gazier des schistes intéresse aussi les gouvernements du Canada, d'Europe, d'Asie et d'Australie. Divers analystes s'attendent aussi à ce que le gaz de schiste puisse accroître considérablement les approvisionnements énergétiques mondiaux<sup>2</sup>. Selon une étude du *Baker Institute of Public Policy* de l'[Université Rice](#), l'augmentation de la production de gaz de schiste aux États-Unis et au Canada pourrait contribuer à empêcher la [Russie](#), le [Qatar](#) et l'[Iran](#) de dicter des prix plus élevés pour le gaz qu'ils [exportent vers l'Europe](#)<sup>3</sup>.

L'[administration Obama](#) aux États-Unis estime que l'intensification de l'exploitation des gaz de schiste permettra de réduire les émissions de [gaz à effet de serre](#)<sup>4</sup>. Cependant, ces propos sont à tempérer au vu de la nature même du gaz de schiste, émetteur de [CO<sub>2</sub>](#) à l'utilisation comme toute source carbonée d'énergie. De plus, les méthodes d'extraction employées suscitent de nombreuses inquiétudes quant aux impacts sanitaires (pollution des eaux) et climatiques (inévitables rejets accidentels de méthane, gaz à haut [potentiel de réchauffement global](#)).

La perméabilité de la plupart des schistes est insuffisante pour permettre un débit rentable par forage. Les gaz de schiste figurent parmi les « sources non-conventionnelles » de gaz naturel, qui regroupent aussi le gaz de charbon, les gaz de réservoir compact (anglais : *tight gas*) et les [hydrates de méthane](#).

Au sein de l'industrie, les zones riches en gaz de schiste sont souvent considérées comme des zones de ressources (anglais : *resource plays*)<sup>5</sup>, par opposition aux zones d'exploration (anglais : *exploration plays*). Le risque géologique de ne pas trouver de gaz est faible dans les zones de ressources, mais les bénéfices potentiels y sont généralement plus faibles.

## Sommaire

- [1 Géologie](#)
- [2 Procédé](#)
- [3 Économie](#)
- [4 Perspectives mondiales](#)
  - o [4.1 Amérique du Nord](#)
    - [4.1.1 États-Unis](#)
    - [4.1.2 Canada](#)
      - [4.1.2.1 Québec](#)
  - o [4.2 Europe](#)
    - [4.2.1 Autriche](#)
    - [4.2.2 Allemagne](#)
    - [4.2.3 France](#)
      - [4.2.3.1 Interdiction de la « fracturation hydraulique »](#)
      - [4.2.3.2 Historique de l'exploitation](#)

- [4.2.3.3 Historique des contestations citoyennes](#)
      - [4.2.3.4 Arguments des promoteurs de l'exploitation du gaz de schiste en France](#)
    - [4.2.4 Hongrie](#)
    - [4.2.5 Pologne](#)
    - [4.2.6 Royaume-Uni](#)
    - [4.2.7 Suède](#)
  - o [4.3 Asie-Pacifique](#)
    - [4.3.1 Australie](#)
    - [4.3.2 Chine](#)
    - [4.3.3 Inde](#)
- [5 Bilan en termes d'émissions de gaz à effet de serre](#)
- [6 Controverses sur les impacts et le bilan environnemental](#)
  - o [6.1 Impacts avérés ou suspectés](#)
    - [6.1.1 Tremblements de terre lors de la fracturation](#)
  - o [6.2 Demandes et injonctions de l'agence américaine de protection de l'environnement](#)
  - o [6.3 Controverse au Québec](#)
  - o [6.4 Controverse en France](#)
- [7 Références](#)
- [8 Bibliographie](#)
- [9 Filmographie](#)
- [10 Voir aussi](#)
  - o [10.1 Articles connexes](#)
  - o [10.2 Liens externes](#)

Source : [http://fr.wikipedia.org/wiki/Gaz\\_de\\_schiste](http://fr.wikipedia.org/wiki/Gaz_de_schiste)

## **Gisements de pétrole**

### ***A quoi ressemble l'exploitation d'un gisement de pétrole ?***

Dernière modification : août 2010 – Un Article de Jean-Marc Jancovici - Site de l'auteur : [www.manicore.com](http://www.manicore.com) – Pour contacter l'auteur : [jean-marc@manicore.com](mailto:jean-marc@manicore.com)

### ***Chercher puis quantifier***

Tout le monde en conviendra : extraire du pétrole de terre, ce dont il va être question ici, c'est quand même plus commode si le pétrole a été préalablement trouvé. La première étape de l'exploitation d'un gisement de pétrole est donc tout simplement... de le localiser. Incidemment, cette évidence explique pourquoi la courbe des découvertes conditionne nécessairement la courbe de la production future.

Chercher, cela peut commencer par... des démarches administratives. En effet, quand, sur la base d'indices qui ne nécessitent pas d'investigations lourdes ni de moyens techniques poussés (analyse des bassins sédimentaires avec des prélèvements de surface, étude des affleurements - on appelle de la sorte du pétrole qui "fuit" depuis un réservoir situé en dessous et qui est décelable en surface, extrapolation de proche en proche à partir de zones géologiquement similaires où du pétrole a déjà été trouvé, etc), des géologues pétroliers pensent qu'il y a une possibilité de trouver ce fameux pétrole, alors la compagnie qui les emploie demande au pays propriétaire du sous-sol la possibilité d'aller regarder de plus près.

En effet, dans la majeure partie des pays du monde, ce n'est pas le propriétaire du sol qui est propriétaire du sous-sol, mais l'état (par exemple en France un propriétaire foncier n'est pas propriétaire de ce qui se trouve sous son terrain, passés les premiers mètres ; c'est l'Etat qui l'est). Du coup, pour aller regarder ce qui s'y passe, c'est à l'état qu'il faut demander. Lorsque la compagnie est une compagnie d'état qui veut explorer dans son propre pays (exemple : Saudi Aramco pour les Saoudiens) il est évident que la formalité est plus simple que quand c'est Total qui veut aller regarder ce qui se passe dans le sous-sol russe ou irakien.

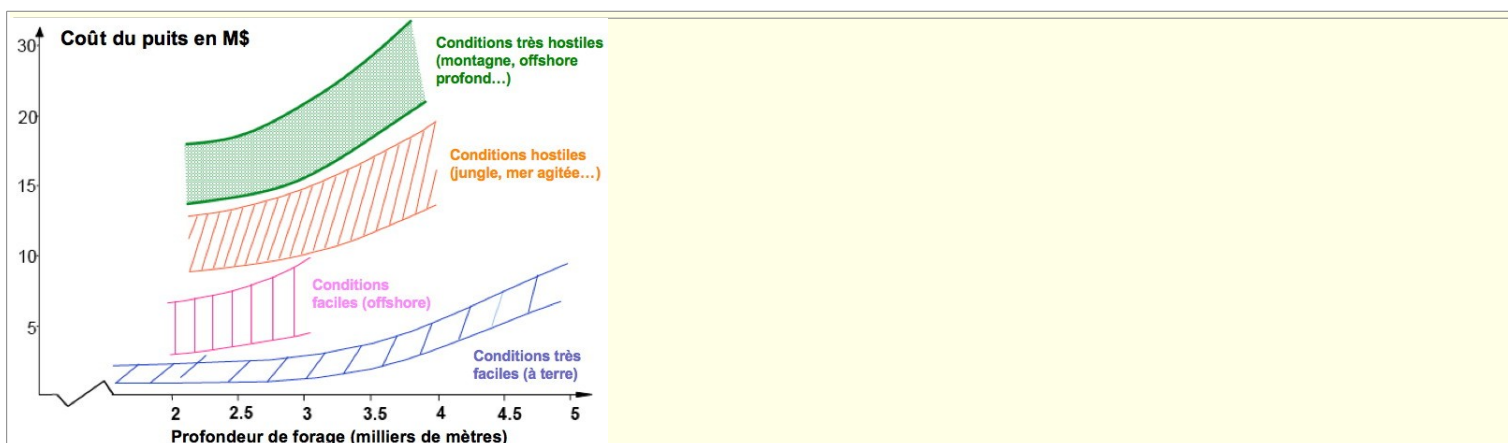
Il y a une exception notoire à cette règle de propriété du sous-sol : les USA. Aux Etats Unis, le propriétaire du sol est aussi propriétaire de droit du sous-sol, sans limite de profondeur. Cela explique pourquoi les forages y ont été aussi nombreux : chacun peut faire des trous chez lui, et si un gisement est à cheval sur deux ou plusieurs terrains distincts chaque propriétaire foncier peut creuser un trou "chez lui" pour exploiter le gisement.

Une fois l'autorisation d'explorer accordée, la véritable recherche peut commencer. Cette dernière se base essentiellement sur deux familles de techniques :

➤ les analyses sismiques (voir les explications sur la [page sur les réserves](#))

➤ les forages d'exploration (voir les explications sur la [page sur les réserves](#)).

Un forage d'exploration, c'est quelques millions de dollars en moyenne. Un sur six est effectivement probant (dit autrement cinq forages sur six ne permettent pas de considérer qu'il y a assez de pétrole - voire il n'y a pas de pétrole du tout - pour dépenser plus d'argent, et la compagnie abandonne ses recherches).

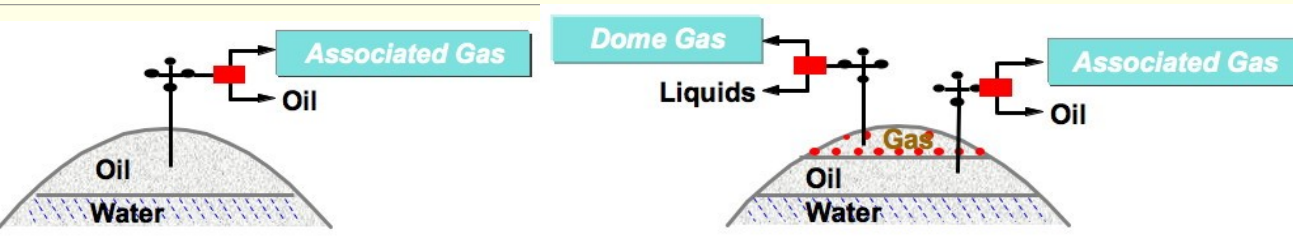


Coût d'un forage d'exploration en fonction de la profondeur et des conditions en surface.

Source Pierre-René Bauquis, Total Professeurs Associés, 2008

Chercher, lorsque l'on trouve, débouche sur deux nouvelles étapes. La première est comprendre

exactement ce que l'on a trouvé, car "trouver du pétrole" c'est en fait identifier une formation géologique souterraine et poreuse, avec des trous qui communiquent plus ou moins bien entre eux, l'ensemble étant rempli d'un mélange de pétrole, de gaz et d'eau, avec une température supérieure à celle en surface et une pression qui peut s'élever à plusieurs centaines de fois celle en surface (pour du [pétrole conventionnel](#)).

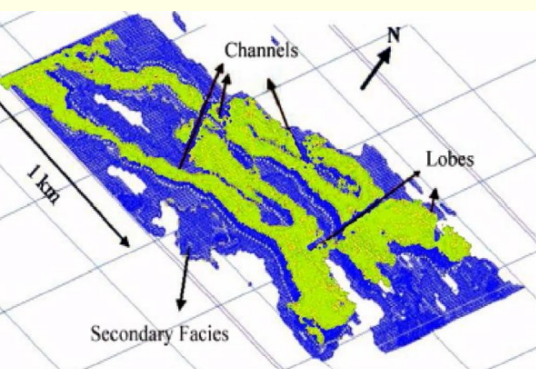


représentation schématique de deux configurations possibles pour un "réservoir" de pétrole, qui est en fait un réservoir contenant du pétrole, de l'eau et du gaz. Dans le cas du bas, il y a trop peu de gaz pour qu'il existe sous forme dissociée du pétrole : tout le gaz du réservoir est dissous dans le pétrole.

Les exploitations conjointes de [gaz](#) et de pétrole sont donc très fréquentes.

Source : Pierre-René Bauquis, Total Professeurs associés, 2008

En pratique, la forme géologique est souvent bien plus complexe que la représentation simplifiée proposée ci-dessus, et ressemble plus à ce qui figure ci-dessous.



Exemple de forme réelle d'un "réservoir" de pétrole.

Ceci explique cela : au début de l'exploitation d'un gisement de pétrole, l'exploitant ne sait donc pas exactement combien le gisement contient de "ressources en place", c'est à dire de pétrole (et de gaz) présent(s) dans le gisement. Pour se lancer dans la phase qui suit la découverte (qui est le développement), il faut pourtant qu'il ait une idée du minimum probable, ce pour quoi il va faire un forage

de "quasi-exploitation" (dit forage d'approbation). Le débit qui sortira de ce forage "en grandeur réelle" confirmera ou non le potentiel de production du gisement.

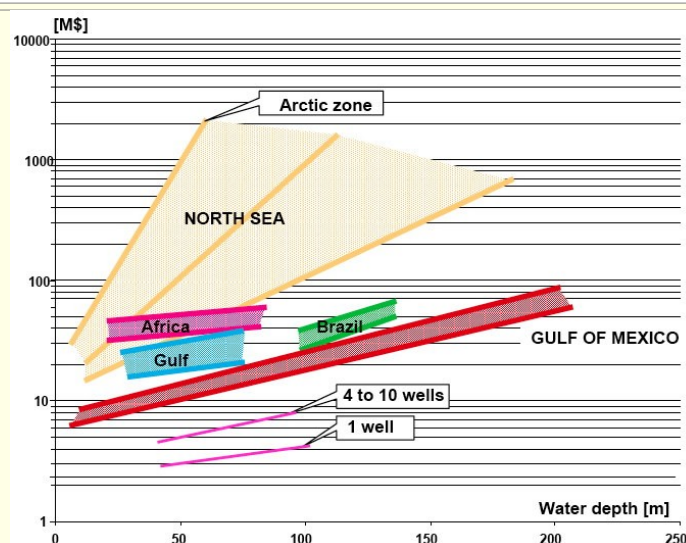
Si ce forage est probant, la compagnie va décider de mettre le gisement en exploitation. A ce stade, elle a déjà dépensé 10% de l'argent qui sera dépensé en totalité sur le gisement, et elle a passé de 3 à 10 ans depuis le moment où elle a commencé à négocier le permis d'exploration.

## Développer

"Développer" un gisement de pétrole, c'est alors construire les infrastructures de production pour extraire le pétrole qui se trouve dans le gisement. Mais souvent, pour le faire, il faut franchir à nouveau une étape administrative : obtenir un permis d'exploitation (parfois différent du permis d'exploration, ou bien qui se matérialise par la levée des options prévues). Là encore, lorsque c'est une compagnie nationale qui exploite seule dans son pays (exemple : NIOC en Iran) les discussions sont plus simples que quand c'est une entreprise internationale qui discute avec le pays détenteur du gisement.

Le permis d'exploitation négocié dans ce dernier cas va alors couvrir le partage des recettes et des risques. En pratique, la compagnie étrangère peut obtenir n'importe quoi entre un "simple" contrat de prestataires de services (elle est payée un montant fixe pour mettre en place l'infrastructure ou exploiter le gisement, quoi qu'il en sorte) et un contrat où elle prend le risque de production (donc celui de ne pas faire remonter assez de pétrole) mais encaisse la totalité de la vente de la production moins une rémunération, forfaitaire ou proportionnelle, pour l'état propriétaire du gisement.

Une cette étape franchie, la construction des infrastructures de production proprement dites peut commencer. Cela s'appelle le "développement". Et ça coûte cher ! Car il faut forer le(s) puits d'exploitation, bien sûr, mais pas seulement : il faut aussi construire les zones de vie (un puits d'exploitation, cela occupe du monde !), des installations techniques sur site (par exemple les dispositifs de séparation entre pétrole, gaz et eau ; une torchère ; des pré-traitements sur l'huile ou le gaz...), des installations de stockage et de transfert sur pipeline ou bateau, et encore d'autres bricoles.



ordre de grandeur du coût d'un puits pour une exploitation offshore (pour une exploitation à terre, les coûts sont de 30% à 50% inférieurs). En gros, l'argent dont on parle va de quelques millions de dollars dans des conditions "faciles" (peu d'eau, Golfe du Mexique) au milliard de dollars (environnement marin très hostile, comme la limite septentrionale de la Mer du Nord, en passant par quelques dizaines de millions de dollars dans la majeure partie des régions du monde. Une plate-forme peut comprendre plusieurs puits.

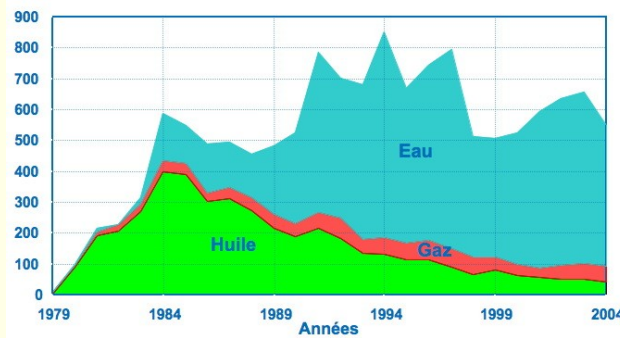
Source : Pierre-René Bauquis, Total Professeurs associés, 2008

A la fin de cette étape de développement, l'infrastructure d'exploitation est en place, et la compagnie a dépensé la moitié - voire un peu plus - de l'argent qui permettra au pétrole de sortir de terre, et 5 à 15 ans se sont écoulés depuis le début de la phase d'exploration.

### **Produire**

Les infrastructures sont donc en place, et la production peut commencer. Elle va se dérouler en cinq temps :

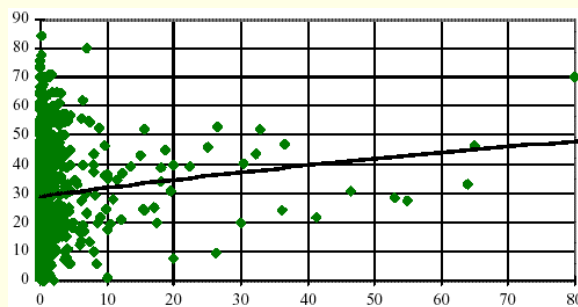
- la première phase est la montée en puissance. Sur les champs récemment mis en exploitation elle dure typiquement 1 à 4 ans (cela a été plus lent sur les super-géants du Moyen Orient découverts il y a 50 ou 60 ans). Souvent, pendant cette phase le pétrole sort "tout seul" (le puits est dit éruptif), sous la pression du gaz associé,
- la deuxième phase est la production à pleine capacité, qui dure de quelques années à quelques dizaines d'années (le deuxième cas de figure concerne là encore des "vieux champs", très importants et pour lesquels le pourcentage du pétrole en place qui est pompé chaque année est faible). Au cours de cette période, il faut souvent se mettre à pomper, la pression du gaz n'étant plus suffisante pour pousser le pétrole hors du sol.
- la troisième phase est une phase de déclin temporaire, avant que ne soient mises en oeuvre des techniques plus sophistiquées qu'un "simple" pompage. La production diminue pendant plusieurs années.
- arrive alors une quatrième phase, dite de récupération assistée ou de récupération secondaire. Le génie humain a conduit à injecter dans les gisements de pétrole une quantité incalculable de choses diverses (de l'eau, du CO<sub>2</sub>, du gaz issu du gisement qui est réinjecté, des détergents, de la vapeur quand le pétrole est peu fluide, et encore quelques bricoles que je ne connais pas) pour "pousser" dehors une partie plus importante du pétrole encore contenu dans le gisement. La production remonte alors - ou décline moins vite, mais avec une difficulté technique supplémentaire qui apparaît, qui est que la "chose" qui sort du puits n'est plus du pétrole et du gaz à peu près pur(s), mais un mélange de pétrole et "d'autre chose" (de l'eau par exemple), où le "autre chose" peut représenter bien plus de 50% du total, et qu'il faut séparer avec des dispositifs techniques plus coûteux.



exemple de l'effet de la mise en place d'une injection d'eau : évolution des volumes extraits du gisement de Vicq Bihl depuis sa mise en exploitation, en milliers de tonnes par an. Au début, pétrole et gaz sortent "à peu près purs" du gisement, puis de l'eau y commence à y être injectée, en quantités croissantes, quand la production décline. Cela aide à mieux "râcler" le gisement, sans toutefois empêcher le déclin.

Source : Yves Mathieu, Institut Français du Pétrole, 2008

➤ arrive alors le déclin terminal, après lequel le puits est fermé. Comme une compagnie minière, il arrive que la compagnie pétrolière soit tenue de "remettre le site en l'état", du moins en surface. Au moment où le puits est fermé, de 2% à 80% du pétrole initialement présent dans le sous-sol a été extrait. Le reste est trop fortement lié à la roche réservoir (pores trop petits, mauvaise communication, viscosité trop forte, etc) pour qu'il soit possible de le remonter dans des conditions économiques acceptables, voire sans utiliser plus d'énergie que le pétrole extrait n'en contient.



Taux de récupération constaté ou envisagé (sur l'axe vertical) pour 3300 champs de pétrole au monde, en fonction de la taille du réservoir (c'est-à-dire de la quantité de pétrole physiquement sous terre), exprimée en milliards de barils (en abscisse). 1 baril = 159 litres.

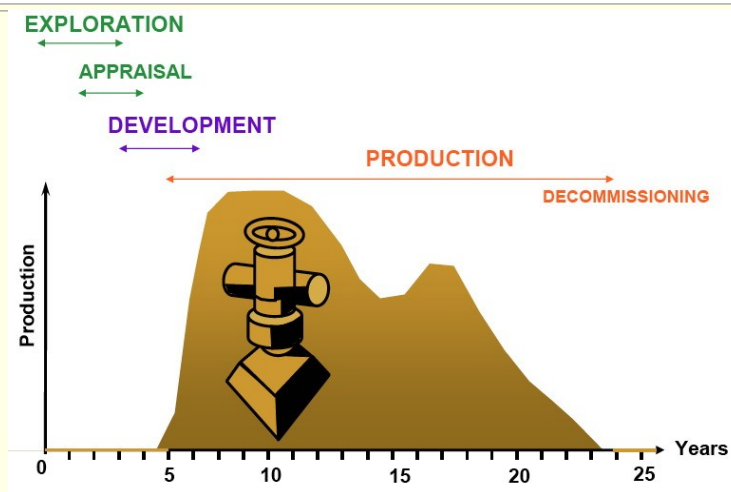
Source Jean Laherrère, Petroconsultants, 1997

C'est pour cela que les spéculations sur le taux de récupération ultime changent nécessairement la quantité totale de pétrole extractible dans le monde, et donc [la date du pic de production](#).

**On se récapitule**

Si on se résume, exploiter un gisement de pétrole c'est :

- gérer un programme qui dure de 10 ans à un siècle,
- de la technique, de l'économie, des négociations politiques, et même de la planification urbaine à petite échelle
- manipuler assez facilement des (dizaines de) milliards de dollars (un programme offshore, aujourd'hui, coûte facilement le prix de 5 à 10 EPR !),
- voire le déclin comme une étape normale de la production.



Présentation chronologique de la vie d'un gisement de pétrole type, le zéro étant mis à la demande du permis d'exploration. La production de ce gisement obéit à la même loi que celle applicable à la production mondiale de pétrole : le stock de départ est donné une fois pour toutes, et à ce moment la production a nécessairement un maximum puis un déclin vers zéro. L'existence d'un maximum secondaire (ou même 2 ou 3) ne fait pas obstacle à cette loi.

Source : Pierre-René Bauquis, Total Professeurs associés, 2008

### ***Et à nouveau chercher, développer, produire... juste pour maintenir la production globale***

Pendant l'essentiel de la phase de production d'un gisement, ce dernier va donc fournir du pétrole... en quantités décroissantes. Du coup une évidence s'impose : pour qu'une compagnie pétrolière puisse simplement maintenir sa production, elle doit en permanence "développer" de nouveaux gisements, et cela est vrai pour le monde dans son ensemble. Cette évidence explique pourquoi, sans nouveaux investissements effectués en permanence, la production décline tout de suite. Et la réciproque n'est hélas pas vraie : même des investissements maintenus ne permettront pas une croissance indéfinie !

### ***Consommer***



Une fois le baril en surface, il est transporté... jusqu'à une raffinerie (en fait les producteurs de pétrole n'ont qu'une seule catégorie de clients : les raffineurs, qui sont souvent des filiales distinctes des compagnies pétrolières). Et après, il vivra sa vie [sous forme de produits raffinés](#), qui seront utilisés... donc détruits (même l'essentiel du plastique !), contribuant au passage à remettre dans l'atmosphère à vitesse accélérée un CO<sub>2</sub> [qui y avait été prélevé des centaines de millions d'années plus tôt](#).

Source Manicore : [http://www.manicore.com/documentation/petrole/exploitation\\_petrole.html](http://www.manicore.com/documentation/petrole/exploitation_petrole.html)

## Oxycombustion – Extrait d'un article de Wikipédia



Cet article est une **ébauche** concernant la **chimie**. Vous pouvez partager vos connaissances en l'améliorant ([comment ?](#)) selon les recommandations des [projets correspondants](#).

Un procédé d'**oxycombustion** est une combustion où l'on utilise directement de l'oxygène comme comburant plutôt que simplement de l'air.

En utilisant de l'[oxygène](#) pur, la température de combustion augmente significativement, ainsi on procède parfois à un recyclage partiel du dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) produit. On obtient ainsi un air de synthèse (O<sub>2</sub>-CO<sub>2</sub>) et on abaisse la température de combustion, sans changer la composition des fumées. Ce procédé permet d'augmenter le rendement, mais surtout de produire des fumées très riches en [dioxyde de carbone](#) (diminution considérable de la production de [NOx](#) par exemple). Il est à l'étude pour des projets de capture de CO<sub>2</sub>, car le CO<sub>2</sub> produit est déjà presque pur, son traitement devient donc plus facile. Un pilote, visant à séquestrer le CO<sub>2</sub> produit, a par exemple été lancé en France à [Lacq](#).

## Sommaire

- [1 Application au captage du dioxyde de carbone](#)
  - o [1.1 Introduction](#)
  - o [1.2 Principe](#)
  - o [1.3 Mise en œuvre](#)
  
  - o [1.4 Inconvénients](#)

## **Application au captage du dioxyde de carbone** [[modifier](#)]

### **Introduction** [[modifier](#)]

Dans la composition des combustibles fossiles, on trouve essentiellement du [carbone](#) (C), de l'[hydrogène](#) (H), ainsi que, en plus faibles proportions, de l'[oxygène](#) (O), de l'[azote](#) (N) et du [soufre](#) (S). Lorsque ces combustibles sont brûlés dans l'air composé d'[azote](#) (N<sub>2</sub>) pour environ 79 % et d'[oxygène](#) (O<sub>2</sub>) pour environ 21 %, ce dernier réagit avec les composants du combustible pour donner du [dioxyde de carbone](#) (CO<sub>2</sub>), de l'eau sous forme de vapeur (H<sub>2</sub>O), du [dioxyde de soufre](#) (SO<sub>2</sub>) et des [oxydes d'azote](#) (NOx). L'azote de l'air ne participe pas à la réaction (à ceci près qu'il peut être partiellement dissocié à haute température et donner également des NOx) et se retrouve dans les fumées de combustion. Celles-ci sont donc composées principalement d'azote, de vapeur d'eau et de dioxyde de carbone, les autres composants n'étant présents qu'en proportion plus réduite. Ceux-ci, polluants notables, peuvent être éliminés par réaction chimique : le dioxyde de soufre par

réaction avec du [calcaire](#) ou de la [chaux](#), donnant alors du sulfate de calcium ( $\text{CaSO}_4$ ) ; les  $\text{NO}_x$  peuvent être réduits par réaction avec de l'[ammoniaque](#). L'élimination par voie chimique du [dioxyde de carbone](#) est plus difficile. Or ce gaz est un [gaz à effet de serre](#) et est considéré comme le principal contributeur au [réchauffement climatique](#).

Parmi les techniques explorées pour extraire des fumées de combustion, le dioxyde de carbone, l'oxy-combustion semble prometteuse.

## **Principe** [[modifier](#)]

Les fumées de combustion (dans l'air) sont composées d'azote, de vapeur d'eau et de [dioxyde de carbone](#) ; il est aisé d'éliminer la vapeur d'eau en condensant les fumées et en recueillant l'eau sous forme liquide. La difficulté principale concerne la séparation de l'azote et du dioxyde de carbone. L'oxy-combustion, c'est-à-dire en utilisant de l'oxygène pur au lieu d'air, permet de n'avoir que deux composants principaux dans les fumées : le dioxyde de carbone et la vapeur d'eau. Il n'y a plus d'azote dans les fumées. Une fois l'eau éliminée par condensation, il ne reste plus que du dioxyde de carbone.

Article complet sur le site <http://fr.wikipedia.org/wiki/Oxycombustion>

### **Piégeage et stockage du $\text{CO}_2$**

Expression équivalente à **Capture et stockage du carbone = CSC**, ou encore à **Stockage et séquestration du carbone (ou du  $\text{CO}_2$ )**

Pour une présentation détaillée de la **Séquestration du carbone**, voir le site suivant :

[http://www.encyclo-ecolo.com/CSC\\_Capture\\_et\\_stockage\\_du\\_carbone](http://www.encyclo-ecolo.com/CSC_Capture_et_stockage_du_carbone)

### **Consensus Scientifique sur le piégeage et stockage du $\text{CO}_2$**

Extraits d'un document 'GreenFacts'

**Contexte** - Le dioxyde de carbone ( $\text{CO}_2$ ) est un gaz à effet de serre majeur qui contribue au réchauffement de la planète. Au cours des deux derniers siècles, sa concentration dans l'atmosphère a fortement augmenté, essentiellement en raison des activités humaines comme l'utilisation de combustibles fossiles.

L'une des options pour réduire les émissions de  $\text{CO}_2$  est de le stocker sous terre. Cette technique s'appelle le piégeage et le stockage du dioxyde de carbone (PSC).

Comment cela fonctionne-t-il ? Est-ce vraiment une option pour lutter contre le changement climatique ?

## **1. Qu'est-ce que le piégeage et le stockage du dioxyde de carbone ?**

- 1.1 Qu'est-ce que le piégeage et le stockage du  $\text{CO}_2$  et quelles pourraient en être les applications ?
- [1.2](#) Quel rôle pourrait jouer le piégeage et le stockage du  $\text{CO}_2$  dans la lutte contre le changement climatique ?

### **1.1 Qu'est-ce que le piégeage et le stockage du $\text{CO}_2$ et quelles pourraient en être les applications ?**

## [Différents systèmes de piégeage et de stockage du carbone \[en\]](#)

Le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) est un [gaz à effet de serre](#) présent naturellement dans l'[atmosphère](#). Les activités humaines entraînent une augmentation de la concentration de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère, contribuant ainsi au réchauffement de la planète. Du CO<sub>2</sub> est émis chaque fois que du carburant brûle - que ce soit dans de grandes centrales électriques, des moteurs de voiture, ou des systèmes de chauffage. D'autres processus industriels peuvent également rejeter du CO<sub>2</sub>, par exemple lorsque l'on extrait ou traite des ressources, ou que l'on brûle des forêts.

Le piégeage et le stockage du dioxyde de carbone (PSC) est l'une des techniques qui pourrait être employée pour réduire les émissions de CO<sub>2</sub> liées aux activités humaines. Elle pourrait s'appliquer aux émissions produites par les centrales électriques ou les installations industrielles de grande envergure.

Son processus comprend trois étapes principales:

1. piéger le CO<sub>2</sub> à sa source en le séparant des autres gaz produits lors d'un procédé industriel.
2. transporter le CO<sub>2</sub> ainsi piégé (en général sous forme comprimée) vers un espace de stockage approprié.
3. stocker le CO<sub>2</sub> hors de l'[atmosphère](#) pour une longue période, par exemple dans des couches géologiques souterraines, dans les profondeurs des océans ou dans certains [composés](#) minéraux.

Certaines des techniques requises pour mener à bien ce processus sont à un stade plus avancé que d'autres. Dès le milieu de l'année 2005, trois projets commerciaux de stockage de CO<sub>2</sub> piégé dans des formations géologiques souterraines avaient déjà été mis en place dans le cadre de projets d'extraction ou de traitement du pétrole et du gaz.

### **1.2 Quel rôle pourrait jouer le piégeage et le stockage du CO<sub>2</sub> dans la lutte contre le changement climatique ?**

La plupart des [scénarios](#) évaluant la consommation d'énergie à l'échelle mondiale prévoient une augmentation importante des émissions de CO<sub>2</sub> tout au long de ce siècle si l'on ne prend pas de mesures particulières pour atténuer les changements climatiques. Ils estiment également que les [combustibles fossiles](#) continueront d'être la principale source d'énergie primaire au moins jusqu'au milieu de ce siècle.

Par conséquent, les techniques permettant de piéger et de stocker le CO<sub>2</sub> produit pourraient, combinées à d'autres options technologiques, contribuer à la lutte contre le [changement climatique](#).

Toutefois, aucune option technologique ne permettra à elle seule d'obtenir les réductions d'émissions nécessaires pour que les concentrations de [gaz à effet de serre](#) dans l'[atmosphère](#) se stabilisent à un niveau qui prévienne toute interférence dangereuse avec le système climatique.

Les autres options technologiques permettant de stabiliser les concentrations de [gaz à effet de serre](#) dans l'[atmosphère](#) consistent notamment à:

- restreindre la demande en énergie en améliorant l'efficacité énergétique;
- adopter des combustibles à moindre teneur en carbone (remplacer le charbon par le gaz naturel, par exemple),
- recourir davantage aux sources d'énergie renouvelables et/ou à l'énergie nucléaire (chacune n'émettant en fin de compte que peu de CO<sub>2</sub>, voire pas du tout);
- valoriser les [puits naturels de carbone](#) (tels que les forêts), et réduire les [gaz à effet de serre](#) autres que le CO<sub>2</sub> (comme le [méthane](#)).

Le piégeage et le stockage du CO<sub>2</sub> serait envisageable dans les pays développés qui doivent réduire leurs émissions de CO<sub>2</sub> et qui présentent d'importantes sources de CO<sub>2</sub> susceptible d'être piégé, ont accès à des sites de stockage, et possèdent une certaine expérience en matière d'exploitation pétrolière ou gazière. Mais il existe de nombreux obstacles à l'application de cette technique dans les pays en voie de développement. Par conséquent, un des enjeux majeurs conditionnant l'adoption de la technique de piégeage et de stockage du CO<sub>2</sub> au niveau mondial consisterait à créer des conditions propices à sa diffusion dans les pays en voie de développement

### ***Le document source utilisé pour ce Dossier dit:***

Les inquiétudes suscitées sur la scène internationale par l'évolution du climat ont conduit à adopter en 1992 la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC), dont l'objectif ultime est de «stabiliser (...) les concentrations de [gaz à effet de serre](#) dans l'[atmosphère](#) à un niveau qui empêche toute perturbation anthropique dangereuse du système climatique». L'examen du PSC, comme des autres possibilités de diminuer les rejets, découle de l'obligation de réduire les émissions de CO<sub>2</sub> pour parvenir à stabiliser les concentrations de gaz à effet de serre dans l'atmosphère. La plupart des [scénarios](#) décrivant la consommation d'énergie à l'échelle de la planète prévoient que les émissions de dioxyde de carbone augmenteront de manière substantielle tout au long du siècle si l'on ne prend pas de mesures précises pour atténuer les changements climatiques. Ils donnent également à penser que les [combustibles fossiles](#) continueront d'être la principale source d'énergie primaire, au moins jusqu'au milieu du XXI<sup>e</sup> siècle (voir la section 8). L'ampleur de la réduction des émissions à réaliser en vue de stabiliser les concentrations de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère dépend à la fois du volume des émissions futures (niveau de référence) et du niveau de concentration visé à long terme: plus l'objectif de stabilisation est bas et les émissions élevées, plus la réduction devra être importante. Comme l'indique le troisième rapport d'évaluation (TRÉ) du GIEC, les émissions cumulatives de centaines, voire de milliers, de gigatonnes de CO<sub>2</sub> devraient être évitées au cours du siècle, selon le scénario considéré, pour parvenir à stabiliser les concentrations à un niveau allant de 450 ppmv à 750 ppmv<sup>2</sup>. Toujours selon le TRÉ, «les résultats de la plupart des modèles indiquent que les solutions techniques connues<sup>3</sup> pourraient conduire à un grand nombre de niveaux de stabilisation du CO<sub>2</sub> atmosphérique», mais «aucune solution technique isolée ne permettra d'obtenir la totalité des réductions d'émissions nécessaires». Un ensemble de mesures d'atténuation devront être combinées pour atteindre le niveau désiré. Il existe des solutions technologiques connues pour stabiliser les concentrations, mais les auteurs du rapport préviennent que «leur mise en oeuvre exigerait des transformations socioéconomiques et institutionnelles».

[<sup>2</sup> ppmv = parties par million en volume.].

[<sup>3</sup> Les «solutions techniques connues» sont des techniques soit opérationnelles soit parvenues à l'étape de l'unité pilote, comme l'indiquent les scénarios d'atténuation présentés dans le TRÉ. Elles

*n'incluent aucune technique nouvelle exigeant de grandes percées technologiques. On peut ainsi considérer qu'elles représentent une évaluation prudente, étant donné la durée des scénarios.]*

Dans ce contexte, la présence du PSC dans l'ensemble des options pourrait faciliter la réalisation des objectifs de stabilisation. Parmi les autres possibilités qui ont été analysées plus à fond dans les évaluations antérieures du GIEC figurent:

1. la baisse de la demande d'énergie grâce à l'amélioration du rendement de transformation de l'énergie ou des appareils de consommation;
2. la décarburation de l'approvisionnement énergétique en adoptant des combustibles à moindre teneur en carbone (remplacement du charbon par le gaz naturel, par exemple) ou en recourant davantage aux sources renouvelables ou à l'énergie nucléaire (qui émettent peu ou pas de CO<sub>2</sub>);
3. la séquestration du CO<sub>2</sub> en renforçant les puits naturels par fixation biologique; et
4. la réduction des émissions des autres [gaz à effet de serre](#).

Les résultats fournis par les modèles, qui sont présentés plus loin dans ce rapport, indiquent que le PSC, allié à d'autres mesures, pourrait abaisser sensiblement le coût de la stabilisation des concentrations, tout en apportant plus de souplesse. L'intérêt porté à cette technologie s'explique par le recours massif aux [combustibles fossiles](#) dans le monde (80 % environ de la consommation énergétique actuelle), par les possibilités qu'offre le PSC de réduire les émissions de CO<sub>2</sub> au cours du prochain siècle et par sa compatibilité avec les installations énergétiques en place.

### **Principales questions à examiner**

Plusieurs aspects doivent être analysés pour tenter de comprendre ce que pourrait apporter le PSC aux efforts d'atténuation des changements climatiques; les questions qui sont examinées dans différentes sections de ce résumé technique sont notamment les suivantes:

- Quel est l'état d'avancement des techniques faisant appel au PSC ?
- Quelles possibilités présente le PSC ?
- Quels seraient les coûts de mise en œuvre ?
- Combien de temps le CO<sub>2</sub> devrait-il être stocké pour atténuer sensiblement les changements climatiques ?
- Quels sont les risques pour la santé, la sécurité et l'environnement ?
- Comment la population perçoit-elle cette technologie ?
- Quels problèmes juridiques pose le stockage du CO<sub>2</sub> ?
- Quelle serait l'incidence sur les inventaires et la comptabilisation des émissions ?
- Serait-il possible d'étendre et de transférer cette technologie ?

Il est primordial, quand on analyse la possibilité de procéder au PSC pour atténuer les changements climatiques, de déterminer et d'évaluer de manière transparente toutes les émissions produites par l'installation envisagée, notamment les émissions de CO<sub>2</sub>. Il est particulièrement important d'adopter une vision globale ou «systémique», car le choix des limites du système est déterminant pour effectuer une

bonne analyse. Il est crucial d'appréhender la chaîne d'opérations dans son ensemble en tenant compte de l'énergie requise pour le piégeage et pour certains procédés de stockage et d'utilisation, sans omettre les risques de fuite des réservoirs.

Du point de vue de la stabilisation des concentrations atmosphériques et du développement durable à long terme, le stockage du dioxyde de carbone doit être assez long pour contribuer vraiment à l'atténuation des changements climatiques. Dans le rapport, la durée du stockage est exprimée en «proportion retenue», soit la fraction de la masse cumulée de CO<sub>2</sub> injecté qui est confinée dans un réservoir pendant une période déterminée. Plusieurs estimations de telles proportions, pour différentes périodes et méthodes, sont données plus loin. Outre la durée du stockage, il convient de s'interroger sur la quantité de fuite<sup>4</sup> lente et continue qui serait acceptable. Différentes façons d'aborder cette question sont examinées à la section 8 ci-après.

[<sup>4</sup> S'agissant du stockage du CO<sub>2</sub>, le sens le plus courant donné au mot «fuite» dans ce rapport est celui de l'échappement du fluide injecté hors du lieu de stockage. Dans le contexte de l'échange de réductions d'émission de CO<sub>2</sub>, une «fuite» ou un «transfert» peut désigner la modification des émissions anthropiques par des sources ou par absorptions par des puits se produisant au-delà des limites du projet.]

Le PSC pourrait être envisagé dans les pays qui détiennent d'importantes sources d'émission de CO<sub>2</sub> susceptibles d'être piégées, qui ont accès à des sites d'entreposage, qui détiennent une expérience en matière d'exploitation pétrolière et gazière, et qui cherchent à se développer tout en respectant la limitation des émissions. Les documents évalués dans le rapport spécial du GIEC intitulé «Questions méthodologiques et technologiques dans le transfert de technologie» révèlent que de nombreux obstacles peuvent nuire à l'application de certaines technologies dans les pays en développement, même si ces dernières sont parvenues à maturité dans les pays industrialisés. Une large adoption du PSC exigerait d'éliminer ces obstacles et de créer des conditions propices à la diffusion de cette technologie dans les pays en développement.

## **2. Quelles sources de CO<sub>2</sub> conviennent au piégeage et au stockage ?**

- 2.1 Quelles sont les caractéristiques des sources d'émission auxquelles convient cette technique ?
- [2.2](#) Dans quelle mesure pourrait-on piéger les futures émissions de CO<sub>2</sub> ?

### **2.1 Quelles sont les caractéristiques des sources d'émission auxquelles convient cette technique ?**

La centrale au charbon de Gibson, un bon exemple d'importante source stationnaire d'émissions de CO<sub>2</sub> -

Source: John Blair, [valleywatch.net](http://valleywatch.net) 

[Répartition mondiale des principales sources de CO<sub>2</sub> \[en\]](#)

[Sites de stockage potentiels \[en\]](#)

Plusieurs facteurs déterminent si le piégeage du dioxyde de carbone est une option viable pour une source d'émission donnée:

- le volume de la source d'émission,
- le fait qu'elle soit stationnaire ou mobile,
- la distance la séparant des sites de stockage potentiels, et
- la concentration de ses émissions de CO<sub>2</sub>

Le CO<sub>2</sub> pourrait être piégé à partir de sources d'émission stationnaires importantes, telles que les centrales électriques ou les installations industrielles. Si ces installations se trouvent à proximité de sites de stockage potentiels, par exemple des formations géologiques appropriées, elles ont des chances d'être parmi les premières à se voir dotées de la technologie du piégeage et du stockage du CO<sub>2</sub> (PSC).

A ce stade-ci, les sources mobiles ou de petite taille dans les ménages, les commerces ou les moyens de transport ne sont pas prises en compte parce que la technique de piégeage et de stockage ne peut leur être appliquée.

En 2000, près de 60% des émissions de CO<sub>2</sub> dues à l'utilisation de [combustibles fossiles](#) ont été produites par des sources d'émissions stationnaires importantes, telles que centrales électriques, industries d'extraction pétrolière et gazière ou industries de transformation (voir [tableau RT.2 \[en\]](#) pour plus de détails).

Quatre grands foyers d'émissions provenant de ces sources stationnaires sont: l'Est des Etats-Unis et le Midwest, le Nord-ouest de l'Europe, la côte est de la Chine et le sous-continent indien (voir [figure RT.2a \[en\]](#)).

Les installations de conversion de la [biomasse](#) à grande échelle, par exemple pour la production de [bioéthanol](#), génèrent également des émissions à haute teneur en CO<sub>2</sub>. Même si ces installations sont beaucoup plus petites et moins répandues, la technique de piégeage et de stockage du CO<sub>2</sub> pourrait également leur être appliquée.

De nombreuses sources d'émission stationnaires se trouvent juste au-dessus, ou à une distance raisonnable (moins de 300 km) de zones ayant un potentiel de stockage géologique (voir [figures RT 2a/2b \[en\]](#)). [Plus...](#)

## **2.2 Dans quelle mesure pourrait-on piéger les futures émissions de CO<sub>2</sub> ?**

D'après les différents [scénarios](#) d'émissions, le potentiel de piégeage du CO<sub>2</sub> est estimé à 9-12% des émissions mondiales de CO<sub>2</sub> en 2020, et à 21-45% en 2050.

En outre, d'ici quelques décennies, les **vecteurs d'énergie** qui n'émettent pas de carbone quand on les emploie, tels que l'électricité ou l'hydrogène, pourraient commencer à remplacer les [combustibles fossiles](#) utilisés actuellement par les petites sources d'émissions disséminées que sont les bâtiments résidentiels ou commerciaux et le secteur des transports.

On pourrait produire ces vecteurs d'énergie à partir de [combustibles fossiles](#) et/ou de [biomasse](#) dans de grandes usines centralisées qui deviendraient des sources importantes d'émissions de CO<sub>2</sub> où celui-ci pourrait être piégé. De telles applications permettraient de réduire les émissions disséminées de CO<sub>2</sub> générées par les transports et les systèmes de fourniture d'énergie non centralisés tout en accroissant le potentiel d'utilisation de la technique de piégeage et de stockage du dioxyde de carbone (PSC)

### 3. Comment le CO<sub>2</sub> peut-il être piégé ?

- 3.1 Quelles sont les techniques de piégeage disponibles à l'heure actuelle ?
- [3.2](#) Quels sont les coûts du piégeage du CO<sub>2</sub> ?

#### 3.1 Quelles sont les techniques de piégeage disponibles à l'heure actuelle ?

##### [Processus de piégeage du CO<sub>2</sub> \[en\]](#)

Pour piéger le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>), il faut d'abord le séparer des autres gaz émis lors de la combustion ou du traitement. Il doit ensuite être purifié et comprimé pour faciliter son transport et son stockage.

Chacun des trois systèmes suivants permet de piéger le dioxyde de carbone résultant de la combustion, et en particulier celui produit par le secteur de l'électricité:

Systeme	Statut	Quantité nette de CO <sub>2</sub> "évitée"
Postcombustion	Utilisé commercialement depuis des décennies	80-90%
Précombustion	pour d'autres applications apparentées.	
Combustion de gaz oxygéné	Au stade de la démonstration	90%

Dans un système de **postcombustion**, les gaz résultant de la combustion du carburant dans l'air ([gaz de combustion](#)) ne contiennent qu'une infime quantité de CO<sub>2</sub>. On piège celui-ci en injectant ces gaz de combustion dans un liquide qui absorbe uniquement le CO<sub>2</sub> (par exemple un solvant organique comprimé ou refroidi). On peut ensuite libérer le CO<sub>2</sub> presque pur de ce liquide, le plus souvent en le chauffant ou en diminuant la pression. On utilise déjà à grande échelle des processus de séparation similaires pour éliminer le CO<sub>2</sub> du gaz naturel.

Dans un système de **précombustion**, on transforme tout d'abord le combustible primaire en gaz en le chauffant au moyen de vapeur et d'air ou d'oxygène. De cette conversion résulte un gaz contenant principalement de l'hydrogène et du CO<sub>2</sub>, que l'on peut facilement séparer l'un de l'autre. L'hydrogène peut ensuite être utilisé pour produire de la chaleur ou de l'énergie.

La **combustion de gaz oxygéné** utilise de l'oxygène pur pour brûler le combustible au lieu d'utiliser de l'air qui ne contient que 20% d'oxygène et de l'azote en grande quantité. Cette combustion produit un mélange gazeux composé essentiellement de [vapeur d'eau](#) et de CO<sub>2</sub>. La vapeur d'eau peut ensuite être



facilement extraite du CO<sub>2</sub> par refroidissement et compression du flux gazeux. Toutefois, il faut au préalable séparer l'oxygène de l'air quand on a recours à ce processus, ce qui est assez complexe.

Plusieurs procédés industriels utilisent déjà des systèmes de piégeage similaires, par exemple la production d'[urée](#) ou d'hydrogène et la [gazéification du charbon](#)

### **3.2 Quels sont les coûts du piégeage du CO<sub>2</sub> ?**

#### [Piégeage du CO<sub>2</sub> et énergie requise \[en\]](#)

Les systèmes de piégeage réduisent les émissions de CO<sub>2</sub> des centrales à combustible d'environ 80 à 90%. Ces chiffres tiennent compte du fait que les systèmes de piégeage exigent une consommation d'énergie supplémentaire (voir figure RT.11).

Pour les nouvelles centrales à [combustibles fossiles](#), le piégeage du CO<sub>2</sub> peut faire augmenter le coût de la **production d'électricité** de 35 à 85% en fonction des différentes options au niveau de la conception des installations, de leur fonctionnement et de leur financement. Cela équivaut à un coût compris entre 0,01 et 0,03 dollars US par [kWh](#) d'électricité produite.

	<b>Coûts en dollars US/kWh</b>
Nouvelles centrales à <a href="#">combustibles fossiles</a> sans piégeage	0.03 - 0.06
Nouvelles centrales à <a href="#">combustibles fossiles</a> avec piégeage	0.04 - 0.09
Piégeage uniquement	0.01 - 0.03

On peut également exprimer les coûts du piégeage en dollars US par tonne nette de CO<sub>2</sub> piégé. Ce coût unitaire varie considérablement en fonction des différents types de centrales à combustible et des procédés industriels. Le coût unitaire du piégeage est généralement moindre lorsqu'un flux de CO<sub>2</sub> relativement pur est produit, par exemple lors du traitement du gaz naturel, de la production d'hydrogène, ou de la production d'ammoniac. [Plus...](#)

### **4. Comment le CO<sub>2</sub> piégé peut-il être transporté ?**

- 4.1 Quelles sont les méthodes permettant de transporter le CO<sub>2</sub> ?
- [4.2](#) Que coûte le transport du CO<sub>2</sub> ?

#### **4.1 Quelles sont les méthodes permettant de transporter le CO<sub>2</sub> ?**

A moins que la source ne se trouve directement au-dessus du site de stockage, le CO<sub>2</sub> doit y être transporté. On peut effectuer ce transport de différentes manières:

Des flux concentrés de CO<sub>2</sub> peuvent être acheminés sans risque au moyen de gazoducs à haute pression. Ces gazoducs sont utilisés aux Etats-Unis depuis le début des années 1970 pour la [récupération assistée du pétrole](#) (RAP) et ils sont à l'heure actuelle le mode de transport du CO<sub>2</sub> le plus répandu. L'expérience acquise au cours des dernières décennies a prouvé que très peu d'accidents se produisent et que les

risques liés aux gazoducs sont très limités quand ceux-ci sont conçus de manière adéquate.

On peut également acheminer le CO<sub>2</sub> sous forme liquide dans des **bateaux** du même type que ceux qui transportent le [gaz de pétrole liquéfié](#) (GPL).

Sur le plan technique, il serait également possible de transporter le CO<sub>2</sub> sous forme liquide dans des camions-citernes ou des wagons-citernes dans des réservoirs isothermes à basse température dont la pression est bien moindre que celle des gazoducs. Cependant, cette option n'est pas rentable pour un transport du CO<sub>2</sub> à grande échelle. [Plus...](#)

## **4.2 Que coûte le transport du CO<sub>2</sub> ?**

### [Coûts de l'acheminement par bateau ou par gazoduc en fonction de la distance \[en\]](#)

Le coût du transport du CO<sub>2</sub>, que ce soit par gazoduc ou par voie maritime, dépend de la distance parcourue et de la quantité transportée. Dans le cas des gazoducs, les coûts sont plus élevés lorsqu'ils traversent des mers, des zones densément peuplées ou des montagnes et des rivières. Les fluctuations du prix de l'acier influeraient également sur le coût du transport par gazoduc. Pour une distance de 250 kilomètres, on estime que le coût du transport par gazoduc est généralement compris entre 1 et 8 dollars US par tonne de CO<sub>2</sub>.

Par voie maritime, les coûts dépendent de caractéristiques telles que la contenance du bateau-citerne. Quand il est possible, le transport par navire est généralement moins coûteux que le transport par gazoduc pour des distances supérieures à 1000 km et pour des quantités de CO<sub>2</sub> inférieures à quelques millions de tonnes par an (voir [Figure RT.6 \[en\]](#)).

[Plus...](#)

## **5. Comment le CO<sub>2</sub> peut-il être stocké sous terre ?**

- 5.1 Quelles sont les possibilités de stockage géologique ?
- [5.2](#) Que coûte le stockage géologique ?

### **5.1 Quelles sont les possibilités de stockage géologique ?**

#### [Aperçu des options de stockage géologique \[en\]](#)

5.1.1 Les **formations géologiques permettant le stockage du CO<sub>2</sub>** sont les gisements de pétrole et de gaz, les [formations salines profondes](#), et les gisements de charbon inexploitable. Les sites de stockage doivent généralement se trouver à une profondeur de 800 m ou plus, là où les pressions qui prédominent permettent de conserver le CO<sub>2</sub> sous forme liquide ou [supercritique](#). Sous ces conditions, le CO<sub>2</sub> est moins dense que l'eau et doit donc être piégé de telle façon qu'il lui soit impossible de remonter à la surface. Il peut par exemple être piégé physiquement sous une couche de roche qui fait office de couvercle hermétique, ou dans les espaces poreux à l'intérieur de la roche. Il peut également être piégé chimiquement en étant dissout dans l'eau et en réagissant avec les roches environnantes pour former des

carbonates minéraux.

Le CO<sub>2</sub> comprimé peut être injecté dans des formations rocheuses poreuses sous la surface de la Terre en ayant recours à toute une série de méthodes déjà employées par l'industrie du gaz et du pétrole: technique de forage de puits, technique d'injection, simulation sur ordinateur de la dynamique des réservoirs de stockage et méthodes de surveillance.

Des projets de stockage à l'échelle industrielle sont actuellement mis en place en mer du Nord, au Canada, en Algérie et au Texas, chacune de ces régions stockant chaque année plus d'un million de tonnes de CO<sub>2</sub> qui aurait été sinon libéré dans l'[atmosphère](#). [Plus...](#)

[Répartition des grandes sources de CO<sub>2</sub> dans le monde \[en\]](#)

[Sites de stockage possibles \[en\]](#)

5.1.2 Il existe partout dans le monde des sites pouvant convenir au stockage géologique tant sur terre qu'en mer. Les estimations quant à la **capacité de stockage disponible totale** varient fortement, mais elles indiquent en général que l'espace disponible est suffisant pour stocker des dizaines voire des centaines d'années d'émissions de CO<sub>2</sub> sur base de leur rythme actuel. En outre, une grande partie des centrales électriques ainsi que des autres sources industrielles existantes se trouvent à moins de 300 km de zones de stockage potentiel (voir [Figure RT.2a/2b](#))

Bien que la capacité de stockage dans les réservoirs géologiques disponible soit « probablement » suffisamment importante pour contribuer de façon significative à la réduction des émissions de CO<sub>2</sub>, celle-ci n'a pas encore été déterminée avec certitude. [Plus...](#)

5.1.3 **Les fuites de CO<sub>2</sub>** depuis leur lieu de stockage représentent un risque pour le climat au niveau mondial, mais aussi un risque potentiel au niveau local pour les populations, les [écosystèmes](#) et les [eaux souterraines](#) si des rejets rapides et subits de CO<sub>2</sub> se produisent. On s'attend à ce que ces risques soient assez limités: la plupart du CO<sub>2</sub> devrait rester sous terre pendant des siècles, et les fuites devraient être maîtrisées bien avant qu'elles ne causent des dégâts au niveau local. Une surveillance des sites de stockage pourrait néanmoins être requise sur de très longues périodes, et on s'attend à ce que les méthodes évoluent à mesure que les technologies s'améliorent. Un cadre juridique muni d'une perspective à long terme sera également nécessaire étant donné que les périodes de stockage s'étendront sur plusieurs générations. Il semble que le grand public connaisse mal cette option technologique et soit réticent à l'accepter, car certains considèrent parfois que le stockage du CO<sub>2</sub> n'est nécessaire qu'en raison de notre incapacité à réduire les émissions de CO<sub>2</sub> par d'autres moyens. [Plus...](#)

## **5.2 Que coûte le stockage géologique ?**

Le stockage du CO<sub>2</sub> dans des formations géologiques est l'option de stockage la moins coûteuse et la plus acceptable d'un point de vue environnemental. Les coûts du stockage dans les [formations salines](#) ou les gisements de pétrole et de gaz épuisés se situent généralement entre 0.5 et 8 dollars US/t CO<sub>2</sub> injecté, auxquels s'ajoutent les coûts de surveillance, compris entre 0.1 et 0.3 dollars US/t CO<sub>2</sub>. La solution la moins onéreuse revient au stockage dans des réservoirs très perméables, sur la terre ferme, à basse profondeur, et/ou aux sites de stockage permettant de réutiliser les puits et les infrastructures de champs de pétrole et de gaz déjà existants. Le stockage géologique du CO<sub>2</sub> pourrait même générer des bénéfices nets, par exemple grâce à la récupération assistée du gaz et du pétrole, sur les sites où l'on pourrait

injecter le CO<sub>2</sub> afin de déplacer et récupérer le combustible. [Plus...](#)

## **6. Le CO<sub>2</sub> pourrait-il être stocké dans les océans ?**

- 6.1 Quelles sont les méthodes de stockage dans les océans ?
- [6.2](#) Quelles sont les conséquences environnementales potentielles du stockage dans les océans ?

### **6.1 Quelles sont les méthodes de stockage dans les océans ?**

[Aperçu des méthodes de stockage dans les océans \[en\]](#)

Le CO<sub>2</sub> étant soluble dans l'eau, des **échanges entre l'[atmosphère](#) et la surface de l'océan** se produisent naturellement jusqu'à ce qu'un équilibre soit atteint. Si la concentration de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère augmente, on s'attend à ce que les océans absorbent progressivement le CO<sub>2</sub> supplémentaire au cours des prochains siècles jusqu'à atteindre un nouvel équilibre. Le CO<sub>2</sub> devrait tout d'abord se dissoudre dans la couche supérieure des océans pour ensuite se mélanger aux eaux des profondeurs. Les océans ont ainsi emmagasiné au total quelque 500 des 1300 Gt CO<sub>2</sub> rejetées dans l'atmosphère par les activités humaines au cours des 200 dernières années. Les océans absorbent actuellement environ 7 Gt CO<sub>2</sub> par an. La plupart de ce dioxyde de carbone est actuellement emmagasiné dans la couche supérieure de l'océan, ce qui l'a rendue quelque peu plus [acide](#) (baisse du [pH](#) de 0,1). Cependant, l'[acidité](#) des profondeurs océaniques n'a à ce jour pratiquement pas changé.

Le **CO<sub>2</sub> piégé** pourrait potentiellement être **injecté directement dans les profondeurs des océans** où la majeure partie serait isolée de l'[atmosphère](#) pendant des siècles. Pour ce faire, le CO<sub>2</sub> pourrait être acheminé par gazoduc ou par bateau vers un site de stockage océanique, où il serait injecté dans la colonne d'eau de l'océan ou au fond de celui-ci. Le CO<sub>2</sub> dissout et dispersé s'intégrerait ensuite au [cycle mondial du carbone](#). Les options potentielles de stockage du CO<sub>2</sub> dans les profondeurs de l'océan pour des périodes encore plus longues comptent notamment la formation d'[hydrates](#) solides de CO<sub>2</sub> et/ou de lacs de CO<sub>2</sub> liquide au fond des océans, et la dissolution de minéraux alcalins tels que le calcaire pour neutraliser l'[acidité](#) du CO<sub>2</sub>. [Plus...](#)

### **6.2 Quelles sont les conséquences environnementales potentielles du stockage dans les océans ?**

Le CO<sub>2</sub> peut être injecté dans les profondeurs océaniques depuis les plateformes pétrolières - Source: Stephen Knowles

L'injection de quelques GtCO<sub>2</sub> modifierait de façon perceptible la composition chimique de l'océan dans la zone où elle aurait lieu, alors que l'injection de centaines de GtCO<sub>2</sub> finirait par produire des changements mesurables dans l'océan tout entier. Au fil des siècles, le brassage de l'eau des océans entraînerait une libération progressive de CO<sub>2</sub> dans l'[atmosphère](#). Des expériences ont démontré que l'ajout de CO<sub>2</sub> peut être nocif pour les organismes marins vivant à proximité des points d'injection ou des lacs de CO<sub>2</sub>. Les effets à long terme de l'injection directe de CO<sub>2</sub> dans de grandes zones océaniques n'ont pas encore été étudiés. On s'attend toutefois à ce que **les impacts sur les [écosystèmes océaniques](#)** s'accroissent à mesure que la concentration de CO<sub>2</sub> augmente et que le [pH](#) baisse. En outre, on ne sait pas bien si/comment les [espèces](#) et les écosystèmes pourraient s'adapter à ces modifications chimiques.

**Les coûts du stockage océanique** ont été estimés sur base des coûts induits par le transport par gazoducs en mer ou par bateau, à quoi s'ajoutent les coûts d'énergie supplémentaires compris entre 6 et 31 dollars US/ t CO<sub>2</sub> injecté. Pour de courtes distances (100 km en mer), le gazoduc fixe s'avère l'option la moins coûteuse. Pour les distances plus importantes (500 km en mer), l'injection de CO<sub>2</sub> depuis un bateau en mouvement ou le transport par navire vers une plate-forme depuis laquelle le CO<sub>2</sub> serait injecté sont les options les plus intéressantes.

Les traités mondiaux et régionaux sur le droit de la mer et le milieu marin, tels que la Convention [OSPAR](#) et la [Convention de Londres](#), s'appliquent également au stockage océanique, mais le statut juridique du stockage intentionnel dans les océans n'a pas encore été décidé.

Le stockage dans les océans serait donc une option de stockage du CO<sub>2</sub> plus coûteuse et moins acceptable d'un point de vue environnemental. Les rares enquêtes sur la perception du grand public, menées jusqu'à présent, révèlent que la population exprime de plus grandes réserves à l'égard du stockage océanique que pour le stockage géologique. [Plus...](#)

***Note from the editor: Because of its environmental implications, CO<sub>2</sub> storage in oceans is generally no longer considered as an acceptable option.***

Copyright © GreenFacts 2001-2011 - GreenFacts® est une marque déposée de Cogeneris sprl

Source : [GIEC](#) (2005) - Résumé & Détails: GreenFacts (2007)

Plus de détails à partir de la source suivante : <http://www.greenfacts.org/fr/piegeage-stockage-co2/index.htm>

**Le captage et le stockage du CO<sub>2</sub> [FR]** - Document 'EurActiv'

[[en](#)] [[de](#)] - Publié 10 octobre 2006 - Mis à jour 16 novembre 2010

Étiquettes [carbon capture and storage climate change](#)

Procéder au captage des émissions de CO<sub>2</sub> des centrales thermiques pour les stocker ensuite sous terre est l'une des technologies développées pour lutter contre le réchauffement climatique. L'UE a créé une plateforme technologique européenne sur les centrales électriques à combustibles fossiles sans émissions et adopté un cadre législatif pour commercialiser cette nouvelle technologie.

En vue de lutter contre le réchauffement climatique, les gouvernements envisagent plusieurs solutions techniques pour maintenir le dioxyde de carbone émis dans l'atmosphère sous contrôle. L'une des techniques les plus prometteuses est **le captage et le stockage du CO<sub>2</sub>** (CSC, également appelée séquestration du carbone).

Le captage et le stockage du CO<sub>2</sub> est un procédé technique qui sépare le dioxyde de carbone des gaz produits par les grandes centrales thermiques, comprime le CO<sub>2</sub>, puis le transporte dans un endroit où il peut être conservé dans des formations géologiques ou dans l'océan. Wikipédia propose une bonne [introduction sur la technique derrière la CSC](#) (en anglais).

**La science et la technologie** derrière la CSC sont déjà connues, mais ne sont pas encore utilisées en vue de réduire les émissions de CO<sub>2</sub>. De nouvelles évolutions (notamment en ce qui concerne le

stockage) seront nécessaires et plusieurs obstacles devront être surmontés pour que la CSC devienne une technique de réduction des émissions de CO<sub>2</sub> à part entière. De nombreux projets pilotes sont développés à différents stades dans le monde entier. Selon l'AIE, la technique du CSC pourrait être mise en place d'ici 2015 à plus grande échelle si ces projets pilotes obtiennent de bons résultats.

Les principaux **acteurs** de la CSC sont les multinationales de gaz et de pétrole (ExxonMobil, Shell, Statoil, Total et autres). Pour un aperçu des **projets** existants, voir la [carte des projets de captage de CO<sub>2</sub> existants](#) et le document de la Commission sur [les projets de stockage et de captage de CO<sub>2</sub> en Europe](#).

### **Dernières évolutions en date :**

- L'UE a créé en 2005 une plateforme technologique européenne sur les centrales électriques à combustibles fossiles sans émissions. Son objectif est de construire des centrales électriques sans émissions de dioxyde de carbone d'ici 2020. La plateforme est composée de 25 membres de l'industrie, de la recherche, des autorités et des ONG.
- En septembre 2006, la plateforme technologique européenne a présenté son programme de recherche stratégique et une stratégie de déploiement.
- La Commission est membre du "[Carbon Sequestration Leadership Forum](#)" (forum directif pour la séquestration du carbone), un cadre international de coopération pour la recherche et le développement sur la CSC.
- En septembre 2007, les résultats d'une consultation publique menée par la Commission sur les technologies à faible émission de carbone a révélé un scepticisme significatif du public sur la contribution potentielle de la CSC et des technologies similaires dans la lutte contre le changement climatique (EurActiv [21/09/07](#)).
- Le 10 novembre 2008, la plateforme a présenté ses propositions de centrale de démonstration européenne, visant à faire avancer le déploiement de la CSC à large échelle d'ici 10 ans. Le plan prévoit de mettre en place un total de 10-12 projets de centrale de démonstration en utilisant diverses technologies afin qu'il n'y ait plus de risques liés à la CSC et que cette technologie soit disponible sur le marché d'ici à 2020.
- Le 17 décembre 2008, le Parlement a voté à une écrasante majorité en faveur du paquet énergie et climat qui inclut une directive fournissant un cadre juridique à la technologie de captage et de stockage du carbone.

Source EurActiv <http://www.euractiv.com/fr/energie/le-captage-et-le-stockage-du-co2-fr-links dossier-188780>

### **Plan stratégique pour les technologies énergétiques (plan SET)**

La Commission Européenne présente un plan stratégique pour accélérer le développement et le déploiement de technologies rentables faible émission de carbone. Ce plan comprend des mesures relatives à la planification, la mise en œuvre, les ressources et la coopération internationale dans le domaine des technologies de l'énergie.

[SET Brochure plan](#)  [2 Mo]

Source : [http://translate.googleusercontent.com/translate\\_c?hl=fr&prev=/search%3Fq%3Dstrategic](http://translate.googleusercontent.com/translate_c?hl=fr&prev=/search%3Fq%3Dstrategic)

[http://ec.europa.eu/energy/technology/set\\_plan/set\\_plan\\_en.htm&usg=ALkJrhjAM\\_VHDa7DNlssWimwVgool0owNg](http://ec.europa.eu/energy/technology/set_plan/set_plan_en.htm&usg=ALkJrhjAM_VHDa7DNlssWimwVgool0owNg)

## Récupération assistée du pétrole – Article Futura Sciences

La récupération assistée du pétrole (RAP), ou *Enhanced oil recovery* (EOR) en anglais, est l'ensemble des techniques destinées à accroître les quantités d'hydrocarbures extraites d'un [gisement](#).

### **Les quatre techniques de récupération assistée du pétrole**

Il existe essentiellement quatre techniques différentes pour améliorer la récupération du [pétrole](#) et extraire 30 à 60 % du stock, au lieu des 20-40 % récupérables avec les méthodes conventionnelles.

- Tout d'abord, il est possible d'injecter des gaz ([gaz naturel](#), azote, CO<sub>2</sub>) dans le puits pour augmenter la pression et, parfois, réduire la [viscosité](#) des hydrocarbures. Les gaz injectés demeurent piégés dans le puits. Cette technique peut donc associer récupération accrue de pétrole et [stockage géologique](#) de CO<sub>2</sub>.
- Des solutions chimiques de diluant ou de surfactant peuvent aussi être employées pour réduire les tensions de surface et la pression capillaire dans les [puits de pétrole](#).
- L'[injection](#) de [microorganismes](#) sélectionnés est un moyen de réduire la longueur des chaînes carbonées tout en générant *in situ* des surfactants et du CO<sub>2</sub> qui réduisent la viscosité du pétrole.
- Enfin, l'injection de vapeur d'[eau](#) permet de réduire la viscosité et de vaporiser une fraction du pétrole.

Sans ces techniques, des centaines de milliards de mètres cubes de pétrole ne pourraient être extraits des réservoirs géologiques.

Source : [http://www.futura-sciences.com/fr/definition/t/developpement-durable-2/d/recuperation-assistee-du-petrole\\_7113/](http://www.futura-sciences.com/fr/definition/t/developpement-durable-2/d/recuperation-assistee-du-petrole_7113/)

- [Politique](#)
- [Documentation](#)
- [FAQ](#)

## **Système communautaire d'échange d'émissions (EU ETS)**

Le **système communautaire d'échange d'émissions (EU ETS)** est une pierre angulaire de la politique de l'Union européenne pour combattre le changement climatique et son outil clé pour réduire les émissions industrielles de gaz à effet de serre de manière rentable. Etre le premier schéma le plus grand et internationales pour la négociation de quotas d'émission de gaz à effet de serre, le SCEQE couvre quelque 11 000 centrales électriques et installations industrielles dans 30 pays.

## **Le SCEQE, un système basé sur le «cap and trade" principe**

Lancé en 2005, le SCEQE travaille sur le «cap and trade" principe. Cela signifie qu'il ya un «plafond», ou limiter, sur le montant total des gaz à effet de serre de certains qui peuvent être émis par les usines, les centrales et autres installations dans le système. Dans ce plafond, les entreprises reçoivent des quotas d'émission dont ils peuvent vendre ou acheter à l'un de l'autre au besoin. La limite sur le nombre total de quotas disponibles à s'assurer qu'ils ont une valeur.

A la fin de chaque année, chaque entreprise doit restituer des quotas suffisant pour couvrir toutes ses émissions, des amendes sont imposées autrement lourds. Si une entreprise réduit ses émissions, elle peut conserver les allocations de secours pour couvrir ses besoins futurs, ou bien les vendre à une autre société qui est à court d'allocations. La flexibilité que le commerce apporte garantit que les émissions sont réduites où il moins les coûts pour le faire.

Le nombre de quotas est réduit au fil du temps afin que les émissions totales de l'automne. En 2020, les émissions seront de 21% inférieur à celui de 2005.

### **'Growing grand et plus fort'**

L'ETS est aujourd'hui présent dans 30 pays (les 27 États membres de l'UE plus l'Islande, le Liechtenstein et la Norvège). Il couvre émissions de CO<sub>2</sub> à partir d'installations comme les centrales électriques, installations de combustion, raffineries de pétrole et travaille le fer et l'acier, ainsi que les usines fabriquant du ciment, verre, chaux, briques, céramiques, pâte à papier, papiers et cartons.

Émissions d'oxyde nitreux provenant de certains processus sont également couverts. Entre eux, les installations actuellement à ce système représentent presque la moitié de l'UE émissions de CO<sub>2</sub> et de 40% du total de ses émissions de gaz à effet de serre.

Les compagnies aériennes adhérer au régime en 2012. Le SCEQE sera encore élargie pour les industries pétrochimiques, de l'ammoniac et l'aluminium et de gaz supplémentaires en 2013, lorsque la troisième période d'échange débutera. Dans le même temps une série de changements importants à la façon dont fonctionne le SCEQE entrera en vigueur en vue de renforcer le système.

### **Faire une différence**

Le SCEQE a mis un prix sur les émissions de carbone et montré qu'il est possible d'échanger des émissions de gaz à effet de serre. Les émissions des installations dans le système sont en baisse comme prévu. Les changements à introduire en 2013, notamment une évolution progressive vers enchères des quotas, renforcera encore son efficacité.

Le succès de l'EU ETS a inspiré d'autres pays et régions pour le lancement de programmes plafonnement et d'échange de leurs propres. L'UE espère relier les ETS avec des systèmes compatibles à travers le monde pour former le squelette d'un marché mondial du carbone.



## Lire la suite

- [Publications](#)
- [La loi climatique](#)

Dernière mise à jour: 15 novembre 2010

[http://ec.europa.eu/clima/policies/ets/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/clima/policies/ets/index_en.htm)

## Tonne (unité) – D’après Wikipédia

La **tonne** (symbole **t**), est une unité de masse qui vaut mille [kilogrammes](#), soit **1 000 kg**. On peut aussi écrire : 1 tonne =  $1 \times 10^3$  kg. Parfois, pour la distinguer des autres tonnes utilisées notamment aux États-Unis et dans certains domaines techniques, elle est appelée « tonne métrique ». Elle équivaut à 2 204,622621849 livres anglo-saxonnes (lb).

La tonne apparaît au tableau **VIII** du [système international d'unités](#) : ce n'est pas une unité du SI, mais son usage est associé au Système International en raison de son rôle pratique important. Un [mètre cube](#) d'[eau](#) pèse une tonne.

## Sommaire

- [1 Multiples](#)
- [2 Unités anglo-saxonnes](#)
- [3 Unité d'énergie](#)
- [4 Unité de force](#)
- [5 Tonnage et déplacement des navires](#)
- [6 Masse freinée des convois ferroviaires](#)
  
- [7 Articles connexes](#)

## Multiples [\[modifier\]](#)

- une **kilotonne (1 kt)** vaut mille tonnes, soit  $10^6$  kg.
- une **mégatonne (1 Mt)** vaut un million ( $10^6$ ) de tonnes, soit  $10^9$  kg.
- une **gigatonne (1 Gt)** vaut un milliard ( $10^9$ ) de tonnes, soit  $10^{12}$  kg.
- une **tératonne (1 Tt)** vaut mille milliard ( $10^{12}$ ) de tonnes, soit  $10^{15}$  kg.

## Unités anglo-saxonnes [\[modifier\]](#)

La tonne est également une [unité anglo-saxonne](#) :

- la tonne (*ton*, ou *long ton* pour les Britanniques, symbole **ton**) vaut 2 240 [lb](#), soit 1 016 [kg](#) (1 016,0469088 kg exactement)
- la **tonne courte** (*short ton*, ou *ton* pour les Américains, symbole **sh tn**) vaut 2 000 lb, soit 907 kg (907,18474 kg exactement)

Les pays qui emploient ces dernières unités désignent la tonne du SI sous le nom de *tonne* (au lieu de *ton*) ou *metric ton* (« tonne métrique »).

Source [http://fr.wikipedia.org/wiki/Tonne\\_%28unit%C3%A9%29](http://fr.wikipedia.org/wiki/Tonne_%28unit%C3%A9%29)

### **Traduction, définitions et compléments :**

Jacques Hallard, Ing. CNAM, consultant indépendant.

Relecture et corrections : Christiane Hallard-Lauffenburger, professeur des écoles honoraire.

Adresse : 19 Chemin du Malpas 13940 Mollégès France

Courriel : [jacques.hallard921@orange.fr](mailto:jacques.hallard921@orange.fr)

Fichier : ISIS Climat Energie **Carbon Capture and Storage: Still Not An Option** French version.3 allégée

---