

Edito

L'horizon long

En économie ou en politique, l'horizon long n'excède pas la dizaine d'années.

En matière de changement climatique, on compte en siècles, voire en millénaires.

Les instruments d'action adaptés sont donc ceux qui permettront de modifier nos comportements collectifs à très long terme. Ce n'est encore le cas ni de ceux qui sont en train de se mettre en place dans le monde (mécanismes de Kyoto), ni de ceux développés en Europe (quotas de CO₂).

Le protocole de Kyoto a apporté un cadre institutionnel permettant de faire émerger une valeur carbone sur le marché international des projets. C'est un progrès tout à fait significatif par rapport à une situation dans laquelle il n'y aurait pas d'accord climatique international. Pour autant, les incitations qui seront transmises aux pays sur la période 2008 à 2012 resteront symboliques s'il ne se dessine pas

rapidement un cadre post-2012 contraignant. L'exemple bulgare décrit dans ce numéro en donne une bonne illustration.

Ce cadre post-2012 devra donner une place plus grande aux innovations technologiques. Comme le rappelle l'article sur la séquestration géologique du carbone, la diffusion d'innovations technologiques est incontournable pour agir face au changement climatique. Dans leur configuration actuelle, les marchés du carbone n'incitent pas suffisamment à cette diffusion car le signal prix n'est pas encore intégré dans les décisions d'investissement. Le système européen des quotas pourrait jouer un rôle pilote en la matière, avec un peu d'audace politique et

Sommaire

L'horizon long

Christian de Perthuis

Comment anticiper le long terme ?

Entretien avec

Andrew. E. Dessler et Philippe Criqui

L'efficacité carbone des grandes économies

Anais Delbos et Christian de Perthuis

Brûler du charbon sans émettre de CO₂ ?

Benoit Leguet et Alexia Leseur

La Bulgarie dans l'Europe du climat

Dimitar Nikov

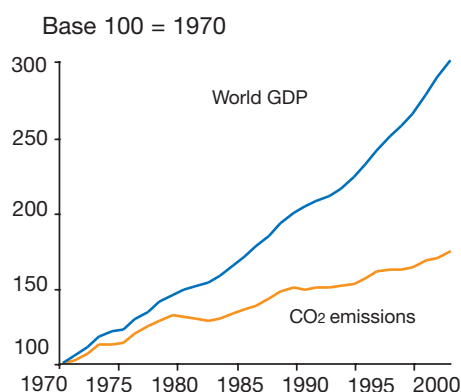
une plus grande capacité de résistance des Etats face aux intérêts catégoriels.

L'observation de la croissance des cinquante dernières années montre en effet qu'un nombre croissant d'économies ont effectué des gains relatifs en diminuant l'intensité carbone de leur économie. Mais ces progrès relatifs sont plus que compensés par la croissance des richesses, notamment dans les pays émergents. Il faut donc des ruptures majeures si on veut demain à la fois maintenir la croissance et réduire drastiquement les émissions de gaz à effet de serre comme le recommandent les climatologues.

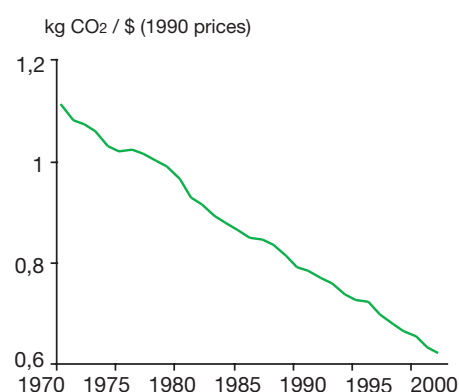
Les deux chercheurs, Patrick Criqui et Andrew E. Dessler, qui ont accepté de répondre à notre lettre appellent l'un et l'autre à de telles ruptures. Mieux, ils semblent s'accorder sur le type de moyens permettant de concilier efficacité économique à court terme et prise en compte de l'horizon long. Qu'une telle vision convergente se dessine aujourd'hui entre experts venant des deux côtés de l'Atlantique est plutôt de bon augure.

Le lien entre le PIB et les émissions de CO₂

Croissance économique et émissions



Intensité carbone de l'économie mondiale



Source : Mission climat à partir de données FMI et WRI

Depuis 1970, la richesse créée dans le monde a été multipliée par trois et les émissions de CO₂ ont progressé de 70%. Il en résulte une baisse tendancielle de l'intensité carbone de l'économie totale - insuffisante pour prémunir nos sociétés contre les risques du changement climatique.

Christian de Perthuis, tél. : 01 58 50 22 62
christian.deperthuis@caissedesdepots.fr

Comment anticiper le long terme ?

Comment combattre dès aujourd'hui les émissions atmosphériques de gaz à effet de serre dont les retombées n'apparaîtront qu'à très long terme ? Questions à Andrew E. Dessler de l'Université A&M du Texas et à Patrick Criqui du laboratoire de recherche LEPII (CNRS – Université de Grenoble).

Pourquoi faut-il, dès maintenant, mettre en place des stratégies de long terme pour atténuer notre impact sur le changement climatique ?

Andrew E. Dessler : En raison de la longue durée de vie du CO₂ dans l'atmosphère, les effets du changement climatique sont le résultat des émissions cumulées des siècles précédents. De plus, les changements technologiques et économiques nécessaires pour réduire notre vulnérabilité au changement climatique sont également des processus de long terme, de l'ordre de plusieurs décennies pour intégrer totalement une nouvelle technologie dans nos économies.

La combinaison de ces deux facteurs fait que si nous voulons prévenir des effets qui seront probablement conséquents à la fin du 21^e siècle, nous devons commencer à agir très rapidement. On peut comparer cette situation à celle d'un pilote de supertanker. En raison de sa taille colossale, un supertanker tourne très lentement. Pour contourner un obstacle, le pilote doit commencer à manoeuvrer bien avant de l'atteindre. Une fois sur l'obstacle, il est trop tard pour l'éviter.

Quels sont les principaux enjeux énergétiques des prochaines décennies ?

Patrick Criqui : Je dis parfois que pour atteindre un développement énergétique durable, il faut, comme Ulysse, naviguer entre Charybde et Sylla. Le premier péril est celui de la raréfaction des ressources pétrolières et gazières bon marché, matérialisée aujourd'hui par la menace du peak

oil (et peak gas). Le second est le risque de changement climatique.

Or on ne peut pas compter sur la raréfaction des ressources en pétrole et gaz pour régler le problème du changement climatique : les ressources en charbon sont abondantes, et le « dash for coal » (la ruée vers le charbon) a déjà commencé. Si on laisse faire cette utilisation massive de charbon sans précautions – c'est à dire sans récupération du CO₂ – on va vers une catastrophe climatique.

Quels seront les effets des stratégies climatiques sur notre système énergétique ?

Andrew E. Dessler : Comme le secteur énergétique représente une part très importante de nos émissions de gaz à effet de serre, toute réduction d'émissions d'envergure passe par une reconfiguration complète de nos modes de production et de consommation d'énergie. En particulier, il est probable qu'il faille mettre en oeuvre un mix d'énergies renouvelables (solaires, éoliennes, de biomasse, etc.), d'énergie nucléaire et de projets de séquestration de carbone à grande échelle pour répondre à une demande énergétique croissante. Remarquez que cette refonte du système énergétique arrivera même en l'absence de mesure de lutte contre le changement climatique : l'épuisement proche des réserves de pétrole et de gaz bon marché nous forcera dans tous les cas à repenser notre système énergétique.

Le système européen des quotas de CO₂ va-t-il modifier la donne énergétique ?

Patrick Criqui : Il pourra la modifier s'il se pérennise, se consolide, et surtout s'étend. L'idéal serait qu'il devienne la base d'un système international qui s'étendrait à d'autres Etats, dont pourquoi pas certains Etats fédérés américains (aujourd'hui les réflexions sur des systèmes d'échange aux Etats-Unis prennent en compte la question de systèmes « euro-compatibles »).

Une extension sectorielle peut également être souhaitable : il faut de toutes façons trouver la meilleure manière d'articuler le système européen des quotas avec les autres instruments que sont la taxe et la norme, que ce soit en les superposant ou par des complémentarités.

Le mérite du système européen est qu'il couvre 50% des émissions européennes, mais concerne un nombre limité d'acteurs. Il n'y a pas selon moi de défaut majeur dans la construction de ce système, même s'il semble nécessaire de le peaufiner pour une efficacité accrue. Nous sommes en fait dans une phase de transition, et il faut repérer les effets pervers induits par le système pour tenter de l'améliorer. Il me semble par exemple que l'on n'échappera pas à une démarche de benchmarking pour l'allocation des quotas, notamment dans le secteur énergétique.

Les systèmes de « cap-and-trade » sont-ils des outils appropriés pour favoriser l'émergence d'économies faiblement intensives en carbone sur le long terme ?

Andrew E. Dessler : Nous sommes tous d'accord pour dire que nous avons besoin de mettre en oeuvre la meilleure politique pour favoriser le développement de technologies innovantes, à haut rendement et faiblement émettrices. Il est par ailleurs tout aussi important, une fois ces nouvelles technologies développées, que cette politique favorise leur adoption. Cette deuxième étape, bien que souvent négligée, n'est pas aussi simple à mettre en oeuvre qu'il n'y paraît. Il est pratiquement certain que pour ces nouvelles technologies faiblement émettrices, le prix de l'énergie délivrée sera plus élevé qu'avec les

technologies fortement émettrices actuelles (mais le surcoût exact est encore incertain). Il n'est pas évident que les entreprises cotées, focalisées sur leurs profits, adopteront de leur propre chef des technologies plus coûteuses mais socialement responsables, en particulier si leurs concurrents ne le font pas.

Un système de « cap and trade » obligatoire peut jouer un rôle majeur dans la résolution de ces deux problèmes. En annonçant clairement que les réductions d'émissions auront lieu selon un échéancier précis, les systèmes de « cap and trade » poussent les entreprises à investir des sommes significatives et nécessaires en recherche et développement. Dans les années 1980, par exemple, un signal clair a été donné quant à la nécessité de mettre en place des réglementations, ce qui a incité le secteur privé à développer des substituts aux chlorofluorocarbones. Ces substituts aident aujourd'hui à résoudre le problème de la destruction de la couche d'ozone.

De plus, un système de « cap-and-trade » fournit aux acteurs la motivation nécessaire à l'adoption de nouvelles technologies. Ce système permet aussi d'utiliser les forces du marché pour parvenir à réduire les émissions là où leur coût est le plus modéré.

Quels autres instruments pourraient favoriser l'émergence d'une économie sobre en carbone à long terme ?

Patrick Criqui : Structurellement, il faut établir une combinaison efficace de deux stratégies : le « technology push » et le « demand pull ».

Le « technology push » correspond à une action de l'Etat pour favoriser l'émergence de nouvelles technologies : définition de priorités, financement de recherche et développement. Il s'agit en fait d'une solution très étatique, qui paradoxalement correspond aujourd'hui à la stratégie des Etats-Unis. Elle est en effet « sans douleur » pour l'économie et ses grands acteurs (même s'il y a bien entendu un impact sur les finances de l'Etat). Après la maîtrise de la demande et les équipements « Très Basses Emissions », les trois options technologiques majeures dans la lutte contre le changement climatique sont les énergies renouvelables, le nucléaire et la séquestration géologique. On ne pourra probablement exclure aucune de ces trois options.

Le demand pull correspond aux instruments économiques des politiques environnementales qui modifient les signaux de marché, et donc les comportements. Par exemple, même si l'on développe la capture et séquestration

de charbon, cette technologie ne sera véritablement utilisée que si les acteurs sont incités à le faire. Cette deuxième ligne d'action est particulièrement visible dans la politique européenne aujourd'hui.

Mais il ne faut pas oublier que tout cela est très ambitieux d'un point de vue économique et social. Dans la détermination des objectifs climatiques, on se trouve confronté à une contradiction fondamentale : ce qui est souhaitable du point de vue des concentrations en gaz à effet de serre dans l'atmosphère semble difficilement atteignable, alors que ce qui apparaît raisonnablement atteignable n'est pas acceptable du point de vue du climat.

Propos recueillis par Ariane de Dominicis

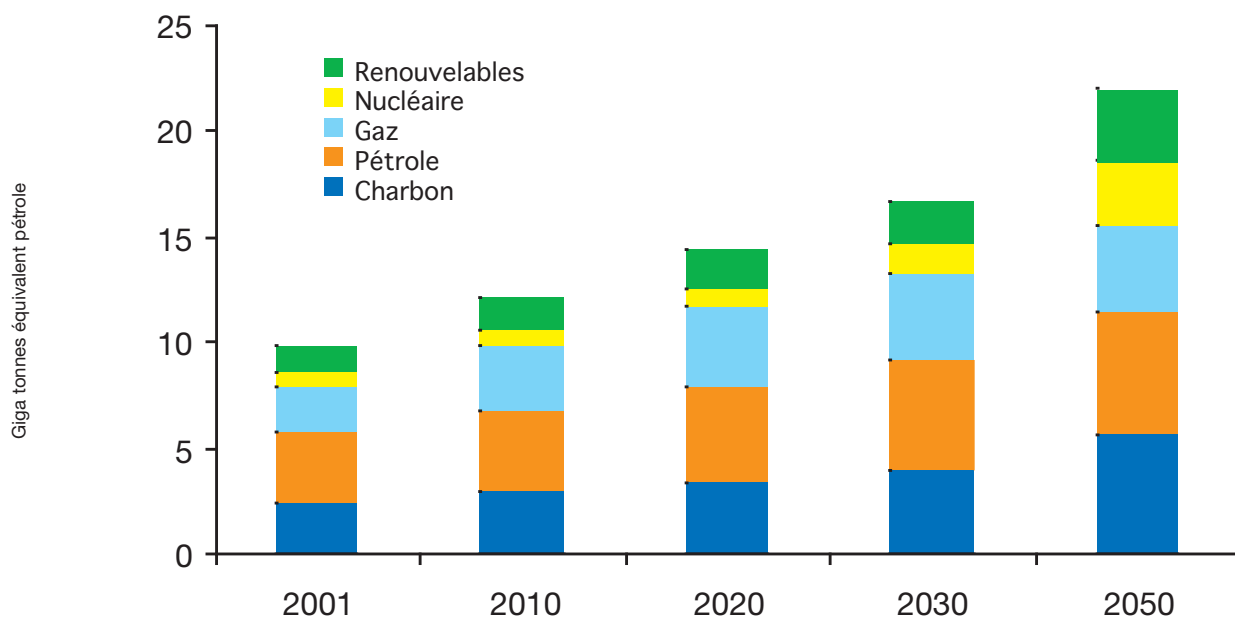
Tél. : 01 58 50 98 20

ariane.dedominicis@caissedesdepots.fr

Andrew E. Dessler est Professeur associé au département des sciences atmosphériques de l'Université A&M du Texas et auteur avec E.A. Parson de « The Science and Politics of Global Climate Change, A Guide to the Debate », Cambridge University Presse, 2006.

Patrick Criqui est Directeur du Département Energie et Politique de l'Environnement du LEPII de Grenoble.

L'alimentation énergétique mondiale dans un scénario « au fil de l'eau »



En 2001, 80 % des approvisionnements énergétiques mondiaux étaient assurés par l'énergie primaire fossile. En 2050, 70 % de ces approvisionnements pourraient encore reposer sur de l'énergie fossile, avec en proportion moins de pétrole mais plus de charbon.

Source : Modèle POLES, LEPII-EPE, 2006

L'efficacité carbone des grandes économies

Depuis 1950, les émissions de CO₂ progressent moins rapidement que la richesse créée dans les économies industrialisées, à l'inverse de ce qu'on observe dans les économies en développement.

L'intensité carbone de l'économie mesure la quantité de CO₂ émise en moyenne pour produire une unité de PIB. Si les émissions de CO₂ d'une économie progressent moins vite que le PIB, cette intensité diminue dans le temps, ce qui traduit un gain d'efficacité carbone, et réciproquement.

Parallèles européen et américain, singularité japonaise

En 1950, l'économie japonaise avait l'intensité carbone la plus faible des pays industrialisés avec des rejets de 0,64 kg par dollar produit (aux prix et parités d'achat de 1990). Son intensité carbone a depuis été réduite de 28%, grâce aux progrès d'efficacité énergétique consécutifs au premier choc pétrolier. Entre 1950 et 2003, les diminutions de l'intensité carbone ont été parallèles dans l'Union européenne et aux Etats-Unis et deux fois plus rapides qu'au Japon (respectivement 63 et 61%). Comme au Japon, les progrès ont été plus consistants durant la décennie qui a suivi le premier choc pétrolier, mais se sont tassés depuis. En fin de période, l'intensité carbone de l'économie américaine reste supérieure de 50 % à celle du Japon et de 60 % à celle l'UE à 15.

Depuis 1990, année par rapport à laquelle sont fixés les objectifs du protocole de Kyoto, la croissance japonaise a été atone du fait de l'éclatement de la bulle spéculative. Son redémarrage récent va rendre ardu le respect des engagements de Kyoto du fait de la faiblesse des progrès réalisés en matière d'efficacité carbone. Sur la même période, la croissance économique américaine a dépassé d'un tiers celles de l'Union européenne. C'est ce différentiel qui a été le principal facteur à l'origine de la progression plus rapide des émissions américaines de CO₂.

Le cas russe

L'intensité carbone de l'économie russe a augmenté jusqu'à la fin des années quatre-vingt pour culminer vers 2 kg de CO₂ par dollar de PIB. Au moment de la sortie du système de planification centralisée, cette intensité a brutalement chuté du fait de l'arrêt de nombreux combinats industriels. Les gains d'efficacité carbone sont depuis rapides, mais laissent l'intensité carbone de l'économie russe très au-dessus de celles des autres pays.

Points de retournement indiens et chinois

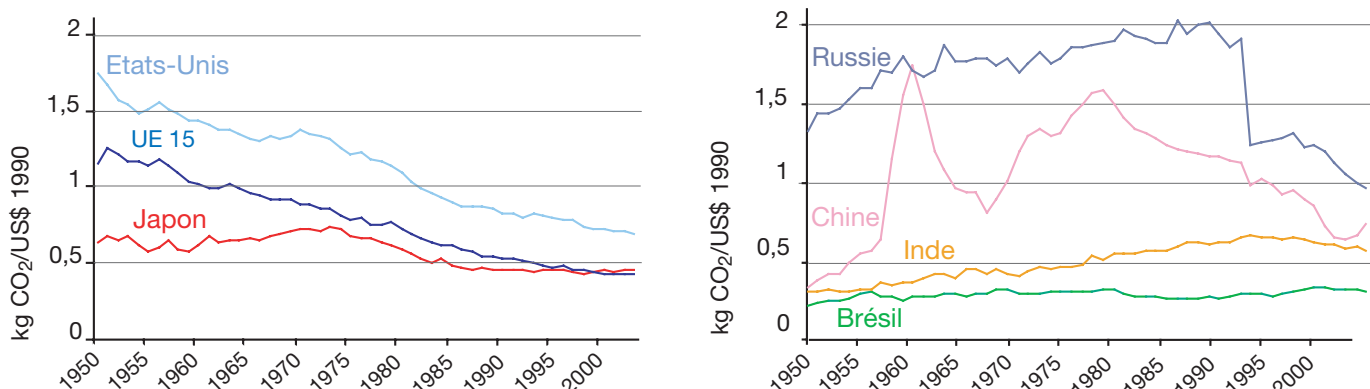
Brésil, Inde et Chine avaient des intensités carbone inférieures à celles des pays industrialisés en 1950, reflétant l'étroitesse de leur base industrielle et la faiblesse de leur système de transport. Entre 1950 et 2003, leurs émissions ont progressé plus rapidement que le PIB, ce qui s'est traduit par des hausses respectives de leur intensité carbone de 36, 88 et 133 %. Comme la croissance de ces pays a par ailleurs été plus rapide que celle des pays industrialisés, leur poids dans les émissions mondiales a augmenté.

Au Brésil, la progression a été lente et sans infléchissement en fin de période. En Inde, l'accélération de la croissance intervenue à partir de 1995 s'est accompagnée d'une baisse significative de l'intensité carbone de la production. Le nouveau dynamisme indien repose sur des bases économiques diversifiées incorporant notamment beaucoup d'activités de services informatiques. Il semble compatible avec des gains d'efficacité carbone. En Chine, un phénomène comparable de gains d'efficacité carbone était intervenu à partir de la fin des années soixante-dix au moment du démarrage de la libéralisation économique. Depuis 2000, une remontée de l'intensité carbone de l'économie est apparue, résultant de l'élargissement rapide du parc de centrales thermiques et de l'envolée du trafic automobile. La surchauffe de l'économie chinoise creuse l'empreinte carbone du pays.

Anaïs Delbosc, tél. : 01 58 50 99 28
anaïs.delbosc-e@caissedesdepots.fr

Christian de Perthuis, tél. : 01 58 50 22 62
christian.deperthuis@caissedesdepots.fr

Evolution de l'intensité en CO₂ des grandes économies



En 2003, la production d'un dollar de PIB (aux prix et parités d'achat de 1990) entraînait l'émission de 0,42 kg de CO₂ dans l'Union européenne à 15, mais de 0,69 kg aux Etats-Unis et de près de 1 kg en Fédération de Russie.

Brûler du charbon sans émettre de CO₂ ?

Le charbon est la source d'énergie la plus émettrice de CO₂. Le captage et le stockage du CO₂ émis vont-ils demain modifier la donne ?

Dans le cadre des coûts et des technologies actuelles, le charbon est le premier candidat pour se substituer au pétrole. Ses réserves étant très abondantes et bien réparties dans le monde, il pourrait assurer la jointure entre la baisse programmée des usages du pétrole et la généralisation des futures énergies renouvelables qui s'imposera à long terme.

Des technologies en grande partie connues

Sauf à accepter des niveaux de concentration atmosphérique de CO₂ très supérieurs aux plafonds recommandés par les climatologues, un retour en grâce du charbon dans le mix énergétique ne sera possible que si des ruptures technologiques permettent de réduire drastiquement son empreinte carbone. C'est tout l'enjeu de la séquestration géologique qui implique de capter à grande échelle le CO₂ émis lors de la combustion, puis de le transporter pour le piéger dans des réservoirs souterrains.

Le captage du gaz carbonique n'est pas une opération inconnue : elle est pratiquée depuis la fin du XIX^{ème} siècle. On estime aujourd'hui l'utilisation industrielle mondiale du CO₂ à environ 15 millions de tonnes annuelles, qui sont destinées à de multiples débouchés, dont l'industrie chimique, la production de neige carbonique, l'industrie agro-alimentaire. A cela il convient d'ajouter les 30 à 40 millions de tonnes injectées chaque année dans les puits de pétrole, en particulier aux Etats-Unis ou en Norvège, pour optimiser leur exploitation. Elargir la pratique du captage et mettre en place un réseau de transport du CO₂ adapté exige cependant des investissements importants pour améliorer les procédés.

Créer les conditions de diffusion de l'innovation

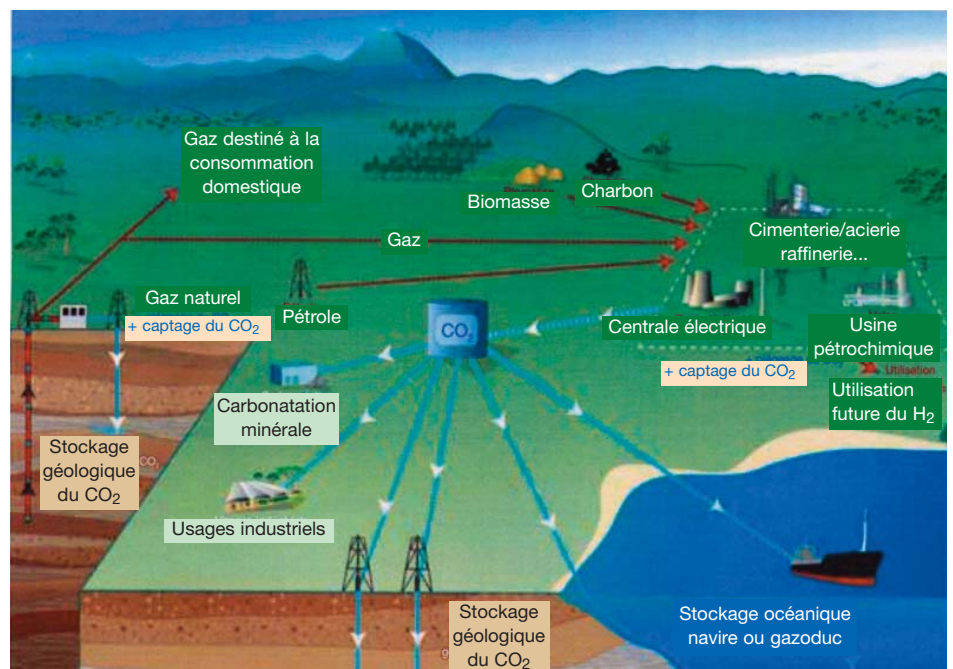
L'injection du CO₂ dans des réservoirs souterrains pose de multiples questions techniques, de sécurité et d'acceptabilité sociale. Elle fait l'objet d'importants programmes de recherche aux Etats-Unis, en Europe et au Japon. Plusieurs projets pilotes commencent à voir le jour, mais ils butent sur la question des financements. La première opération de stockage lancée à l'échelle industrielle l'a été, dès 1996, par Statoil. Chaque année, un million de tonnes de CO₂ récupérées sur le gisement de Sleipner sont stockées à plus de 1000 m sous le fond de la mer du Nord. L'incitation économique pour déclencher cette opération a été donnée par la décision du gouvernement norvégien d'étendre la taxe de 40 € par tonne de CO₂ aux émissions des plateformes offshore.

Si toutes les conditions favorables sont réunies, le stockage géologique du carbone pourrait commencer à se diffuser commercialement d'ici une quinzaine d'années. Il faut pour cela que les programmes de recherche soient renforcés et si possible mieux coordonnés : c'est l'un des objectifs de la « Zero Emission Platform » mise en place par la Commission européenne. Il est également nécessaire de s'assurer de l'acceptabilité sociale de cette solution. Mais c'est la mise en place des bonnes incitations économiques qui risque d'être le facteur le plus déterminant.

Actuellement, le stockage géologique ne peut être comptabilisé comme une réduction d'émission, ni dans le cadre des mécanismes de projet du protocole de Kyoto, ni dans le système européen des quotas. Intégrer le stockage géologique dans les futurs mécanismes de la finance carbone en délivrant des crédits aux industriels qui la pratiqueront pourrait constituer un levier majeur pour la diffusion de cette innovation technologique. Mais pour être efficace, il faudrait que les industriels disposent d'une visibilité et d'un signal-prix allant bien au-delà des périodes de cinq ans qui bornent actuellement les marchés du CO₂.

**Alexia Leseur, tél. 01 58 50 41 30
alexia.leseur@caissedesdepots.fr**
**Benoît Leguet, tél. : 01 58 50 98 18
benoit.leguet@caissedesdepots.fr**

Captage et stockage du carbone



Source : GIEC, 2005

La Bulgarie dans l'Europe du climat

Au premier janvier 2007, la Bulgarie rejoindra l'Union européenne. Dans le domaine du climat, elle devra se conformer à la directive «quotas» en plafonnant ses émissions industrielles de CO₂.

Une longue transition

La Bulgarie est représentative des pays en transition qui ont dû engager une profonde réorganisation de leur appareil de production à la suite de l'éclatement de l'URSS. Entre 1990 et 1999, le PIB a reculé d'un quart du fait de la fermeture d'une grande partie de l'industrie lourde. Le redémarrage de la croissance en 2000 n'a pas été suffisant pour rattraper le niveau de richesse de 1990, ni même pour enrayer le recul de la population : le pays compte 10 % d'habitants de moins qu'en 1990.

En ce qui concerne les accords climatiques internationaux et européens, les engagements bulgares ne seront pas réellement contraignants d'ici 2012. Au titre du protocole de Kyoto, le pays doit limiter ses émissions de gaz à effet de serre à 122 millions de tonnes d'équivalent CO₂ par an entre 2008 et 2012, soit une réduction de 8 % par rapport aux 132 millions de tonnes émises en 1988. Or, à la suite de la fermeture des industries lourdes durant la décennie quatre-vingt-dix, les émissions ont été réduites de moitié pour avoisiner 67 Mt en 2004. Le pays va donc disposer d'un excédent de droits à émettre jusqu'en 2012, habituellement nommé « air chaud », ce qui lui permettra d'intégrer sans trop de difficulté le système européen d'échange de quotas de CO₂.

Cette intégration de la Bulgarie dans l'ETS s'effectuera au premier janvier 2007. Coïncidence, les émissions d'origine industrielle devraient fortement augmenter à cette date du fait de la fermeture, exigée par la Commission européenne pour des raisons

de sécurité, des quatre unités de la centrale nucléaire de Kozloduy qui fournissaient 12 % de la production électrique nationale. La grande majorité du report de production s'effectuera sur des centrales thermiques fortement émettrices, ce qui devrait provoquer un accroissement de plus de 6 % des rejets nationaux de gaz à effet de serre.

De la bonne utilisation des mécanismes de flexibilité

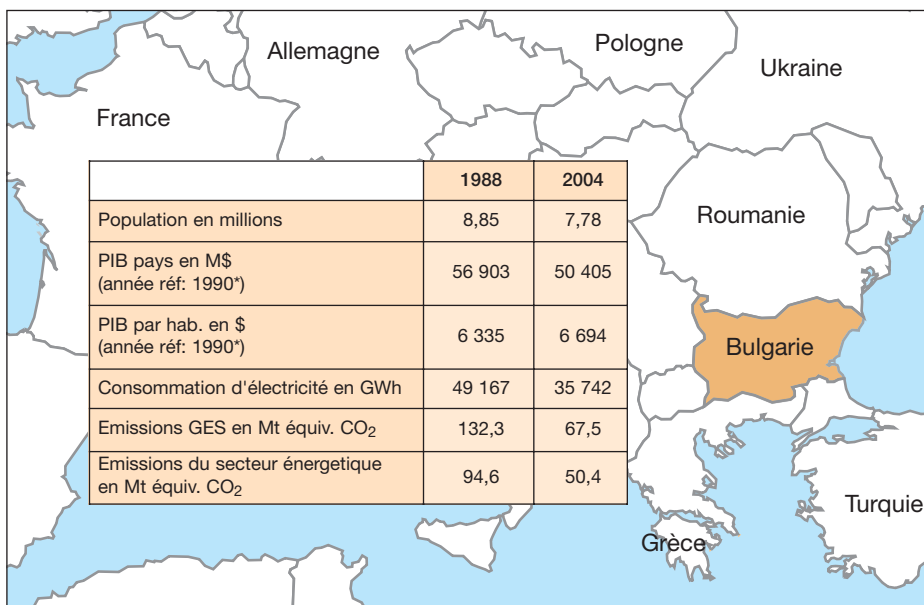
Le plan national d'allocation des quotas qui couvre 2007 puis la période 2008-2012 repose sur l'hypothèse d'une croissance économique moyenne de l'ordre de 5,5 % et intègre le changement intervenu dans la production électrique avec la sortie du nucléaire. Les quotas alloués pour l'année 2007 devraient couvrir l'intégralité des émissions attendues. Pour la phase II de l'ETS, les pouvoirs publics prévoient un

accroissement de 13 % du nombre moyen de quotas annuels par rapport à 2007. Ceci correspondrait à un effort de l'ordre de 2% pour les installations sous quotas par rapport à un scénario de base. Cet objectif pourra être atteint soit par des efforts de rationalisations énergétiques, soit par des achats sur le marché. Compte tenu des possibilités d'amélioration d'efficacité énergétique à faible coût, il est probable que les installations bulgares seront vendeuses nettes de quotas sur la période.

Le montant des quotas alloués aux industriels n'amputera que faiblement le stock d'« air chaud », qui devrait dépasser 150 Mt entre 2008 et 2012. Cet « air chaud » pourra soit être conservé pour la période post-2012, soit être vendu sur le marché international, soit être utilisé pour financer des projets réducteurs d'émission au titre de la mise en oeuvre conjointe (MOC) sur le territoire bulgare. Les autorités bulgares se sont engagées dans cette dernière voie avec l'enregistrement effectif de 17 projets MOC en septembre 2006 qui devraient permettre de réduire de 15 Mt les émissions entre 2008 et 2012. C'est une façon écologiquement et économiquement responsable d'utiliser une partie de la rente que constitue pour le pays son matelas d'« air chaud ».

Dimitar Nikov, tél. : 01 58 50 41 30
dimitar.nikov-e@caissedesdepots.fr

La situation de la Bulgarie



Source : Mission Climat d'après INED, GGDC, National Inventory Report 2004
* corrigé par les parités de pouvoir d'achat