Vers une économie à faible teneur en carbone

Mars 2009

McKinsey&Company

Fondé aux États-Unis en 1926 et établi en France depuis plus de quarante ans, McKinsey & Company est aujourd'hui implanté dans une cinquantaine de pays et compte plus de 8 000 consultants, dont environ 300 en France. Leader mondial du conseil de directions générales, le cabinet accompagne des entreprises de premier plan appartenant à tous les grands secteurs de l'économie, ainsi que des organismes publics et des institutions à but non lucratif. Ses principaux domaines d'intervention portent sur trois grands types de problématiques : la stratégie, l'organisation et l'efficacité opérationnelle.

Réduire les émissions de gaz à effet de serre sans entraver la croissance économique est un défi considérable. À l'heure actuelle, gouvernants, dirigeants d'entreprises, responsables d'ONG et universitaires débattent activement des moyens d'y parvenir.

C'est pour mettre à leur disposition un "langage commun" que McKinsey mène depuis plus de deux ans des recherches dans le cadre de son initiative "*Changement climatique*". Issue de ces analyses, la "courbe des leviers de réduction des gaz à effet de serre" offre en effet une vision aussi complète que possible des diverses actions potentielles et permet une comparaison factuelle de leur efficacité et de leur coût. Elle a également le mérite d'éclairer sous un jour nouveau la hiérarchie des priorités d'action, en montrant par exemple le potentiel de réduction des émissions lié au changement des pratiques agricoles.

Cette courbe représente un effort sans précédent, en analysant quelque deux cents leviers d'action dans dix secteurs de l'économie et à travers vingt-et-une régions du globe. Elle constitue de fait un outil de pilotage unique pour les décideurs attachés à mettre le monde sur la voie d'une économie à faible teneur en carbone.

Les enseignements de cette étude mettent en lumière la nécessité d'une action menée avec vigueur. S'il apparaît encore possible, en l'état actuel des connaissances scientifiques et techniques, de diminuer suffisamment les émissions de gaz à effet de serre pour limiter les effets du changement climatique, la marge de manœuvre s'avère relativement étroite : agir sur tous les leviers, dans toutes les zones géographiques et sans délai, semble indispensable si l'on veut atteindre les objectifs de réduction que s'est donné la communauté internationale.

L'ampleur des efforts à accomplir ne doit pas décourager l'action, car au-delà de la préservation de l'environnement, il convient également de souligner les opportunités d'une nouvelle économie à faible teneur en carbone : aussi bien la réduction des coûts énergétiques que les nouveaux produits et les nouveaux marchés de cette économie "verte" offrent des potentialités certaines. À l'heure où, plus que jamais, États et entreprises sont confrontés à la nécessité de trouver de nouvelles sources d'efficacité et de croissance, ces axes de réflexion paraissent incontournables.

Eric Labaye
Directeur général
McKinsey & Company, France

La brochure "*Vers une économie à faible teneur en carbone*" synthétise les principales conclusions de l'étude "*Pathways to a Low-Carbon Economy – Version 2 of the Global Greenhouse Gas Abatment Cost Curve*" publiée en janvier 2009 par McKinsey & Company. L'intégralité du rapport peut être téléchargée en version anglaise à l'adresse **www.mckinsey.com/globalGHGcostcurve**.

Nous remercions vivement les entreprises et ONG qui ont apporté leur soutien intellectuel et financier à ce projet de recherche : Carbon Trust, ClimateWorks, Enel, Entergy, Holcim, Honeywell, Shell, Vattenfall, Volvo et le WWF. Notre gratitude va aussi aux nombreux chercheurs et universitaires qui ont contribué à cette étude par leurs conseils et avis.

Sommaire

07 Contenir le réchauffement mondial en deçà de 2°C semble encore possible

08 Concrétiser pleinement le potentiel de réduction : un défi majeur

09 Trois grandes catégories d'opportunités de réduction, plus une quatrième complémentaire

12 Tous les secteurs et toutes les régions devront concrétiser intégralement leur potentiel de réduction

13 Différer la mise en œuvre de dix ans rendrait inatteignable l'objectif des 2°C

15 Les futures économies d'énergie pourraient compenser en majeure partie les investissements nécessaires

16 Globalement, si le financement apparaît gérable, certains secteurs seront confrontés à de sérieux défis

18 Quatre axes réglementaires seront déterminants pour parvenir à une réduction à moindre coût des émissions

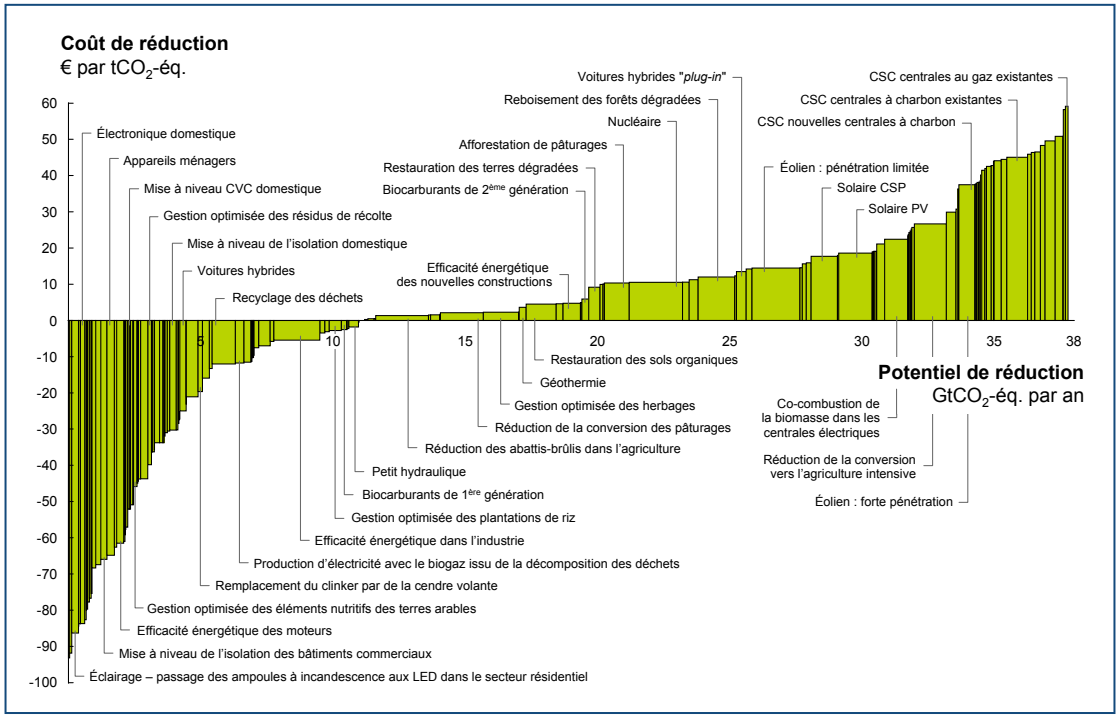
Les dirigeants de nombreux pays négocient en ce moment les objectifs internationaux de réduction des gaz à effet de serre (GES) qui permettraient d'atténuer les effets négatifs du changement climatique sur l'environnement, la société et l'économie. Dans ce cadre, nombre de scientifiques et de responsables politiques estiment qu'il est vital de contenir la hausse des températures moyennes mondiales en dessous de 2°C par rapport aux moyennes de l'ère préindustrielle. Ce chiffre est perçu comme un seuil au-delà duquel les conséquences du changement climatique deviendraient très lourdes.

Face à cet impératif, la courbe des leviers de réduction des gaz à effet de serre élaborée par McKinsey & Company fournit une base factuelle pour faciliter les discussions sur les actions à mettre en œuvre afin de réduire les émissions de GES. Elle cartographie les opportunités de réduction à travers l'ensemble des secteurs économiques et des régions du monde et détaille, pour chacune d'elles, leur potentiel de réduction et leur coût (Figure 1). Cette étude n'a pas vocation à prendre position dans le débat scientifique ou politique, mais elle ambitionne d'offrir un outil de pilotage cohérent sur les mesures potentielles permettant de réduire les émissions de GES au niveau mondial, et les coûts et investissements qu'elles engendreraient.

Notre étude montre qu'il existe bel et bien un potentiel pour réduire, d'ici à 2030, les émissions de GES de 35 % par rapport à leur niveau de 1990, et de 70 % par rapport au niveau que nous atteindrions en 2030 dans un scénario "*business-as-usual*", c'est-à-dire celui que l'on obtient en prolongeant l'évolution des niveaux d'émission actuels.

Figure 1

Courbe des leviers de réduction des GES, potentiel mondial à horizon 2030



Comment lire la courbe des leviers de réduction des gaz à effet de serre (GES) ?

La courbe des leviers de réduction des gaz à effet de serre mise au point par McKinsey inventorie l'ensemble des leviers potentiels permettant de réduire les émissions de GES au niveau mondial.

Elle prend en considération uniquement les leviers :

- "techniques", c'est-à-dire qui n'impliquent pas de modification sensible du confort ou du mode de vie actuel des consommateurs ;
- dont le coût de mise en œuvre est limité au maximum à 60 euros par tCO_2-éq. d'émissions de GES évitées à horizon 2030 ;
- réalisables avec des technologies disponibles aujourd'hui, ou qui deviendront disponibles avec un degré de certitude raisonnable à horizon 2030.

Chaque barre verticale représente un levier particulier, dont certains sont mentionnés à titre d'exemple.

Pour chacun de ces leviers de réduction des émissions de GES, nous avons estimé d'une part le potentiel de réduction, exprimé en $GtCO_2$-éq., et représenté par la largeur de chaque barre. Ce potentiel exprime des émissions de CO_2 évitées par rapport au scénario "*business-as-usual*", c'est-à-dire au niveau d'émission qui serait atteint à l'horizon de temps considéré si aucune action de réduction n'était menée au-delà des améliorations réalisées au rythme actuel. Soulignons qu'il s'agit d'un potentiel, et non d'une prévision.

Nous avons chiffré d'autre part le coût de chacune de ces mesures, exprimé en euros par tCO_2-éq. évitée, et représenté par la hauteur de chaque barre. Tous les coûts sont évalués en euros en valeur réelle de 2005.

Le coût de certaines mesures apparaît "négatif" : c'est le cas notamment pour nombre de mesures liées à l'amélioration de l'efficacité énergétique. En effet, ces dernières "rapportent de l'argent", car les investissements initiaux sont plus que compensés par les économies d'énergie qu'elles permettent sur la période de temps considérée pour l'analyse.

La courbe se lit de gauche à droite, et représente les opportunités de réduction classées depuis celle au coût le plus faible jusqu'à celle au coût le plus élevé. Le but de cette étude est de cartographier l'ensemble des opportunités de réduction des émissions de GES à l'échelle mondiale avec une méthodologie cohérente et uniforme, plutôt que d'étudier individuellement chaque opportunité en détail.

De ce fait, cette courbe est utile avant tout pour comparer à l'échelle mondiale les effets et coûts des différentes mesures, pour jauger l'importance relative d'agir dans tel ou tel secteur et région, et pour évaluer le potentiel global de réduction des émissions de GES. Elle n'a pas pour objet d'élaborer des prévisions sur le développement de telle ou telle technologie. En revanche, elle s'avère un bon outil de simulation pour tester différents scénarios de mise en œuvre des mesures de réduction, en faisant varier des facteurs tels que les coûts énergétiques, les taux d'intérêts ou le rythme d'adoption des nouvelles technologies.

Le lecteur doit également conserver à l'esprit que le coût des mesures de réduction est considéré du point de vue "macrosocial", c'est-à-dire en excluant d'éventuelles taxes et subventions, et avec un coût de financement au taux des obligations d'État. L'intérêt d'une telle méthodologie est de permettre des comparaisons cohérentes du potentiel de réduction et du coût des différentes mesures, à la fois entre elles, mais aussi d'un secteur économique ou d'une zone géographique à l'autre. Mais cela signifie également que les coûts indiqués ne sont pas ceux supportés par l'entreprise ou le consommateur, car ces agents économiques prennent eux en compte impôts et subventions, et par ailleurs ne bénéficient pas des mêmes taux d'intérêt. Dès lors, cette courbe ne saurait être utilisée pour déterminer les paramètres microéconomiques d'un investissement, ni prévoir les prix du CO_2.

Avec une telle réduction des émissions, les chances de maintenir le réchauffement climatique sous le seuil des 2°C resteraient élevées, selon le Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat[1] (*Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC*).

Mais si la voie existe, elle apparaît néanmoins étroite. Il faudrait que tous les secteurs économiques et toutes les régions du monde concrétisent presque intégralement leur potentiel de réduction des émissions. Autrement dit, la mise en œuvre partielle des leviers, limitée à certains secteurs ou certaines zones géographiques, serait insuffisante. Qui plus est, il est capital d'agir sans délai. Un retard de dix ans rendrait pratiquement impossible le maintien du réchauffement mondial en deçà des 2°C.

Quel serait le coût de la mise en œuvre de l'ensemble des leviers de réduction des émissions de GES ? Dans l'hypothèse optimiste d'une mise en œuvre économiquement rationnelle, le coût total mondial s'établirait dans une fourchette de 200 à 350 milliards d'euros par an d'ici à 2030. Un tel coût représente moins de 1 % du PIB mondial estimé en 2030 (notons toutefois que de tels efforts auraient des effets rétroactifs sur le PIB mondial, dépendant entre autres de leur financement, ce qui rend très complexe une estimation précise de l'incidence sur le PIB *in fine*).

Du point de vue du financement, l'investissement initial pour l'ensemble des mesures s'élèverait à 530 milliards d'euros par an en 2020, et à 810 milliards d'euros par an en 2030. Il s'agit là d'investissements incrémentaux, venant s'ajouter aux investissements prévus dans le scénario "*business-as-usual*". Leur montant est équivalant à 5-6 % des investissements en infrastructures réalisés chaque année – un montant mesuré si on le rapporte aux capacités de financement à long terme des marchés financiers mondiaux (et sous réserve que l'actuelle crise du crédit n'ait pas de conséquences sensibles à cet horizon de temps).

La différence importante entre le montant des investissements et les coûts s'explique par le fait que de nombreuses opportunités de réduction des émissions permettent des économies d'énergie, compensant à terme les investissements initiaux.

[1] La principale source scientifique de notre étude pour les questions de climatologie est *Climate Change 2007, Fourth IPCC Assessment Report*, publié par le Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat. Nous remercions également les scientifiques Michel den Elzen, Detlef van Vuuren et Malte Meinshausen pour leurs contributions.

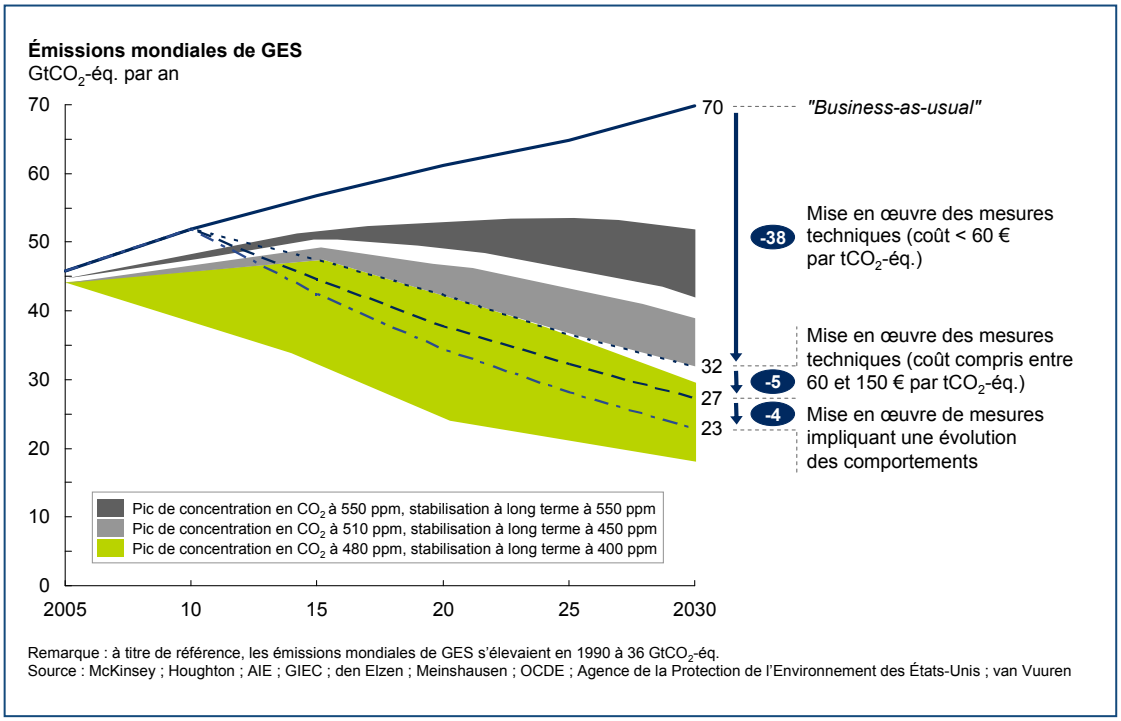
Contenir le réchauffement mondial en deçà de 2°C semble encore possible

Cette étude traite principalement des mesures techniques de réduction des émissions dont le coût serait inférieur à 60 euros par tonne d'équivalent CO_2 (tCO_2-éq.) évitée. Les opportunités de réduction liées à chaque levier d'action potentiel sont présentées dans notre "courbe des leviers de réduction des GES" (voir encadré "Comment lire la courbe des leviers de réduction des GES ?"). Nous qualifions ici de mesures techniques celles qui permettraient de réduire les émissions de GES sans répercussions sensibles sur le confort ou le style de vie des consommateurs, par opposition à des mesures qui impliqueraient une évolution des comportements ou qui remettraient en cause la progression du niveau de vie moyen à l'échelle mondiale.

La courbe des coûts de réduction construite sur cette base permet d'identifier un potentiel de réduction des émissions de 38 $GtCO_2$-éq. à horizon 2030. Ce potentiel est à mettre en regard d'un volume d'émissions de 70 GtCO2-éq. dans le scénario "*business-as-usual*" (Figure 2). Théoriquement, si l'on concrétisait intégralement le potentiel de réduction des émissions dans tous les secteurs et toutes les régions, et ce en commençant à mettre en œuvre les mesures techniques dès 2010, les émissions en 2030 seraient donc inférieures de 35 à 40 % à celles de 1990, année de référence du Protocole de Kyoto.

Figure 2

Trajectoires potentielles d'évolution des émissions de GES et des taux de concentration de CO_2 dans l'atmosphère



Remarque : à titre de référence, les émissions mondiales de GES s'élevaient en 1990 à 36 $GtCO_2$-éq.
Source : McKinsey ; Houghton ; AIE ; GIEC ; den Elzen ; Meinshausen ; OCDE ; Agence de la Protection de l'Environnement des États-Unis ; van Vuuren

Une réduction des émissions de cette ampleur correspondrait à une diminution de 65 à 70 % par rapport aux prévisions d'émissions en 2030 dans le cadre d'un scénario "*business-as-usual*"[2]. Une telle trajectoire de réduction des émissions aboutirait à un pic de concentration atmosphérique des GES autour de 480 parties par million (ppm), puis à un abaissement progressif de cette concentration. Selon les analyses du GIEC, cette trajectoire permettrait probablement de limiter l'augmentation de la température moyenne mondiale légèrement sous les 2°C.

Au-delà des mesures techniques au coût inférieur à 60 euros par tCO_2-éq., nous avons aussi estimé, en première approche, le potentiel de réduction de mesures techniques plus coûteuses (dont le coût serait cette fois compris entre 60 et 100 euros par tCO_2-éq.) et celui de mesures impliquant des changements de comportement chez les consommateurs. La mise en œuvre de ces deux types de mesures offrirait un potentiel de réduction supplémentaire, estimé au total à 9 $GtCO_2$-éq., mais elle présente un degré élevé d'incertitude. Ainsi, les mesures techniques dont le coût est supérieur à 60 euros par tCO_2-éq. concernent pour la plupart des technologies à un stade précoce de développement, et dont il est aujourd'hui difficile d'anticiper l'évolution et le rythme d'adoption. Quant aux mesures impliquant des changements de comportement chez les consommateurs, leur mise en œuvre dépend d'un grand nombre de facteurs, notamment politiques et sociaux, par nature délicats à modéliser. Nous n'avons finalement pas retenu ces deux types de mesures pour notre analyse détaillée.

Concrétiser pleinement le potentiel de réduction : un défi majeur

Disposer du *potentiel* pour réduire considérablement les émissions de GES est une chose ; c'en est une autre d'aboutir à ce que les responsables politiques tombent d'accord sur des mesures de réduction efficaces, et que les entreprises, les consommateurs et le secteur public agissent pour mettre en œuvre ces mesures. En réalité, concrétiser l'ensemble des opportunités de réduction des émissions implique un changement de très grande échelle. Par exemple, dans le domaine des transports, 42 millions de véhicules hybrides (y compris ceux de type "*plug-in*", rechargeables sur une simple prise de courant domestique) devraient être vendus d'ici à 2030. Ceci représente 40 % des ventes de voitures neuves dans les 20 ans à venir. Autre exemple, il serait nécessaire d'éviter la déforestation de 170 millions d'hectares d'ici à 2030 – approximativement la superficie de la Libye – et de planter de nouvelles forêts sur 330 millions d'hectares de terres aujourd'hui en friche, ce qui équivaudrait à reboiser une surface comparable à celle de l'Inde. Dans le secteur de l'énergie enfin, la part des technologies à faibles émissions de carbone, comme les énergies renouvelables, le nucléaire ainsi que le captage et le stockage du carbone, devrait représenter 70 % de la production d'électricité mondiale en 2030, contre 30 % en 2005.

L'analyse approfondie de chaque opportunité de réduction révèle des défis liés à sa mise en œuvre. Il est donc manifeste que la mise en œuvre de *toutes* les opportunités présentées sur la courbe des

[2] Pour élaborer un scénario "*business-as-usual*" aussi complet que possible, nous avons combiné les projections du rapport *World Energy Outlook 2007* de l'Agence Internationale de l'Energie (AIE) sur les émissions de CO_2 liées à la consommation d'énergie, les projections de Houghton sur les émissions de CO_2 liées à l'utilisation et au changement d'affectation des terres, et les projections de l'Agence de Protection de l'Environnement des États-Unis sur les gaz à effet de serre autres que le CO_2.

leviers de réduction des GES, de manière concertée, au niveau mondial, et sans délai, représente un effort colossal.

Une manière d'illustrer l'ampleur des défis à relever consiste à raisonner en termes de productivité du carbone, c'est-à-dire de PIB produit par unité de CO_2 émise. D'une part, au cours de la période 2005 – 2030, il faudrait que les émissions baissent de 35 à 50 % pour que l'augmentation de la température moyenne mondiale soit contenue sous le seuil des 2°C. D'autre part, en prenant pour hypothèse une croissance annuelle de 3 % en moyenne, le PIB de l'économie mondiale pourrait doubler pendant la même période. La combinaison de ces deux dynamiques implique de quadrupler environ la productivité du carbone au niveau mondial, c'est-à-dire d'accroître les gains de productivité du carbone de 5 à 6 % par an, quand le scénario "*business-as-usual*" prévoit 1,2 % par an. Un tel saut de productivité est comparable à l'accroissement de la productivité du travail réalisé lors de la révolution industrielle… à la différence près que la "révolution carbone" devra, elle, se dérouler à un rythme beaucoup plus rapide.

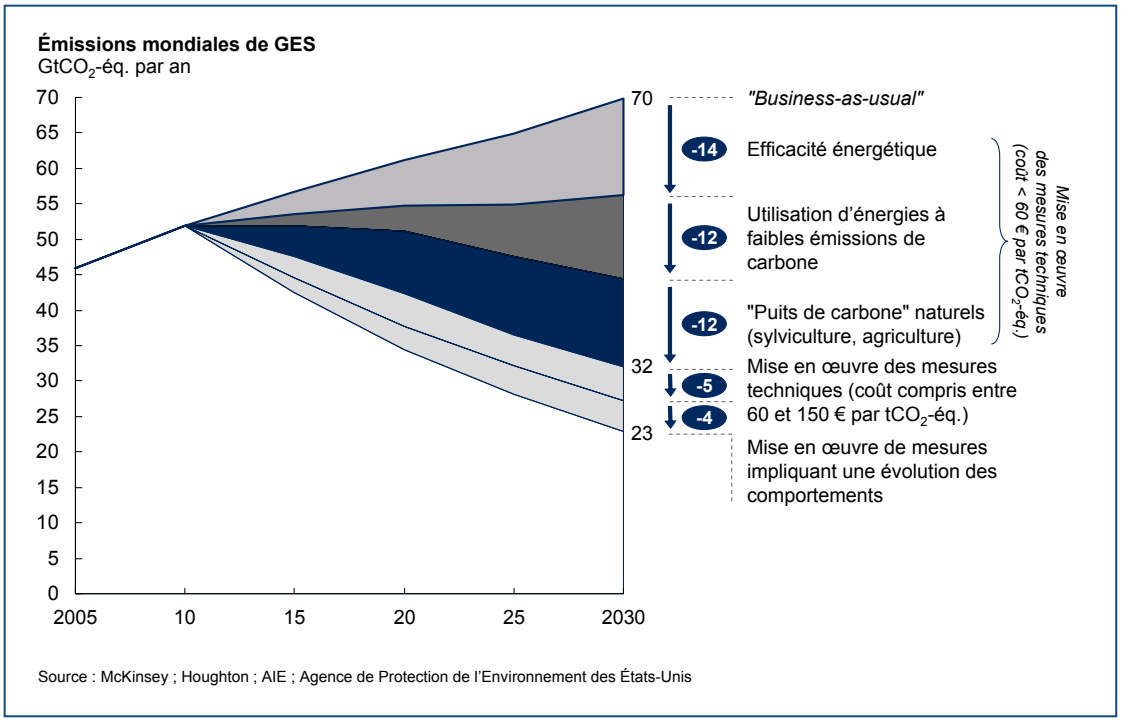
Trois grandes catégories d'opportunités de réduction, plus une quatrième complémentaire

Les mesures identifiées pour réduire les émissions de GES peuvent être regroupées en trois grandes catégories : l'efficacité énergétique, la production d'énergie à faibles émissions de carbone et les "puits de carbone" naturels (sylviculture et agriculture).

Une quatrième catégorie regroupe des mesures impliquant des évolutions de comportement. Les trois premières, qui sont l'objet central de notre étude, offrent un potentiel total de réduction de 38 $GtCO_2$-éq. par an à horizon 2030 (Figure 3).

Figure 3

Principales catégories d'opportunités de réduction



Source : McKinsey ; Houghton ; AIE ; Agence de Protection de l'Environnement des États-Unis

L'efficacité énergétique : des opportunités de 14 $GtCO_2$-éq. par an en 2030. Il existe un grand nombre d'opportunités pour améliorer l'efficacité énergétique des véhicules, des bâtiments et des équipements industriels. Des moteurs automobiles consommant moins de carburant, une meilleure isolation des bâtiments ou l'optimisation du rendement énergétique des processus de fabrication n'en sont que quelques illustrations. L'augmentation de la consommation d'énergie au niveau mondial pourrait être substantiellement ralentie. Ainsi par exemple, si toutes les opportunités liées à l'efficacité énergétique identifiées dans l'étude étaient exploitées, la croissance moyenne de la demande mondiale en électricité entre 2005 et 2030 passerait de 2,7 % par an dans le scénario "*business-as-usual*" à 1,5 % par an.

L'utilisation d'énergies à faibles émissions de carbone : des opportunités de 12 $GtCO_2$-éq. par an en 2030. De nombreuses solutions permettent de substituer aux carburants fossiles d'autres sources d'énergie à faibles émissions de carbone, comme par exemple l'éolien, le nucléaire et l'énergie hydraulique. Par ailleurs, l'installation de dispositifs de capture et de stockage du carbone (CSC) dans les centrales utilisant des carburants fossiles, et le recours aux biocarburants dans les transports, sont d'autres moyens de réduire substantiellement les émissions de GES. Si l'intégralité de ces alternatives à faibles émissions était mise en œuvre, elle pourrait contribuer à l'offre mondiale d'électricité à hauteur de 70 % en 2030 contre 30 % en 2005[3], et les biocarburants pourraient représenter 25 % des carburants utilisés dans les transports en 2030. Ceci redessinerait profondément le paysage de l'offre énergétique mondiale.

Les "puits de carbone" naturels (sylviculture et agriculture) : des opportunités de 12 $GtCO_2$-éq. par an en 2030. Les forêts et les sols constituent des puits de carbone naturels. Ce phénomène de séquestration pourrait être accru par l'arrêt de la déforestation tropicale en cours, par le reboisement de terres en friche, ainsi que par le stockage d'un plus grand volume de CO_2 dans les sols grâce à des changements de pratiques agricoles. Ceci se traduirait par des émissions nettes négatives par ces secteurs pendant la période considérée (la quantité de carbone stockée serait alors supérieure à celle rejetée). Il s'agit là d'une opportunité majeure de réduction des émissions, par rapport au scénario "*business-as-usual*" qui prévoit notamment la poursuite de la déforestation. Cependant, concrétiser ce potentiel sera un réel défi. Plus de 90 % des opportunités sont localisées dans les pays en voie de développement ; elles sont étroitement liées à la situation économique et sociale des régions concernées ; enfin, elles n'ont jamais été appliquées à grande échelle jusqu'à présent. Notre estimation sur leur faisabilité et leur coût

[3] En tenant compte des énergies renouvelables (éolien, solaire, hydraulique, biomasse, géothermie, énergie marémotrice), du nucléaire et de la production des centrales à carburants fossiles équipées de dispositifs de CSC.

est donc sujette à un degré non négligeable d'incertitude. Notons enfin que les opportunités de réduction des émissions grâce aux puits de carbone naturels sont temporaires par nature. En effet, les puits naturels seraient saturés entre 2030 et 2050 car à l'issue de cette période peu de terres en friches supplémentaires seraient encore disponibles pour la reforestation.

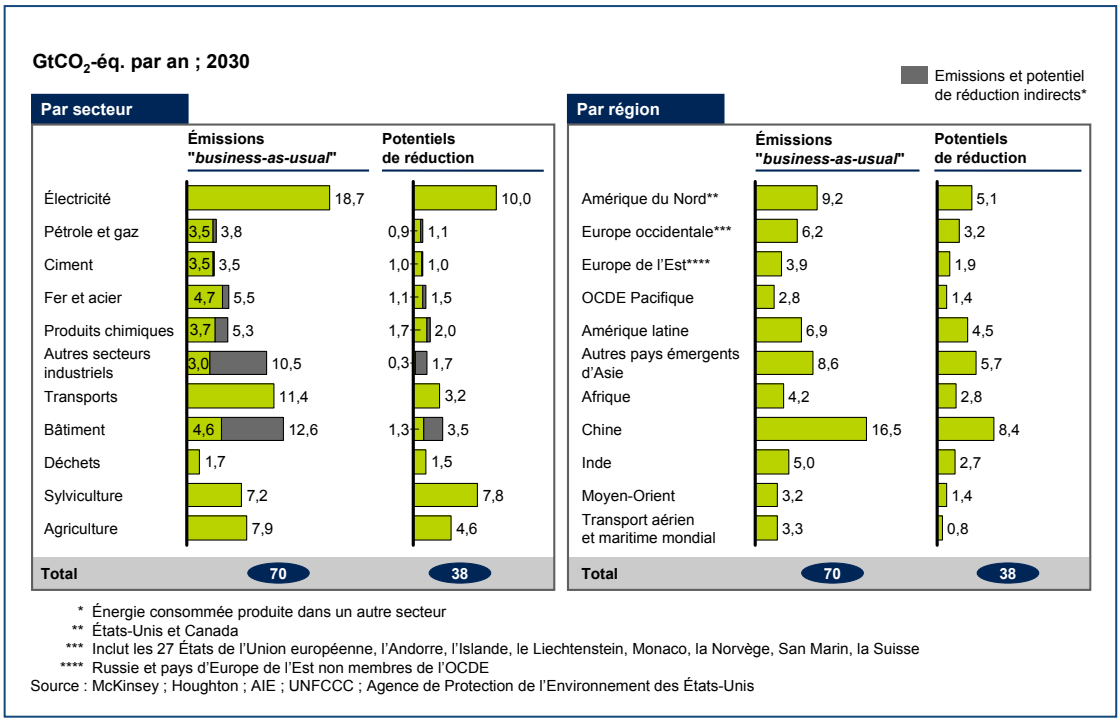
Les opportunités de réduction des émissions de ces trois catégories sont réparties entre de nombreux secteurs économiques : environ 29 % dans le secteur de l'énergie (électricité, pétrole et gaz), 16 % dans le secteur industriel, 22 % dans des secteurs en lien avec les consommateurs (transports, bâtiment, déchets) et les 33 % restants dans les secteurs liés à l'utilisation de la terre (sylviculture et agriculture).

Environ 30 % des opportunités sont localisées dans les pays développés et 70 % dans les pays en voie de développement (Figure 4). L'importance du potentiel de réduction dans les régions en voie de développement s'explique essentiellement par les opportunités massives dans la sylviculture et l'agriculture.

Au-delà des mesures techniques dont le coût est inférieur à 60 euros par tCO_2-éq., il existe un potentiel supplémentaire offert par des mesures dont le coût oscillerait entre 60 et 150 euros par tCO_2-éq., et que nous estimons entre 3 et 6 $GtCO_2$-éq. Ces opportunités plus coûteuses sont présentes dans les trois catégories. Citons par exemple le remplacement de centrales électriques à carburants fossiles encore relativement récentes, ou bien dans l'industrie lourde,

Figure 4

Émissions et potentiels de réduction par secteur et par région



* Énergie consommée produite dans un autre secteur
** États-Unis et Canada
*** Inclut les 27 États de l'Union européenne, l'Andorre, l'Islande, le Liechtenstein, Monaco, la Norvège, San Marin, la Suisse
**** Russie et pays d'Europe de l'Est non membres de l'OCDE
Source : McKinsey ; Houghton ; AIE ; UNFCCC ; Agence de Protection de l'Environnement des États-Unis

des mesures d'efficacité énergétique complémentaires, plus onéreuses. Une fois encore, ces opportunités ne sont pas l'objet central de l'analyse, car entourées d'un degré plus élevé d'incertitude sur leur coût et leur potentiel.

La quatrième catégorie d'opportunités de réduction, qualifiée de "complémentaire", est l'évolution des comportements. Cette catégorie pourrait représenter dans un scénario optimiste environ 3,5 à 5 $GtCO_2$-éq. par an en 2030. Les leviers d'action envisageables seraient par exemple la réduction des voyages d'affaires et d'agrément, la substitution du transport ferroviaire au transport routier, l'acceptation d'écarts de température plus importants (avec un moindre recours au chauffage et à la climatisation), la diminution de l'usage d'appareils ménagers ou la réduction de la consommation de viande. Il est éminemment difficile de changer rapidement les comportements, et les réductions éventuelles dépendraient fortement de la nature et de la portée des incitations décidées au plan politique.

Tous les secteurs et toutes les régions devront concrétiser intégralement leur potentiel de réduction

La fragmentation des opportunités entre les régions et les secteurs témoigne de l'importance d'une action transectorielle et internationale pour réduire les émissions, indépendamment de la question de l'identité des payeurs. La réduction de 38 $GtCO_2$-éq. mise en évidence par notre

Figure 5

Différents scénarios de mise en œuvre pour la période 2010-2030

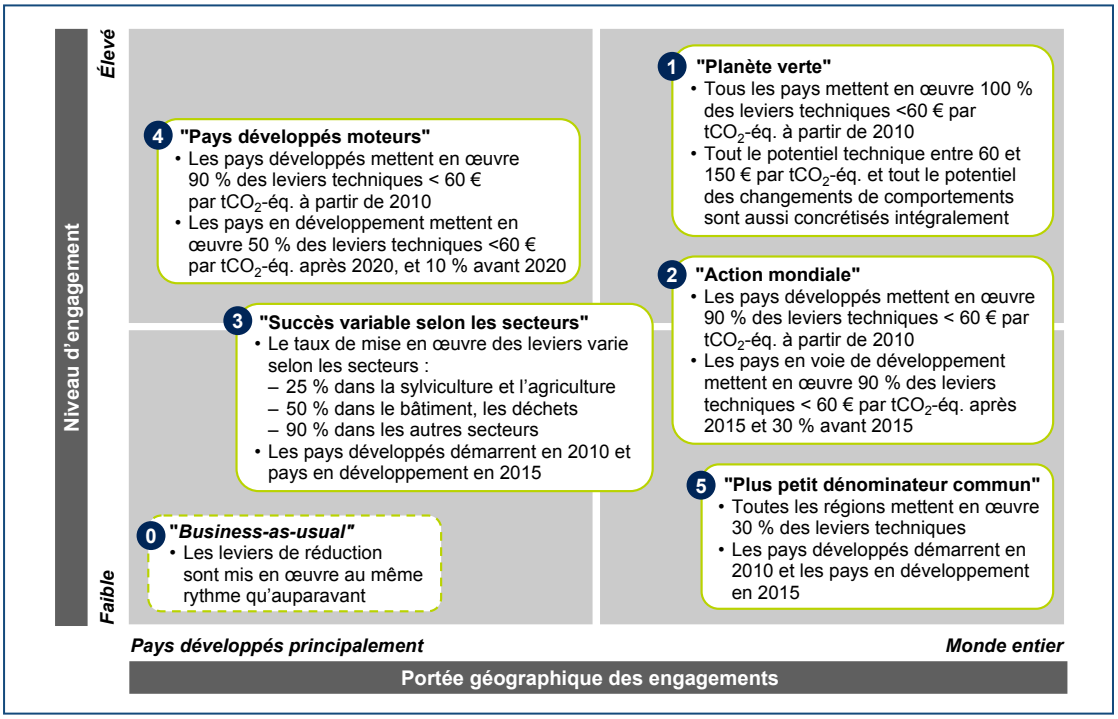
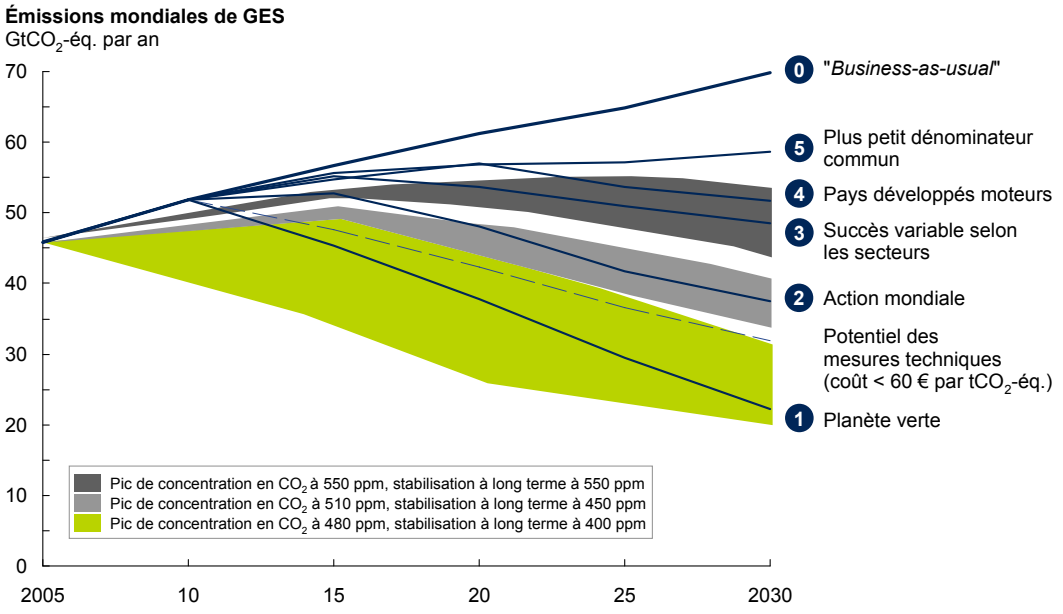


Figure 6

Effets des différents scénarios sur les trajectoires d'évolution des émissions de GES



Source : McKinsey ; Houghton ; AIE ; GIEC ; den Elzen ; Meinshausen ; OCDE ; Agence de Protection de l'Environnement des États-Unis ; van Vuuren

courbe des leviers de réduction des GES à horizon 2030 est une estimation potentielle maximale, qui suppose la mise en place efficace de tous les leviers, avec un démarrage dès 2010. L'un des apports de l'étude est de permettre la modélisation d'éventuels retards dans la mise en œuvre des actions politiques, ou de variations dans les niveaux d'ambition et de réussite des actions menées. Nous avons ainsi élaboré cinq scénarios qui montrent qu'en cas de défaillances significatives dans une région ou un secteur important, celles-ci ne pourront être que partiellement compensées par les mesures prises dans d'autres secteurs ou d'autres régions – même à un coût plus élevé (Figure 5).

On s'aperçoit que seuls les scénarios "*Planète verte*" et "*Action mondiale*", qui tous deux impliquent un engagement déterminé en faveur de la réduction des GES à travers tous les secteurs et toutes les régions, offriraient de bonnes chances de contenir le réchauffement mondial en deçà de 2°C (Figure 6). Les autres scénarios, qui se traduiraient par une stabilisation des concentrations de CO_2 autour de 550 ppm ou plus, n'assureraient qu'une probabilité de 15 à 30 % de maintenir le réchauffement en dessous de 2°C, selon les données climatologiques externes auxquelles nous nous sommes référés.

Différer la mise en œuvre de dix ans rendrait inatteignable l'objectif des 2°C.

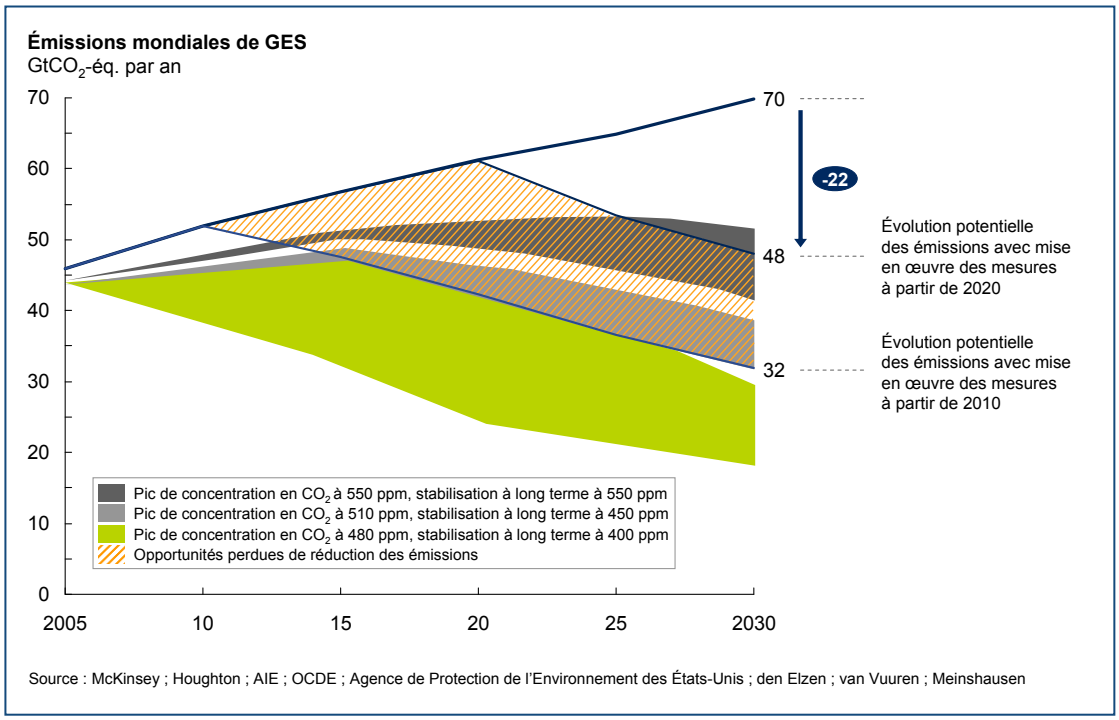
Si les responsables politiques se fixent réellement pour objectif de stabiliser le réchauffement climatique en deçà de

2°C, alors le temps est un facteur crucial. Notre modèle montre en effet que si la mise en œuvre des mesures de réduction des émissions à l'échelle mondiale démarrait en 2020 au lieu de 2010, il serait difficile d'atteindre ne serait-ce qu'une stabilisation des concentrations à 550 ppm – et ce même si des mesures techniques plus onéreuses et des comportements différents étaient adoptés par la suite (Figure 7).

En premier lieu – et c'est aussi la constatation la plus évidente – le délai signifierait que les émissions continueraient à augmenter au lieu de décroître, conformément au scénario "*business-as-usual*". Mais surtout, la construction entre 2010 et 2020 d'infrastructures fortement émettrices de carbone dans le bâtiment, l'électricité, l'industrie et les transports, nous enfermerait dans une "économie fortement émettrice en carbone" et une consommation plus dispendieuse d'énergie pour les décennies à venir. De fait, la durée de vie effective des infrastructures dans ces différents secteurs est en moyenne de 14 ans. Si l'on différait la mise en œuvre d'un an, on estime que le potentiel de réduction perdu au cours de cette seule année serait de 1,8 $GtCO_2$-éq. De plus, captif de ces infrastructures fortement émettrices de GES, le monde génèrerait inévitablement des émissions cumulées de 25 $GtCO_2$-éq. au cours des 14 années de vie de ces infrastructures. Rapporté sur le plan de la concentration atmosphérique en CO_2, l'effet serait un pic de concentration de CO_2-éq. supérieur de 5 ppm par année de retard.

Figure 7

Conséquences d'un délai de 10 ans avant le début de la mise en œuvre des actions de réduction des émissions de GES



Source : McKinsey ; Houghton ; AIE ; OCDE ; Agence de Protection de l'Environnement des États-Unis ; den Elzen ; van Vuuren ; Meinshausen

Les futures économies d'énergie pourraient compenser en majeure partie les investissements nécessaires

Mettre en œuvre intégralement toutes les mesures figurant sur la courbe de coûts, en appliquant un principe de stricte rationalité économique[4], entraînerait un coût moyen théorique de 4 euros par tCO_2-éq. en 2030. À raison de 38 $GtCO_2$-éq. de potentiel de réduction d'émissions, le coût total pour concrétiser l'ensemble des mesures identifiées serait d'environ 150 milliards d'euros.

À ces coûts directs s'ajoutent les coûts de transaction estimés entre 1 et 5 euros par tonne de réduction de CO_2-éq., soit 40 à 200 milliards d'euros pour les 38 $GtCO_2$-éq. de potentiel de potentiel de réduction d'émissions. Les coûts de transaction ne sont pas intégrés dans notre courbe parce qu'ils varient fortement par région, par secteur et dans le temps, et qu'il est donc impossible de les prévoir.

En ajoutant coûts directs et coûts de transactions, le coût total mondial s'établirait dans une fourchette de 200 à 350 milliards d'euros par an en 2030. Deux précautions entourent cette estimation : la première est liée à notre hypothèse selon laquelle les opportunités de réduction seraient exploitées de façon économiquement rationnelle (de la moins coûteuse à la plus onéreuse). Il s'agit là bien évidemment d'une simplification de la réalité économique et sociale. La seconde est qu'un programme de cette envergure aurait des effets dynamiques importants sur l'économie mondiale – effets qui pourraient contribuer à augmenter ou à diminuer les coûts, selon la manière dont les opportunités seraient mises en œuvre. Ces effets rétroactifs, extrêmement complexes à anticiper, n'ont pas été pris en considération dans l'analyse.

La plupart des opportunités de réduction supposent un certain investissement de départ pour rendre les infrastructures nouvelles ou existantes moins émettrices de carbone. C'est notamment le cas de toutes les mesures d'efficacité énergétique, et de nombre de mesures liées aux énergies renouvelables. Cet investissement pourrait être récupéré ensuite, partiellement ou en totalité, grâce à la réduction de la facture énergétique. Il existe un potentiel de réduction des émissions d'environ 11 $GtCO_2$-éq. par an à horizon 2030 pour lequel les économies d'énergie compenseraient les investissements initiaux. En d'autres termes, ces mesures de réduction des émissions génèreraient un avantage économique net pendant leur durée de vie, même sans mesure incitative supplémentaire.

Si de telles opportunités offrent une rentabilité positive, pourquoi les agents économiques – consommateurs et entreprises – n'ont-ils pas déjà exploité leur potentiel ? La réponse est à chercher du côté d'une série d'imperfections du marché, de type principal-agent, qui bloquent ou freinent les investissements nécessaires. Pour ne prendre qu'un exemple, il y a actuellement pour les promoteurs immobiliers peu d'incitations à renforcer l'isolation des nouveaux logements au-delà des normes techniques réglementaires, lorsque ce sont les propriétaires et non eux-mêmes qui bénéficient ensuite de factures d'énergie réduites.

[4] En mettant en œuvre les mesures par ordre de coût croissant.

Globalement, si le financement apparaît gérable, certains secteurs seront confrontés à de sérieux défis

Les investissements nécessaires pour mettre en œuvre toutes les mesures de la courbe des coûts s'élèveraient en 2020 à 530 milliards d'euros par an et à 810 milliards d'euros par an en 2030. Ils viennent s'ajouter aux investissements en infrastructures requis chaque année dans le scénario "*business-as-usual*", et représentent 5 à 6 % de ces derniers. Bien que cette question du financement apparaisse épineuse dans le contexte actuel de rareté du crédit, il semble assez improbable qu'elle puisse remettre en question les actions de réduction des émissions au niveau mondial à horizon 2030.

Cependant, une analyse plus fine des investissements requis met en évidence de possibles contraintes financières au niveau de certains secteurs ou de certaines régions en particulier. On observe en effet des phénomènes de concentration : ainsi, plus de 60 % des investissements supplémentaires requis se situent dans les secteurs des transports et du bâtiment, et près de 60 % des investissements totaux exigés concernent les pays en voie de développement. En termes de coûts, les véhicules ou les logements consommant respectivement moins de carburant et d'énergie sont en général avantageux, grâce aux économies d'énergie réalisées. En revanche, en termes d'investissement, les "tickets d'entrée" peuvent s'avérer élevés, et trouver des moyens efficaces de stimuler et financer les investissements initiaux se révèle problématique.

Lorsqu'on analyse l'intensité capitalistique[5] des opportunités de réduction, on s'aperçoit que les moins onéreuses ne sont pas toujours celles qui exigent l'investissement initial le plus faible (Figure 8).

Figure 8

Intensité capitalistique des mesures de réduction des émissions de GES

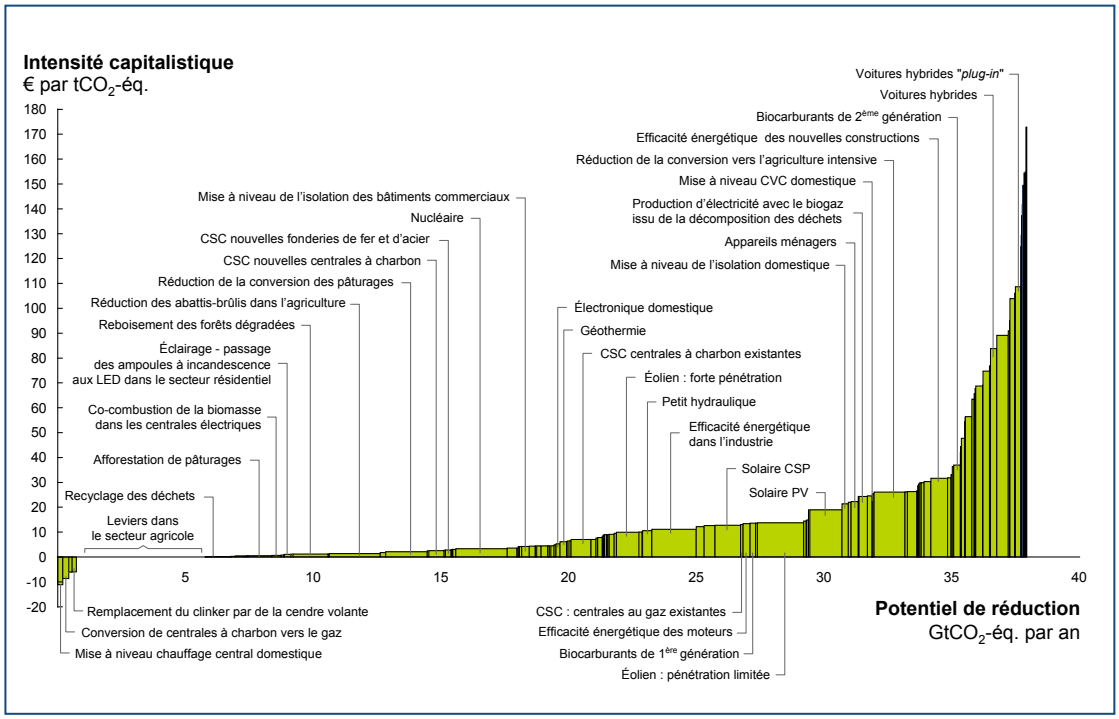
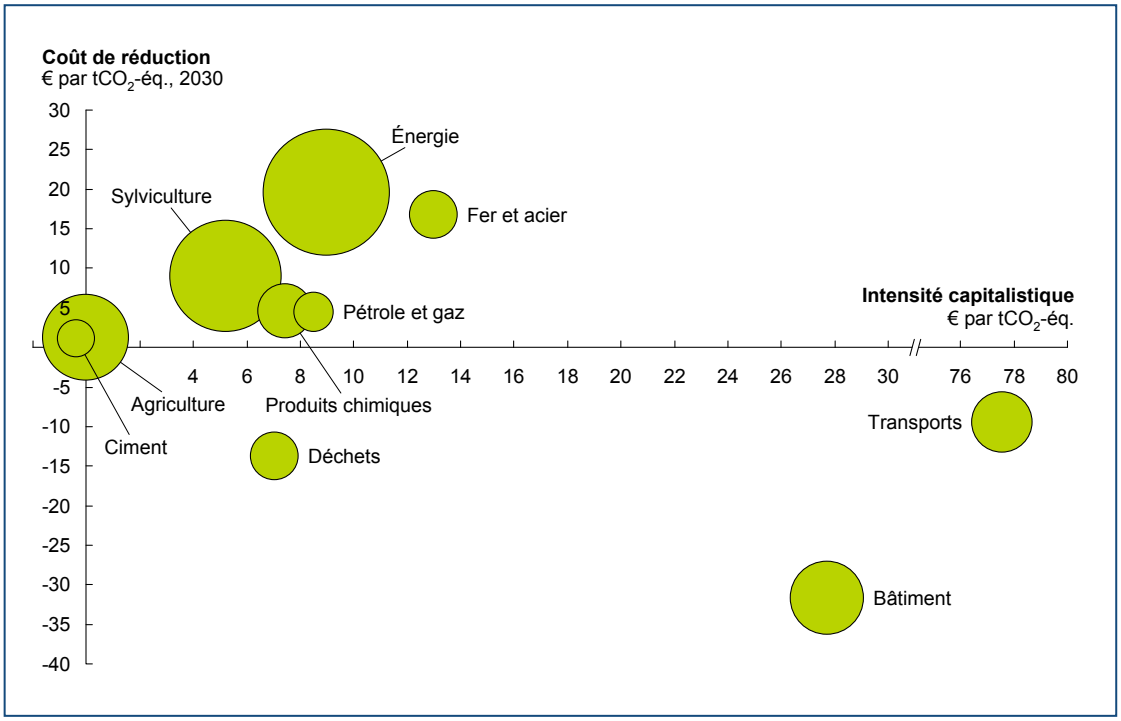


Figure 9

Intensité capitalistique et coût des mesures de réduction



Ainsi, de nombreuses opportunités d'efficacité énergétique figurant sur le côté gauche de la courbe de coût se retrouvent beaucoup plus loin à droite sur la courbe du capital : elles sont peu coûteuses à l'usage, mais nettement plus onéreuses lors de leur mise en œuvre. Des divergences d'appréciation des priorités pourraient donc émerger en cas de contraintes fortes liées à la disponibilité du capital. Les investisseurs pourraient choisir de financer de préférence les opportunités à plus faible intensité capitalistique, plutôt que celles à plus faible coût dans la durée, ce qui aurait pour résultat d'augmenter sensiblement les coûts de réduction des émissions au fil du temps.

La comparaison entre les coûts de réduction et les investissements montre aussi que les défis liés à la mise en œuvre seront très différents d'un secteur à un autre (Figure 9). Dans les transports et le bâtiment par exemple, les besoins de financements initiaux peuvent être importants, mais une fois ceux-ci assurés, le coût réel est faible. À l'inverse, dans plusieurs secteurs industriels, les coûts de réduction moyens sont relativement élevés, alors que les investissements initiaux sont plus modestes. Pour parvenir à une réduction substantielle des émissions dans ces secteurs, il faudra subventionner les sociétés pour les coûts élevés qu'elles supportent dans la durée, plutôt que pour le financement des investissements initiaux.

Enfin dans l'industrie forestière et l'agriculture, les coûts et les investissements sont tous deux relativement modiques. Ici, les défis liés à la mise en œuvre seront plutôt d'ordre pratique : il s'agira avant tout de concevoir des dispositifs efficaces pour mesurer et contrôler les réductions.

[5] On définit l'intensité capitalistique d'une mesure de réduction comme le surcroît d'investissement initial lié à sa mise en œuvre, divisé par le montant total des émissions évitées pendant la durée de vie de l'actif. Par exemple, pour une voiture plus économe en carburant, donc plus respectueuse de l'environnement, l'intensité capitalistique est le ratio entre le surcoût éventuel à l'achat, et la quantité de CO_2 économisée sur l'ensemble de la durée de vie du véhicule. L'intensité capitalistique se différencie donc du coût de réduction dans la mesure où il ne prend pas en compte les économies d'argent réalisées grâce à une moindre consommation d'énergie.

Quatre axes réglementaires seront déterminants pour parvenir à une réduction à moindre coût des émissions

Sur le plan politique, réduire les émissions de GES dans les proportions jugées nécessaires par le GIEC pour stabiliser les températures mondiales représentera un défi considérable.

Cette étude ne permet pas de prendre position sur les décisions et arbitrages qui relèvent des pouvoirs publics. Néanmoins, elle met en évidence quatre grands axes d'intervention, qui seront capitaux pour diminuer suffisamment les émissions de GES, et le faire au moindre coût (Figure 10).

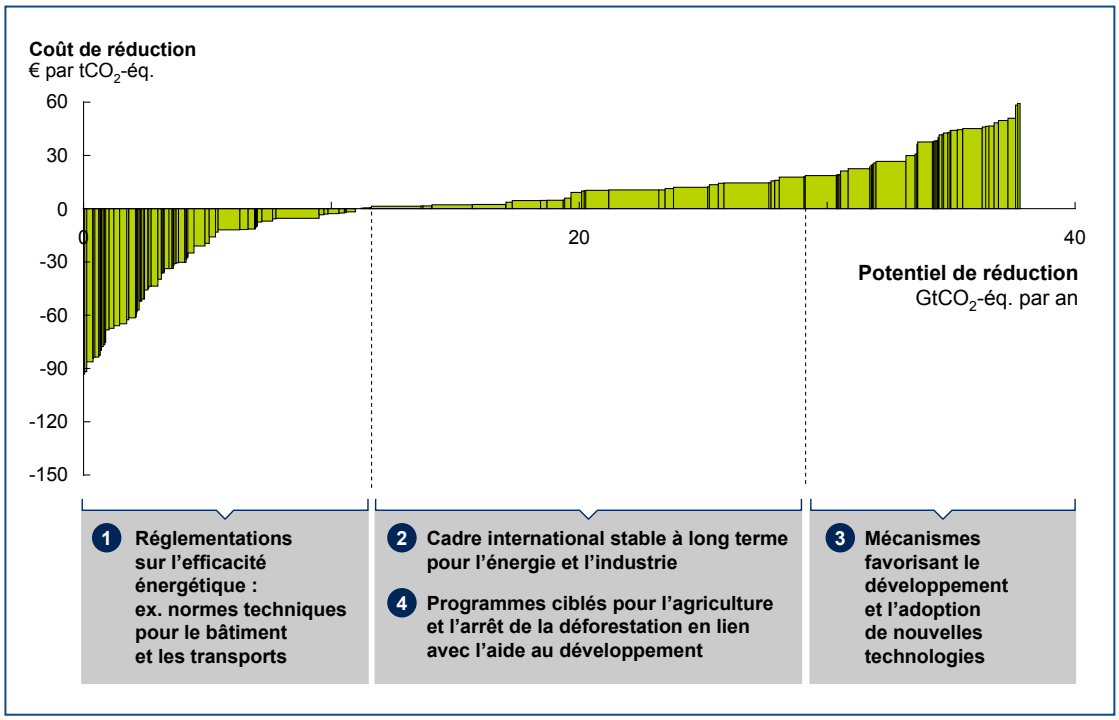
Des réglementations sur l'efficacité énergétique, via des standards et des normes techniques par exemple. Elles permettraient de corriger les imperfections du marché qui empêchent les opportunités de réduction présentant un avantage économique net de se concrétiser.

Un cadre incitatif stable à long terme, pertinent au niveau international, sous forme d'un prix ou d'un dispositif de taxation du CO_2 par exemple.

Il pousserait les fournisseurs d'énergie et les entreprises industrielles à développer et à déployer des technologies limitant l'émission de gaz à effet de serre.

Figure 10

Principaux axes de réglementation



Des mécanismes de soutien favorisant la recherche, le développement et la mise en place accélérée de technologies innovantes.

Des programmes ciblés pour s'assurer que l'important potentiel de réduction de la sylviculture et de l'agriculture soit effectivement exploité, surtout dans les pays en voie de développement.

À ce titre, il apparaît crucial de lier les dispositifs de mise en place de mesures spécifiques de réduction des émissions aux programmes d'aide au développement de ces pays.

Accomplir la transition vers une économie à faible teneur en carbone apparaît comme un défi certes considérable, mais qui reste à la portée de la communauté internationale.

Le potentiel existe pour réduire les émissions de GES à un niveau qui devrait permettre, sur la base des connaissances scientifiques actuelles, de contenir le réchauffement sous la barre des 2°C, et d'en limiter les effets. Ce potentiel est disséminé dans de multiples secteurs de l'économie et dans toutes les zones géographiques du globe, rendant indispensable une action coordonnée de grande ampleur.

En identifiant les leviers d'action disponibles, en évaluant avec cohérence leur efficacité et leur coût potentiels, cette étude constitue un outil de pilotage factuel pour la mise en œuvre méthodique des mesures de réduction des émissions.

Nous espérons qu'elle sera une contribution stimulante aux débats entre entreprises, responsables politiques, universitaires et ONG sur la façon de gérer au mieux la transition vers une économie à faible teneur en carbone.

L'initiative "*Changement climatique*" de McKinsey & Company :

Depuis plus de deux ans, l'initiative "*Changement climatique*" de McKinsey intègre au niveau mondial les compétences de près de 1 000 consultants issus de l'ensemble des pôles de compétences sectoriels et fonctionnels du cabinet, reflétant la conviction que les problématiques liées au changement climatique concernent tous les secteurs économiques et toutes les zones géographiques.

Elle a pour vocation de constituer un capital intellectuel sur les implications micro- et macro-économiques du changement climatique, pour les entreprises des différents secteurs économiques et les organisations publiques. Elle a ainsi développé une expertise particulière sur l'optimisation des processus opérationnels en vue de réduire leur impact environnemental, les stratégies de croissance liées aux produits à faible teneur en carbone ou encore la gestion des risques.

Elle accompagne des entreprises et des organisations publiques de premier plan dans leurs réflexions sur les implications économiques du changement climatique, ainsi que dans leurs projets d'efficacité et de développement environnementaux.

Contacts en France :

Christophe Bédier,
Directeur Associé senior au bureau de Paris de McKinsey, est l'un des chefs de file du pôle de compétences européen Chimie, et leader du pôle de compétences européen Aéronautique & Défense. Il accompagne depuis plusieurs années de grands groupes industriels en France dans le développement de leurs initiatives liées au changement climatique.

Christophe François,
Directeur Associé au bureau de Lyon de McKinsey, est l'un des chefs de file du pôle de compétences Matériaux de base au niveau mondial, et leader du pôle de compétences Sidérurgie en France. Il accompagne de grandes entreprises industrielles dans leurs projets de transformation opérationnelle, notamment pour réduire l'impact environnemental de leurs processus de production.

Sébastien Léger,
Directeur Associé au bureau de Paris de McKinsey, est l'un des chefs de file en France du pôle de compétences Énergie et, au niveau mondial, de notre pôle de compétences sur les énergies renouvelables. Expert des questions environnementales, il contribue régulièrement à des recherches et publications dans le cadre de l'initiative "*Changement climatique*". Il conseille de grands groupes en France et à l'étranger dans leurs approches stratégiques du changement climatique.

Cette brochure a été imprimée sur du papier fabriqué à partir de fibres recyclées à 60 %

Contacts McKinsey France :

Christophe Bédier
Directeur Associé senior
Christophe_Bedier@mckinsey.com

Christophe François
Directeur Associé
Christophe_Francois@mckinsey.com

Sébastien Léger
Directeur Associé
Sebastien_Leger@mckinsey.com

Copyright © 2009 McKinsey & Company, Inc.

McKinsey&Company