



Faits et

tendances

pour

2050

Energie et changement climatique





2050

Introduction

Ce document présente un aperçu des impacts fondamentaux et des défis de société auxquels le système climatique risque d'être confronté du fait du développement économique et des effets de l'augmentation à venir de la demande en énergie. Partie du programme de travail du WBCSD sur l'Énergie et le Climat. Il constitue une base pour les discussions à venir. Ces dernières permettront d'élaborer plus avant la réponse du secteur économique aux défis qui sont signalés dans le document. Cette réponse nécessitera des recherches et des consultations plus approfondies.

Nous ne savons pas comment se réalisera exactement le développement mondial au cours du prochain demi-siècle, mais les scénarios utilisés dans ce document sont en accord avec les objectifs des Nations Unies pour la réduction de la pauvreté et l'amélioration des conditions de vie dans la partie du monde en voie de développement. Pour atteindre ces objectifs, il faudra une augmentation de la consommation d'énergie.

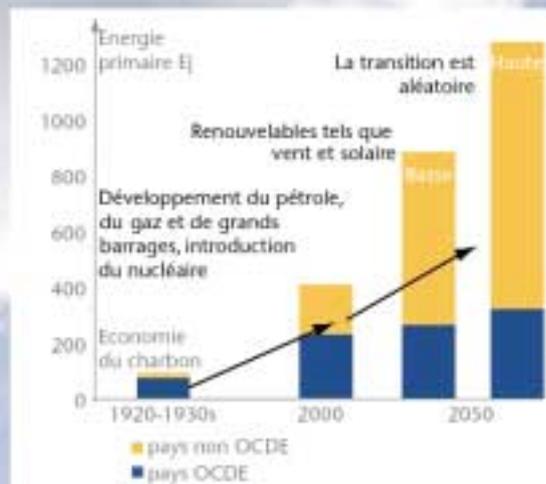
Bien qu'il soit avéré que de nombreuses activités humaines ont un impact sur les émissions de gaz à effet de serre et que beaucoup d'habitudes de comportement dans des secteurs très divers devront changer profondément, c'est sur l'utilisation de l'énergie dans le monde et sur ses effets que porte l'essentiel de ce document.

Nous avons utilisé les données existantes du Groupement Intergouvernemental sur le Changement Climatique (GIEC), de l'Agence Internationale de l'Énergie (AIE) et des études menées par le WBCSD. La présentation est ici simplifiée et condensée afin de stimuler la réflexion sur le futur et les discussions autour des problèmes auxquels nous sommes confrontés lorsque nous abordons le défi du changement climatique. Les projections et les exemples qui reposent sur des niveaux spécifiques d'émissions globales et éventuellement de concentration de CO₂ dans l'atmosphère ne sont donnés qu'à titre d'illustration de l'ordre de grandeur des défis.

Un aperçu du défi . . .

Croissance, développement et besoin en énergie

L'énergie soutient la croissance, c'est un moteur essentiel du développement économique et social. D'ici à 2050 le besoin d'énergie pourrait doubler ou tripler suite à l'augmentation de la population, à l'expansion économique des pays en voie de développement et à l'éradication de la pauvreté dans ces pays. Des transitions seront nécessaires dans notre infrastructure énergétique d'ampleurs comparables à celles qui ont été conduites au cours de ce dernier siècle. Aujourd'hui, alors que nous sommes confrontés au danger majeur pour l'environnement d'un changement climatique, la voie de l'avenir est moins évidente.



Utilisation de l'énergie et ses effets sur le climat

Au cours du siècle dernier, la quantité de dioxyde de carbone dans l'atmosphère a augmenté pour une large part en raison de notre utilisation de combustibles fossiles mais aussi en raison d'autres facteurs liés à la croissance de la population, à une consommation en augmentation et à des modifications de l'utilisation des surfaces terrestres. L'élévation de la température globale moyenne, de près d'un degré Celsius, a été constatée en même temps. Si ces tendances se poursuivent, la température globale moyenne pourrait augmenter de un à quatre degrés supplémentaires d'ici à la fin du 21ème siècle ce qui pourrait entraîner des changements climatiques très perturbateurs dans de nombreuses régions. En commençant à mieux gérer nos émissions de dioxyde de carbone dès maintenant, nous pourrions essayer de limiter les effets du changement climatique à des niveaux auxquels nous serions à même de nous adapter.

La dynamique du changement des technologies

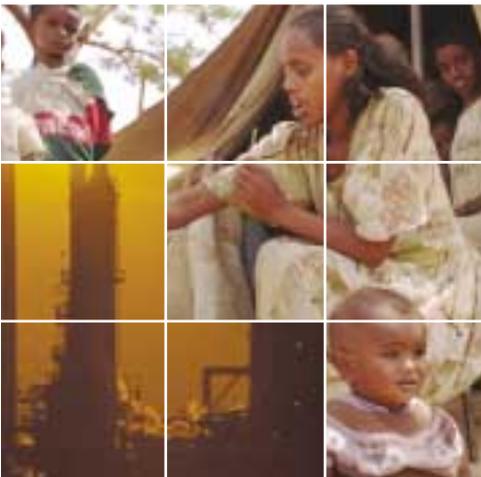
Un changement accéléré de notre infrastructure énergétique, en abandonnant les combustibles fossiles, est souvent présenté comme la seule parade au danger du changement climatique. Mais il n'est pas évident de savoir quelles mesures ou politiques technologiques seraient capables de donner l'impulsion nécessaire à ce changement.

De telles transitions, au niveau global, prennent du temps à s'accomplir. Des systèmes aussi considérables que les infrastructures de transport et d'énergie peuvent nécessiter près d'un siècle pour être mis en place complètement.



Reconstruire notre futur énergétique

En 2050, il faudrait non seulement que les émissions globales de carbone soient limitées au niveau de celles de 2000, mais aussi qu'elles soient engagées dans la voie de la décroissance et ceci alors que, pour la même période, la demande d'énergie croîtra rapidement. Aucune solution unique ne permettra d'obtenir ce résultat mais plutôt un mélange de solutions qui tendront à une utilisation plus efficace de l'énergie et à une réduction de son contenu en carbone. Des changements dans la fourniture et dans la demande d'énergie peuvent nous aider à prendre le chemin d'une énergie durable. Le changement nécessite du temps, il est donc tout à fait urgent de démarrer maintenant ce processus et de poser les fondations pour l'avenir. Pour cela, l'entreprise a un rôle essentiel à jouer.



Déclaration des Nations Unies pour le Millénaire

« Nous n'épargnerons aucun effort afin de libérer les hommes, les femmes et les enfants des conditions abjectes et déshumanisantes auxquelles plus d'un milliard d'entre eux sont aujourd'hui soumis ».

8ème réunion plénière, Septembre 2000

- Energie primaire
- Pays développés (PIB/ha > 12 000 \$US)
- Pays émergents (PIB/ha < 12 000 \$US)
- Pays en développement (PIB/ha < 5 000 \$US)
- Pays les plus pauvres (PIB/ha < 1500 \$ US)

Energie primaire plus que triplée par rapport à 2000

En 2000, seul un habitant du monde sur six a accès à l'énergie nécessaire pour assurer une qualité de vie équivalente à celle des pays développés. Et cependant, ce milliard d'individus consomme plus de 50 % de l'énergie fournie dans le monde entier. De l'autre côté, le milliard d'individus les plus pauvres n'en utilise que 4 %. Aucun d'entre nous ne pouvant accepter cette situation, le monde s'est donc donné des objectifs d'éradication de la pauvreté et d'amélioration de la qualité de vie. L'atteinte de ces objectifs demande de l'énergie qui est le vecteur de la qualité de vie moderne. Un accès amélioré à des services d'énergie moderne telle que l'électricité est un facteur essentiel pour sortir du piège de la pauvreté. Il augmente considérablement les chances d'un développement industriel et permet le progrès de la santé et l'éducation.

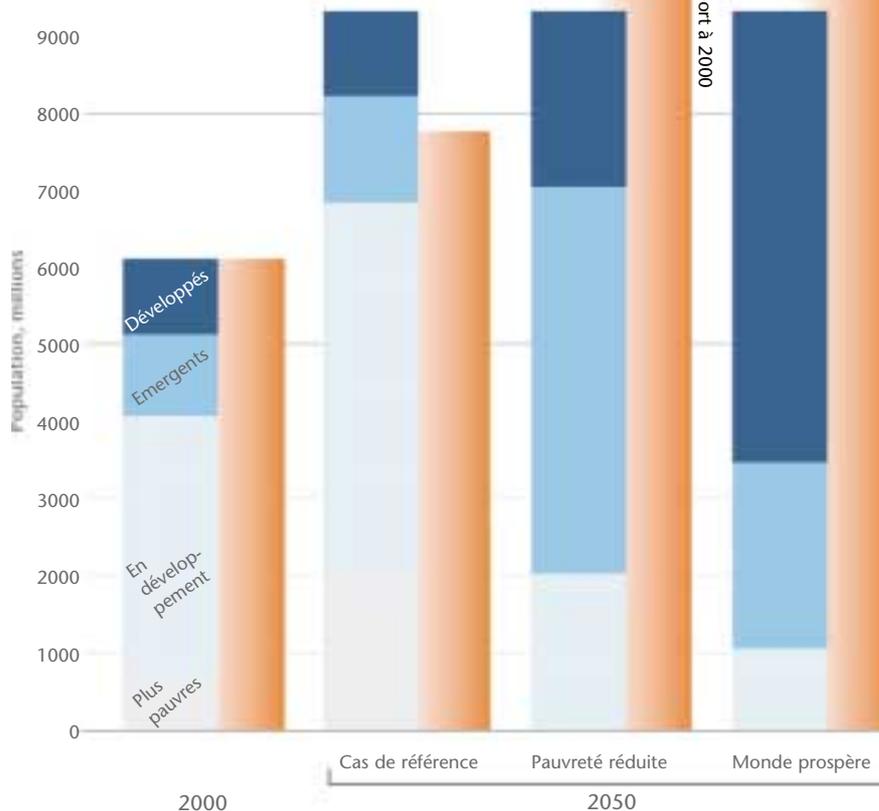
La figure 1 montre comment le besoin en énergie croît en fonction de la croissance de la population, des besoins du développement et de l'amélioration de la qualité de vie. Elle met en contraste le résultat de la tendance actuelle (*Business as usual*) avec deux scénarios de développement.

- > D'ici à 2050, la population mondiale pourrait s'accroître jusqu'à neuf milliards (d'après les Nations Unies - 2002). Sans changement dans le mode de développement, ce serait deux à trois milliards de personnes de plus qui se retrouveraient dans la pauvreté (cas de référence).
- > Deux nouveaux scénarios de développement sont présentés. Les deux prennent en compte l'objectif des Nations Unies d'éliminer la

pauvreté extrême. Chacun montre des niveaux croissants de développement à partir du *statu quo*, soit vers un « monde à pauvreté réduite », soit vers un « monde prospère ».

- > Les pressions qui résultent de la croissance de la population et de l'objectif d'amélioration de la qualité de vie se combinent pour construire un extraordinaire défi énergétique pour le 21ème siècle. Changer le profil du développement mondial demandera des investissements considérables pour satisfaire une demande d'énergie deux à trois fois plus forte que celle de 2000.

Figure 1 : Croissance de la population et augmentation du niveau de vie conduisant à une croissance forte du besoin en énergie.



Source: WBCSD adaptation de l/AIE 2003

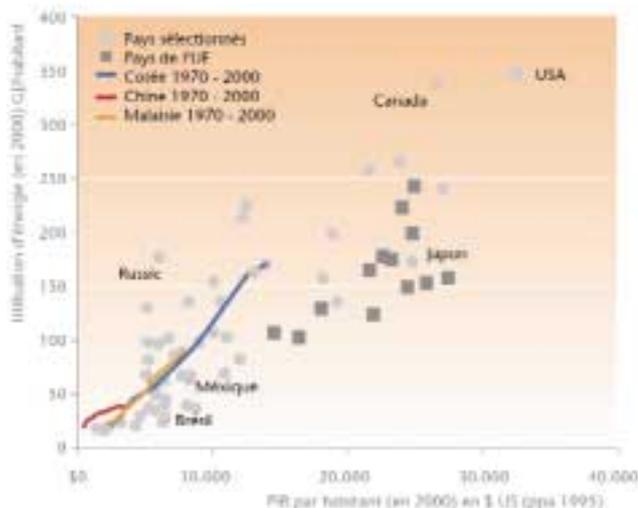
L'énergie, vecteur de la croissance

Au-dessus de 3 000 \$US de PIB/habitant (en parité pouvoir d'achat 1995) la demande d'énergie explose tandis que décollent l'industrialisation et la mobilité personnelle.

A partir de 15 000 \$US la demande croit plus lentement car la poussée principale d'industrialisation est terminée et les services deviennent prépondérants.

Au-delà de 25 000 \$US le développement économique peut se poursuivre sans accroissement significatif du besoin d'énergie mais le niveau absolu est très dépendant des circonstances nationales.

Figure 2 : Revenu par habitant vs utilisation de l'énergie en 2000 avec les tendances 1980 - 2000 pour la Corée, la Chine et la Malaisie.



Utilisation de l'énergie, développement et émissions de CO₂

Les émissions de CO₂ sont très variables à tous les stades du développement. Au sein d'économies semblables, les différences résultent de facteurs tels que la géographie, les énergies disponibles nationalement, l'acceptation par l'opinion publique de certains modes de transport et notamment des transports en commun.

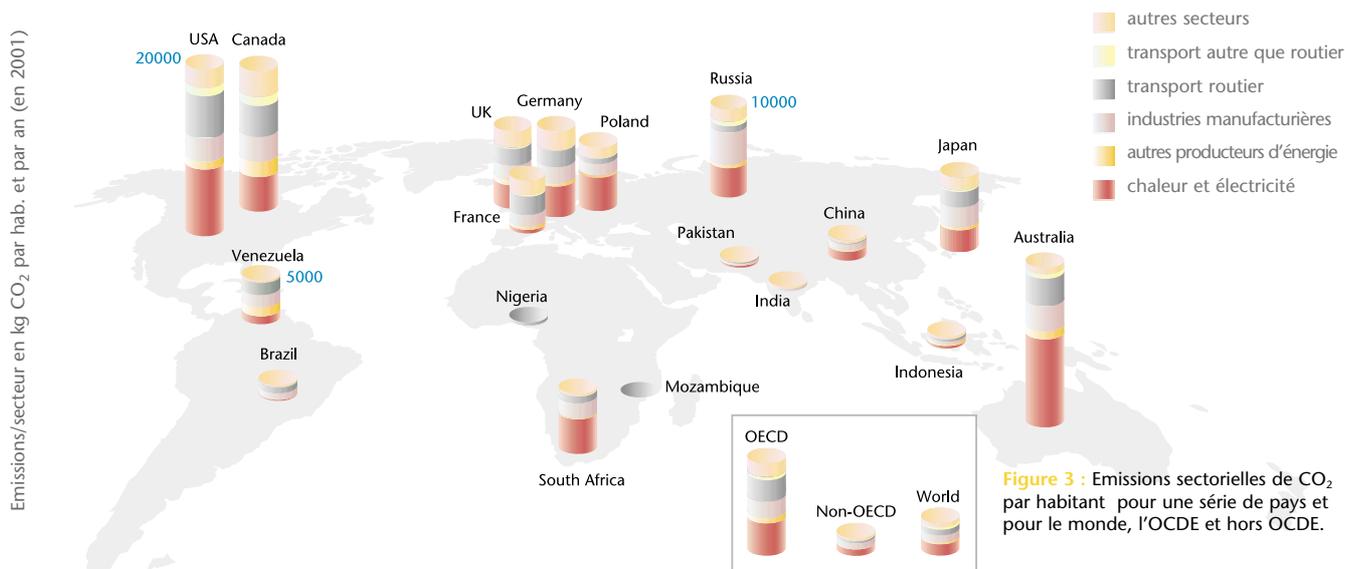
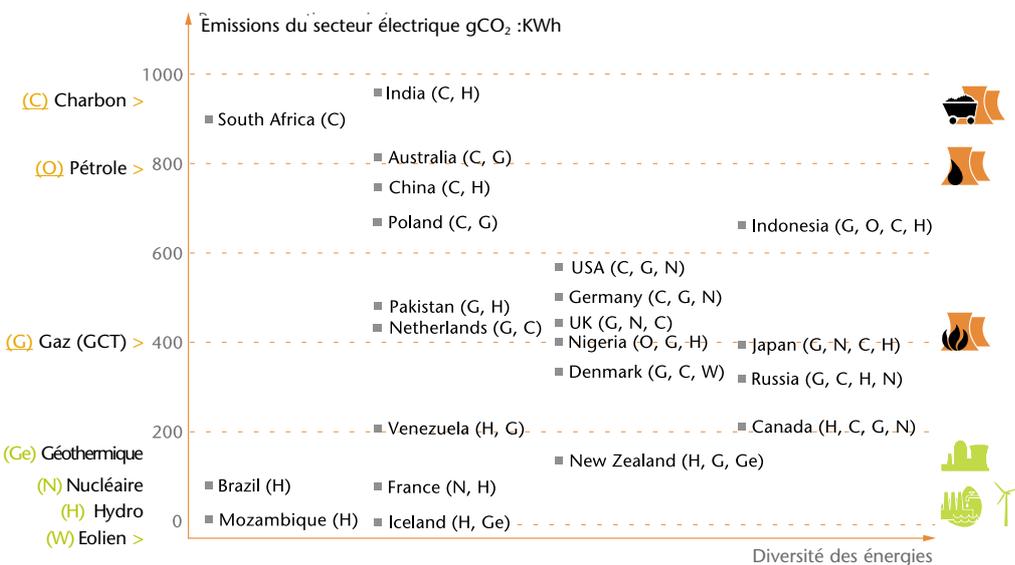


Figure 3 : Emissions sectorielles de CO₂ par habitant pour une série de pays et pour le monde, l'OCDE et hors OCDE.



Source: adaptation WBCSD du rapport AIE 2003 et CIA 2004



Au cours du siècle dernier, la quantité de dioxyde de carbone dans l'atmosphère a cru, principalement à cause de notre utilisation de combustibles fossiles mais aussi en raison d'autres facteurs liés à la croissance de la population et à l'augmentation de la consommation, notamment au changement d'utilisation des surfaces. Bien qu'il y ait encore débat au sujet de son ampleur, il y a des preuves solides du réchauffement terrestre. La majorité des scientifiques, sous la direction du GIEC et de l'Académie des Sciences des Etats-Unis a maintenant établi qu'il y avait une relation de cause à effet entre ces deux constats.

Le GIEC a décrit un certain nombre de scénarios de développement (voir glossaire pour une description plus détaillée) pour le 21ème siècle afin d'illustrer l'ampleur des changements

du climat que nous pourrions entraîner par nos activités. Nous n'en avons retenu que deux à titre d'exemples. Ils intègrent la croissance attendue de la population mondiale et les changements que nous pouvons attendre de l'effort des pays en développement pour éradiquer la pauvreté tandis que les autres pays obtiennent des augmentations significatives du niveau de vie de leurs citoyens (comme ceci a été illustré en première partie).

Le scénario GIEC/A1B décrit un monde connaissant un développement économique très rapide avec l'introduction accélérée de nouvelles technologies plus efficaces. C'est celui auquel correspond la plus forte demande d'énergie. Dans ce monde, le revenu moyen par habitant des différentes régions se rapproche à tel point que les différences entre pays pauvres et pays riches disparaissent progressivement.

L'autre scénario (GIEC/B2) représente un niveau intermédiaire de développement économique basé sur des solutions locales. Il correspond à une utilisation moindre de l'énergie. Le changement technologique est moins rapide dans ce cas mais plus diversifié avec un effort sur la protection de l'environnement.

L'utilisation d'énergie primaire et la répartition des combustibles sont indiquées pour les deux scénarios qui sont basés sur le modèle « Asie-Pacifique Intégré ». (AIM voir aussi le glossaire).

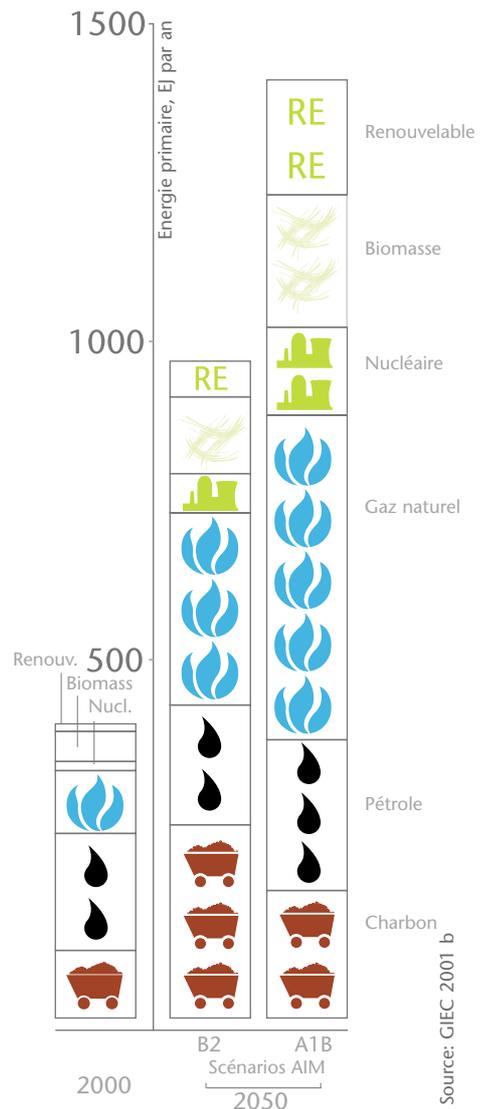
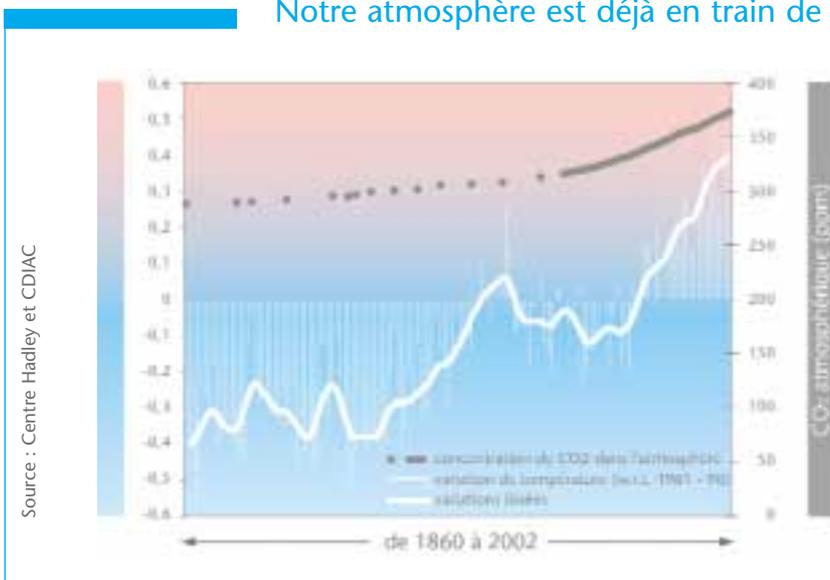


Figure 5: Les scénarios GIEC indiquent divers choix pour l'utilisation de l'énergie et la répartition des combustibles en 2050 en fonction des hypothèses de croissance et de développement et du changement technologique au cours des prochaines années.

Notre atmosphère est déjà en train de changer !



Au cours du dernier siècle, nous avons constaté une augmentation de la concentration de CO₂ dans l'atmosphère depuis 280 ppm jusqu'à 370 ppm. En parallèle avec cette augmentation, il y a eu une croissance de près de 1° C de la température moyenne mondiale. Si cette tendance continue, les températures mondiales pourraient augmenter de 1 à 4° C de plus vers la fin du 21ème siècle. (voir Figure 7).

Figure 6: Variations du CO₂ atmosphérique et température mondiale depuis 1860.

Y a-t-il une limite acceptable pour les émissions de CO₂ ?

Pour aborder cette question, on fait généralement référence à la concentration de CO₂ dans l'atmosphère qui correspondrait à une stabilisation. Jusqu'à la révolution industrielle, cette concentration est restée au niveau de 280 ppm. Les scénarios du GIEC indiquent des concentrations qui continuent à croître pendant le 21^{ème} siècle sans stabilisation au-dessous d'un niveau de l'ordre de 700 à 1000 ppm.

D'après le GIEC, de tels niveaux conduiront vraisemblablement à des effets désastreux. Une augmentation des températures de 2 à 4° C entraînerait davantage de catastrophes climatiques, menacerait les éco-systèmes fragiles tels que les coraux et se traduirait par une élévation du niveau de la mer. Dans la fourchette de 4 à 6° C d'élévation de température, nous pourrions aussi subir des changements structurels du climat avec, éventuellement, des modifications importantes des courants océaniques tels que le Gulf Stream.

Une stabilisation à un niveau inférieur à 500 ppm sera très difficile à obtenir car elle demande une baisse brutale des émissions avant 2020. La stabilisation à un niveau supérieur serait plus facile à atteindre car elle permet un délai suffisant pour changer notre infrastructure énergétique.

L'inertie inhérente au système climatique est telle que les concentrations de CO₂, les températures et le niveau de la mer continueront de croître pendant des centaines d'années après la réduction des émissions. De ce fait, certains effets de l'activité humaine sur le climat pourraient n'apparaître que tardivement.

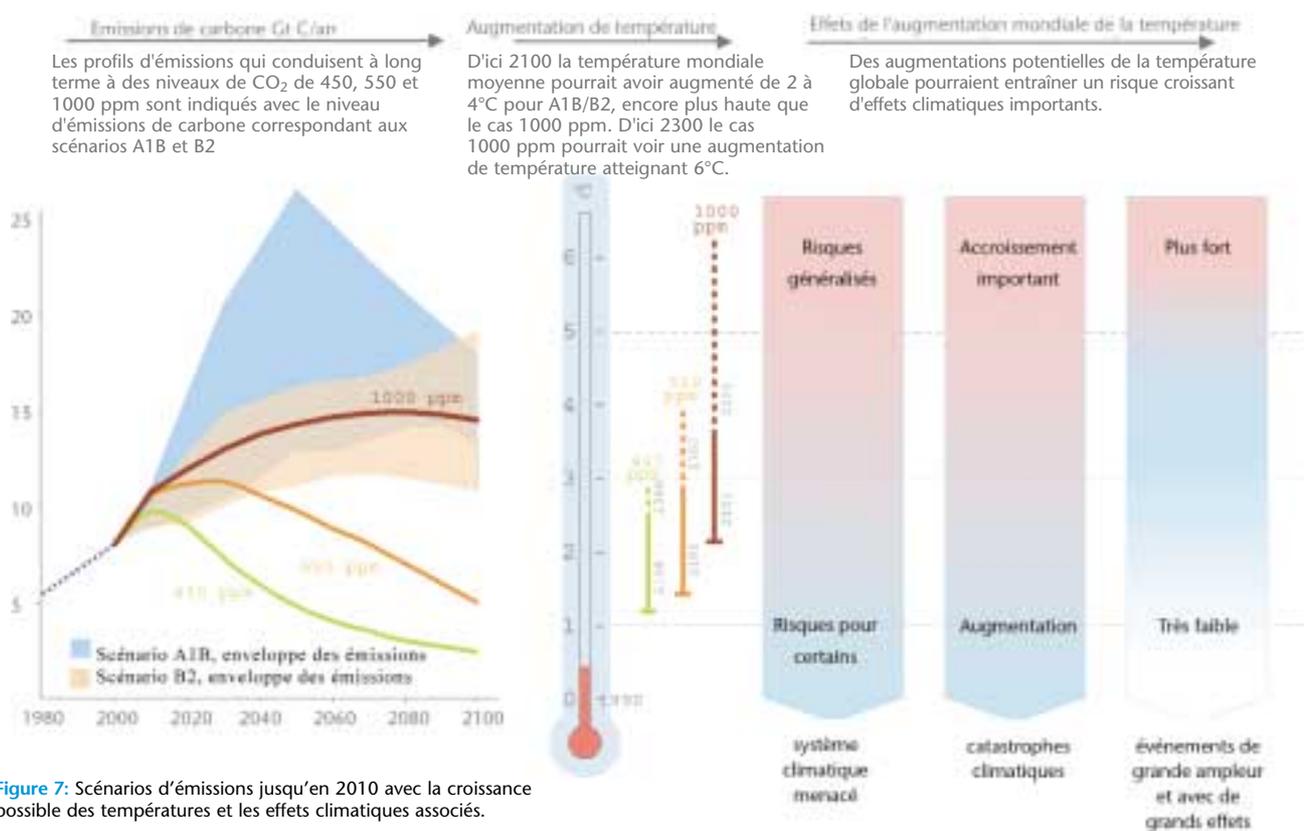


Figure 7: Scénarios d'émissions jusqu'en 2100 avec la croissance possible des températures et les effets climatiques associés.

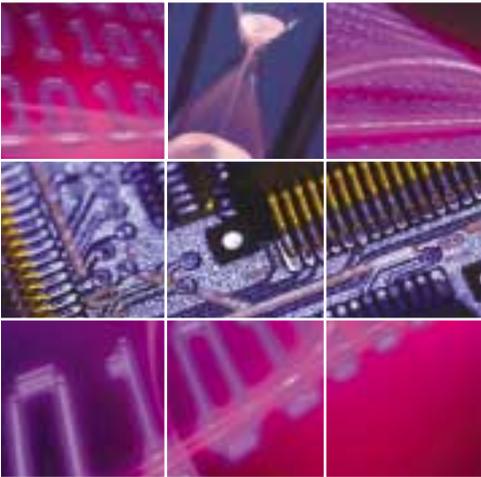
L'adaptation au changement climatique

L'adaptation au changement climatique doit faire partie de toute stratégie pour le futur car, même en cas de stabilisation de la concentration CO₂ à un niveau que nous pourrions raisonnablement atteindre, l'effet sur le climat pourrait être significatif. En conséquence la mise en place de mesures d'adaptation à ce changement climatique devrait faire partie de toute stratégie future. Les effets seront très variables suivant les régions et il y a dans ce domaine beaucoup d'incertitudes. Nous pourrions être confrontés à des impacts sanitaires liés à la propagation de maladies tropicales, à des pénuries d'eau venant de changement de cycle de la mousson et à des perturbations sur les activités agricoles venant de décalages dans les saisons. Les effets économiques et sociaux de ces changements pourraient se révéler considérables.

Les mesures à prendre pourraient être :

- > Protection contre les inondations dans les régions basses allant de la Floride au Bangladesh.
- > Préparation de refuges pour les îles telles que les Maldives.
- > Amélioration de la gestion de l'eau (par exemple aqueducs) en fonction du changement du régime pluvial.





Un changement rapide dans notre infrastructure énergétique est souvent présenté comme la seule solution pour contrer la menace du changement climatique. La réalité est cependant que des évolutions majeures et globales prendront du temps à se concrétiser. La vitesse de diffusion de technologies nouvelles dépend en fait de nombreux facteurs :

- > Taille et durée de vie sont importantes : cela peut prendre jusqu'à un siècle pour développer des infrastructures pour l'énergie et le transport. En général le rythme du changement technologique dépend étroitement de la durée de vie des équipements auxquels il s'applique et ceci est illustré dans la figure 9.
- > Le coût peut également freiner le changement. Les technologies émergentes et celles du futur, y compris les énergies renouvelables, ne prendront véritablement leur envol qu'à partir du moment où elles seront compétitives avec les technologies actuelles. Il peut cependant arriver qu'une technologie nouvelle apporte un service nouveau (par exemple le système MP3 remplaçant la cassette beaucoup moins chère) entraînant un changement rapide qui conduit ensuite à des réductions de coût.

- > Les frontières régionales peuvent constituer des limitations au changement. Dans les pays développés des technologies nouvelles peuvent apparaître, se développer et même commencer à décliner avant qu'elles ne soient largement adoptées dans les pays en développement. La Coccinelle de Volkswagen est ainsi restée un véhicule courant dans de nombreux pays après sa disparition des routes d'Europe et des Etats-Unis.

Le changement, à quelle vitesse ?

La révolution internet d'aujourd'hui est le résultat du développement convergent de diverses technologies. Les constructeurs de l'ENIAC n'avaient pas prévu qu'il y aurait un ordinateur dans chaque foyer et les pionniers du réseau cherchaient à relier les centres de calcul militaires et ceux des universités, mais pas à permettre l'achat d'épicerie en ligne. Plusieurs années après l'avènement du micro-ordinateur on pensait généralement que son développement pour les usages domestiques resterait limité.

Bien que de nature très différente, la révolution dans le domaine de l'énergie et du transport présente de nombreuses analogies avec ce qui précède. L'industrie pétrolière a cru considérablement par suite du développement des véhicules et la disponibilité des carburants a été elle-même accélérée par la demande des consommateurs pour les voitures. Les deux contribuent fortement à la qualité de la vie dans nos sociétés ; mais au départ on considérait qu'une voiture, ou un ordinateur par famille, n'était pas nécessaire ou serait d'un coût prohibitif. Les deux transformations se sont déroulées sur des dizaines d'années, contrairement à la perception que nous en avons d'un changement immédiat.

Figure 8 : Le développement d'internet sur 40 ans grâce à la convergence des technologies.

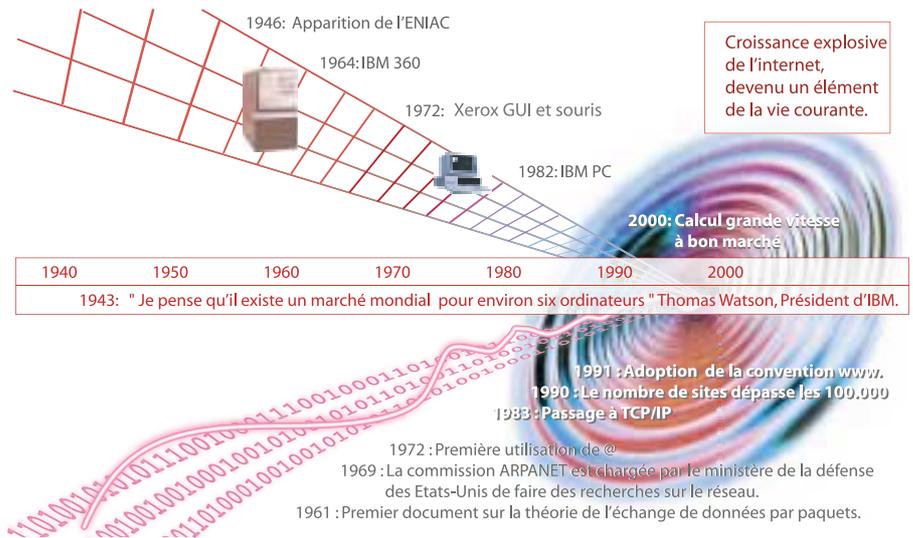
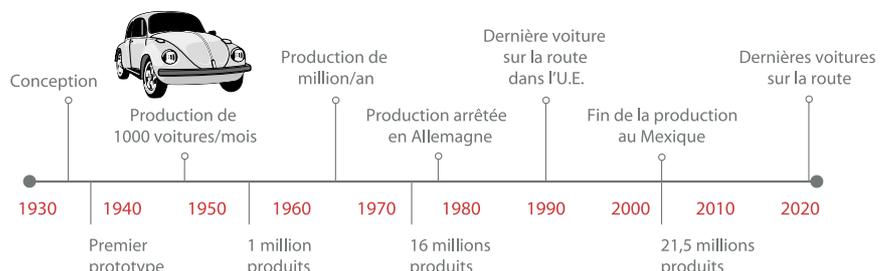


Figure 9 : Exemples de durée de vie des infrastructures, facteur qui influence le rythme auquel de nouvelles technologies peuvent être introduites dans l'économie.

Infrastructure	Durée de vie attendue, en années	Infrastructure	Durée de vie attendue, en années
Centrale hydraulique	75 ++	Centrale nucléaire	30-60
Batiment	45 +++	Turbine à gaz	25 +
Centrale à charbon	45 +	Véhicule à moteur	12-20

Figure 10 : La Coccinelle de Volkswagen aura été présente pendant près de 100 ans lorsque les derniers exemplaires quitteront la route.



Quelle est la difficulté ?

Le changement global est une entreprise considérable. Même en adoptant des hypothèses très optimistes (et peut-être irréalistes) de croissance et en supposant une mise en œuvre rapide des meilleures nouvelles technologies qui, en fait, ne sont pas prêtes pour une utilisation généralisée, il reste difficile d'imaginer maintenir les émissions au niveau actuel, encore moins de les voir commencer à décroître.

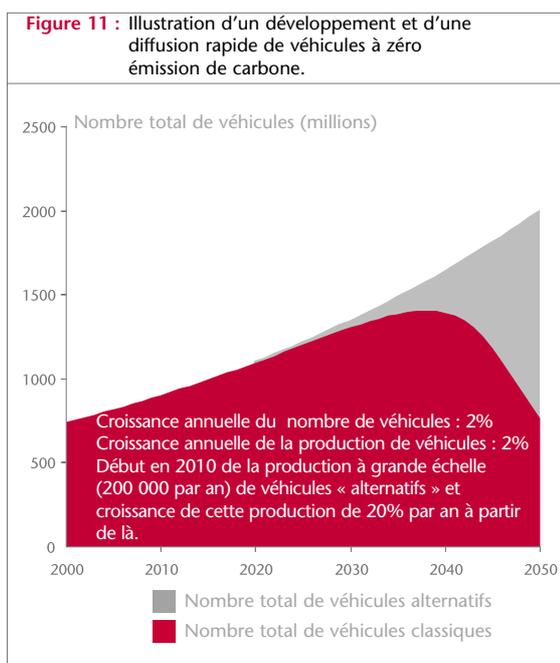
Les deux cas exposés ci-dessous sont des exemples de ce processus.

Cas N° 1 : L'introduction rapide d'une technologie de transport sans émission de carbone

Limiter les émissions du transport à un niveau durable est un objectif essentiel de l'action contre le changement climatique. Le rapport *Mobilité 2030* (WBCSD 2004) l'indique clairement : « même dans les conditions optimales, atteindre cet objectif prendra plus que (probablement beaucoup plus que) deux ou trois décennies ».

Prenons le cas des véhicules légers, qui représentent aujourd'hui la moitié des émissions de CO₂ du secteur des transports. En 2000 il y avait 750 millions de ces véhicules en circulation, ce chiffre croissant de 2% par an. Pour obtenir des réductions significatives de CO₂, il faudrait les remplacer par des véhicules de nouvelle technologie. La durée de vie moyenne d'un véhicule est cependant de 12 à 20 ans et d'ailleurs la nécessité d'adapter les stations de distribution avec des carburants contenant moins de carbone pourrait ralentir la progression des nouveaux véhicules.

L'image de droite montre que ce ne serait pas avant 2040 que le nombre total de véhicules classiques en circulation pourrait commencer à décroître même si une commercialisation massive de véhicules n'émettant pas de CO₂ pouvait démarrer assez rapidement et se poursuivre avec vigueur. Ceci veut dire que les émissions de GES des véhicules légers ne commenceraient pas à décroître avant cette date, à moins que les émissions des véhicules classiques actuellement en circulation ne diminuent de manière significative (pour une évaluation détaillée de l'effet des différentes technologies de véhicules sur les émissions de GES, voir WBCSD 2004).



Case N°2 : Le déploiement immédiat dans le secteur de la production électrique de technologies sans émission de carbone.

D'après le scénario de référence de l'AIE (*World Energy Outlook 2002*), la capacité mondiale de production d'électricité devra doubler entre 1999 et 2030 (c'est-à-dire passer de 3500 à environ 7000 GW) afin de répondre à la demande globale.

De plus le scénario prévoit que nous construirons 1400 GW en centrales à charbon et 2000 GW en centrales à gaz naturel (ceci aussi bien pour remplacer des centrales en fin de vie que pour satisfaire la demande nouvelle). Ceci conduirait à un presque doublement des émissions de CO₂ du secteur électrique sur cette période.

Que se passerait-il si toutes les nouvelles centrales à charbon mettaient en œuvre la capture et le stockage du carbone, ou si l'on construisait, en leur place, des unités de production électrique à partir d'énergies renouvelables ou du nucléaire ? Cela suffirait-il pour que les émissions du secteur électrique commencent à baisser ? Au mieux nous pourrions stabiliser les émissions de ce secteur à l'aide de ces technologies. La durée de vie de plus de 45 ans des installations existantes ou en projet nous laisse en face d'un héritage considérable à assumer d'ici 2030 et même au-delà.

Pour beaucoup de pays en développement, la mise en œuvre de telles options serait d'ailleurs difficile car ces pays considèrent que l'accès à des ressources abondantes et locales en charbon et l'utilisation de technologies mûres et bon marché constituent une réponse idéale à la croissance de la demande en énergie.

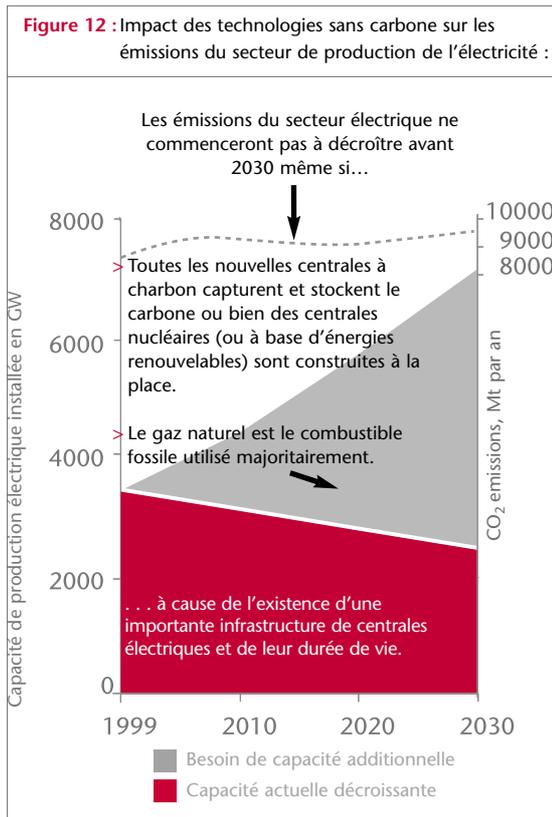
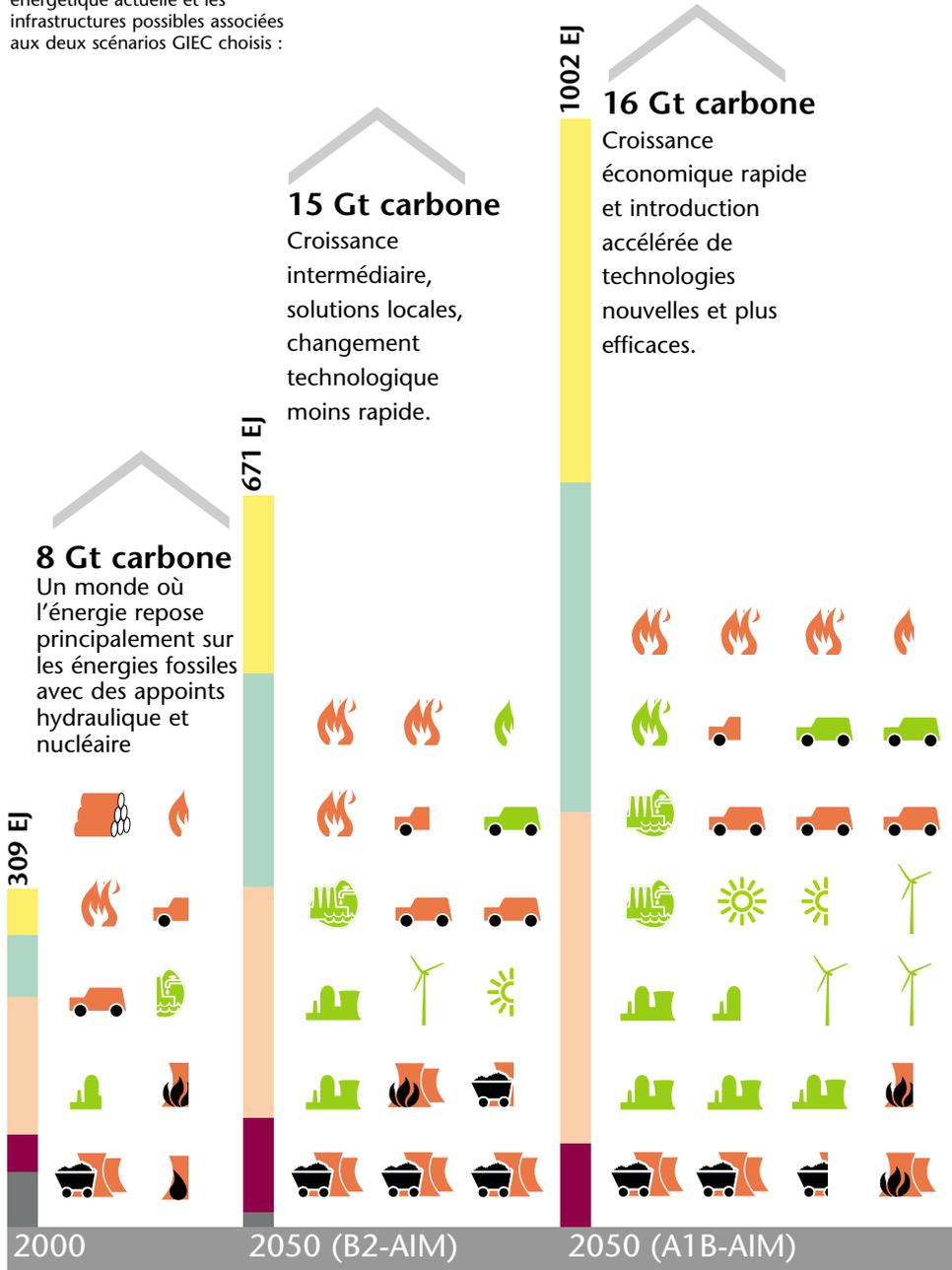




Figure 13 : Notre infrastructure énergétique actuelle et les infrastructures possibles associées aux deux scénarios GIEC choisis :

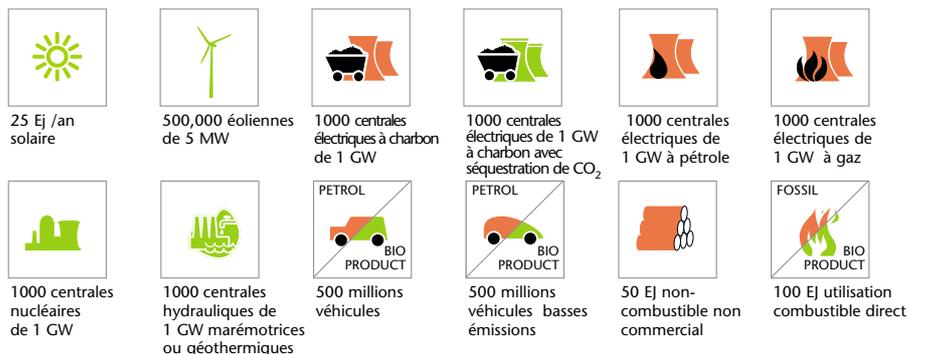


Une diminution de la croissance n'est pas un chemin acceptable pour conduire vers un monde avec moins de carbone. C'est plutôt d'un découplage entre le niveau de vie et la consommation d'énergie dont nous avons besoin. La partie du monde en développement a le droit de rechercher à atteindre des niveaux de vie comparables à ceux de l'OCDE. Il faudra s'appuyer sur une meilleure efficacité et sur la diversité et le développement technique de nos systèmes énergétiques afin d'atteindre cet objectif sans augmenter les émissions jusqu'à compromettre le développement durable.

Nous voyons déjà des exemples de changement, tels que l'augmentation de l'utilisation du gaz, l'arrivée de techniques améliorées d'énergies renouvelables et de véhicules à forte efficacité. Les deux scénarios GIEC choisis (A1B-AIM et B2-AIM) intègrent ces changements et l'évolution que nous pourrions constater dans les prochaines années est illustrée dans le schéma ci-contre (Fig. 13). Cependant, ceci ne sera pas suffisant car ces deux voies de développement conduisent à une stabilisation éventuelle du CO₂ autour de 1000 ppm.

Energie finale :

- Non commerciale
- Solides
- Liquides
- Gaz
- Electricité



Réduction d'émissions



Figure 16 : Il y a beaucoup de chemins conduisant vers un monde avec moins de carbone. L'un d'eux est illustré ici. Cependant, tous les chemins demanderont à la fois de faire appel à une série de technologies et à des mesures d'économie d'énergie.



Un basculement accentué vers le gaz naturel

Du point de vue du carbone, le gaz naturel est plus efficace que le charbon (hors séquestration du CO₂) ou le pétrole (voir Figure 4). 1 400 centrales TAGCC d'1 GW à la place de centrales à charbon, cela veut dire 1 Gt d'émission de carbone en moins par an :

- Une croissance soutenue de 2,6 % par an pendant 50 ans est nécessaire pour ce monde à 9 Gt. Ceci est plus élevé que les 2,4 % prévus par l'AIE dans le World Energy Outlook (2000 – 2030).
- Le gaz naturel reste un combustible fossile avec des ressources limitées, ce qui en fait une solution de transition plutôt que de long terme.

Transports en commun

En raison des différences dans les infrastructures et dans l'attitude du public vis-à-vis des transports en commun, les émissions de CO₂ par personne se situent dans un rapport 3/1 pour les pays développés avec des styles de vie comparables.

L'énergie nucléaire

700 centrales nucléaires d'1GW à la place de centrales à charbon classiques réduiraient les émissions de carbone de 1 Gt par an.

Cependant :

- La croissance de 4 + % du nucléaire nécessaire dépasserait celle < 2,5 % constatée dans les années 90.
- Le nucléaire doit encore surpasser les problèmes d'acceptation par le public.

Transport routier

Le transport routier a contribué pour 1,5 Gt d'émissions carbone en 2000. Ce chiffre pourrait dépasser les 3 Gt en 2050 avec plus de 2 milliards de véhicules. Pourtant :

- Si tous ces véhicules voyaient leur efficacité énergétique améliorée (par exemple avec des technologies hybrides ou diesel avancées) les émissions pourraient être réduites de 1 Gt de carbone en 2050.
- Si au moins 800 millions de véhicules utilisaient une propulsion nouvelle à base d'hydrogène (y compris la technologie piles à combustibles) avec émission zéro, les émissions pourraient aussi être réduites de 1 Gt de carbone.

Le monde à 9 Gt qui est présenté ici repose sur l'utilisation de véhicules à moteur à combustion interne de haute performance utilisant en partie des biocarburants (voir « Bio-produits »)

Economie d'énergie et efficacité énergétique





Renouvelables

Une réduction d'émission de 1 Gt carbone/an pourrait être obtenue en remplaçant 700 centrales classiques au charbon de 1 GW par des installations utilisant de l'énergie renouvelable.

Eolien – Il faudrait plus de 300 000 centrales éoliennes de 5 MW pour 1 Gt et cela occuperait un territoire équivalent à celui du Portugal bien qu'une grande partie du terrain soit encore utilisable. Beaucoup sont maintenant situées offshore.

Solaire – Le solaire devient une importante source d'électricité pour les 2 milliards de personnes dans le monde qui n'ont pas accès au réseau électrique.

Géothermique – La capacité actuelle et la croissance potentielle sont semblables à celles de l'éolien et son utilisation du territoire ainsi que son empreinte sur le paysage sont réduites.

Hydraulique – La production d'électricité hydraulique représente une source d'énergie renouvelable réelle dans beaucoup de pays en développement avec un potentiel de croissance réaliste.

Bâtiment

Le programme américain US DOE Zero Energy Home a montré que l'on pourrait obtenir une réduction de 90 % de l'utilisation de l'énergie dans des bâtiments neufs.

Bio-produits

Les produits à base de biocarburants et de biomasse peuvent réduire les émissions venant de la production d'électricité, de l'industrie manufacturière et du transport.

En 2000, l'utilisation non durable de la biomasse a envoyé 1 Gt de carbone dans l'atmosphère en ne produisant que 50 EJ d'énergie finale non commerciale (typiquement pour la cuisine dans les pays en développement).

En 2050 une production durable de biocarburants et de biomasse pourrait fournir 100 EJ d'énergie finale avec pratiquement pas d'émissions nettes de CO₂.

Appareillages basse énergie

Aujourd'hui plus de 0,5 Gt de carbone vient directement ou indirectement de l'éclairage. Deux milliards de personnes des pays en développement n'ont pour source d'éclairage que la flamme de combustibles et consomment ainsi plus d'énergie pour cet usage que dans les pays développés. Un basculement vers des technologies avancées d'éclairage, telles que les lampes diodes, pourrait conduire à des réductions allant jusqu'à 50 % des émissions de carbone liées à l'éclairage.

Capture et séquestration du carbone

La capture et la séquestration du carbone pourraient représenter un moyen efficace permettant d'utiliser les abondantes réserves mondiales de charbon. L'équipement de 700 centrales à charbon de 1 GW de systèmes de capture et de séquestration réduirait de 1 Gt l'émission de carbone.

Cette solution comporte un certain nombre de défis :

- technologie de séparation du CO₂ à faible coût
- acceptation par le public de cette solution
- choix et développement d'un nombre suffisant de sites
- mise en place de mesures de surveillance

Faire différemment

La société de l'information offre des opportunités réelles pour les économies d'énergie. Une gestion des stocks améliorée en fonction de la demande et en utilisant les communications mobiles permet de réduire les déchets, de limiter le transport et en fin de compte de réduire les émissions de gaz à effet de serre.

Les progrès dans les technologies sans fil peuvent permettre aux pays en développement d'adopter rapidement des solutions de ce type en évitant ainsi l'investissement dans des infrastructures inutiles, ceci pouvant à son tour les amener sur la voie d'une croissance moins exigeante en énergie par unité de PIB.



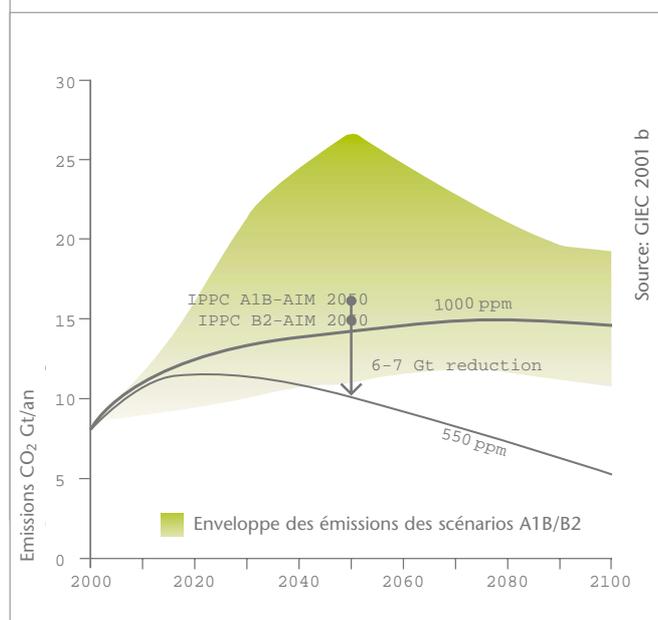
Il y a beaucoup de chemins conduisant à un monde avec moins de carbone. Le dépliant n'en illustre qu'un seul. Tous les chemins nécessitent cependant, à la fois la mise en œuvre d'une série de technologies de réduction des émissions et de mesures d'économie et d'efficacité énergétique.

Comment parvenir à une stabilisation du CO₂ atmosphérique à un niveau acceptable ?

En comparaison avec les scénarios A 1B et B2, une réduction de 6 – 7 Gt de carbone (22 Gt CO₂) des émissions annuelles en 2050 nous placerait sur une trajectoire à 550 ppm au lieu de 1000 ppm de CO₂, mais cela nécessiterait une (r)évolution fondamentale dans notre infrastructure énergétique et l'utilisation de ressources et de technologies telles que :

- basculement accentué vers le gaz naturel
- énergie nucléaire
- énergies renouvelables
- biomasse et biocarburants
- capture et séquestration du carbone
- technologies avancées pour les véhicules
- autres mesures d'efficacité énergétique

Figure 14 : Réduction des émissions de CO₂ nécessaire pour une trajectoire à 550 ppm

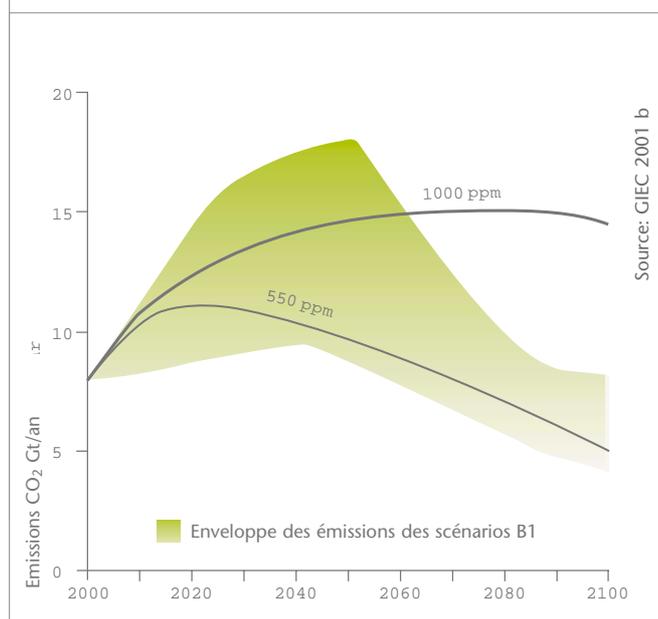


Economie d'énergie, efficacité énergétique et changement de société

Un monde avec moins de carbone exigera une inflexion fondamentale dans la relation entre le développement et l'énergie de telle sorte que des niveaux similaires de développement puissent être atteints avec 30 % de moins d'énergie en moyenne. L'économie d'énergie à travers les changements de comportements et l'efficacité énergétique à travers les technologies ont toutes deux leur rôle à jouer.

Une telle tendance sous tend le scénario GIEC B1 qui envisage un futur reposant sur une approche globale et cohérente du développement durable. Il décrit un monde en changement rapide et convergeant vers une économie de l'information et des services accompagnée d'une dématérialisation et de l'émergence de technologies propres et économes en ressources. Ce scénario conduit à des émissions de GES relativement modérées, même sans interventions explicites afin de gérer le changement climatique.

Figure 15 : Scénario B1 du GIEC montrant l'effet d'une approche globale et cohérente du développement durable.



Glossaire

ARPANET : Ce projet a été établi au début des années 60 par le gouvernement américain et a conduit au développement d'ARPANET, le premier réseau mondial permettant aux utilisateurs d'ordinateurs de communiquer entre eux.

AIM : Scénarios du « Asian Pacific Integrated Model » (AIM) provenant de l'Institut Japonais des études environnementales – Voir « Scénario GIEC » plus loin.

DIOXYDE DE CARBONE (CO₂) : Constituant gazeux le plus important résultant de la combustion d'hydrocarbures tels que le gaz naturel, le pétrole et le charbon. Il existe à l'état naturel dans l'atmosphère et c'est un gaz à effet de serre, mais sa concentration s'est élevée au cours du siècle dernier.

CAPTURE ET SEQUESTRATION DU CARBONE : A long terme, la capture et la séquestration du dioxyde de carbone pourrait se substituer à son émission dans l'atmosphère. Le stockage géologique du carbone se fait par injection du CO₂ dans des cavités géologiques souterraines. Si la source de CO₂ n'est pas suffisamment pure, il faut procéder au préalable à sa séparation.

TAGCC (CCGT en anglais) et cogénération : Le cycle combiné à turbine à gaz permet d'obtenir une centrale électrique à haut rendement permettant de convertir plus de 50 % de l'énergie chimique du gaz en énergie électrique. L'efficacité globale peut encore être améliorée dans une unité de cogénération chaleur et électricité.

CONCENTRATION : La quantité de CO₂ dans l'atmosphère à un moment donné, mesurée généralement en parties par million (ppm). Dans ce document, la concentration en CO₂ ne comprend que le CO₂ et ne comprend pas les autres gaz à effet de serre.

DOE : Ministère de l'Énergie des États-Unis.

EMISSION : Le rejet d'une matière (ici le CO₂) dans l'atmosphère, généralement mesuré en tonnes par an.

ENIAC : Electronic Numerical Integrator and Computer, ordinateur réalisé en 1943 pour le Ministère de la Défense des États Unis (Dod) pour leur laboratoire de recherche sur la balistique.

ENERGIE FINALE : L'énergie que nous utilisons directement dans nos voitures, maisons, bureaux et usines.

PIB : Produit Intérieur Brut, mesure de la taille de l'économie.

GIGATONNES (Gt) : Les émissions de carbone dans l'atmosphère sont très importantes, c'est pourquoi elles sont mesurées en gigatonnes ou milliards de tonnes. Une Gt de CO₂ dans l'atmosphère est équivalente à 0,3 Gt de carbone.

GAZ A EFFET DE SERRE (GES) : Gaz présents dans l'atmosphère terrestre qui absorbent et réémettent les radiations infrarouges permettant ainsi à l'atmosphère de garder la chaleur. Ces gaz proviennent à la fois de phénomènes naturels et des activités humaines. Le GES principal est la vapeur d'eau. Les autres GES importants sont le dioxyde de carbone (CO₂), l'oxyde nitreux (N₂O), le méthane (CH₄), les CFC et le SF₆.

MCI (ICE en anglais) : Moteur à combustion interne.

AIE : Agence Internationale de l'Énergie, organisation internationale chargée de faire progresser la sécurité de l'approvisionnement en énergie, le développement économique et la protection de l'environnement à travers la coopération sur la politique de l'énergie.

GIEC (IPCC en anglais) : Le Groupe Intergouvernemental pour l'Étude du Climat (GIEC) a été établi par les Nations Unies afin d'évaluer l'information scientifique, technique et socioéconomique pertinente pour la compréhension du changement climatique, de ses effets potentiels et des options à notre disposition pour l'adaptation à ce changement climatique et pour la réduction des émissions des GES.

SCENARIOS GIEC : Le GIEC a élaboré quatre canevas pour décrire les chemins possibles en incorporant différents développements démographiques, sociaux, économiques, technologiques et environnementaux. De manière significative, ces canevas ne prennent pas en compte des initiatives spécifiques concernant le climat telles que le Protocole de Kyoto.

Chaque scénario constitue ensuite une interprétation quantitative spécifique de l'un des canevas. Pour chaque canevas plusieurs scénarios différents ont été établis en utilisant des techniques de modélisation différentes. Tous les scénarios bâtis à partir du même canevas constituent une « famille » de scénarios.

Dans ce document, nous avons utilisé les canevas A1B (Panier de fourniture d'énergie équilibré) et B2 et, pour notre illustration des infrastructures énergétiques spécifiques, les scénarios du modèle intégré Asie Pacifique (AIM) provenant de l'Institut National des études environnementales du Japon. Le scénario A 1B – AIM est un témoin significatif du canevas A1 avec des émissions se situant dans la moyenne de tous les quarante scénarios du GIEC. Nous avons aussi pris pour référence le canevas B1 et sa famille de scénarios en raison du fort accent mis sur l'efficacité énergétique et en conséquence de la faiblesse des émissions futures.

JOULE, GIGAJOULE (GJ) ET EXAJOULE (EJ) : Un Joule est l'unité avec laquelle on mesure l'utilisation de l'énergie, mais comme c'est une petite quantité, il faut l'exprimer avec de grands nombres lorsqu'on parle d'énergie mondiale. Un Gigajoule correspond à un milliard de Joules (1 suivi de 9 zéros) ; un Exajoule est 1 suivi de 18 zéros. Un Exajoule est 278 milliards de kWh ou 278 000 GWh, ou l'équivalent de 32 centrales de 1 GW en fonctionnement pendant 1 an.

OCDE : Organisation de Coopération et de Développement Economiques.

PARTIES PAR MILLION (PPM) : Parties (molécules) d'une substance contenue dans un million de parties d'une autre substance. Dans ce document, « ppm » est utilisé en tant que mesure volumétrique afin d'exprimer la quantité de dioxyde de carbone dans l'atmosphère à un moment donné.

PPA : Parité de pouvoir d'achat, le rapport entre les monnaies qui égalise les pouvoirs d'achat entre les différentes monnaies nationales. Les Ppa comparent les coûts dans différentes monnaies d'un panier de biens commerciaux et non commerciaux et de services et donnent une mesure du niveau de vie reposant sur une base plus large.

ENERGIE PRIMAIRE : L'énergie totale disponible à partir de nos ressources telles que le charbon, le pétrole et le gaz naturel en admettant une efficacité de 100 % dans l'utilisation de ces ressources.

STABILISATION : C'est, à long terme, la concentration du CO₂ à l'équilibre dans l'atmosphère. Le CO₂ va constamment de l'atmosphère vers les océans, les plantes et la vie animale puis retourne dans l'atmosphère où sa concentration s'est maintenue à l'équilibre pendant des milliers d'années. A la suite d'une modification dans cet équilibre à cause d'émissions supplémentaires, il faudra peut-être plusieurs siècles pour que s'établisse un nouvel équilibre stabilisé.

WATT, KILOWATT (kW), MEGAWATT (MW), GIGAWATT (GW) ET WATT-HEURE (Wh) : Un Watt est l'unité de mesure de la vitesse d'utilisation de l'énergie et est égal à un joule par seconde. Un MégaWatt, c'est un million de Watts et un GigaWatt un milliard de Watts. La production d'électricité est généralement exprimée en Watt-h (Wh) qui est la fourniture ou l'utilisation d'un Watt pendant une heure. Pour les logements, on compte l'utilisation de l'énergie en kilowatt-heure (kWh).

Un appareil dont le fonctionnement requiert 1000 Watts et qui est utilisé pendant une heure aura ainsi consommé un kilowatt-heure d'électricité. Voir également la définition du joule.

Références principales et sources

- BP 2003 : *Statistical review of world energy*
- Central Intelligence Agency 2004 : *The world factbook*
- Evan Mills Ph.D., IAEEEL and Lawrence Berkeley National Laboratory 2002 : *The \$230-billion global lighting energy bill*
- Hadley Centre and Carbon Dioxide Information Analysis Centre (CDIAC) : <http://cdiac.esd.ornl.gov/home.html>
- IEA 2003 : *CO₂ emissions from fuel combustion 1971-2001*
- IEA 2002 : *World Energy Outlook*
- IPCC 2001 : *Climate change 2001, Synthesis report*
- IPCC 2000 : *Emissions scenarios: A special report of working group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change*
- UN 2002 : *World population prospects*
- WBCSD 2004 : *Mobility 2030: Meeting the challenges to sustainability*

Qu'est-ce que le WBCSD ?

Le WBCSD (World Business Council for Sustainable Development) regroupe 170 entreprises internationales unies par leur engagement commun pour un développement durable, au service du progrès social, sans impact insupportable sur l'équilibre écologique et compatible avec la croissance économique. Nos membres représentent plus de 30 secteurs industriels majeurs, répartis dans 35 pays. Nous bénéficions également d'un réseau mondial de 50 organismes professionnels et organisations partenaires au niveau régional et national, impliquant environ 1000 dirigeants d'entreprises dans le monde.

Notre mission

Montrer la voie à suivre et jouer le rôle de catalyseur du changement, afin de contribuer à la transition vers le développement durable et de promouvoir les concepts d'efficacité, d'innovation et de responsabilité sociale de l'entreprise.

Nos objectifs

De par cet engagement, nos objectifs stratégiques englobent :

- > **L'orientation des entreprises** : être précurseurs sur les enjeux liés au développement durable
- > **Le développement de politiques** : contribuer à l'élaboration de nouvelles politiques, afin de créer un cadre favorable au développement durable
- > **Le recours aux meilleures pratiques** : démontrer les progrès de l'industrie en termes de gestion de l'environnement et des ressources et de responsabilité sociale de l'entreprise et partager nos meilleures pratiques avec les autres membres du WBCSD
- > **Une démarche de portée mondiale** : bâtir ensemble un avenir durable pour les pays industrialisés et les pays émergents

Avertissement

Cette brochure est publiée au nom du WBCSD. Comme les autres documents publiés par le WBCSD, c'est le résultat d'une collaboration entre les agents du secrétariat et des cadres de différentes entreprises : les versions successives du document ont été revues par un nombre important de nos membres de manière à ce qu'il corresponde à l'opinion de la majorité des membres du WBCSD. Cela n'entraîne pas que chaque entreprise membre soit d'accord sur la totalité du texte.

Projet énergie et climat

Co-présidents Anne Lauvergeon (AREVA)
John Manzoni (BP)
Egil Myklebust (Norsk Hydro)

Groupe de travail Représentants de 75 entreprises membres et 12 partenaires BCSD régionaux.

Tous nos remerciements aux membres du groupe de travail « Énergie et Climat » pour leur contribution à cette brochure.

Directeur du projet Laurent Corbier (WBCSD)
Auteur principal David Hone (Shell)
Auteur associé Simon Schmitz (WBCSD)
Design Michael Martin and Anouk Pasquier (WBCSD)
Crédits photos Images de couvertures, pages 8 et 9 aimablement mises à disposition par Toyota Motor Corporation.

Copyright © WBCSD, août 2004
ISBN 2-940240-63-9

La version française de ce document a été réalisée par :
Entreprises pour l'Environnement,
partenaire du WBCSD depuis 1993.

Pour commander ce document :

Entreprises pour l'Environnement
41 rue des Trois Fontanot
92024 NANTERRE Cedex
Tél. : 01 55 69 13 33
e-mail : contact@epe-asso.org
site : www.epe-asso.org

Documents du WBCSD disponibles à :

www.wbcds.org
www.earthprint.com