

9 Comment réussir la transition énergétique ?

Les conditions à réunir pour réussir la transition énergétique

Les différentes options présentées dans les chapitres précédents permettent-elles d'assurer de manière satisfaisante la transition énergétique qui s'impose à nous ?

Les conditions pour y arriver ont été évoquées à différentes reprises. La limitation des émissions de CO₂ représente la principale contrainte. Malgré les incertitudes qui demeurent, il faut choisir l'hypothèse de travail la plus raisonnable. L'objectif adopté par l'Union Européenne de limiter à 2 °C l'élévation moyenne de température apparaît à l'heure actuelle comme le plus approprié. Comme nous l'avons vu, les émissions de CO₂ doivent rester à un niveau compatible avec une teneur en CO₂ dans l'atmosphère de 450 ppm à l'horizon 2050. Pour y parvenir, il faut, au niveau mondial et par rapport à aujourd'hui, diviser par un facteur de l'ordre de 2 les émissions de CO₂.

Parallèlement, nous aurons à faire face à un plafonnement, puis un déclin, de la production mondiale d'hydrocarbures.

Face à cette situation, nous devons tout faire pour nous prémunir à la fois d'une crise économique majeure et d'une catastrophe environnementale. La tâche n'est pas facile, mais pas impossible, à condition d'engager dès à présent les actions appropriées. Alors que la poursuite des tendances actuelles aboutit à une situation intenable, il nous est encore possible, en mettant en œuvre l'ensemble des moyens décrits précédemment, d'aboutir à un scénario acceptable à l'horizon 2050.

Pour réussir, il ne suffira cependant pas de disposer de solutions technologiques. Il faudra aussi faire preuve de créativité et d'innovation dans tous les domaines, en faisant évoluer profondément les modes de vie.

En définitive, c'est donc un nouveau projet de société qu'il s'agit de mettre en place.

Établir un scénario d'évolution acceptable

Nous allons montrer qu'en agissant selon les quatre leviers présentés dans les chapitres précédents (réduire la consommation d'énergie, réduire son contenu carbone, maîtriser les approvisionnements en énergies fossiles, capter et stocker le CO₂ émis), il est possible de satisfaire les besoins mondiaux en énergie, tout en limitant les émissions de CO₂ à un niveau acceptable.

Pour ce faire, examinons les scénarios d'évolution à l'horizon 2050. Cette date représente la limite des projections actuelles et un point de repère important pour le bilan CO₂. D'ici là, il faudra réussir à stabiliser la teneur en CO₂ dans l'atmosphère (ce qui implique bien entendu, comme on l'a vu, d'engager un plan d'actions dès à présent).

Partant du niveau de consommation de 2005, le premier scénario « BAU », pour « *Business as usual* », est obtenu en extrapolant les tendances actuelles (Fig. 9.1). Dans ce scénario, la consommation mondiale d'énergie enregistre un doublement en moins de cinquante ans, passant de 11,4 Gtep/an en 2005 à 22,7 Gtep/an en 2050. L'offre d'énergie reste assurée à 80 % par les énergies fossiles, le charbon représentant 26 % de la fourniture d'énergie primaire, le pétrole 32 % et le gaz naturel 22 %. Les émissions de CO₂ correspondantes passent ainsi de 26,6 Gt/an en 2005 à 52 Gt /an en 2050. Ce scénario n'est clairement pas acceptable ni même réaliste. Il faut noter toutefois que ce n'est pas le plus pessimiste.

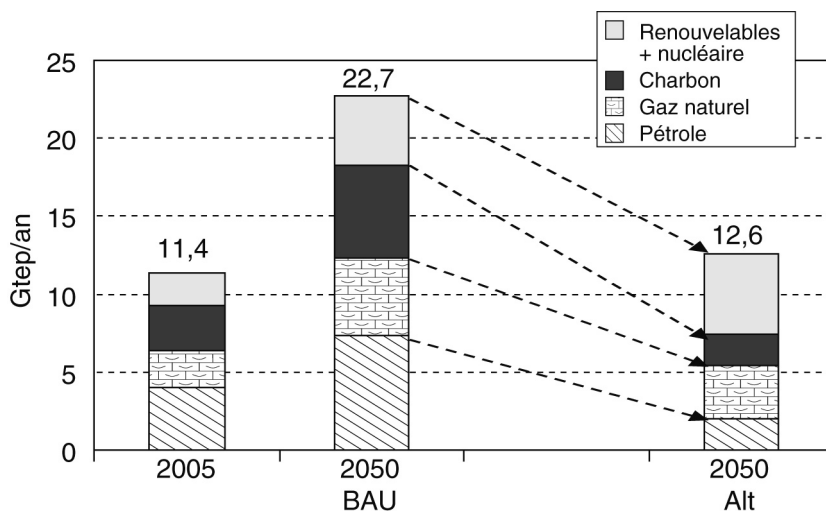


Figure 9.1 : Évolution de la consommation mondiale d'énergie

Le second scénario, qualifié d'alternatif (Alt), permet de répondre aux mêmes besoins, mais avec un niveau d'émissions réduit à 14,5 Gt/an en 2050, soit un facteur de réduction de 3,6 par rapport au scénario de référence (BAU).

Il est obtenu en agissant sur les quatre leviers d'action présentés précédemment :

- L'amélioration de l'efficacité énergétique aboutit d'ici 2050 à réduire de 44 % la consommation annuelle d'énergie, en passant d'une consommation de 22,7 Gtep/an à une consommation de 12,6 Gtep/an.
- La part globale des énergies fossiles passe de 80 % à 59 %.
- La consommation de charbon est divisée par un facteur 3 par rapport au scénario de référence et ne représente plus que 16 % de la consommation annuelle d'énergie dans le scénario alternatif.
- La consommation d'hydrocarbures, bien que fortement réduite par rapport au scénario de référence, reste néanmoins

proche du niveau actuel, avec un accroissement significatif de la part du gaz naturel, ce qui implique un effort important pour assurer le niveau de production correspondant.

Le scénario alternatif est cohérent avec l'hypothèse d'une consommation de pétrole atteignant son maximum avant 2050, puis diminuant progressivement par la suite, pour revenir à un niveau proche du niveau actuel vers 2050. Ceci implique d'utiliser le pétrole principalement pour la production de carburants, d'aboutir à une forte réduction de la consommation et de développer les énergies alternatives (biocarburants, hybrides rechargeables et peut-être hydrogène dès la fin de la période considérée...).

La consommation de gaz naturel est supposée augmenter jusqu'en 2030 pour se stabiliser ensuite, suivant sensiblement un plateau de consommation.

Atteindre les objectifs visés

L'évolution suivie dans les différents scénarios considérés est représentée sur le graphique de la figure 9.2. Sur ce graphique, les émissions de CO₂ (en milliards de tonnes par an) sont représentées en fonction de la consommation d'énergie (en milliards de tonnes d'équivalent pétrole par an).

La réduction des émissions de CO₂ est obtenue en agissant sur les trois facteurs analysés précédemment :

- L'amélioration de l'efficacité énergétique conduit d'ici 2050 à une réduction des émissions de CO₂, d'environ 23 Gt/an (passage du point F1 au point F2).
- Par décarbonation du *mix* énergétique, on obtient, à niveau de consommation d'énergie conservé, une réduction des émissions de CO₂ de l'ordre de 7,5 Gt/an (passage du point F2 au point F3) :
- Le captage et le stockage de CO₂ ainsi que les puits de carbone permettent de réduire encore les émissions de l'ordre

de 7 Gt/an (passage du point F3 au point F4). Les puits de carbone (opérations volontaires de reforestation ou de production de biomasse destinées à améliorer le bilan carbone) n'interviennent que pour une part relativement faible de ce total, ne dépassant pas 1 Gt/an. La mise en œuvre du captage et stockage de CO₂ va nécessiter un effort considérable. En effet, dans le cas d'une opération comme celle de Sleipner, le débit de CO₂ injecté dans le sous-sol est de 1 Mt/an ; à l'échelle mondiale, il faudra donc réaliser l'équivalent de 6 000 à 7 000 opérations de ce type d'ici 2050, pour atteindre le niveau requis de réduction des émissions de CO₂.

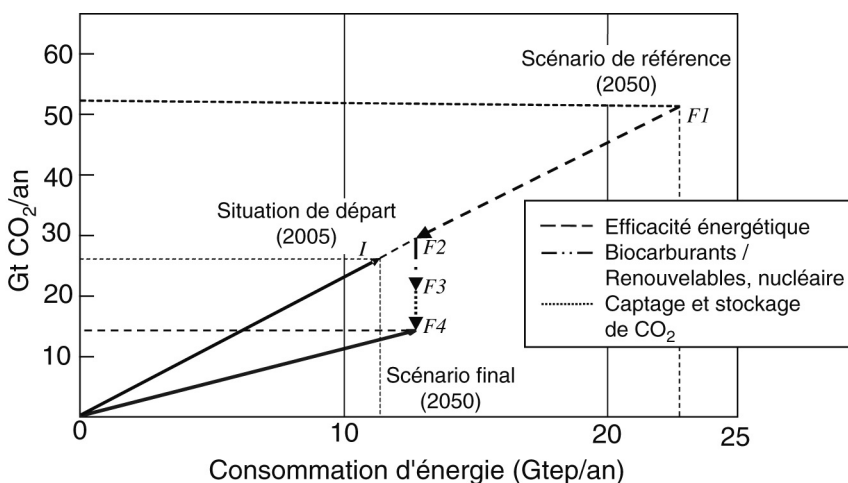


Figure 9.2 : Scénario d'évolution de la demande mondiale d'énergie et des émissions de CO₂ à l'horizon 2050

La figure 9.3 présente l'évolution au cours du temps des émissions mondiales de CO₂ dans le scénario de référence et dans le scénario alternatif. Elle montre l'impact des différents leviers d'action.

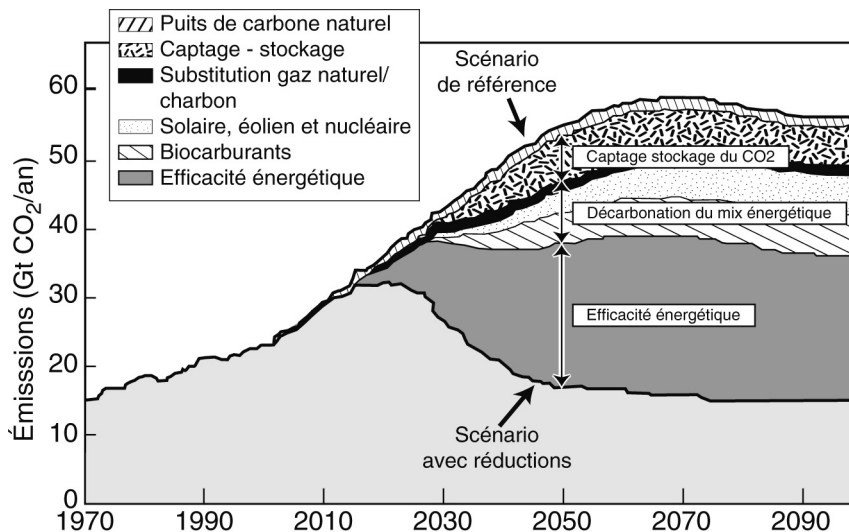


Figure 9.3 : Scénario d'évolution des émissions mondiales de CO₂

Les données de la figure 9.3 sont le résultat d'un scénario établi au niveau européen, figurant dans un rapport de l'Agence Européenne de l'Environnement, avec des hypothèses proches de celles qui ont été considérées précédemment [95, 96].

Dans le scénario alternatif, les émissions de CO₂ passent par un maximum vers 2020, puis décroissent jusqu'à un niveau proche de la moitié du niveau actuel vers 2050.

Les perspectives de réussite

Le scénario alternatif montre qu'il est possible de réussir, mais il ne pourra pas aboutir sans une volonté politique forte et une large adhésion de l'opinion. Dès lors, se pose la question de son réalisme et de ses réelles chances de succès.

Les difficultés sont d'autant plus grandes qu'il faudra engager et faire aboutir des négociations au niveau international pour mettre en place un plan d'action à l'échelle de la planète.

L'opinion internationale sera surtout sensible à des épisodes catastrophiques, liés soit au changement climatique, soit à une pénurie des approvisionnements énergétiques. Le principal risque réside donc dans une prise de conscience trop tardive des risques encourus, qui ne permettrait pas d'anticiper suffisamment à temps l'évolution future.

L'urgence des actions à entreprendre est pourtant claire. Plus tôt nous serons capables de les engager, plus nous serons capables d'éviter les résultats catastrophiques que provoquerait l'inaction. Il faut donc aller de l'avant, en considérant que tout progrès réalisé aura un impact significatif sur l'évolution future.

La réussite suppose un ensemble indissociable de mesures, visant à :

- Assurer les progrès technologiques nécessaires.
- Faire évoluer les modes de vie et de consommation.
- Mettre en place de nouvelles règles de gouvernance et, au-delà, un véritable projet de société, dans une perspective de développement durable.

Les progrès technologiques à assurer

Nous l'avons vu, pour réussir, la transition énergétique devra faire appel à des technologies spécifiques, dont certaines ont été décrites dans les chapitres précédents : systèmes hybrides, biocarburants, batteries électriques, captage et stockage du CO₂, etc.

Ces différentes technologies seront disponibles progressivement et devront être déployées par phases successives pour assurer une transition énergétique sans rupture.

L'amélioration de l'efficacité énergétique représente, dans un premier temps, le principal moyen pour réduire d'ici 2020 les émissions de CO₂ et faire face au plafonnement de la production de pétrole et de gaz. Ce sera le facteur dominant des deux prochaines décennies.

Puis, entre 2015 et 2030, sous réserve que nous nous engagions rapidement et massivement dans les voies correspondantes, d'autres

options telles que les biocarburants, la production d'électricité à partir de sources d'énergie non fossiles et le captage-stockage de CO₂ vont jouer un rôle croissant.

À plus long terme, à partir de 2030/2050, de nouvelles options énergétiques seront mises en place de façon progressive : nucléaire de génération IV, solaire photovoltaïque, systèmes de stockage d'énergie et utilisation d'hydrogène comme vecteur énergétique.

Tableau 9.1

Mise en œuvre des technologies de la transition énergétique

Court terme (2008-2020)	Moyen terme (2015-2030)	Long terme (après 2030-2050)
Amélioration des rendements Nouveaux matériaux Systèmes de régulation et de contrôle Énergie ex-biomasse	Systèmes hybrides Biocarburants Captage et stockage de CO ₂ Développement options de long terme	Hydrogène comme vecteur énergétique Nucléaire Génération IV Stockage de l'électricité Photovoltaïque

Le tableau 9.1 présente les phases de mise en œuvre des technologies de la transition énergétique, telles qu'il est possible de les envisager actuellement.

La mise au point de technologies propres et performantes dans le domaine de l'énergie sera favorisée par une convergence des progrès techniques dans trois domaines :

- **Matériaux avancés et nanotechnologies**

De nouveaux matériaux seront utilisés pour réduire les frottements, atteindre des températures et des rendements plus élevés, mieux stocker l'énergie ou encore réaliser de nouveaux types de photopiles. De nouveaux catalyseurs et membranes de séparation permettront de développer des procédés industriels combinant performance énergétique et protection de l'environnement.