



Comment réduire les émissions de CO₂ ?

Les réponses de l'IFP

L'IFP inscrit les travaux sur la réduction des émissions de CO₂ au cœur de ses programmes de recherche. La stratégie de l'IFP vise, en effet, à répondre aux nouveaux enjeux industriels et sociétaux dans les domaines de l'énergie, des transports et de l'environnement. La prévention des risques de changement climatique dû aux émissions de gaz à effet de serre, et tout particulièrement de CO₂, constitue l'un de ces enjeux auquel la recherche doit pouvoir apporter des réponses.

- La réduction des émissions de CO₂ et la transition énergétique

Le secteur énergétique est responsable d'environ 80 % des émissions de gaz à effet de serre. La demande mondiale d'énergie va croître de façon significative dans les prochaines décennies, en particulier dans les pays en développement (Chine et Inde). Cette croissance de la demande sera principalement due à la production d'électricité et aux besoins de transport, secteurs à l'origine des émissions de gaz à effet de serre les plus élevées. Parallèlement, les énergies fossiles (pétrole, gaz et charbon) - dont la combustion est à l'origine de plus des trois quarts des émissions de CO₂ - vont continuer à jouer un rôle majeur dans les prochaines décennies, en particulier dans le secteur des transports.

Dans ce contexte, l'enjeu est de pouvoir continuer à utiliser les combustibles fossiles - tant que ceux-ci sont disponibles et en attendant des énergies alternatives pouvant s'y substituer massivement - mais de façon plus propre. Il apparaît notamment urgent de maîtriser les émissions de CO₂. Les recherches de l'IFP visent à développer des technologies permettant d'assurer cette transition énergétique dans des conditions environnementales et économiques acceptables.

- L'IFP et la réduction des émissions de CO₂ dans le domaine des transports

Le secteur des transports, deuxième secteur émetteur de CO₂, dépend à 98 % du pétrole. Les énergies alternatives existent mais ne représentent et ne représenteront, à court et à moyen termes, qu'une part relativement faible du total de la consommation, pour des raisons à la fois économiques et de disponibilité. Une transition massive vers une autre source d'énergie ne pourra se faire avant plusieurs décennies. La réduction des émissions de CO₂, qui passe par la réduction de la consommation des moteurs, constitue donc un défi majeur pour l'industrie et la recherche automobiles.

• L'amélioration du rendement des moteurs

L'IFP travaille à l'amélioration des technologies traditionnelles moteurs et carburants, et en particulier, à la réduction de la consommation et des émissions des véhicules. Pour le moteur à essence, l'IFP développe des technologies diminuant sensiblement la consommation et, par

conséquent, les émissions de CO₂ (technologie "downsizing" de réduction de la taille du moteur avec suralimentation adaptée, nouveaux modes de combustion, etc.). L'hybridation est également une voie étudiée par l'IFP. La gestion optimisée de l'énergie à bord du véhicule hybride permet de réduire les consommations.

- Le développement de carburants à contenu carboné moins élevé

La réduction des émissions de CO₂ passe également par l'utilisation de carburants émettant moins de CO₂ que le pétrole, comme le gaz naturel comprimé pour véhicules (GNV), les biocarburants ou les GTL (gas to liquid)*. L'IFP développe des procédés innovants de production de ces carburants et met au point des moteurs dédiés en adaptant les moteurs classiques.

* le gaz naturel est converti en « gaz de synthèse » (un mélange de monoxyde de carbone (CO) et d'hydrogène) qui peut être transformé en carburant liquide par synthèse Fischer-Tropsch.

- La conception, à plus long terme, de technologies futures de rupture

À plus long terme, l'utilisation de l'hydrogène dans le secteur des transports pourrait constituer une alternative aux carburants d'origine fossile et contribuer à la réduction des émissions de CO₂. Mais son développement se heurte encore à des défis scientifiques, technologiques et économiques majeurs. L'IFP, qui présente à son actif d'importants travaux de R&D sur la production d'hydrogène (reformage), son stockage et son utilisation, tant dans l'industrie du raffinage que dans le domaine des transports (piles à combustibles), est bien placée pour accompagner l'émergence de cette nouvelle filière. Le développement des filières de production d'hydrogène à partir de combustibles fossiles (avec capture et stockage du CO₂) permettrait d'amorcer la transition énergétique vers une économie de l'hydrogène dont le déploiement ne pourra être que long et très progressif.

- L'IFP, acteur sur l'ensemble de la filière capture, transport et stockage du CO₂

Plus d'un tiers des émissions de CO₂ dans le monde est produit par des sources concentrées (centrales thermiques, cimenteries, raffineries, etc.). La capture et le stockage du CO₂ apparaît comme la seule solution pouvant limiter, à grande échelle, ces émissions. Cette filière offre une solution de transition pour une industrie qui va continuer à utiliser en partie les énergies fossiles, en attendant que des énergies renouvelables puissent progressivement prendre le relais.

L'IFP est fortement engagé dans la recherche de technologies nouvelles sur toute la filière, - capture, transport et stockage - les compétences nécessaires à leur développement étant celles mises en œuvre dans le cadre de l'exploitation pétrolière. L'IFP participe, dans ce domaine, à plusieurs programmes de recherche et développe ses propres procédés, dans un souci constant de rentabilité et de finalité industrielle.

- Point économique clé : la capture du CO₂

D'un point de vue économique, c'est d'abord sur les technologies de capture que des progrès notables doivent être faits. Cette étape, qui consiste à séparer le CO₂ des autres constituants (vapeur d'eau, azote...), représente environ 70% du coût total, évalué entre 50 et 70 € par tonne de CO₂ évitée.

Il existe des procédés de capture du CO₂ qui sont bien connus, en particulier à l'IFP : ils sont utilisés depuis longtemps dans l'exploitation du gaz naturel dont les concentrations en CO₂ sont réglementées. Le CO₂ est extrait dans des colonnes de lavage grâce à un solvant chimique qui est ensuite régénéré. Le même principe pourrait être utilisé pour piéger le CO₂ rejeté dans les

fumées de combustion. Mais, compte tenu des volumes à traiter et de leur faible concentration et faible pression en CO₂, le procédé induit une forte surconsommation énergétique. L'IFP étudie de nouvelles technologies en mettant l'accent sur la minimisation de leur consommation énergétique et la réduction de la taille des installations et des investissements. Des solutions prometteuses ont été brevetées à l'IFP courant 2004. Elles sont, pour l'instant, au stade des études de laboratoire. Leur débouché industriel est envisagé à l'horizon 2010-2015.

Dans le cas de nouvelles installations, des solutions plus efficaces sont envisagées comme l'oxy-combustion, une combustion en présence d'oxygène pur au lieu de l'air, qui permet d'obtenir des fumées plus concentrées en CO₂. Mais la séparation de l'oxygène de l'air, obtenue en général par distillation cryogénique, est coûteuse et consommatrice d'énergie. L'IFP étudie également un autre moyen de production d'oxygène à partir de l'air qui consiste à placer dans la zone de combustion un support métallique qui, en circulant, transfère l'oxygène.

La troisième solution, à plus long terme, est la plus ambitieuse mais aussi la plus prometteuse. Elle consiste à isoler le CO₂ produit par les combustibles fossiles ou d'autres charges (comme la biomasse), mais cette fois avant l'étape de combustion. Cette voie permettrait de produire de l'hydrogène tout en capturant efficacement le CO₂*. Dans ce domaine, l'IFP participe au programme européen, HypoGen, lancé en 2004.

* le combustible est converti en entrée d'installation en gaz de synthèse, mélange de monoxyde de carbone (CO) et d'hydrogène. Puis lors d'une étape de conversion, le CO réagit avec l'eau pour former du CO₂ et de l'hydrogène qui sont ensuite séparés.

▪ Transporter et injecter du CO₂ liquide

Le CO₂ devra ensuite être acheminé, probablement sur plusieurs centaines de kilomètres, vers un lieu de stockage. A l'heure actuelle, pour les besoins de l'industrie pétrolière, on le transporte dans des gazoducs, à l'état supercritique (à plus de 31°C et 73 bars). Cela nécessite des installations de compression et d'injection adaptées. L'IFP développe une solution alternative, où le CO₂ pourrait être transporté et injecté dans le sous-sol à l'état liquide, à une température qui reste proche de la température ambiante. Après deux années de recherches, l'IFP a breveté un procédé d'injection de CO₂ liquide qui devrait être testé dans un pilote industriel et qui devrait permettre de réduire sensiblement les investissements correspondants.

▪ Stocker du CO₂ dans le sous-sol profond en toute sécurité

Trois solutions de stockage devraient permettre de séquestrer le CO₂ sur de longues périodes ; il s'agit de couvrir non seulement la durée pendant laquelle les combustibles fossiles resteront disponibles, 1 à 2 siècles, mais aussi la durée du cycle océanique, environ un demi millénaire.

Première solution : les gisements de pétrole et de gaz naturel épuisés. Ils ont l'avantage d'être bien connus et leur étanchéité a, en quelque sorte, déjà été éprouvée. Les pétroliers utilisent déjà l'injection de CO₂ pour améliorer la récupération du pétrole. Néanmoins, leurs capacités sont limitées (920 milliards de tonnes) et souvent très éloignées des installations industrielles.

La vraie capacité de stockage se situe dans les aquifères salins profonds. Ces nappes d'eau souterraines sont présentes un peu partout dans le monde et pourraient stocker 10 000 milliards de tonnes de CO₂. Mais il reste beaucoup à faire pour les caractériser, en particulier sur leur capacité à confiner le CO₂ sur le long terme.

Dernière solution : les veines de charbon non exploitées. L'injection peut s'accompagner d'une production de méthane (gaz naturel) qui peut être commercialisé.

Le stockage présente des enjeux de nature technique et réglementaire. En effet, cette solution devra démontrer qu'elle est un moyen efficace de lutte contre le changement climatique (temps de rétention du CO₂ suffisant) et qu'elle ne cause aucun dommage à l'environnement local. Pour ce faire, il faudra disposer d'outils fiables de modélisation du devenir du CO₂ stocké et de techniques de gestion et de surveillance suffisamment sensibles. L'IFP a lancé des programmes de recherche ambitieux sur ces thèmes.

Des technologies développées à l'IFP pour le secteur pétrolier

Un certain nombre de technologies de pointe utilisées dans le secteur pétrolier seront mises à profit, en particulier pour maîtriser l'injection du CO₂ dans les réservoirs souterrains et suivre l'évolution du stockage. Des techniques de caractérisation des propriétés pétrophysiques des formations souterraines en présence de CO₂ sont développées en parallèle avec les outils numériques de modélisation afin de prendre en compte, de manière intégrée et prédictive, l'ensemble des mécanismes physiques qui vont contrôler les opérations de stockage, que ce soit à court terme (opération d'injection proprement dite) ou à long terme (suivi et intégrité du site de stockage).

A court terme, l'un des enjeux majeurs concerne la caractérisation des paramètres d'écoulement en tenant compte, d'une part, des interactions entre le CO₂ et les fluides en place dans la formation et, d'autre part, des possibles interactions entre les fluides et la roche ; ces phénomènes vont conditionner la distribution du CO₂ dans le sous-sol et l'existence éventuelle de problèmes d'injectivité pouvant remettre en cause la faisabilité du stockage.

A plus long terme, la caractérisation des paramètres de type mécanique, pétroacoustique et électrique, ainsi qu'une caractérisation détaillée au niveau des ciments et des roches de couverture est nécessaire pour s'assurer de l'intégrité du site retenu mais également pour quantifier et cartographier l'évolution du CO₂ dans le sous-sol sur de longues périodes. Pour ce faire, les techniques sismiques d'imagerie du sous-sol en 3 dimensions, développées pour l'industrie pétrolière depuis une dizaine d'années, et les techniques de surveillance des stockages de gaz (par « écoute passive »), en cours de démonstration industrielle, aideront à identifier les chemins de migration et à maîtriser les stockages sur le long terme.

- L'IFP, au coeur de l'action nationale, européenne et internationale

Dans le domaine de la capture et du stockage, comme dans d'autres domaines clés (moteur propre, hydrogène), l'IFP conduit, le plus souvent, ses travaux au sein de collaborations nationales et européennes, avec des industriels et d'autres organismes de recherche.

En France, l'IFP fait notamment partie du Club CO₂ qui fédère les actions françaises dans le domaine de la capture et du stockage géologique du CO₂ et coordonne le projet Picoref qui vise à étudier la faisabilité du stockage de CO₂ dans les réservoirs souterrains situés sur le territoire national.

Dans le cadre européen, l'IFP coordonne le projet Castor financé par la Commission Européenne. L'objectif est de développer les technologies devant permettre la capture et le stockage géologique de 10% des émissions européennes de CO₂, soit 30% des émissions des grosses installations industrielles (centrales thermiques de production d'électricité

principalement). Castor est le premier projet mondial à traiter, en même temps, les problématiques de capture et de stockage et à valider ses recommandations grâce à la mise en place de site de tests pilotes. 4 sites de stockage seront étudiés dans le cadre de ce projet : un ancien réservoir d'hydrocarbures opéré par Repsol (en mer Méditerranée, Espagne), deux gisements de gaz épuisés, l'un opéré par Gaz de France (à 2500 m de profondeur en mer du Nord, Pays-Bas) et l'autre opéré par Rohoel (à 500 m de profondeur en Autriche), ainsi qu'un aquifère salin profond opéré par Statoil (Snøhvit, en mer du Nord, Norvège).

L'IFP est partie prenante dans de nombreux autres projets européens liés au CO₂ : Recopol (injection du CO₂ dans des veines de charbon), ICBM (récupération de méthane par injection de CO₂ dans les veines de charbon), SACS (ré-injection de CO₂ en provenance d'un gisement de gaz dans un aquifère salin), NGCAS (stockage dans un gisement d'hydrocarbures en Mer du Nord), ENCAP (production d'hydrogène et capture du CO₂ en précombustion). Enfin, l'IFP coordonne le projet INCA-CO₂ qui vise à positionner, sur le plan international, le savoir-faire européen dans le domaine.

A l'échelle internationale, l'IFP est présent dans les programmes de recherche CLSF (forum créé sur initiative américaine visant à promouvoir la filière) et GHG (programme de l'AIE).

A l'instar de nombreux projets conduits dans le secteur pétrolier, l'IFP, dans le domaine du CO₂, est à l'initiative de travaux de recherche menés en partenariats avec d'autres acteurs, notamment industriels, dans le cadre de JIPs (Joint Industry Projects). Les recherches engagées dans ces JIPs concernent essentiellement le comportement du CO₂ lorsqu'il est injecté ou stocké dans des formations géologiques.

**Développer les technologies permettant de fournir l'énergie
pour satisfaire les besoins mondiaux croissants de mobilité,
de façon durable et respectueuse de l'environnement,
tout au long du XXI^e siècle,
est le défi majeur que doit relever l'IFP.**

Pour en savoir plus : L'IFP et le CO₂

<http://www.ifp.fr/IFP/fr/ifp/fb12.htm>

Contact presse :

Anne-Laure de Maignan

Tél : 01 47 52 62 07 - a-laure.de-maignan@ifp.fr