

Le transport du CO₂ : contraintes et perspectives

La Rédaction¹.

Introduction

Parmi les modes de transport, l'usage de la route ou de la voie ferrée est limité à des petites quantités, pour des marchés spécifiques. Ce point ne sera pas détaillé car ce dont il est question ici est le transport de grosses quantités de CO₂ qui peut se faire soit par pipe-line (carboduc) à terre ou en mer (*onshore ou offshore*) soit par bateau.

Le transport de CO₂ par carboduc est maintenant bien maîtrisé dans certaines régions du monde comme l'Amérique du Nord pour le transport terrestre ou la Norvège pour le transport en mer. Depuis une trentaine d'années, les compagnies américaines amènent du CO₂ aux puits de pétrole de l'ouest texan dans lequel il est injecté au titre de l'EOR². De même l'expérience du champ pétrolier de Weyburn (Canada), où l'on injecte du CO₂ en provenance de l'usine de Beulah (Dakota Nord), acheminé par un carboduc de 330 km de long, fait figure de référence mondiale. Construit en acier au carbone pour une épaisseur de 9,52 mm, son diamètre est de 35,56 cm (14 pouces) sur un 1^{er} tronçon de 190 km (118 milles) et de 30,46 cm (12 pouces) sur les 140 km suivants (87 milles). Ce choix de double diamètre relève d'un souci d'optimiser la gestion des flux. Le CO₂ est transporté sous forme supercritique³ au rythme d'environ 8 000 t/j⁴. Mis en fonctionnement en 2000, le carboduc n'a rencontré aucune

difficulté notable de fonctionnement.

Aux États-Unis, les réseaux correspondants représentent environ 7 000 km, contre 800 000 km pour les gazoducs, et acheminent environ 60 Mt CO₂ annuellement. Pour l'Europe, les experts de l'AIE estiment que 30 000 à 150 000 km de carboducs pourraient être nécessaires pour transporter le CO₂ depuis les principaux sites d'émissions industrielles jusqu'aux lieux de stockage ou aux sites portuaires d'expédition. Pour mémoire, le réseau français de transport de gaz naturel représente environ 32 000 km.

Quatre bateaux assurent déjà le transport maritime de CO₂, sous 14 bars de pression (contre 74 en carboduc), à destination de l'industrie agro-alimentaire, dont 3 chez Larvik Shipping (M/T YARA GAS I, II, III⁵), d'une capacité de 900 à 1 200 m³ de CO₂ (2 cuves). Ce qui est projeté aujourd'hui ce sont des bateaux de 30 000 m³, voire plus, pour un marché développé.

Malgré l'absence d'un marché du CO₂, de nombreux projets de recherche et développement ont été lancés, associant des organismes de recherche comme l'IFP, TNO ou le BRGM et les industriels concernés, dans une logique d'échanges de savoir-faire sur les aspects techniques et les coûts. Nous abordons ci-après un certain nombre de points techniques, juridiques ou sociaux soulevés par le transport de CO₂.

1. Remerciements à Sandrine Decarre (IFP Énergies nouvelles) pour son aide dans l'élaboration de l'article

2. Enhanced Oil Recovery.

3. Le terme de supercritique s'applique à un fluide chauffé au-delà de sa température critique (31°C pour le CO₂) et lorsqu'il est comprimé au-dessus de sa pression critique (environ 74 bars, pour le CO₂).

4. À noter que depuis 2000, les émissions de CO₂ de l'usine de Beulah ont été réduites de 45%.

5. Yara est une filiale de NorskHydro.

Acceptabilité sociale

L'acceptabilité sociale est une question majeure pour l'implantation d'un carبودuc à terre, surtout si le territoire traversé est assez densément habité, d'autant que, à l'inverse du gaz naturel voire de l'hydrogène, le CO₂ n'est en général pas considéré dans l'esprit du public comme un fluide industriel d'intérêt général. D'ailleurs, le projet ANR⁶ SOCECO₂ (12/2006 - 5/2009), coordonné par le CNRS et qui concerne l'économie et la sociologie de la filière captage - stockage géologique de CO₂, englobe le volet « transport » sans toutefois l'appréhender de façon spécifique sauf au niveau des coûts. Pour comprendre les conditions selon lesquelles la filière captage - stockage de CO₂ pourrait se développer en France, le projet s'intéresse à la perception des acteurs concernés, en distinguant les différents publics notamment autour du démonstrateur de Lacq, et aux enjeux économiques et environnementaux de cette filière.

La question de l'acceptabilité sociale ne se pose pas pour le transport offshore qui est régi par des règlements maritimes internationaux et pas par des approches spécifiques de pays riverains. Pour l'injection offshore, le CO₂ est d'ailleurs considéré comme un fluide industriel. La question de l'acceptabilité sociale n'est pas non plus abordée *onshore* aux États-Unis où la tendance est plutôt à prendre parti sur retour d'expérience et non pas préventivement.

Législation

En l'absence de marché du CO₂, il n'y a pas de législation mise en place, ni en France, ni en Europe, ni ailleurs dans le monde. La qualification du CO₂ n'a pas non plus été tranchée, y compris lors de la récente conférence de Londres sur le transport de CO₂ par bateau⁷, entre un fluide industriel et un déchet dont le transport impliquerait une dérogation à l'interdiction d'export. L'absence de législation se fait surtout sentir en ce qui concerne le transport terrestre alors qu'*offshore*, le besoin de législation concerne surtout le réservoir. Pour l'exploitation pétrolière offshore, le CO₂ est considéré comme un fluide industriel qui rentre dans la filière au titre de la récupération assistée (EOR).

Corrosion

Le CO₂ contient des impuretés (SO_x, NO_x, Eau, Ar, N₂, CO...) qui peuvent mener à des écoulements diphasiques (présence de liquide dans les conduites) ou engendrer des problèmes de corrosion. Pour éviter la présence d'eau, le CO₂ peut être asséché, mais le coût de l'opération est élevé. En matière de transport, il y a donc un équilibre

à trouver entre le niveau d'impuretés acceptable par le transporteur et le coût d'élimination des impuretés que l'émetteur peut économiquement accepter. Sur ce point, il n'y a pas lieu de traiter différemment le transport *onshore* et *offshore*. En outre, tant qu'il n'y a pas de marché de CO₂, ce point ne peut être véritablement réglé.

Réseaux

L'acheminement du CO₂ depuis les points de captage jusqu'aux sites de stockage ou d'embarquement ne peut se faire que par un réseau de carبودucs permettant d'intégrer la diversité des sites concernés. Au niveau du gaz naturel, cette organisation en réseau est bien maîtrisée, y compris en ce qui concerne les installations intermédiaires sur les trajets et les terminaux. En matière de carبودucs, plusieurs aspects doivent être vérifiés ou optimisés : joints élastomères, dispositifs de monitoring, cuves tampons sous-pression permettant d'isoler des secteurs sur le réseau, etc. Le projet européen COCATE, coordonné par l'IFP Énergies nouvelles, porte sur la mutualisation d'installations pour les petits émetteurs de CO₂ (de 10 000 à quelques centaines de milliers de tonnes par an à comparer aux quelques millions de tonnes par an pour les gros émetteurs), qui ne peuvent individuellement assumer la mise en place d'un réseau de transport.

On peut citer ici l'exemple de Rotterdam (*Rotterdam Climate Initiative, RCI*) qui a décidé d'adapter ses installations portuaires en créant de nouvelles lignes dédiées au transport de CO₂. L'idée est d'abord de capter le CO₂ issu des différents émetteurs de la zone portuaire puis, dans un 2^{ème} temps, de faire en sorte que le port de Rotterdam devienne un site d'export pour le CO₂ néerlandais et européen.

Le transport maritime comporte aussi des terminaux soit pour des stockages intermédiaires, soit pour injection directe dans les puits. Le lien bateau - terminal se fait par pipe rigide ou flexible. Se pose dans ce cadre la question de la limite de la responsabilité du transporteur.

Transport maritime

Comme nous l'avons évoqué précédemment, très peu de bateaux existent pour le transport du CO₂ car la logique des transporteurs est d'investir dans la fabrication de bateaux lorsqu'il y a un marché, et celui-ci n'existe pas encore pour le CO₂. En outre, l'objectif visé est le transport de 30 000 à 100 000 t de CO₂ par navire, soit 30 à 100 fois plus que les capacités actuelles. Ceci implique notamment une augmentation de la capacité ou du nombre de cuves et des dispositifs de surveillance adaptés. Lors de la conférence de Londres, déjà évoquée, on a avancé l'idée de développer des bateaux à usage mixte, LNG et CO₂, cela

6. Agence Nationale de la Recherche.

7. Riviera Maritime Media's CO₂ Shipping Conference, Londres, 6-7 May 2010.

POUR SITUER LA FILIÈRE DE CAPTAGE - STOCKAGE SOUTERRAIN DE CO₂

afin de minimiser les risques tant que le marché du CO₂ n'est pas fermement établi. Ce ne sont pas les risques techniques qui sont invoqués (bateaux pressurisés et non à pression atmosphérique dans le cas du gaz naturel), mais le coût des bateaux à construire.

Le gros avantage du bateau est sa rapidité de mise en place une fois la construction décidée car la réglementation du transport est déjà en vigueur pour le transport de fluides industriels et les routes maritimes sont en place. Ce n'est pas le cas pour les caroboducs (les pipelines en général) pour lesquels plusieurs années d'études sont nécessaires avant le lancement des demandes d'autorisation, puis la fabrication et la pose du pipe. Les procédures sont particulièrement complexes en cas de transport transfrontalier, avec des pays dont la législation en la matière pourra différer, et en cas de traversée de zones densément peuplées.

Une étude de l'ensemble de la chaîne de transport incluant le conditionnement du CO₂, le transport par pipe, la liquéfaction, les systèmes de chargement et de déchargement, le stockage temporaire et la conception du bateau pour transporter 30 000 t de CO₂ a été réalisée en partenariat par IFP Énergies nouvelles, GDF Suez, SAIPEM⁸ et STX France SA (chantiers de St-Nazaire et de Lorient)⁹. Avec l'option

CO₂ à -30°C et 15 bars, le coût annuel de la filière, en millions d'euros/an et en considérant un amortissement de 5% sur 30 ans, s'établit comme indiqué dans le tableau ci-après.

Composante de la chaîne	Coût (millions d'euros/an)	Année de référence
Conditionnement du CO ₂	18	2005
Transport terrestre par pipe	9	2005
Unité de liquéfaction	4	2005
Stockage (14 réservoirs)	7,1	2007
Chargement - déchargement	Négligeable	
Navire de 7 cuves	39,3	2008
Injection	13	2008

L'étude montre que le transport par bateau est une option alternative au caroboduc, plus intéressante économiquement pour des longues distances : au-delà de 350 km pour un stockage offshore et de 1 100 km pour un transport de côte à côte. L'étude de faisabilité montre l'intérêt de construire un bateau de 30 000 m³, transportant le CO₂ à -30°C et 15 bars¹⁰. L'étude économique conduit à un coût de 24 à 32 €/t CO₂, couvrant l'ensemble de la chaîne depuis le captage du CO₂ dans l'intérieur des terres jusqu'à son injection sur un site offshore.