

Carburants produits à partir de charbon : quelle actualité, quel avenir ?

Les Français ignorent en général que le charbon est l'énergie fossile numéro un dans le monde et que, parmi les énergies fossiles, c'est lui qui enregistre la plus forte progression. Peu d'observateurs savent que le charbon peut être converti en produits pétroliers. Pourtant, depuis plusieurs décennies, l'Afrique du Sud en tire 30 % de ses besoins en carburants. Cette filière de conversion est appelée *Coal-To-Liquids* (CTL).

S'il est industrialisé, le CTL n'en est pas magique pour autant : les technologies sont complexes, les investissements élevés, les conditions opératoires difficiles en raison de la nature des fluides traités et des conditions de température et de pression requises.

Par Serge PÉRINEAU*

Nombreux sont les pays pauvres en pétrole et riches en charbon qui s'y intéressent. Au-delà de l'indéniable intérêt que présente le CTL en matière de sécurité énergétique, cet article se propose d'en présenter les enjeux majeurs (technologiques, environnementaux et économiques) et de donner quelques ordres de grandeur.

Déjà une longue histoire

Les premiers procédés de CTL ont été mis au point par des chercheurs allemands dans les années 1910-1920. Leur industrialisation connaîtra son apogée pendant la Deuxième Guerre mondiale.

Dans les années 1950, la découverte de pétrole abondant et facile d'accès a mis fin à ces opérations.

Cependant, dès 1955, l'Afrique du Sud s'est lancée dans un ambitieux programme de CTL afin d'assurer ses propres besoins en pétrole, ce qui lui vaut aujourd'hui sa place de numéro un mondial.

Après le deuxième choc pétrolier, les Etats-Unis ont consacré plusieurs milliards de dollars à des programmes de recherche sur le CTL ; ces programmes ont été interrompus, dans les années 1990, après le contrechoc pétrolier.

Aujourd'hui, une seule entreprise dans le monde, Sasol, en Afrique du Sud, dispose d'unités industrielles. Quatre sociétés chinoises ont démarré des unités dites « de démonstration », avec chacune un procédé distinct et une capacité de production de 3 000 à 20 000 barils par jour (donc, quasi-industrielles). Plusieurs dizaines de projets sont à l'étude dans le monde.

Avec ces unités de démonstration récemment démarrées (2009-2010), le CTL vit une période de transition puisque

les procédés comme l'expérience se développent en se diversifiant alors que l'industrie ne connaissait jusqu'à présent qu'un seul acteur industriel.

Sécurité énergétique

Chacun sait que les ressources en charbon sont nettement plus importantes que celles en pétrole et en gaz.

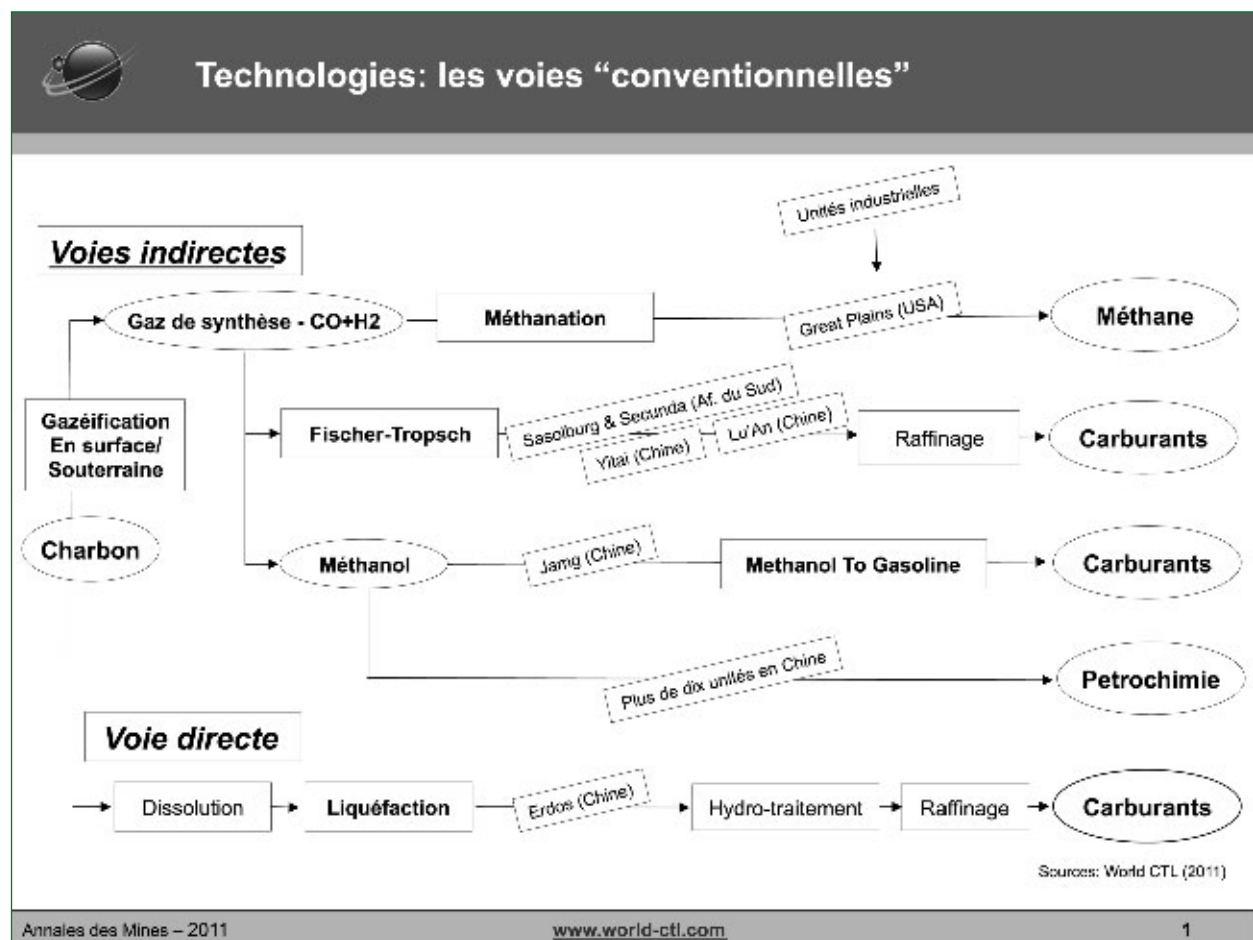
Plus encore, alors que les réserves de pétrole et de gaz sont généralement situées loin des lieux de consommation que sont l'Asie, l'Amérique du Nord et l'Europe, le charbon est présent sur tous les continents, en particulier dans des pays fortement consommateurs d'énergie et/ou politiquement sûrs.

Les carburants liquides sont essentiels pour le transport et la défense et ne se verront pas supplanter à court ou à moyen terme : le CTL constitue donc un atout important, dont plusieurs pays riches en charbon entendent se doter.

Les procédés

Il existe essentiellement deux familles de procédés : la voie « indirecte » et la voie « directe », présentées dans la figure 1. La première voie est appelée « indirecte » parce qu'elle présente deux étapes bien distinctes : la première, appelée « gazéification », consiste en une oxydation partielle du charbon, dont le résultat est un « gaz de synthèse » ou « syngas », mélange de monoxyde de carbone et d'hydrogène appelé autrefois « gaz de ville ». A son tour, le syngas est converti en hydrocarbures liquides au cours d'une deuxième étape qui peut être :

✓ le procédé « Fischer-Tropsch » (du nom des scientifiques allemands Franz Fischer et Hans Tropsch), exploité en



Afrique du Sud et en « démonstration », sous deux technologies différentes, dans les usines chinoises de Yitai et de Lu'an ;

- ✓ le procédé *Methanol To Gasoline*, développé par Mobil, pour lequel le syngas est d'abord converti en méthanol. Ce procédé, exploité en Nouvelle-Zélande de 1985 à 1994, est actuellement en « démonstration » dans une unité de JAMG en Chine.

Dans la voie « directe », de l'hydrogène est ajouté sous pression dans un mélange liquide remontant du procédé et enrichi en charbon pulvérisé. Le chinois Shenhua, n°2 mondial du charbon, opère en Chine une unité de « démonstration » d'une capacité de 20 000 barils/jour.

Les deux voies ont leurs avantages respectifs, selon le type de charbon utilisé et les types de carburants souhaités. La plupart des projets actuels reposent sur la voie indirecte, en raison de l'expérience accumulée en Afrique du Sud. La voie directe, qui offre un rendement supérieur, ne dispose pas de cette expérience, ce qui donne un grand intérêt aux performances de l'unité de Shenhua.

Impact environnemental

L'impact environnemental s'analyse à deux niveaux : l'impact « local » enregistré sur les lieux de production et de consommation, et l'impact « global », à savoir l'émission de gaz à effet de serre.

Au plan local, la première opération est l'extraction du charbon, maîtrisée par l'industrie minière (hors du champ de cet article) ; la deuxième est la conversion « CTL » elle-même, dans laquelle les problématiques et les solutions sont classiques pour des industriels : les cendres et les autres déchets inertes, d'une part, sont les mêmes que dans les centrales au charbon ; les effluents liquides et gazeux, d'autre part, sont traités par des procédés couramment utilisés dans la chimie et le raffinage. Un enjeu particulier est le besoin en eau. Il est de l'ordre de 2 m³ par baril produit, ce qui est contraignant dans certaines régions et peut condamner certains projets. Enfin, dans la dernière étape du cycle CTL, la combustion du carburant, les émissions nocives sont inférieures à celles des carburants conventionnels du fait que le carburant CTL, qui résulte d'une synthèse, est plus pur que des carburants conventionnels (il est notamment plus pauvre en oxydes de soufre). Cependant, les normes limitant déjà fortement les émissions nocives des carburants conventionnels, il convient de relativiser cet avantage et de ne pas le considérer comme déterminant. Au plan global, la filière CTL est fortement émettrice de gaz à effet de serre (GES), pour deux raisons : 1) le charbon est l'énergie fossile la plus concentrée en carbone ; la part de l'énergie produite résultant de l'oxydation d'atomes de carbone est donc la plus élevée, ce qui implique une production de GES plus importante par unité d'énergie produite et, 2) le procédé CTL est un procédé chi-

mique consommateur d'une énergie elle-même émettrice de GES.

Des moyens permettent de limiter les émissions de GES, principalement le captage et la séquestration souterraine du CO₂ (*Carbon Capture & Storage* ou « CCS ») et l'apport de biomasse aux côtés du charbon (*Coal & Biomass To Liquids* ou « CBTL »). Le CCS est prometteur pour le CTL. On lit parfois que le coût du CCS restera trop élevé pour qu'il puisse être industrialisé. Ce commentaire est lié au coût du « captage » du CO₂, c'est-à-dire de la séparation du CO₂ des autres gaz, en particulier de l'azote, quatre fois plus abondant que le CO₂. Le captage représente environ 85 % du coût du CCS. Or, dans une unité de CTL, l'azote est éliminé en tête de procédé, si bien que le CO₂ n'a plus à en être débarrassé ; autrement dit, il est déjà « capté » au sens du CCS, ce qui rend acceptable le coût du procédé.

En termes de séquestration, le CO₂ est utilisé pour la récupération assistée d'hydrocarbures (RAH). Aux Etats-Unis, il existe des réseaux de pipelines de CO₂ auxquels les futurs sites de CTL seront raccordés. Le CCS appliqué à la conversion du charbon est une réalité à l'usine de Great Plains, dans le Dakota du Nord : cette usine produit du méthane à partir de lignite depuis plusieurs décennies. Le CO₂ qui y est émis est transporté par pipeline jusqu'à Weyburn, au Canada, où il est utilisé pour la RAH.

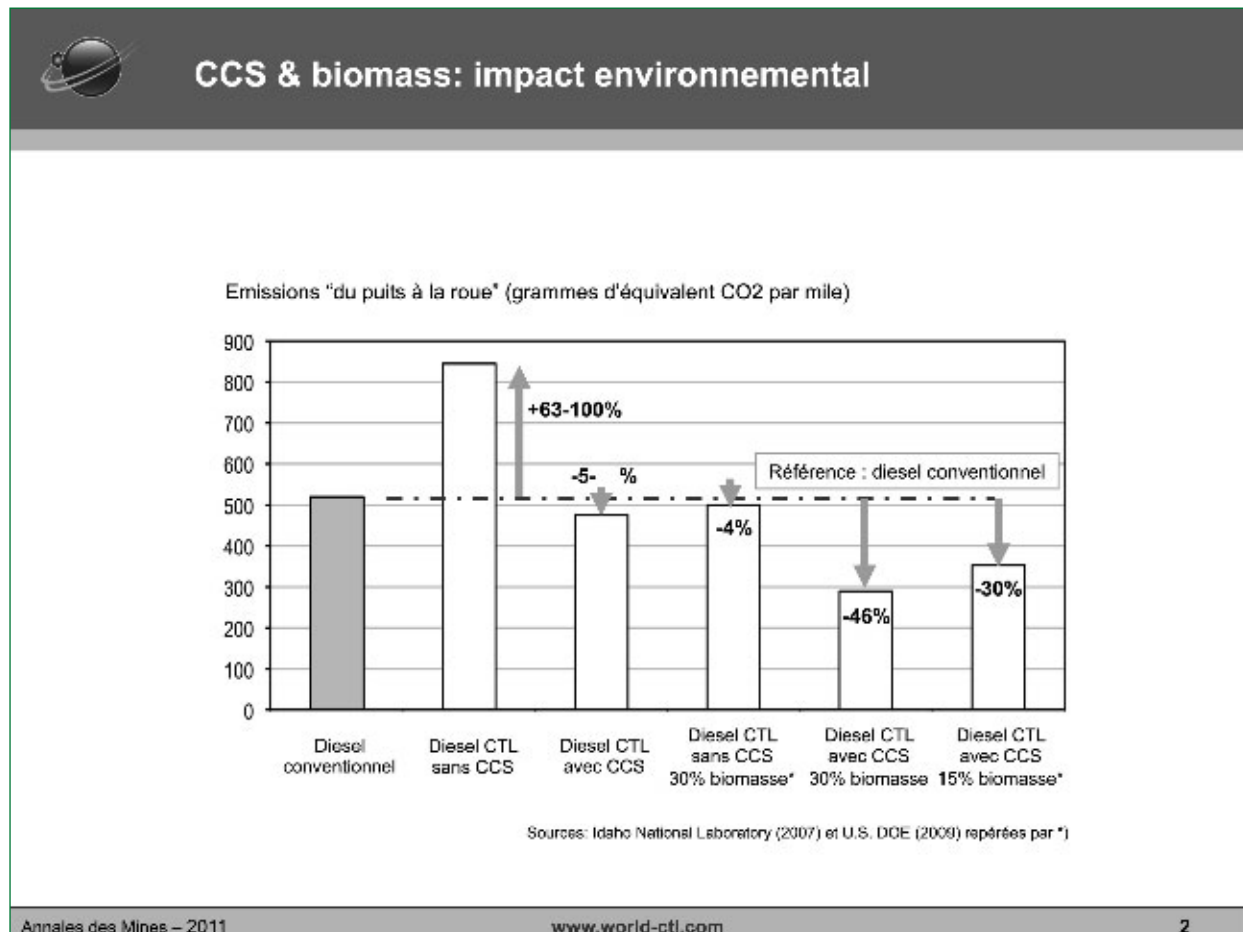
Aujourd'hui, le CCS est partie prenante de tous les projets de CTL dans le monde occidental.

CCS ou non CCS, intégration ou non de biomasse : il est important de quantifier les émissions dans chaque cas et de les comparer à d'autres filières énergétiques. Pour cela, on évalue les émissions de GES sur le cycle de vie complet de l'hydrocarbure, depuis l'extraction (mine de charbon, puits de pétrole, gisement de biomasse) jusqu'à la combustion. La figure 2 présente les émissions de GES dans différents cas de CTL avec pour référence un carburant issu du pétrole. Elle montre qu'un procédé CTL couplé avec un CCS amène à des émissions de GES comparables (et même plutôt inférieures) à celles d'un carburant conventionnel.

Economie du CTL

La rentabilité du CTL dépendant essentiellement du prix du baril de pétrole, le seuil de rentabilité est en général exprimé par le « prix du baril équivalent ».

Les autres facteurs économiques sont essentiellement le coût de la construction (le CTL étant fortement capitalistique), la localisation de l'unité et ses conséquences sur les coûts, la structure financière du projet, ainsi que le prix du charbon et de l'énergie, en général, produite en excédent.



Bien que le seuil de rentabilité soit éminemment variable en fonction de tous ces paramètres, risquons-nous à le situer dans une fourchette de 60 à 90 dollars/baril, coût du financement inclu, le montant de l'investissement étant de l'ordre de 70 000 à 110 000 dollars par baril/jour installé.

Développements industriels

Aujourd'hui, le seul industriel du CTL est le sud-africain Sasol, avec une capacité de 160 000 barils/jour. Des projets de CTL sont à l'étude dans la plupart des pays riches en charbon : Allemagne, Australie, Botswana, Chine, Etats-Unis, Inde, Indonésie, Mongolie, Philippines, Russie et Vietnam. Ces projets ont une longue gestation et demeurent incertains dans les pays occidentaux, en raison des procédures administratives liées à l'environnement et de la recherche des financements.

Leur progression est plus rapide en Chine, où les quatre unités de démonstration évoquées plus haut sont en exploitation.

Les acteurs français

En France, « on n'a pas de charbon, mais on a des professionnels du CTL » !

Plusieurs de nos champions ont su prendre des places de leaders : Air Liquide et sa filiale Lurgi, acteur de référence dans la gazéification ; IFP Energies Nouvelles et sa filiale Axens, qui disposent d'une expertise reconnue et proposent des procédés de CTL ; Total, une des rares compagnies pétrolières à avoir conservé ses intérêts dans le charbon, qui a développé un procédé *Coal-To-Olefins* et lancé un projet en Chine ; Veolia Water, leader dans le traitement et l'optimisation de l'usage de l'eau.

Certaines PME sont également en vue, comme Ensival-Moret, dans les équipements mécaniques sensibles, et Axen, fondatrice de la *World CTL Conference*, l'événement international de référence du CTL.

Note

* Président de World CTL Conference.