

Les rendez-vous de l'innovation

N°7 - Août 2008

L'IFP et l'INRA, un partenariat au service des biocarburants de 2^e génération

Avec le développement des biocarburants, l'IFP et l'INRA ont renforcé leurs liens et coopèrent aujourd'hui sur de nombreux projets.

Les chercheurs de l'IFP et leurs collègues de l'unité Biotechnologie des champignons filamenteux de l'INRA travaillent à l'élaboration d'enzymes capables de dégrader plus efficacement les matières lignocellulosiques (bois et pailles) dont seront tirés les biocarburants de 2^e génération. Dans le cadre de plusieurs projets ANR, d'un programme européen portant sur la production d'éthanol et d'un projet de développement d'un nouveau procédé de transformation de biomasse lignocellulosique en éthanol supporté par Oseo Innovation, l'IFP collabore également avec de nombreuses autres équipes de l'INRA. Par ailleurs, les deux centres de recherche unissent leurs efforts dans le domaine des études technico-économiques et environnementales. La direction Économie et Veille de l'IFP coordonne ainsi un projet de la Fondation Tuck auquel participe l'INRA. Il est consacré à l'étude de la concurrence entre les différents usages énergétiques de la biomasse.

Enfin, plusieurs thèses ont débuté sous la cotutelle des deux organismes.

■ En bref

L'hybride a le vent en poupe

Pour répondre aux enjeux liés à la hausse des prix du pétrole et au changement climatique, le véhicule hybride a de l'avenir. Associant un moteur thermique, une chaîne de traction électrique et leurs stockages d'énergie respectifs, il constitue l'une des technologies les plus performantes pour réduire la consommation des véhicules et fait partie des priorités de l'IFP : un banc moteur dédié aux véhicules hybrides est en cours de développement, en collaboration avec D2T, et un banc de test de batterie vient d'être mis en place. Enfin, des démonstrateurs de véhicules hybrides sont en projet. ■

Une méthode pour les bilans environnementaux des biocarburants

L'IFP a participé à une étude – qui vient d'être rendue publique sur le site de l'ADEME – sur les méthodes utilisées pour la réalisation des bilans énergie et gaz à effet de serre des biocarburants. Lancée en octobre 2007, elle visait à établir un comparatif exhaustif des diverses méthodologies de calcul – prise en compte ou non des infrastructures, allocation des impacts entre les biocarburants et leurs coproduits, changement d'usage des sols – et à mesurer leurs impacts sur les bilans. L'étude recommande *in fine* un référentiel précis en termes de méthode de calcul des émissions de ces filières. ■

De nouveaux pilotes pour les NTE

Phase essentielle du processus d'innovation, l'étude en unité pilote permet de démontrer la validité et la fiabilité d'un concept (technologie, procédé, produit, etc.) avant qu'il ne soit industrialisé.

Dans le cadre de ses travaux sur les Nouvelles technologies de l'énergie (NTE), l'IFP s'est récemment doté, sur son site de Lyon, de plusieurs équipements pilotes. Installé début 2008 et capable de traiter 20 kg de matière par jour, l'unité de torréfaction de la biomasse est dédiée à une étape essentielle de l'élaboration des biocarburants de 2^e génération : la densification de la biomasse par des traitements thermiques, une opération destinée à la transformer en une poudre pouvant être utilisée dans le procédé de synthèse BtL (*Biomass to Liquid*). Deux pilotes CLC (combustion en boucle chimique) ont également été récemment installés. Ils serviront à développer un procédé de combustion permettant le captage du CO₂ par la mise en œuvre d'oxydes métalliques dont le rôle est d'apporter de l'oxygène.

Enfin, depuis 2007, l'IFP dispose du pilote Liberthy, une unité capable de produire de l'hydrogène à partir d'éthanol pour alimenter des piles à combustible dans des sites isolés. ■

L'IFP est un organisme public de recherche et de formation, à l'expertise internationalement reconnue, dont la mission est de développer les technologies et matériaux du futur dans les domaines de l'énergie, du transport et de l'environnement.



■ En bref

L'Europe mise sur le captage du CO₂

L'IFP participe depuis février 2008 à deux nouveaux projets européens consacrés au captage du CO₂. Le premier, Cesar, porte sur le captage du CO₂ en postcombustion et se situe dans la continuité du précédent projet européen Castor. Il prévoit notamment de poursuivre les essais sur le pilote de captage construit à Esbjerg (Danemark). Dans le cadre de Cesar, l'IFP participera au développement de nouveaux contacteurs membranaires. Le projet Decarbit vise quant à lui à optimiser les technologies de captage précombustion qui requièrent, pour les centrales équipées d'un système de gazéification à cycle combiné intégré, un approvisionnement en oxygène pur. L'IFP développe au sein du projet une technologie innovante pour séparer l'oxygène de l'air. ■

Évaluer les usages énergétiques de la biomasse

L'IFP coordonne le projet ANR Biomap, qui vise à appliquer et à consolider la méthodologie d'évaluation des filières bioénergie mise en place dans le projet Anabio, aujourd'hui clôturé. Sept cas d'études seront traités dans le projet : valorisation énergétique de la biomasse lignocellulosique en Champagne-Ardenne ; implantation d'une unité BtL (*Biomass to Liquid*) en France ; impacts sociétaux et sur la sécurité des filières biocarburants ; valorisation des déchets urbains et industriels ; impacts du passage d'une flotte captive aux biocarburants ; cogénération de la biomasse ; impacts des imports de biomasse pour la production de bioénergie. ■

Combustion propre : nouvelles technologies à l'étude

L'IFP étudie de nouveaux systèmes de combustion pour les moteurs à essence (CAI) et diesel (HCCI) destinés, pour les premiers, à réduire leur consommation et, pour les seconds, à limiter les émissions de NO_x et de particules. Ces travaux, conduits en partenariat avec des industriels, ont permis de déterminer les paramètres carburant qui influencent chacune de ces combustions, et de proposer des pistes de formulation. Une illustration de la double compétence moteur/carburant des experts de l'IFP et de leur implication dans la mise au point de véhicules propres et économes en carburant. ■

■ Dossier

Améliorer l'efficacité énergétique : les réponses de l'IFP aux défis de l'énergie et de l'environnement

De l'avis des experts, la réduction de la consommation d'énergie, notamment à court terme, est l'axe principal d'action pour lutter contre le changement climatique. Les économies d'énergie et l'amélioration de l'efficacité énergétique en sont les deux leviers, et ce dans l'ensemble des secteurs (tertiaire, transport, habitat, industrie). L'IFP conduit notamment des travaux pour améliorer l'efficacité énergétique dans l'industrie.

Directeur du développement d'IFP-Lyon, Sophie Jullian représente l'IFP au sein du pôle de compétitivité Chimie-Environnement Lyon et Rhône-Alpes (Axelera), qui abrite de nombreux projets relatifs à l'intensification des procédés.



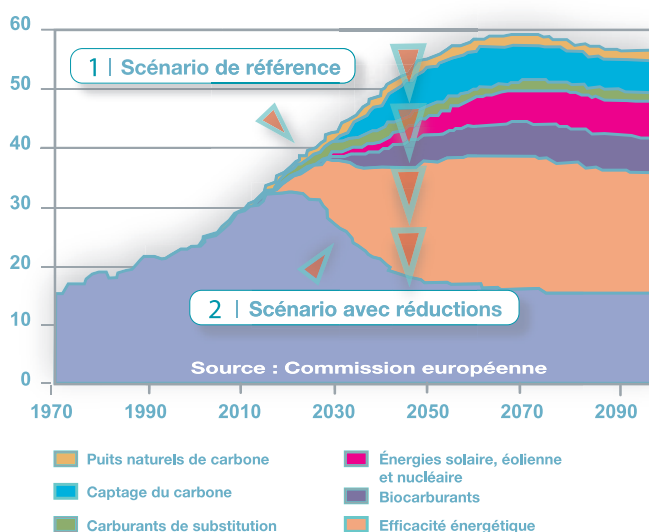
Qu'est-ce que l'efficacité énergétique ?

Sophie Jullian : Dans nos métiers, l'efficacité énergétique désigne l'ensemble des techniques auxquelles on peut faire appel pour dépenser moins d'énergie lors de la production d'un bien de consommation. Dans un contexte où la réduction des émissions de gaz à effet de serre est devenue une nécessité, et face à l'augmentation du prix du baril et du coût de l'énergie,

ces procédés permettent de réduire l'impact de l'industrie sur le climat tout en diminuant les coûts de fabrication. Les industries concernées sont notamment celles de la transformation des matières premières dont la part du coût de l'énergie dans le prix de revient est croissante : raffinage, bioraffinage, chimie, pétrochimie, voire pharmacie, cosmétologie ou agroalimentaire.

Évolution des émissions de CO₂ en milliards de tonnes

(rapport de l'Agence européenne de l'environnement)



Évolution des émissions annuelles de CO₂

- 1) Sans modification du mode de vie (extrapolation de la situation actuelle)
2) Avec réduction des émissions : jusqu'en 2030, l'amélioration de l'efficacité énergétique représente le facteur dominant pour réduire les émissions.

Quels sont les procédés permettant d'augmenter l'efficacité énergétique ?

SJ : Il existe trois grands moyens pour augmenter l'efficacité énergétique. Le premier concerne l'amélioration des pratiques. Il s'agit de revoir la façon dont on opère une chaîne de production afin d'identifier où se situent les dépenses énergétiques importantes pour procéder à des économies. La deuxième solution vise à rénover et à mieux contrôler les installations industrielles. Enfin, un troisième axe consiste à introduire une rupture technologique : c'est ce qu'on appelle l'intensification des procédés. Il s'agit, par exemple, de coupler des opérations unitaires ou de faire appel à des réacteurs-échangeurs micro ou mini-structurés.

Sur quoi travaille l'IFP dans ces domaines ?

SJ : L'IFP travaille tout d'abord sur des techniques d'évaluation de la dépense énergétique. Ces méthodes "exergétiques" ou "thermo-économiques" permettent d'analyser un procédé de transformation à l'échelle de l'unité industrielle afin de voir ce qui peut être économisé. Nous consacrons également beaucoup d'efforts à l'intensification des procédés : nous avons ainsi mis au point un système de distillation catalytique appliqué aux biocarburants, et développé, pour la production d'hydrogène, un réacteur-échangeur intensifié. Dans le cadre du pôle de compétitivité Axelera, nous collaborons avec les chimistes Arkéma et Rhodia sur des installations pilotes : réacteur filaire et couplage d'opérations avec

réaction-séparation par adsorption (cf. encadré). Enfin, un axe de recherche important concerne la sécurité dans le domaine de ces procédés dits intensifiés, domaine aujourd'hui encore mal connu.

Quel enjeu représente aujourd'hui l'efficacité énergétique ?

SJ : L'efficacité énergétique concerne à la fois la gestion de l'énergie et de l'environnement. On ne peut, en effet, évoquer la notion d'efficacité environnementale sans parler d'économie d'énergie. C'est d'ailleurs pourquoi, en travaillant sur cette thématique, l'IFP se positionne comme un organisme de recherche moderne, c'est-à-dire comme un partenaire résolument tourné vers les préoccupations de la société. ■

Les travaux de l'IFP en images

Dans le cadre du projet Intensification des procédés du pôle de compétitivité Axelera, l'IFP travaille sur les méthodes de réduction de la dépense énergétique auxquelles fera appel l'industrie de demain. Outre des études sur la sécurité des procédés consistant à modéliser la dynamique des réacteurs afin de définir des modes de fonctionnement à la fois sûrs et peu énergivores, les équipes de Cécile Barrère-Tricca, chef du département Process Design à la direction Conception Modélisation Procédés, développent des dispositifs destinés à améliorer l'efficacité énergétique des procédés.

Un premier axe de travail concerne le développement de micro-structures. En réduisant la taille des installations, il est en effet plus facile de mettre en contact les différents fluides. Les chercheurs de l'IFP ont poussé cette idée jusqu'à développer un réacteur filaire. Il s'agit d'un tube dont le diamètre est de l'ordre de celui d'un grain de catalyseur, qui permet d'obtenir des données purement cinétiques (vitesse de réaction du catalyseur) sans être gêné par les transferts de matière inhérents à toute

étude classique de réaction catalysée. Ce réacteur n'est pas destiné à être utilisé à l'échelle industrielle, mais à acquérir des données, sur la base desquelles pourront être développés des procédés efficaces et propres.

Autre voie à l'étude : le couplage d'opérations unitaires. L'objectif est de faire en sorte qu'un seul et même équipement puisse faire le travail de deux dispositifs ou plus.



Réacteur filaire

Les chercheurs de l'IFP y parviennent aujourd'hui grâce à un dispositif expérimental : le One-Column réactif (ou adsorption réactive), un système dans lequel la réaction chimique et l'opération de séparation des produits se déroulent en même temps.



One-Column réactif

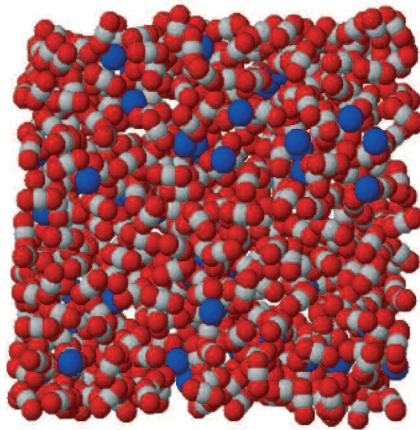
Zoom

Treize projets ANR pour le stockage

L'IFP est impliqué dans 13 projets ANR consacrés au stockage du CO₂. Ces programmes de recherche portent sur toutes les étapes, de l'injection du CO₂ dans le sous-sol à la surveillance du site de stockage.

Parmi eux, le projet Gaz Annexes, coordonné par l'Institut national polytechnique de Lorraine (INPL) et dédié à l'étude des caractéristiques du gaz qui sera injecté. Démarré en 2007 et doté d'un budget de 1,5 million d'euros sur quatre ans, ce projet implique également le BRGM, l'École des Mines de Paris et Total. Suivant la technique de captage utilisée, le CO₂ contiendra, dans des proportions variant de quelques traces à quelques %, de l'eau, des gaz acides (H₂S, SO_x, NO_x, etc.) ou incondensables (N₂, O₂, Ar, H₂), voire des composés organiques. Gaz Annexes a pour objectif de déterminer quelles seront les propriétés physico-chimiques de ce mélange et d'utiliser ces informations pour adapter les modèles mis en œuvre, aujourd'hui, pour dimensionner les opérations de stockage. Au sein de ce projet, l'IFP apporte son expertise dans le domaine de la modélisation moléculaire.

Par ailleurs, lancé en 2008, SHP CO₂ est dédié à la modélisation du réservoir où sera stocké le CO₂ et de son environnement. La simulation de l'évolution d'un site de stockage comme un aquifère salin est particulièrement complexe. Le CO₂ a en effet la propriété de modifier l'environnement souterrain : au contact de l'eau, il devient un acide capable de réagir avec certaines roches, introduisant de nouvelles espèces chimiques dans le liquide. Autre contrainte : il faut simuler le devenir du CO₂ dans le sous-sol à différentes échelles de temps et



Calcul par simulation moléculaire des propriétés thermodynamiques d'un mélange CO₂/Argon (propriétés volumétriques, énergétiques, composition, etc.)

d'espace (puits, zone de stockage et bassin), dans des zones qui se situent parfois jusqu'à plusieurs centaines de kilomètres du puits. Coordonné par l'IFP et impliquant le BRGM, l'École nationale supérieure des mines de Saint-Étienne (ENSME), l'INRIA et l'Université Paris XIII, SHP CO₂ consiste à mettre au point un modèle capable de fonctionner sur un *cluster* de 100 à 1 000 processeurs, utilisant le logiciel Coores développé par l'IFP et le module géochimique Arxim codéveloppé avec l'ENSME.

Ce modèle permettra de simuler, sur plus de 1 000 ans, l'évolution d'un site de stockage. Le projet vise également à tester le modèle en le confrontant aux données terrain recueillies dans le cadre d'une expérience de stockage de référence ; celle de la plate-forme pétrolière de Sleipner où le CO₂ est capté puis injecté dans l'aquifère de l'Utsira en Norvège. ■

Agenda

Vers une énergie bas carbone : le plan européen de recherches technologiques

Conférence – Présidence française de l'Union européenne
Paris, Carrousel du Louvre
28 octobre 2008
Contact : david.arraou@ifp.fr

Ville européenne des sciences

Participation conjointe de l'IFP, du BRGM, de Total et d'Air Liquide sur le thème du captage et du stockage du CO₂
Paris, Grand Palais, 14-16 novembre 2008
Contact : patricia.fulgoni@ifp.fr

Évolution des motorisations hybrides

Les Rencontres Scientifiques de l'IFP
Rueil-Malmaison, 25-26 novembre 2008
Contact : frederique.leandri@ifp.fr

LES (Large Eddy Simulation) for Internal Combustion Engine Flows

Entretiens technologiques
Rueil-Malmaison, 1-2 décembre 2008
Contact : bettina.caruso@ifp.fr

Publications

Énergie et climat – Réussir la transition énergétique

Éditions Technip
Auteur : Alexandre Rojey (Directeur développement durable à l'IFP)
www.editionstechnip.com

Numéro spécial – International Conference Thermodynamics 2007

OGST (*Oil and Gas Science and Technology*)
– Revue de l'IFP – n°3/2008
http://ogst.ifp.fr/



Imprimé sur du papier écologique – Norme PEFC

Les rendez-vous de l'innovation est une publication de l'IFP.
Direction de la communication - 1 et 4 avenue de Bois-Préau - 92852 Rueil-Malmaison Cedex - France
Directeur de la publication : Marco De Michellis
Abonnement gratuit sur http://www.ifp.fr/newsletter/register_subscription - N° ISSN 1779-2622
Pour toute information : Anne-Laure de Marnignan - Tél. : 01 47 52 62 07 - a-laure.de-marnignan@ifp.fr