

# Les rendez-vous de l'innovation

N°12 - Septembre 2010

## Dossier

IFP Energies nouvelles et le stockage de l'énergie : favoriser les innovations de rupture

*Voici le premier numéro des Rendez-vous de l'innovation portant le nouveau nom de l'IFP : IFP Energies nouvelles.*

*Il reflète l'adaptation d'IFP Energies nouvelles aux mutations du contexte énergétique et son engagement en faveur de la transition énergétique.*

*En effet, pour faire face au double défi de l'énergie et du climat, une période de transition vers un système moins carboné est nécessaire. Elle repose sur un mix énergétique associant énergies renouvelables et énergies fossiles. De fait, depuis dix ans, les programmes de recherche d'IFP Energies nouvelles ont progressivement intégré les nouvelles technologies de l'énergie (NTE), qui représentent aujourd'hui 50 % de ses programmes de R&D : véhicules économes, hybrides et électriques, biocarburants et chimie verte, captage et stockage du CO<sub>2</sub>, etc. De nouveaux champs s'ouvrent dans les domaines des énergies marines, de la gestion de l'eau et plus généralement des éco-industries.*

*Par ses recherches innovantes et à finalité industrielle, IFP Energies nouvelles favorisera ainsi l'émergence des technologies "vertes" de demain, tout en continuant à soutenir l'industrie parapétrolière par ses activités historiques liées aux hydrocarbures.*

## ■ En bref

### Premier démonstrateur français de transport/stockage du CO<sub>2</sub>

IFP Energies nouvelles participe au projet France Nord, sélectionné par l'Ademe via son Fonds démonstrateur de recherche. D'une durée de cinq ans, ce projet sélectionnera un site approprié dans le nord de la France, susceptible d'accueillir les émissions de CO<sub>2</sub> concentrées des industries des régions du nord de la France. Aux côtés de ses partenaires industriels et de recherche, IFP Energies nouvelles intervient sur l'ensemble de la problématique du stockage de CO<sub>2</sub> dans des aquifères salins profonds : sélection du site, stratégie d'injection, évaluation des risques et monitoring. Il contribuera ainsi au choix d'un lieu de stockage où toutes les conditions de sécurité et de pérennité seront garanties. ■

### Sophie Jullian devient Présidente du conseil scientifique de l'Ecole normale supérieure de Lyon

Sophie Jullian, Directeur scientifique d'IFP Energies nouvelles et Présidente du conseil scientifique du pôle de compétitivité Axelera, a été nommée Présidente du conseil scientifique de l'Ecole normale supérieure (ENS) de Lyon. Auparavant, Sophie Jullian était membre de ce conseil scientifique au titre des personnalités qualifiées. Une reconnaissance pour Sophie Jullian, qui a beaucoup œuvré au développement des relations d'IFP Energies nouvelles avec le monde académique et scientifique de la région lyonnaise. ■

## ■ Zoom

### IFP Energies nouvelles au Moyen-Orient : une présence réussie

Partenaire historique des pays du Moyen-Orient depuis les années 70, IFP Energies nouvelles a renforcé sa présence sur place depuis une dizaine d'années. En Arabie saoudite, au Koweït, aux Émirats ou encore au Qatar, et demain en Oman, voire en Irak, le groupe IFP Energies nouvelles signe de nombreux contrats dans le domaine de l'exploration-production, du raffinage et de la formation. Jouissant d'une solide réputation d'excellence et de fiabilité, IFP Energies nouvelles a su tirer profit de la politique de diversification des partenariats et de transfert de technologies mise en place par ces pays. En les aidant à mieux utiliser leurs ressources en hydrocarbures et en assurant la formation des élites, IFP Energies nouvelles contribue à la promotion du savoir-faire technologique français et prépare les marchés du futur. IFP Energies nouvelles investit également le domaine des nouvelles technologies de l'énergie. Un contrat a été signé, via sa filiale Geogreen, avec le KAPSARC (centre d'étude et de recherche sur le pétrole du Roi Abdullah) visant à créer le cadre nécessaire au développement de programmes sur le captage et stockage du CO<sub>2</sub> en Arabie saoudite. ■

IFP Energies nouvelles est un organisme public de recherche, d'innovation industrielle et de formation dont la mission est de développer des technologies performantes, économiques, propres et durables dans les domaines de l'énergie, du transport et de l'environnement.

## ■ En bref

### Nouvelle arme anti-corrosion

Les équipes de la direction Chimie et Physico-chimie appliquées d'IFP Energies nouvelles viennent de valider l'efficacité anti-corrosion de nouvelles formulations à base de résine époxyde (matière plastique thermodurcissable composée d'une résine et d'un durcisseur). Appliquées à la réalisation de revêtements, leur niveau élevé de résistance chimique permettra de protéger les cuves métalliques de stockage de carburants et biocarburants dans les stations-service, les raffineries, les aéroports, les citernes embarquées, etc. Ces revêtements seront commercialisés sous le nom de Carboperl par la société Max Perlès. ■

### IFP Energies nouvelles, Axens et Gazprom : coopération dans le domaine du GNL

IFP Energies nouvelles, Axens et Gazprom ont convenu, le 17 juin dernier à Saint-Petersbourg, de signer un accord de coopération pour construire une usine de liquéfaction de gaz naturel, selon une technologie développée conjointement, et qui donnera lieu au dépôt de la marque commune "Gazprom-Liquefin". Ce partenariat va permettre d'affirmer la présence du groupe IFP Energies nouvelles dans l'industrialisation d'une nouvelle technologie de pointe dans un contexte où le GNL continuera de jouer un rôle majeur dans l'équilibre gazier mondial des années à venir. ■

### Mobilisation pour la mobilité des biens et des personnes en Rhône-Alpes

IFP Energies nouvelles participe au nouveau pôle scientifique et technique (PST) créé en Rhône-Alpes par le ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de la Mer. Cette structure, qui réunit neuf partenaires du monde des transports, est chargée d'imaginer, d'expérimenter et d'évaluer de nouvelles solutions, à la fois durables et sûres, pour la mobilité des personnes et des marchandises. IFP Energies nouvelles mettra au service du projet ses compétences dans les domaines de la maîtrise des émissions de polluants et de gaz à effet de serre, et des interactions véhicules-infrastructures-usagers. ■

## ■ Dossier

### IFP Energies nouvelles et le stockage de l'énergie : favoriser les innovations de rupture

*Le stockage de l'énergie ? « Un enjeu majeur pour le futur énergétique », estime Pierre Odru, ingénieur de recherche à IFP Energies nouvelles, qui vient de coordonner la rédaction d'un ouvrage sur le sujet <sup>(1)</sup>.*

Avec le développement des énergies intermittentes, comme le photovoltaïque ou l'éolien, et de l'électrification du véhicule, la conservation de la chaleur et de l'électricité dans des installations stationnaires ou embarquées devient une priorité. Mais, pour s'imposer économiquement sur le long terme, des innovations de rupture sont nécessaires.

Acteur engagé dans les nouvelles technologies de l'énergie, IFP Energies nouvelles s'intéresse à cette problématique et met ses compétences au service des innovations de demain. Ainsi, ses équipes de recherche

développent des méthodes nouvelles pour accumuler la chaleur et l'électricité. Avec un objectif : "économiser l'énergie en l'emmagasinant jusqu'au moment où l'on en a besoin ou en intégrant des technologies d'optimisation de la consommation", explique Sophie Jullian, Directeur scientifique d'IFP Energies nouvelles. Du réservoir de chaleur estivale souterrain aux batteries et aux supercapacités pour véhicules hybrides et électriques, IFP Energies nouvelles est présent sur plusieurs thématiques concernant le stockage de l'énergie. ■

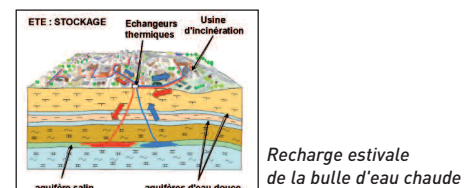
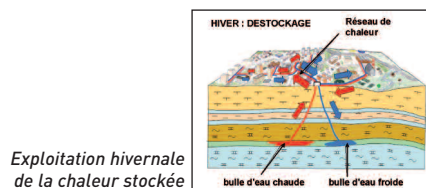
<sup>(1)</sup> *Le stockage de l'énergie, sous la coordination de Pierre Odru, Ed. Dunod, Paris 2010.*

#### Conserver la chaleur d'été dans le sous-sol en attendant l'hiver

Tirer parti de la chaleur emmagasinée l'été pour se chauffer en hiver : les scientifiques proposent différentes méthodes pour conserver les calories produites durant la saison estivale. Dans le cadre du projet ANR Geostocal coordonné par le BRGM, IFP Energies nouvelles évalue la faisabilité de l'une d'entre elles, le stockage souterrain de chaleur. "Il s'agit, dans un premier temps, de mieux valoriser l'énergie des réseaux de chaleur urbains d'Île-de-France, dont les disponibilités estivales, issues en partie d'usines d'incinération d'ordures ménagères, excèdent les besoins de chaleur de l'habitat" explique Bernard Bourbiaux, chef de projet à la direction Ingénierie de réservoir d'IFP Energies nouvelles. Le projet Geostocal consiste à forer deux puits dans une formation aquifère située à 1 500 mètres de profondeur, à extraire l'eau de cet aquifère et à la porter à environ 100°C, grâce

à la chaleur excédentaire issue des usines d'incinération, avant de la réinjecter par l'autre puits afin de constituer une "bulle" de stockage. La chaleur excédentaire de l'été sera ainsi conservée dans l'attente de son utilisation l'hiver suivant pour chauffer des immeubles de la région, selon un processus de production et réinjection inversé : produire la bulle chaude et réinjecter l'eau refroidie destinée au cycle suivant.

IFP Energies nouvelles contribue à ce projet principalement par ses recherches sur la technologie des puits, dont la température et le mode de fonctionnement réversible, alternativement injecteur et producteur, constituent des nouveautés par rapport à une exploitation géothermique conventionnelle. Par ailleurs, IFP Energies nouvelles développe en interne un logiciel permettant d'évaluer l'intérêt économique et environnemental de ce procédé. ■



## Rencontre

### Modéliser et contrôler les systèmes de stockage d'électricité dans les batteries

*Valérie Sauvant-Moynot, chef du département Electrochimie et matériaux, et Julien Bernard sont chefs de projets "batterie". Ils expliquent les activités d'IFP Energies nouvelles dans ce domaine.*

*Depuis quand IFP Energies nouvelles s'intéresse-t-il au stockage de l'électricité dans les batteries ?*

**Valérie Sauvant-Moynot :** Pour répondre aux enjeux de réduction de la consommation de carburant et du changement climatique, une réflexion a été initiée autour de l'électrification du véhicule il y a environ quatre ans. IFP Energies nouvelles a alors lancé un premier projet sur la modélisation des systèmes de stockage électrique. Il s'agissait de développer des modèles "physiques", capables de décrire les phénomènes électrochimiques et thermiques en œuvre dans des batteries de traction.

Aujourd'hui, nous avons la chance de travailler sur tous les types de véhicules, depuis le micro-hybride jusqu'au tout électrique, en passant par le *full hybrid* et le *plug-in*. Ainsi, nos études portent aussi bien sur les accumulateurs, capables d'emmagasiner de grandes quantités d'énergie (comme les batteries métal-hydrure ou lithium-ion), que sur les supercapacités, qui offrent plus de puissance. Ces études sont réalisées dans le cadre de projets de véhicules démonstrateurs, mis en œuvre par IFP Energies nouvelles, seul ou avec des partenaires. Leur objectif est double : développer des modèles pouvant être intégrés dans des plates-formes de simulation pour dimensionner l'architecture véhicule et améliorer le diagnostic en temps réel de l'état de charge des batteries.

*Quels sont les projets Ademe de véhicules démonstrateurs ?*

**Valérie Sauvant-Moynot :** Le projet Ellisup, porté depuis 2009 par Irisbus-Iveco, vise à réaliser d'ici 2012 un bus prototype de 12 mètres tout électrique. Nous y contribuons en intervenant sur la caractérisation d'éléments de batterie, la modélisation thermique du pack et le dimensionnement du système de refroidissement. Nous développons également des algorithmes de contrôle, grâce à une plate-forme de simulation

*IFP Energies nouvelles a développé un démonstrateur hybride rechargeable, permettant d'évaluer in situ le comportement des différents composants électriques et les performances de la gestion de l'énergie à bord.*



décrivant le fonctionnement de chaque organe et les lois de gestion de l'énergie.

**Julien Bernard :** Nous travaillons sur un autre projet Ademe, piloté par PSA Peugeot Citroën, Hydole. Il s'agit d'un véhicule de tourisme destiné à fonctionner en électrique durant la semaine, au moment où les conducteurs se rendent à leur travail, et faisant appel au mode hybride ou thermique le reste du temps, notamment durant les week-ends. Avec le CEA et EDF, nous participons à la partie batterie du programme : nous comparons plusieurs technologies de batteries en les soumettant à différents tests de fonctionnement et de vieillissement afin de déterminer laquelle est la mieux adaptée. Par ailleurs, nous produisons des algorithmes pouvant être intégrés dans les calculateurs de bord de PSA Peugeot Citroën afin d'estimer en temps réel l'état de charge et de santé de la batterie.

*Pourquoi est-ce si important de bien estimer l'état de charge et de santé des batteries ?*

**Valérie Sauvant-Moynot :** Dans les véhicules hybrides, la batterie assure le stockage intermittent et réversible de l'énergie. Il est donc primordial de connaître, précisément et à chaque instant, l'état de réserve d'énergie de la batterie (état de charge), et d'en tirer parti de manière à préserver au maximum la "santé" de la batterie, autrement dit sa durée de vie. Or aujourd'hui, il est difficile d'obtenir en temps réel une estimation fiable de ces deux paramètres. Si le BMS (*Battery Management System*) — système embarqué chargé de surveiller ces paramètres — était plus précis, il serait possible de rouler plus longtemps, de réduire la taille de la batterie, de la changer moins fréquem-

ment, et donc de réduire les coûts. En interne, puis dans le cadre du projet ANR Alidissi que nous avons conduit en 2008-2009 aux côtés du CEA, du CNRS et de la société M<sup>2</sup>, nous avons mis au point une méthode de diagnostic embarqué basée sur une mesure de l'impédance électrique, qui s'avère un indicateur précis et fiable de l'état de charge et de santé de la batterie. Ces travaux pourraient bientôt déboucher sur un capteur prototype.

*Un autre problème est le vieillissement des batteries...*

**Julien Bernard :** En effet. Nous avons participé sur ce sujet à deux projets ANR successifs. Le premier, Simstock, avait pour objectif de simuler le vieillissement des batteries et des supercapacités pour véhicules hybrides au cours de leur fonctionnement. Ces dispositifs ont été soumis, sur des bancs d'essais, à des profils de vieillissement accélérés, puis les données ont été introduites dans des modèles qui permettent maintenant de prédire la durée de vie de ces composants dans des conditions réelles d'utilisation. Le second programme, Simcal, lancé l'année dernière, part d'un constat simple : au cours de son existence, un véhicule passe l'essentiel de son temps à l'arrêt. Or, la batterie subit une dégradation au cours de ces phases d'immobilisation. Pour étudier ce phénomène, il s'agit d'accélérer le vieillissement de batteries au repos puis d'intégrer ces données aux modèles de Simstock. Ceux-ci seront ainsi en mesure de prédire l'état d'une batterie au cours des années, en fonction du degré d'utilisation du véhicule. Ce qui sera très utile pour, par exemple, dimensionner le pack batterie de manière appropriée. ■

## L'Europe se lance dans les shale gas (gaz de schiste)

Gisements de gaz non conventionnel, les shale gas déjà exploités largement aux États-Unis, commencent à intéresser les grandes compagnies pétrolières et plusieurs campagnes d'exploration devraient même débuter en France.

Les shale gas sont constitués de méthane, stocké de façon diffuse dans des roches mères peu poreuses et peu perméables (schistes), et donc difficilement exploitable. La décision de Washington en décembre dernier de les intégrer officiellement dans les réserves de gaz des États-Unis a mis en lumière l'importance de cette nouvelle ressource ; les shale gas mobilisent un grand nombre d'industriels à travers le monde.

### Une production record aux États-Unis

L'exploitation des shale gas était jusqu'ici peu développée, et ce notamment à cause de la faible concentration en gaz dans les gisements qui nécessite, pour les exploiter, de multiplier les puits et de fracturer la roche, selon la technique de fracturation hydraulique basée sur l'injection d'eau sous pression dans le sous-sol. Les grandes compagnies considéraient ainsi cette ressource non conventionnelle d'un intérêt économique limité. "Mais avec les progrès réalisés dans les techniques de forage horizontal et de fracturation hydraulique, les coûts d'exploitation ont considérablement chuté", explique Roland Vially, géologue à la direction Géologie-Géochimie-Géophysique d'IFP Energies nouvelles. Aux États-Unis, cela a eu pour effet d'inciter de petites compagnies, et même des particuliers, à investir dans les shale gas, dont la production a atteint 50 milliards de m<sup>3</sup> en 2008. Conséquence de cet engouement venu d'Outre Atlantique : les majors ont commencé à s'intéresser au domaine. En France, Total et Devon, l'américain Schuepbach Energy et GDF Suez, ainsi que l'australien QGC ont

obtenu des permis pour effectuer des recherches de shale gas dans plusieurs régions, parmi lesquelles Montélimar, Villeneuve de Berg (Ardèche), Nant (Bassin de St Affrique), Brignoles et la Provence.

### Mieux connaître les gisements

"Compte tenu des enjeux, des travaux de recherche sont lancés dans ce domaine par IFP Energies nouvelles, confirme Isabelle Moretti, géologue à la direction Géologie-Géochimie-Géophysique d'IFP Energies nouvelles. Ils visent à une meilleure compréhension de la génération et de la rétention du gaz dans les roches mères, mais aussi de la porosité et perméabilité des argiles ainsi que de leur capacité à adsorber le gaz naturel, ceci afin d'affiner les estimations des ressources."

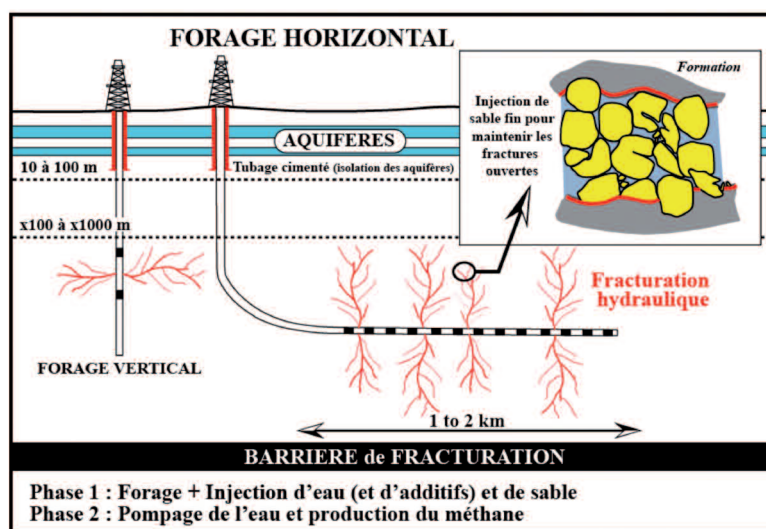
Au niveau européen, plusieurs compagnies pétrolières<sup>(1)</sup> financent depuis 2009 le programme de recherche Gash (Gas Shale in Europe). Dirigé par GFZ et associant entre autres IFP Energies nouvelles, TNO et l'Université de Newcastle, ce consortium est chargé, pour trois ans, de réaliser des études sur des cas nord-américains et européens et d'élaborer une banque de données répertoriant les roches mères en

Europe. En tant que coordinateur d'un des projets, IFP Energies nouvelles adapte l'un de ses logiciels de bassin (TemisFlow) à la problématique des shale gas. Avec un objectif : modéliser en trois dimensions l'historique de l'enfouissement des roches mères, et donc la génération des gaz au cours des temps géologiques.

### Des incertitudes à lever

Tous ces efforts annoncent-ils le début d'une production de shale gas en Europe ? "Les réserves mondiales représenteraient plus de quatre fois les ressources de gaz conventionnel. De quoi, si on arrivait à les exploiter, changer la donne de la géopolitique gazière... Mais il convient de rester prudent, estime Roland Vially, car la plupart des chiffres qui circulent actuellement concernant les ressources demandent à être confirmés." De plus, l'impact environnemental n'est pas neutre puisque la fracturation hydraulique utilise une grande quantité d'eau. Le développement de méthodes de production écologiquement et socialement acceptables est donc indispensable. ■

<sup>(1)</sup> Statoil, ExxonMobil, Marathon, Total, GDF Suez, Vermillion, Wintershall, Schlumberger



Principe de production des shale gas : les forages horizontaux et la fracturation hydraulique.

Document imprimé sur papier certifié 100 % FSC partiellement recyclé, dans une imprimerie labellisée Imprim'Vert.

Les rendez-vous de l'innovation est une publication d'IFP Energies nouvelles.  
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](http://www.ifp.fr/newsletter/register_subscription) - N° ISSN 1779-2622

Pour toute information : Anne-Laure de Marignan - Tél. : 01 47 52 62 07 - [a-laure.de-marignan@ifpenergiesnouvelles.fr](mailto:a-laure.de-marignan@ifpenergiesnouvelles.fr)

