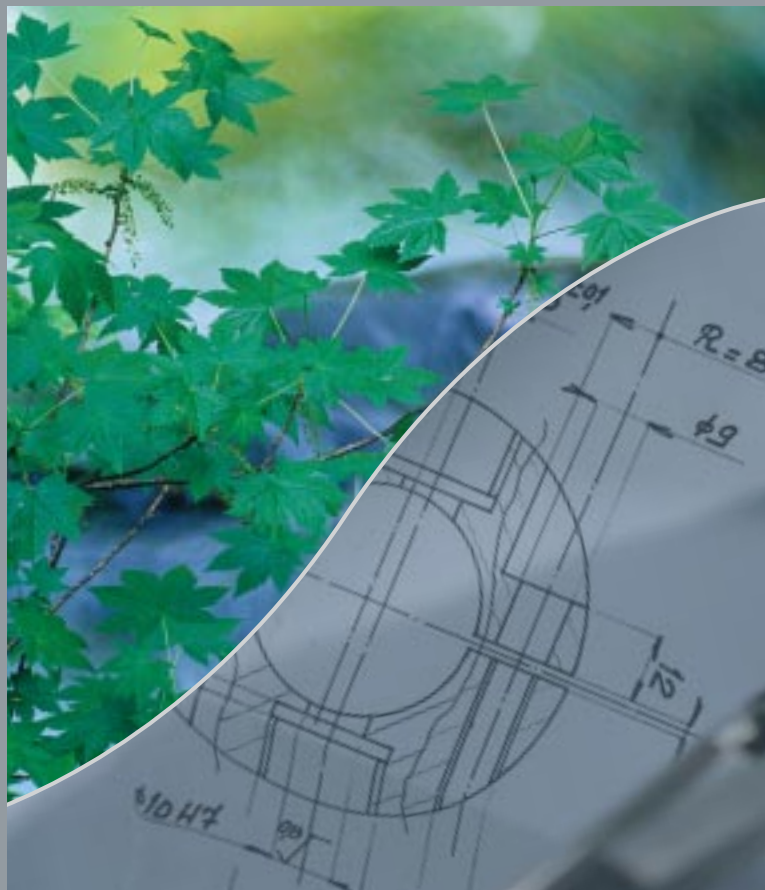


# L'IFP et le développement durable







## L'ENGAGEMENT DE L'IFP AU SERVICE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE

► L'énergie fait partie des besoins humains essentiels. Elle doit devenir accessible à tous, sa fourniture restant assurée sur le long terme dans des conditions acceptables pour l'environnement.

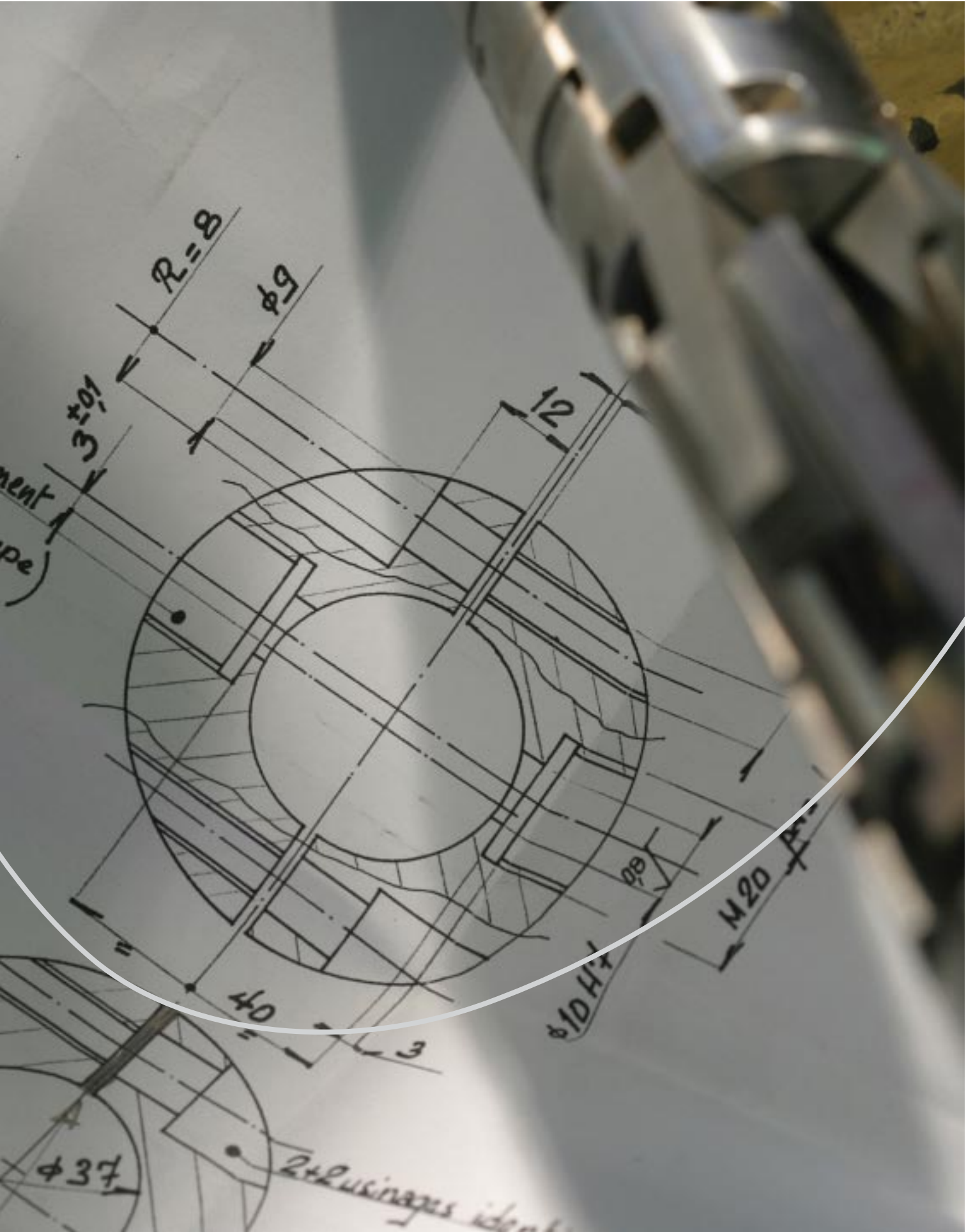
La demande en énergie va encore considérablement augmenter dans les années à venir du fait de la croissance démographique et de l'élévation progressive du niveau de vie en particulier dans les pays en voie de développement. Les besoins devraient ainsi doubler d'ici 2050. Pour satisfaire ces besoins, les sources d'énergie seront plus complémentaires que concurrentes. Toutes les options énergétiques doivent être maintenues ouvertes pour apporter les réponses les plus appropriées aussi bien d'un point de vue environnemental que d'un point de vue économique.

- 
- 
- 
- 
- 
- 
- 
- 

Ainsi, les hydrocarbures resteront difficilement substituables à court et moyen termes pour les usages transports et pétrochimiques et devraient représenter, à l'horizon 2030, de l'ordre des deux tiers de la demande énergétique mondiale. Partant de ce constat, il faut développer les solutions technologiques qui permettront dans l'avenir d'assurer les besoins en énergie et en mobilité, tout en prenant en compte le caractère par nature fini des ressources en hydrocarbures ainsi que les risques de changement climatique. Ceci constitue l'engagement résolu de l'IFP au service du développement durable.

Ce document a pour objectif de vous faire connaître cet engagement au travers de quelques innovations et réalisations de l'IFP. Ces dernières attestent de son dynamisme et de son expertise, mis au service de la collectivité. Au-delà des mots, c'est dans l'action et dans l'innovation que l'IFP prépare l'avenir énergétique.

**Olivier Appert**  
Président de l'IFP



$R=8$

$\phi 9$

3<sup>±0.1</sup>

12

ment 1  
(pe)

$\phi 8$

M20

$\phi 10H7$

40

3

$\phi 37$

2+2 usinays ident.

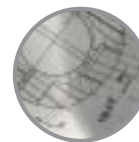


## QUATRE AXES POUR UN DÉVELOPPEMENT DURABLE DANS LE DOMAINE DE L'ÉNERGIE ET DES TRANSPORTS

▶ Dans une perspective de développement durable, il est nécessaire d'assurer une fourniture d'énergie à long terme, tout en protégeant l'environnement, au niveau local comme au niveau global. Les hydrocarbures vont continuer à jouer un rôle majeur dans l'avenir, notamment dans le secteur des transports. L'innovation technique a un rôle essentiel à jouer pour repousser les limites de leur utilisation et développer des solutions alternatives.

C'est là tout le sens des travaux de l'IFP qui visent à développer les connaissances et les technologies pour :

- renouveler les réserves d'hydrocarbures et mieux exploiter les réserves actuelles,
- développer de nouvelles filières énergétiques pour diversifier l'offre et protéger l'environnement,
- minimiser les émissions de polluants toxiques, en particulier liées à la production et à l'utilisation des énergies fossiles,
- et enfin, répondre aux risques de changement climatique par de nouvelles options permettant de réduire les émissions de gaz à effet de serre et notamment de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>).



# RENOUVELER LES RÉSERVES D'HYDROCARBURES

Repousser les limites des réserves actuelles d'hydrocarbures représente un enjeu majeur pour répondre à une demande mondiale en hausse constante et satisfaire en particulier les besoins des transports tout au long du 21<sup>e</sup> siècle. Pour cela, l'IFP développe des technologies, des logiciels et des méthodes permettant d'**assurer un accès propre et économique à de nouvelles ressources d'hydrocarbures, de mieux exploiter les gisements pétroliers déjà découverts, et de réduire les coûts** afin de rendre économiquement exploitables des gisements difficiles, lointains ou marginaux tout en préservant l'environnement.



- **Identifier, quantifier et qualifier de nouvelles ressources d'hydrocarbures** nécessite d'améliorer les techniques d'exploration et d'évaluation. C'est pourquoi l'IFP développe un ensemble complet de méthodes, logiciels et techniques : modèles de bassins, méthodes de caractérisation, méthodes sismiques, imagerie du sous-sol, etc.

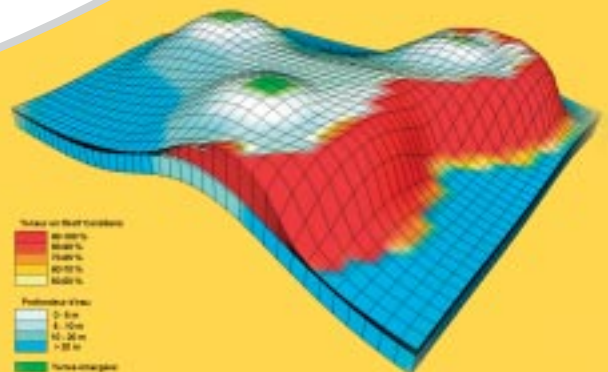


- **Mieux exploiter les réserves disponibles** nécessite de développer les technologies pour augmenter notre capacité à récupérer le pétrole en place dans les gisements et à prolonger l'exploitation des gisements pétroliers matures, tout en préservant l'environnement.

- **Développer les technologies pour être en mesure d'exploiter des gisements difficiles d'accès** (production en mer profonde ou à grande profondeur d'enfouissement, gisements de gaz fortement acides ou de bruts lourds, etc.) est un axe fondamental pour renouveler les réserves. Réduire les coûts de production, de traitement et de transport de ce pétrole dit à haut contenu technologique est également une nécessité afin de rendre économiquement exploitables ces gisements.



*Le logiciel de modélisation Dionisos développé par l'IFP permet de reconstituer l'évolution des processus sédimentaires d'un bassin pétrolier à l'échelle des temps géologiques. Il permet ainsi de localiser les réserves potentielles et d'en construire un modèle détaillé.*



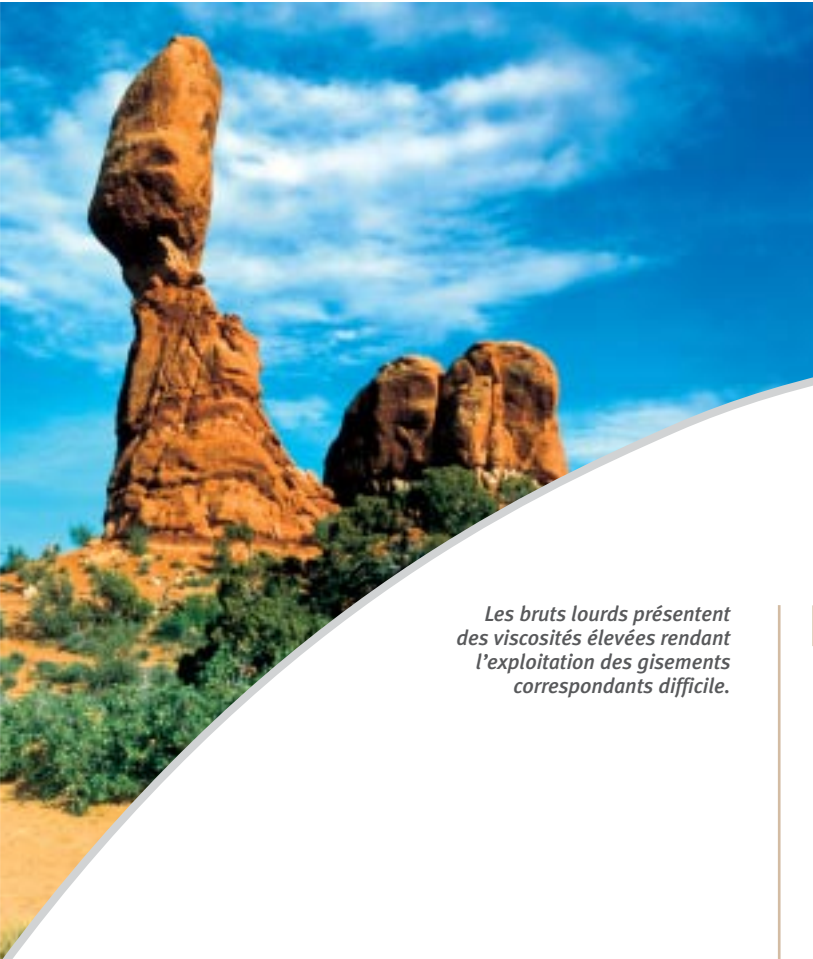


---

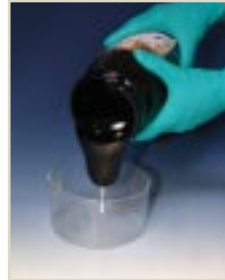
• • • • •

*Développer les technologies pour des stratégies globales d'exploitation des réservoirs*  
par V. Richard, *Directeur Ingénierie de réservoir*

La récupération améliorée du pétrole a pour but d'utiliser au mieux l'ensemble des ressources disponibles, en maximisant le taux de récupération des hydrocarbures présents dans le sous-sol. Elle fait appel à une panoplie de technologies telles que les méthodes et méthodologies avancées de caractérisation et de simulation du réservoir, l'architecture et la gestion des puits, les logiciels de modélisation, les techniques de monitoring de réservoir, etc. L'IFP est présent sur chacune de ces technologies afin de proposer de véritables stratégies d'exploitation des réservoirs incluant le couplage avec les installations de surface. De l'optimisation de ces stratégies dépend notre capacité à développer les réserves.



*Les bruts lourds présentent des viscosités élevées rendant l'exploitation des gisements correspondants difficile.*



### *Développer l'exploitation des réserves de bruts extra-lourds*

par J.F. Argillier, chef de projet

Les réserves de bruts extra-lourds sont extrêmement importantes, en particulier au Venezuela et au Canada. Elles représentent un enjeu majeur dans un contexte de raréfaction des ressources fossiles. Elles sont encore peu exploitées en raison de la viscosité élevée du brut, sa production et son transport étant techniquement difficiles. Les travaux de l'IFP visent à lever ces verrous technologiques en veillant au respect de l'environnement, notamment sous l'angle des émissions de CO<sub>2</sub>. Des procédés et des additifs sont ainsi à l'étude pour améliorer les conditions de transport.

Les développements concernent le transport en émulsion réversible, le transport en *slurry* et les écoulements lubrifiés.



*L'étude sur carottes de forage permet de préciser les conditions de production des gisements.*

### *Quantifier les incertitudes pour optimiser la production des gisements*

Par D. Guérillot, Directeur adjoint du centre de résultats Exploration-Production

L'optimisation de la production d'un gisement passe notamment par la quantification des incertitudes associées à cette production. Depuis une dizaine d'années, l'IFP a investi de gros efforts dans ce domaine. Cela passe par des techniques de changement d'échelle (pour passer des modèles géologiques détaillés aux simulateurs d'écoulement), de mise à jour des modèles géologiques et de géophysique 3D et enfin de monitoring de la production des gisements.

La propagation des incertitudes sur cette chaîne permet de quantifier ces dernières sur les débits d'eau, d'huile et de gaz dans les puits producteurs selon différents schémas d'exploitation. L'IFP propose des solutions fondées sur des méthodologies de plans d'expérience qui permettent de répondre efficacement à ce problème et ainsi d'augmenter le taux de récupération des gisements matures.





Étude du crétacé  
en Iran, horizon à fort  
potentiel pétrolier.

### *Mieux évaluer les potentiels pétroliers de zones géographiques prometteuses mais complexes*

par F. Van Buchem, *chef de projet*

Évaluer les potentiels pétroliers de zones géographiques prometteuses comme certains bassins sédimentaires complexes, certains horizons très profonds ou certaines zones de piémonts est un axe de recherche de l'IFP. Ces zones étant difficiles à appréhender par des méthodes classiques, l'IFP a développé dans ce domaine de nouvelles techniques (tomographie, migration et modélisation stratigraphique numérique) améliorant l'imagerie et la compréhension de l'architecture de ces zones complexes.

L'IFP a ainsi pu, par exemple, initier un projet multiclient qui vise à améliorer la compréhension de l'organisation stratigraphique des horizons du crétacé au Moyen-Orient, zone qui abrite les systèmes pétroliers parmi les plus prolifiques. Ce projet est soutenu par de nombreuses compagnies pétrolières internationales (ENI, Norsk Hydro, Repsol YPF, Shell, Statoil) et mené en partenariat avec la National Iranian Oil Company (NIOC).

### *Réduire les coûts de traitement des gaz acides et protéger l'environnement*

par F. Lecomte, *chef de projet*

Le procédé *Sprex*, codéveloppé par l'IFP, Total et Prosernat, apporte une réponse intéressante au problème du traitement des gaz naturels très soufrés.

Ce procédé permet en effet d'extraire jusqu'à 90 % du soufre (sous sa forme H<sub>2</sub>S) contenu dans les gaz bruts ainsi qu'une partie du CO<sub>2</sub> éventuellement présent. Utilisé en prétraitement, il conduit à une réduction significative de la taille des équipements installés en aval, des investissements et des coûts opératoires.

En outre, les gaz acides sont produits à haute pression et sous forme liquide, ce qui permet de les réinjecter dans le réservoir de façon économique. La technologie *Sprex* offre ainsi une solution technique attractive permettant d'accéder à de nouvelles réserves de gaz, tout en limitant la consommation d'énergie et les émissions de gaz toxiques dans l'atmosphère.

# DÉVELOPPER DE NOUVELLES FILIÈRES ÉNERGÉTIQUES

L'IFP s'implique dans le développement de nouvelles filières énergétiques pour le transport permettant de respecter les engagements mondiaux de lutte contre l'effet de serre. C'est par exemple le cas des filières des biocarburants et des carburants de synthèse produits à partir de sources d'énergie autres que le pétrole (gaz naturel, charbon, biomasse, etc.). Les travaux de l'IFP visent également à identifier et développer des filières pouvant potentiellement se substituer de façon massive à celles des énergies fossiles, comme cela pourrait être éventuellement le cas pour la filière hydrogène dans le futur. Enfin, développer la filière énergétique du retraitement des déchets est également une priorité.



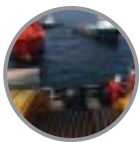
## ● Les biocarburants et les carburants de synthèse

Véritable pionnier dans le domaine des biocarburants, l'IFP a acquis une réelle expertise après vingt ans de travaux de recherche sur le sujet, tant dans le domaine des procédés de production de biocarburants que dans celui de l'impact de leur utilisation dans les moteurs. L'IFP s'implique également dans la production de carburants de synthèse à partir de gaz naturel, de charbon ou de biomasse, contribuant ainsi à développer des sources d'énergie alternatives présentant des qualités importantes sur le plan environnemental.



## ● L'hydrogène

L'utilisation d'hydrogène ouvre des perspectives intéressantes pour la production d'énergie si elle s'effectue dans des conditions favorables en termes économiques et également de bilan CO<sub>2</sub>. Développer les technologies pour produire l'hydrogène dans de telles conditions, le transporter en conduite et le stocker sont autant d'axes de recherche à l'IFP.



## ● La transformation de la biomasse et des déchets

L'IFP développe des technologies et procédés permettant de développer la filière énergétique de l'exploitation des déchets agricoles, ménagers ou industriels. Ces procédés permettent en particulier de récupérer l'énergie produite par leur combustion et de réduire leur impact sur l'environnement.



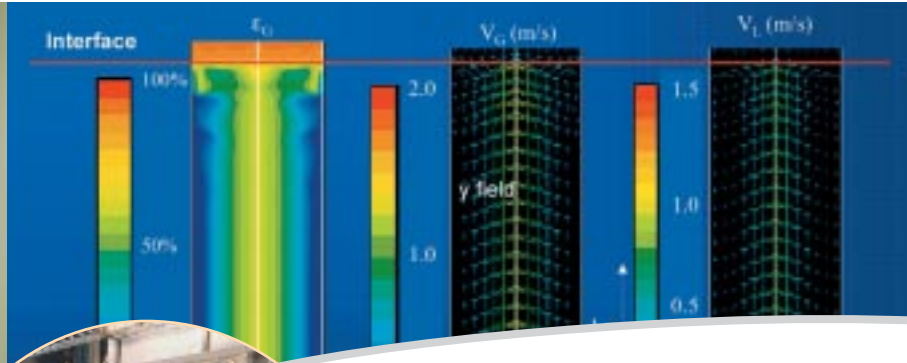


### *De la production des biocarburants à leur utilisation dans les moteurs*

Par F. Monot, *Chef du département Biotechnologie et Chimie de la Biomasse*  
et X. Montagne, *Chef du département Carburants - Lubrifiants - Émissions*

Par ses travaux, l'IFP contribue au développement de nouvelles filières énergétiques pour le transport qui présentent des atouts considérables dans le cadre de la lutte engagée contre le changement climatique.

Ainsi, les chercheurs de l'IFP travaillent sur les voies de production des carburants d'origine végétale, encore appelés biocarburants : amélioration des procédés des filières classiques (éthanol carburant, ETBE, esters d'huiles végétales) et nouveaux procédés de synthèse de carburants à partir de biomasse lignocellulosique (bois, résidus céréaliers ou forestiers, déchets organiques). La qualité des produits recherchés doit nécessairement être compatible avec les moteurs des véhicules les plus récents. L'impact de l'incorporation des biocarburants sur le fonctionnement et la longévité des moteurs (performances, encrassement, comportement du lubrifiant, etc.) ainsi que sur les émissions de polluants est très précisément évalué. L'IFP contribue ainsi très largement aux travaux permettant de garantir la compatibilité des biocarburants avec les technologies nécessaires pour passer les normes anti-pollution européennes les plus avancées.



Unité pilote Biopac produisant de l'hydrogène très pur à partir d'éthanol issu de la biomasse, pour alimenter une pile à combustible.



**ESTERFIP-H™ : une nouvelle technologie pour produire du biodiesel**

par B. Delfort, chef de projet

La technologie, mise au point par l'IFP et commercialisée par sa filiale Axens, représente une innovation majeure dans le domaine de la production des esters méthyliques d'huiles végétales (EMHV). Elle permet en effet la production d'EMHV conformes aux normes européennes tout en assurant une pureté inégalée à ce jour au coproduit – la glycérine – dont la valorisation reste un facteur déterminant de l'économie de cette filière. Mettant en œuvre un catalyseur solide, elle permet également la suppression des rejets inhérents aux technologies utilisées jusqu'à présent qui employaient un catalyseur soluble.



L'IFP a développé, en collaboration avec le Groupe ENI, un procédé de synthèse Fischer-Tropsch qui a été testé avec succès sur une installation pilote à la raffinerie Agip de Sannazzaro (Italie). Ce procédé permet, à partir de gaz naturel, d'obtenir un carburant diesel de très bonne qualité : sans soufre, ni aromatiques. La synthèse Fischer-Tropsch est fondée sur l'utilisation d'un gaz de synthèse qui peut être obtenu à partir de charges aussi diverses que le gaz naturel, le pétrole, le charbon, la biomasse, etc.





*Les travaux de l'IFP visent à développer les filières énergétiques utilisant la biomasse et les biocarburants. Des travaux sont à ce titre menés pour adapter les turbines à combustion aux biocarburants et aux gaz pauvres issus de la méthanation, de la thermolyse ou de la gazéification de la biomasse.*

- 
- 
- 
- 

### **La thermolyse des déchets : une nouvelle filière énergétique**

par F. Giroudière, *chef de projet*

Le procédé EDDIT<sup>®</sup> de thermolyse des déchets, développé par l'IFP et Thide Environnement, est un exemple de la volonté de l'IFP de s'investir dans des filières énergétiques alternatives et innovantes. Cette technologie est particulièrement intéressante car elle transforme les déchets en un combustible solide, débarrassé de l'essentiel de ses éléments polluants, qui peut ensuite être employé dans des installations de combustion classiques. Elle génère également un gaz dont la combustion permet la production d'eau chaude ou de vapeur tout en respectant l'environnement.



*Unité de valorisation des déchets de l'Artois à Arras (Thide Environnement)*

# MINIMISER LES ÉMISSIONS DE POLLUANTS TOXIQUES

Le développement durable de nos sociétés industrielles implique que nous protégeons notre environnement. Développer les technologies qui permettront de minimiser les émissions de polluants toxiques, que ce soit dans le domaine des transports ou au niveau des ensembles industriels, est une dimension permanente des projets de recherche de l'IFP. Les travaux portent aussi sur la caractérisation des polluants, étape nécessaire pour être en mesure de proposer des solutions afin de remédier aux pollutions accidentelles des sols, de la mer et de l'air.



## ● Limiter la pollution liée aux transports

Les travaux menés dans ce domaine visent en priorité à minimiser les émissions de polluants. L'IFP développe pour cela des procédés de raffinage générant des carburants ultrapropres. L'IFP travaille également sur la mise en œuvre de techniques moteurs innovantes ainsi que sur des systèmes de postcombustion permettant d'approcher des émissions quasi nulles de polluants.



## ● Concevoir des ensembles industriels à émissions quasi nulles

L'effort de R&D de l'IFP, dans ce domaine, a pour but de réaliser des ensembles industriels à émissions quasi nulles de polluants, au stade de la production (pétrole et gaz) ainsi qu'au stade du raffinage.



## ● Caractériser les polluants pour remédier aux pollutions accidentelles

L'IFP a développé différents outils pour étudier et caractériser l'impact des polluants sur l'environnement, dans le cadre de pollution des sols, de la mer ou de l'air. À titre d'exemple, l'IFP est intervenu pour caractériser et évaluer l'impact des hydrocarbures déversés lors des récentes pollutions maritimes (*Erika* et *Prestige*). L'IFP intervient également dans le domaine des technologies antipollution de traitement d'air et d'eau.



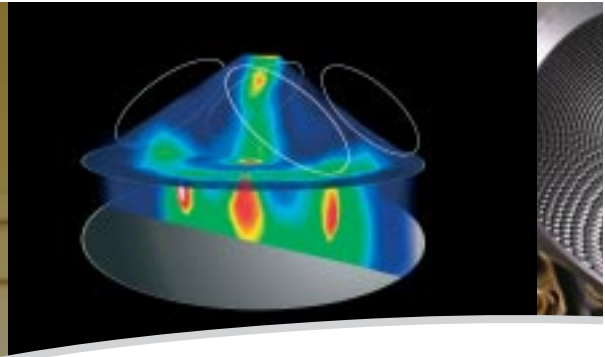


### *Produire des carburants ultrapropres pour protéger l'environnement*

par F. Picard, *chef de projet*

Développer des procédés permettant de produire des carburants ultrapropres afin de limiter les émissions de polluants des transports est un axe structurant de l'IFP. Le procédé de raffinage *Prime-G+*, ainsi développé par l'IFP et commercialisé par sa filiale Axens, en est un exemple. Il permet de produire des essences à très basse teneur en soufre, répondant à la future spécification fixant à 10 ppm la teneur en soufre dans les carburants d'ici 2009 dans l'Union européenne.

*Prime-G+* constitue une véritable innovation dans le domaine de la désulfuration des essences et rencontre en conséquence un très fort succès commercial. Aujourd'hui, cette technologie, leader sur son marché, a été choisie par plus de 100 raffineries dans le monde entier.

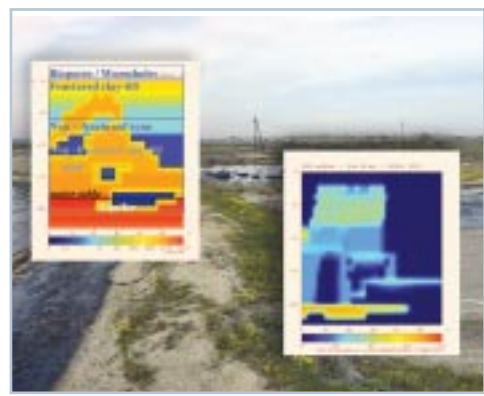


**Réduction de la pollution du diesel**  
**Résultats performants du procédé IFP de combustion diesel NADI™**  
par Ph. Pinchon, Directeur du centre de résultats Moteurs-Énergie

Dans le cadre de ses travaux sur la réduction de la consommation et des émissions de polluants des véhicules, l'IFP a développé un concept de combustion homogène diesel spécifique : le procédé NADI™ (Narrow Angle Direct Injection). Il permet de réduire de façon drastique les émissions de suies et d'oxydes d'azote tout en conservant, ce qui est nouveau, les performances maximales du moteur. Le procédé est actuellement mis en œuvre sur des moteurs multicylindres, en collaboration avec différents constructeurs automobiles. Une industrialisation pourrait être envisagée à échéance 2008-2010, en parallèle avec la mise en application des nouvelles normes antipollution Euro V.

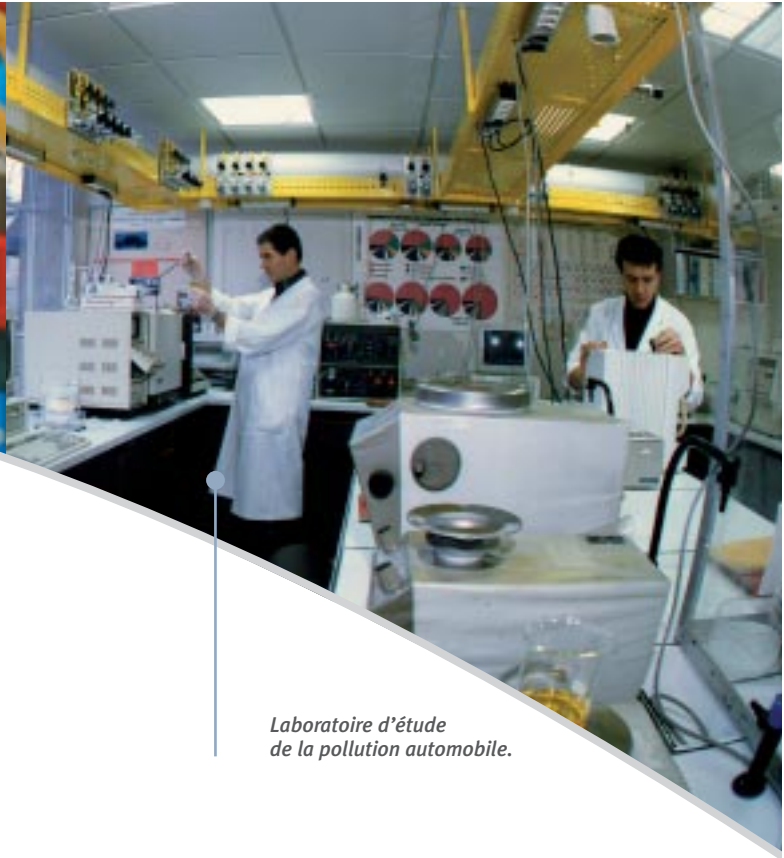
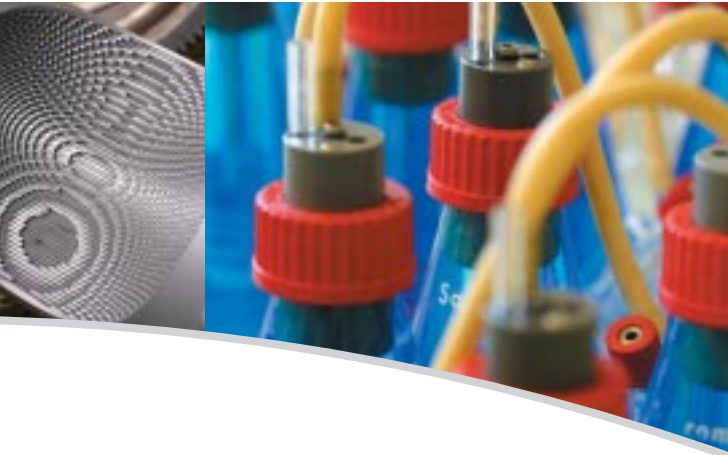


- L'équipement d'analyse Pollut-Eval™, développé par l'IFP, permet d'analyser rapidement des échantillons de terres polluées par des hydrocarbures. Cette technologie est utilisée pour suivre les évolutions ou dégradations des polluants dans les sols.
- Elle est commercialisée par la société Vinci Technologies, filiale de l'IFP.



Simuscopp : outil de simulation numérique de la propagation des polluants dans les sols et les aquifères.





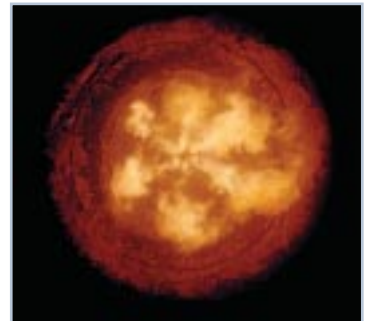
*Laboratoire d'étude de la pollution automobile.*



*L'IFP a développé, avec la société Airmeex, un système de filtration et traitement des gaz d'échappement.*

*Ce système permet de réduire d'au moins 95 % les émissions de particules à l'échappement et d'environ 80 % les émissions de monoxyde de carbone (CO) et d'hydrocarbures imbrûlés (HC). Cette technologie équipe d'ores et déjà les flottes de bus de plusieurs communautés urbaines.*

*L'IFP développe des brûleurs industriels qui permettent de réduire les rejets d'oxydes d'azote de 50 % par rapport aux technologies traditionnelles.*



- 
- 
- 
-

## PRÉVENIR LES RISQUES DE CHANGEMENT CLIMATIQUE

Les émissions de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) ont augmenté de 60 % depuis 1970 et devraient poursuivre leur progression en raison d'une consommation énergétique mondiale en forte croissance. Selon le GIEC (Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat), si aucune mesure n'est prise, la teneur de ce gaz à effet de serre dans l'atmosphère pourrait entraîner une élévation de température comprise entre 2 et 6 °C avec des conséquences potentiellement dramatiques pour la planète.



Dans une perspective de croissance continue de la consommation d'énergie, réduire les émissions de ce gaz constitue un défi technologique majeur pour les années à venir. Reconnu tant sur les plans national et européen qu'au niveau international et disposant des compétences clés requises, l'IFP s'engage pour développer de nouvelles options permettant de relever ce défi.



- **Réduire les consommations énergétiques**, notamment dans le domaine des transports dont le développement représente le principal risque d'augmentation des émissions de CO<sub>2</sub>, est un premier axe de travail de l'IFP. Les technologies moteurs développées visent, en particulier, à concilier les augmentations de rendement induites avec des spécifications de plus en plus sévères concernant la réduction des émissions de polluants.



- **Développer l'utilisation d'énergies à contenu carboné moins élevé afin qu'elles se substituent progressivement aux énergies fossiles riches en carbone** est une voie intéressante pour réduire les émissions de CO<sub>2</sub>. Cet axe répond également à la nécessité de développer des filières énergétiques alternatives.

- **Capter, transporter et stocker le CO<sub>2</sub> émis** apparaît comme une voie prometteuse dans laquelle l'IFP s'engage fortement, les compétences nécessaires à son développement étant celles mises en œuvre dans le cadre de l'exploitation pétrolière.





• • • • •

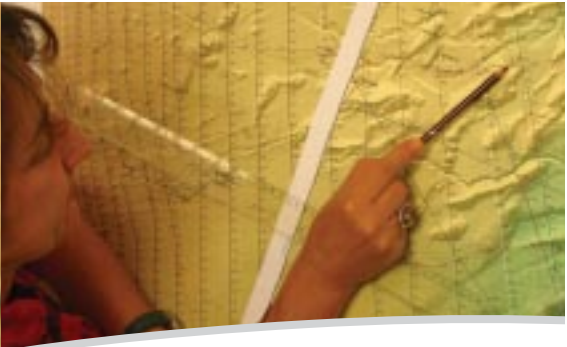
### *Capture, transport et stockage du CO<sub>2</sub>*

par A. Rojey, *Directeur Développement durable*

La capture et le stockage du CO<sub>2</sub> dans le sous-sol constituent une solution prometteuse pour lutter contre le réchauffement climatique et l'IFP entend jouer un rôle de tout premier plan pour le développement de ces voies.

L'utilisation des combustibles fossiles génère aujourd'hui près de 80 % des émissions de CO<sub>2</sub>. Pour apporter une réponse aux risques de changement climatique, il faudrait pouvoir capturer et stocker dans le sous-sol une part significative du CO<sub>2</sub> ainsi émis et assurer l'intégrité du stockage pendant une durée importante, de l'ordre d'un millier d'années.

Le potentiel mondial de stockage de CO<sub>2</sub> est encore mal connu mais paraît considérable. Des études sont à poursuivre pour mieux l'estimer. Des opérations de stockage dans des aquifères ou des gisements de pétrole abandonnés sont déjà en cours. Il s'agit donc, dès à présent, d'une réalité. Les difficultés à surmonter restent cependant importantes : il s'agit en particulier de réduire les coûts – encore élevés à l'heure actuelle – et de pouvoir garantir la sûreté et l'intégrité à long terme du stockage.



### Le développement de moteurs alimentés au gaz naturel véhicule (GNV)

Par R. Tilagone, *chef de projet*

Parmi les différentes filières énergétiques pour le transport, le GNV présente intrinsèquement des avantages significatifs sur le plan des émissions de gaz à effet de serre. En raison de sa composition chimique et de ses caractéristiques, favorables à une utilisation efficace dans un moteur, le gaz naturel permet ainsi de réduire très nettement les émissions de CO<sub>2</sub> : près de 25 % comparé à l'essence sur le cycle normalisé.

- 
- 
- 
- 

L'IFP, déjà fortement engagé dans ce domaine, a récemment démontré l'intérêt d'un moteur adapté au GNV en réalisant, en collaboration avec l'Ademe et Gaz de France, un véhicule prototype Smart optimisé pour ce gaz.

### L'IFP, leader de projets de recherche européens sur la capture, le transport et le stockage du CO<sub>2</sub>

Par P. Le Thiez, *chef de projet*

Les actions dans le domaine de la capture, du transport et du stockage du CO<sub>2</sub> sont menées en concertation étroite avec les opérateurs industriels concernés, à l'échelle européenne en particulier.

L'IFP coordonne ainsi un vaste projet, nommé *Castor*, qui regroupe 30 partenaires, industriels et centres de recherche, de 11 pays de la Communauté européenne. Les objectifs stratégiques du projet sont de réduire fortement le coût de la capture du CO<sub>2</sub> et d'accroître la sécurité du stockage géologique afin de rendre possible à terme une diminution de 10 % des émissions européennes de ce gaz.

L'IFP participe par ailleurs également au projet *Encap* visant la génération d'énergie avec production d'hydrogène et capture du dioxyde de carbone en précombustion. Enfin, l'IFP coordonne l'action de support INCA CO<sub>2</sub> visant à renforcer la position de la Commission européenne dans la stratégie internationale de lutte contre les émissions de CO<sub>2</sub>.

- 
- 
- 
- 

Tous ces projets de recherche se sont mis en place en un temps relativement réduit, ce qui illustre bien la volonté et la capacité de l'IFP d'agir et d'innover pour un développement durable.



## CO<sub>2</sub> : VOIES TECHNOLOGIQUES ÉTUDIÉES

### Capture

● L'IFP étudie différentes options de capture de CO<sub>2</sub>, soit en postcombustion pour des unités industrielles existantes, soit en précombustion pour des unités neuves. Des options innovantes de capture de CO<sub>2</sub> dans les fumées, soit par solvant, soit par circulation de phases solides de captation sont à l'étude.

● L'IFP recherche de nouvelles options pour réaliser une oxycombustion, avec transfert direct d'oxygène à partir de l'air au moyen de masses d'oxydo-réduction, en vue d'obtenir des gaz de combustion concentrés en CO<sub>2</sub> et faciles à traiter.

● Enfin, l'IFP s'investit dans la recherche de nouveaux procédés de production d'énergie, passant par la production de gaz de synthèse et d'hydrogène, ainsi que la capture de CO<sub>2</sub> en précombustion.

### Transport

● En ce qui concerne le transport de CO<sub>2</sub>, déjà couramment pratiqué, l'IFP étudie un mode de transport en phase liquide qui présente un certain nombre d'avantages par rapport au transport en phase gazeuse supercritique, notamment en termes de réduction des coûts.

### Stockage

● Le CO<sub>2</sub> est ensuite injecté dans le sous-sol et stocké à demeure. Trois modes de stockage géologique peuvent être envisagés : le stockage dans les gisements d'hydrocarbures déplétés, dans les aquifères profonds ainsi que dans les veines de houille inexploitées. Les travaux de l'IFP portent sur la réduction des coûts du stockage tout en garantissant la sécurité et l'intégrité à long terme. Les actions menées portent sur le développement de modèles adaptés, prenant en compte notamment les interactions géochimiques entre le CO<sub>2</sub> et la roche réservoir. Des méthodes de monitoring sismique sont également étudiées afin de pouvoir contrôler l'extension de la bulle de gaz stocké ainsi que l'intégrité de la couverture.

### Analyser les risques liés au stockage du CO<sub>2</sub> dans les gisements exploités

Par Y. Le Gallo, ingénieur réservoir

Avant de prendre la décision d'utiliser un gisement de pétrole pour stocker de façon durable du CO<sub>2</sub>, il est nécessaire d'analyser et de mesurer les risques de fuite afin d'en évaluer les impacts potentiels. Les travaux menés dans ce domaine visent à modéliser le comportement du stockage dans le temps et dans le cadre de scénarii provoquant une rupture d'étanchéité (endommagement de l'intégrité des puits ou des formations réservoir, réactivation de failles, etc.).

Le développement de ces modèles conceptuels ou numériques permet de renforcer la sécurité des stockages, contribuant ainsi à rendre possible et durable cette nouvelle option de lutte contre l'effet de serre.

# LES COMPÉTENCES DE L'IFP AU SERVICE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE

Les actions de l'IFP concernant le développement durable font appel à l'ensemble des compétences de l'IFP et sont menées dans le cadre de ses différentes missions :

## Recherche

Les études concernant le développement durable s'appuient sur un ensemble de recherches de base et de compétences clés de l'IFP dans des secteurs comme les sciences de la terre, la mécanique des fluides, la thermodynamique, le génie chimique, la thermique, la catalyse qui sont représentées au sein des directions de recherche. Ces recherches de base font notamment appel à des travaux menés dans le cadre de thèses et font l'objet d'une large concertation avec des laboratoires français, européens et internationaux. Des travaux de recherche sont également menés dans le cadre de contrats de recherche qui peuvent prendre différentes formes : contrats bilatéraux, consortiums, JIP.

## Développement industriel

Les travaux menés par l'IFP débouchent sur de nouvelles techniques et de nouveaux procédés et sont menés en liaison étroite avec les différentes industries concernées : pétrolière, gazière, parapétrolière et paragazière, automobile.

La commercialisation des logiciels, procédés et technologies développés par l'IFP fait appel à ses différentes filiales (dont Beicip-Franlab, Axens, Prosernat, etc.). De nombreuses actions dans le domaine du développement durable font également appel à des collaborations avec l'ensemble de l'industrie et notamment les PME-PMI.

## Diffusion des connaissances

L'IFP mène une action importante de diffusion des connaissances sur l'ensemble des questions touchant au développement énergétique durable *via* de nombreux ouvrages, publications et communications à congrès. Combinant expertises scientifiques multidisciplinaires, analyses technico-économiques et connaissances des marchés, l'IFP met ainsi, de manière indépendante, l'ensemble de ses connaissances au service de la collectivité et de l'industrie afin de répondre aux grands enjeux d'intérêt général et défis industriels qui façonneront l'évolution du paysage énergétique de ce siècle.

## Formation

École de formation complémentaire pour ingénieurs, l'École du pétrole et des moteurs forme les futurs professionnels des industries internationales du pétrole, du gaz et de l'automobile. L'action de l'École s'inscrit pleinement dans la vocation de l'IFP de former les personnels qui seront à même de développer les connaissances et les technologies qui permettront de fournir l'énergie pour satisfaire les besoins mondiaux de transport tout au long du 21<sup>e</sup> siècle dans le cadre d'un développement durable de nos sociétés.





## L'IFP

L'IFP est un centre de recherche scientifique et de développement industriel, de formation et d'information dans le domaine des hydrocarbures et de leurs substituts. Ses activités couvrent l'ensemble de la chaîne pétrolière et gazière : exploration, production, raffinage, pétrochimie, moteurs et utilisation des produits pétroliers.

Ses travaux visent à développer les technologies qui permettront de satisfaire les besoins croissants en énergie du secteur transport tout au long du 21<sup>e</sup> siècle. Ils s'inscrivent dans une perspective de développement durable en proposant des solutions technologiques pour repousser les limites actuelles des réserves de pétrole, assurer la transition vers une énergie de remplacement, réduire les émissions de polluants et lutter contre le changement climatique en diminuant les émissions de gaz à effet de serre.

- 1800 salariés
- Un portefeuille de 12 600 brevets vivants :
  - 10<sup>e</sup> déposant national en France,
  - 6<sup>e</sup> déposant aux États-Unis, toutes nationalités confondues, dans le domaine pétrolier.
- Montant de l'activité 2003 : 291,5 millions d'euros
- Site internet : [www.ifp.fr](http://www.ifp.fr)



[www.ifp.fr](http://www.ifp.fr)

**IFP - Développement durable**

**IFP (Siège social)**

1 et 4, avenue de Bois-Préau - 92852 Rueil-Malmaison Cedex - France  
Tél. : +33 1 47 52 60 00 - Fax : +33 1 47 52 70 00

**IFP-Lyon**

BP 3 - 69390 Vernaison - France  
Tél. : +33 4 78 02 20 20 - Fax : +33 4 78 02 20 15

**ESQUIF**

Photos : IFP, P. Chevrolat, J.J. Humphrey, Scoppimag, L. Zyberman - Graphix Images, Comstock - 300411 -