

RAPPORT D'ACTIVITÉ

2019

INNOVER  
LES ÉNERGIES

# IFP ÉNERGIES NOUVELLES



# SOMMAIRE

# NOTRE MISSION

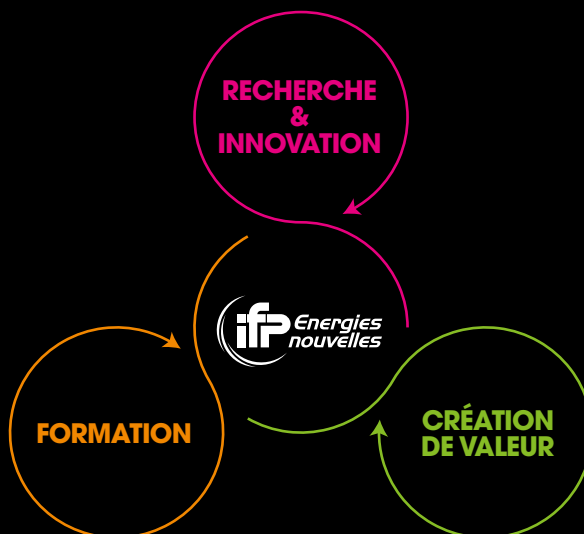
- IFPEN, L'ESSENTIEL**
- 01 Profil
  - Le message de Didier Houssin, Président d'IFPEN
- 02 La gouvernance d'entreprise
- 06 L'actualité 2019 d'IFPEN en bref
- 10 Données sociales et financières
- DÉVELOPPER LES INNOVATIONS D'AUJOURD'HUI ET DE DEMAIN**
- 12 Mobilité durable
- 16 Énergies nouvelles
- 20 Hydrocarbures responsables
- 24 Une recherche fondamentale ouverte au service de l'innovation
- ENCOURAGER ET SOUTENIR L'INNOVATION**
- 32 **FORMER LES ACTEURS DE LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE**

## CONTEXTE

LE CHANGEMENT CLIMATIQUE ET LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE



## 3 AXES MAJEURS



## IFP Energies nouvelles

est un acteur majeur de la recherche et de la formation dans les domaines de l'énergie, du transport et de l'environnement. De la recherche à l'industrie, l'innovation technologique est au cœur de son action, articulée autour de trois priorités stratégiques : mobilité durable, énergies nouvelles et hydrocarbures responsables.

### DANS LE CADRE DE LA MISSION D'INTÉRÊT GÉNÉRAL CONFÉE PAR LES POUVOIRS PUBLICS, IFPEN CONCENTRE SES EFFORTS SUR :

- > l'apport de solutions aux défis sociétaux de l'énergie et du climat, en favorisant la transition vers une mobilité durable et l'émergence d'un mix énergétique plus diversifié ;
- > la création de richesse et d'emplois, en soutenant l'activité économique française et européenne et la compétitivité des filières industrielles associées.

Partie intégrante d'IFPEN, son école d'ingénieurs IFP School prépare les générations futures à relever ces défis.

### UN FINANCEMENT PUBLIC/PRIVÉ

IFPEN dispose d'un savoir-faire éprouvé sur l'ensemble de la chaîne de valeur allant de la recherche fondamentale jusqu'à l'innovation. Son financement est assuré à la fois par le budget de l'État et par des ressources propres, provenant de partenaires industriels. Ces dernières représentent plus de 50 % du budget total d'IFPEN, une configuration quasi unique en France.

### UNE RECHERCHE CENTRÉE SUR L'INNOVATION

Les programmes de R&I d'IFPEN ont pour objectif de lever des verrous scientifiques et technologiques permettant de déboucher sur des innovations valorisables par l'industrie.

### LA RECHERCHE FONDAMENTALE, SUPPORT AUX INNOVATIONS DE DEMAIN

Le programme de recherche fondamentale d'IFPEN vise à créer un socle de connaissances indispensables au développement d'innovations. L'expertise scientifique des chercheurs d'IFPEN est internationalement reconnue et régulièrement sollicitée par les pouvoirs publics, à qui ils apportent, dans leurs domaines de compétences, des éléments d'éclairage utiles à la décision.

### LA CRÉATION DE RICHESSE ET D'EMPLOIS

Le modèle économique d'IFPEN repose sur la valorisation industrielle des technologies développées par ses chercheurs. Ce transfert technologique vers l'industrie est générateur d'emplois et d'activité en favorisant le développement économique des filières liées aux secteurs de la mobilité, de l'énergie et des éco-industries. La mise sur le marché des innovations d'IFPEN se fait au travers de partenariats étroits avec des industriels et les filiales de son groupe. Sur des marchés émergents ou matures, IFPEN crée des sociétés ou prend des participations dans des entreprises prometteuses, que ce soit directement ou par le biais de structures de capital investissement. Par ailleurs, IFPEN accompagne le développement des PME-PMI dans le cadre d'accords de collaboration leur permettant de bénéficier de son savoir-faire technique et juridique.

### L'INTERNATIONAL COMME CHAMP D'ACTION

Acteur dans de nombreux projets, plateformes technologiques et réseaux dans le cadre d'Horizon 2020, IFPEN contribue à faire émerger une vision européenne de la recherche dans les domaines de la mobilité et de l'énergie. À travers le monde, au sein de projets collaboratifs, de consortiums ou de contrats bilatéraux, ce sont plus de 100 partenaires académiques et industriels, sociétés internationales et PME, qui travaillent avec IFPEN.

### LA FORMATION, VECTEUR DE COMPÉTITIVITÉ

Dans le contexte de la transition énergétique, IFP School et IFP Training accompagnent au plus près les industriels dans leurs besoins en personnels hautement qualifiés pour répondre aux défis techniques, économiques et environnementaux actuels et futurs. IFP School, dans un environnement fortement international, propose à de jeunes ingénieurs diplômés des formations complémentaires de 3<sup>e</sup> cycle aux métiers de l'énergie, de l'automobile et de l'environnement. Elle délivre tous les ans plus de 500 étudiants issus du monde entier. IFP Training, filiale d'IFPEN, apporte pour sa part chaque année, à près de 15 000 salariés de l'industrie, des formations professionnelles leur permettant d'être compétitifs.

# 2019

## IFPEN, MOTEUR D'INNOVATION

### LE MESSAGE DE **DIDIER HOUSSIN**

Président d'IFPEN



*Une transformation en profondeur pour répondre aux nouveaux défis de la transition énergétique et de la mobilité durable.*



Une transformation profonde du secteur énergétique est aujourd'hui engagée pour répondre au défi du changement climatique.

IFPEN – résolument ancré dans l'innovation au service d'un mix énergétique durable – soutient ces ambitions.

L'année 2019, marquée par de nombreuses avancées, a ainsi vu évoluer notre périmètre de recherche avec un renforcement des activités relatives à la mobilité durable et aux énergies nouvelles.

Dans le domaine de la mobilité durable, IFPEN développe des technologies innovantes pour l'électrification des motorisations, depuis les machines électriques jusqu'à la caractérisation et la simulation des batteries. De même, nos travaux sur la mobilité connectée apportent des solutions tant au citoyen voulant analyser son éco-mobilité qu'aux collectivités souhaitant concevoir des infrastructures urbaines.

L'évolution d'IFPEN s'est également traduite par la signature d'un partenariat stratégique avec le groupe Total sur le captage, le stockage et l'utilisation du CO<sub>2</sub>, par l'accroissement de nos activités dans l'éolien offshore, un positionnement renforcé sur le stockage de l'énergie et le développement des technologies numériques au service de la transition énergétique.

Par ailleurs, en réponse aux attentes sociétales de plus en plus fortes vis-à-vis de l'élimination des déchets plastiques, IFPEN a mis en place en 2019 un programme spécifique dédié au développement des procédés de recyclage chimique, avec de premiers résultats très encourageants à l'échelle du pilote.

Afin d'accroître son positionnement dans l'écosystème d'innovation, IFPEN a postulé en 2019 à un deuxième label Carnot portant sur ses activités liées aux ressources énergétiques. Ce nouveau label, obtenu en janvier 2020, ainsi que le renouvellement du Carnot IFPEN Transports Énergie témoignent de la qualité de notre expertise et de notre engagement en faveur de la transition énergétique, de notre capacité à mobiliser un haut niveau scientifique en faveur de l'innovation, et à transférer nos compétences vers l'industrie grâce à nos partenariats avec les entreprises et en particulier les PME.



Je tiens à souligner que cette dynamique est soutenue par les actions qu'IFPEN mène en interne pour stimuler l'innovation. Un incubateur à projets encourage l'émergence d'innovations en rupture dans de nouveaux domaines. Un challenge d'innovation interne, dont la deuxième édition s'est tenue en 2019, se concentre sur les nouveaux marchés de l'énergie.

Notre école, IFP School, poursuit également sa démarche de transformation en faisant évoluer les enseignements vers l'innovation énergétique et la mobilité durable au rythme des besoins de l'industrie.

C'est donc l'ensemble d'IFPEN qui, par la recherche fondamentale visant à lever des verrous scientifiques, par la recherche appliquée, par la valorisation industrielle des résultats de R&I et par la formation diplômante, est au service de la transition énergétique en proposant des solutions innovantes, durables et économiques.

Au moment où mon mandat va bientôt se terminer et où la préparation de notre nouveau contrat d'objectifs et de performance pour 2021/2026 va commencer, je tiens à réaffirmer toute ma confiance dans l'engagement des collaborateurs d'IFPEN pour accélérer notre transformation et répondre au défi de la transition énergétique.

Bonne lecture !

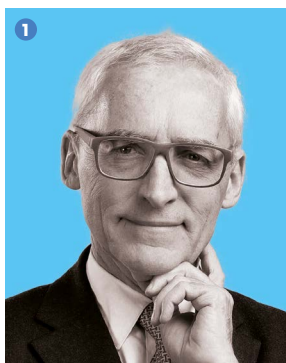


# LA GOUVERNANCE D'ENTREPRISE

## LE COMITÉ EXÉCUTIF\*

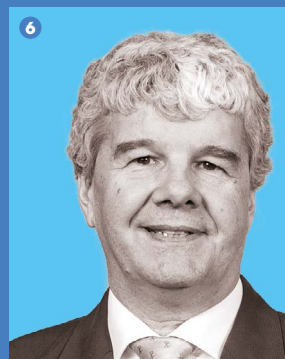
### DIRECTION GÉNÉRALE

- 1 Didier Houssin**  
Président
- 2 Catherine Rivière**  
Directrice générale adjointe  
Recherche et Innovation
- 3 Éric Lafargue**  
Directeur général adjoint  
Administration  
et Gestion des filiales



### DIRECTEURS DES CENTRES DE RÉSULTATS

- 4 Éric Heintz**  
Ressources énergétiques
- 5 Jean-Pierre Burzynski**  
Procédés
- 6 Gaëtan Monnier**  
Transports
- 7 Christine Travers**  
Formation
- 8 Nathalie Alazard-Toux**  
Développement industriel



### AUTRE MEMBRE DU COMITÉ EXÉCUTIF

- 9 Véronique Ruffier-Meray**  
Directrice des Ressources  
humaines



\* Au 2 avril 2020

## LE CONSEIL D'ADMINISTRATION\*

### REPRÉSENTANTS DE L'ÉTAT

#### Anne-Florie Coron

Sous-Directrice en charge de la sécurité d'approvisionnement et des nouveaux produits énergétiques à la Direction générale de l'Énergie et du Climat, représentant la ministre chargée de l'Énergie

#### Ahmed J'mila

Adjoint au Chef du bureau de l'Énergie, des Participations, de l'Industrie et de l'Innovation à la direction du Budget, représentant le ministre chargé du Budget

#### Frédéric Ravel

Directeur scientifique du secteur Énergie, développement durable, chimie et procédés au service de la stratégie de la recherche et de l'innovation à la direction générale pour la Recherche et l'Innovation, représentant la ministre chargée de la Recherche

#### Marie-Solange Tissier

Présidente de la section Régulation-Ressources du Conseil général de l'Économie, de l'Industrie, de l'Énergie et des Technologies, représentant le ministre chargé de l'Industrie

### PERSONNALITÉS QUALIFIÉES

#### Didier Houssin

Président

#### Monique Axelos

Directrice scientifique Alimentation et Bioéconomie de l'Inrae

#### François Dassa

Directeur de la mission Prospective et Relations internationales du groupe EDF, au sein de la direction Innovation, Responsabilité d'entreprise, Stratégie

#### Carla Gohin

Directrice de la Recherche, de l'Innovation et des Technologies avancées du groupe PSA Peugeot Citroën

#### Didier Holleaux

Directeur général adjoint du groupe Engie

#### Helle Kristoffersen

Directrice générale Stratégie Innovation et membre du comité exécutif du groupe Total

#### Hervé Le Treut

Membre de l'Académie des sciences, Directeur de recherche au CNRS

#### Sophie Paturle-Guesnerot

Fondatrice associée de Demeter-Partners

#### Axel Plasse

Directeur Stratégie de développement Powertrain du groupe Renault-Nissan-Mitsubishi

#### Valérie Quiniou-Ramus

Directrice exécutive de la Prospective et de la Recherche de l'Ademe

### REPRÉSENTANTS DES SALARIÉS

#### Laurent Duval

X\*\*

### ASSISTENT EN OUTRE AU CONSEIL D'ADMINISTRATION

#### Cyril Bouyeure

Contrôleur général économique et financier, ministère de l'Économie

#### Philippe Geiger

Directeur adjoint, direction de l'Énergie, ministère de la Transition écologique et solidaire

#### Guillaume Gougeul

Secrétaire du Comité social et économique central

\* Au 2 avril 2020 \*\* En raison de la pandémie Covid-19, l'élection d'un 2<sup>e</sup> représentant n'a pu aller à son terme

## LE CONSEIL SCIENTIFIQUE\*

#### Grégoire Allaire

Président du conseil scientifique, Professeur de mathématiques appliquées à l'École polytechnique, Professeur des universités de classe exceptionnelle

#### Janne Blicher-Toff

Directeur de recherche au CNRS et Professeur en géosciences à l'École normale supérieure de Lyon

#### Carmen Claver

Professeur de chimie inorganique à l'université Rovira i Virgili de Tarragone

#### Christophe Coperet

Professeur de chimie moléculaire et titulaire de la chaire de chimie de surface et interfaces à l'École polytechnique fédérale de Zürich

#### Marc-Olivier Coppens

Ramsay Memorial Professor et Directeur du département de génie chimique à University College de Londres

#### Patrick Criqui

Directeur de recherche au CNRS, responsable de l'équipe d'économie du développement durable et de l'énergie du laboratoire GAEL, du CNRS et de l'université Grenoble Alpes

#### Luigi Del Re

Professeur à l'université Johannes Kepler de Linz, Directeur de l'Institute of Design and Control of Mechatronical Systems

#### Jocelyne Erhel

Directrice de recherche à l'Inria

#### Mohamed Gabsi

Professeur et directeur du département Électronique - électrotechnique à l'École normale supérieure de Paris-Saclay

#### Anke Lindner

Professeur de physique à l'université Paris Diderot et chercheur au laboratoire de physique et mécanique des milieux hétérogènes à l'École supérieure de physique et de chimie industrielles de Paris

#### Michèle Marin

Présidente du centre Inra Occitanie à Toulouse

#### Jean-François Minster

Président de l'Institut photovoltaïque d'Île-de-France

#### Christine Rousselle

Professeur en combustion et diagnostics optiques à l'université d'Orléans, déléguée au TCP Clean and Efficient Combustion de l'AIE

#### Michel Sardin

Professeur émérite à l'INPL-Ensic de l'université de Lorraine, conseiller à l'Institut Carnot ICEEL de Nancy

#### Luc Vervisch

Professeur des universités à l'Institut national des sciences appliquées de Rouen

\* Au 2 avril 2020

# L'ACTUALITÉ 2019 D'IFPEN EN BREF

RDV

innovation  
énergétique

ifpen

## SUCCÈS POUR LES RDV IFPEN DE L'INNOVATION ÉNERGÉTIQUE

Les RDV IFPEN de l'Innovation énergétique, inaugurés en 2019, ont accueilli à Paris trois tables rondes au cours de l'année : la première avait pour sujet « l'électrification des transports : quels potentiels pour quels usages ? ». Grenoble-Alpes Métropole, Ademe et Enedis y sont intervenus. Le deuxième rendez-vous a porté sur l'avenir des biocarburants de 2<sup>e</sup> génération (2G), dits « biocarburants avancés ». Il a donné la parole au ministère de la Transition écologique et solidaire, à Safran et à l'Institut d'Innovations en écomatériaux, écoproduits et écoénergies (Canada). Enfin, la troisième édition, consacrée au captage, stockage et valorisation du CO<sub>2</sub>, a réuni l'AIE, Air Liquide et Total.

Une centaine de personnes, parmi lesquelles de nombreux journalistes, ont participé à chacun de ces rendez-vous animés par IFPEN. D'autres RDV IFPEN seront organisés en 2020.

À suivre sur Twitter : #RDVifpen



## L'HYDROGÈNE DANS LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE : À L'ÉCOUTE DE L'EXPERTISE D'IFPEN

À l'occasion de la commission d'enquête sur l'impact économique, industriel et environnemental des énergies renouvelables, IFPEN a été auditionné le 6 juin 2019 à l'Assemblée nationale à propos du rôle de l'hydrogène dans la transition énergétique, ses modes et ses coûts de production ainsi que les conditions de son déploiement. Les questions de l'utilisation de l'hydrogène dans le domaine des transports et de sa place dans le mix énergétique ont également été abordées.

Par ailleurs, le 27 juin, une pré-étude réalisée en partenariat par Sintef et IFPEN a été présentée à Bruxelles à l'occasion du workshop Hydrogen for Europe, organisé par l'IOGP. Cette pré-étude, menée dans le cadre des réflexions sur les actions à mettre en œuvre pour respecter les engagements pris lors de l'accord de Paris évalue le potentiel de l'hydrogène en Europe. Elle fait le point sur le rôle potentiel de l'hydrogène produit à partir du gaz naturel et décarboné par CCS (Carbon Capture & Storage).

Une étude approfondie sur le rôle stratégique de l'hydrogène pour en faire un pilier de la transition énergétique en Europe est en cours d'élaboration.



En savoir plus.



## LES CHERCHEURS D'IFPEN À LA RENCONTRE DES ÉCOLIERS ET DU GRAND PUBLIC

En mai 2019, des chercheurs d'IFPEN sont intervenus dans des écoles de Rueil-Malmaison afin de sensibiliser les élèves sur la pollution de l'air liée à l'activité humaine. Des présentations interactives ont permis aux écoliers de s'interroger sur le sujet en abordant les thématiques des gaz à effet de serre et de la mobilité. Par ailleurs, en octobre, dans le cadre de la Fête de la science, IFPEN et 13 autres organismes de recherche ont donné rendez-vous au grand public sous la canopée du Forum des Halles à Paris pour leur présenter Science en Direct, un événement où les thèmes de l'énergie, l'environnement, le climat, l'espace, la biodiversité, la santé ont été abordés de manière originale et ludique.



En vidéo : Retrouvez les chercheurs d'IFPEN à la Fête de la science.

## BIOÉCONOMIE, BIOTECHNOLOGIES, SOLS : L'INRAE ET IFPEN RENOUVELLENT LEUR ACCORD

En avril 2019, Philippe Mauguin, Président-Directeur général de l'Inrae et Didier Houssin, Président d'IFPEN ont renouvelé la collaboration entre les deux instituts pour une durée de cinq ans. Les thématiques prioritaires de cette collaboration portent sur les enjeux de mobilisation de la biomasse pour les filières de la bioéconomie, les biotechnologies et la contribution des sols à l'atténuation du changement climatique.



En savoir plus.



## IFP SCHOOL : ACCRÉDITATIONS POUR LA DÉLIVRANCE DES DIPLÔMES

En septembre 2019, la Commission des titres d'ingénieur a émis un avis favorable au renouvellement de l'accréditation d'IFP School pour délivrer le diplôme d'ingénieur spécialisé pour cinq ans, durée maximale, sur l'ensemble des dix diplômes d'ingénieur spécialisé de l'école. IFP School avait également obtenu en janvier 2019, par arrêté du ministère de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation, le droit de délivrer un diplôme d'études supérieures appliquées conférant le grade de master. Ces deux diplômes couvrent l'ensemble des profils d'étudiants accueillis par l'École.



### MUTATION DE LA MOBILITÉ EN ÎLE-DE-FRANCE : IFPEN S'ENGAGE

En octobre, le programme « Construire au futur, habiter le futur », promu par la région Île-de-France, a été désigné lauréat de l'appel à projets national « Territoires d'innovation ». Il réunit 120 acteurs dont IFPEN, partenaire sur le thème du digital pour les villes et territoires durables. Des travaux sur la mise en place d'outils de collecte de données de déplacement sur le territoire Paris-Ouest la Défense (POLD), tels que Geco air™, seront menés par IFPEN. L'année a également été marquée par l'approbation du plan vélo de la région Île-de-France « Convertissons la mobilité », coordonné par IFPEN et mené en partenariat avec POLD et les start-up Geovelo, K-Ryole et Galanck. Ce plan vélo régional a pour ambition d'apporter une réponse concrète et globale aux usagers pour les aider à basculer vers un usage massif du vélo.



### IFPEN AU CŒUR DU SOUTIEN AU TERRITOIRE LYONNAIS

Le 22 mai 2019, dans le cadre de la conférence « Transition énergétique : les entreprises sont en action ! » organisée par le Medef Auvergne-Rhône-Alpes, Cécile Barrère-Tricca, cheffe de l'établissement IFPEN-Lyon, a été interviewée en ouverture de la table ronde consacrée à la mobilité durable. Après avoir rappelé l'importance historique du secteur des transports dans le développement économique de la région, elle a indiqué les principaux enjeux actuels : réduction des émissions de polluants, diversification des sources d'énergie et adaptation aux évolutions des modes de déplacement. À travers des exemples, elle a ensuite montré comment des acteurs économiques d'Auvergne-Rhône-Alpes explorent en partenariat avec IFPEN différentes solutions, parmi lesquelles l'optimisation de l'utilisation des carburants bas carbone, le développement des véhicules électriques ou encore celui des véhicules connectés.

Cécile Barrère-Tricca est également intervenue à l'occasion d'un événement organisé à Paris le 3 décembre à l'initiative de David Kimelfeld, Président de la métropole de Lyon, afin de promouvoir l'attractivité économique du territoire lyonnais auprès d'un panel d'industriels. Cette rencontre, qui a rassemblé une trentaine de représentants de grands groupes et de start-up, a été l'occasion de présenter le rôle et l'ancrage fort d'IFPEN dans un écosystème régional propice à l'innovation.



En vidéo : retrouvez l'intervention de Cécile Barrère-Tricca du 22 mai 2019.



## DEUX INSTITUTS CARNOT AU SEIN D'IFPEN !

Outre le renouvellement du Carnot IFPEN Transports Energie, le ministère de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation a annoncé l'obtention par IFPEN d'un nouveau label Carnot portant sur ses activités ressources énergétiques.

Le Carnot IFPEN Transports Energie coordonne l'action Carnauto dédiée au secteur de l'automobile et de la mobilité. Il participe à l'action AirCar consacrée à celui de l'aéronautique et également à des structures collaboratives tournées vers la recherche technologique et l'innovation, associant les industriels. Le Carnot IFPEN Transports Energie est aussi membre fondateur de deux pôles de compétitivité, Cara (mobilité urbaine et systèmes de transports de personnes et de marchandises) et Mov'eo (automobile et transports collectifs respectueux de l'environnement), membre actif du pôle ASTech (aéronautique et spatial) et acteur de l'institut pour la transition énergétique Vedecom (mobilité).

Le nouveau Carnot IFPEN Ressources Énergétiques, qui regroupe 14 laboratoires, ambitionne quant à lui de répondre aux enjeux scientifiques, technologiques et numériques afin de soutenir la transition vers un mix énergétique décarboné. Pour cela, il s'est donné trois objectifs : développer des énergies renouvelables en privilégiant l'éolien, le stockage de l'énergie et la géothermie, minimiser le « risque climat » lié aux activités industrielles, via la réduction des émissions de CO<sub>2</sub> et une meilleure compréhension des interactions climat/sol et accompagner ses partenaires pétroliers et parapétroliers face aux défis de la transition énergétique en minimisant les risques liés à l'exploration et la production.



## LE MINISTRE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE ET SOLIDAIRE EN VISITE À LYON

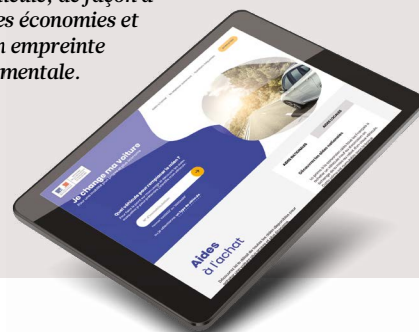
François de Rugy, Ministre d'État, Ministre de la Transition écologique et solidaire, Emmanuel Aubry, Préfet de région Auvergne-Rhône-Alpes et du Rhône, Jean-Luc Fugit, Député du Rhône et Président du Conseil national de l'air, et Yves Blein, Député du Rhône, ont été reçus sur le site de Lyon le 1<sup>er</sup> mars. L'occasion de leur présenter les travaux d'IFPEN en faveur de la mobilité durable et des énergies nouvelles.

À cette occasion, le Ministre a remis à Cécile Barrère-Tricca les insignes de Chevalier de l'Ordre national du mérite.



## JECHANGEMAVOITURE.GOUV.FR

En 2019, le ministère de la Transition écologique et solidaire a lancé jechangemavoiture.gouv.fr, plateforme dont le cœur de calcul a été développé par les équipes d'IFPEN. Destiné au grand public, ce site permet à chacun, en fonction de ses usages de mobilité, de comparer plusieurs véhicules présentant différents niveaux d'électrification et offre une aide à la décision pour le changement de son véhicule, de façon à réaliser des économies et limiter son empreinte environnementale.



## CHIFFRES CLÉS

(à fin 2019)

**185** premiers dépôts de brevets, dont 94 dans le domaine des NTE



Plus de **600** publications scientifiques et communications à congrès



Près de **500** élèves diplômés par IFP School



Certifié **ISO 9001** pour les activités de R&I



**26 000** participants, issus de 130 pays, au mooc IFP School sur la transition énergétique



**38** projets de recherche contractuelle impliquant des partenaires étrangers, parmi les 71 lancés en 2019



# DONNÉES SOCIALES & FINANCIÈRES

## DONNÉES SOCIALES

**A** fin de répondre aux orientations nationales concernant la transition énergétique, mobiliser efficacement les ressources de l'entreprise est un objectif qui passe par une politique de ressources humaines dynamique. Cette dernière se donne comme priorité d'identifier et d'anticiper les compétences capables de développer une expertise scientifique et technique de haut niveau.



**1633**   
Effectif total équivalent temps plein pour  
l'année 2019

dont **1 136** chercheurs

**Près de 200** allocataires  
de recherche, post-doctorants  
et stagiaires



**400**  
collaborateurs ont été  
mobiles depuis 2016



**91%**  
des salariés ont bénéficié  
d'au moins une action  
de formation en 2019



**4.7%**  
de travailleurs en situation  
de handicap en 2019





## DONNÉES FINANCIÈRES

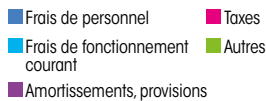
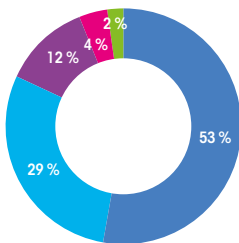
Les ressources propres d'IFPEN ont poursuivi leur progression en 2019, portées par la hausse des dividendes de sa filiale Axens. Parallèlement, l'augmentation des charges opérationnelles est restée très contenue, résultant pour l'essentiel de postes comptables sans impact sur la trésorerie (dotations aux amortissements et provisions).

Globalement, les frais de personnel et de fonctionnement se sont stabilisés depuis deux ans, ce qui n'a pas empêché la poursuite du redéploiement d'une partie des activités de la R&I de l'amont pétrolier vers les NTE.

Ainsi, l'autofinancement des activités « hydrocarbures » s'est renforcé en 2019, celles-ci dégagant désormais une ressource nette, venant abonder, depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2019, l'affectation intégrale de la dotation budgétaire d'IFPEN au financement des activités NTE.

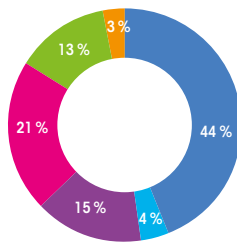
### RÉPARTITION DES CHARGES OPÉRATIONNELLES

Clôture 2019



### RÉPARTITION DES PRODUITS OPÉRATIONNELS

Clôture 2019



**283,3 M€**

**Charges opérationnelles**

dont **236,2 M€**  
pour la R&I



**124,5 M€**

**Dotation budgétaire**

**156,1 M€**

**Ressources propres (hors redevances pour comptes de tiers)**

**60%**

**du budget consacré aux NTE**



POIDS DES NTE DANS LA R&I IFPEN EN 2019	%
Total NTE	60
Énergies nouvelles	21
Mobilité durable	18
Recherche fondamentale transverse	21



# MOBILITE

## DURABLE

Prendre en compte l'évolution des modes de déplacement, répondre aux défis de l'efficacité énergétique des transports et diversifier les sources d'énergie sont les enjeux de la mobilité durable. Les chercheurs d'IFPEN mettent leur expertise au service de ces objectifs pour proposer des innovations (produits et services) qui soient valorisables par l'industrie, compétitives sur les plans économique, énergétique et environnemental, et servent – entre autres – la collectivité et le citoyen.

Trois thématiques complémentaires sont explorées :

- la mobilité électrifiée, du véhicule hybride au tout électrique ;
- la mobilité connectée, avec le développement de services et d'applications ;
- la mobilité à faible impact environnemental, avec l'amélioration des moteurs thermiques dans un contexte d'hybridation et l'optimisation de l'utilisation des carburants, notamment bas carbone.

### Le Carnot IFPEN Transports Energie

**D**ans le domaine du transport, les activités d'IFPEN s'inscrivent, depuis 2006, dans le cadre du Carnot IFPEN Transports Energie (Carnot IFPEN TE). Cette labellisation, renouvelée en 2020 pour quatre ans par l'ANR, est une reconnaissance de la capacité du Carnot IFPEN TE à accompagner ses partenaires industriels (grands groupes, ETI, PME, TPE et start-up) dans le cadre d'activités de recherche collaboratives ou de prestations, et à développer des produits et logiciels en s'appuyant sur un écosystème d'entreprises partenaires innovantes.



### Accompagner l'électrification des véhicules

**P**our accompagner l'accélération de l'électrification des transports et mettre au point des systèmes électriques performants et énergétiquement efficaces, les équipes d'IFPEN travaillent sur plusieurs axes :

- les batteries : compréhension du vieillissement et des dysfonctionnements, amélioration du comportement des systèmes, nouvelles générations et recyclage ;
- les machines électriques et les systèmes hybrides innovants, ainsi que leur électronique de puissance et de contrôle ;
- le transport de charges sans effort.

Des solutions de récupération des énergies perdues, basées sur le cycle de Rankine (ORC), ont également été développées – notamment dans le cadre d'un partenariat avec la PME Enogia – et contribuent à l'amélioration globale de l'efficacité énergétique des motorisations.

Grâce à une expérience de plus de dix ans dans l'étude, la caractérisation et la modélisation des systèmes de stockage électrochimique pour les transports, IFPEN est aujourd'hui reconnu comme un acteur incontournable du domaine. Preuve de ce positionnement réussi, IFPEN a su s'associer avec des acteurs de l'Alliance européenne des batteries pour étudier et modéliser de nouvelles générations de cellules de batterie, au travers du projet européen H2020 Modalis<sup>2</sup>. Ses travaux sur la modélisation des batteries permettent également d'innover sur des thématiques d'actualité comme la charge rapide ou la seconde vie des batteries.

En 2019, les équipes d'IFPEN ont également poursuivi leurs travaux sur le comportement des systèmes, ainsi que sur les mécanismes de vieillissement et d'emballage thermique des batteries, enjeu important en termes de sécurité et de maintien des performances des véhicules électrifiés (projet H2020 Demobase). Rappelons que leurs modèles sont disponibles dans la librairie Electric Storage de la plateforme Simcenter Amesim commercialisée par Siemens Digital Industries Software.

IFPEN propose également une technologie de machines électriques, couvrant les besoins de tous les segments de marché, du véhicule hybride au véhicule électrique.

IFPEN s'est par ailleurs doté d'un nouveau banc d'essais véhicules électrifiés et d'un nouveau banc d'essais moteurs électriques afin de renforcer ses offres de R&I et de services sur la mobilité électrifiée.

#### FAIT MARQUANT

#### LANCEMENT DU PROJET MODALIS<sup>2</sup> POUR LA MODÉLISATION DES FUTURES GÉNÉRATIONS DE BATTERIES

En 2019, IFPEN a porté, à travers son Carnot IFPEN Transports Energie, le projet Modalis<sup>2</sup> pour l'appel à propositions « Batteries de nouvelle génération » du programme Horizon 2020. Ce projet fédère Saft, Siemens Digital Industries Software, Siemens Corporate Technologies, Umicore, Solvay, K&S, CRF, Gemmate Technologies et l'université de Turin, autour d'IFPEN. Modalis<sup>2</sup> vise à développer une chaîne d'outils numériques afin de modéliser et de concevoir des systèmes de batteries mettant en œuvre de nouveaux matériaux.

Ces travaux permettront d'accompagner le développement des nouvelles générations de cellules de batterie tout en optimisant les coûts de développement et production.

En 2019, les équipes d'IFPEN ont également développé leur savoir-faire et compétences sur les machines électriques au service d'autres d'applications telles que le déplacement de charges sans effort. IFPEN s'est ainsi associé à la PME K-Ryole pour le transport de charges lourdes, jusqu'à 250 kg, à vélo ou à pied, sans aucun effort. IFPEN pilote également le projet « Convertissons la mobilité des Franciliens vers le vélo » de la région Île-de-France dans lequel des tests grandeur nature de ces remorques ont été réalisés.



#### FAIT MARQUANT

#### RECYCLAGE DES BATTERIES DE VÉLO À ASSISTANCE ÉLECTRIQUE (VAE)

IFPEN collabore avec la start-up Doctibike sur le recyclage des batteries des VAE, dans le cadre du projet Energyk financé par la région Auvergne-Rhône-Alpes. Ce projet a pour objectif de développer des packs batterie de VAE démontables, communicants et facilement réutilisables.



**BERTRAND LECOÏNTE**

ingénieur à IFPEN

### L'APPLICATION DES SAVOIR-FAIRE D'IFPEN À D'AUTRES DOMAINES, COMME LA MOBILITÉ DANS LES HÔPITAUX

« Lors du précédent challenge d'innovation interne, j'avais proposé une solution d'assistance amovible au déplacement des charges lourdes roulantes pour soulager les brancardiers dans les hôpitaux. De la genèse à la preuve de concept, l'ensemble des acteurs concernés à IFPEN a su se mobiliser pour poursuivre la dynamique d'agilité et de pragmatisme initiée par ce challenge. La solution proposée a vu le jour grâce à la combinaison des savoir-faire en mécanique et des compétences en contrôle des motorisations électriques adaptées à l'effacement de charge. Ce projet a également permis, en s'appuyant sur les compétences multiples présentes à IFPEN, de s'ouvrir à de nouveaux marchés dans le domaine hospitalier, en s'interrogeant sur les modes de valorisation appropriés. Lauréat mi-2018, une preuve de concept aboutie en 2019, 2020 devrait être l'année de l'industrialisation. »

## Au service de la mobilité connectée

Les chercheurs d'IFPEN exploitent depuis plusieurs années le potentiel offert par la digitalisation pour réduire l'impact environnemental des transports, en proposant des webservices et applications pour véhicules connectés, de l'écoconduite à l'évaluation des émissions de polluants, en passant par l'analyse énergétique, au service du citoyen, des collectivités et des entreprises.

S'appuyant sur l'application Geco air™, différentes expérimentations sont en cours pour mesurer et comprendre l'impact des aménagements urbains sur la pollution automobile, dans le cadre de plusieurs projets régionaux tels que Airmap (Grand Est), Airmes (Provence-Alpes-Côte d'Azur) ou Reveal (Auvergne-Rhône-Alpes). Geco air™ apporte ainsi aux collectivités locales une aide à la décision en matière d'urbanisme, d'aménagement routier et de gestion du trafic. La nouvelle version de Geco air™ permet aujourd'hui d'accompagner les entreprises dans l'élaboration de leurs plans de mobilité.

Les équipes d'IFPEN apportent également leur expertise en contrôle et en développement d'algorithmes, dans plusieurs projets européens, en soutien au développement de services connectés d'eco-routing, pour trouver la route la plus rapide et la moins énergivore, et d'eco-driving pour amplifier la réduction d'énergie consommée. À titre d'exemple, dans le projet Optemus qui s'est terminé en 2019, des essais en usage réel urbain ont montré un gain de plus de 10% sur la consommation énergétique associé à une réduction du temps de parcours. Des actions similaires sont menées dans le cadre du projet H2020 Cevolver ou seront conduites dans le cadre du projet H2020 LongRun dédié aux poids lourds, accepté fin 2019 et lancé début 2020.





**FAIT MARQUANT****UNE VALISE EMBARQUÉE POUR LA MESURE DES POLLUANTS EN TEMPS RÉEL**

Depuis 2018, IFPEN développe avec la PME Capelec, REAL-e, analyseur embarqué intelligent et connecté, qui mesure en temps réel les émissions de polluants à l'échappement des véhicules légers. REAL-e est un système plus simple, plus économique et plus rapide que ceux employés aujourd'hui. En 2019, REAL-e a reçu un des trois prix « Coups de cœur » du Grand Prix de l'innovation au salon Equip Auto à Paris.

**FAIT MARQUANT****LE PROJET HORIZON 2020 SUREAL-23**

« Understanding, measuring and regulating sub-23 nm particle emissions from direct injection engines including real driving conditions » a permis de développer de nouveaux appareils embarqués capables de mesurer l'émission des particules ultrafines (jusqu'à un diamètre de 10 nm) par les moteurs essence et Diesel, en conditions réelles d'usage. Ceci fournit au législateur européen une base scientifique pour un possible abaissement du seuil réglementaire de mesure de particules de 23 nm à 10 nm.

**FAIT MARQUANT****L'EXPERTISE D'IFPEN EN MESURE DES ÉMISSIONS DES VÉHICULES RECONNUE**

IFPEN, en tant qu'expert en caractérisation des émissions polluantes des véhicules, et le ministère de la Transition écologique et solidaire (MTES) ont lancé en 2019 une étude d'évaluation des émissions polluantes et de gaz à effet de serre (GES) en usage réel pour les véhicules respectant la norme Euro 6d-TEMP. Cette étude, dont les résultats seront rendus publics au dernier trimestre 2020, permettra d'établir les performances environnementales de l'offre actuelle de véhicules essence, Diesel et hybrides en toute transparence au service des citoyens.

**Améliorer les motorisations thermiques**

Dans un contexte de durcissement des réglementations et malgré une hybridation croissante des véhicules, l'amélioration des motorisations thermiques reste indispensable. Les équipes d'IFPEN mènent ainsi des travaux sur les moteurs à combustion interne, dans le but d'en réduire la consommation et les émissions de polluants. L'utilisation optimisée de carburants bas carbone permet d'améliorer encore le bénéfice environnemental de ces technologies en rupture. Sur cette thématique, IFPEN est acteur de plusieurs projets menés dans le cadre du programme Horizon 2020. Ainsi, le projet Eagle, porté par IFPEN, a pour objectif de développer une motorisation essence pour un véhicule hybride avec un rendement pic de 50 %. Le projet LongRun, lancé début janvier 2020, quant à lui, vise un ensemble complet de chaînes de traction pour poids lourds et autocars plus respectueux de l'environnement, avec l'intégration de systèmes de combustion adaptés aux carburants à faible impact CO<sub>2</sub> (hydrogène, dual-fuel ou biocarburants).

De plus, avec un industriel, des recherches ont été menées en partenariat pour développer des systèmes innovants de dépollution des gaz d'échappement permettant de réduire drastiquement les émissions des véhicules équipés d'un moteur thermique et particulièrement en usage urbain.

Enfin, IFPEN poursuit des travaux avec PSA et Renault sur la recherche précompétitive dans le domaine des motorisations au sein du Groupe scientifique moteurs (GSM).



En savoir plus.

# ÉNERGIES NOUVELLES

La lutte contre le changement climatique et la transformation du secteur énergétique vers un mix d'énergies durables, décarbonées et à coût maîtrisé nécessitent des innovations technologiques. IFPEN accompagne cette mutation en développant des procédés de production de biocarburants avancés, de produits biosourcés ainsi que des procédés permettant le recyclage des plastiques. IFPEN travaille également sur des solutions pour le captage et le stockage du CO<sub>2</sub>, pour les énergies marines ou encore le stockage d'énergie.



## Développer la bioraffinerie pour des produits plus durables

Aujourd'hui, l'ensemble des travaux de R&I liés à la production de biocarburants porte sur le développement de technologies de production de biocarburants avancés dits de 2<sup>e</sup> génération à base de biomasse non alimentaire. Les activités d'IFPEN – qui concernent toute la chaîne de procédés – couvrent les deux voies principales de conversion de la biomasse en carburant : biotechnologique (production de bioéthanol) et thermochimique (production de biokérosène et de biogazole). De plus, dans un contexte d'accroissement de la demande en biens de consommation plus durables et de risque de déficit dans l'approvisionnement mondial en certains intermédiaires, IFPEN travaille au développement de procédés, catalyseurs et biocatalyseurs destinés à la transformation de la biomasse en base pour la chimie.

### FAIT MARQUANT

#### BIOBUTADIÈNE : LANCEMENT DU 1<sup>ER</sup> DÉMONSTRATEUR INDUSTRIEL

En septembre 2019, Michelin, IFPEN et Axens ont annoncé la construction du premier démonstrateur industriel en France de production de butadiène à partir d'éthanol extrait de la biomasse, en remplacement du butadiène issu de la pétrochimie. Objectif : fabriquer des caoutchoucs synthétiques innovants et plus respectueux de l'environnement. La construction de ce démonstrateur industriel a débuté début 2020 et s'achèvera début 2021 sur le site Michelin de Bassens (Gironde). Ce démonstrateur permettra de tester de l'éthanol issu de différents types de biomasse provenant par exemple de résidus forestiers ou agricoles. Il permettra de valider le procédé développé par IFPEN, qui viendra compléter, à terme, le portefeuille de technologies vertes commercialisées par Axens.



En savoir plus.



**FAIT MARQUANT****LA TECHNOLOGIE FUTUROL™ SUR LE MARCHÉ ! VERS UNE OFFRE SUPPLÉMENTAIRE DE PRODUCTION D'ENZYMES EX-SITU**

Le projet Futurol™ de développement d'une technologie française de production de bioéthanol de 2<sup>e</sup> génération s'est achevé avec succès fin 2018. Les contacts marché entrepris par Axens placent favorablement cette technologie dans la compétition mondiale. L'année 2019 a été mise à profit pour construire une évolution de l'offre avec une production ex-situ des enzymes. Pour cela, des essais ont été réalisés au laboratoire ainsi que sur l'outil pilote de Pomacle-Bazancourt (Marne).

**Recyclage des plastiques**

IFPEN a lancé en octobre 2019 un programme de recherche consacré au recyclage chimique de déchets plastiques. IFPEN amplifie ainsi ses activités dans ce domaine complémentaire au recyclage mécanique et développe des solutions technologiques durables pour transformer ces déchets en matières polymères recyclées d'excellente qualité. Cela répond aux attentes sociétales de plus en plus fortes pour la réduction des déchets plastiques ainsi qu'à la demande de massification des flux vers le recyclage et est en ligne avec la politique publique relative à l'économie circulaire.

**FAIT MARQUANT****VERS LA FABRICATION DE BOUTEILLES EN PLASTIQUE 100 % RENOUELABLE**

En février 2019, Anellotech, IFPEN et Axens ont annoncé avoir produit avec succès des aromatiques biosourcés dans l'usine pilote TCat-8® d'Anellotech (Texas), et extrait du paraxylène biosourcé de grande pureté. Ce succès constitue une étape essentielle du projet qui conduira à la production de bouteilles PET 100 % biosourcées. La prochaine étape sera la purification d'une plus grande quantité de paraxylène, ce qui permettra à Anellotech de produire de la résine de PET renouvelable pour fabriquer des bouteilles prototypes 100 % biosourcées. Ce sera la première production industrielle de bio-PET obtenu à partir d'un traitement en continu de biomasse non alimentaire. Avec ce projet, IFPEN participe au développement de solutions innovantes dans le domaine des bio-aromatiques, en cohérence avec sa stratégie visant à développer des produits chimiques et des carburants renouvelables issus de la biomasse non alimentaire.

**FAIT MARQUANT****LE RECYCLAGE CHIMIQUE DU PET**

IFPEN poursuit le développement d'un procédé de recyclage chimique du PET opaque et coloré par glycolyse en vue de sa purification (décoloration, etc.) et de sa réutilisation pour des bouteilles. Les premiers échantillons obtenus sont satisfaisants en termes de qualité d'usage (couleur, pureté, etc.) et un premier schéma de procédé a été établi. Les essais en cours se focalisent sur la consolidation des résultats en vue de passer à une étape de démonstration.



En savoir plus.





**ALEXANDRE SAUVAGE**

Président,  
Leosphere

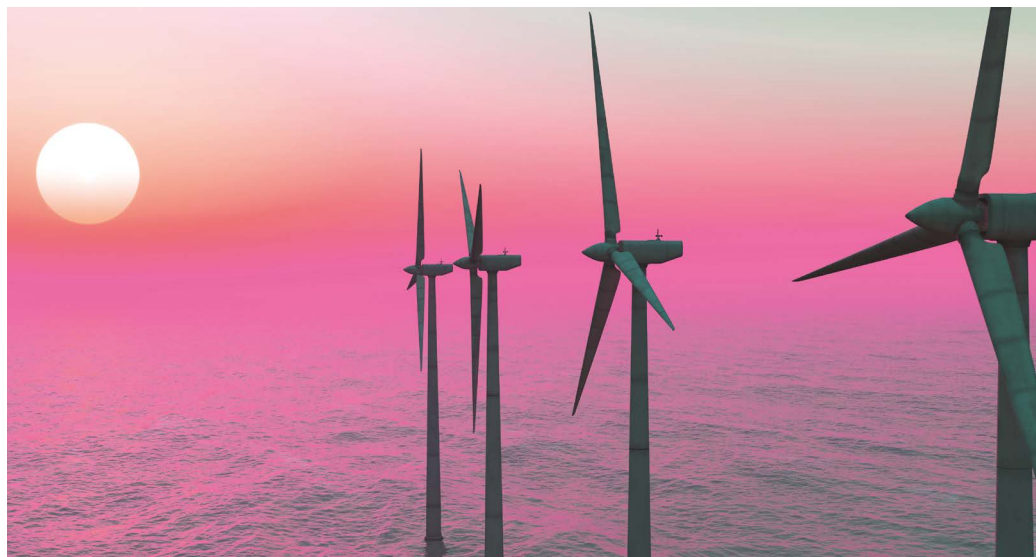
« *Leosphere, leader mondial de la mesure du vent par technologie lidar, est une PME basée à Saclay. À la suite d'un travail en commun mené dans le cadre du projet ANR SmartEole avec Engie Green notamment, nous avons signé avec IFPEN un accord de recherche bilatéral exclusif portant sur le développement de plusieurs briques technologiques destinées au contrôle des éoliennes par lidar. Ce partenariat s'est traduit par le développement par IFPEN d'une version bêta du logiciel WiSE-WindField qui présente des avancées majeures par rapport à l'état de l'art. Ce logiciel permet de reconstruire avec précision le champ de vent mesuré par un lidar placé sur la nacelle d'une éolienne et sera intégré sur les systèmes de la gamme WindCube® Nacelle destinés au contrôle actif des aérogénérateurs. Un accord de licence a été établi et le logiciel va être testé auprès de clients cibles.* »

## Viser de nouveaux marchés technologiques

Pour accompagner le développement industriel des nouvelles filières de la transition énergétique, des nouvelles thématiques de R&I émergent. Dans cette perspective, IFPEN investit, entre autres, les domaines des technologies éco-efficaces de production des métaux critiques et terres rares, la production et le stockage de l'hydrogène, la géothermie ou encore la purification du biogaz. À titre d'exemple, 2019 a été marquée par la réflexion menée autour de la réduction de coût de la technologie de purification de biogaz AE-amines, portée par Arol Energy. D'autres axes d'ouverture ont été identifiés, comme le traitement des fumées industrielles, la conversion chimique du CO<sub>2</sub> et le recyclage des métaux. Ils donneront lieu à des actions de R&I dès 2020.

## Éolien offshore et énergies marines en plein envol

L'éolien offshore représente une voie d'avenir en fort développement. IFPEN contribue à son essor en dirigeant ses efforts sur trois axes : le développement de technologies pour éoliennes flottantes s'appuyant sur la simulation intégrée de leur comportement dans leur environnement, la mise au point de systèmes de contrôle plus performants des éoliennes et une offre digitale de jumeaux numériques d'éoliennes. Ces derniers intègrent modèles physiques et capteurs pour en optimiser la production et la maintenance. Les équipes d'IFPEN prennent part également au développement de solutions de contrôle d'une technologie houlomotrice performante, valorisable par l'industrie.



## Stockage et gestion de l'énergie : un projet fédérateur

IFPEN concentre son activité sur le stockage stationnaire d'énergie électrique en ciblant le développement de fortes puissances et capacités.

IFPEN développe des outils de gestion de l'énergie (EMS, *energy management system*) destinés à faciliter l'intégration des renouvelables sur les réseaux. Des travaux sur les nouvelles filières de batteries ont été lancés en 2019.

**FAIT MARQUANT****EMS : 2019, DE NOMBREUSES PERSPECTIVES**

En 2019, de nombreux contacts industriels ont été pris et de premières démonstrations ont été réalisées autour de l'EMS :

- une étude de design d'un système hybride hydro-solaire (station de transfert d'énergie par pompage/photovoltaïque flottant) a été réalisée en partenariat avec un industriel ;
- des services EMS de pilotage à distance d'un stockage couplé à du photovoltaïque sont maintenant opérationnels sur le microgrid situé à IFPEN-Lyon. Ils intègrent notamment la prévision de la consommation d'un bâtiment et sont abrités dans une plateforme web.

**Gestion du sous-sol en toute sécurité**

S'appuyant sur le transfert des technologies de l'E&P, les travaux d'IFPEN ont pour ambition de fournir des approches pour le co-usage et la valorisation du sous-sol qui répondent aux critères de sécurité et de respect de l'environnement. Ils s'articulent autour de trois domaines : la géothermie, l'hydrogène et la surveillance industrielle et environnementale. Un axe transverse alimente ces domaines en fournissant des approches et des outils pour la modélisation géologique au service de la transition énergétique et la simulation du comportement des stockages souterrains.

**Renforcement de l'activité captage et stockage du CO<sub>2</sub> (CCS)**

En 2019, les équipes d'IFPEN ont accentué les travaux sur l'ensemble de la chaîne Captage et stockage du CO<sub>2</sub>. Ils sont positionnés sur quatre segments :

- le captage, étape la plus onéreuse de la chaîne CCS ;
- le stockage massif ainsi que la surveillance des sites afin de garantir la sécurité et la pérennité de la filière sur de longues périodes ;
- la compression, le transport et l'intégrité des puits ;
- les analyses de cycle de vie et les analyses technico-économiques pour accompagner pouvoirs publics et industriels dans l'évaluation des technologies.

**FAIT MARQUANT****CAPTAGE ET STOCKAGE DU CO<sub>2</sub> À L'ÉCHELLE INDUSTRIELLE : LANCEMENT DU PROJET 3D**

Un consortium réunissant 11 acteurs européens dont ArcelorMittal, Axens, IFPEN et Total a lancé en juin 2019 un projet de démonstration du procédé innovant de captage de CO<sub>2</sub> d'origine industrielle DMX™. Le projet « 3D » (DMX™ Demonstration in Dunkirk), qui fait partie du programme pour la recherche et l'innovation de l'Union européenne, Horizon 2020, vise trois objectifs :

- démontrer l'efficacité du procédé DMX™ à l'échelle du pilote industriel ;
- préparer la mise en place d'une première unité industrielle qui pourrait être opérationnelle à partir de 2025 ;
- concevoir le futur pôle européen de Dunkerque - Mer du Nord, qui pourrait capter, conditionner, transporter et stocker 10 Mt de CO<sub>2</sub> par an et verrait le jour à l'horizon 2035.

3D, qui a l'ambition de valider des solutions techniques répliquables et de permettre le déploiement industriel de la technologie du captage-stockage à travers le monde, est un levier essentiel pour atteindre les objectifs de l'Accord de Paris sur le réchauffement climatique.

**FAIT MARQUANT****IFPEN ET TOTAL S'ASSOCIENT EN FAVEUR DU DÉPLOIEMENT DU CCUS ET DES TECHNOLOGIES DE RÉDUCTION DU CO<sub>2</sub> DANS L'ATMOSPHÈRE**

Le 8 juillet 2019, IFPEN et Total ont signé un partenariat stratégique de R&D sur le captage, stockage et utilisation du CO<sub>2</sub> (CCUS) ainsi que sur les technologies de réduction du CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère.

L'accord comprend :

- un partenariat stratégique de recherche, qui vise à réduire le coût des infrastructures et améliorer les performances des technologies de la chaîne CCUS afin de permettre un déploiement rapide à grande échelle. Les axes de recherche couvrent notamment des domaines liés aux nouveaux solvants et matériaux, à l'intensification des procédés, au stockage souterrain du CO<sub>2</sub> dans des aquifères salins profonds, aux évaluations technico-économiques et à la quantification des bénéfices environnementaux pour l'ensemble de la chaîne CCUS ;
- une chaire "Carbon management and negative CO<sub>2</sub> emissions technologies towards a low carbon future."



Pour aller plus loin : retrouvez la synthèse de la table ronde « captage-stockage-valorisation du CO<sub>2</sub> : un levier pour décarboner l'industrie.



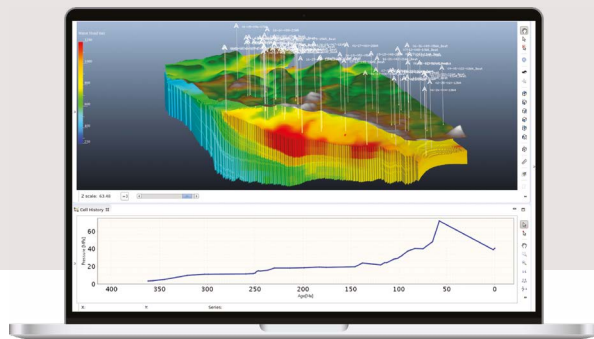
# HYDROCARBURES RESPONSABLES

L'engagement d'IFPEN en faveur d'un mix énergétique durable se traduit par des actions visant à gagner en efficacité énergétique, à réduire les émissions de CO<sub>2</sub> et à améliorer l'empreinte environnementale de l'industrie et des transports tout en répondant à la demande mondiale en mobilité, en énergie et en produits pour la chimie. IFPEN développe ainsi des procédés éco-efficaces et flexibles pour la production de carburants et d'intermédiaires chimiques répondant aux normes les plus exigeantes. Afin de mieux exploiter les réserves, IFPEN propose également des technologies de pointe pour l'exploration et la production des hydrocarbures, toujours plus performantes et propres.

## FAIT MARQUANT

### LA MODÉLISATION COMME OUIL D'APPRÉHENSION DES RISQUES EN EXPLORATION

*La modélisation de bassin est essentielle pour identifier les opportunités de forage, estimer le potentiel en hydrocarbures des bassins sédimentaires, localiser les gisements de demain et diminuer le risque en exploration. IFPEN a ainsi développé, dans le cadre du projet Nomba mené avec Total, le tout premier calculateur couplant la simulation dynamique de systèmes pétroliers (code ArcTem intégré à la suite TemisFlow™) avec un logiciel en accès libre de géomécanique (code Aster d'EDF). Cette technologie, évaluée sur des cas d'études de Total, propose des modèles de plus en plus prédictifs tout en maintenant de bonnes performances de calcul. Elle répond, entre autres, à la problématique de la prévision des régimes de surpression et de la fracturation naturelle dans les bassins sédimentaires, déterminante pour l'évaluation de leur potentiel économique, le dimensionnement des forages et la sécurité des puits.*



## Comprendre et modéliser le sous-sol

**M**algré une diminution de la part des énergies fossiles dans le mix énergétique, la dépendance aux carburants fossiles devrait se maintenir à hauteur de 40 % d'ici 2040. Développer des solutions innovantes est donc primordial pour contribuer à explorer et produire, de façon plus respectueuse de l'environnement, les énergies fossiles strictement nécessaires dans cette période de transition, notamment le gaz.

La connaissance des bassins sédimentaires et des réservoirs d'hydrocarbures explorés par l'industrie pétrolière est indispensable pour réduire les risques et limiter le nombre de forages tout en maîtrisant l'impact environnemental. Dans ce contexte, IFPEN met au point des solutions de modélisation quantitative du sous-sol, des méthodologies d'analyse de risques et des équipements de production à haut niveau de sécurité.



### CLAUDE GOUT

Total Exploration Earth Modeling,  
R&D project leader

« IFPEN et Total, partenaires de longue date dans le domaine de la modélisation de bassin, ont mis en place un partenariat innovant dans sa conception et son approche dans le cadre du projet Nomba. Il repose sur le choix d'une équipe multidisciplinaire, dont le fonctionnement en plateau a été un atout certain pour la dynamique du projet et une approche opérationnelle centrée sur les besoins terrain remontés par les équipes d'exploration de Total.

Total a ainsi fourni les cas d'études, notamment les données du bassin de Neuquén en Argentine, qui ont permis aux chercheurs d'IFPEN de développer des modèles de bassins tridimensionnels plus réalistes avec un état des contraintes plus performant. Cette méthode a été très bénéfique puisque Nomba a débouché sur des brevets et des premières industrielles au niveau mondial. Le prototype est actuellement testé sur notre supercalculateur Pangea.

Le succès du projet ouvre également la voie à une utilisation dans le domaine des NTE, par exemple pour mieux prédire la circulation des fluides tels l'hydrogène ou encore le CO<sub>2</sub> et définir des cibles de stockage dans les aquifères salins. »

# 5

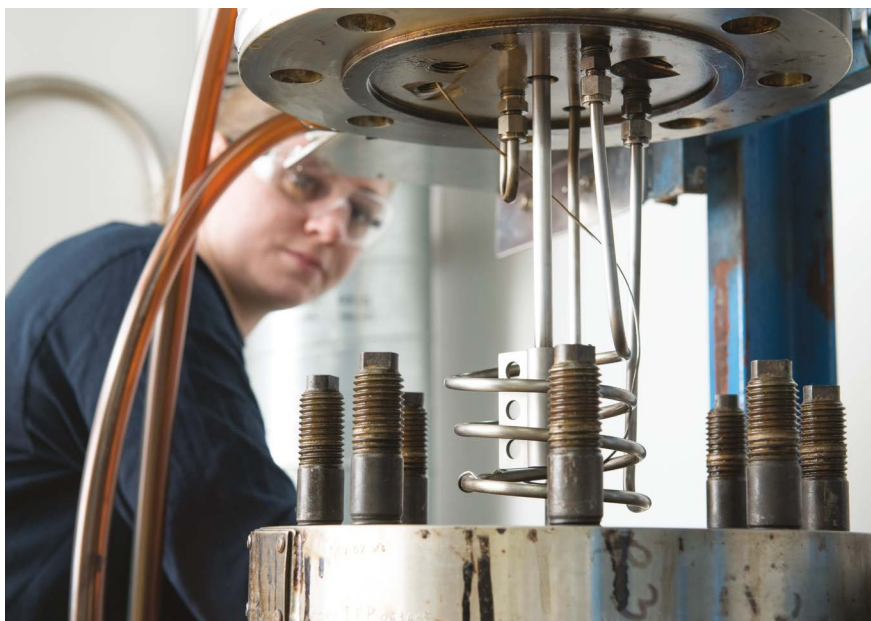
nouveaux JIP  
lancés en 2019 avec  
15 partenaires industriels



## Produire mieux avec la récupération assistée

La récupération améliorée des hydrocarbures (EOR : *Enhanced Oil Recovery*) est un enjeu considérable pour les compagnies pétrolières car elle contribue à satisfaire la demande en hydrocarbures, en produisant plus à partir des réservoirs existants, en valorisant les eaux de production et en limitant les forages.

À cette fin, IFPEN, Beicip-Franlab et Solvay se sont associés au sein de l'Alliance EOR pour développer des technologies et services adaptés aux différentes conditions de réservoir et à tous types de procédés EOR utilisant une chimie écoresponsable ou encore des procédés hybrides associant chimie et injection de CO<sub>2</sub>. L'offre intégrée couvre l'intégralité de la chaîne, de la mise au point de formulations EOR à l'échelle du laboratoire à leur mise en œuvre sur champ. Les travaux d'IFPEN portent également sur l'optimisation du cycle de l'eau en contexte EOR pour en favoriser une gestion écoresponsable.



### FAIT MARQUANT

#### CYCLE DE L'EAU EN CONTEXTE EOR : VERS UNE LIMITATION DE L'IMPACT ENVIRONNEMENTAL

IFPEN, avec six partenaires industriels, a lancé fin 2019 le JIP Dolphin 3, consacré à l'étude de l'impact des additifs utilisés en EOR chimique sur la gestion des eaux de production. Il permettra de développer et mettre sur le marché une offre éco-efficace, dans le cadre de l'Alliance EOR, comprenant des technologies et services dédiés à la séparation des effluents pétroliers, au traitement optimisé et à la réinjection des eaux de production. Il fait suite à Dolphin 2 qui visait en particulier l'extrapolation, à l'échelle d'un pilote semi-industriel, des phénomènes identifiés dans Dolphin 1 à l'échelle laboratoire.



## Produire en offshore

La production offshore reste stratégique pour les compagnies pétrolières et gazières. D'après les estimations à l'horizon 2030, elle devrait représenter un tiers de la production mondiale et la moitié du potentiel d'hydrocarbures à découvrir. Les défis à relever par l'industrie restent nombreux : produire à de grandes profondeurs ; pomper et transporter les fluides ; ou encore séparer les effluents en fond de mer. IFPEN accompagne les acteurs du secteur sur ces sujets en développant des solutions performantes et plus respectueuses de l'environnement, tout en garantissant la sécurité et en maîtrisant les risques liés au forage et à la production.



### FAIT MARQUANT

#### UN NOUVEL ACCORD-CADRE AVEC TECHNIPFMC OUVERT SUR LES NTE

L'accord-cadre entre IFPEN et TechnipFMC a été renouvelé pour cinq ans, afin de poursuivre le développement des technologies portant sur les conduites flexibles et rigides déroulées, les ombilicaires et les flexibles composites hybrides. Il met l'accent sur l'innovation technologique pour répondre aux exigences des marchés de l'offshore profond, face à des développements de champs aux caractéristiques toujours plus contraignantes. Il va également permettre d'explorer de nouvelles technologies dans les domaines de la transition énergétique et des énergies renouvelables, dont le captage du CO<sub>2</sub> et le stockage de l'énergie, en vue d'anticiper les évolutions de l'industrie.

**7.5 MT**  
de soufre retirées de la pollution atmosphérique grâce à la mise en place des normes IMO

**40 à 60 %**  
d'intermédiaires chimiques produits à partir de brut pétrolier



## Convertir et purifier les bruts lourds et les résidus

La transformation des fractions lourdes en produits blancs demeure nécessaire pour deux raisons : une demande durable pour des produits légers combinée à l'extinction progressive du marché des fiouls lourds de basse qualité ; l'augmentation des pétroles lourds dans l'approvisionnement pétrolier mondial. IFPEN poursuit donc le développement de procédés et de catalyseurs permettant de convertir et purifier des charges lourdes vers des produits plus propres et répondant à des spécifications plus sévères.

Les équipes de R&I travaillent notamment dans les domaines de l'hydroconversion profonde des résidus lourds par hydrocraquage en lit bouillonnant avec le procédé H-Oil, avec des taux de conversion supérieurs à 90 % pour certaines charges majeures. L'amélioration du procédé a permis à Axens d'obtenir quatre références supplémentaires ; la conversion ultime de bruts lourds principalement vers la chimie ; ou encore la production de fuels de soute plus propres pour répondre aux normes IMO (teneur en soufre des carburants marins inférieure à 0,5 % à partir de 2020) en améliorant ses procédés de conversion et de désulfuration profonde.

### FAIT MARQUANT

#### CONVERSION CATALYTIQUE DE PÉTROLE BRUT EN PRODUITS CHIMIQUES

Début 2019, Axens, Saudi Aramco et TechnipFMC ont signé un accord de collaboration afin d'accélérer le développement et la commercialisation de la technologie « Catalytic Crude to Chemicals » (CC2C™) d'ici 2021.

Les équipes d'IFPEN ont apporté leurs compétences en termes de modélisation de procédés et d'extrapolation des technologies. Cette technologie innovante de conversion catalytique de pétrole brut en produits chimiques vise à augmenter l'efficacité et le rendement en intermédiaires chimiques, convertissant plus de 60 % du baril de pétrole brut en pétrochimie, tout en minimisant les émissions.

## Produire des carburants propres

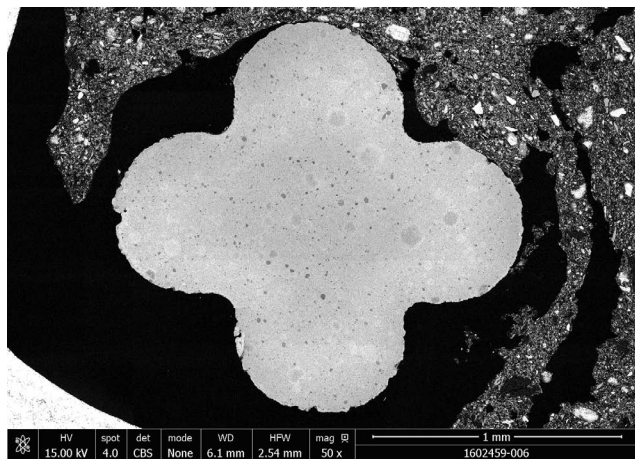
Dans le domaine du raffinage, le durcissement des réglementations liées aux carburants se poursuit au niveau mondial en vue d'améliorer la qualité de l'air, avec par exemple la généralisation de la teneur en soufre à 10 ppm. Il est aussi recherché une meilleure valorisation des flux de transformation des charges pétrolières vers la chimie pour améliorer la compétitivité des sites de raffinage et accompagner leur adaptation à l'évolution du marché. Les travaux d'IFPEN portent ainsi sur la mise au point de catalyseurs et procédés éco-efficaces de production de carburants propres et sur la valorisation des produits transformés vers la chimie. Ils concernent notamment le

développement de technologies d'hydrotraitement ou d'hydrocraquage des distillats, de reformage catalytique et d'isomérisation des paraffines pour la production d'essence. À titre d'exemple, le développement de nouveaux catalyseurs d'hydrocraquage, destinés au marché du diesel à très faible teneur en soufre et au marché du naphtha, a été finalisé en 2019. En parallèle, IFPEN développe des technologies digitales visant à répondre aux enjeux d'intensification des opérations industrielles et d'optimisation des performances des sites industriels en termes d'efficacité énergétique (réduction des émissions de GES), d'efficacité et de sécurité.

#### FAIT MARQUANT

### VERS LA CHIMIE, UNE NOUVELLE OFFRE D'HYDROCRAQUAGE

*Les équipes d'IFPEN ont développé un nouveau catalyseur d'hydrocraquage hautement sélectif vers les coupes naphtha, qui résulte d'années de recherche pour concevoir la combinaison de sites acides déterminante dans l'obtention de sa sélectivité de craquage. Ce catalyseur, qui complétera l'offre d'Axens sur ce segment, permettra de répondre aux attentes des industriels cherchant à maximiser la conversion de coupes pétrolières en bases pétrochimiques tout en minimisant les carburants produits.*



#### FAIT MARQUANT

### VERS UNE PERFORMANCE ACCRUE DES PROCÉDÉS À L'ÈRE DU DIGITAL

*L'acquisition et l'exploitation des données sont devenues des leviers essentiels d'amélioration et de performance pour l'industrie du raffinage et de la pétrochimie. Conscient de cet enjeu, IFPEN a intensifié ses travaux de R&I pour développer une offre digitale qui permet aux utilisateurs finaux de mieux exploiter et modéliser l'information issue des unités industrielles pour en maximiser la performance opérationnelle. Cette nouvelle offre de jumeau numérique s'appuie sur Connect'In™, la plateforme de monitoring numérique de performance des procédés d'Axens. Les travaux d'IFPEN pour accompagner la transition digitale de l'industrie se poursuivent en 2020.*



## Produire des intermédiaires pétrochimiques

Les intermédiaires pétrochimiques sont à l'origine de nombreux produits de la vie courante tels que les plastiques. Tirée par la hausse de la demande en biens de consommation, la croissance du secteur de la pétrochimie est une tendance de fond. Les travaux d'IFPEN visent à mettre au point de nouveaux catalyseurs, adsorbants et procédés de production d'oléfines et d'aromatiques, tout en accroissant le niveau de pureté des produits obtenus et en consommant moins d'énergie.

Dans le domaine des aromatiques, les équipes ont poursuivi les recherches dédiées à la formulation d'adsorbants à haut rendement pour le procédé Eluxyl® de séparation du paraxylène, commercialisé par Axens, améliorant ainsi sa capacité à utiliser de nouveaux tamis moléculaires de séparation des xylènes ultraperformants. Les travaux portant sur l'optimisation énergétique et économique du complexe global de production de paraxylène ont également été poursuivis.

Dans le domaine des oléfines, IFPEN a amélioré la sélectivité du procédé de catalyse homogène pour la production d'héxène-1 (AlphaHexol™) à partir d'éthylène et a développé une nouvelle technologie de production de butène-1 par dimérisation de l'éthylène. Ces technologies dont Axens assure la commercialisation répondent à une forte croissance de la demande en plastiques de type polyéthylène.

## Traiter et convertir le gaz naturel

IFPEN est impliqué dans la purification du gaz naturel. Les travaux portent principalement sur la désacidification du gaz naturel (décarbonation et désulfuration du gaz brut) afin de répondre aux spécifications requises pour son utilisation, le transporter ou le liquéfier. IFPEN, qui a déjà développé une gamme de procédés, solvants et garnissages pour les colonnes d'absorption, a poursuivi ses recherches pour améliorer les performances des procédés de lavage aux amines avec un nouveau solvant qui sera testé sur une unité de grande taille.



# UNE RECHERCHE FONDAMENTALE OUVERTE AU SERVICE DE L'INNOVATION

Afin de soutenir ses ambitions d'innovation et de garantir l'excellence scientifique de ses travaux de recherche, IFPEN s'appuie sur un solide programme de recherche fondamentale, structuré autour de neuf verrous scientifiques. Engagée depuis quatre ans, cette démarche a atteint sa maturité en 2019. Elle a permis de répondre plus efficacement aux questionnements scientifiques soulevés par le développement de nouveaux produits et procédés et de renforcer la stratégie de recherche collaborative engagée avec son réseau de partenaires.

## Un système de recherche fondamentale structuré et opérationnel

**D**epuis 2016, IFPEN formalise les grands questionnements transverses liés à ses activités sous la forme de «verrous scientifiques» répartis sur l'ensemble du processus de recherche, depuis la compréhension des mécanismes à l'échelle atomique jusqu'à l'évaluation de l'impact économique et environnemental des procédés et produits. Ces verrous sont eux-mêmes constitués de défis, c'est-à-dire de freins à surmonter pour développer les innovations. Projets, thèses, post-doctorats et partenariats, IFPEN met toutes ses ressources au service de leur résolution. Pleinement opérationnelle, cette structuration par verrous consolide une méthodologie basée sur la mutualisation et le partage.

## Pérenniser l'ouverture et la collaboration pour accélérer l'innovation

**E**n 2019, IFPEN a poursuivi son ouverture aux partenaires français et européens en favorisant des modes de collaborations diversifiés. Partie prenante de consortiums avec des industriels tels que Safran Tech, il a aussi conforté des partenariats académiques en renouvelant plusieurs accords-cadres avec d'autres organismes de recherche (Inrae et Inria) et en a noué de nouveaux avec des universités prestigieuses (British Columbia et Stuttgart). La mise en œuvre cette année du premier laboratoire commun de recherche (Carmen) avec le CNRS a aussi contribué à positionner encore plus fortement IFPEN dans le système français de recherche et d'innovation (SFRI). IFPEN participe

enfin activement aux appels à projets des instances de financement telles que l'ANR ou le programme européen Horizon 2020.

L'ouverture croissante à la collaboration a permis d'orienter encore plus efficacement la recherche fondamentale vers les priorités stratégiques dédiées aux nouvelles technologies de l'énergie (NTE) en mettant l'intelligence collective au service de la transition énergétique. La majorité des thèses est dédiée aux énergies nouvelles et à la mobilité durable tandis que les projets collaboratifs avec soutiens publics impliquant IFPEN traduisent sa montée en puissance dans de nouveaux domaines d'intérêt (véhicule autonome, géothermie, batteries, qualité de l'air).



**3 projets soutenus par l'ANR lancés par IFPEN en 2019 et 3 nouveaux projets de réseaux de doctorants ITN\* /H2020**

\* Innovative Training Networks



**FAIT MARQUANT****CARMEN : LE NOUVEAU LABORATOIRE COMMUN DE RECHERCHE (LCR) AVEC LE CNRS**

En 2019, un laboratoire commun de recherche dénommé Carmen (Caractérisation des matériaux pour les énergies nouvelles) a été créé, regroupant outre le CNRS et IFPEN, l'ENS de Lyon, Sorbonne université, l'université Claude Bernard Lyon 1 et l'université de Strasbourg. Cette nouvelle entité vise à renforcer les connaissances sur le transport moléculaire et/ou colloïdal dans des substrats poreux complexes et à développer de nouvelles méthodologies d'analyse fine de ces matériaux afin d'accompagner le développement d'innovations pour la transition énergétique. Le travail en commun de ces équipes d'excellence fait du LCR Carmen un consortium unique à l'échelle internationale, un outil de partage et d'échange de savoir-faire et de mutualisation d'équipements de haute performance pour le développement de connaissances et de solutions novatrices.



En savoir plus.

**NOALWENN SALLÉE**

Chef du projet « Caractérisation / Vérification des sols dans la transition énergétique et environnementale » à IFPEN

« Du fait de leur capacité à stocker du carbone, les sols ont un rôle à jouer dans la mise en œuvre de la Stratégie nationale bas carbone du Plan climat. Un enjeu qu'IFPEN a intégré à ses questionnements scientifiques en consacrant un défi à la compréhension du rôle des sols sur les flux de carbone entre l'atmosphère et la géosphère. Nous possédons à IFPEN des compétences historiques pour le résoudre, notamment en matière de géochimie organique et minérale ainsi qu'en biotechnologies, que nous voulons compléter avec celles de notre réseau. Nous œuvrons en ce sens en construisant de nouveaux partenariats au sein de la communauté des acteurs du sol. Pour le projet « Caractérisation / Vérification des sols dans la transition énergétique et environnementale » à IFPEN, nous avons défini en 2019 la nouvelle thématique prioritaire « Sols, contribution à l'atténuation du changement climatique », lors du renouvellement de l'accord-cadre avec l'Inrae. Nous allons pouvoir ainsi faire évoluer nos compétences et nos technologies, dont la méthode thermique standardisée Rock-Eval®, dédiée à l'analyse de la matière organique, pour poursuivre notre objectif : élaborer une méthodologie de quantification fiable et standardisée du carbone organique dans les sols et répondre plus efficacement aux besoins de la transition énergétique. »

**FAIT MARQUANT****RÉSISTANCE À LA CORROSION : CRÉATION D'UNE ALLIANCE DE RECHERCHE**

IFPEN s'est associé à sept partenaires (Axel'One, Institut de la Corrosion, CNRS, École des Mines de Saint-Étienne, Insa Lyon, MECM et l'université de Lyon) pour former l'alliance CorRTEx « Corrosion Research, Technology and Expertise ». Cette alliance entre acteurs académiques et privés de la corrosion se traduit par la mise en place d'un équipement commun : une boucle de corrosion haute pression et haute température simulant des environnements corrosifs variés.

Elle reproduit notamment les conditions de service très sévères pour tester la résistance à la corrosion de divers matériaux, comprendre l'origine d'endommagements par corrosion, prévoir les performances en service et détecter précocement la corrosion. Cet outil expérimental mutualisé pourra être utilisé par les partenaires au service de clients industriels et pour des projets de recherche collaboratifs, notamment sur les problématiques liées aux nouvelles technologies de l'énergie.



## FAIT MARQUANT

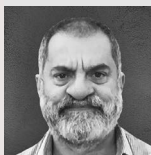
## ILS ONT ÉTÉ RÉCOMPENSÉS EN 2019...

**Céline Pagis**, prix Yves Chauvin et prix Denise Barthomeuf pour l'excellence et l'originalité de son travail qui a conduit à la création de nouvelles morphologies de zéolithe pourvues de meilleures propriétés catalytiques et de transport.

**Sophie Bernadet**, ancienne doctorante IFPEN, prix de thèse innovation de l'Inter-division Energie de la Société chimique de France qui récompense ses travaux de thèse sur la photoconversion du CO<sub>2</sub> sur monolithes poreux.

**Éric Deville**, prix de la Société française des isotopes (SFIS) pour le meilleur article écrit par un chercheur francophone portant sur les complexes ophiolitiques, les mécanismes réactionnels et la formation des émanations dans différents endroits du globe.

**Benoît Nœtinger**, prix Adrien Constantin de Magny remis par l'Académie des sciences pour l'ensemble de sa carrière et la réalisation d'une œuvre originale appliquant des méthodes mathématiques aux écoulements de fluides visqueux en milieux poreux ou fissurés.



Accédez à l'ensemble des prix obtenus en 2019.



## FAIT MARQUANT

## ENCOURAGER LE DIALOGUE ENTRE SPÉCIALISTES SUR DES PROBLÉMATIQUES SCIENTIFIQUES PORTÉES PAR L'INNOVATION

Les rencontres et workshops scientifiques d'IFPEN visent à faire progresser la recherche fondamentale en favorisant les échanges entre experts sur des thématiques originales. Ils sont l'occasion pour des chercheurs issus de différents pays et communautés scientifiques de présenter un état d'avancement de leurs travaux et d'échanger sur les derniers développements de leurs spécialités. En 2019, la Rencontre scientifique Microfluidics et le workshop Scienc'Innov e3CAV ont porté respectivement sur l'apport de la microfluidique à la R&I, depuis les travaux de laboratoire jusqu'au développement de nouveaux procédés, et sur la contribution des CAV (Connected and Automated Vehicles) à la durabilité de la mobilité. Le renouvellement de l'accord-cadre avec l'Inrae a donné lieu à la co-organisation du 3<sup>e</sup> colloque européen sur la bioéconomie. IFPEN a également accueilli en 2019 la conférence annuelle du groupement de recherche Mascot-Num, relative à l'assimilation de données, la quantification d'incertitudes, les techniques statistiques pour le machine learning et l'analyse numérique.





**FAIT MARQUANT****L'IA ET LA SIMULATION NUMÉRIQUE AU SERVICE D'UNE RECHERCHE PLUS PERFORMANTE**

En 2018, IFPEN a initié un plan d'actions ambitieux au service de sa transformation digitale : ce plan vise à développer de nouvelles innovations et également à améliorer l'agilité et l'efficacité de ses processus R&I ; l'année 2019 a constitué une nouvelle étape dans sa concrétisation. Le projet ACAI (Acceleration of Computations through Artificial Intelligence) en particulier, partie prenante du défi consacré au rôle de l'IA dans la simulation numérique, se concentre sur l'application des sciences des données à la simulation de processus physiques. Il s'agit pour les équipes IFPEN et leurs équipes partenaires de l'Inria de répertorier et catégoriser les nombreuses approches existantes qui hybrident IA et simulation, puis de les évaluer sur des modèles similaires à leurs propres modèles. L'objectif est de développer sur cette base de nouvelles méthodologies de deep learning afin d'améliorer la modélisation et accélérer la simulation des processus physiques à l'œuvre dans les milieux poreux, les moteurs, l'éolien, les procédés, ou encore la thermodynamique.

**FAIT MARQUANT****EXPERTISE ET RECHERCHE PARTAGÉE, EN FRANCE ET À L'INTERNATIONAL**

En 2019, IFPEN a conclu ou renouvelé plusieurs accords de partenariat en recherche fondamentale, avec :

- l'Inrae, afin de travailler sur les interactions climat-sol ;
- l'Inria, dans les domaines des méthodes numériques, de la science des données et de l'intelligence artificielle ;
- Safran Tech, pour le développement d'une plateforme web open source commune.

Par ailleurs, des accords ont été conclus, à l'international, avec l'université de Stuttgart (Allemagne) et l'université de la Colombie-Britannique (Canada).

**FAIT MARQUANT****LES PUBLICATIONS D'IFPEN EN OPEN ACCESS**

Afin d'accroître la visibilité et la portée de ses travaux, IFPEN s'est doté fin 2017 d'une politique de diffusion en accès libre, gratuit et illimité (open access) des publications de ses chercheurs et des données associées. Dans ce cadre, IFPEN a fait le choix de l'auto-archivage gratuit ou green open access dans l'archive institutionnelle HAL-IFPEN et accompagne ses chercheurs dans leur démarche de publication. C'est ainsi que plus de 75 % des articles 2019 publiés dans des revues à comité de lecture ont été enregistrés dans HAL-IFPEN. Cette initiative s'inscrit dans le cadre d'une dynamique française et européenne qui encourage le partage des résultats de la recherche et contribue à accélérer l'innovation.

# ENCOURAGER ET SOUTENIR L'INNOVATION

L'ambition d'IFPEN est de contribuer au développement des filières industrielles vertes et de la mobilité durable, en accélérant la détection d'opportunités dans les NTE. À ce titre, une diversification est engagée dans les partenariats industriels, le soutien à l'innovation des PME et des start-up, et le développement des filiales du groupe IFPEN. En appui, IFPEN a mis en place en interne les conditions nécessaires à l'expression d'une véritable culture de l'innovation.

## Stimuler l'innovation interne en matière de NTE

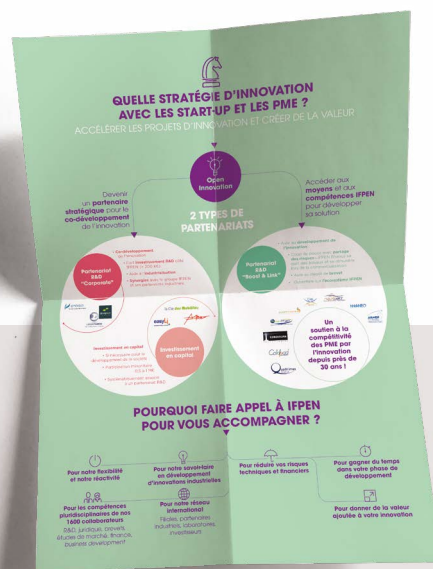
La stratégie de diversification dans les NTE au service de l'innovation se traduit dans l'organisation d'IFPEN.

Ainsi, IFPEN a mis en place un incubateur à projets destiné à augmenter sa contribution au développement de technologies innovantes servant la transition énergétique et ses nouveaux marchés associés. En 2019, ont ainsi été instruits : le photovoltaïque marin, le traitement des effluents aqueux industriels, l'extraction-purification de composés biologiques issus de plantes, la pollution par les particules (hors moteurs) en zones urbaines, la gestion dynamique des aquifères ou encore la géologie urbaine.

Par ailleurs, un challenge d'innovation destiné aux salariés, aux étudiants d'IFP School et aux collaborateurs des filiales du groupe IFPEN est régulièrement organisé et stimule la culture d'innovation de l'entreprise dans les nouvelles technologies de l'énergie.

De plus, une démarche dite de « créativité blanche » vient en appui des initiatives précédentes, en étant centrée sur le développement de nouvelles compétences, méthodologies et outils expérimentaux ou numériques.

Enfin, à travers un dispositif d'essaimage, IFPEN accompagne ses salariés souhaitant créer des entreprises. En 2019, IFPEN a ainsi soutenu la création par un salarié de la société Linkilab, qui propose, via une plateforme digitale, un service de mise en relation de prestataires de mesures et d'analyses disposant d'équipements spécifiques avec des sociétés clientes.



## Accompagner les start-up et les PME

Depuis près de 30 ans, IFPEN conduit une politique active de soutien aux PME et ETI. Aujourd'hui, cet accompagnement s'étend aux start-up et se concentre prioritairement sur les domaines de la transition énergétique et de l'environnement. L'objectif : créer de la richesse et de l'emploi sur les territoires en soutenant l'activité économique et la compétitivité des entreprises porteuses d'un projet d'innovation.





**ABDELKRIM  
GHERRABTI**  
PDG et fondateur  
de Naturamole

« Créée en 2003, Naturamole est une PME spécialisée dans le développement de bioprocédés et la production de molécules naturelles par biocatalyse enzymatique et fermentation microbiologique, destinées principalement aux industries de l'agroalimentaire, de la parfumerie, de la cosmétique et de la chimie fine. Suite à l'accord que nous avons conclu, IFPEN va nous accompagner dans l'identification et la validation d'un procédé de purification de deux lactones à haute pureté pour une mise sur le marché en tant qu'ingrédients certifiés naturels Europe EC 1334/2008 et Cosmos pour la formulation d'arômes et de parfums. »



#### FAIT MARQUANT

### 200 IDÉES ÉMERGENT DU CHALLENGE D'INNOVATION INTERNE

Une nouvelle édition du challenge d'innovation interne a été lancée en octobre 2019. Objectif : faire émerger des projets dans l'ensemble des activités liées aux nouveaux domaines sur lesquels IFPEN se positionne. Pour ce challenge centré sur les thématiques de l'environnement et du climat, les participants ont été incités à faire des propositions autour de quatre mondes : l'usine, la ville, la mer et la planète. Plus de 200 idées d'innovation ont été proposées. Le jury intermédiaire a présélectionné 15 idées, que les équipes doivent approfondir et structurer avant le jury final pour une sélection de cinq ou six lauréats.

## Renforcer les partenariats pour mieux détecter les opportunités

**A**travers un riche réseau de partenaires, IFPEN identifie des opportunités de collaborations avec des PME ou jeunes entreprises innovantes et améliore la veille sur de nouveaux domaines. En 2019, ce réseau s'est étendu. IFPEN a ainsi conclu un partenariat avec Incuballiance, l'incubateur de Paris-Saclay, et InnoEnergy, réseau européen qui soutient l'innovation et la création d'entreprises dans les énergies durables. IFPEN est également devenu membre de deux accélérateurs plus thématiques soutenus par de grands groupes industriels nationaux : Evolen Up, dans le secteur de l'énergie, qui accompagne de jeunes entreprises proposant des offres nouvelles en phase avec l'efficacité opérationnelle, la réduction de l'empreinte carbone et la gestion responsable de l'énergie, et Plant 4.0 destiné à identifier des offres d'équipements et de services innovants dans le domaine de l'usine du futur. Ces partenariats complètent les collaborations engagées depuis plusieurs années avec de nombreuses structures de soutien à l'innovation, parmi lesquelles Axel'One et Axelera, ou encore l'appartenance au réseau des Carnot, qui ont vocation à développer la recherche partenariale entre PME et acteurs de la recherche publique.

## Accompagnement technologique et en capital

**L**es partenaires d'IFPEN accèdent non seulement à ses moyens techniques et aux compétences de ses chercheurs dans plus de 50 métiers, mais aussi à son écosystème et aux acteurs de son réseau. En 2019, IFPEN a signé un partenariat de R&D avec Naturamole, une PME spécialisée dans la production de molécules naturelles par biocatalyse enzymatique et fermentation et a développé un algorithme de détection d'agressions sur pipelines dans le cadre du partenariat avec Spade Pipelines, PME francilienne spécialisée dans la détection en temps réel d'agressions sur pipelines.

Le partenariat R&D de long terme construit avec certaines jeunes entreprises innovantes peut être complété par une prise de participation au capital.



## Accompagner les filiales et participations du groupe dans leur marche vers les NTE

Le cœur de la politique de valorisation d'IFPEN réside dans son portefeuille dynamique de filiales et de participations, qui rassemble aujourd'hui des acteurs industriels de référence au niveau mondial (Axens, Beicip-Franlab, IFP Training, etc.) et de jeunes entreprises innovantes telles que DriveQuant et la Compagnie des Mobilités. Ce modèle répond au besoin actuel de création de filières dans les secteurs des énergies nouvelles, de l'environnement et de la mobilité durable. Ainsi, en cohérence avec la R&I, les filiales du groupe poursuivent leur développement vers les NTE.

**+de 250** nouvelles start-up et PME innovantes ont été identifiées en 2019 par l'équipe de la direction Incubation & PME. Cinquante ont fait l'objet d'échanges approfondis avec un Centre de résultats d'IFPEN. Une dizaine d'initiatives ont abouti à un contrat de partenariat R&D



**ÉRIC BENAZZI**

Vice-President, Marketing & External Communications, Axens

« Les nouveaux marchés de l'énergie sont de plus en plus concurrentiels et, dans un contexte de transition énergétique marqué par des changements et des ruptures, il est essentiel de rester compétitifs et d'identifier nos futurs relais de croissance durable. La collaboration avec les chercheurs d'IFPEN nous permet de nous renouveler en permanence et nous aide à identifier nos relais de croissance notamment dans le domaine des NTE. »

### FAIT MARQUANT

#### IFPEN ENTRE AU CAPITAL DU SPÉCIALISTE DES REMORQUES ET CHARIOTS ÉLECTRIQUES INTELLIGENTS

IFPEN est entré à hauteur de 10 % au capital de K-Ryole, spécialiste des remorques et chariots électriques intelligents. La technologie K-Ryole™ d'annulation des efforts de traction permet aux professionnels de transporter des charges lourdes, de plusieurs centaines de kilos, à vélo ou à pied, sans aucun effort. Lancée en mars 2016, la première remorque intelligente pour vélo permet d'annuler le poids transporté grâce à ses moteurs autorégulés, réduisant ainsi l'impact environnemental de la logistique urbaine. En octobre 2018, K-Ryole décline sa technologie pour le BTP et crée Kross, un chariot électrique intelligent. K-Ryole a été récompensée par plus de 40 prix pour son innovation, consacrant un potentiel rare dans le secteur de la vélotech. « Cette prise de participation s'accompagnera d'un partenariat technologique avec IFPEN permettant à K-Ryole de développer son offre. Avec cette nouvelle opération, IFPEN renforce également son positionnement comme acteur de l'innovation au service de la mobilité douce » précise Nathalie Alazard-Toux, Directrice du Centre de résultats Développement industriel d'IFPEN.



Pour suivre les aventures du chariot de manutention intelligent, rendez-vous sur LinkedIn.

### FAIT MARQUANT

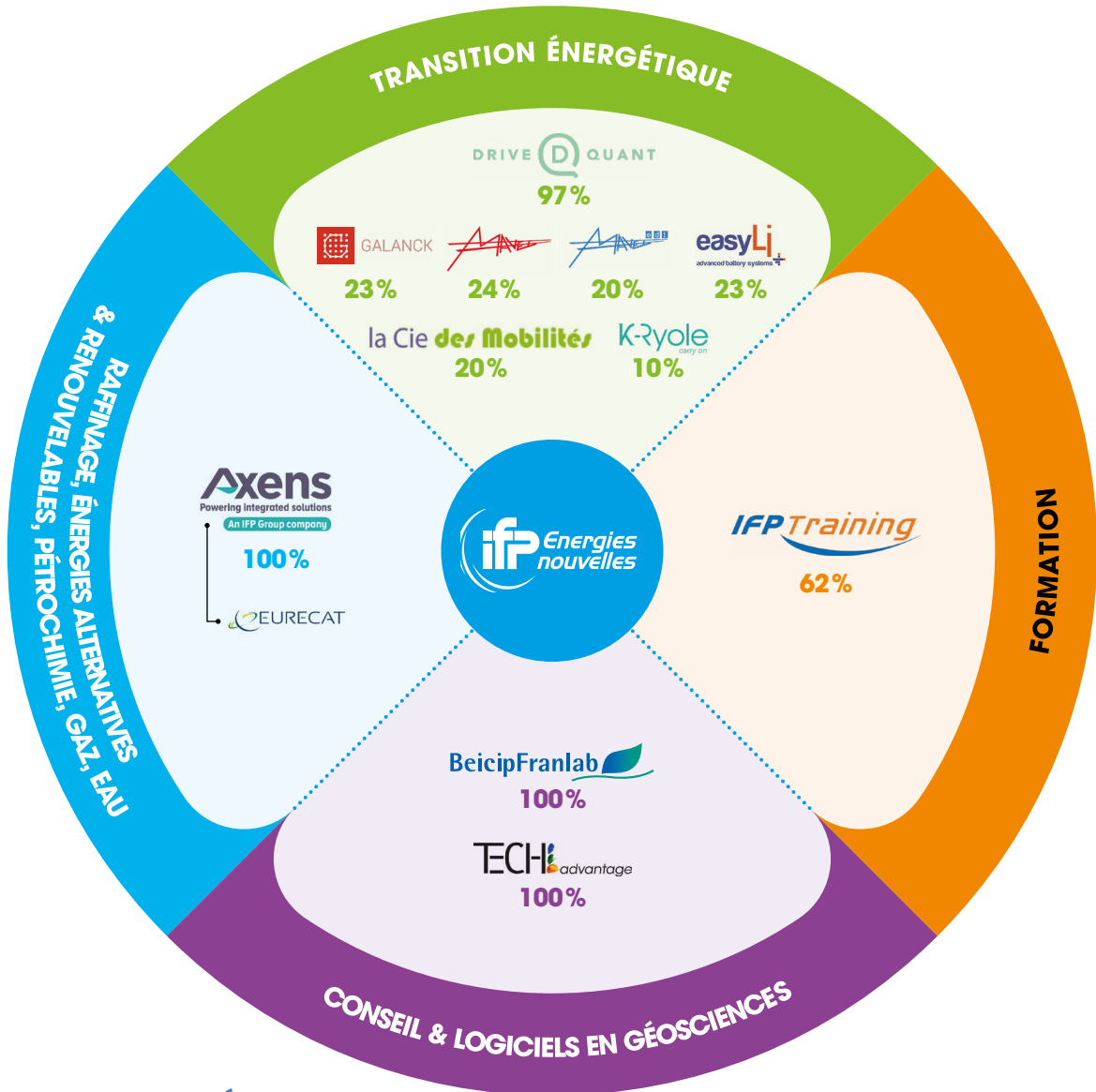
#### UNE FILIALE AU SERVICE DE L'AMÉLIORATION DES COMPORTEMENTS AU VOLANT

Filiale innovante née en 2017, DriveQuant propose des solutions d'analyse de la conduite qui visent à l'amélioration du comportement routier et à l'optimisation de l'utilisation des véhicules. Fin 2019, DriveQuant a franchi une nouvelle étape en lançant Léa, application mobile dédiée à la sécurité routière en entreprise. Notés, coachés et challengés, les collaborateurs sont sensibilisés à l'usage du smartphone au volant et assistés pour adopter une conduite plus sûre. Ce dispositif répond à une attente identifiée auprès des responsables de petites et moyennes entreprises n'ayant pas les moyens d'installer un boîtier télématique sur les véhicules. Les premiers usages ont montré que l'application permettait de réduire les incidents ou comportements à risque de manière significative (de 20 à 30 % d'après un challenge de conduite mené dans plusieurs entreprises).



# PORTEFEUILLE DES PARTICIPATIONS INDUSTRIELLES

au 31 mars 2020



COMPTES CONSOLIDÉS  
DU GROUPE IFPEN en 2019

**1 152,3 M€**

Chiffre d'affaires

**68 M€**

Résultat d'exploitation

**40,7 M€**

Résultat net part du groupe



# FORMER

## LES ACTEURS DE LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE

La formation fait partie des missions statutaires d'IFPEN. IFP School, son école d'application, accompagne les industriels dans leurs besoins en personnels hautement qualifiés, en offrant des enseignements qui répondent aux enjeux de la transition énergétique et en préparant les futurs acteurs de cette mutation. Ainsi IFP School propose à de jeunes ingénieurs des formations complémentaires aux métiers de l'énergie et de la mobilité durable, basées sur un modèle pédagogique résolument innovant. Elle s'appuie également sur un écosystème structurant de partenaires académiques et industriels en France et à l'international.

### Pérenniser la reconnaissance de formations d'excellence

La reconnaissance d'un enseignement spécialisé de haut niveau s'est traduite par l'obtention du grade de Master pour le Diplôme d'études supérieures appliquées (arrêté du 29 mars 2019 au JORF). Une nouvelle accréditation a également été délivrée par la Commission des titres d'ingénieur (CTI) pour la délivrance du diplôme d'ingénieur spécialisé pour la durée maximale de cinq ans. Elle concerne l'ensemble des programmes de formation, répartis en quatre grandes thématiques : « Motorisations et mobilité durable », « Économie et management de l'énergie », « Procédés pour l'énergie et la chimie » et « Géoressources et énergie ».

IFP School forme les futurs experts des métiers de demain liés à la transition énergétique, à la mobilité durable et au digital, en adaptant de façon continue les contenus des formations aux grands enjeux industriels et sociétaux, tout en assurant une continuité des programmes liés à ses activités historiques. Cela se traduit notamment par la consolidation d'une offre de formation de spécialistes capables de gérer l'ensemble des données acquises dans le domaine de l'exploration et de la production des ressources naturelles, en particulier le pétrole, le gaz naturel et l'eau. Cela passe également par une transformation profonde des programmes dans le domaine des motorisations, avec un renforcement des thématiques électrification et hybridation, afin de répondre aux nouvelles exigences de l'industrie en termes de compétences.

**IFP SCHOOL  
PILOTE 4** 

**chaires d'enseignement  
et de recherche**

**9**

**prix décernés aux étudiants  
IFP School en 2019** 

**FAIT MARQUANT****LES MOOC IFP SCHOOL :  
UN SUCCÈS CONFIRMÉ**

Les deux nouveaux mooc proposés par IFP School fin 2018 et au printemps 2019, « Tomorrow's Mobility » et « Energy Transition: Innovation Towards a Low Carbon Future », ont réuni plus de 30 000 participants dans plus de 100 pays.

Environ 20 % des étudiants ayant démarré leur cursus en septembre 2019 à IFP School estiment que les mooc ont été un facteur incitatif pour postuler à l'École. Une nouvelle version enrichie de ces modules de formation en ligne est proposée en 2020.

**FAIT MARQUANT****CHALLENGE INNOV'ACTION**

À l'occasion du 1<sup>er</sup> challenge Innov'Action d'IFP School, 18 équipes d'étudiants ont relevé les défis proposés par des entreprises partenaires dont Air Liquide, Arkema, Axens, Renault Sport Racing, Technip et Total. Cet événement, d'une durée de deux jours, qui s'inscrit dans le cadre du module Experience Sharing Module, a permis aux étudiants de la promotion 2019 de travailler sur les thématiques de l'innovation, de la digitalisation, ou encore de la dimension interculturelle au sein de l'entreprise.

**Renforcer  
le rayonnement de l'École**

La dynamique de développement d'IFP School favorise son rayonnement à l'international. En 2019, dix conventions d'échanges avec des universités étrangères ont été signées. La première session d'un master joint avec la National University of Singapore (NUS) dédié aux technologies de pointe et concepts innovants dans le domaine offshore a été lancée. D'autre part, des accords ont été signés pour deux nouvelles opérations d'essaimage, en partenariat avec IFP Training, pour un démarrage en 2020 : l'une prévue au Sénégal avec l'Institut national du pétrole et du gaz (INPG) et l'autre en Côte d'Ivoire avec l'Institut national polytechnique Félix Houphouët-Boigny (INP-HB).

Ces exemples illustrent le fort positionnement et la reconnaissance internationale d'IFP School pour la formation des acteurs de l'industrie de l'énergie. De nouvelles coopérations académiques se mettront en place en 2020.



Voir le film  
Hackaton.

**S'ancrer dans le monde de demain**

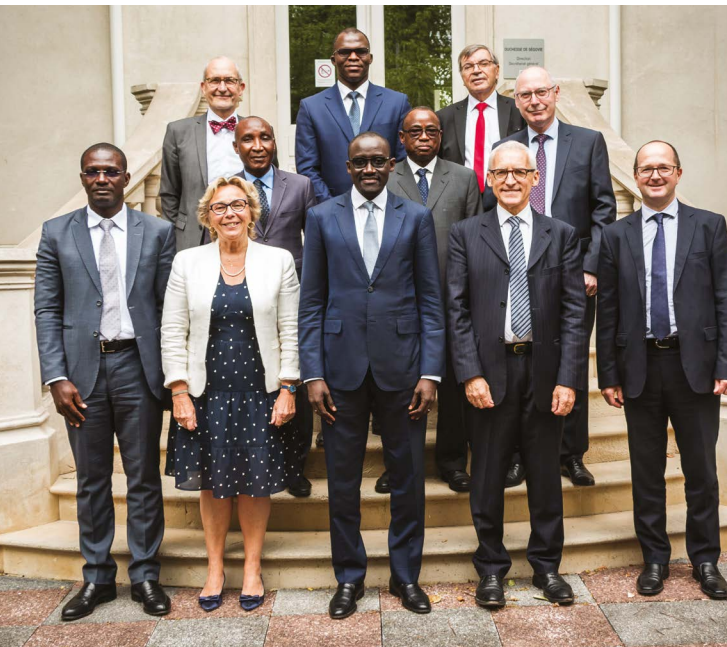
L'École évolue en lien avec les attentes des nouvelles générations d'étudiants. Une modernisation qui s'appuie sur un grand projet participatif rassemblant professeurs, étudiants et *alumni*, incluant la mise à disposition d'infrastructures et d'outils favorisant le travail collaboratif ; des choix pédagogiques innovants avec, par exemple, la personnalisation des parcours, l'offre de *micro-learning* dans les programmes, l'introduction d'un Hackaton pour le module de fin d'études, ou encore le développement des *soft skills*. Ces actions viennent s'intégrer au modèle pédagogique d'IFP School qui met l'accent sur la résolution de problématiques concrètes, afin de préparer au mieux l'intégration professionnelle de ses étudiants. Les équipes pédagogiques d'IFP School développent et utilisent depuis plusieurs années des méthodes qui favorisent l'acquisition de savoir-faire et l'apprentissage par l'expérimentation : classe inversée, *serious games*, réalité virtuelle ou augmentée, mooc, etc. De nouvelles actions ont d'ores et déjà été engagées en 2020 avec notamment la mise en place d'un laboratoire de réalité virtuelle.



## FAIT MARQUANT

**LANCEMENT DU MASTER PETROLEUM PROJECTS AND OFFSHORE TECHNOLOGY À SINGAPOUR**

La première session du master joint Petroleum Projects and Offshore Technology, fruit d'un partenariat entre IFP School et la National University of Singapore (NUS), a démarré en août 2019. Dans un contexte d'augmentation de la demande mondiale d'énergie, cette nouvelle offre de formation a pour objectif de répondre aux besoins de technologies de pointe et de concepts innovants de l'industrie tout en portant une attention particulière aux problématiques de sécurité et d'impacts environnementaux. D'une durée de 16 mois, elle couvre les domaines de l'ingénierie pétrolière et des technologies offshore. Dispensée en anglais, elle se déroule sur le campus de la NUS à Singapour. Une deuxième session est d'ores et déjà prévue en 2020.

**ABDOURAHMANE CISSÉ**

Ministre du Pétrole, de l'Énergie et des Énergies renouvelables de Côte d'Ivoire - Promotion IFP School Petroleum Economics and Management 2005

« En novembre 2019, nous avons signé une convention avec IFP School et l'Institut national polytechnique Houphouët-Boigny (INP-HB) de Yamoussoukro, portant création de l'École supérieure du pétrole et de l'énergie (ESPE).

La création de cette école au sein d'un pôle d'excellence (INP-HB) va permettre aux étudiants ivoiriens de niveau bac +5 de suivre une formation complémentaire d'excellence en Côte d'Ivoire et d'obtenir des diplômes de haut niveau et reconnus dans les secteurs du pétrole et de l'énergie.

La formation, d'une durée de 16 mois et dont le démarrage est prévu en septembre 2020, sera dispensée en anglais. Deux programmes seront proposés : l'un en exploration-production des hydrocarbures, l'autre dans le domaine de la transformation des hydrocarbures et de la distribution des produits pétroliers.

L'étudiant aura un double diplôme INP-HB / IFP School. L'ESPE s'inscrit dans la stratégie mise en œuvre dans notre pays visant à ce que tout Ivoirien, quel que soit son niveau social, puisse avoir accès à une formation de qualité et à un coût abordable. »

## FAIT MARQUANT

## IFP SCHOOL CONDUIT QUATRE CHAIRES D'ENSEIGNEMENT ET DE RECHERCHE

IFP School développe, depuis de nombreuses années, une stratégie de valorisation de ses activités de recherche, notamment au travers de chaires d'enseignement et de recherche. Actuellement, quatre chaires sont actives : « Modélisation économique appliquée à l'environnement et aux énergies » ; « Économie de l'électricité et de la transition digitale » (EEDT) ; « Electric, Connected and Autonomous Vehicles for Smart Mobility » (ECAV) lancée en 2019, et la plus récente « Carbon Management and Negative CO<sub>2</sub> Emissions Technologies Towards a Low Carbon Future » (CarMa).

Cette dernière, mise en place avec le soutien de Total et la Fondation Tuck, porte notamment sur le développement de solutions innovantes pour réduire les émissions de CO<sub>2</sub> anthropiques dans l'atmosphère.

## CONSEIL DE PERFECTIONNEMENT\*

## Personnalités de l'industrie

<b>Richard Alabaster</b>	TechnipFMC	Transition manager
<b>Hélène Beuchot</b>	Perenco	Directrice des Ressources humaines
<b>Bruno Covin</b>	Renault	Directeur de la Stratégie et de l'Ingénierie avancée GMP & EV de l'alliance Renault Nissan
<b>Marie-Isabelle Filliette</b>	Total	Chef de département - Direction Stratégie et Politique RH
<b>Philippe Franza</b>	ExxonMobil	Directeur des Ressources humaines
<b>Stéphane Martinot</b>	Valeo Powertrain Systems	Directeur Marketing Produit
<b>Olivier Peyret</b>	Schlumberger	Président-directeur général, Schlumberger France
<b>Sandra Roche-Vu Quang</b>	Elengy	Directrice générale
<b>Éric Zielinski</b>	Saipem SA	Plant Engineering manager

## Enseignement supérieur ou recherche

<b>Dominique Bonvin</b>	EPFL	Professeur
<b>Élisabeth Crépon</b>	Ensta ParisTech	Directrice
<b>Bernard Leduc</b>	Université libre de Bruxelles	Professeur
<b>Sophie Mougard</b>	ENPC	Directrice

## Au titre des anciens élèves

<b>Nathalie Brunelle</b>	Total	Directrice Projet Total Saclay
<b>Christian Dupraz</b>		Consultant pour Axens
<b>Patrice Marez</b>	PSA Peugeot Citroën	Directeur Conception Système Chaîne de traction
<b>Jean-Baptiste Renard</b>		Consultant, expert en énergie

\* Au 1<sup>er</sup> mars 2020

# EN 2019...

## UN NOUVEAU SITE WEB POUR IFPEN

**1000**  
visiteurs par jour  
sur le nouveau  
site Internet d'IFPEN,  
lancé en mars 2019



**Le nouveau site web d'IFPEN a été mis en ligne en mars 2019. Il s'adapte désormais à tout type de support (ordinateur, tablette, téléphone).**

**Une navigation organisée en cinq rubriques :**

### 1 Qui sommes-nous ?

Informations générales sur l'établissement, ses domaines d'activité et son organisation ;

### 2 Recherche fondamentale

Stratégie de la recherche fondamentale d'IFPEN au service de l'innovation et présentation de l'écosystème partenarial avec les acteurs de la recherche académique ou industrielle française, européenne et internationale ;

### 3 Innovation et industrie

Présentation du modèle d'innovation d'IFPEN et de son offre d'expertises et de solutions technologiques

à l'industrie pour avancer vers un mix énergétique plus durable ;

### 4 Enjeux et prospective

Clés pédagogiques et analyses technico-économiques pour mieux comprendre les enjeux énergétiques et environnementaux du 21<sup>e</sup> siècle ;

### 5 Formation et carrières

Présentation de l'offre de formation IFPEN pour le développement des compétences (formation par la recherche, formation diplômante via IFP School, formation continue via IFP Training) et des offres d'emploi.



Rendez-vous sur  
[www.ifpennergiesnouvelles.fr](http://www.ifpennergiesnouvelles.fr)

Pour ne rien manquer de l'actualité d'IFPEN,  
suivez également nos pages Twitter, LinkedIn et YouTube







**IFP Energies nouvelles**  
1 et 4, avenue de Bois-Préau  
92852 Rueil-Malmaison Cedex  
Tél. : + 33 1 47 52 60 00

**IFP Energies nouvelles-Lyon**  
Rond-point de l'Échangeur de Solaize  
BP 3 – 69360 Solaize  
Tél. : + 33 4 37 70 20 00

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

**Retrouvez IFPEN et IFP School sur les réseaux sociaux**



**Rédaction :** IFPEN • **Conception et réalisation graphique :**  communication

**Impression :** ce document a été imprimé sur du papier recyclé certifié FSC 

**Crédits photographiques :** Adobe Stock ; Axens ; DPMultimedia ; Eric Meurice - Objectif Images ; Hervé Thouroude ; IFPEN ; IFPEN/BeicipFranlab ; IFPEN/Ocom ; IFP School ; Laurent Wargon ; ©Thinkstock\_IStockphotos ; K-Ryole ; Nataliya Hora ; Nicole Chenesseau ; Peter Allan ; PROCETHOL 2G ; Sabine Serrad ; X

Droits de reproduction, textes et illustrations réservés.

RAPPORT D'ACTIVITÉ

2019

INNOVER  
LES ÉNERGIES

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

## RÉPONDRE AUJOURD'HUI AUX ENJEUX DE DEMAIN

### **IFP Energies nouvelles**

est un acteur majeur de la recherche et de la formation dans les domaines de l'énergie, du transport et de l'environnement. De la recherche à l'industrie, l'innovation technologique est au cœur de son action.

