+
INNOVER
LES ÉNERGIES

2020 RAPPORT D'ACTIVITÉ

IFP Energies nouvelles

NOTRE MISSION

IFPEN, L'ESSENTIEL

Mission & présentation 01__

Le message de Pierre-Franck Chevet, Président d'IFPEN 02__

La gouvernance d'entreprise 04__

L'actualité 2020 d'IFPEN : panorama 06__

Données sociales et financières 10__

DÉVELOPPER AUJOURD'HUI LES INNOVATIONS DE DEMAIN

Climat, environnement et économie circulaire 13__

Énergies renouvelables 17__

Mobilité durable 21__

Hydrocarbures responsables 25__

Une recherche fondamentale au service de l'innovation 29__

ENCOURAGER ET SOUTENIR L'INNOVATION 33__

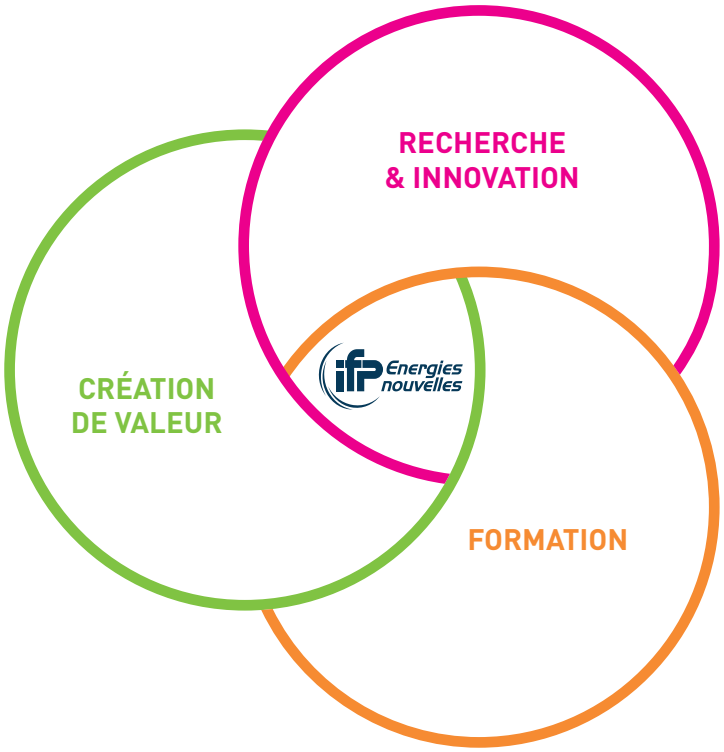
FORMER LES TALENTS POUR LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE 37__

CONTEXTE
LE CHANGEMENT CLIMATIQUE ET LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE

ENJEUX

- FAVORISER UNE MOBILITÉ DURABLE
- DIVERSIFIER LE MIX ÉNERGÉTIQUE
- GAGNER EN EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE
- RÉDUIRE L'IMPACT ENVIRONNEMENTAL DES RESSOURCES FOSSILES

3 AXES MAJEURS



IFP ENERGIES NOUVELLES

IFP Energies nouvelles (IFPEN) est un acteur majeur de la recherche et de la formation dans les domaines de l'énergie, du transport et de l'environnement. Depuis les concepts scientifiques en recherche fondamentale, jusqu'aux solutions technologiques en recherche appliquée, l'innovation est au cœur de son action, articulée autour de quatre orientations stratégiques : climat, environnement et économie circulaire – énergies renouvelables – mobilité durable – hydrocarbures responsables.

Dans le cadre de la mission d'intérêt général confiée par les pouvoirs publics, IFPEN concentre ses efforts sur l'apport de solutions aux défis sociétaux et industriels de l'énergie et du climat, au service de la transition écologique.
Partie intégrante d'IFPEN, IFP School, son école d'ingénieurs, prépare les générations futures à relever ces défis.

UNE RECHERCHE CENTRÉE SUR L'INNOVATION

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

Face à une large gamme de questionnements scientifiques ouverts, la recherche fondamentale d'IFPEN vise à produire un socle transverse de connaissances nouvelles, de concepts et méthodologies, support au développement des innovations de demain.

Les projets sont souvent menés dans un cadre collaboratif avec des partenaires académiques et industriels.

Les chercheurs d'IFPEN apportent régulièrement leur expertise scientifique aux pouvoirs publics, afin de leur fournir des éléments d'éclairage utiles à la décision. Engagé dans de nombreux projets, plateformes technologiques et réseaux dans le cadre d'Horizon Europe, IFPEN contribue également à faire émerger une vision européenne de la recherche dans les domaines de la mobilité, de l'énergie et de l'environnement.

Les programmes de recherche appliquée sont structurés autour des quatre orientations stratégiques :

- climat, environnement et économie circulaire : réduire l'impact des activités humaines et industrielles sur le climat et l'environnement ;

- énergies renouvelables : produire, à partir de sources renouvelables, de l'énergie, des carburants et des intermédiaires chimiques ;

- mobilité durable : développer des solutions pour des transports efficients et à faible impact environnemental ;

- hydrocarbures responsables : répondre à la demande en énergie et en produits chimiques de manière plus respectueuse de l'environnement.

UN FINANCEMENT PUBLIC/PRIVÉ

Le financement d'IFPEN est assuré à la fois par le budget de l'État et par des ressources propres provenant de partenaires industriels.

LA CRÉATION DE VALEUR

IFPEN contribue à la création de richesse et d'emplois, en soutenant la compétitivité des acteurs industriels et en favorisant le développement économique des filières liées aux secteurs de la mobilité, de l'énergie, de l'environnement et des éco-industries. Le modèle d'IFPEN repose sur la valorisation industrielle des technologies développées par ses chercheurs. La mise sur le marché des innovations se fait au travers de partenariats étroits avec des industriels et *via* les filiales de son groupe. Sur des marchés émergents ou matures, IFPEN crée ainsi des sociétés ou prend des participations dans des entreprises prometteuses. Par ailleurs, IFPEN accompagne le développement de start-up et PME dans le cadre d'accords de collaboration leur permettant de bénéficier de son savoir-faire technique et juridique.

LA FORMATION, VECTEUR DE COMPÉTITIVITÉ

Dans le contexte de la transition énergétique, IFP School forme des talents pour relever les défis techniques, économiques et environnementaux, tout en accompagnant les industriels dans leurs besoins en personnel hautement qualifié. Rayonnant à l'international, IFP School propose à de jeunes diplômés des formations de niveau Master pour les métiers d'aujourd'hui et de demain dans les domaines de l'énergie, de l'automobile et de l'environnement. Elle décerne ainsi un diplôme tous les ans à plus de 500 étudiants issus du monde entier.

LE MESSAGE DE PIERRE-FRANCK CHEVET
PRÉSIDENT D'IFPEN

IFPEN, **ACCÉLÉRATEUR D'INNOVATION**

En juin 2020, c'est dans un contexte inédit que j'ai pris mes fonctions à la tête d'IFPEN. Je tiens à remercier mon prédécesseur, Didier Houssin, qui a permis un passage de relais serein. Je m'emploierai d'ailleurs à pérenniser de nombreux projets initiés par ses soins.

C'est donc dans l'adversité et au cœur d'une année marquée par les contraintes que j'ai pu mesurer à quel point IFPEN était riche des femmes et des hommes qui le constituent. Alors que nos sites ont été mis en veille pendant deux mois au printemps et qu'une part de l'activité était réalisée à distance, nous avons su garder le cap.

Les équipes d'IFPEN se sont mobilisées pour continuer à faire avancer nos recherches et tenir leurs engagements auprès de nos partenaires et de nos filiales.
Quant à IFP School, la continuité pédagogique de l'ensemble des programmes, dès la fermeture de l'école, a été assurée avec une remarquable efficacité. Par ailleurs, IFPEN a naturellement participé à l'effort national en faisant don d'équipements aux institutions médicales.

Parmi les points saillants de 2020, l'année a commencé pour IFPEN par deux labellisations Carnot : le ministère de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation a décerné ce label d'excellence pour la troisième fois consécutive au Carnot IFPEN Transports Energie, qui porte nos actions pour la mobilité durable. Ce label a également été décerné au Carnot IFPEN Ressources Energétiques

d'IFPEN, et ce, dès sa première candidature. Ces certifications soulignent la capacité d'IFPEN à mobiliser un haut niveau scientifique et technologique pour l'innovation et les partenariats industriels, en faveur de la transition écologique et de la mobilité durable.

Avec 67 % de nos activités dans les nouvelles technologies de l'énergie, IFPEN a déjà largement orienté ses recherches vers la transition énergétique. Nous accélérons en nous engageant désormais dans la transition écologique.

En juin, un accord important dans le domaine du digital a été signé avec Inria. IFPEN s'associe ainsi à cette expertise unique pour construire les services digitaux de demain dans les domaines de l'énergie, de la mobilité et de l'environnement.

En septembre, le plan de relance gouvernemental a montré la volonté de la France d'accélérer la transition écologique. C'est le sens même de la transformation qu'a opérée IFPEN depuis plusieurs années. Avec 67 % de nos activités dans les nouvelles technologies de l'énergie, IFPEN a déjà largement orienté ses recherches vers la transition énergétique. Nous accélérons en nous engageant désormais dans la transition écologique et avons décidé de matérialiser cette orientation par la mise en place d'un nouvel axe stratégique. Intitulé « Climat, environnement et économie circulaire », il porte désormais nos activités en essor liées à la surveillance environnementale, à la qualité de l'air, au recyclage des plastiques, ou encore à la chaîne du CO_2.

Enfin, en termes de dépôt de brevets, IFPEN se place toujours en 2020 parmi les trois premiers organismes de recherche français. Cette position illustre l'aptitude d'IFPEN à mener à la fois une recherche fondamentale (pour 30 % de l'activité R&I) et une recherche appliquée visant à une industrialisation rapide des procédés, produits et services développés.

Ce rapport d'activité revient donc sur une année qui, malgré un contexte unique, a été dynamique grâce à l'engagement de tous les salariés, et placée plus que jamais sous le signe de l'innovation.

En ce début 2021, nous travaillons à construire notre avenir tant à court terme, décliné dans notre nouveau contrat d'objectifs et de performance en cours de finalisation, qu'à moyen et long termes, dans le cadre d'une réflexion stratégique sur notre positionnement et l'évolution de nos activités à l'horizon 2035.

Bonne lecture !

LA GOUVERNANCE D'ENTREPRISE

LE COMITÉ **EXÉCUTIF***

DIRECTION GÉNÉRALE

Pierre-Franck Chevet
Président

Catherine Rivière
Directrice générale adjointe
Recherche et Innovation

Éric Lafargue
Directeur général adjoint
Administration
et Gestion des filiales

DIRECTEURS DES CENTRES DE RÉSULTATS

Éric Heintzé
Ressources énergétiques

Jean-Pierre Burzynski
Procédés

Gaëtan Monnier
Transports

Christine Travers
Formation

Nathalie Alazard-Toux
Développement industriel

AUTRE MEMBRE DU COMITÉ EXÉCUTIF

Véronique Ruffier-Meray
Directrice des Ressources
humaines

* Au 15 avril 2021.

LE CONSEIL **D'ADMINISTRATION***

REPRÉSENTANTS DE L'ÉTAT

Pierre-Franck Chevet
Président

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

Alicia Saoudi
Cheffe de bureau. Bureau de l'énergie, des participations, de l'industrie et de l'innovation (BEPII) à la direction du Budget, représentant le ministre chargé du Budget

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 la ministre chargée de l'Industrie

PERSONNALITÉS QUALIFIÉES

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

Bruno Sportisse
Président directeur général d'Inria

REPRÉSENTANTS DES SALARIÉS

Laurent Duval

Sylvie Perrin

ASSISTENT EN OUTRE AU CONSEIL D'ADMINISTRATION

Cyril Bouyeure
Contrôleur général économique et financier, ministère de l'Économie, des Finances et la Relance, mission Énergie

Philippe Geiger
Directeur adjoint, direction de l'Énergie, ministère de la Transition écologique

Guillaume Gougeul
Secrétaire du Comité social et économique central

LE CONSEIL **SCIENTIFIQUE***

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

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

Sylvie Dequin
Chef de département Microbiologie et chaîne alimentaire à l'Inrae

Jocelyne Erhel
Directrice de recherche à 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

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

Marc Schoenauer
Directeur de recherche à Inria

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

Sophie Violette
Maître de conférences-HDR, Sorbonne Université – Laboratoire de géologie de l'ENS

L'ACTUALITÉ 2020 D'IFPEN : PANORAMA

ÉMISSIONS DES VOITURES ESSENCE ET DIESEL RÉCENTES : PUBLICATION DE L'ÉTUDE RÉALISÉE PAR IFPEN

Depuis juillet 2019, le Carnot IFPEN Transports Energie accompagnait le ministère de la Transition écologique (MTE) dans la réalisation d'une étude scientifique destinée à évaluer, en toute transparence, les performances environnementales de l'offre actuelle de voitures essence et diesel (Euro6d-Temp) en usage réel.
Cette étude, qui s'inscrit dans le rôle d'expertise d'IFPEN en soutien aux pouvoirs publics, s'est focalisée sur les émissions de gaz à effet de serre et de polluants locaux d'un panel de 22 véhicules représentatifs des modèles vendus en France. Le Carnot IFPEN Transports Energie, expert dans la caractérisation des émissions polluantes des véhicules, a pris en charge la proposition des protocoles techniques, l'organisation et la réalisation des expérimentations, l'analyse des résultats et leur synthèse. Le rapport d'étude a été publié en décembre 2020. Il a été présenté par Pierre-Franck Chevet au comité stratégique de la filière automobile et mobilités, présidée par Luc Chatel, en présence d'Agnès Pannier-Runacher, ministre déléguée auprès du ministre de l'Économie, des Finances et de la Relance, chargée de l'Industrie. En parallèle, les résultats ont été exposés aux ONG France Nature Environnement, Transport & Environnement, fondation Nicolas Hulot et Réseau Action Climat. Le protocole et le rapport d'étude sont disponibles sur le site www.ifpenergiesnouvelles.fr

IFPEN ENGAGÉ POUR ACCOMPAGNER LE DÉPLOIEMENT DE L'HYDROGÈNE

Le déploiement de l'hydrogène dans le cadre de la transition écologique a pris un nouvel essor en 2020 avec le plan économique France Relance 2020-2022. IFPEN, déjà présent sur différentes briques technologiques de la chaîne de valeur de l'hydrogène, a instruit une feuille de route pour consolider son positionnement et a nommé un coordinateur hydrogène. Ce dernier est intervenu entre autres en 2020 auprès de la Commission de régulation de l'énergie et auprès de l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques (OPECST) au sujet des conditions à remplir pour déployer économiquement un hydrogène décarboné dans les différents secteurs (industries et transport) concernés. IFPEN est également intervenu lors de journées d'échanges consacrées à l'hydrogène décarboné, organisées par les pôles de compétitivité Axelera et Tenerrdis. Il participe en outre à une étude commandée par l'*International Association of Oil and Gas Producers* (IOGP), pour évaluer les conditions économiques et environnementales à remplir pour déployer l'hydrogène bas carbone en Europe et satisfaire ainsi à l'objectif de neutralité carbone en 2050. Enfin, une chaire industrielle, Orhyon (micro-Organismes et Réactivité de l'HYdrOgèNe dans le sous-sol), sélectionnée par l'ANR, a été lancée en novembre. Elle permettra de mieux comprendre les mécanismes régissant la mobilité et la réactivité de l'hydrogène dans les formations géologiques. L'utilisation de l'hydrogène dans le transport, *via* plus particulièrement la solution du moteur à combustion interne à hydrogène, fait également l'objet de travaux (*voir page 24*).

CATHERINE RIVIÈRE NOMMÉE AU CONSEIL NATIONAL DE L'AIR

Par arrêté de la ministre de la Transition écologique et solidaire en date du 31 janvier 2020, paru au *Journal officiel* du 16 février, Catherine Rivière, Directrice générale adjointe Recherche et Innovation, a été nommée au Conseil national de l'air en tant que représentante d'IFPEN.

INRIA ET IFPEN SIGNENT UN ACCORD DE PARTENARIAT AU SERVICE DE LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE

En juin 2020, Pierre-Franck Chevet et Bruno Sportisse, Président-directeur général d'Inria, ont signé en ligne un nouvel accord-cadre de partenariat stratégique au service de la transition énergétique. En complément des travaux communs en simulation numérique et calcul haute performance conduits depuis 2015, date de signature du premier accord-cadre, ce récent accord ouvre la voie à de nouveaux axes de recherche collaborative centrés sur les technologies d'intelligence artificielle (IA) et d'analyse haute performance des données. Il a notamment pour ambition de répondre aux objectifs de la Stratégie nationale bas carbone (SNBC). Cette collaboration s'étend donc à cinq nouvelles thématiques dont les feuilles de route ont été élaborées conjointement par IFPEN et Inria : modélisation et surveillance des éoliennes offshore, simulation moléculaire en catalyse, réduction numérique de modèles complexes pour la simulation, modélisation 4D en géosciences, gestion des connaissances et recherche d'information assistée par l'IA.

FOCUS

En juin 2020, IFPEN et l'Institut de relations internationales et stratégiques (IRIS) ont publié le bilan des travaux conduits dans le cadre du projet Generate (Géopolitique des énergies renouvelables et analyse prospective de la transition énergétique), financé par l'ANR (*voir page 31*). Ces derniers se sont poursuivis par une analyse géopolitique des dépendances aux métaux réalisée par IFPEN (*voir page 16*).

EN ROUTE VERS LES NOUVELLES MOBILITÉS : IFPEN AU SERVICE DU CITOYEN ET DES COLLECTIVITÉS

La crise de la Covid-19 a modifié les habitudes de déplacement. En mai, l'annonce d'un plan vélo gouvernemental a dynamisé la transition vers les mobilités douces. Les pistes cyclables s'étendent dans les territoires et IFPEN accompagne le mouvement. Avec une quinzaine d'autres acteurs impliqués dans la mobilité en Île-de-France et réunis au sein du collectif « Mobilité Île-de-France – impact de la Covid-19 », il analyse ces changements *via* une grande enquête auprès des Franciliens.
Par ailleurs, la solution Geovelo™, mise à disposition des villes et des usagers, a pris de l'ampleur. Outre le calcul d'itinéraires, Geovelo™ permet de qualifier l'infrastructure cyclable d'un territoire à l'aide du smartphone du cycliste. Les données recueillies sont traitées, enrichies et cartographiées par les webservices développés par IFPEN. Le cycliste est informé des évolutions des pistes qu'il emprunte habituellement. L'ensemble des données anonymisées des utilisateurs sont ensuite agrégées afin d'obtenir une vision de l'usage du vélo à l'échelle d'une ville ou d'un territoire.

DIGITALISATION DE LA R&I : L'ANNÉE DE LA MONTÉE EN PUISSANCE SUR LES DONNÉES

Depuis 2018, IFPEN a engagé une transition vers une culture orientée numérique et données. L'année 2020 a été celle de la montée en puissance pour répondre à une problématique « données » en pleine émergence. L'outil xDash™, qui permet de réaliser des applications interactives incluant des tableaux de bord, des webservices ainsi que ses propres algorithmes, a été mis à disposition du grand public (*voir page 23*). Une application web visant à générer plus efficacement des bulletins d'analyse de matériaux en microscopie électronique à balayage (MEB) et à améliorer leur capitalisation a été conçue. Par ailleurs, l'application de reconnaissance de roches conçue par IFPEN a introduit l'utilisation de l'intelligence artificielle. Les travaux menés à IFPEN sur les applications du deep learning aux données géologiques non structurées ont d'ailleurs été présentés en juin lors de la conférence virtuelle *Digital highlight series* organisée par l'*European Association of Geoscientists and Engineers,* ainsi qu'à l'occasion d'un webinaire de l'*Oslo Society of Exploration Geophysicists* consacré à l'intelligence artificielle en géosciences. En outre, dans le cadre d'un projet de transformation digitale des géosciences, Total et IFPEN ont signé un contrat de collaboration, visant à évaluer l'apport de nouvelles technologies numériques pour faciliter l'analyse des gros volumes de données en exploration pétrolière.

IFPEN ET L'UNESCO S'ASSOCIENT DANS LE DOMAINE DES GÉOSCIENCES

IFPEN et l'Unesco ont signé un accord-cadre de partenariat dans le domaine des géosciences pour une gestion durable des ressources en faveur de la transition énergétique. Il concerne, d'une part, la recherche et la formation relatives aux sciences de la terre, en proposant des sujets de thèse en lien avec le stockage géologique de CO_2 ou d'hydrogène, la géothermie, l'exploitation des ressources du sous-sol ou encore la compréhension des interactions entre les changements climatiques et les écosystèmes à partir de l'étude des systèmes sédimentaires. D'autre part, il promeut la digitalisation dans les géosciences, notamment à partir d'outils numériques développés par IFPEN qui pourront être déployés dans les parcs géologiques internationaux labellisés par l'Unesco, avec une double finalité : faire de la pédagogie, mais également tester et enrichir ces applications en s'appuyant sur une approche de science participative.

IFPEN ACTEUR DE L'ESPACE EUROPÉEN DE LA RECHERCHE

Dans ses missions d'organisme de recherche appliquée comme dans ses orientations stratégiques, IFPEN est pleinement en ligne avec les objectifs européens en matière de recherche et d'innovation. Dans le cadre du programme Horizon 2020, il participe à 17 projets dont 6 ont débuté en 2020, notamment sur les thématiques de la géothermie, des batteries et de l'utilisation du CO_2 : CCIMC, ECCSELERATE, LongRun, Modalis[2], Sun2Chem, et Trade-OPT. IFPEN est également engagé au sein de plusieurs réseaux (EERA, EARTO) et contribue ainsi à la rédaction de feuilles de route qui orientent et structurent la recherche européenne dans les domaines de l'énergie et des transports. En 2020, il a rejoint Polis, réseau de villes européennes, qui soutient le déploiement de technologies et politiques innovantes et durables dans le domaine du transport local.

VISITE À IFPEN-LYON DU RECTEUR DÉLÉGUÉ POUR L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR, LA RECHERCHE ET L'INNOVATION

Cécile Barrère-Tricca, cheffe d'établissement d'IFPEN-Lyon, a reçu, le 6 octobre sur le site de Solaize, Gabriele Fioni, recteur délégué pour l'enseignement supérieur, la recherche et l'innovation de la région académique Auvergne-Rhône-Alpes. Cette visite a permis de rappeler le rôle et l'ancrage fort d'IFPEN dans l'écosystème régional et également de présenter les travaux des équipes dans les domaines de la mobilité durable et des énergies nouvelles.

Gabriele Fioni à la rencontre d'équipes d'IFPEN-Lyon.

PARTICIPATION D'IFPEN À L'ÉVÈNEMENT **« SCIENCE : UN MÉTIER DE FEMMES »**

En mars, IFPEN a participé pour la 3e fois à l'événement « Science : un métier de femmes » organisé par l'association Femmes & Sciences sur le site de l'ENS de Lyon, dans l'objectif de promouvoir, d'une part, les sciences et les techniques auprès des femmes, d'autre part les femmes dans les sciences et les techniques. Quelque 500 lycéennes ont pu échanger sur le parcours et l'expérience professionnelle de 30 marraines, dont trois issues d'IFPEN. Cette action reflète l'engagement pour l'égalité professionnelle entre les femmes et les hommes d'IFPEN qui a d'ailleurs obtenu la note maximale de 100/100 dans l'index de l'égalité professionnelle femmes-hommes mis en place par le ministère du Travail, de l'Emploi et de l'Insertion.

COVID-19 : IFPEN S'ADAPTE ET S'ENGAGE

Face à la Covid-19, IFPEN a adapté son activité et son organisation afin de protéger ses salariés et ses partenaires. Dès fin février, une cellule de crise a été activée et s'est réunie quotidiennement. Un plan de continuité d'activité a été réalisé afin de préparer au mieux IFPEN et ses collaborateurs à la situation.
Le 17 mars, les deux sites ont été mis en veille. Les dernières unités ont été fermées le 20 mars à Rueil-Malmaison et le 24 mars à Solaize.
Une dizaine de salariés ont assuré une présence sur les sites. Rapidement, IFPEN a initié la fabrication de visières de protection pour les hôpitaux des environs, à l'aide de ses imprimantes 3D.
Par ailleurs, l'essentiel de ses stocks de masques et blouses a été donné au personnel soignant d'hôpitaux ou cabinets médicaux en régions Île-de-France et Auvergne-Rhône-Alpes.
À partir du 11 mai, les activités expérimentales les plus prioritaires ont repris progressivement sur les deux sites. Des mesures de protection renforcées ont été mises en place pour le personnel présent, la majorité restant toutefois en télétravail jusqu'à mi-juin.
À noter : la transformation digitale de l'établissement, engagée il y a quelques années, a grandement facilité la continuité de l'activité.

RDV IFPEN SUR LE STOCKAGE D'ÉNERGIE : SUCCÈS D'UNE ÉDITION EN 100 % DIGITAL

Le 13 novembre, la quatrième édition des « RDV Ifpen de l'innovation énergétique » a eu lieu au format 100 % digital.
Au sommaire : les enjeux du stockage d'énergie et l'optimisation de la gestion de l'énergie, leviers essentiels du déploiement des énergies renouvelables. Cette table ronde a été un succès : 300 personnes se sont connectées pour écouter les différents experts venus s'exprimer sur le sujet, dont Daniel Averbuch, responsable du programme Stockage d'énergie à IFPEN, Guillaume Chazalet, président de Kemiwatt, Valérie Quiniou-Ramus, directrice exécutive de la Prospective et de la Recherche de l'Ademe, et Arnaud Vazeille, responsable Stockage et Centrale virtuelle chez EDF Renouvelables.
Un compte rendu ainsi qu'un replay sont disponibles sur le site web d'IFPEN.

CHIFFRES CLÉS

2
instituts Carnot : le Carnot IFPEN Transports Energie et le Carnot IFPEN Ressources Energétiques

CERTIFIÉ ISO 9001
pour ses activités de R&I

175
premiers dépôts de brevets, dont
105
dans le domaine des NTE

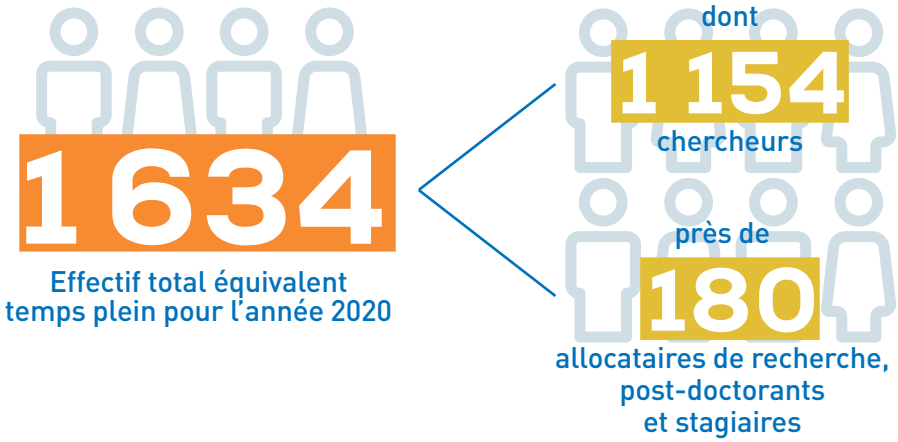
Plus de
500
élèves diplômés par IFP School

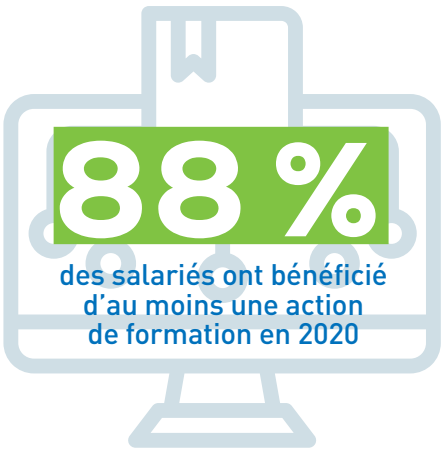
43 000
masques fournis aux institutions médicales en mars 2020

DONNÉES
SOCIALES & FINANCIÈRES

DONNÉES SOCIALES

Afin de répondre aux orientations nationales concernant la transition écologique, 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 nécessaires pour une expertise scientifique et technique de haut niveau.



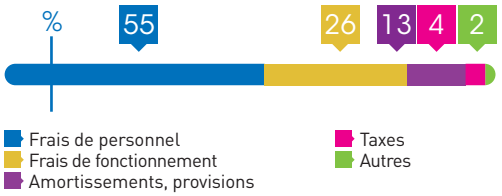


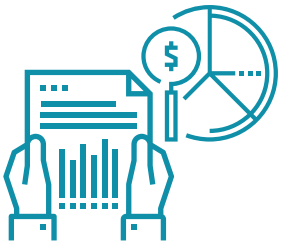
DONNÉES FINANCIÈRES

IFPEN a été fortement impacté en 2020 par la crise économique qui a frappé ses filiales et partenaires dans les domaines de l'énergie et du transport.
Les ressources propres enregistrent un recul significatif, résultant principalement d'un repli des redevances et de la diminution des prestations et recherches collaboratives.
Parallèlement, les charges opérationnelles sont en diminution dans le contexte de crise sanitaire, avec un très large recours au télétravail qui a généré des économies significatives sur les frais de déplacement et de fonctionnement des sites.
L'activité hydrocarbures demeure autofinancée.

RÉPARTITION DES CHARGES OPÉRATIONNELLES

Clôture 2020



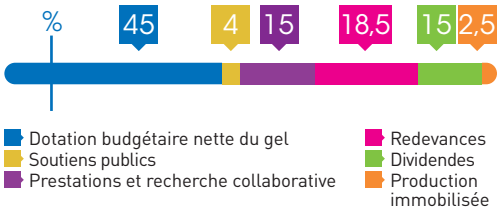


278,1 M€

dont 239,2 M€ pour la R&I
Charges opérationnelles

RÉPARTITION DES PRODUITS OPÉRATIONNELS

Clôture 2020



120,5 M€

Dotation budgétaire

146,5 M€

Ressources propres

POIDS DES NTE DANS LA R&I IFPEN EN 2020	%
Total NTE	67
Énergies nouvelles	29
Mobilité durable	18
Recherche fondamentale transverse	20

67 %

du budget consacré aux NTE

DÉVELOPPER AUJOURD'HUI LES INNOVATIONS DE DEMAIN

CLIMAT, ENVIRONNEMENT ET ÉCONOMIE CIRCULAIRE + 13

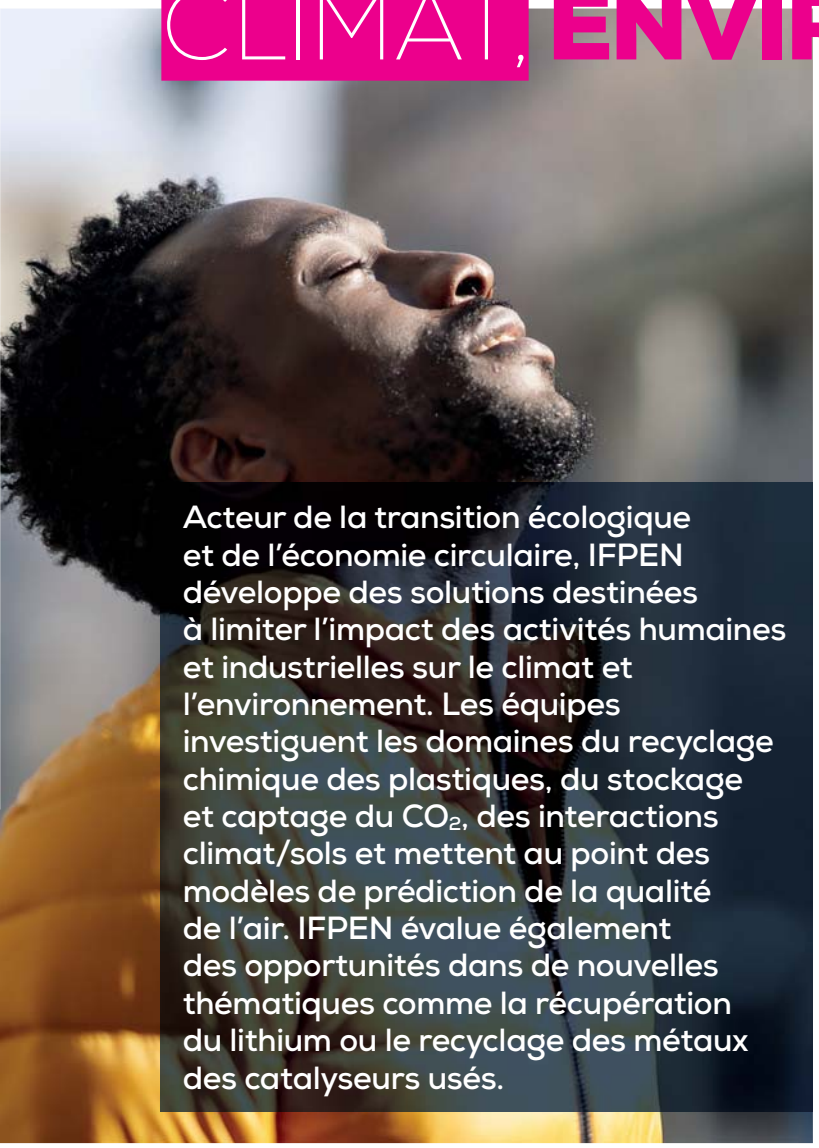
ÉNERGIES RENOUVELABLES + 17

MOBILITÉ DURABLE + 21

HYDROCARBURES RESPONSABLES + 25

UNE RECHERCHE FONDAMENTALE AU SERVICE DE L'INNOVATION + 29

CLIMAT, ENVIRONNEMENT ET ÉCONOMIE CIRCULAIRE



Acteur de la transition écologique et de l'économie circulaire, IFPEN développe des solutions destinées à limiter l'impact des activités humaines et industrielles sur le climat et l'environnement. Les équipes investiguent les domaines du recyclage chimique des plastiques, du stockage et captage du CO_2, des interactions climat/sols et mettent au point des modèles de prédiction de la qualité de l'air. IFPEN évalue également des opportunités dans de nouvelles thématiques comme la récupération du lithium ou le recyclage des métaux des catalyseurs usés.

CAPTAGE, STOCKAGE ET VALORISATION DU CO_2

Les efforts de recherche d'IFPEN dans le domaine du captage, du stockage et de la valorisation du CO_2 (CCUS) s'intensifient. Objectif : améliorer les différents maillons de la chaîne, en commençant par le captage, étape la plus coûteuse, en passant par la compression du CO_2 et son transport, et jusqu'au stockage massif, avec une surveillance continue des sites pour garantir la sécurité sur une longue période. IFPEN accompagne les pouvoirs publics et les industriels dans l'évaluation des technologies par des analyses de cycle de vie et des études technico-économiques, ainsi que dans les scénarios de déploiement de ces technologies.

FAIT MARQUANT

Florence Delprat-Jannaud élue Pésidente du Club CO_2. Le 5 mars 2020, lors du renouvellement du bureau du Club CO_2, Florence Delprat-Jannaud, en charge du programme « Captage et stockage du CO_2 » du Carnot IFPEN Ressources Energétiques, a été élue présidente de l'association pour une durée de trois ans. Le Club CO_2 regroupe 30 membres, acteurs du monde industriel et de la recherche. Lieu d'échanges, d'informations et d'initiatives entre ses membres dans le domaine des études et des développements technologiques en matière de CCUS, le Club CO_2 promeut le déploiement de la filière française et encourage la coopération à l'échelle nationale entre les secteurs public et privé. Ces initiatives sont à l'origine d'un nombre grandissant de démonstrateurs et de projets de recherche.

FAIT MARQUANT

Captage du CO_2 : lancement de Dinamx, un projet de démonstration sur un pilote industriel du procédé IFPEN DMX™. Le projet Investissement d'Avenir Dinamx « Démonstration et applications innovantes du DMX™ » a été lancé pour quatre ans avec la participation d'IFPEN, Axens, Total et ArcelorMittal France. Le procédé DMX™ sera d'abord démontré sur le pilote construit et financé dans le cadre du projet 3D, sur le site d'ArcelorMittal à Dunkerque. Coordonné par Axens, le projet Dinamx a pour objectif d'opérer la démonstration du procédé IFPEN DMX™ pour décarboner du gaz de haut-fourneau et d'évaluer les possibilités d'application de ce procédé à des émetteurs autres que l'industrie sidérurgique concernée par le projet européen H2020 3D.

INTERACTIONS CLIMAT/SOLS : MISE EN PLACE D'UNE FEUILLE DE ROUTE

Les sols sont des écosystèmes fragiles et sensibles au changement climatique ; ils constituent le second réservoir de carbone sur terre. En 2020, le sixième cycle d'évaluation du GIEC a conclu à une augmentation des phénomènes extrêmes et à l'amplification des risques naturels. Ces éléments ont donné lieu au Plan national d'adaptation au changement climatique (PNACC), dont l'un des objectifs est de renforcer la résilience des écosystèmes (sols, forêt, mer et littoral, biodiversité et ressources en eaux) afin de leur permettre de s'adapter au changement climatique. De plus, la Stratégie nationale bas carbone (SNBC) a mis en avant le caractère incontournable du stockage de carbone dans les sols pour atteindre la neutralité carbone en 2050. En 2020, IFPEN a établi une feuille de route autour des enjeux climat/sols pour contribuer à accroître la teneur en carbone pérenne et à réduire la vulnérabilité des systèmes et les impacts. Il a également travaillé à l'adaptation de sa méthode thermique Rock-Eval® pour comprendre la dynamique du carbone dans les sols.

FAIT MARQUANT

IFPEN accueille le Docteur David Sebag, spécialiste de la science du sol pour un an

Le Carnot IFPEN Ressources Energétiques accueille, depuis avril 2020, l'écologue des sols David Sebag, Maître de conférences à l'université de Rouen (Laboratoire morphodynamique continentale et côtière) et chercheur associé à l'université de Lausanne (Laboratoire biogéosciences). Son expertise sur les environnements des 10 000 dernières années en contexte archéologique et les environnements récents (100 ans) replace les changements climatiques actuels dans une perspective à plus long terme et renforce les compétences d'IFPEN sur les interactions entre le sol et le climat.

FAIT MARQUANT

Violaine Lamoureux-Var, lauréate du prix FIEEC Carnot pour Rock-Eval® 7S.

La 7e génération de l'équipement Rock-Eval® avec la caractérisation rapide du carbone et du soufre a été mise sur le marché.
En novembre, Violaine Lamoureux-Var a reçu le prix FIEEC Carnot de la Recherche appliquée 2020, pour les travaux menés avec la PME Vinci Technologies concernant la mise au point du Rock-Eval® 7S. Ce prix distingue des travaux développés en lien avec une PME, avec un véritable impact en matière de croissance et de création d'emploi.
Cet équipement d'analyse géochimique, d'abord conçu pour l'évaluation des roches, est au cœur de travaux de recherche utilisant des méthodes thermiques pour caractériser les carbones organiques et contribuer à l'évaluation de la qualité des sols, de leur fertilité et de leur rôle dans la régulation du climat.

FAIT MARQUANT

Avec Geco™ air, IFPEN est au cœur de projets au service des territoires. À travers les projets Airmes, Capture et Reveal, financés par l'Ademe, IFPEN améliore en continu Geco™ air, son outil web permettant d'estimer l'empreinte polluante d'une infrastructure et de fournir des cartographies de polluants liés à la route. En 2020, un nouveau projet, Acacias, a fait partie des lauréats de l'appel à propositions de recherche pour une meilleure qualité de l'air « Primequal », lancé également par l'Ademe. Acacias vise à développer de nouvelles méthodologies permettant aux villes d'identifier et promouvoir les politiques publiques liées à la mobilité les plus favorables pour l'environnement. Le projet associe aux enquêtes sur la mobilité des ménages des données de comportements collectées par Geco™ air.

ANALYSE DE LA QUALITÉ DE L'AIR : IFPEN EN PREMIÈRE LIGNE

À l'heure où la qualité de l'air est une préoccupation forte des citoyens et un enjeu majeur de santé publique, IFPEN demeure un partenaire privilégié des pouvoirs publics locaux et nationaux. Ses compétences en analyse de la qualité de l'air liée aux transports et en modélisation de la mobilité sont éprouvées et reconnues. En 2020, les équipes ont approfondi leurs travaux de modélisation et collecte dynamique d'informations individuelles, dans le but de développer des solutions numériques d'estimation de l'empreinte environnementale de la mobilité pour le grand public. Ces dernières enrichiront les modèles de prédiction de la qualité de l'air liée aux transports pour les territoires. Par ailleurs, en tant que référent en termes de prédiction de l'empreinte environnementale du transport terrestre, IFPEN a réalisé, à la demande du ministère de la Transition écologique, une étude scientifique destinée à évaluer les émissions polluantes et de gaz à effet de serre (GES) de véhicules récents (*voir page 6*). Les résultats ont été publiés fin 2020. Pour réaliser certaines mesures, IFPEN s'est appuyé sur Real-e, l'analyseur mobile et connecté de gaz d'échappement en conditions réelles, développé en collaboration avec la PME Capelec.

MESURE ET MAÎTRISE DES ÉMISSIONS DE POLLUANTS

IFPEN concentre ses travaux sur la connaissance fine des polluants et développe les moyens pour réduire leurs émissions. Parmi les différents travaux menés en 2020, citons la mise au point avec Total de plusieurs formulations d'un fluide multifonction destiné aux systèmes combinés de catalyse de dépollution d'oxydes d'azote et de filtration des particules. 2020 aura également vu l'achèvement de la phase 1 du projet Ademe Cortea Rhapsodie, qui avait pour objectif d'évaluer les émissions gazeuses et particulaires de véhicules particuliers Euro 6b et d-TEMP. Les évaluations se sont déroulées sur banc à rouleaux IFPEN. La phase expérimentale du projet Rhapsodie 2 a démarré en septembre 2020. Pendant six mois, les émissions d'un véhicule diesel Euro 6d-ISC seront étudiées dans le but, entre autres, d'évaluer l'impact de l'introduction de différentes bases de biocarburants dans le gazole.

RECYCLAGE CHIMIQUE DES PLASTIQUES

Les matières plastiques sont largement utilisées dans de nombreux domaines : emballage, automobile, électroménager, bâtiment, agriculture, etc. L'augmentation constante de leur production va de pair avec celle des déchets plastiques. Le positionnement d'IFPEN vise à proposer des technologies permettant de répondre aux attentes croissantes de la société en matière de réduction des déchets plastiques, conformément aux politiques publiques relatives à l'économie circulaire, qui ont pour objectif le recyclage de 55 % des emballages plastiques d'ici 2030 au niveau européen. Cela se traduit par des projets de recherche visant le développement de technologies dédiées au recyclage chimique des déchets plastiques, domaine complémentaire au recyclage mécanique. IFPEN a pour objectif d'être présent sur les différentes boucles de recyclage chimique, en développant différentes technologies permettant de transformer les déchets plastiques en matières polymères recyclées d'excellente qualité. Au savoir-faire des équipes d'IFPEN concernant les procédés contribuant au développement du recyclage chimique s'ajoutent une maîtrise complète de la chaîne de développement, du laboratoire au démonstrateur, ainsi qu'une approche technico-économique qui intègre la dimension analyse de cycle de vie. À titre d'exemple, les travaux déjà engagés par IFPEN portent sur le recyclage du PVC par dissolution, sur la conversion du plastique par pyrolyse catalytique et sur le recyclage des déchets PET par dépolymérisation. Ces projets sont principalement conduits en partenariat afin de permettre rapidement un passage en phase industrielle.

FAIT MARQUANT

Développement d'un procédé innovant de recyclage des déchets PET

Axens, IFPEN et Jeplan ont signé un accord pour développer, démontrer et commercialiser Rewind™ PET, un procédé innovant de recyclage de PET par dépolymérisation pour tous les types de déchets à base de PET, y compris les bouteilles, les films, les barquettes ou le textile (polyester). Les trois partenaires, qui mettent en commun leurs connaissances opérationnelles, d'ingénierie et technologiques, s'appuieront sur l'usine de démonstration de Jeplan au Japon pour accélérer le développement et la démonstration de leur procédé commun. Grâce aux travaux réalisés dans les installations d'IFPEN à Lyon et à l'unité de démonstration, les partenaires visent la commercialisation exclusive par Axens du procédé Rewind™ PET à l'échelle mondiale d'ici fin 2022.

FAIT MARQUANT

Les métaux critiques dans la transition écologique

À la suite du projet ANR Generate dont les résultats ont été publiés en mai 2020 *(voir page 31)*, l'équipe du département Économie et Évaluation environnementale d'IFPEN poursuit et approfondit ses travaux prospectifs. Elle continue en particulier d'évaluer la demande en matériaux dans la transition énergétique à l'horizon 2050 selon différents scénarios (2 °C et 4 °C) en incluant des hypothèses sur différents types de mobilité (« soutenable » et « *business as usual* ») et sur le recyclage. Les travaux de modélisation réalisés avec l'outil TIAM-IFPEN renseignent sur les risques géologiques, économiques, géostratégiques, sociaux et environnementaux qui pèsent sur les métaux les plus critiques (cobalt, cuivre, terres rares, lithium et nickel) afin d'éclairer plus précisément la situation géopolitique qui pourrait advenir dans un contexte où les énergies renouvelables et la mobilité électrique sont particulièrement consommatrices de ressources. Les conclusions font l'objet d'une série d'articles, de podcasts et d'animations vidéo sur le site web d'IFPEN.

ÉNERGIES RENOUVELABLES

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 et des produits biosourcés. Par ailleurs, le Carnot IFPEN Ressources Energétiques travaille entre autres au développement des énergies marines et des solutions de stockage d'énergie.

LA PRODUCTION DE **BIOCARBURANTS,** ENJEU MAJEUR DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE

Les stratégies définies au niveau national (stratégie pour l'énergie et le climat) et européen (directive REDII) pour accompagner efficacement la transition écologique rendent incontournable le développement de technologies pour la production de biocarburants avancés (2G). IFPEN, en phase avec ces orientations, poursuit les travaux de R&I menés depuis plusieurs années sur l'ensemble de la chaîne de procédés de conversion de la biomasse lignocellulosique en carburant : par voie biotechnologique pour la production de bioéthanol et par voie thermochimique pour la production de biokérosène et biogazole. Cette seconde voie est notamment développée au sein du projet BioTfueL® dont le consortium, représenté par la société Bionext, a répondu à un appel à manifestation d'intérêt des ministères de la Transition écologique, de l'Économie et de l'Agriculture sur la production de biocarburants aéronautiques durables. Dans l'optique d'une réduction de l'empreinte carbone de l'aviation, les travaux d'IFPEN en partenariat avec Axens ont par ailleurs permis d'améliorer significativement le procédé Vegan® d'hydrotraitement d'huiles végétales, destiné à la production des biocarburants gazole pour le transport terrestre, mais aussi de biokérosène pouvant être incorporé jusqu'à 50 % dans le carburant utilisé pour le transport aérien.

FAIT MARQUANT

BioTfueL® : succès des tests de gazéification de biomasse torréfiée

Des tests de gazéification de biomasse torréfiée ont été réalisés avec succès par le consortium* à l'occasion de la dernière phase d'essais de démonstration de la technologie BioTfueL®, visant à produire du biokérosène et du biogazole à partir de biomasse lignocellulosique.
Environ 170 tonnes de biomasse torréfiée ont été gazéifiées pendant plus de 100 heures de marche continue. Les tests se poursuivront en 2021 sur différentes biomasses.
Cette dernière phase de démonstration du projet permet de valider l'efficience globale de la chaîne de procédés, avant la commercialisation.

* IFPEN, Avril, Axens, CEA, Thyssenkrupp Industrial Solutions, Total.

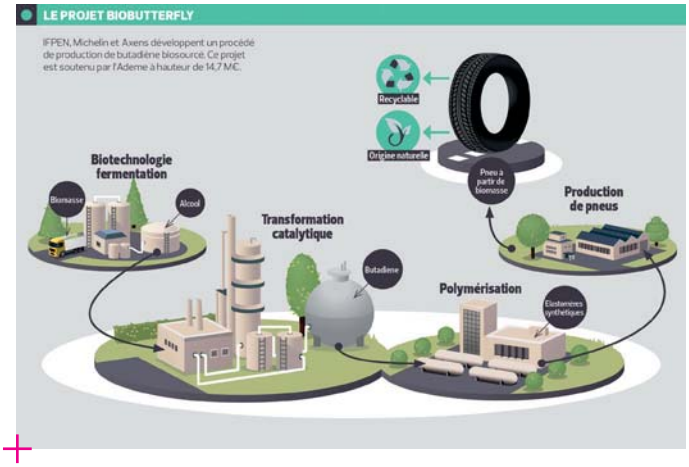
Première industrielle pour la technologie Futurol™®

Un accord pour la fourniture d'une licence de technologie Futurol™®, destinée à la production de bioéthanol avancé (2G), a été signé au premier trimestre 2020 entre la société croate INA et Axens, en charge de sa commercialisation. Cette première industrielle constitue une étape prometteuse pour le développement d'une filière des biocarburants avancés en Europe à partir de matières premières lignocellulosiques.

FAIT MARQUANT

Nouveau procédé de production de sucres 2G

Les équipes d'IFPEN ont finalisé un procédé de production de sucres 2G à partir de biomasse non alimentaire d'origine agricole et forestière. Il vise à la fractionner principalement en glucose et xylose. La lignine, son composé résiduel, est valorisée pour la production d'énergie nécessaire au procédé. Axens en assurera la commercialisation, contribuant ainsi au développement des bioraffineries, basées sur les sucres 2G.



ENGAGÉS POUR UNE **CHIMIE BIOSOURCÉE**

Les activités d'IFPEN portent également sur le développement de procédés, catalyseurs et biocatalyseurs pour la transformation de la biomasse en grands intermédiaires chimiques biosourcés, répondant au besoin croissant de diversification des matières premières utilisées dans l'industrie.

À titre d'exemple, l'avancement des travaux de construction d'un démonstrateur préindustriel, dans le cadre du projet BioButterfly, permettra de valider le fonctionnement du procédé de production de biobutadiène à partir d'éthanol fermentaire d'origine végétale, développé par Axens, IFPEN et Michelin. Les équipes de R&I mènent, d'autre part, des travaux pour produire de l'acide acrylique à partir de matières premières renouvelables.

FAIT MARQUANT

Lancement d'un ambitieux projet de chimie verte

Cargill, IFPEN et Axens ont lancé en partenariat un projet de développement et de mise à l'échelle industrielle d'un catalyseur et d'un procédé pour la conversion* d'acide lactique en acide acrylique biosourcé d'origine végétale et renouvelable. L'utilisation de cette matière première qui est à la base de nombreux produits d'usage courant comme le plexiglas, les adhésifs et les polymères super absorbants, contribuera au développement de la bioéconomie et permettra de réduire les émissions de gaz à effet de serre de plus de 50 %.

* À partir d'une technologie mise au point à l'échelle laboratoire par Procter & Gamble et pour laquelle Cargill a obtenu une licence exclusive début 2020.

Interview de :
Vincent Coupard, Chef de projet bio-acide acrylique

Le catalyseur et le procédé que nous allons développer avec nos partenaires se basent sur une technologie de conversion déjà testée à l'échelle du laboratoire. Néanmoins, il reste des défis importants à relever pour la porter à l'échelle industrielle. Chacun des acteurs aura un rôle décisif à jouer, Cargill apportera son expérience en matériaux biosourcés, IFPEN son savoir-faire pour développer le catalyseur et le procédé de transformation nécessaires à la conversion à grande échelle d'acide lactique en acide acrylique biosourcé, et Axens facilitera le passage à l'échelle industrielle dans le respect des normes environnementales en vigueur.

ÉOLIEN OFFSHORE ET ÉNERGIES MARINES : LE VENT EN POUPE

L'éolien offshore est porté par des projets de plus en plus ambitieux en Asie et en Europe. Le Carnot IFPEN Ressources Energétiques axe ses efforts de recherche sur la conception de technologies pour les éoliennes flottantes prenant en compte des physiques complexes, le développement de systèmes de contrôle à l'échelle d'une éolienne et d'un parc, notamment la modélisation des effets de sillages entre éoliennes d'une même ferme, afin d'optimiser l'implantation des éoliennes et la production de la ferme. IFPEN met également au point des jumeaux numériques intégrant des modèles physiques et des capteurs pour optimiser la production et la maintenance. Les équipes poursuivent par ailleurs des recherches sur le contrôle actif d'une technologie houlomotrice performante.

FOCUS

IFPEN a disposé de six millions d'heures de calcul sur le supercalculateur Jean Zay de Genci
(Grand équipement national de calcul intensif) pour étudier le comportement et la durée de vie des éoliennes offshore flottantes soumises à une grande diversité de conditions de mer et de vent. Cette tâche, réalisée en cinq jours, aurait demandé 80 années de calcul sur un ordinateur standard.

Interview de :
Anand Natarajan, Chef de section, département d'énergie éolienne, université technique du Danemark

Le projet européen H2020 Hiperwind, lancé en décembre 2020, est composé d'un consortium d'industriels, universités et instituts de recherche, et piloté par l'Université technique du Danemark (DTU). Il répond à l'appel de la Commission européenne sur la science de base dans l'énergie éolienne offshore. Il a pour objectif d'améliorer la chaîne complète de modélisation des éoliennes offshore, de l'échelle atmosphérique à celle des fermes, puis des composants de la turbine, en quantifiant les différentes sources d'incertitude. Cela permettra de réduire significativement les coûts des éoliennes et d'optimiser la production électrique d'une ferme. IFPEN mène notamment les tâches liées à la modélisation des interactions de sillages d'éoliennes dans un parc.

Le projet Hiperwind a bénéficié d'un financement de la part du programme de recherche et d'innovation de l'Union européenne Horizon 2020 au titre de la Convention de subvention n° 101006689.

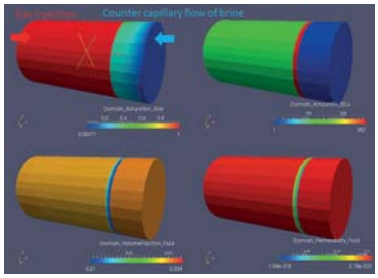
FAIT MARQUANT

Meilleure performance pour IFPEN dans le benchmark proposé par le programme IEA Wind
Dans le cadre du programme de collaboration sur les technologies éoliennes de l'Agence internationale de l'énergie IEA Wind, plusieurs laboratoires de recherche se sont attaqués au difficile problème du positionnement de près de 80 éoliennes au sein d'une ferme offshore, dans le but d'en maximiser la production. Le cas d'étude, constitué de cinq zones prédéfinies, schématisait un parc en cours de déploiement en Hollande.
Les conditions de vent représentatives d'une année étaient fournies, ainsi que les effets de sillage des éoliennes entre elles. La solution proposée par le Carnot IFPEN Ressources Energétiques a obtenu le meilleur score, en permettant d'obtenir une production électrique annuelle supérieure à celle de ses concurrents.

STOCKAGE D'ÉNERGIE, CAP SUR L'INTÉGRATION DES RENOUVELABLES

Le Carnot IFPEN Ressources Energétiques concentre son activité sur le stockage stationnaire d'énergie électrique en ciblant le développement de batteries à flux offrant de fortes puissances et capacités. Il développe aussi des solutions de gestion de l'énergie et de pilotage de la production et de la consommation afin de faciliter l'intégration des renouvelables dans le réseau.

Développé par IFPEN, le logiciel CooresFlow™ permet de simuler les interactions fluides-roches.



GESTION RESPONSABLE DU SOUS-SOL

En 2020, le Carnot IFPEN Ressources Energétiques a poursuivi ses efforts de recherche destinés à minimiser les risques pour la sécurité et l'environnement lors de la valorisation du sous-sol. Les travaux s'articulent autour de la géothermie, l'hydrogène, la surveillance industrielle et environnementale, ainsi que des outils pour la modélisation géologique des stockages.
Dans le cadre du projet européen Deepen qui vise à sécuriser la géothermie profonde, IFPEN développe un outil pour évaluer les risques de dépôt et de corrosion dans les puits. En matière de géologie urbaine, un modèle de sous-sol de l'agglomération de Cergy-Pontoise est en développement au sein du projet Tiga « Construire au futur, habiter le futur ». Pour appréhender le comportement des stockages souterrains, IFPEN a consolidé en 2020, à l'aide de plusieurs études, le logiciel CooresFlow™ de simulation des interactions fluides-roches.
Enfin, le Carnot IFPEN Ressources Energétiques a développé une offre globale pour la surveillance environnementale des sites industriels : la FlairSuite.

FAIT MARQUANT

Simulation de bassin : c'est parti pour le projet Moabi
Démarré en 2020 en partenariat avec Total, le projet Moabi vise au couplage de phénomènes physiques à l'échelle du bassin sédimentaire pour faire de la simulation de bassin un outil de modélisation générique pour les géosciences du sous-sol. Il s'agit notamment d'identifier les meilleurs prospects de stockage (CO_2, etc.) et d'initialiser les simulateurs de prévisions, en maîtrisant la connaissance des processus en interaction, passés et présents, qui contrôlent le bassin à l'heure actuelle. L'intégrité des couvertures, la stabilité des failles et les capacités de stockage font partie des enjeux.

FAIT MARQUANT

Collaboration avec Beoga : une gestion optimisée de l'énergie
IFPEN et la start-up Beoga ont démarré une collaboration visant à développer un écosystème matériel et logiciel qui optimise la production et la consommation d'énergies de communautés énergétiques. Les développements IFPEN concernent la gestion de batteries stationnaires et le pilotage de la charge *Vehicule to Grid,* permettant de valoriser ces flexibilités pour une meilleure efficacité énergétique et pour rendre des services au réseau.

FAIT MARQUANT

La FlairSuite : une offre pour la surveillance industrielle et environnementale
Le Carnot IFPEN Ressources Energétiques développe une offre complète dédiée à la mesure et à l'analyse des compositions de gaz de l'air et du sol pour des applications en surveillance industrielle et environnementale. Cette offre, la FlairSuite, se compose d'équipements de mesure mobiles ou fixes, d'instruments de laboratoire, ainsi que d'un outil de traitement, visualisation et stockage des données : FlairBox™, station mobile d'analyse multigaz de l'air et du sol ; FlairCar™, station mobile autonome d'analyse multigaz de l'air ; FlairSoil™, station fixe d'analyse multigaz du sol et du sous-sol ; FlairLab™, laboratoire gaz pour études complémentaires ; et enfin FlairMap™, application web interactive de traitement des données.

FOCUS

En octobre 2020, IFPEN a rejoint aux côtés de deux partenaires la **chaire industrielle Orhyon,** sélectionnée par l'ANR et portant sur l'hydrogène et sa réactivité dans le sous-sol en présence de micro-organismes (*voir page 6*).

MOBILITÉ DURABLE

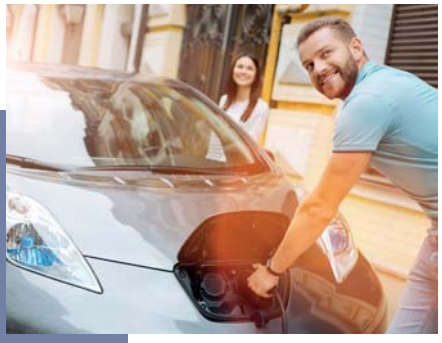
L'urgence climatique et environnementale impose une mobilisation d'ampleur autour des enjeux de la mobilité durable. Pour accompagner la prise de décisions des collectivités pour leurs plans de mobilité, soutenir les citoyens dans leurs démarches écoresponsables et aider les entreprises dans leur développement d'innovations de rupture, le Carnot IFPEN Transports Energie explore trois pistes technologiques : la mobilité électrifiée, la mobilité connectée et la mobilité à faible impact environnemental.

LA MOBILITÉ ÉLECTRIFIÉE EN CROISSANCE CONTINUE

L'électrification des véhicules est en fort essor. Élément clé pour réduire significativement les émissions de CO_2 des transports et améliorer la qualité de l'air à l'échelle locale, elle s'appuie sur différentes solutions allant de l'hybridation légère jusqu'au tout électrique. Les travaux du Carnot IFPEN Transports Energie ont pour objectif de mettre au point des systèmes électriques performants et énergétiquement efficients. Ils portent sur le développement de machines électriques innovantes, de leur électronique de puissance et système de contrôle associés, ainsi que sur l'électrification de fonctions du groupe motopropulseur. IFPEN conçoit également des technologies de récupération de l'énergie thermique perdue. Dans le domaine des batteries, IFPEN s'intéresse au comportement des systèmes ainsi qu'aux mécanismes de vieillissement et d'emballement thermique en ciblant notamment les futures générations de batteries.

En 2020, la solution alternative de l'utilisation de l'hydrogène dans le transport, et plus spécifiquement de la pile à combustible (PaC) a été étudiée à IFPEN dans une approche systémique au travers de travaux de simulation. Des enjeux technologiques forts ont été identifiés et ont conduit au lancement d'un projet de recherche ainsi qu'à des investissements destinés à répondre aux besoins des pouvoirs publics et des industriels.

FAIT MARQUANT



Demobase : améliorer l'efficacité et la sécurité des batteries

Le projet H2020 Demobase *(DEsign and MOdelling for improved BAttery Safety and Efficiency)* qui avait pour objectif d'accompagner le développement de la mobilité électrique en réduisant les efforts de développement des chaînes de traction électrique s'est achevé fin 2020. Coordonné par le fabricant de batteries Saft, il devait améliorer leur efficacité de 20 % et augmenter significativement leur sécurité. Dans le cadre de Demobase, les équipes d'IFPEN ont mené des travaux de modélisation relatifs à la sécurité des batteries et ont notamment développé des modèles de batteries prenant en compte l'emballement thermique. Elles ont également mis en place différents outils expérimentaux sur les bancs batteries d'IFPEN, comme un dispositif de vieillissement à haut débit ou encore un dispositif HIL *(Hardware in the Loop)* basé sur un simulateur véhicule sous le logiciel Simcenter Amesim.

FAITS MARQUANTS

Aide au transport de charges lourdes en milieu hospitalier : premiers prototypes pour OwlOne™

OwlOne™ est l'aboutissement de l'un des six projets lauréats du challenge d'innovation interne à IFPEN sélectionnés en avril 2018. Il vise à apporter une réponse aux enjeux de la mobilité des charges lourdes en milieu hospitalier afin de diminuer les troubles musculo-squelettiques du personnel. À la suite de l'élaboration d'un modèle économique et de l'analyse de l'offre marché, l'année 2020 a permis la concrétisation d'une présérie de cinq prototypes.
La prochaine étape consistera en la création d'une entreprise qui portera cette solution innovante sur le marché (*voir page 33*).

Une suite logicielle au service de l'optimisation du design des machines électriques

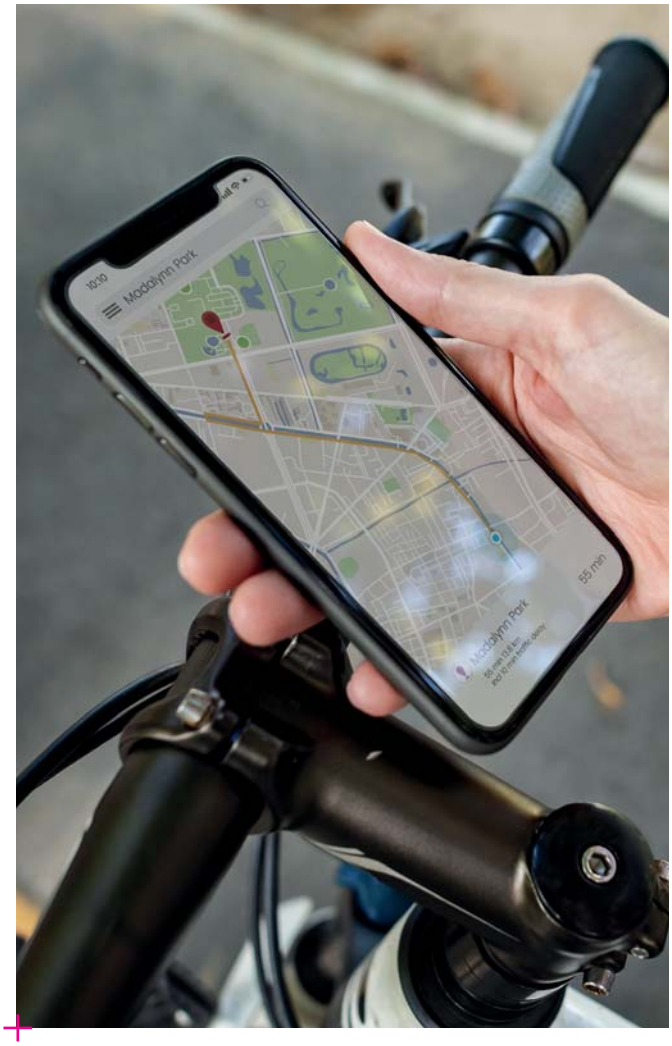
Les équipes du Carnot IFPEN TE, en collaboration avec d'autres équipes d'IFPEN, ont développé e-Mod Tools (*electric Motors Optimal Design Tools*), une suite logicielle d'optimisation du design des machines électriques. L'outil permet de générer un grand nombre de solutions virtuelles puis de proposer un concept conciliant des contraintes multiples (coût, volume, masse, performances, etc.) notamment sur les parties actives du moteur (rotor et stator). Il intègre également des fonctions d'automatisation permettant un gain de temps sur l'ensemble du processus de conception.

FOCUS

Les activités d'IFPEN dans le domaine du transport s'inscrivent, depuis 2006, dans le cadre du Carnot IFPEN Transports Energie (Carnot IFPEN TE). Acteur majeur de la recherche et de l'innovation en mobilité durable, le Carnot IFPEN TE apporte à ses partenaires industriels des produits et services innovants et compétitifs dans trois domaines : mobilité électrifiée, mobilité connectée et mobilité à faible impact environnemental. Au sein d'IFPEN, il répond aux défis actuels de la mobilité : évolution des usages appuyée par la digitalisation, amélioration de l'efficacité énergétique, diversification des énergies et réduction des nuisances.

Interview de : Martin Petit, Ingénieur de recherche et coordinateur du projet Modalis²

Début 2020 le projet H2020 Modalis² "MODelling of Advanced LI Storage Systems" *a été lancé pour trois ans. Porté par IFPEN aux côtés de neuf autres partenaires académiques et industriels (le centre de recherche de Fiat, Digital Industry Software, Gemmate Technologies, K&S, Saft, Siemens Corporate Technologies, Solvay, l'université de Turin et Umicore) Modalis² vise à développer une chaîne d'outils numériques permettant de modéliser et de concevoir des systèmes de batteries utilisant de nouveaux matériaux comme les alliages avec du silicium pour les électrodes négatives, les électrolytes solides, etc. Par cette nouvelle approche de modélisation, les coûts de développement des batteries, ainsi que des matériaux qui les composent, pourraient être réduits de 20 à 35 %. En réduisant le temps de mise sur le marché des batteries de nouvelle génération, il est possible de baisser de manière significative leur prix de revient. C'est ce défi que nous cherchons à relever à travers Modalis², avec la perspective que ce projet vienne renforcer l'industrie européenne de la production de batteries.*



AU SERVICE DE **LA MOBILITÉ CONNECTÉE**

IFPEN exploite depuis plusieurs années le potentiel offert par le digital pour réduire l'impact environnemental des transports.
Deux familles de webservices émergent. L'une propose des indicateurs d'analyse de trajet : énergie, émissions polluantes, sécurité, etc. La deuxième permet d'analyser un grand nombre de trajets afin de créer des indicateurs agrégés et rapportés à un référentiel géographique ou à un segment d'usage. Ainsi, de nombreuses applications ou produits utilisent ces webservices développés par IFPEN, comme Geco™ air, outil d'analyse de la conduite et d'amélioration de la mobilité *via* les données des smartphones ; Geovelo™, GPS vélo qui va jusqu'à qualifier l'infrastructure cyclable à l'aide du smartphone du cycliste ; ou encore Galuchon, le sac à dos connecté de Galanck.
Les équipes du Carnot IFPEN TE développent également, au travers de plusieurs projets européens et grâce à leur expertise en contrôle et en développement d'algorithmes, des services connectés d'*eco-routing,* pour trouver la route la plus rapide et la moins énergivore, et des solutions d'*eco-driving* pour réduire, par son style de conduite, l'énergie consommée. LongRun fait partie des projets européens lancés en 2020. IFPEN en pilote le lot poids lourd connecté avec la mise en place d'un cloud transverse pour l'ensemble des prototypes véhicules (*voir ci-contre*).

FAITS MARQUANTS

Créez vos propres apps mobilité grâce à xDash™ !
xDash™ est une plateforme logicielle en *open access* développée par les équipes du Carnot IFPEN TE qui offre aux chercheurs non développeurs la possibilité de bâtir facilement leurs propres applications web. Conçu à l'origine pour le développement d'applications web liées à la mobilité, xDash™ est désormais adapté à tout type de besoin.
Les utilisateurs bénéficient des algorithmes IFPEN ou d'autres organismes dans les domaines de la météo, du trafic routier, de la Covid, etc. Afin de répondre aux besoins des ingénieurs et scientifiques, xDash™ a été doté en 2020 de la possibilité d'y écrire ou d'y importer directement du code Python, langage très utilisé dans la science des données. Par ailleurs, hébergé en mode SaaS sur les serveurs Azure de Microsoft, il peut être déployé en toute conformité avec les règles de sécurité qu'exigent les logiciels de type SaaS et s'interfacer avec des webservices clients.

Amélioration de la chaîne de traction de poids lourds grand routier : lancement du projet européen LongRun
Le projet LongRun (*Development of efficient and environmental friendly LONG distance poweRtrain for heavy dUty trucks aNd coaches*) a été lancé en janvier 2020 dans le cadre du programme européen Horizon 2020. Ce projet, qui durera trois ans et demi, est mené avec 30 partenaires – les principaux équipementiers de camions et d'autocars, ainsi que leurs fournisseurs et partenaires de recherche – répartis dans 13 pays.
Le but est de développer un ensemble complet de chaînes de traction pour poids lourds et autocars plus respectueux de l'environnement, en visant les objectifs suivants : 10 % d'économie d'énergie, 30 % de réduction des émissions de polluants et un pic de rendement thermique à 50 %.
Les équipes du Carnot IFPEN TE apporteront notamment leurs compétences sur la conception et la caractérisation de systèmes de combustion pour carburants à faible impact CO_2 (gaz naturel, hydrogène, dual fuel, biocarburants), ainsi que sur le développement de services connectés d'*eco-routing* et d'*eco-driving* pour réduire l'énergie consommée.
LongRun contribuera également à établir des feuilles de route sur la technologie du groupe motopropulseur et de la chaîne de traction et sur les futurs carburants à faible impact CO_2, pour alimenter les réflexions de la Commission européenne et orienter les futurs programmes de R&D.

FOCUS

Le moteur à combustion interne à hydrogène constitue une solution contribuant à atteindre une mobilité propre et décarbonée dans la mesure où la combustion de l'hydrogène ne produit que de l'eau et de faibles quantités d'oxydes d'azote (NOx).
Il est considéré comme une alternative à la pile à combustible pour certains usages, et présente l'intérêt d'utiliser les outils industriels de production des motorisations thermiques existants. Cette solution, qui nécessite des adaptations spécifiques des motorisations pour obtenir un très haut rendement et de très faibles émissions de NOx, fait l'objet de travaux et de tests avancés par les équipes du Carnot IFPEN TE, dont certains en collaboration avec des partenaires industriels.

LES MOTORISATIONS THERMIQUES **EN MUTATION**

Les travaux conduits par IFPEN en 2020 offrent une vision globale de ce que sera le futur moteur très haut rendement. En effet, pour atteindre les objectifs ambitieux en matière d'émissions polluantes et de CO_2 d'ici à 2030, l'amélioration des motorisations thermiques en complément de l'électrification est indispensable. Le Carnot IFPEN TE mène des recherches afin d'augmenter leur rendement et de réduire les émissions de polluants.
Ses travaux consistent également à identifier les carburants bas carbone (gaz naturel, biocarburant, e-fuels, hydrogène) présentant les bilans énergétiques et environnementaux les plus favorables, et à optimiser leur utilisation dans les moteurs. IFPEN a ainsi développé le système de combustion Swumble™ de deuxième génération. Mis au point en 2020 sur un moteur automobile représentatif des futures solutions industrielles, il démontre une très bonne aptitude à fonctionner en mélange fortement dilué, soit en restant à la stœchiométrie avec la recirculation des gaz d'échappement (EGR), soit en mélange pauvre.

La Carnot IFPEN TE porte également plusieurs projets dans le cadre du programme Horizon 2020 comme le projet Eagle (*voir ci-dessous*).

Le nouveau programme européen Phoenice, piloté par IFPEN avec l'objectif de développer une chaîne de traction optimisée pour un véhicule léger hybride *plug-in,* offrira, quant à lui, une approche innovante en termes d'aérodynamique interne, de systèmes d'allumage et d'injection, permettant des combustions fortement diluées par l'air et/ou l'EGR.

Par ailleurs, après avoir confirmé par calcul l'intérêt d'une motorisation thermique hydrogène par rapport à une pile à combustible sur plusieurs segments de marché, un premier assemblage technologique a été mis en œuvre sur un banc monocylindre. L'objectif est de valider les outils de modélisation, d'avoir des premiers retours sur l'impact de la combustion sur l'usure des pièces ou du lubrifiant et de confirmer le potentiel en rendement, combiné à de très faibles émissions de polluants à la source. Enfin, l'utilisation de produits biosourcés est également étudiée par le Carnot IFPEN TE.

FAIT MARQUANT

Le projet de recherche européen Eagle ouvre la voie à un moteur à essence haut rendement

Le projet Eagle « *Efficient Additivated Gasoline Lean Engine* », coordonné par IFPEN et mené avec huit partenaires* s'est clôturé début 2021. Il visait à développer un moteur à allumage commandé essence pour une application hybride permettant des pics de rendement de 50 % tout en réduisant les émissions. Plusieurs technologies d'avant-garde, telles que l'injection d'hydrogène, un système d'allumage en préchambre pour mélanges ultra-pauvres et le recours à de nouveaux matériaux de revêtement intelligents pour l'isolation thermique, ont été évaluées expérimentalement et ont montré des résultats prometteurs.
Les tests réalisés sur le moteur multicylindre Renault ont par ailleurs validé le système électrifié innovant de suralimentation à double étage et clarifié la compréhension du système de post-traitement nécessaire à l'obtention de très faibles émissions de polluants dans les gaz d'échappement.

*Renault, Vitesco Technologies (Allemagne et France), FEV Europe GmbH, Saint-Gobain, aux côtés des universités de Naples, d'Aix-la-Chapelle et de Valence.

HYDROCARBURES RESPONSABLES

IFPEN, engagé en faveur d'un mix énergétique durable, travaille à des solutions destinées à améliorer l'empreinte environnementale de l'industrie et des transports. Ses équipes développent ainsi des procédés éco-efficients 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 propres et performantes.

PRODUCTION DE **CARBURANTS PROPRES**

IFPEN développe des catalyseurs et des procédés pour la production de carburants propres et durables, dans le respect concomitant des spécifications produits et des objectifs de réduction des émissions de CO_2 et de manière éco-efficiente.

Ces technologies ont pour objectif de réduire l'impact environnemental des transformations associées à la production des carburants, notamment dans le domaine de la désulfuration des essences de FCC et du reformage catalytique, ainsi que dans celui de la désulfuration des gazoles et de la production de gazoles par hydrocraquage devant respecter les spécifications les plus sévères. Afin de répondre rapidement aux besoins du marché inhérents à l'accélération de la transition énergétique, les développements de ces technologies (de l'hydrotraitement au reformage catalytique) s'appuient sur les unités EHD (expérimentation haut débit) dont dispose IFPEN. Ces dernières permettent de tester plusieurs catalyseurs en conditions opératoires et charges différentes. Par ailleurs, les activités visent à accompagner la transformation du secteur du raffinage et de la pétrochimie face à l'évolution structurelle et géographique de la demande en carburants et en produits intermédiaires pour la chimie. Les travaux portent également sur le développement de solutions digitales pour optimiser l'opération et la performance des unités industrielles, mais aussi des unités pilotes.

FAIT MARQUANT

Procédé de réjuvénation des catalyseurs d'hydrotraitement de gazole

Les équipes d'IFPEN ont développé un procédé de réjuvénation propriétaire des catalyseurs additivés d'hydrotraitement. Ce procédé permet de retrouver près de 95 % de l'activité du catalyseur neuf à partir d'un catalyseur régénéré. Il contribue ainsi à renforcer l'offre commerciale d'Axens dans un contexte d'économie circulaire où la réutilisation des catalyseurs sur plusieurs cycles devient essentielle.

FAIT MARQUANT

Développement de masses de captation du silicium
Les travaux de R&I pour le développement de deux nouvelles masses de captation du silicium, présent sous forme de siloxanes dans les naphtas, ont été finalisés.
Ces espèces silicées qui proviennent de la décomposition d'agents antimousse sont des poisons des catalyseurs, notamment d'hydrotraitement et d'hydrogénation sélective. Elles sont éliminées par chimisorption, étape rendue plus efficace grâce à de nouveaux concepts de réactivité de surface des masses. Ces produits ont vocation à être utilisés dans le domaine du raffinage, mais aussi dans de nouveaux domaines, le silicium étant une impureté qui doit être éliminée lors du recyclage chimique de certains plastiques par exemple.

FAIT MARQUANT

Premier catalyseur d'hydrocraquage en deux étapes pour la production de naphtas
Les chercheurs d'IFPEN ont développé un catalyseur zéolitique innovant pour le procédé d'hydrocraquage haute pression en deux étapes destiné à la conversion sélective de coupes lourdes en coupes naphta, c'est-à-dire en base hydrocarbonée apte à être introduite dans un vapocraqueur pour produire des oléfines légères. Il vient compléter la gamme de catalyseurs d'hydrocraquage Craken® Flex d'Axens répondant au besoin de flexibilité des industriels vers la production de carburants plus propres ou vers la production de bases pétrochimiques.

CONVERSION ET PURIFICATION DES BRUTS LOURDS ET DES RÉSIDUS

Malgré la baisse de la consommation des énergies fossiles, la conversion des fractions lourdes reste nécessaire : d'une part, en raison d'une demande forte pour des produits légers et de l'extinction progressive du marché des fiouls lourds de basse qualité et autres résidus ultimes ; d'autre part, à cause de l'augmentation des pétroles lourds et extra-lourds dans l'approvisionnement pétrolier mondial. Dans ce domaine, IFPEN développe des procédés et catalyseurs éco-efficients. Ces solutions visent à convertir et purifier des charges de plus en plus lourdes vers des produits plus propres et à contribuer à la réduction des rejets de CO_2 liés à cette conversion, tout en permettant aux raffineries de gagner en efficacité énergétique. Les équipes poursuivent, par exemple, leurs travaux dans le domaine de l'hydroconversion profonde des résidus lourds par hydrocraquage en lit bouillonnant avec l'amélioration du procédé H-Oil®, qui offre désormais des taux de conversion jusqu'à 98 %. Les activités de R&I portent également sur l'amélioration des procédés existants de conversion et de désulfuration profonde pour la production de fuels de soute répondant aux normes IMO 2020.

Les procédés de conversion sont aussi portés par les complexes *Oil to Chemicals* dont l'objectif est de transformer une grande partie du brut en produits pétrochimiques, minimisant la production de carburants.

TRAITEMENT ET CONVERSION DU GAZ NATUREL

Concernant le traitement de gaz, IFPEN, qui a développé un ensemble de technologies allant du design de procédés à la mise au point de solvants, en passant par le développement de garnissages pour les colonnes d'absorption, poursuit ses travaux dans le domaine de la purification du gaz naturel.
Les équipes mènent principalement des recherches sur la désacidification du gaz naturel, qui consiste à décarboner et désulfurer le gaz brut afin de répondre aux spécifications requises pour son utilisation, de le transporter ou de le liquéfier. Elles ont ainsi significativement amélioré les performances des procédés de lavage aux amines avec l'introduction d'un nouveau solvant.

PRODUCTION **D'INTERMÉDIAIRES PÉTROCHIMIQUES**

Le secteur de la pétrochimie connaît depuis quelques années une croissance soutenue liée à l'augmentation de la demande en biens de consommation au niveau mondial. Les grands intermédiaires tels que les oléfines et les aromatiques servent en effet à fabriquer des produits chimiques utilisés dans les secteurs de la plasturgie, la pharmacie, l'agriculture, la cosmétique, l'électronique, l'automobile, l'aéronautique, le textile, etc. Afin d'accompagner la demande du marché, IFPEN développe des procédés innovants et éco-efficients de production d'intermédiaires pétrochimiques, et travaille à l'amélioration des performances des procédés existants, tout en accroissant le niveau de pureté des produits.

Dans le domaine des aromatiques, les équipes ont poursuivi les recherches dédiées au procédé Eluxyl® de séparation du paraxylène, commercialisé par Axens.

À la suite de la réalisation de la première unité au monde fonctionnant avec 15 lits de séparation, cette technologie a encore été améliorée pour permettre l'utilisation de nouveaux tamis moléculaires de séparation des xylènes plus performants.

Dans le domaine des oléfines, les travaux portent entre autres sur le développement de technologies d'hydrogénation sélective, de production de propylène, ou encore de production d'hexène-1.

FAIT MARQUANT

Un procédé de production d'hexène-1

IFPEN a développé une nouvelle technologie de production d'hexène-1 par trimérisation de l'éthylène. Ce procédé permet d'obtenir un haut niveau de pureté de l'héxène-1 tout en consommant moins d'énergie. Dans le domaine de la production d'intermédiaires pétrochimiques, ce procédé, commercialisé avec succès par Axens, répond à une forte croissance de la demande en plastiques de haute performance, de type polyéthylène.

FAIT MARQUANT

Un nouveau solvant pour la désacidification de gaz

Les équipes d'IFPEN ont développé un procédé de désacidification du gaz naturel (décarbonation et désulfuration) par lavage aux amines intégrant un nouveau solvant permettant d'en augmenter les performances et la rentabilité. Ce procédé met en œuvre un solvant innovant qui présente l'avantage d'être plus réactif et plus capacitif que les solvants amines conventionnels, tout en offrant des caractéristiques d'opérabilité proches. Ce nouveau solvant peut également être utilisé dans l'épuration du biogaz.

LES DÉFIS DE LA PRODUCTION OFFSHORE

L'offshore représente un tiers de la production d'hydrocarbures. Malgré des difficultés conjoncturelles, le domaine reste considéré comme stratégique. Les défis à relever par l'industrie sont multiples : résister aux sollicitations mécaniques à forte profondeur, gérer l'aspect corrosif des fluides transportés, éviter les bouchons d'hydrates ou de paraffines, pomper un mélange de fluides de composition variable, ou encore séparer les effluents en fond de mer, tout en réduisant les coûts. IFPEN répond à ces défis en développant des solutions performantes pour le forage et la production offshore. En 2020, des travaux ont notamment été réalisés avec TechnipFMC pour optimiser les performances des conduites flexibles hybrides.

SOUS-SOL : MIEUX LE COMPRENDRE ET LE MODÉLISER

Malgré une moindre demande de pétrole et de gaz en 2020, une chute du prix de ces deux énergies et des investissements en exploration/production en baisse de 30 %, l'Agence internationale de l'énergie (AIE) accorde dans ses scénarios une place significative à ces énergies qui devraient contribuer à hauteur de 46 à 53 % du mix énergétique mondial à l'horizon 2040 (54 % en 2019). Développer des solutions innovantes reste donc crucial pour continuer à explorer et produire ces énergies nécessaires durant cette transition, tout en respectant le milieu naturel.
La connaissance des bassins sédimentaires et des réservoirs d'hydrocarbures exploités par l'industrie pétrolière est primordiale pour réduire les risques et limiter le nombre de forages dans le respect de l'environnement. 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 fiables et sûrs.

LA RÉCUPÉRATION ASSISTÉE POUR PRODUIRE MIEUX

La récupération améliorée des hydrocarbures (EOR : *Enhanced Oil Recovery)* reste un enjeu de taille pour les compagnies pétrolières, car elle contribue à satisfaire la demande en produisant plus à partir des réservoirs existants, en gérant au mieux les eaux de production et en réduisant le nombre de forages. Dans cette optique, IFPEN, Beicip-Franlab et Solvay développent, au sein de l'Alliance EOR, des technologies et services adaptés aux différentes conditions de réservoir et à tout type de procédés EOR – l'EOR chimique, mais aussi l'EOR-CO_2 dans une optique d'utilisation et de stockage partiel de CO_2. L'offre couvre toute la chaîne, depuis l'élaboration de formulations EOR au laboratoire jusqu'à la mise en œuvre sur champ. Les travaux portent également sur une gestion des eaux de production respectueuse de l'environnement.

FAIT MARQUANT

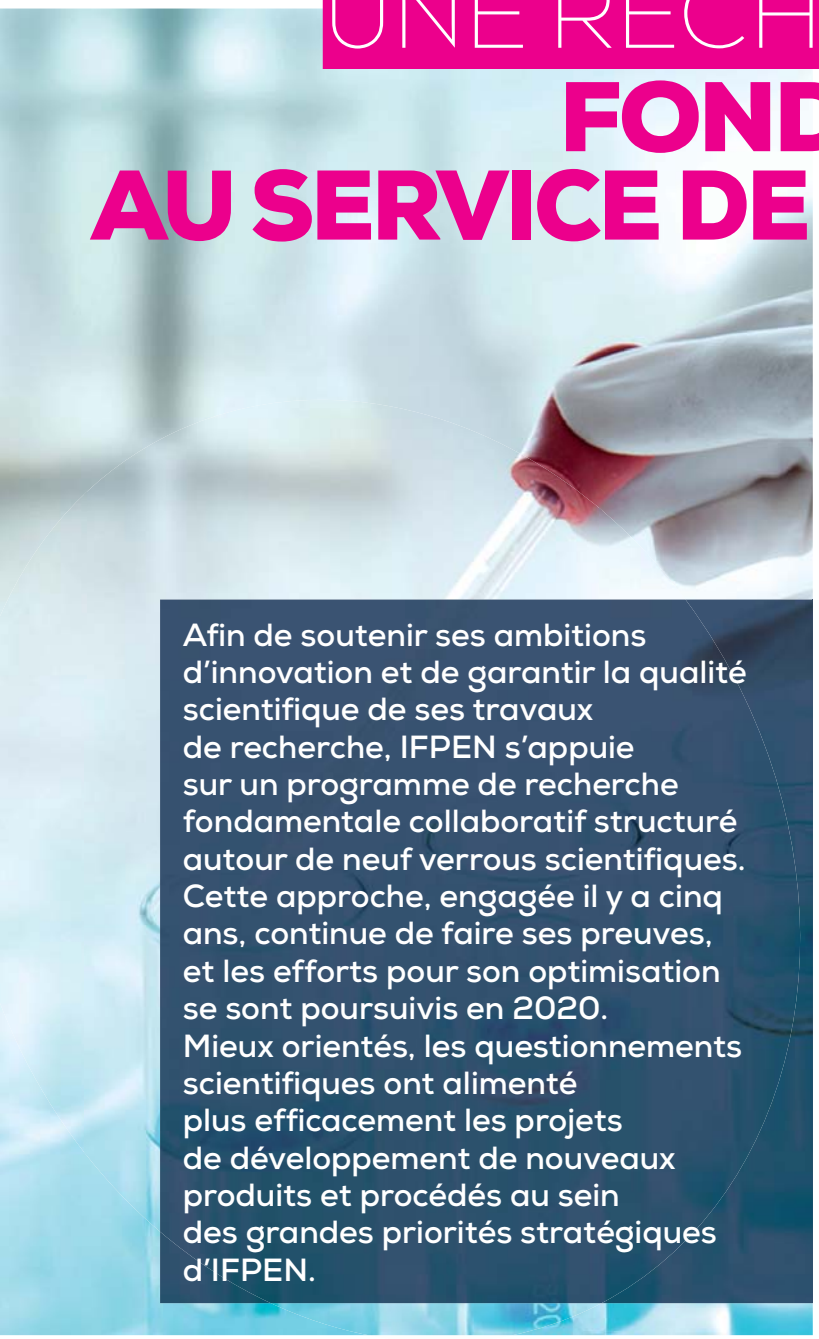
JIP Dolphin 3 : pour une gestion éco-efficiente des eaux de production
Le *Joint Industry Project* (JIP) Dolphin 3, démarré fin 2019 avec six opérateurs pétroliers et consacré à l'étude de l'impact des additifs utilisés en EOR chimique sur la gestion des eaux de production, a donné de premiers résultats concluants. Ceux-ci permettent à l'Alliance EOR de proposer une offre éco-efficiente, comprenant des technologies dédiées à la séparation des effluents pétroliers, au traitement optimisé et à la réinjection des eaux de production. Dans ce cadre, une unité de traitement des eaux a été mise en place avec Suez sur la plateforme IFPEN dédiée GOwSP (*Gas Oil water Separation Platform*) sur le site de Lyon.

FAITS MARQUANTS

Mise sur le marché de la première version du logiciel Carbone
Carbone, logiciel de modélisation de fluides (PVT), fait désormais partie du catalogue de Kappa Engineering. Basé sur la librairie thermodynamique développée par IFPEN, Carbone est le fruit d'un partenariat entre IFPEN, Beicip-Franlab et Kappa Engineering. En prédisant le comportement thermodynamique des fluides pétroliers, il permet d'alimenter les modèles de simulation de production de champs.

Une expertise sur les roches carbonatées au service de l'industrie grâce aux JIP CarDIO™ et Aquarius
IFPEN consolide son expertise sur les réservoirs complexes et les roches carbonatées grâce à des *Joint Industry Projects* (JIP). Ces projets collaboratifs d'une durée de trois ans permettent aux équipes d'IFPEN de développer et de valider des méthodologies et des technologies en phase avec les problématiques concrètes des industriels. De leur côté, ces derniers bénéficient de l'expertise d'IFPEN et des résultats de ses travaux. Depuis 2019, le JIP CarDIO™ étudie la transformation des sédiments carbonatés en roches par des processus diagénétiques précoces tels que l'action des eaux souterraines, au sein de la modélisation stratigraphique. Quant au JIP Aquarius, il est dédié aux réservoirs riches en carbonates dans un système lacustre hétérogène, la *Green River Formation* (USA) servant de modèle de référence. Sur ce thème, IFPEN a organisé un workshop qui a réuni des experts de neuf compagnies internationales.

UNE RECHERCHE FONDAMENTALE AU SERVICE DE L'INNOVATION



Afin de soutenir ses ambitions d'innovation et de garantir la qualité scientifique de ses travaux de recherche, IFPEN s'appuie sur un programme de recherche fondamentale collaboratif structuré autour de neuf verrous scientifiques. Cette approche, engagée il y a cinq ans, continue de faire ses preuves, et les efforts pour son optimisation se sont poursuivis en 2020. Mieux orientés, les questionnements scientifiques ont alimenté plus efficacement les projets de développement de nouveaux produits et procédés au sein des grandes priorités stratégiques d'IFPEN.

LES NTE AU CŒUR DES DÉFIS SCIENTIFIQUES

En 2020, IFPEN a priorisé ses défis en privilégiant ceux en lien avec des sujets émergents dans le domaine des nouvelles technologies de l'énergie (NTE).
Crise sanitaire oblige, IFPEN a également dû s'adapter pour maintenir le dialogue aussi bien au sein de ses équipes qu'avec ses partenaires extérieurs. L'organisation au format digital d' « amphis verrous » en interne et d'événements scientifiques mobilisant les personnels IFPEN, des industriels et des organismes de recherche de référence sur des thématiques d'avenir, a ainsi permis de poursuivre de façon dynamique les actions scientifiques, d'honorer les engagements, de partager et communiquer sur les résultats. De nouveaux partenariats se sont concrétisés en 2020 : IFPEN s'est associé à l'Unesco dans le domaine des géosciences (*voir page 8*), a conforté son partenariat avec l'expert du numérique Inria (*voir page 7*) et a codéveloppé avec Safran Tech un nouvel outil web ouvert aux contributions de la communauté scientifique. De plus, le laboratoire commun de recherche Carmen, lancé en 2019 avec le CNRS et piloté en mode collaboratif, a consolidé son projet scientifique et valorisé ses premiers résultats. Un succès qui montre la capacité d'IFPEN à mobiliser et mutualiser ses ressources afin de rester un important acteur du système français de recherche et d'innovation (SFRI). Enfin, IFPEN a accru en 2020 sa participation aux appels à projets des instances de financement telles que l'ANR ou le programme européen Horizon 2020, tout en maintenant son taux de succès.

LA STRUCTURATION DE LA **RECHERCHE FONDAMENTALE**

Depuis 2016, les verrous scientifiques jalonnent l'ensemble du cheminement de la R&I d'IFPEN, depuis la compréhension des mécanismes à l'échelle atomique jusqu'à l'évaluation de l'impact économique et environnemental des procédés et produits. Ils conduisent à formaliser les grands questionnements scientifiques liés aux activités de recherche plus appliquée.
Ces verrous sont eux-mêmes constitués de défis, c'est-à-dire d'obstacles plus précis à surmonter pour développer les innovations. Projets, thèses, post-doctorats et partenariats, IFPEN mobilise de multiples ressources au service de leur résolution. Pleinement opérationnelle, cette structuration par verrous consolide une méthodologie de recherche basée sur la mutualisation et le partage.

Interview de : Grégoire Allaire, professeur de mathématiques appliquées à l'École polytechnique, professeur des universités de classe exceptionnelle, Président du Conseil scientifique d'IFPEN

Cinq ans après sa mise en place, la structuration de la recherche fondamentale d'IFPEN en verrous scientifiques (VS) a démontré son bien-fondé. Cette démarche transdisciplinaire a permis de partager les aspects méthodologiques des nombreuses thématiques de recherche, d'identifier leurs aspects communs et de mutualiser les questionnements. En particulier, l'augmentation du nombre de dépôts de projets à soutiens publics en lien avec la feuille de route des VS, la progression continue en 2020 des thèses en copromotion (c'est-à-dire dirigées par au moins deux directions différentes) ou encore l'augmentation du nombre de publications Web of Science (*WoS*) *en lien avec les projets de recherche transverses traduisent les bénéfices de cette démarche pour la production scientifique IFPEN, la construction de passerelles entre différentes disciplines et le décloisonnement des équipes.*

Cette transversalité a notamment concerné cette année des sujets aussi importants que le recyclage des plastiques ou la science des données (algorithmes d'apprentissage, machine learning *et intelligence artificielle). Elle a produit des résultats significatifs en termes de compréhension, de preuves de concept, de méthodes et d'outils nécessaires au développement de nouveaux produits. Pour s'engager encore davantage dans le développement de technologies bas carbone, IFPEN évalue et approfondit la démarche VS : certains défis ont été priorisés tandis qu'ont été mis en place également des "amphis verrous", lieux d'échanges scientifiques en interne. De l'amélioration continue de sa politique scientifique dépendront en effet son ouverture sur l'avenir et la créativité de ses chercheurs.*

FAIT MARQUANT

Un pas de plus vers le numérique

Conscient que les technologies du numérique contribuent de façon croissante à la résolution des problématiques industrielles, IFPEN veille à intensifier ses collaborations avec des experts du domaine. Les partenariats engagés se sont avérés particulièrement fructueux en 2020. S'achevait notamment un accord-cadre de cinq ans avec Inria dans le domaine du calcul scientifique haute performance (HPC) : le succès des travaux réalisés a prouvé l'intérêt d'une telle alliance. IFPEN et Inria ont décidé de la prolonger et de la renforcer en élargissant son champ de recherche à l'intelligence artificielle (IA) et à l'analyse des données haute performance au service de la transition énergétique. Avec ses partenaires, IFPEN a par ailleurs continué de développer de nouveaux outils et de nouvelles méthodes au service des organismes de recherche et des industriels. Après la plateforme *Plug im!* ™ dédiée au traitement et à l'analyse des signaux, des images et des volumes 3D, IFPEN a lancé Lagun avec Safran Tech, une plateforme web *open source* d'exploration de données et d'optimisation donnant accès à des méthodes d'exploration, d'analyse, et d'exploitation de données ou de simulations numériques.

Interview de :
Emmanuel Hache,
Économiste-prospectiviste,
Chef du projet Generate

En partenariat avec l'Institut de relations internationales et stratégiques (Iris) et dans le cadre du projet ANR Generate (Géopolitique des énergies renouvelables et analyse prospective de la transition énergétique), IFPEN a étudié entre 2018 et 2020 des enjeux économiques, énergétiques et environnementaux peu explorés jusqu'ici : les conséquences géopolitiques d'un déploiement marqué des énergies renouvelables (ENR) au niveau international dans le cadre de scénarios climatiques ambitieux.

Parmi ces conséquences, la criticité des matériaux (cobalt, cuivre, lithium, nickel et terres rares) utilisés dans les technologies bas carbone a été évaluée. Nous avons également cartographié la propriété intellectuelle des ENR et les pays leaders sur ces technologies et mesuré la vulnérabilité différenciée des pays producteurs d'hydrocarbures.

Fruit des améliorations réalisées sur le modèle TIAM-IFPEN par l'équipe du département Économie et Évaluation environnementale d'IFPEN, ces résultats, publiés en mai 2020, sont véritablement susceptibles d'orienter la prise de décision dans la mise en place des politiques énergétiques et climatiques à travers le monde. Nous prolongeons aujourd'hui notre travail de prospective énergétique et matériaux dans le cadre de la nouvelle priorité stratégique d'IFPEN Climat, environnement et économie circulaire.

+ FOCUS

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 85 % des articles publiés en 2020 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.

FAITS MARQUANTS

Marc-Olivier Coppens, Ramsay Memorial Professor, directeur du département de génie chimique à University College London et membre du Conseil scientifique d'IFPEN

Workshop Scale4MAT, un rendez-vous digital pour favoriser le dialogue scientifique

Le premier workshop Scienc'Innov d'IFPEN sur la synthèse des matériaux, *Innovative materials: which scale-up methodology?* (Scale4MAT), s'est tenu en format webinaire les 24 et 25 novembre 2020. Il avait pour objectif d'offrir un temps privilégié aux échanges entre scientifiques autour d'un enjeu d'avenir en catalyse : de nouvelles approches de modélisation des opérations unitaires, destinées à faciliter l'extrapolation des synthèses de matériaux en rupture, depuis l'échelle du laboratoire.
Selon Marc-Olivier Coppens, membre du Conseil scientifique d'IFPEN, « *ce type d'événement est particulièrement fructueux car il permet d'aborder aussi bien des problématiques profondes et fondamentales du programme de recherche que des applications et des projets pilotes, y compris à plus grande échelle.* »

Ce format 100 % digital a offert un cadre d'échange performant aux 110 participants issus des communautés internationales, universitaires et industrielles, des domaines de la catalyse hétérogène et du génie des procédés.
« *La possibilité de se connecter depuis n'importe quel lieu facilite et internationalise les échanges avec les partenaires extérieurs, tandis que les enregistrements des interventions permettent de les visionner en temps voulu. Pour les scientifiques IFPEN, c'était aussi une opportunité de prendre connaissance des travaux de leurs pairs et de les relier à leurs propres problématiques, pour le croisement des disciplines et une approche renouvelée des défis* », ajoute-t-il. Pour lui, l'idéal serait de pouvoir associer la spontanéité du présentiel à l'efficacité du digital, afin d'accompagner la transition écologique dans toute sa complexité.

ILS ONT ÉTÉ **RÉCOMPENSÉS EN 2020…**

Antoine Daudin, ingénieur de recherche et chef de projet, est co-lauréat du prix Jeune Chercheur 2020 de la DivCat (Société chimique de France) pour ses travaux sur l'étude et le développement de catalyseurs hétérogènes et d'adsorbants à base de sulfures de métaux de transition supportés.

Alexis Dubuis, doctorant IFPEN 2016-2019, a reçu le prix de thèse innovation 2020 de l'Interdivision Énergie de la Société chimique de France (SCF) pour ses travaux sur la déformulation, complète et chimiquement organisée, de matrices complexes issues des procédés de conversion de la biomasse cellulosique pour la production de biocarburants.

Rémi Hocq (g) et Jérôme Rey (d) sont les deux lauréats ex aequo du prix Yves Chauvin 2020, Rémi Hocq pour sa thèse intitulée « Clostridium beijerinckii DSM 6423, une souche plateforme émergente pour la bioproduction de solvant » et Jérôme Rey pour sa thèse intitulée « Mécanismes et cinétique de l'isomérisation et du craquage d'alcènes dans la zéolithe chabazite quantifiés par dynamique moléculaire *ab initio* contrainte ».

ET **AUSSI…**

Hélène Olivier-Bourbigou, responsable du programme de recherche fondamentale d'IFPEN et membre de l'Académie des technologies, a été nommée membre du Conseil scientifique de l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques (OPECST) pour la période 2020-2022.

ENCOURAGER ET SOUTENIR L'INNOVATION

IFPEN contribue 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 de ses filiales. En appui, IFPEN encourage l'expression d'une véritable culture interne de l'innovation. 2020 a été marquée par la capacité d'adaptation des équipes qui ont fait preuve de souplesse en mettant en place de nouveaux modes de fonctionnement *via*, entre autres, la digitalisation de la prospection.

+ **POUR STIMULER** L'INNOVATION INTERNE EN MATIÈRE DE NTE

L'organisation d'IFPEN illustre sa stratégie de diversification dans les NTE au service de l'innovation. Ainsi, IFPEN a mis en place un incubateur à projets destiné à la maturation des idées nouvelles au service de la transition écologique et énergétique. Par ailleurs, un challenge d'innovation, organisé tous les deux ans et destiné aux salariés, aux étudiants d'IFP School et aux collaborateurs des filiales, stimule la naissance de nouvelles idées par le brassage des compétences. De plus, une démarche dite de « créativité blanche » vient en appui des initiatives précédentes, en suscitant des idées axées sur le développement de nouvelles compétences, méthodologies, ou encore d'outils expérimentaux ou numériques. Enfin, à travers un dispositif d'essaimage, IFPEN accompagne ses salariés souhaitant créer une entreprise.

Interview de :
Bertrand Lecointe, Chef de projet

L'aventure a démarré en 2018 lors du premier challenge d'innovation interne. La solution proposée – une motorisation amovible pour manipuler sans effort tout type de lits, brancards ou fauteuils et soulager les brancardiers dans les hôpitaux dénommée OwlOne (voir page 22) *– a fait partie des lauréats.*
La technologie a ensuite été développée au sein du Carnot IFPEN Transports Energie. En parallèle, différents modèles économiques pour valoriser cette innovation étaient étudiés conjointement avec la direction Incubation et PME. La solution consistant à créer une structure s'est imposée. L'année 2020 a été celle de l'industrialisation des prototypes et de ma réflexion autour de la mise en place de la société TecHKare™ via l'essaimage. Au travers de ce dernier, IFPEN soutient la culture d'entrepreneuriat et offre à ses salariés l'opportunité de prendre en main leurs aspirations. J'ai la chance que cette démarche personnelle soit accompagnée à chaque étape par IFPEN. Ensemble, nous avons fait mûrir, bâti et consolidé mon projet. Grâce à l'essaimage, IFPEN m'offre une nouvelle perspective d'évolution.
La concrétisation du projet approche : en 2021, je quitterai IFPEN pour prendre les rênes de TecHKare™.

FAIT MARQUANT

Challenge d'innovation interne : plus de 200 idées autour de quatre mondes

La deuxième édition du challenge d'innovation interne a été lancée fin 2019 et s'est achevée en juin 2020.

Ce challenge était axé sur les périmètres de la programmation pluriannuelle de l'énergie et sur les thématiques de l'environnement et du climat. Il s'agissait, pour les participants, de faire des propositions autour de quatre mondes : l'usine, la ville, la mer et la planète. Plus de 200 idées ont été soumises et évaluées. Après une première sélection, 15 équipes ont été accompagnées pour instruire la pertinence de leurs propositions, notamment au regard de critères économiques. Le jury final a sélectionné cinq projets qui ont été lancés et devraient se poursuivre tout au long de l'année 2021 au sein d'un des trois centres de résultats R&I ou de l'incubateur.

Photo prise en 2019

150

MALGRÉ LES DIFFICULTÉS DE PROSPECTION DUES AUX CONTRAINTES SANITAIRES, **PLUS DE 150 NOUVELLES START-UP ET PME INNOVANTES ONT PU ÊTRE RENCONTRÉES EN 2020 PAR LES ÉQUIPES D'IFPEN.**

UN ACCOMPAGNEMENT DES START-UP ET DES PME PLUS VISIBLE

IFPEN conduit une politique active de soutien aux PME, ETI et start-up liées aux domaines de la transition énergétique et de l'environnement. L'année 2020 a été marquée par différentes initiatives visant à donner plus de visibilité à cette offre d'accompagnement malgré le contexte tourmenté. IFPEN a par exemple soutenu l'appel à projets d'IGN Fab, l'accélérateur de l'IGN destiné à encourager les projets utilisant la cartographie et la géolocalisation. Un webinaire a également été organisé et a donné l'occasion d'aborder les modalités d'accompagnement, entre autres les aspects juridiques, de propriété intellectuelle ou de dépôt de brevet. De nombreux exemples concrets et les prises de parole d'entrepreneurs ayant bénéficié de l'accompagnement IFPEN, comme les sociétés Naturamole et Geovelo, ont illustré les avantages présentés par ces partenariats. Enfin, en 2020, IFPEN a accompagné la PME Spade Pipelines dans le développement d'un algorithme lui permettant de mieux caractériser les signaux de son système innovant de détection d'agressions sur pipelines et de gagner en compétitivité.

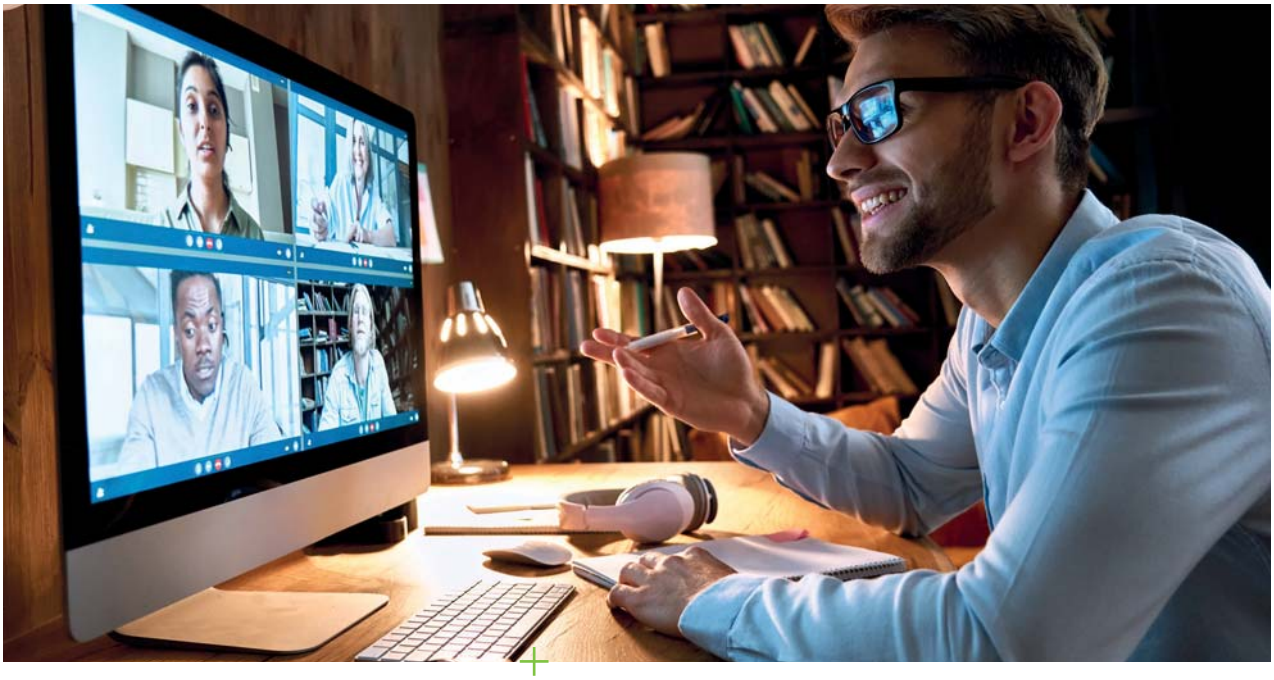
FAIT MARQUANT

IFPEN partenaire de l'événement Hello Tomorrow dédié aux *deep tech*

L'événement Hello Tomorrow Global Summit rassemble chaque année scientifiques, entrepreneurs et institutionnels autour des *deep tech*. IFPEN s'est associé à la 6e édition du challenge Hello Tomorrow, en sponsorisant la catégorie Environnement. IFPEN a remis le premier prix à la société Celadyne Technologies, jeune société américaine qui a mis au point une membrane nanocomposite pour piles à combustible et électrolyseurs permettant de doubler leur rendement.

FOCUS

Retrouvez sur le site www.ifpenergiesnouvelles.fr le replay du webinaire présentant l'offre d'accompagnement d'IFPEN aux start-up et PME et donnant la parole à des entrepreneurs.

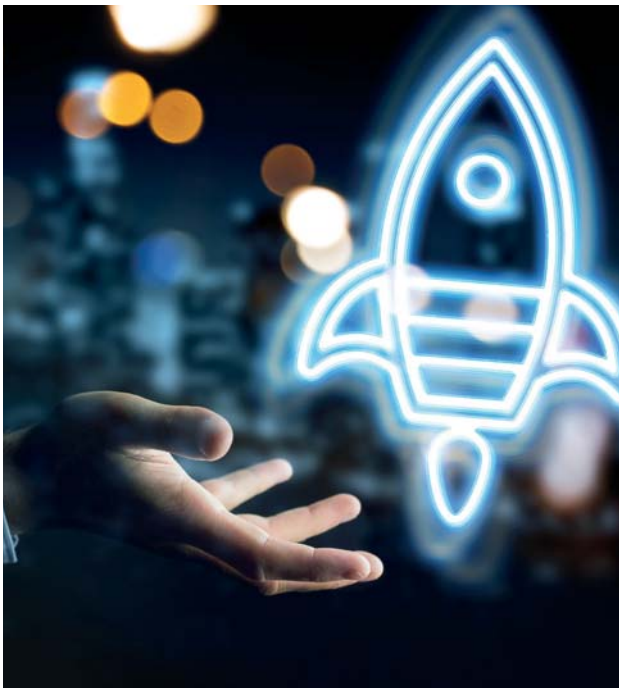


DES COLLABORATIONS **AVEC DES FONDS** QUI INVESTISSENT DANS DE JEUNES ENTREPRISES INNOVANTES

Le soutien aux start-up innovantes se traduit également par une participation à des fonds d'investissement spécialisés dans les éco-industries ou les éco-énergies, qui investissent dans de jeunes entreprises ou des PME proposant des services ou technologies innovants. IFPEN a souscrit en 2020, aux côtés de partenaires académiques et industriels, au fonds Pertinence Invest 2, dédié au financement de l'innovation technologique issue des universités et grandes écoles d'ingénieurs françaises. « *Pertinence Invest 2 a été créé avec le soutien d'une vingtaine de grandes écoles d'ingénieurs et d'universités,* explique Jean-Philippe Zoghbi, Directeur général de Sofimac Innovation, *il a pour ambition de financer les start-up* deep tech *les plus prometteuses, notamment dans le domaine des énergies nouvelles. La participation d'IFPEN au fonds traduit sa volonté d'accompagner les entreprises innovantes dans les phases amont de leur développement. En permettant à nos start-up d'avoir accès à l'excellence technologique de ses chercheurs et à son réseau industriel, IFPEN est un partenaire de premier plan pour nous aider à accélérer leur croissance.* » IFPEN a également poursuivi son engagement dans des fonds gérés par Demeter, l'investisseur leader pour la transition énergétique et écologique. « *Demeter est une société de capital investissement qui gère des fonds dédiés à la transition énergétique et écologique,* témoigne Éric Marty, Managing Partner au sein de Demeter. *Nous investissons de 1 M€ à 30 M€ pour accompagner des entreprises – start-up innovantes, PME et ETI en forte croissance – de ce secteur à tous les stades de leur développement. IFPEN est un partenaire de longue date de Demeter et est souscripteur de plusieurs de nos fonds, que ce soit dans le domaine de l'innovation avec le fonds D6 Smart City dédié à la ville et à la mobilité durable, ou plus récemment avec le fonds Agrinnovation dédié à la production et l'utilisation de la biomasse agricole, ou encore dans le domaine des PME en croissance avec le fonds Paris Fonds Vert, dédié à la transition énergétique et écologique des grandes métropoles. L'expertise globale d'IFPEN dans le domaine de la transition vers une énergie bas carbone et sa volonté de la partager font partie des raisons pour lesquelles ce partenariat dure, et se renforce même chaque année.* »

UN RÉSEAU DE PARTENAIRES AU SERVICE DE NOUVELLES OPPORTUNITÉS

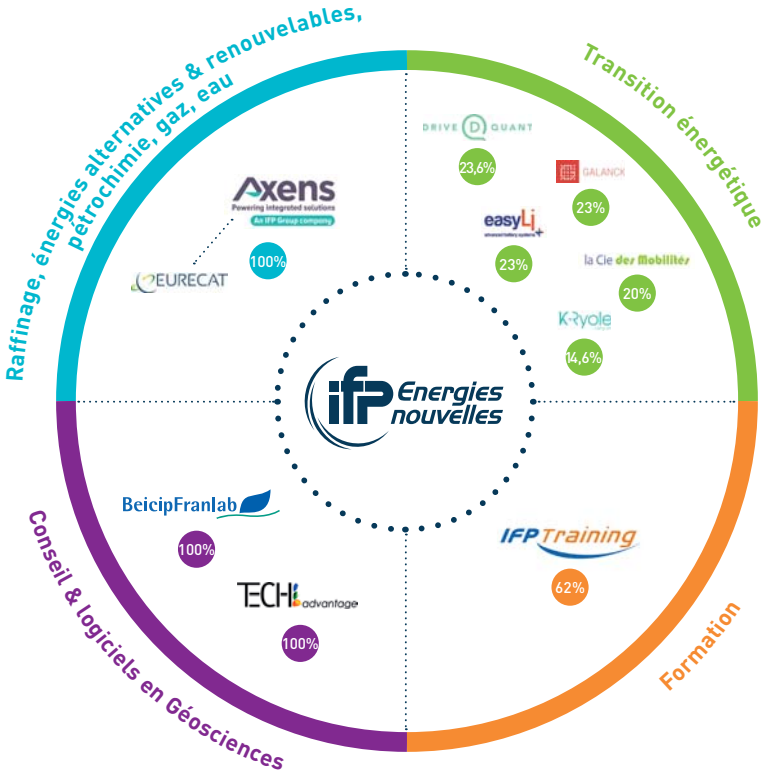
L'identification d'opportunités de collaborations avec des PME ou jeunes entreprises innovantes passe par le développement d'un riche réseau de partenaires. En 2020, ce réseau s'est étendu. IFPEN a ainsi conclu un partenariat avec Atlanpole, centre d'innovation et incubateur régional des Pays de la Loire, et avec Capenergies, pôle de compétitivité de la région PACA dédié aux énergies non génératrices de gaz à effet de serre. Ces partenariats complètent les collaborations engagées depuis plusieurs années avec de nombreuses structures de soutien à l'innovation ou encore l'appartenance au réseau des Carnot.



UN SOUTIEN AUX FILIALES 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 (*voir ci-dessous*), qui rassemble aujourd'hui des acteurs industriels de référence au niveau mondial et de jeunes entreprises innovantes. En cohérence avec la R&I, les filiales du groupe poursuivent leur développement vers les NTE. En 2020, DriveQuant, pionnier français de la télématique smartphone fondé en 2017 après plusieurs années de R&D à IFPEN, et FairConnect, fournisseur de services pour l'assurance connectée, se sont rapprochés pour accélérer le développement de solutions d'assurance auto connectée sur le marché européen. Par ailleurs, TECH'advantage, filiale spécialisée dans les logiciels scientifiques, a acquis Progilone, société lyonnaise de services du numérique.

PORTEFEUILLE DES PARTICIPATIONS INDUSTRIELLES*



* Au 15 avril 2021.

COMPTES CONSOLIDÉS DU GROUPE IFPEN EN 2020

951,6 M€
Chiffre d'affaires

6,9 M€
Résultat d'exploitation

-75,9 M€
Résultat net part du groupe

FORMER LES TALENTS POUR LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE

IFP School prépare ses élèves pour les métiers d'aujourd'hui et de demain dans les domaines de l'énergie et de la mobilité durable. Ses programmes, basés sur un modèle pédagogique innovant, visent à accompagner la transition écologique en formant des talents aux innovations technologiques, en réponse aux attentes sociétales et aux besoins de l'industrie. L'École s'appuie d'autre part sur un important maillage partenarial composé d'acteurs académiques et industriels en France et à l'international.

FAIT MARQUANT

Des étudiants d'IFP School à nouveau primés
Plusieurs équipes d'étudiants de l'École se sont à nouveau distinguées à l'occasion de concours à l'échelle nationale et internationale. Les projets portés ont été sélectionnés pour leur qualité et leur engagement au service de la transition écologique. Deux équipes ont remporté les premier et troisième prix du *Student Challenge* organisé par la Société des ingénieurs de l'automobile (SIA). Deux étudiants du Master orienté recherche Électrification et Propulsion automobile ont décroché le premier prix grâce à leur projet sur l'électrification d'un camion de 44 tonnes. Le troisième prix a été décerné à une équipe d'étudiants du programme *Powertrain Engineering* pour une solution innovante intégrant l'hydrogène dans le système de propulsion. Une autre équipe de la promotion 2020 d'IFP School a, quant à elle, remporté le concours mondial *Minus CO_2 Student Challenge,* organisé par l'*European Association of Geoscientists and Engineers* (EAGE). Ils ont été récompensés pour leur travail d'analyse des données de subsurface d'un champ pétrolier et pour la conception d'un plan de développement de champ neutre en CO_2, économiquement viable.

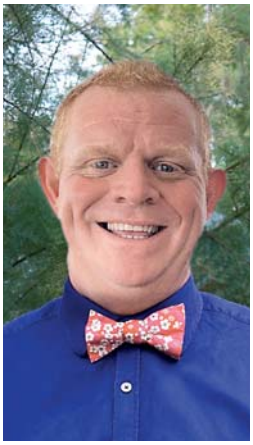
PÉRENNISATION D'UNE OFFRE DE FORMATION D'EXCELLENCE

L'offre de formation d'IFP School s'adapte de façon continue à l'évolution des besoins de l'industrie et de la société en intégrant de nouvelles thématiques liées à la transition écologique et à la digitalisation. Elle comprend dix programmes menant à des diplômes d'ingénieur spécialisé, dont six anglophones, trois masters orientés recherche, deux mastères spécialisés et un programme *executive,* couvrant quatre domaines : motorisations et mobilité durable, économie et management de l'énergie, procédés pour l'énergie et la chimie, géoressources et énergie.
Les enseignements de haut niveau apportent les compétences et l'expertise nécessaires à ces futurs ingénieurs d'excellence pour être immédiatement opérationnels et contribuer à relever les défis pour transformer les systèmes de production, de distribution et de consommation d'énergie dans une démarche responsable et durable. La reconnaissance de la qualité de ces enseignements s'est notamment traduite en 2020 par le renouvellement d'accréditation pour le mastère spécialisé *Petroleum Data Management,* le référencement au RNCP du mastère spécialisé Groupes motopropulseurs, ou encore la coaccréditation obtenue début 2021 des deux masters orientés recherche avec l'université de Paris-Saclay et du troisième avec l'université de Lille. Elle s'est également traduite par la distinction de plusieurs équipes d'étudiants, tant avec des projets en lien avec les activités historiques de l'École (une équipe sacrée lauréate mondiale du concours *Imperial Barrel Award* de l'AAPG) qu'au travers de projets accompagnant la transition écologique. De plus, l'introduction de *soft skills* dans l'ensemble des programmes participe au développement des savoir-faire et compétences comportementales des élèves afin de former non pas simplement des techniciens, mais des « talents » pour l'industrie.

À CONTEXTE CONTRAINT, **PÉDAGOGIE AGILE**

L'année 2020 a été marquée par l'accélération de la digitalisation d'IFP School ; une transformation réussie pour une école d'application au modèle pédagogique agile et innovant, qui a permis d'assurer la continuité des enseignements, sous l'impulsion du nouveau laboratoire de l'innovation et des cultures digitales (LAB e.NOV™) et grâce à l'implication de l'ensemble du personnel de l'École.

Concrètement, cela s'est traduit par une réorganisation des parcours soit complètement à distance, soit en mode hybride (à distance et sur site) dès que le contexte l'a exigé, par l'adaptation de nombreux enseignements au format digital et le développement de modules de réalité virtuelle. En outre, la mise en place d'un jumeau virtuel immersif d'une salle de démonstration moteurs a facilité l'acquisition de compétences techniques pointues. Ce nouvel environnement digitalisé a également favorisé l'intégration des étudiants et le travail d'équipe entre étudiants présents et ceux à distance, l'entraide et, de ce fait, un esprit de communauté traduisant bien une des valeurs de l'École : la solidarité.



Interview de :

Olivier Bernaert, professeur associé au Centre Procédés pour l'énergie et la chimie, responsable du LAB e.NOV™

Début 2020, nous avons lancé un laboratoire de l'innovation et des cultures digitales pour favoriser la promotion et l'accompagnement des initiatives en matière de pédagogie et d'innovation.
En créant LAB e.NOV™, nous souhaitions en effet développer un des axes différenciants de notre modèle pédagogique. Concrètement, il s'agit d'un espace physique et virtuel dédié à l'expérimentation de nouvelles technologies et pratiques de formation basées sur le partage et la cocréation entre les enseignants, les chercheurs, les étudiants, les sociétés du groupe IFPEN et les entreprises partenaires d'IFP School. Il regroupe quatre pôles : un pôle d'innovation pédagogique, un pôle mooc, un pôle de réalités immersives et un pôle entrepreneuriat et design thinking.
La période que nous avons traversée a accéléré le développement d'approches et de supports pédagogiques innovants.
Lors du confinement du printemps 2020, l'équipe pédagogique a pu s'appuyer sur les compétences conjuguées du LAB e.NOV™ et du pôle informatique ; cet accompagnement à la digitalisation des formations a permis d'assurer la continuité des enseignements, projets et examens pour l'ensemble des programmes, dès le premier jour du confinement. Par exemple, certains stages terrain ont été remplacés par des expériences en réalité virtuelle.
Et à l'automne, la rentrée a pu être mise en place en mode hybride, c'est-à-dire avec des élèves en présentiel à l'École et d'autres à distance, le temps que certains étudiants, notamment étrangers, puissent nous rejoindre.

Découvrez LAB e.NOV™ en vidéo sur la chaîne YouTube Innovation IFP School

UN **RAYONNEMENT** QUI SE RENFORCE

En 2020, IFP School a poursuivi sa stratégie de développement à l'international avec le démarrage de trois nouvelles opérations d'essaimage, en partenariat avec IFP Training : d'une part, un mastère spécialisé Ingénierie pétrolière et gazière avec l'Institut national du pétrole et du gaz (INPG) au Sénégal ; d'autre part, deux programmes conduisant au diplôme d'études supérieures appliquées conférant le grade de master (*Petroleum upstream techniques and economics* et *Petroleum downstream techniques and economics*), avec l'Institut national polytechnique Félix Houphouët-Boigny (INPHB) en Côte d'Ivoire. Par ailleurs, IFP School a signé un accord de coopération avec la fondation ouzbèke El-Yurt Umidi afin de financer des bourses d'études pour de jeunes étudiants ouzbeks dans des programmes de master ou de doctorat.
Le développement d'IFP School repose également sur la mise en valeur des activités de recherche à travers les trois chaires d'enseignement qu'elle conduit : l'une en économie*, une autre dans le domaine de la mobilité**, la troisième relevant du management du CO_2 et des émissions négatives***.
Enfin, l'École peut s'appuyer sur un réseau dynamique de 19 000 alumni, véritables ambassadeurs d'IFP School à travers le monde et coacteurs de la professionnalisation de leurs cadets avec, par exemple, le lancement d'une série de webinaires dédiés à l'actualité des secteurs de l'énergie et des motorisations.

*EEDT : *Electricity Economics and Digital Transition.*
**Ecav : *Electric, Connected and Autonomous Vehicles for Smart Mobility.*
***CarMa : *Carbon Management and negative CO_2 emissions technologies towards a low carbon future.*

FAIT MARQUANT

IFP School Voices : un nouveau format pour aborder l'actualité des secteurs de l'énergie et des motorisations autrement
L'École a lancé, à l'automne 2020, les IFP School Voices, une série de webinaires présentés par des alumni, des enseignants IFP School ou des chercheurs IFPEN. Ces conférences au format court abordent des sujets d'actualité, principalement en lien avec la transition écologique et explorent les dernières tendances et innovations dans les secteurs de l'énergie et des motorisations.
Destinées aux élèves de l'École et à ses diplômés, les premières éditions de ces rendez-vous mensuels étaient consacrées à l'impact du big data et de l'IA dans l'exploration des bassins sédimentaires, à l'atteinte de la neutralité carbone ou encore à l'évolution de la filière plastique.

FAIT MARQUANT

CarMa
Carbon Management
IFP School Chair

Chaire CarMa : une belle année de démarrage
La chaire *Carbon Management and negative CO_2 emissions technologies towards a low carbon future* (CarMa), dont Jean-Pierre Deflandre (IFP School) et Florence Delprat-Jannaud (IFPEN) sont cotitulaires, a été créée en 2019 grâce au soutien de Total et en association avec la Fondation Tuck. Elle se consacre aux émissions négatives de dioxyde de carbone et aux solutions associées.
En 2020, la montée en puissance de la chaire s'est traduite par : le recrutement d'un doctorant et de deux post-doctorants dont les travaux portent respectivement sur le déploiement de la bioénergie avec captage et stockage du carbone, l'état de l'art sur les émissions négatives de GES et l'évaluation environnementale de celles-ci ; l'introduction de la thématique dans plusieurs programmes de formation d'IFP School ; enfin, la mise en place d'un site web dédié, qui a vocation à valoriser et partager tant les travaux de recherche que les actions de la chaire CarMa dans le domaine de l'éducation, afin de contribuer au dialogue public et scientifique sur les grands enjeux autour du carbone. Par ailleurs, signe de l'intérêt qui lui est porté, un partenariat vient d'être signé avec le CNRS.

19 000
INSCRITS AUX SESSIONS 2020 DES MOOC *TOMORROW'S MOBILITY : SUSTAINABLE TECHNOLOGIES FOR THE AUTOMOTIVE SECTOR* ET *ENERGY TRANSITION: INNOVATION TOWARDS A LOW-CARBON FUTURE*

CONSEIL **DE PERFECTIONNEMENT**

au 1er décembre 2020

Philippe Geiger
Directeur adjoint de la direction de l'Énergie du ministère de la Transition écologique

Pierre-Franck Chevet
Président d'IFP Energies nouvelles

PERSONNALITÉS DE L'INDUSTRIE

Hélène Beuchot
Perenco, Directrice des Ressources humaines

Bruno Covin
Renault, Directeur de la Stratégie et de l'Ingénierie avancée GMP & EV de l'alliance Renault Nissan

Marie-Isabelle Filliette
Total, Chef de département Direction Stratégie et Politique RH

Philippe Franza
ExxonMobil, Directeur des Ressources humaines

Stéphane Martinot
Valeo Powertrain Systems, Directeur Marketing produit

Olivier Peyret
Schlumberger, Président-directeur général Schlumberger France

Sandra Roche-Vu Quang
Elengy, Directrice générale

Éric Zielinski
Saipem SA, Plant Engineering Manager

ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR OU RECHERCHE

Dominique Bonvin
EPFL, Professeur

Elisabeth Crépon
ENSTA Paris, Directrice

Mohamed Gabsi
ENS Paris-Saclay, Professeur des universités de classe exceptionnelle

Sophie Mougard
ENPC, Directrice

ANCIENS ÉLÈVES

Nathalie Brunelle
Total, Directrice du projet Total@Saclay

Alain Delage
PSA Peugeot Citroën, Ingénieur en chef Avant-projet Chaînes de tractions électrifiées 2026+

Christian Dupraz
Consultant pour Axens

Jean-Baptiste Renard
Consultant, expert en énergie

Assistent en outre au Conseil de perfectionnement des représentants élus du personnel d'IFP School et des élèves.

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

Retrouvez IFPEN et IFP School sur les réseaux sociaux

• **Rédaction :** IFPEN • **Conception-réalisation :** WAT - wearetogether.fr – 2009_01473
• **Impression :** document imprimé sur papier certifié FSC mix credit
• **Crédits photo :** Adobe stock AA+W, Alexander Raths, Boggy, Busara, Chokniti, Digitalstock, Dmitry Chulov, Foton1601, Fottoo, Insta_photos, JRJfin, Lev Dolgachov, LK Photography, Madamlead, Matyas Rehak, Ndab Creativity, OscarStock, R. Gino Santa Maria, Rawpixel.com, Ricardo Reitmeyer, Rost9, Sdecoret, SerPhoto, SmirkDingo, Teksomolika, Zinkevych ; Benedicte Govaert ; Clémentine Béjat ; Getty Images ; IFPEN Georgejmclittle, Prosernat, Sabine Serrad ; Objectif Images.
Droits de reproduction, textes et illustrations réservés. ISSN 2426-2390.

RÉPONDRE AUJOURD'HUI
AUX ENJEUX DE DEMAIN

IFP Energies nouvelles (IFPEN) est un acteur majeur de la recherche et de la formation dans les domaines de l'énergie, du transport et de l'environnement. Depuis les concepts scientifiques en recherche fondamentale jusqu'aux solutions technologiques en recherche appliquée, l'innovation est au cœur de son action, articulée autour de quatre orientations stratégiques : climat, environnement et économie circulaire – énergies renouvelables – mobilité durable – hydrocarbures responsables.

WWW.IFPENERGIESNOUVELLES.FR

IFP Energies nouvelles

CARNOT ifpen Transports Energie

CARNOT ifpen Ressources Energétiques