

PARIS-SACLAY



INNOVATION

PLAYGROUND

# Paris-Saclay

## Acteur de la transition énergétique



Filières d'excellence

PRAXIS 7

## Paris-Saclay, acteur de la transition énergétique

- 4 Paris-Saclay, un territoire au service de l'innovation durable
- 6 La transition énergétique, un enjeu de société

## Une capacité de recherche, d'éducation et d'innovation unique en Europe

- 12 Une recherche académique multidisciplinaire et transversale
- 18 Un continuum de formation des jeunes générations aux décideurs
- 20 Une concentration de leaders industriels du secteur
- 24 Des talents de renommée internationale

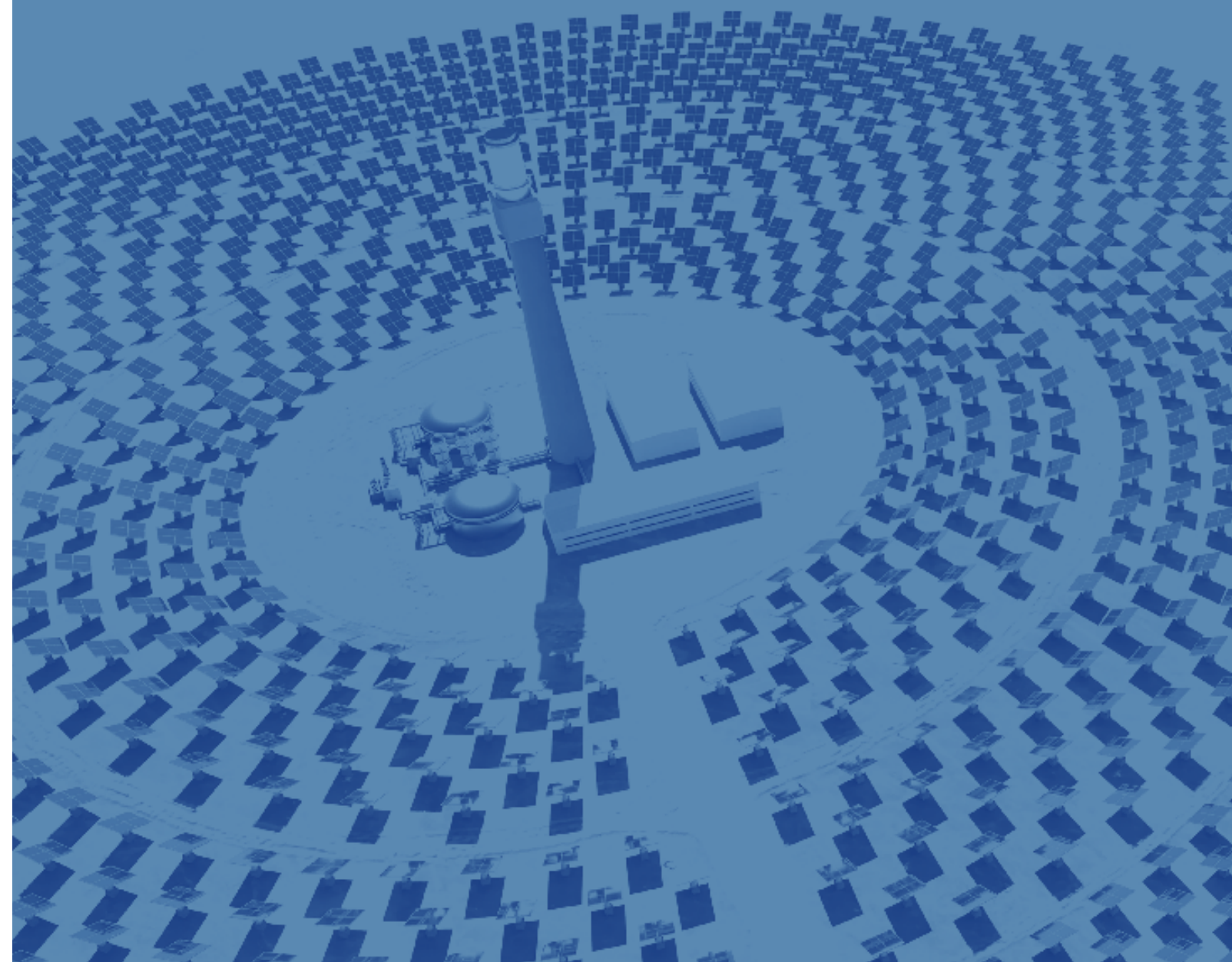
## Un positionnement à la pointe de l'innovation sur les technologies clés

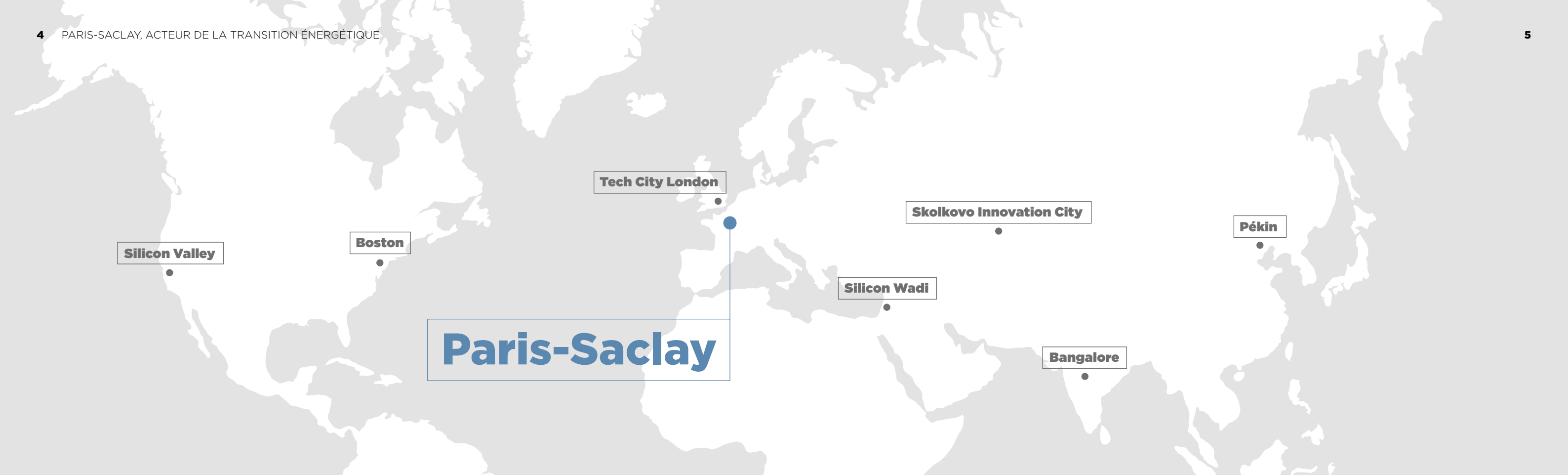
- 28 Les secteurs phares de l'énergie représentés
- 30 Un rôle majeur sur des technologies clés
- 34 Une forte dynamique d'innovation

## Un territoire d'expérimentation et d'innovation

- 40 Un laboratoire de la transition énergétique

# Paris-Saclay Acteur de la transition énergétique





Paris-Saclay, un territoire au service de l’innovation durable

Avec 15 % de la recherche nationale et 40 % des emplois de la recherche publique et privée d’Île-de-France, le pôle scientifique et technologique de Paris-Saclay compte parmi les huit plus puissants pôles d’innovation au monde aux côtés de la Silicon Valley, Boston, Tech City Londres, Pékin, Bangalore, Skolkovo Innovation City en Russie et la Silicon Wadi israélienne.

Aux portes de la capitale française, ce territoire accueille, de Massy à Versailles en passant par Saint-Quentin-en-Yvelines, une exceptionnelle concentration d’établissements d’enseignement supérieur, de laboratoires de recherche publics, de centres de R&D privés et d’entreprises innovantes, de toutes tailles et de grande réputation.

- Une telle densité de ressources et de partenaires potentiels confère à Paris-Saclay tous les atouts d’un des pôles d’innovation les plus attractifs pour les investisseurs, les innovateurs et les entrepreneurs du monde entier :
- intégration au cœur de l’Île-de-France, première région économique européenne\* ;
  - excellence de l’offre de formation et de recherche aux plus hauts standards internationaux portée par l’Université Paris-Saclay et l’Institut Polytechnique de Paris ;
  - richesse des grands équipements scientifiques et des laboratoires multidisciplinaires ;
  - concentration, excellence et diversité des acteurs industriels et startupper ;
  - qualité de vie rare dans un cadre qui valorise l’environnement naturel.

Créé en 2010 par la loi sur le Grand Paris, l’Établissement public d’aménagement Paris-Saclay (EPA Paris-Saclay) pilote et coordonne, avec les acteurs locaux, le développement du pôle scientifique et technologique et assure son rayonnement à l’international. Sa stratégie de développement s’articule autour

L’un des pôles d’innovation les plus attractifs au monde.

\*Source : INSEE

de trois axes : le soutien à l’innovation *via* l’animation d’une communauté d’entreprises, de start-up et de lieux d’innovation, la promotion de l’attractivité internationale du pôle et de sa marque Paris-Saclay Innovation Playground et le développement de services en réponse aux besoins des entreprises.

Dans cette optique, l’EPA Paris-Saclay mobilise et fédère les acteurs industriels et académiques autour de filières stratégiques afin de renforcer les liens entre recherche publique et privée, favoriser l’innovation et l’entrepreneuriat et stimuler la croissance économique du territoire. Six filières d’excellence ont été identifiées, analysées et cartographiées : l’aéronautique-défense-sécurité, l’agritech-foodtech, l’énergie-ville-environnement, les mobilités du futur, la santé et enfin les technologies numériques. Ce document entend présenter la filière d’excellence énergie-ville-environnement.

6 FILIÈRES STRATÉGIQUES

| Aéronautique<br>Défense Sécurité                  | AgriTech<br>and Foodtech                             | Énergie Ville<br>Environnement                     | Mobilité                                              | Santé                                                       | Technologies<br>numériques                          |
|---------------------------------------------------|------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| Airbus, Safran,<br>Thales, Nexter,<br>Arqus...    | Danone,<br>Mondelez,<br>Syngenta                     | EDF, Bouygues,<br>Colas                            | Renault, PSA,<br>Valeo, Fiat...                       | Sanofi, LFB,<br>IPSEN,<br>GE Healthcare                     | Nokia, Ericsson,<br>HP, Dassault<br>Systèmes...     |
| 16* start-up<br>68 laboratoires<br>et plateformes | 77* start-up<br>110 laboratoires<br>et plateformes   | 47* start-up<br>123 laboratoires<br>et plateformes | 12* start-up<br>46 laboratoires<br>et plateformes     | 146* start-up<br>346 laboratoires<br>et plateformes         | 106* start-up<br>252 laboratoires<br>et plateformes |
| #NewSpace<br>#Cybersécurité                       | #AlimentsDuFutur<br>#NutritionSanté<br>#SmartFarming | #EnergyStorage<br>#Biofuel<br>#SmartGrids          | #VéhiculeAutonome<br>#Hydrogène<br>#SystèmesEmbarqués | #Microbiote<br>#GeneTherapy<br>#Oncology<br>#SantéConnectée | #IA<br>#Quantique<br>#IoT<br>#SmartManufacturing    |

\*actuellement recensées sur Paris-saclay-startup.com



La transition énergétique, un enjeu de société

Parmi les filières d'excellence de Paris-Saclay, le secteur de la transition énergétique, avec plus de 30 établissements majeurs et près de 125 laboratoires et plateformes techniques réunis sur le territoire, environ 17 000 emplois et un nombre croissant de start-up innovantes, fait partie des plus dynamiques. Véritable enjeu de société dont la criticité s'accélère et la prise de conscience se renforce, il est également l'un des plus stratégiques aux niveaux national et mondial.

La transition énergétique est en effet un sujet de vaste ampleur et un domaine systémique de grande échelle qui convoque de multiples disciplines et implique des innovations aussi bien dans les domaines des sciences et des technologies que dans les domaines économique et sociétal. Par sa taille, la richesse et la diversité de ses acteurs, sa très forte multidisciplinarité et la densité de ses compétences, le pôle scientifique et technologique de Paris-Saclay occupe aujourd'hui une place de premier plan dans le domaine de l'énergie en France.

Afin d'en étudier les contours et les enjeux prioritaires, l'Établissement public d'aménagement Paris-Saclay a initié, en collaboration avec la SATT Paris-Saclay, une vaste étude sur le territoire.

Quels sont les acteurs qui aujourd'hui font vivre cette filière au cœur de Paris-Saclay ? Quelles technologies clés y sont déployées ? Quelle est sa structuration ? Quels sont ses atouts ? Quelle est sa dynamique dans le temps ? Quelles sont ses capacités d'innovation pour l'avenir ?

PRÈS DE  
125  
LABORATOIRES

30 établissements  
majeurs, près de  
125 laboratoires  
et plateformes  
techniques et environ  
17 000 emplois réunis  
sur le territoire  
de Paris-Saclay

•fig.1 Toits d'EDF Lab et du Campus EDF, recouverts par des panneaux solaires.



Les conclusions de cette étude, présentées au sein de ce document, démontrent un territoire leader réunissant, avec des établissements d'enseignement supérieur de pointe, des laboratoires de recherche de rang mondial, des groupes industriels internationaux et des start-up de haute technologie, l'excellence mondiale de la recherche, de l'industrie et de l'innovation. Parmi ses points forts : des capacités de recherche et de formation de grande ampleur, la présence d'entreprises leaders de l'énergie au niveau mondial, des talents de renommée internationale, de fortes synergies déployées entre domaines de recherche et technologies et des programmes collaboratifs particulièrement novateurs qui représentent l'une des signatures de Paris-Saclay.

Ensemble, chercheurs, scientifiques et industriels collaborent et innovent sur les secteurs phares de l'énergie, notamment sur les filières d'avenir telles que l'hydrogène, les bioénergies, le photovoltaïque, les smart grids ou encore la géothermie et le captage de CO<sub>2</sub>. Ces innovations feront les systèmes énergétiques de demain et placent le territoire de Paris-Saclay, lui-même démonstrateur à ciel ouvert de la transition écologique et énergétique, au cœur des enjeux de l'énergie.

Le pôle scientifique et technologique de Paris-Saclay occupe aujourd'hui une place de premier plan dans le domaine de l'énergie en France.

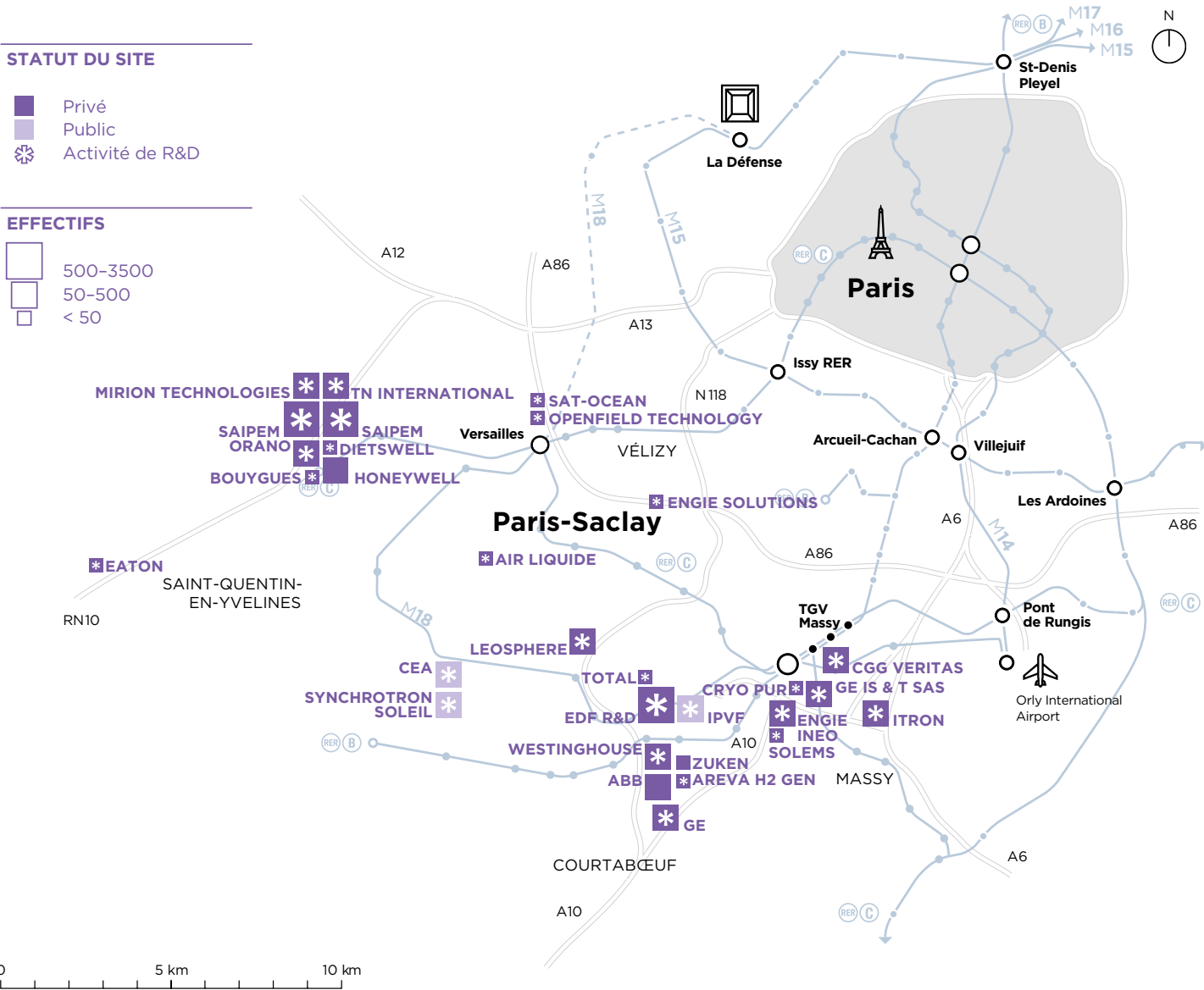
La filière énergie sur le territoire de Paris-Saclay

STATUT DU SITE

- Privé
- Public
- Activité de R&D

EFFECTIFS

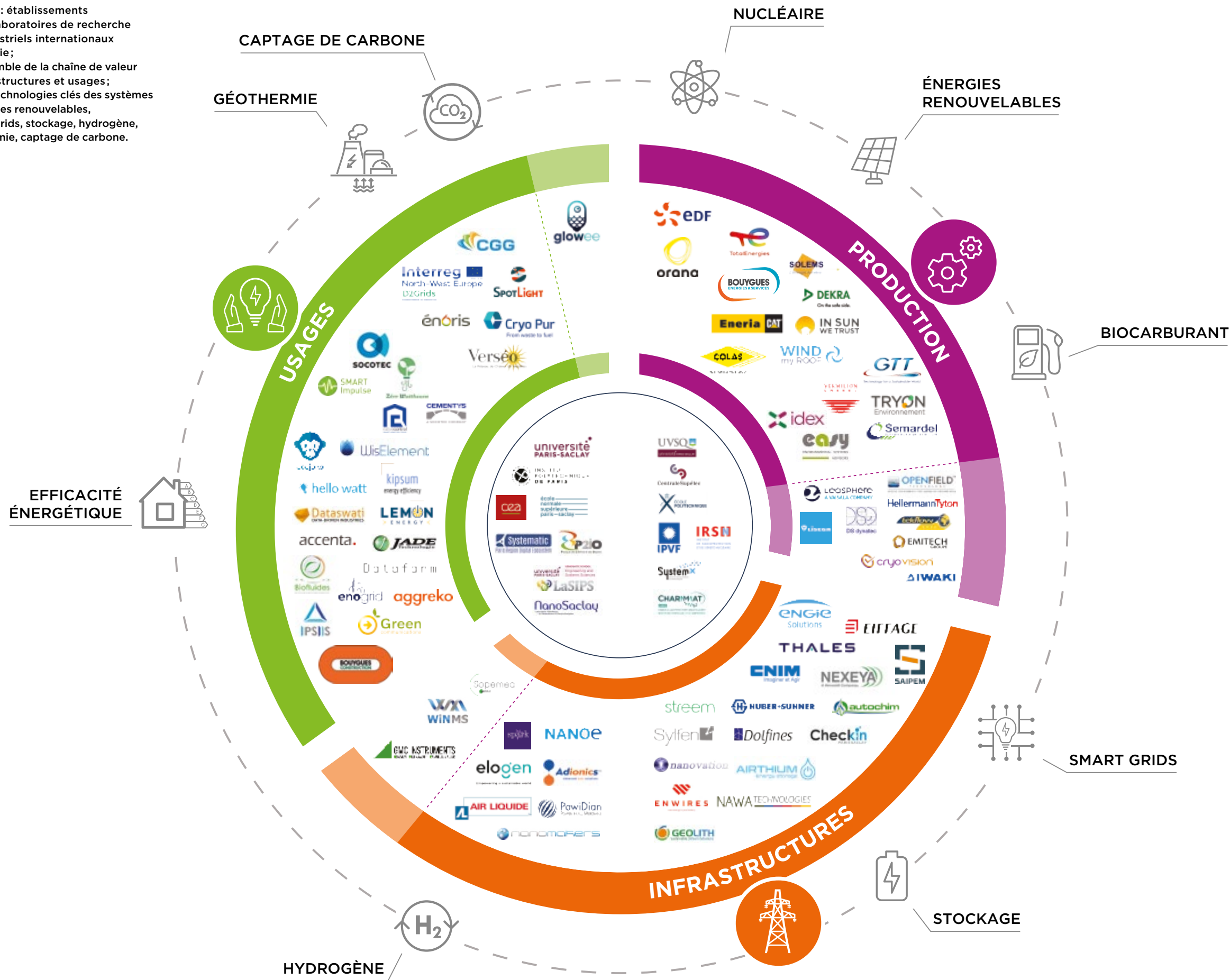
- 500-3500
- 50-500
- < 50





La transition énergétique, une filière d'excellence au sein du pôle Paris-Saclay

- Une filière riche de ses acteurs: établissements d'enseignement supérieur et laboratoires de recherche de rang mondial, groupes industriels internationaux et start-up de haute technologie;
- Une filière structurée sur l'ensemble de la chaîne de valeur de l'énergie: production, infrastructures et usages;
- Une filière positionnée sur les technologies clés des systèmes énergétiques de demain: énergies renouvelables, biocarburant, nucléaire, smart grids, stockage, hydrogène, efficacité énergétique, géothermie, captage de carbone.



# Une capacité de recherche, d'éducation et d'innovation unique en Europe

Parmi les atouts phares du pôle Paris-Saclay, sa multidisciplinarité académique, sa concentration d'acteurs majeurs, la force de ses compétences et sa taille conséquente représentent des forces particulièrement structurantes pour le plateau sur le domaine de l'énergie.

Cette multidisciplinarité intervient en premier lieu au niveau horizontal, avec une grande diversité de disciplines étudiées et enseignées, de fortes synergies déployées entre domaines de recherche et technologies et une approche transversale s'appuyant sur des programmes collaboratifs novateurs. Elle intervient également au niveau vertical et se déploie de la recherche fondamentale aux centres d'innovation des groupes leaders de l'énergie, en passant par la formation des étudiants et des professionnels et la sensibilisation des plus jeunes aux problématiques de la transition énergétique.





Une recherche académique multidisciplinaire et transversale

Avec l'Université Paris-Saclay, l'Institut Polytechnique de Paris, l'Institut national des sciences et techniques nucléaires (INSTN), le Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA), le CNRS (Centre national de la recherche scientifique), les laboratoires d'excellence (LabEx) NanoSaclay, LaSIPS, P2IO ou CHARMMMAT, le pôle Paris-Saclay compte, dans le domaine de l'énergie, des établissements d'enseignement supérieur et des laboratoires de recherche publics historiques et prestigieux.

Il s'appuie également sur une forte interdisciplinarité et transversalité qui constitue l'une de ses plus grandes richesses. Un exemple phare est le croisement des disciplines mathématiques/numériques et énergétiques pour lesquelles le territoire de Paris-Saclay concentre un niveau exceptionnel d'acteurs de premier plan. Les systèmes énergétiques d'avenir intègrent en effet une part croissante de technologies numériques et des enjeux critiques en termes de performance et de sécurité nécessitant des compétences académiques et technologiques spécifiques.

Le pôle Paris-Saclay s'appuie sur une forte interdisciplinarité et transversalité qui constitue l'une de ses plus grandes richesses.



4 LABORATOIRES D'EXCELLENCE DÉDIÉS AUX PROBLÉMATIQUES ÉNERGÉTIQUES

LabEx NanoSaclay

Le LabEx NanoSaclay, laboratoire d'excellence en nanosciences et nanotechnologies regroupe plus de 450 scientifiques autour des sujets des oxydes pour l'électronique du futur, des nouveaux concepts, matériaux nanostructurés, dispositifs et architectures pour nanophotonique.

LabEx P2IO

Le LabEx P2IO, pour physique des deux infinis et des origines, réunit 2000 personnes, dont 1000 chercheurs, sur les disciplines de physique des particules, physique nucléaire, astroparticules et astrophysique. Ce LabEx travaille notamment sur la thématique interdisciplinaire de l'énergie nucléaire pour l'avenir.

LaSIPS

Le LaSIPS, laboratoire systèmes et ingénierie du plateau de Saclay, rassemble 550 chercheurs et un total de 1540 personnes autour du développement d'activités innovantes et transversales dans le domaine des sciences de l'ingénierie et des systèmes.

LabEx CHARMMMAT

Le LabEx CHARMMMAT, pour chimie des architectures moléculaires multifonctionnelles et des matériaux est un projet articulé autour des sciences des matériaux et la catalyse homogène bio-inspirée. Parmi ses domaines d'expertise: la catalyse sélective émergente, les techniques de physico-chimie et de spectroscopie émergentes et innovantes et la science des matériaux.

• fig.2 Formation initiale sur réacteur nucléaire en réalité virtuelle pour les élèves de la formation d'ingénieur spécialisé en génie atomique, sur la plateforme INSTN Evoc Nuclear Experience.



Au-delà de son excellence scientifique et technologique, la valeur du pôle Paris-Saclay réside dans sa capacité à faciliter les passerelles entre disciplines scientifiques et technologiques et plus globalement sa dynamique collective qui favorise transversalité, multiculturalité et compréhension commune.

À ce titre, trois initiatives développées ces dernières années sont exemplaires : l'**Institut de l'Énergie Soutenable** fondé par l'Université Paris-Saclay, l'**Institut Photovoltaïque d'Île-de-France** et le programme **Energy4Climate** initié par l'Institut Polytechnique de Paris. Reposant sur les synergies entre disciplines, la colocalisation des compétences et la collaboration entre acteurs académiques et industriels, ces programmes collaboratifs et pluridisciplinaires innovants sont une véritable signature du pôle Paris-Saclay. Ils valorisent les compétences et infrastructures du pôle et contribuent à construire une vision systémique et une intelligence de l'énergie.

• **fig.3** Lancement de l'Institut de l'Énergie Soutenable à la Maison des Sciences de l'Homme le 9 décembre 2021.

# 3

## PROGRAMMES COLLABORATIFS MAJEURS DÉVELOPPÉS SUR LE TERRITOIRE

- L'Institut de l'Énergie Soutenable
- L'Institut Photovoltaïque d'Île-de-France
- Le programme Energy4Climate

## Centre Energy4Climate: la multidisciplinarité au service de la transition énergétique

Initié par l'Institut Polytechnique de Paris et l'École des Ponts-Paris Tech, le centre interdisciplinaire Energy4Climate (E4C) a été créé en juin 2019 à partir d'un premier projet transdisciplinaire nommé Trend-X. Portant l'ambition de répondre au défi de la transition énergétique face au changement climatique grâce à la recherche, l'enseignement et l'innovation, le centre Energy4Climate travaille sur quatre grandes thématiques : la diminution des émissions de gaz à effet de serre, la réduction de la consommation d'énergie, le déploiement des énergies renouvelables et la sélection de politiques publiques pertinentes. Visant à aborder la complexité systémique de la transition énergétique, le centre mobilise

de façon transverse de vastes champs disciplinaires allant des sciences sociales et économiques aux sciences des matériaux et de l'ingénierie en passant par les mathématiques appliquées, l'informatique ou la géophysique. E4C regroupe, sur ces questions, 26 laboratoires et développe de nombreuses relations avec les industriels de l'énergie, notamment EDF, TotalEnergies ou Nam.R, une start-up spécialisée dans la solarisation du bâti. En septembre 2021, E4C a édité un livre blanc « Energy and climate research perspective 2020-2025 » permettant de construire un alignement des acteurs sur des objectifs communs. Le projet porté par le centre Energy4Climate est global. Il inclut des formations

master, doctorale et continue, en mettant l'accent sur les compétences interdisciplinaires et entrepreneuriales et relève d'une dimension internationale avec l'accueil d'étudiants et de professeurs jusqu'au double diplôme ou l'organisation d'écoles d'été. Le centre offre également un accès à des plateformes de test et de démonstration (réseaux intelligents, bancs de tests de panneaux photovoltaïques) et à un DataHub, plateforme numérique de partage des données sur l'énergie et le climat. En termes d'infrastructures, le centre dispose de trois bâtiments intelligents servant de pilotes grandeur nature pour comprendre le comportement des usagers, prévoir et prédire la consommation d'énergie.

• **fig.4** Une réalisation du centre E4C : le microgrid du bâtiment de l'observatoire climatique SIRTa exploité par l'Institut Pierre Simon Laplace, premier institut français en sciences du climat.



## Un Institut de l'Énergie Soutenable pour des systèmes énergétiques d'avenir

Emblématique des programmes collaboratifs développés dans le domaine de l'énergie, l'Institut de l'Énergie Soutenable (IES) a été créé par l'Université Paris-Saclay en 2021. Complétant l'offre de l'Université structurée, dans le domaine de l'énergie durable et de la transition énergétique, autour de sept *Graduate Schools* par des programmes transverses articulés autour d'enjeux sociétaux, l'Institut de l'Énergie Soutenable répond au besoin d'aborder l'énergie dans un cadre systémique et pluridisciplinaire. Au cœur des sujets de recherche abordés à la fois de façon technique, économique et sociétale : la production d'énergie à partir de ressources naturelles, le stockage et la conversion de l'énergie, les réseaux énergétiques, les usages et l'efficacité et les liens entre énergie et société. L'Institut fédère autour de ces thématiques transverses

les équipes de recherche de plus de 40 laboratoires, représentant près de 450 chercheurs et enseignants-chercheurs, et développe une vingtaine de partenariats avec les industriels de l'énergie et les pôles de compétitivité dans une approche privilégiant flexibilité et collaborations. Ses objectifs : fédérer des communautés de compétences autour de projets de recherche, construire des compréhensions communes entre acteurs académiques et industriels sur des enjeux applicatifs partagés, développer des plateformes techniques, compléter les enseignements spécialisés par des formations plus holistiques permettant d'appréhender la complexité des questions énergétiques, devenir un label attractif pour les jeunes et les entreprises sensibles à une approche systémique des questions énergétiques.





ENTRETIEN AVEC LOÏC ASSAUD, DIRECTEUR,  
INSTITUT DE L'ÉNERGIE SOUTENABLE.

## L’Institut de l’Énergie Soutenable, une vocation interdisciplinaire



Encourager les projets interdisciplinaires, entre chercheurs des sciences exactes, mais aussi humaines et sociales, en collaboration avec des industriels, autour d’une énergie répondant à des exigences environnementales, économiques et sociales, telle est la vocation de l’Institut de l’Énergie Soutenable (IES) inauguré en 2021. Précisions de Loïc Assaud, son directeur, par ailleurs enseignant-chercheur à l’Institut de Chimie Moléculaire et des Matériaux d’Orsay, au sein de l’équipe « Recherche et Innovation en Électrochimie pour l’Énergie ».

Avant d’en venir aux missions de l’IES, pouvez-vous nous dire un mot sur le lieu où nous réalisons l’entretien ?

**LA** Nous sommes ici dans les locaux de l’IES, intégrés à l’automne 2022, situés dans le tout nouveau bâtiment Henri Moissan, conçu par l’architecte Bernard Tschumi [Agence BTuA], qui abrite le pôle Biologie, Chimie, Pharmacie de l’Université Paris-Saclay. Une localisation qui permet d’interagir en interne, avec les chercheurs et enseignants-chercheurs de l’université, mais aussi en externe, avec des partenaires académiques et industriels implantés aux alentours sur le plateau de Saclay.

Qu’est-ce qui a motivé la création d’un tel institut ?

**LA** L’IES a été inauguré dans le sillage de la création officielle de l’Université Paris-Saclay conçue sur la base d’une double structuration : d’une part, autour d’une quinzaine de *Graduates Schools* thématiques allant de la Chimie au Droit en passant par les « Géosciences, Climat, Environnement, Planètes », etc. d’autre part, d’instituts et de programmes interdisciplinaires, aux thématiques plus transversales relatives à des enjeux de société, à l’image de l’IES qui a plus spécifiquement vocation à traiter de l’énergie, un domaine à l’interface de nombreuses sciences, aussi bien exactes qu’humaines et sociales. Pour autant, nous ne partions pas d’une page blanche : la création de l’IES a été précédée d’une Initiative de Recherche Stratégique (IRS), au sein de l’Université Paris-Saclay, qui travaillait déjà sur les questions énergétiques.

Interdisciplinarité, avez-vous dit, au sens fort dans la mesure où vous vous placez à l’interface de sciences très diverses (exactes, humaines et sociales), qu’il n’est pas habituel de croiser même si l’on devine l’intérêt de le faire s’agissant de l’énergie. Encore faut-il créer un espace approprié...

**LA** L’énergie renvoie autant à des phénomènes physiques, chimiques, etc. qu’à des usages, des enjeux d’acceptabilité (en l’occurrence des nouvelles technologies qui émergent), de politiques publiques, de droit, etc. Elle est l’affaire de tous, des physiciens, chimistes, mathématiciens, informaticiens... comme des sociologues, économistes, juristes... C’est pourquoi nous travaillons en étroite collaboration avec la Maison des Sciences de l’Homme (MSH) de l’Université Paris-Saclay, de façon à couvrir les enjeux techniques et sociétaux. Nous avons lancé conjointement un appel à projets pour le financement de contrats postdoctoraux visant à favoriser l’émergence de projets de recherche d’excellence à vocation interdisciplinaire. Il a pour thème « la transformation des systèmes énergétiques pour répondre aux grands défis sociétaux actuels ».

**« L’énergie est l’affaire de tous – des physiciens, chimistes, mathématiciens, informaticiens... comme des sociologues, économistes, juristes... C’est pourquoi nous travaillons en étroite collaboration avec la Maison des Sciences de l’Homme (MSH) de l’Université Paris-Saclay. »**

Que couvre exactement l’énergie soutenable ?

**LA** Par énergie soutenable, nous entendons les énergies décarbonées, donc renouvelables. Soit un périmètre assez large puisque cela couvre par exemple le photovoltaïque, l’éolien, la biomasse, l’hydrogène... Nous couvrons aussi l’ensemble de la chaîne, de la production à l’application finale telles que les mobilités durables, par exemple, en passant par les conditions de stockage et de transport du gaz, de l’électricité, de la chaleur. Est-il plus économe de transporter du gaz que de l’électricité ?

Faut-il le convertir sur site ou de manière délocalisée ? Telles sont quelques-unes des questions que nous nous posons aussi. À quoi s’ajoutent les problématiques de conversion du CO<sub>2</sub>, les usages – ce qui justifie cette ouverture aux SHS que nous évoquions.

Combien de chercheurs mobilisez-vous et quels sont leurs profils ?

**LA** L’IES fédère les équipes de recherche issues d’une quarantaine de laboratoires de l’Université Paris-Saclay, soit environ 450 chercheurs et enseignants-chercheurs permanents, auxquels s’ajoutent les doctorants, les postdoctorants, les ingénieurs / techniciens et les contractuels.

Vos thématiques intéressent les industriels, eux-mêmes impliqués au travers de leur R&D. Quelles sont vos interactions avec eux ?

**LA** Les industriels ont depuis toujours manifesté un intérêt pour la recherche académique. Et cela est particulièrement vrai des industriels du secteur de l’énergie. Seulement, jusqu’à présent, il ne leur était pas simple de repérer les équipes de recherche, les expertises disponibles dans nos laboratoires. Il leur manquait en quelque sorte un interlocuteur unique à même de faciliter la mise en relation. De ce point de vue, l’IES comble un manque. Son rôle est celui d’un facilitateur : nous mettons en connexion nos chercheurs avec les industriels, quels qu’ils soient : de grands groupes, des TPE / PME ou des start-up issues de l’université. L’écosystème de Paris-Saclay est particulièrement favorable : la filière énergétique y compte déjà tous les grands noms du secteur. Des partenariats ont de longue date été noués entre le monde de la recherche et le monde industriel, que ce soit à travers des chaires ou d’autres structures partenariales. Il est clair que les interactions entre les deux ne peuvent aller qu’en s’intensifiant, dans la perspective de la transition énergétique et de la lutte contre le changement climatique. Plusieurs de nos laboratoires ont l’expérience du transfert technologique et de la valorisation. Nous travaillons d’ailleurs en étroite collaboration avec la SATT Paris-Saclay.

**« L’écosystème de Paris-Saclay est particulièrement favorable. Des partenariats y ont été, de longue date, noués entre le monde de la recherche et le monde industriel. »**

Qu’en est-il des enjeux de formation ?

**LA** C’est un autre volet des missions de l’IES : nous souhaitons en proposer de nouvelles, toujours en partenariat avec des industriels, pour préparer aux métiers de demain, répondre aux besoins de

nouvelles technicités et compétences formulées par ces industriels. Nous travaillons à une réponse aux appels à manifestation d’intérêt « Compétences et métiers d’avenir » lancés dans le cadre de France 2030 avec nos partenaires industriels et académiques, mais aussi de l’enseignement secondaire, pour couvrir les formations de Bac – 3 à Bac + 8. Par ailleurs, nous avons conçu un MOOC, MOMENTOM (pour « *MO*lecules and *MA*terials *for the Energy of TOM*orrow »), en vue de donner une formation complémentaire à l’attention des étudiants de l’Université Paris-Saclay, mais pas seulement : ce MOOC est gratuit, accessible en ligne et, donc, à l’international (il est diffusé en anglais).

Je ne résiste pas à l’envie de faire observer que la proximité géographique avec vos partenaires permet des déplacements décarbonés, même si vos interactions débordent du périmètre de l’écosystème et du campus Paris-Saclay.

**LA** Ce que vous pointez là est tout sauf accessoire. Nous ne pouvons prétendre promouvoir l’énergie soutenable si nous ne donnons pas l’exemple en veillant à la soutenabilité et donc à la décarbonation de nos activités de recherche. Il n’est pas une action, jusqu’au congrès international qui doit se tenir ici, en mars 2023, que nous ne veillons à rendre exemplaire au regard de la soutenabilité et des émissions de GES. Je laisse Virginie vous en dire plus car c’est elle qui est à la manœuvre.

Propos recueillis par Sylvain Allemand

## Un congrès « soutenable »

Exemplaire, l’IES entend l’être jusque dans la manière de concevoir un congrès international. *« Concrètement, précise Virginie Tallio, manager de projets recherche, formation et innovation, nous passons au crible tous les aspects : des conditions d’acheminement des participants jusqu’à leur départ, en passant par le déroulement du congrès, le contenu de la restauration – des repas et des moments de pauses – sans oublier le choix des goodies ! Nous prenons ce congrès comme*

*un test grandeur nature, pour en tirer des enseignements utiles à tout autre événement. Cette démarche nous tient à cœur, notre intention étant d’aller au-delà du seul volet énergétique. Ainsi que l’indique le “S” de son acronyme, l’IES a vocation à rendre l’énergie soutenable et, donc, de la saisir dans sa dimension aussi bien environnementale que sociale et économique, bref, d’en avoir une vision holistique. »* Plus d’information sur : <https://momentom2023.sciencesconf.org/>



## Un continuum de formation des jeunes générations aux décideurs

La question de la formation est indissociable de la recherche ainsi que de l'innovation et est déterminante pour l'avenir de la filière. Au sein du pôle Paris-Saclay, celle-ci se décline à plusieurs niveaux. Pour les plus jeunes, le territoire dispose d'une force d'attractivité indéniable. Dès le collège et le lycée, des initiatives de mise en contact sont développées pour générer les vocations scientifiques et techniques. Parmi celles-ci, citons les programmes **Île de Science Paris-Saclay** et **S-CUBE** initiés par le groupe EDF en vue de la diffusion de la culture scientifique et technique auprès des collégiens et lycéens et leur sensibilisation aux questions d'économie d'énergie. En matière de formation supérieure, le pôle Paris-Saclay dispose d'universités et de grandes écoles parmi les plus prestigieuses en France, tels l'**Université Paris-Saclay**, l'**Institut Polytechnique de Paris**, l'**Institut national des sciences et techniques nucléaires (INSTN)**, ainsi que les programmes transversaux dédiés à l'énergie: l'**Institut de l'Énergie Soutenable**, **Energy4Climate**, l'**Institut Photovoltaïque d'Île-de-France**. À l'autre extrémité du spectre, la formation professionnelle continue représente également pour Paris-Saclay un atout majeur en vue de répondre aux enjeux actuels de renouvellement et d'ajustement des compétences dans le domaine de l'énergie. Opérée par de grands acteurs sur le territoire, parmi lesquels l'**INSTN** ou le **groupe EDF**, elle permet d'adapter les compétences et les filières industrielles aux grandes évolutions techniques et sociétales liées à la transition énergétique.

La question de la formation est indissociable de la recherche ainsi que de l'innovation et est déterminante pour l'avenir de la filière.

La formation professionnelle continue représente pour Paris-Saclay un atout majeur pour répondre aux enjeux actuels de renouvellement et d'ajustement des compétences dans le domaine de l'énergie.

• **fig.5** Formation continue au fonctionnement des réacteurs nucléaires de technologie REP sur simulateur C-PWR dispensée par l'INSTN pour les salariés des industriels du nucléaire.



## L'INSTN, l'école de spécialisation des énergies bas-carbone et des technologies de la santé

À la croisée de l'enseignement supérieur et de la formation professionnelle, l'Institut national des sciences et techniques nucléaires (INSTN) a été créé en 1956 pour former des ingénieurs et chercheurs dans le domaine des sciences et techniques nucléaires en réponse, notamment, aux besoins en compétences de l'industrie nucléaire naissante et de la médecine nucléaire. Depuis sa création, ses orientations ont évolué face aux besoins en compétences de la filière et aux politiques publiques en matière d'énergie et de santé. Aujourd'hui, l'INSTN, en tant qu'école de spécialisation des énergies bas-carbone et des technologies de la santé, délivre des enseignements de spécialisation et de formation professionnelle continue pour des opérateurs, techniciens, ingénieurs et chercheurs en France et à l'international, dans les domaines des énergies bas-carbone (énergie nucléaire et nouvelles technologies de l'énergie) et technologies pour la santé, en particulier les applications

médicales du nucléaire et l'imagerie. Administré par le Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA), l'INSTN est organisé en unités d'enseignement implantées sur cinq sites en France: Cadarache, Cherbourg-Octeville, Grenoble, Marcoule et Saclay. En matière de formation diplômante, l'école est impliquée, aux côtés de ses diplômes délivrés en propre en génie atomique, physique radiologique et médicale et radioprotection, dans plus de 40 diplômes (masters, licences professionnelles, diplômes d'ingénieur). En matière de formation continue, elle forme les collaborateurs des grands

acteurs industriels du territoire dont EDF, Orano, Assystem ou le CEA, sur les thématiques du nucléaire pour l'industrie, des technologies de la santé et des nouvelles technologies de l'énergie, comme l'hydrogène, les smart grids ou le photovoltaïque. L'INSTN accompagne également les entreprises et agences gouvernementales dans le renforcement de leurs capacités et le développement de leurs compétences. Chaque année, l'INSTN forme 1400 étudiants en formation diplômante, dont 300 apprentis, 7000 stagiaires en formation continue et administre près de 1600 doctorants exerçant au sein des laboratoires du CEA.

• **fig.6** L'INSTN est l'école de spécialisation des énergies bas-carbone et des technologies de la santé, adossée au CEA.

1400 ÉTUDIANTS FORMÉS  
7000 STAGIAIRES EN FORMATION CONTINUE CHAQUE ANNÉE



Une concentration de leaders industriels du secteur

Attirées par la présence d'organismes de recherche de renommée internationale et de grandes écoles d'ingénieurs, stimulées par le déploiement de programmes collaboratifs novateurs, de nombreuses entreprises, parmi les leaders mondiaux du secteur, ont implanté notamment leurs équipes de recherche et développement au cœur du pôle scientifique et technologique de Paris-Saclay. Parmi celles-ci, citons **EDF, TotalEnergies, Air Liquide**, trois géants industriels français de l'énergie, mais également les groupes **Bouygues énergies & services** implanté à Guyancourt, **Westinghouse** implanté à Orsay, **Orano** implanté à Saint-Quentin-en-Yvelines ainsi que **Dekra, Colas, Thales, Eiffage** ou encore **Engie Solutions**. La présence de ces leaders de l'énergie est une force structurante pour Paris-Saclay et facilite, sur la chaîne de l'innovation, le processus de transformation des savoirs en applications. Elle a également un effet de sillage positif sur l'émergence de PME mais surtout de start-up deeptech sur le territoire en offrant un accès attractif aux moyens et connaissances nécessaires aux systèmes énergétiques de demain.

3  
GÉANTS  
INDUSTRIELS  
FRANÇAIS  
DE L'ÉNERGIE  
SUR LE  
TERRITOIRE

- EDF
- TotalEnergies
- Air Liquide

• fig.7 Le centre R&D d'EDF.



EDF Lab, le plus grand centre de R&D au monde

Réunissant, depuis 2016, plus de 1200 chercheurs sur un seul site implanté au cœur du campus urbain de Paris-Saclay, EDF Lab Paris-Saclay est le plus grand centre de recherche et développement au monde. Jouxant le Campus EDF, premier centre de formation professionnelle européen du secteur de l'énergie, il regroupe un hall d'essai, des laboratoires expérimentaux, un centre de conférence, un showroom et de nombreuses salles de créativité et d'accélération de l'innovation au sein de quatre bâtiments exemplaires en termes de performance énergétique et environnementale. EDF Lab Paris-Saclay réunit, sur ce site d'envergure, des compétences scientifiques de premier plan dans les différents domaines du secteur énergétique : production d'électricité décarbonée, systèmes électriques du futur et nouveaux services énergétiques. Au cœur de la dynamique d'open innovation du territoire alliant recherche, formation et innovation, le centre accueille chaque année une

centaine de doctorants alors que ses chercheurs travaillent en étroite collaboration avec les grands acteurs académiques et industriels du plateau. Le centre a ainsi noué des partenariats solides avec le CNRS, l'Université Paris-Saclay ou encore l'Institut Polytechnique de Paris dont il est partenaire stratégique du programme Energy4Climate. Il a également développé des laboratoires communs parmi lesquels le PGMO (Programme Gaspard Monge pour l'Optimisation et la recherche opérationnelle) qui étudie, en lien avec la Fondation Mathématique Jacques Hadamard, la gestion des moyens de production et les smart grids ou l'IMSIA (Institut des sciences de la mécanique et applications industrielles), commun à EDF Lab Paris-Saclay, au CEA, au CNRS et à l'ENSTA Paris-Tech et axé sur la durabilité des structures. RISEGrid est un autre de ses laboratoires communs, dédié, en collaboration avec CentraleSupélec, à l'étude et la modélisation des réseaux électriques intelligents.

TotalEnergies implante son nouveau pôle de R&D au cœur de Paris-Saclay

TotalEnergies a formé le vœu, depuis 2018, d'installer son pôle de recherche et développement Nouvelles Énergies & Électricité au cœur de l'écosystème scientifique et technologique de Paris-Saclay. C'est chose faite depuis 2022. Ce pôle est constitué de 200 chercheurs et développe de nombreuses collaborations avec les laboratoires, universités, écoles, entreprises et start-up du territoire. Parmi les partenariats initiés par TotalEnergies depuis plusieurs années, citons le partenariat scientifique engagé avec l'Institut Polytechnique de Paris autour des programmes Energy4Climate via la Chaire « Défis technologiques pour une énergie responsable » et Hi! PARIS sur l'intelligence

artificielle et les sciences des données ou le partenariat développé avec le Laboratoire de Physique des Interfaces et des Couches Minces (LPICM) sur l'énergie solaire photovoltaïque. TotalEnergies est également, depuis 2013, membre fondateur de l'Institut Photovoltaïque d'Île-de-France qui fédère de grands industriels français, des équipementiers et des partenaires académiques. Il est également, depuis 2019, membre de Vedecom, un institut pour la transition énergétique dédié aux mobilités du futur. Enfin, le groupe a créé avec EDF et Thales en 2020 le laboratoire commun SINCLAIR consacré à l'intelligence artificielle.

De nombreuses entreprises, parmi les leaders mondiaux du secteur, ont implanté leurs centres de recherche et développement au cœur du pôle Paris-Saclay.



Campus Innovation: un centre R&D d'envergure pour Air Liquide

Le Campus Innovation Paris d'Air Liquide accueille, parmi d'autres structures de l'entreprise, le premier des centres de R&D du groupe, avec plus de 350 chercheurs, 59 laboratoires et 8 plateformes techniques sur 15 000 m². Il incarne l'innovation ouverte du groupe, notamment au service de la transition énergétique, de partenariats avec de grands laboratoires de recherche du territoire (CNRS, Université Paris-Saclay ou encore l'Institut Photovoltaïque d'Île-de-France dont il est membre fondateur), des start-up et acteurs industriels,

tels que Arkema ou Airbus, ou encore la plateforme de fabrication additive, Additive Factory Hub, créée en 2017 sur le plateau de Saclay. Engagé pour l'innovation sur le territoire, le campus héberge également un accélérateur de start-up deeptech, Accelair, qui propose, depuis 2019, des bureaux, un accès à des espaces individuels d'expérimentation et un programme sur mesure d'accompagnement grâce à la mise en relation avec des experts d'Air Liquide et avec pour objectif d'accélérer l'industrialisation de leur offre.

• fig.8 Campus Innovation Paris d'Air Liquide. Vue du nouveau bâtiment inauguré aux Loges-en-Josas en septembre 2018.



ENTRETIEN AVEC LUCIE PROST  
DIRECTRICE DU CAMPUS INNOVATION PARIS D'AIR LIQUIDE

## L'innovation ouverte au service de la transition énergétique



En septembre 2018, Air Liquide inaugurait, sur son site historique de Loges-en-Josas, un « campus » conçu dans une logique d’innovation ouverte avec les acteurs industriels et académiques de l’écosystème de Paris-Saclay. Lucie Prost, sa directrice depuis septembre 2022, nous précise ses ambitions en matière de transition énergétique, notamment dans la filière de l’hydrogène.

Nous sommes ici sur le site historique de la R&D d’Air Liquide, transformé en Campus Innovation Paris. Pourquoi le choix de ce mot « campus » ?

**LP** Ce site de Loges-en-Josas est effectivement historique : nous y sommes installés depuis les années 1970. Il vient de connaître une profonde rénovation qui s’est traduite par la construction de nouveaux bâtiments inaugurés en septembre 2018 – de l’ancien site subsistent encore des halls d’essai. De futurs investissements sont prévus dans le secteur de la Croix Blanche pour accueillir d’autres entités du groupe. Notre campus compte 48 laboratoires et des plateformes pilotes. Alors pourquoi parler de campus ? Parce que nous avons la volonté, en plus de développer nos activités de R&D, de disposer d’un lieu réunissant d’autres entités et compétences du groupe Air Liquide contribuant à l’innovation, ainsi que des académiques – nous accueillons des doctorants en convention Cifres ou en alternance – et des startupper – notre campus est doté d’un accélérateur deeptech, Accelair, inauguré en 2019. À ce jour, neuf start-up y ont été hébergées, dont cinq sont toujours en cours d’accélération. Elles ont ainsi accès à nos équipements (laboratoires, plateformes pilotes, imprimantes 3D...) pour les besoins de leurs tests et prototypes, tout en bénéficiant des conseils de nos ingénieurs-chercheurs.

Un mot sur la conception architecturale de votre campus, manifestement destiné à favoriser le croisement de compétences...

**LP** En effet. Dessiné par l’atelier d’architecture Michel Rémon & associés, notre campus a été conçu pour favoriser les interactions aussi bien en interne qu’avec l’extérieur, dans une logique d’innovation ouverte. Le rez-de-chaussée s’organise, depuis l’entrée principale, autour d’un hall accessible au public extérieur, puis d’une « artère » où l’ensemble des personnels, aussi bien administratifs que des laboratoires, est amené à se croiser. La rotonde par laquelle vous êtes arrivé peut accueillir des événements internes ou extérieurs, avec une jauge

de 300 personnes. À quoi s’ajoute un auditorium d’une centaine de places.

Un mot sur l’écosystème de Paris-Saclay. Comment votre campus interagit-il avec lui ?

**LP** Nous collaborons de longue date avec les établissements d’enseignement supérieur et de recherche du plateau de Saclay, à commencer par les écoles d’ingénieurs : CentraleSupélec, École polytechnique, etc. Nous avons également des relations étroites avec les organismes de recherche nationaux qui y sont implantés – le CEA et le CNRS. Nous nous sommes aussi rapprochés de l’Institut Photovoltaïque d’Île-de-France (IPVF), de création plus récente. Nous sommes par ailleurs engagés dans le programme national Confiance.ai, destiné à industrialiser l’intelligence artificielle au travers d’une plateforme sécurisée permettant la mise en commun des datas en vue d’alimenter des projets industriels innovants. Il réunit près d’une quarantaine de partenaires académiques et industriels dont plusieurs sont présents dans l’écosystème Paris-Saclay (Renault, Safran, Thales, l’IRT SystemX, Inria...).

### « Nous collaborons de longue date avec les établissements d’enseignement supérieur et de recherche du plateau de Saclay. »

Sur quoi portent vos recherches et innovations dans le domaine énergétique ?

**LP** Nos activités de recherche et d’innovation portent sur au moins deux enjeux majeurs. D’une part, la gestion des émissions de CO<sub>2</sub> en vue de la décarbonation des activités industrielles, les nôtres comme celles de nos clients et partenaires. Nous disposons pour cela d’un portefeuille de technologies (Cryocap™) permettant de capter, purifier, liquéfier le CO<sub>2</sub> – soit les procédés de *carbon capture / usage / storage* – que nous nous employons

à optimiser tout en caractérisant de nouveaux cas d’usage, notamment dans l’industrie agroalimentaire. D’autre part, la production d’hydrogène liquide, en vue de répondre aux besoins de transport lourd, c’est-à-dire par camion, par bateau, par train ou par avion. Nous avons d’ores et déjà noué des partenariats avec des opérateurs de transport et des industriels pour leur fournir des solutions technologiques permettant un usage sécurisé de l’hydrogène tout au long de la chaîne de valeur logistique.

Pourriez-vous donner un exemple concret ?

**LP** Nos collaborateurs sont engagés dans le projet d’avion à hydrogène porté par le groupe Airbus. Lequel prévoit de premiers tests dès 2027 pour des vols commerciaux à l’horizon 2030. Bien d’autres champs d’application de l’hydrogène sont envisageables comme, par exemple, des procédés de production industrielle requérant l’usage de fours – la métallurgie, la verrerie, etc. Le recours à l’hydrogène permet de doper la température en plus de ne pas émettre de GES – pour l’heure, ces fours fonctionnent à partir de méthane (CH<sub>4</sub>), très émetteur de CO<sub>2</sub> là où la combustion de l’hydrogène ne produit que de l’eau et de l’azote. Mais l’usage de cet hydrogène commence ici même, sur notre campus, qui dispose d’une station alimentant outre les véhicules de notre flotte, les bus de deux lignes de la communauté d’agglomération Versailles Grand-Parc et les taxis Hype.

On imagine le spectre d’expertises et de compétences mobilisées sur votre campus...

**LP** De fait, nous comptons des ingénieurs de niveau PhD ou postdoc, spécialistes en analyse des gaz et de la combustion ; en caractérisation et comportement des matériaux à très basses ou très hautes températures ; en procédés, en sciences de la vie appliqués à l’agroalimentaire ou au traitement des eaux, etc. S’y ajoutent les techniciens assurant les manipulations de caractérisation dans nos bancs d’essai. Soit quelque 350 personnes, sans compter les experts de différents domaines, intervenant à l’échelle du groupe.

Dans quelle mesure la crise énergétique que nous traversons vous conforte dans vos choix ?

**LP** Les choix que nous avons faits nous permettent d’être en phase avec les attentes du moment et de préparer le futur, notamment grâce à l’hydrogène. Depuis des années, nous investissons dans cette énergie. Air Liquide a été un des membres fondateurs de l’Hydrogen Council, un consortium international d’entreprises leaders dans le domaine de l’énergie, des transports, ayant l’ambition d’investir dans l’économie de l’hydrogène. Cela étant dit, gardons à l’esprit que nous évoluons dans des domaines encore pleins d’incertitude. De là l’intérêt de s’inscrire dans une démarche

partenariale, de surcroît à l’échelle européenne. Nous y sommes d’ailleurs encouragés par l’Union européenne, qui a été précurseur dans tous les enjeux de décarbonation de l’industrie et qui continue à prendre des initiatives en ce sens. Notre R&D est déjà engagée dans plusieurs projets industriels européens destinés à décarboner l’industrie tout en répondant à ses besoins énergétiques.

### « Nous proposons des solutions technologiques permettant un usage sécurisé de l’hydrogène tout au long de la chaîne de valeur logistique. »

Au-delà des recherches et innovations que vous y menez, en quoi votre campus est-il exemplaire au plan énergétique ?

**LP** Nos bâtiments sont à un niveau de haute performance énergétique. Les constructions récentes reposent sur une conception bioclimatique – elles ne recourent pas à l’air conditionné, mais à une ventilation naturelle. Par ailleurs, le campus est équipé de 300 m<sup>2</sup> de panneaux photovoltaïques en plus d’être alimenté en gaz naturel 100 % biométhane et en électricité 100 % renouvelable.

Vous étiez jusqu’à récemment directrice générale d’Air Liquide Santé puis de VitalAire. Qu’est-ce qui vous a prédisposée à diriger le campus Air Liquide ?

**LP** Outre la santé, ma carrière au sein d’Air Liquide a été tournée vers les relations clients industriels. Lesquels sont directement concernés par les problématiques de la transition énergétique et de la décarbonation. Il en va ensuite de la transition énergétique comme de la santé, un autre domaine de recherche et d’innovation investi par notre campus : ce sont des enjeux majeurs, qui donnent pleinement sens à l’engagement de nos collaborateurs. De même que la crise liée à la Covid-19 a été pour eux l’occasion de montrer le rôle essentiel du support apporté aux hôpitaux et aux patients, de même la crise énergétique donne pleinement sens à nos activités de R&D et d’innovation dans les domaines de l’hydrogène et de la décarbonation. Et puis, comme je l’ai dit, le Campus Innovation Paris d’Air Liquide est engagé dans des projets internationaux. Il couvre un vaste périmètre incluant l’Europe, l’Afrique, le Moyen-Orient et l’Inde, ce qui en fait, y compris au regard des effectifs, le plus important campus du groupe. C’est dire si les perspectives en termes de partenariats industriels et académiques sont nombreuses en plus d’être stimulantes.

Propos recueillis par Sylvain Allemand



Des talents de renommée internationale

La perspective d'exercer au sein d'établissements et de laboratoires de recherche de rang mondial et de collaborer tant avec des chercheurs prestigieux que des industriels de premier plan incite des scientifiques, toujours plus nombreux, à rejoindre le pôle académique de Paris-Saclay. Selon le classement Highly Cited Researchers, qui répertorie chaque année les scientifiques les plus cités au monde, la France occupe la 8<sup>e</sup> place avec, au sein de l'Université Paris-Saclay, 36 scientifiques parmi les 1% les plus nommés dans leur discipline. **Daniel Lincot**, professeur au Collège de France, médaille d'argent du CNRS en 2004 et directeur scientifique de l'Institut Photovoltaïque d'Île-de-France jusqu'en 2019 fait partie de ces chercheurs mondialement reconnus par ses pairs. Il est notamment renommé, depuis 1978, pour son expertise en énergie solaire photovoltaïque, sujet sur lequel il a publié plus de 300 publications et déposé 22 brevets. Il a également participé à la création d'organismes majeurs du territoire, comme l'Institut de recherche et de développement sur l'énergie photovoltaïque (2005-2018) ou l'Institut Photovoltaïque d'Île-de-France. **Jean-Michel Lourtioz**, directeur de recherche émérite au CNRS et vice-président honoraire de l'Université Paris-Sud est, quant à lui, reconnu pour ses recherches sur les champs

36

SCIENTIFIQUES  
PARMI LES 1%  
LES PLUS  
NOMMÉS  
DANS LEUR  
DISCIPLINE

au sein de l'Université  
Paris-Saclay selon  
le classement Highly  
Cited Researchers  
qui place la France  
à la 8<sup>e</sup> place.

Jean Jouzel, prix Nobel et leader mondial de la recherche en climatologie

Climatologue mondialement reconnu, Jean Jouzel a démarré sa carrière au sein du Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA). Il doit son premier succès au projet Vostok qui voit la découverte d'une couche de glace de 200 mètres sous le lac sous-glaciaire du même nom, en Antarctique. Fort de ce succès et de celui du programme de forage Grip, Jean Jouzel met sur pied le programme Epica qui consiste à effectuer des forages dans l'Antarctique et en devient directeur de 1995 à 2001. Parallèlement, il assure différentes fonctions au sein du CEA et du CNRS, dont celle de directeur du laboratoire de modélisation du climat et de l'environnement puis de responsable du groupe climat au sein du Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (LSCE)

au sein du CEA. De 2001 à 2008, il est directeur de l'Institut Pierre-Simon Laplace, une fédération de huit laboratoires travaillant, au sein du pôle Paris-Saclay, sur les questions du climat. En 1994, Jean Jouzel intègre le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), dont il a été vice-président du conseil scientifique entre 2002 et 2015. En 2002, le CNRS lui décerne, conjointement avec Claude Lorius, sa médaille d'or, plus haute distinction de la recherche scientifique en France. Il est coréceptiendaire, en 2007 du prix Nobel de la paix avec le GIEC, et, en 2012, il reçoit le prix Vetlesen, considéré comme le Nobel des sciences de la terre et de l'univers. Il est par ailleurs l'un des auteurs les plus cités dans le domaine des sciences de l'univers.

• fig.9 Jean Jouzel en 2019, en conférence à Reims.

des lasers, de l'optoélectronique, des cristaux photoniques ou des nanobiotechnologies. Il a contribué à la création de grands projets structurants sur le campus de Paris-Saclay, tel le Centre de Nanosciences et de Nanotechnologies (C2N), ainsi qu'à la diffusion de la culture scientifique dans le domaine des nanosciences et du développement durable. Il a également initié de nombreuses coopérations avec le secteur industriel, notamment dans les domaines de la microélectronique et des télécommunications optiques. Ensemble, ils ont participé, en 2021, à la création de la start-up SQY PV évoluant dans la fabrication de panneaux photovoltaïques flexibles. D'autres personnalités académiques majeures contribuent au prestige du pôle scientifique et technologique de Paris-Saclay. Parmi celles-ci : **Marc Petit**, enseignant-chercheur à CentraleSupélec dans le domaine des systèmes électriques et coordinateur des actions innovation et partenariales au sein de l'Institut de l'Énergie Soutenable, **Philippe Drobinski**, directeur de recherche au CNRS, professeur à l'École polytechnique, directeur du Laboratoire de Météorologie Dynamique et directeur-fondateur du centre Energy4Climate ou encore **Valérie Masson-Delmotte**, fortement reconnue sur les scènes nationale et internationale pour son expertise sur le réchauffement climatique ou **les prix Nobel Gérard Mourou et Jean Jouzel**.

La perspective d'exercer au sein d'établissements et de laboratoires de recherche de rang mondial et de collaborer tant avec des chercheurs prestigieux que des industriels de premier plan incite des scientifiques, toujours plus nombreux, à rejoindre le pôle académique de Paris-Saclay.



Valérie Masson-Delmotte, haute représentante du GIEC

Climatologue, diplômée de l'École centrale Paris en physique des fluides et des transferts et directrice de recherche au Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (LSCE) au sein du CEA, Valérie Masson-Delmotte, qui a démarré aux côtés de Jean Jouzel, oriente ses travaux de recherches sur le changement climatique, notamment l'évolution des climats passés et l'impact du climat futur. Membre du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC),

elle est depuis 2015 coprésidente du groupe n°1 portant sur les principes physiques du changement climatique. En 2018, elle était classée par la célèbre revue scientifique *Nature* parmi les dix personnalités qui ont le plus compté dans l'année. En 2019, elle était lauréate de la médaille d'argent du CNRS. Elle est également membre du Haut Conseil pour le climat, placé sous la responsabilité du Premier ministre français.

- Gérard Mourou, prix Nobel de physique en 2018
- Jean Jouzel, coréceptiendaire du prix Nobel de la paix en 2007 avec le GIEC

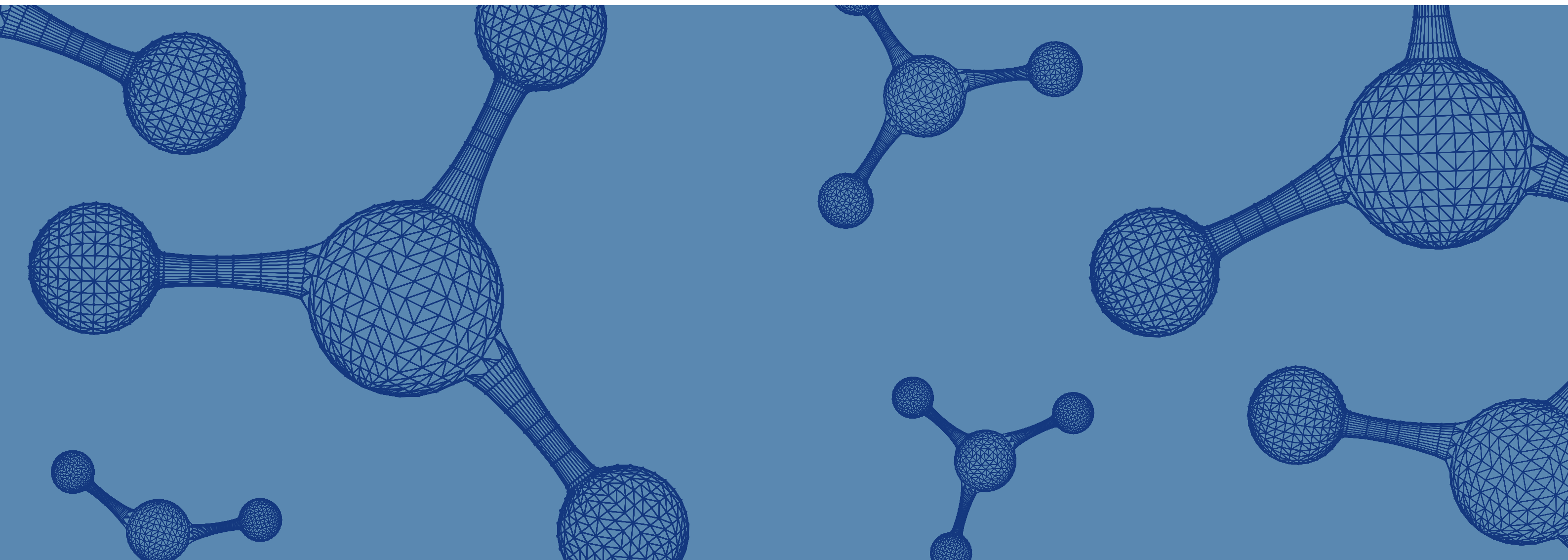
• fig.10 Valérie Masson-Delmotte, directrice de recherche au Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (LSCE) au sein du CEA.



# Un positionnement à la pointe de l'innovation sur les technologies clés

Par la richesse et la diversité de ses acteurs, la densité des compétences déployées et un important croisement des disciplines favorisant des innovations parmi les plus disruptives, le territoire de Paris-Saclay est au cœur des enjeux de l'énergie.

Ses acteurs – chercheurs, scientifiques, industriels – y travaillent sur l'ensemble des secteurs phares de l'énergie, notamment sur les filières d'avenir, telles que l'hydrogène, les bioénergies, les infrastructures et smart grids ou la géothermie et le captage de CO<sub>2</sub>. Le tout favorisant une belle dynamique de création de start-up à la pointe de la technologie.





Les secteurs phares de l'énergie représentés

Au regard des acteurs en présence sur le plateau de Paris-Saclay, les trois grands domaines d'activités significatifs du secteur énergétique que sont la production, les infrastructures et les usages sont particulièrement bien représentés.

En matière de **production** tout d'abord, qui réunit les filières nucléaire, fossile, hydraulique et énergies renouvelables dont le solaire, l'éolien, la géothermie ou encore l'énergie marine, le territoire compte de grands acteurs, producteurs d'énergie, tels **EDF, Orano, TotalEnergies, Bouygues Énergies & Services, Colas** ou encore **Dekra**. Aux côtés de ces leaders de l'industrie françaises, des PME et des start-up évoluent dans le secteur du photovoltaïque comme **In sun we trust** ou **Solems** ou de l'éolien comme **Wind my roof**. En ce qui concerne la production de bioénergies – biogaz, biométhane, bioéthanol ou biodiese – citons la start-up **Tryon** qui propose de la méthanisation locale et modulaire pour valoriser les biodéchets alimentaires ou la PME **Semardel** qui recouvre une activité dans le biogaz.

En matière d'**infrastructures** ensuite, le territoire dénombre plusieurs entreprises, à la fois dans les domaines des smart grids, du transport d'énergie, du stockage batteries, mécanique ou chaleur ou de l'hydrogène. Parmi les grands noms du secteur citons **Engie Solutions, Thales, Eiffage**, le **groupe CNIM, Dolfines, Sopemea, Elogen** ou encore **Air Liquide**. Le secteur compte également de nombreuses start-up issues d'innovations des laboratoires de Paris-Saclay ou implantées sur le territoire telles **Checkin, WinMS, Géolith, Nanomakers, Nawa Technologies, Airthium** ou **Adionics**.

**Les usages**, enfin, recouvrent à la fois les activités de captage et d'utilisation du carbone – production d'électricité fossile avec captage de CO<sub>2</sub>, production de biocarburants, d'hydrogène, raffinage, production de produits chimiques, de métaux ou de ciments – et tout ce qui est lié à l'efficacité énergétique au sein des filières bâtiment, éclairage, chauffage, industrie ou encore électronique. Dans ce domaine encore, aux côtés de grands acteurs tels **Bouygues Construction, Socotec** ou **Cementys**, de nombreuses start-up proposent des innovations au cœur de la transition énergétique. Parmi celles-ci : **Enogrid, Kipsum, Dataswasi, Lemon Energy, Hello watt, Green Communications, Accenta, Ecojoko** ou encore **Cryo Pur**.

• **fig.11** Le pôle Paris-Saclay est un territoire majeur de recherche en photovoltaïque.



3

GRANDS DOMAINES D'ACTIVITÉS DU SECTEUR ÉNERGÉTIQUE REPRÉSENTÉS

- La production
- Les infrastructures
- Les usages

Production, infrastructures, usages : les trois secteurs clés de la transition énergétique

La cartographie de la transition énergétique est répartie en trois grands domaines d'activités: la production, les infrastructures et les usages.

Le secteur de la production recouvre plusieurs activités de production d'électricité bas-carbone:

- le nucléaire,
- l'énergie hydraulique,
- les énergies renouvelables (ENR) regroupant l'énergie solaire (photovoltaïque et solaire thermique), l'éolien (éolien terrestre et éolien offshore), la géothermie et l'énergie marine,
- les bioénergies avec le biogaz, le biométhane, le bioéthanol, le biodiesel.

Le secteur des infrastructures regroupe de son côté des domaines variés:

- les infrastructures digitales,
- les smart grids,
- les stations de recharge électrique,
- le courant haute tension flexible,
- le stockage (stockage par batteries, stockage mécanique, stockage hydrogène).

Le secteur des usages, enfin, recouvre de nombreux domaines, dont les principaux sont:

- l'industrie,
- le bâtiment,
- les transports,
- le numérique,
- l'éclairage,
- le chauffage et l'air conditionné.

• **fig.12** Le territoire de Paris-Saclay accueille les secteurs phares de l'énergie, notamment les filières d'avenir tel l'hydrogène.





## Un rôle majeur sur des technologies clés

Autour des grands enjeux de la transition énergétique se dessinent les tendances clés du marché de l'énergie : **production d'électricité bas-carbone, stockage, efficacité énergétique, hydrogène, bioénergies, infrastructures et grids, géothermie et captage de CO<sub>2</sub>**. Ces grandes orientations vont structurer la filière au niveau mondial ces prochaines années. Elles stimulent d'ores et déjà, au sein du pôle Paris-Saclay, la recherche, l'innovation et des collaborations majeures entre acteurs académiques et industriels.

Parmi les atouts historiques de Paris-Saclay : une recherche à la pointe de l'innovation sur la technologie clé du nucléaire. Avec le **Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA)**, Paris-Saclay est en effet au cœur de la recherche sur le nucléaire en France. Ouvert dès 1952, alors à proximité de la nouvelle université scientifique d'Orsay, le site du CEA de Paris-Saclay accueille aujourd'hui plus de 7000 personnes au sein de l'un des plus grands centres de recherche scientifique d'Europe réparties entre Fontenay-aux-Roses, Saclay, Orsay et Évry.

### L'Institut Photovoltaïque d'Île-de-France : la pointe de la recherche mondiale en énergie solaire

À l'interface des mondes académique et industriel, l'Institut Photovoltaïque d'Île-de-France (IPVF) a été fondé en 2014 autour d'un partenariat entre trois acteurs académiques – CNRS, École polytechnique, Chimie ParisTech – et cinq industriels – TotalEnergies, EDF, Air Liquide, Horiba et RIBER. Son objectif est d'améliorer les performances et la compétitivité des cellules photovoltaïques en développant, notamment, des innovations de rupture. Son ambition : devenir l'un des principaux centres mondiaux de recherche, d'innovation et de formation dans le domaine de l'énergie solaire photovoltaïque. Dans cette optique, l'Institut fédère,

au sein d'une initiative collective, des équipes de recherche académiques reconnues au plan international et des industriels leaders de la filière photovoltaïque. L'Unité Mixte de Recherche (UMR) associée porte la recherche fondamentale sur le secteur et participe à de nombreux enseignements en deuxième cycle, master, formation continue et écoles doctorales. Engagé dans diverses collaborations avec les laboratoires du CNRS, de l'École polytechnique, et de Chimie ParisTech, l'IPVF répond à l'un des principaux défis du domaine : établir une passerelle entre les mondes académique et industriel autour d'une filière particulièrement stratégique.



## 7 TENDANCES CLÉS DU MARCHÉ DE L'ÉNERGIE

- La production d'électricité bas-carbone
- Le stockage
- L'efficacité énergétique
- L'hydrogène
- Les bioénergies
- Les infrastructures et grids
- La géothermie et le captage de CO<sub>2</sub>.

• fig.13 L'Institut Photovoltaïque d'Île-de-France rassemble l'excellence scientifique et technologique et les leaders mondiaux du déploiement des énergies renouvelables.

Occupant une place centrale au sein des recherches nucléaires et fondamentales françaises, notamment en physique nucléaire et neutronique, mais aussi en astrophysique ou en médecine nucléaire, le CEA a élargi au fil du temps ses missions autour de thématiques à forts enjeux sociétaux dont les technologies pour l'industrie, les énergies renouvelables ou les questions liées au climat et à l'environnement.

Le pôle Paris-Saclay est également particulièrement bien positionné en matière de recherche sur le photovoltaïque, l'électrolyse et l'hydrogène. Sur ces thématiques, Paris-Saclay s'appuie notamment sur deux programmes collaboratifs particulièrement innovants : **l'Institut Photovoltaïque d'Île-de-France (IPVF) et la convention de collaboration entre la société Elogen et l'Institut de chimie moléculaire et des matériaux d'Orsay (ICMMO)**. Tous deux, cultivant les synergies entre disciplines et fondés sur une très forte collaboration entre acteurs publics et privés, participent aux avancées scientifiques et technologiques et font du pôle Paris-Saclay un acteur incontournable pour ces technologies d'avenir.

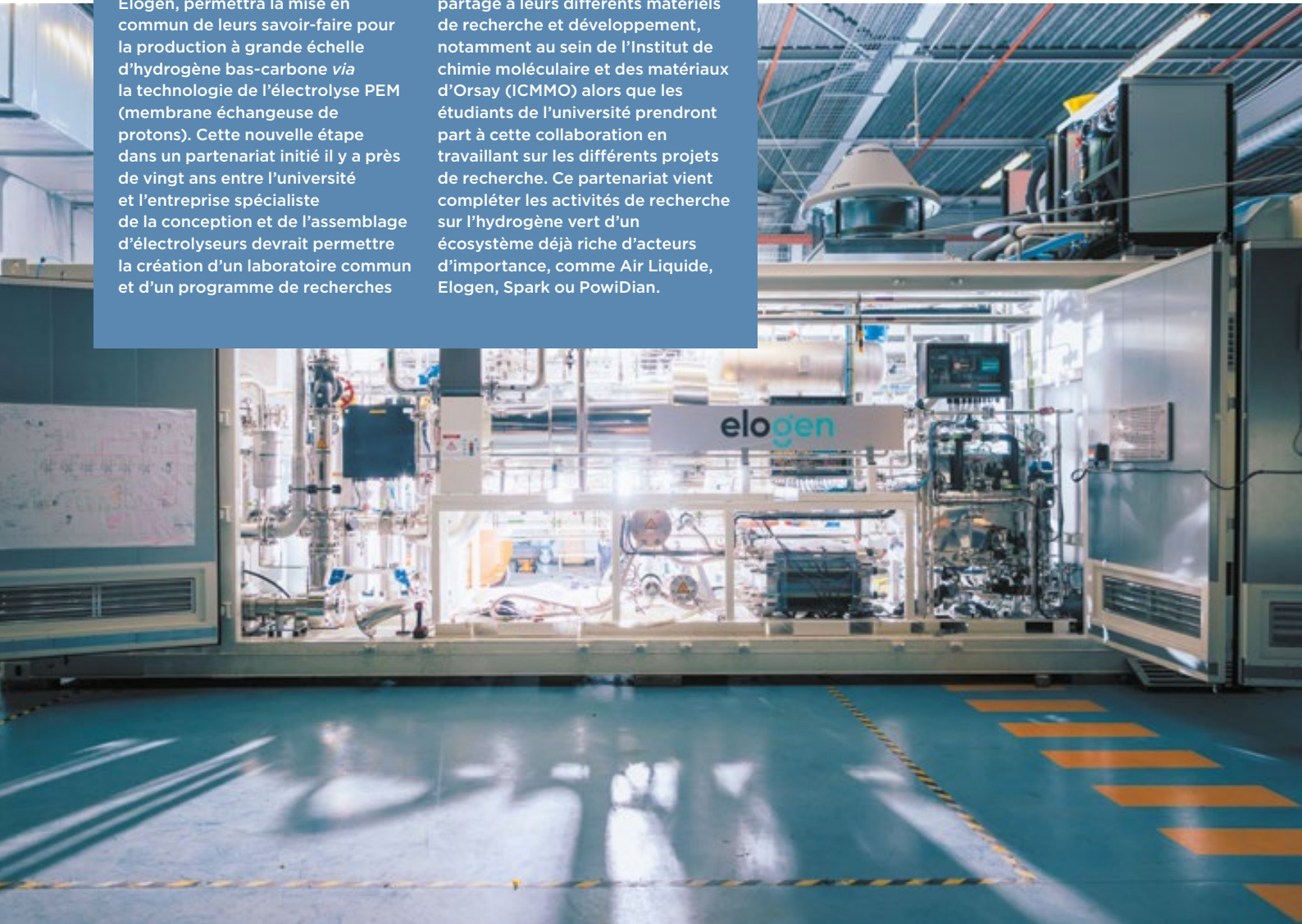
### L'Université Paris-Saclay et Elogen produisent de l'hydrogène bas-carbone

La convention de collaboration signée le 3 décembre 2021 entre l'Université Paris-Saclay et le leader français de l'électrolyse PEM, Elogen, permettra la mise en commun de leurs savoir-faire pour la production à grande échelle d'hydrogène bas-carbone via la technologie de l'électrolyse PEM (membrane échangeuse de protons). Cette nouvelle étape dans un partenariat initié il y a près de vingt ans entre l'université et l'entreprise spécialiste de la conception et de l'assemblage d'électrolyseurs devrait permettre la création d'un laboratoire commun et d'un programme de recherches

spécifiques consacré à l'électrolyse PEM. Les différents acteurs de l'Université Paris-Saclay et de l'entreprise bénéficieront d'un accès partagé à leurs différents matériels de recherche et développement, notamment au sein de l'Institut de chimie moléculaire et des matériaux d'Orsay (ICMMO) alors que les étudiants de l'université prendront part à cette collaboration en travaillant sur les différents projets de recherche. Ce partenariat vient compléter les activités de recherche sur l'hydrogène vert d'un écosystème déjà riche d'acteurs d'importance, comme Air Liquide, Elogen, Spark ou PowiDian.

Paris-Saclay est particulièrement bien positionné en matière de recherche sur les technologies d'avenir du photovoltaïque, de l'électrolyse et de l'hydrogène.

• fig.14 L'entreprise Elogen, leader français de l'électrolyse PEM conçoit, fabrique et assemble ses produits sur son site des Ulis.





ENTRETIEN AVEC ROCH DROZDOWSKI-STREHL  
DIRECTEUR GÉNÉRAL DE L'INSTITUT PHOTOVOLTAÏQUE D'ÎLE-DE-FRANCE

L'équipe de France du nouveau photovoltaïque



Alors que la Chine domine le marché européen des cellules photovoltaïques, y a-t-il de la place pour une offre française sinon européenne, de surcroît plus performante ? Oui, répond Roch Drozdowski-Strehl, qui dirige depuis 2019 l'Institut Photovoltaïque d'Île-de-France (IPVF).

Quelle est la spécificité de l'Institut Photovoltaïque d'Île-de-France (IPVF) par rapport aux laboratoires académiques et aux centres de R&D des industriels travaillant sur le photovoltaïque ?

**R D-S** Elle est de combiner les deux ! Nous avons l'habitude de dire que l'IPVF avance sur deux pieds : l'excellence scientifique et technologique, d'une part, le transfert industriel de nos solutions vers la filière, d'autre part. C'est cette double mission qui nous a été confiée par nos membres fondateurs qui représentent tant l'amont de la filière, avec des académiques de haut rang, que l'aval, avec des leaders mondiaux du déploiement d'énergies renouvelables. Si vous vous promenez dans notre bâtiment, vous y croiseriez, outre des personnels de l'IPVF, des chercheurs et ingénieurs de nos différents partenaires fondateurs ou d'industriels engagés dans nos projets parmi lesquels EDF, TotalEnergies, CNRS, École polytechnique, Air Liquide, Horiba, Rober. L'ensemble constitue une véritable « équipe de France du nouveau photovoltaïque » dédiée à la recherche de solutions innovantes dans le domaine. Elle dispose d'une plateforme technologique inaugurée en 2018 – une des dernières nées en Europe dans le domaine du photovoltaïque.

Quelles sont vos ambitions en matière d'énergie photovoltaïque ?

**R D-S** En abordant l'énergie solaire photovoltaïque, il est bon d'avoir trois chiffres à l'esprit : 7 000 – chaque année, la Terre reçoit de la part du soleil plus de 7 000 fois la consommation d'énergie de l'humanité. 1 térawatt – le montant des capacités solaires déjà installées dans le monde, un seuil mondial qui a été franchi au cours du mois d'avril 2022, témoignant d'une progression rapide. Pour mémoire, nous n'en étions qu'à 100 mégawatts il y a dix ans. Et cette progression devrait s'accélérer encore puisque le prochain térawatt devrait être franchi à nouveau dans à peine trois ans. Enfin, 90 % – la part des renouvelables dans les capacités supplémentaires de production d'électricité installées dans les cinq prochaines années : d'après l'Agence internationale de l'énergie (AIE), les deux

tiers de ces 90 % correspondent à du photovoltaïque. C'est dire son rôle prépondérant dans l'évolution du mix énergétique mondial. Cette capacité à transformer le photon en électron constitue un marché non seulement en pleine croissance, mais mondial. L'Europe en constitue, avec les États-Unis et la Chine, l'un des principaux marchés avec des taux de croissance à deux chiffres.

« 1 térawatt – le montant des capacités solaires déjà installées dans le monde. »

Il reste que la part de l'Europe dans la production de cellules photovoltaïques est marginale...

**R D-S** J'allais y venir. On ne peut que déplorer cette incohérence entre une demande soutenue et une offre européenne quasi inexistante. D'un côté, l'UE affiche son ambition d'être un acteur majeur de la transition énergétique, de l'autre, elle ne dispose pas des capacités de production d'une composante importante des EnR, les panneaux photovoltaïques. Ce qui questionne notre sécurité d'approvisionnement et, plus fondamentalement, notre souveraineté dans un monde où les renouvelables joueront un rôle croissant. Les importer massivement, c'est aussi se priver de la possibilité de constituer une filière industrielle pourvoyeuse d'emplois en Europe. Nous ne pouvions donc pas rester inactifs devant cette situation.

Pour autant, l'ambition de l'IPVF n'est pas de réinventer la poudre, mais de concevoir des cellules photovoltaïques de nouvelle génération...

**R D-S** En effet, et ce photovoltaïque de nouvelle génération consiste en un mariage entre la couche à base de silicium – soit la norme actuelle du marché – et un nouveau matériau dit « couche mince » (le pérovskite), développé à l'IPVF. L'empilement de ces deux couches forme un ensemble appelé dispositif « tandem », qui permet de meilleurs rendements (jusqu'à 30 % au lieu de 23 %), grâce au captage plus important du spectre lumineux.

Les matériaux « couche mince » constituent une technologie de rupture, sobre en matière et en énergie, au cœur des développements technologiques de l'IPVF.

À quelle échéance pensez-vous passer au stade de la production industrielle ?

**R D-S** Pour ce qui est des cellules « tandem » à base de pérovskite, nous engageons avec VOLTEC Solar, leader français du solaire situé dans le Grand Est, un projet de maturation et de transfert technologique. Dès 2023, nous accueillerons une ligne pilote dans nos locaux. Une ligne de production de 200 MW sera ensuite installée sur le site industriel de VOLTEC Solar avant la construction d'une giga-usine en 2025. En cela, nous sommes bien en passe de tenir les objectifs d'impact de France 2030. D'ailleurs, à l'occasion du premier anniversaire de ce dispositif, l'IPVF a été l'un des 5 lauréats sélectionnés, parmi 1 750, pour présenter ses réalisations à date et ses perspectives de développement.

Qu'est-ce qui vous rend confiant quant à la possibilité que l'IPVF se positionne parmi les leaders du secteur ? Son inscription dans l'écosystème de Paris-Saclay ?

**R D-S** Notre inscription dans cet écosystème fait notre force, indéniablement. Elle remonte à plus loin qu'on ne le pense. Si l'IPVF a été créé en 2013, il résulte en réalité de la mise en commun d'équipes qui travaillaient ici déjà depuis plusieurs années sur l'énergie solaire et qui comptent en leur sein des experts de rang mondial : Pere Roca i Cabarrocas, directeur scientifique IPVF ; Daniel Lincot, précédent directeur scientifique ; Jean-François Guillemoles, directeur de l'UMR IPVF... Fait également notre force la lettre de mission fixée par nos tutelles : elle fixe des caps précis pour passer du stade de la recherche en laboratoire à l'industrialisation. Nous avons en conséquence adopté en plus d'équipements de recherche, les méthodes du monde industriel, de façon à ce que nos avancées puissent déboucher sur de la production en série et, donc, être plus facilement appropriables par les industriels.

« Notre inscription dans l'écosystème de Paris-Saclay fait indéniablement notre force. »

Qu'est-ce qui fait votre particularité par rapport à des structures équivalentes, existant en Europe – les instituts Fraunhofer allemands, par exemple ?

**R D-S** D'autres structures font effectivement, comme nous, de la recherche avec des académiques en vue d'applications industrielles. Nous les connaissons bien, et s'il nous arrive de les voir parfois comme

compétiteurs, nous préférons les considérer comme partenaires potentiels. Je pense, outre le Fraunhofer ISE, à l'Imec (Belgique) et à l'EPFL (Suisse). S'il nous fallait trouver des distinctions, je dirais qu'au-delà de notre excellence scientifique, nous cherchons à développer le maximum d'agilité, un état d'esprit plus « start-up » pour coller au mieux aux besoins de nos clients : nous sommes tournés vers l'innovation technologique avec l'ambition de lever des verrous pour passer aussi rapidement que possible à une phase d'industrialisation.

À vous entendre, on comprend que vous êtes dans une logique de « coopétition ». Que dites-vous à ceux qui considèrent que c'est une « équipe de l'Europe », qui devrait être constituée pour œuvrer au photovoltaïque de 2<sup>e</sup> génération ?

**R D-S** Je répondrais qu'ils ont parfaitement raison ! Dès lors que la compétition est mondiale, nous autres Européens avons intérêt à réunir nos forces. C'est d'ailleurs la direction que nous prenons. En témoigne le programme « Horizon Europe », qui incite à une coopération entre partenaires européens. En même temps, il me paraît sain de cultiver un certain degré de compétition, en permettant à chaque centre de R&D de faire valoir ses fers de lance. C'est comme cela qu'on parviendra aux solutions les plus pertinentes, les plus différenciantes, par rapport aux offres chinoises ou américaines. Le fait de poursuivre nos propres projets industriels au sein de l'IPVF ne nous empêche pas d'aller chercher des compétences éventuellement manquantes à travers l'Europe, bien au contraire.

Un mot sur le bâtiment qui abrite l'IPVF : en quoi est-il exemplaire au plan énergétique ?

**R D-S** Naturellement, ce bâtiment se devait d'être exemplaire au plan énergétique. La surface de la toiture est conçue pour accueillir des panneaux et en tester l'efficacité. L'ensemble du bâtiment est labellisé Haute Qualité Environnementale (NF HQE). Ce qui n'est pas sans nous poser problème au plan des télécommunications, les situations de basse consommation contrariant parfois le passage du signal téléphonique ! Dans le contexte de crise énergétique que nous connaissons, l'efficacité énergétique fait l'objet d'une attention toute particulière de nos équipes en charge de l'exploitation. Quels sont les impacts sur les travaux de variations des consignes de température et d'hygrométrie par exemple ? Nos équipes s'attellent à répondre à ce genre de question sachant que des laboratoires comme les nôtres exigent un haut niveau de maîtrise de l'environnement expérimental. Il nous faut donc caractériser les besoins précis, dans l'espace, par zone, et dans le temps.

Propos recueillis par Sylvain Allemand



Une forte dynamique d’innovation

Avec une trentaine de start-up de haute technologie créées dans le secteur de l’énergie depuis 2010, le territoire de Paris-Saclay fait preuve d’un rythme de croissance stable et régulier. Parmi les premières start-up créées, aujourd’hui bien installées, citons **Smart Impulse, Green Communications, Nawa Technologies, WIN MS, Adionics ou Glowee**. Parmi les toutes dernières sociétés développées: **Lemon Energy, Enogrid, Datafarm, Streem** ou **Wind my Roof**. Ces start-up ont été fondées sur une technologie développée au sein d’un laboratoire de Paris-Saclay, créées par un fondateur issu du pôle ou implantées sur le territoire. Elles interviennent sur des domaines d’application diversifiés allant de la production industrielle de poudres nanométriques à base de silicium avec **Nanomakers** ou de lithium écoresponsable avec **Geolith** à la conception de systèmes de stockage d’énergie solaire avec **Airthium**, en passant par le conseil en optimisation énergétique avec **Hello Watt** ou **Ecojoko** ou des solutions de chauffage et de climatisation bas-carbone avec **Accenta**.

Ce dynamisme de création résulte en grande partie de la structuration de la filière énergie sur le territoire. Établissements d’enseignement supérieur, laboratoires de recherche fondamentale, instituts de recherche appliquée, organismes de formation prestigieux, entreprises leaders du secteur, programmes collaboratifs innovants, l’exceptionnelle concentration de ressources et de partenaires sur le plateau confère à Paris-Saclay les atouts d’un pôle d’innovation parmi les plus attractifs pour les investisseurs, innovateurs et entrepreneurs du monde entier.

Ces start-up ont également pu bénéficier des nombreux lieux dédiés à l’innovation et à la création d’entreprises innovantes au sein de Paris-Saclay. Des incubateurs sont animés sur le territoire par les écoles: **incubateur X-UP, Pépinière X-Tech** au sein de l’École polytechnique, **Centre d’entrepreneuriat et d’innovation 503** au sein de l’Institut d’Optique, **incubateur de CentraleSupélec**. Des accélérateurs et incubateurs émanent de structures publiques ou privées: **IncubAlliance, WILCO, la SATT Paris-Saclay**. Des ilabs et fablabs sont également consacrés au développement de technologies innovantes.

Adionics révolutionne le marché mondial d’extraction du lithium

Créée en 2012 et incubée au sein d’Incuballiance, Adionics est spécialisée dans le dessalement de l’eau de mer. À l’origine d’un procédé d’extraction sélective des sels d’effluents aqueux par voie liquide à température ambiante, baptisé AquaOmnes, Adionics propose sa solution via deux projets pilotes installés à Masdar aux Émirats Arabes Unis et à Martigues sur un site d’EDF. La start-up s’oriente aujourd’hui vers l’adaptation de sa technologie à l’extraction du lithium, indispensable à la fabrication des batteries,

un marché en pleine expansion. Sa dernière levée de fonds de 7 M€ en 2021, notamment auprès du Fonds PSIM opéré par Bpifrance, lui permettra de réaliser une première unité industrielle de production de « Clean Lithium » au cœur du « Triangle du Lithium » sud-américain. Elle lui permettra également de lancer la commercialisation de sa solution, une technologie de rupture sans équivalent au niveau mondial qui pourrait révolutionner le marché de l’extraction du lithium au bénéfice d’une énergie et d’une mobilité plus verte.

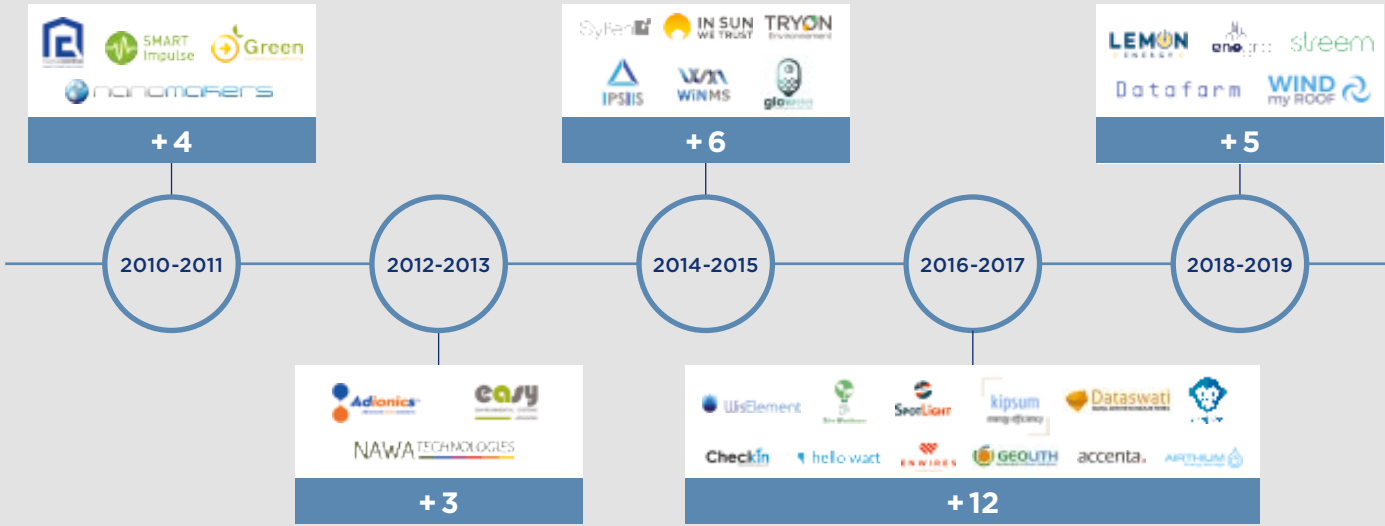


30  
START-UP  
DE HAUTE  
TECHNOLOGIE  
CRÉÉES DANS  
LE SECTEUR  
DE L'ÉNERGIE  
DEPUIS 2010

Les start-up  
bénéficient  
de nombreux  
lieux dédiés  
à l'innovation  
et à la création  
d'entreprises  
innovantes au  
sein du plateau  
de Paris-Saclay.

Les start-up du territoire

Depuis dix ans, le rythme et le nombre de créations de start-up sur le territoire de Paris-Saclay est stable et régulier. Il illustre la belle dynamique d’innovation du pôle dans le domaine de la transition énergétique.



Glowee invente l’éclairage public à base de bioluminescence marine

Start-up particulièrement novatrice et emblématique du pôle, Glowee est implantée depuis 2014 au sein du Genopole situé à Évry-Courcouronnes. Son innovation particulièrement originale consiste à développer la lumière biologique. Dans cette optique, Glowee s’appuie sur la bioluminescence, cette lumière produite et diffusée par certains organismes vivants comme les lucioles ou les vers luisants mais aussi par plus de 80 % des organismes marins. Sur cette base, Glowee développe une matière première vivante faite de bactéries marines naturellement bioluminescentes et facilement cultivables en laboratoire et élabore les produits adaptés à l’intégration de cette lumière liquide et biologique. Avec son offre Glowpolis, la start-up

entend ainsi révolutionner l’éclairage public avec une gamme de mobilier urbain à base de bioluminescence marine. Une première expérimentation, dans ce cadre, a débuté au cœur de la ville de Rambouillet en janvier 2023 avec un premier mobilier urbain de signalétique bioluminescent pour son centre culturel La Lanterne. Bénéficiant d’un financement de la Commission européenne à hauteur de 1,7 M€ dans le cadre d’un appel à projets sur la transition énergétique remporté en 2020, Glowee propose ainsi une alternative durable à la lumière artificielle. Le passage à l’échelle est prévu pour 2024 avec des lots de mobiliers urbains permettant d’éclairer un quartier dans son intégralité. Un projet novateur pour la ville de demain.

Lemon Energy décarbone l’industrie

Issue de l’écosystème Paris-Saclay, membre de la French Tech Paris-Saclay et installée au sein du Playground Paris-Saclay, Lemon Energy est représentative des start-up du territoire. Bureau d’études dédié à l’industrie, la start-up accompagne ses clients dans la mise en œuvre de stratégies bas-carbone afin d’optimiser la performance énergétique de leurs sites et faire de la décarbonation un véritable levier de compétitivité. La start-up propose un ensemble de services et d’expertises pour tout type d’industrie. Son innovation, reconnue par le ministère de l’Enseignement supérieur et de la Recherche, s’appuie sur les technologies de l’industrie 4.0, en particulier des algorithmes d’analyse prédictive adaptés aux procédés, pour améliorer en temps réel la performance énergétique des sites. Depuis quatre ans, l’entreprise a détecté des économies d’énergie équivalentes à la consommation annuelle d’une ville de 620 000 habitants.



ENTRETIEN AVEC DIDIER ROUX  
COFONDATEUR ET CEO DE WATTANYWHERE

## WattAnyWhere, une pépite de l'écosystème de Paris-Saclay au cœur des enjeux de l'énergie



Convertir de l'éthanol renouvelable en électricité propre au service des besoins de recharge rapide des véhicules électriques en Europe, grâce à une innovation qui prend la forme d'un générateur à pile à combustible. Telle est l'ambition de la start-up WattAnyWhere, lauréate de l'édition 2022 du SPRING 50 dans la catégorie mobilités. Son cofondateur, Didier Roux, nous en dit plus, y compris sur les enjeux au plan européen.

WattAnyWhere s'est fixé pour objectif de fournir une énergie issue de la biomasse pour une recharge rapide des véhicules électriques. Comment en êtes-vous venu à cette solution ?

**DR** L'Union européenne s'est fixé un objectif ambitieux en matière de recharge électrique rapide (25 térawatt-heures d'ici 2030) afin de garantir la transition des véhicules à moteur thermique vers les véhicules électriques. Seulement, ce déploiement suppose le maillage de tout le territoire européen à raison d'une borne tous les 60 km en moyenne – une moyenne définie par la Commission européenne. Or, de l'aveu même des acteurs engagés dans ce déploiement, que mon associé, Alex Laybros, et moi avons pris le temps de rencontrer, le raccordement des stations de charge rapide prendra du temps – entre un et deux ans en Europe de l'Ouest, entre deux et trois ans en Europe de l'Est. En réalité, il ne suffit pas d'installer des bornes, il faut encore adapter le réseau électrique. En effet, celui-ci n'a tout simplement pas été conçu pour alimenter des bornes de recharge rapide qui requièrent un niveau de puissance entre 50 et 350 kW selon le véhicule, soit de l'ordre du mégawatt à fournir avec rien que cinq bornes... Ce n'est pas tout : les bornes ne peuvent pas toujours être installées au plus près des câbles électriques ; il faut donc tirer des câbles supplémentaires, en les faisant passer par des terrains, qui n'appartiennent ni au fournisseur d'électricité ni à l'opérateur des bornes de recharge. Il en résulte le risque de voir les délais rallonger du fait des procédures administratives. En plus d'être long, le déploiement sera coûteux – il faut compter près de 500 000 euros par borne.

En quoi consiste votre solution ?

**DR** Elle consiste en un groupe électrogène innovant, à même de fournir une puissance de 350 kW à un prix compétitif, et que nous garantissons non bruyant, non polluant, neutre en carbone. À la différence des groupes électrogènes classiques, dont le moteur fonctionne au diesel, le nôtre recourt à de l'éthanol et à des piles à combustible.

**« Nous garantissons un groupe électrogène innovant, non bruyant, non polluant, neutre en carbone, à même de fournir une puissance de 350 kW à un prix compétitif. »**

Pourquoi ce double parti pris ? Celui de l'éthanol d'abord : il a l'avantage d'être un carburant renouvelable, produit en grande quantité par les filières céréalière et sucrière, à hauteur de 10 milliards de litres par an en Europe, de 120 milliards dans le monde. Actuellement, 80 % de la production européenne est mélangée avec de l'essence pour les besoins de nos moteurs thermiques, lesquels sont amenés à disparaître à l'horizon 2030 en Europe, au profit des véhicules électriques dont les ventes sont désormais en pleine croissance. Avec notre solution, l'éthanol pourra être alloué à d'autres usages en étant converti en électricité avec, en plus, un rendement amélioré – jusqu'à 60 %, soit deux fois plus que celui utilisé pour un moteur thermique. Notre solution est d'autant plus écologique que l'éthanol provient déjà de la valorisation des résidus et des restes de la production de blé et de sucre. Les 10 milliards de litres disponibles en France permettront en outre de produire 36 térawatt-heures, soit l'équivalent de la production annuelle de quatre réacteurs nucléaires.

Comment en êtes-vous venu à rapprocher biomasse et recharge électrique, deux univers qu'on n'a pas l'habitude d'associer ?

**DR** À titre personnel, en parallèle de mon activité professionnelle, je me suis depuis longtemps intéressé aux enjeux de la transition écologique, ce qui m'a amené à porter mon attention sur différentes solutions, notamment dans le domaine énergétique. C'est ainsi que j'en suis venu à m'intéresser à l'éthanol qui, étant un sous-produit de la production sucrière, offre l'avantage de ne pas entrer en compétition avec des productions vivrières.

Y renoncer mettrait par ailleurs en difficulté les producteurs de céréales ou de betteraves, qui se trouveraient de fait privés d'un débouché. L'éthanol a d'autres vertus au niveau de son usage : de par sa composition moléculaire, il peut être considéré comme de l'hydrogène liquide. Grâce au reformeur que nous avons associé à une pile à combustible à oxyde solide (SOFC), nous sommes capables de convertir l'éthanol en hydrogène de façon très efficace. Cela nous permet de tirer profit de la très bonne densité énergétique de l'éthanol (5,83 kWh/l à comparer au 1,56 kWh/l de l'hydrogène compressé à 700 bars). En bref, notre solution va dans le sens de l'histoire. D'autant plus que nous ne faisons qu'employer des technologies utilisées par ailleurs pour produire de l'hydrogène vert. Nous ne partons pas d'une page blanche.

Quelles sont les compétences et expertises que vous mobilisez entre les vôtres et celles de votre associé ?

**DR** Alex Laybros et moi sommes tous les deux diplômés de l'École Nationale Supérieure de l'Électronique et de ses Applications (ENSEA). Pour valider notre hypothèse de départ, nous assurer qu'elle pouvait être mise en œuvre, nous nous sommes rendus sur des salons professionnels, rapprochés d'ePURE, le syndicat des producteurs européens d'éthanol ; nous avons pris contact avec des ingénieurs-chercheurs de l'ENSEA (pour travailler sur l'électronique de puissance de notre système), de l'INRAe (pour approfondir notre connaissance de la betterave à sucre, les perspectives de production d'éthanol en France) et de l'EPFL dont l'un de ses laboratoires avait déjà exploré la possibilité d'alimenter une SOFC avec du méthane.

Où en êtes-vous actuellement ?

**DR** Nous avons fait tourner en laboratoire un premier démonstrateur d'une puissance de 350 watts. Nous sommes, certes, encore loin de la promesse des 350 kW, mais nous projetons de travailler dès l'année prochaine sur un deuxième démonstrateur de 10 kilowatts, que nous livrerons à un premier client pour effectuer des tests dans des conditions réelles et vérifier ainsi que notre système peut être installé en ville, raccordé à des recharges et fournir de l'électricité. L'étape suivante consistera à développer un module de 50 kW que nous dupliquerons ensuite pour atteindre l'objectif des 350 kW.

Comment envisagez-vous de financer ces différentes étapes de démonstration et de test ?

**DR** Pour les besoins du premier démonstrateur, nous avons sollicité des personnes de notre entourage – les « Family, Friends, Fools » dans le jargon des start-up – qui ont abondé à partir de tickets de 5 000 à 50 000 euros. Cela nous a permis de solliciter ensuite des subventions et des prêts. Grâce à ce premier

démonstrateur, nous serons en mesure, au cours de l'année 2023, de finaliser un tour de table de 6 millions d'euros pour réaliser le deuxième démonstrateur et lancer les développements en vue de construire le troisième.

Qu'en est-il du prix d'une recharge avec votre procédé ?

**DR** À ce jour, nous sommes capables d'être compétitifs par rapport au prix de l'électricité du réseau. Et ce pour une raison simple : pour répondre aux variations brusques de la demande, un fournisseur en est réduit à s'approvisionner sur le marché Spot\*, lequel repose sur des négociations instantanées du prix du kilowattheure. Or, celui-ci a pu monter jusqu'à 6 euros du kilowattheure, à comparer aux 20 cents du coût moyen de ce kW garanti par votre abonnement. Autrement dit, les solutions tarifaires proposées par les fournisseurs dépendant du réseau électrique pourraient s'avérer inaccessibles à bon nombre de conducteurs, dans des situations de tension sur le marché de l'électricité comme nous en connaissons aujourd'hui et devons en connaître encore à l'avenir. Le risque est moindre pour l'électricité produite à base d'éthanol car le prix de celui-ci est négocié dans le cadre de contrats annuels, ce qui permet de fournir de l'électricité à un prix constant tout au long d'une année.

**« Nous souhaitons rester dans l'écosystème Paris-Saclay car, pour assurer notre développement, nous aurons besoin de compétences en électronique et en logiciel. »**

Dans quelle mesure votre projet est-il redevable à l'écosystème Paris-Saclay ?

**DR** Outre le prix SPRING 50 dont nous avons été lauréat dans la catégorie « Mobilités », nous avons été incubés au sein d'IncubAlliance, qui nous a bien aidés au démarrage de WattAnyWhere. À l'avenir, nous souhaitons rester dans l'écosystème car, pour assurer notre développement, nous aurons besoin de compétences en électronique et en logiciel. Et à cet égard aussi, Paris-Saclay constitue un vivier unique en Europe du fait de la présence de grandes écoles d'ingénieurs, d'industriels et d'autres acteurs qui font référence dans ces domaines.

Propos recueillis par Sylvain Allemand

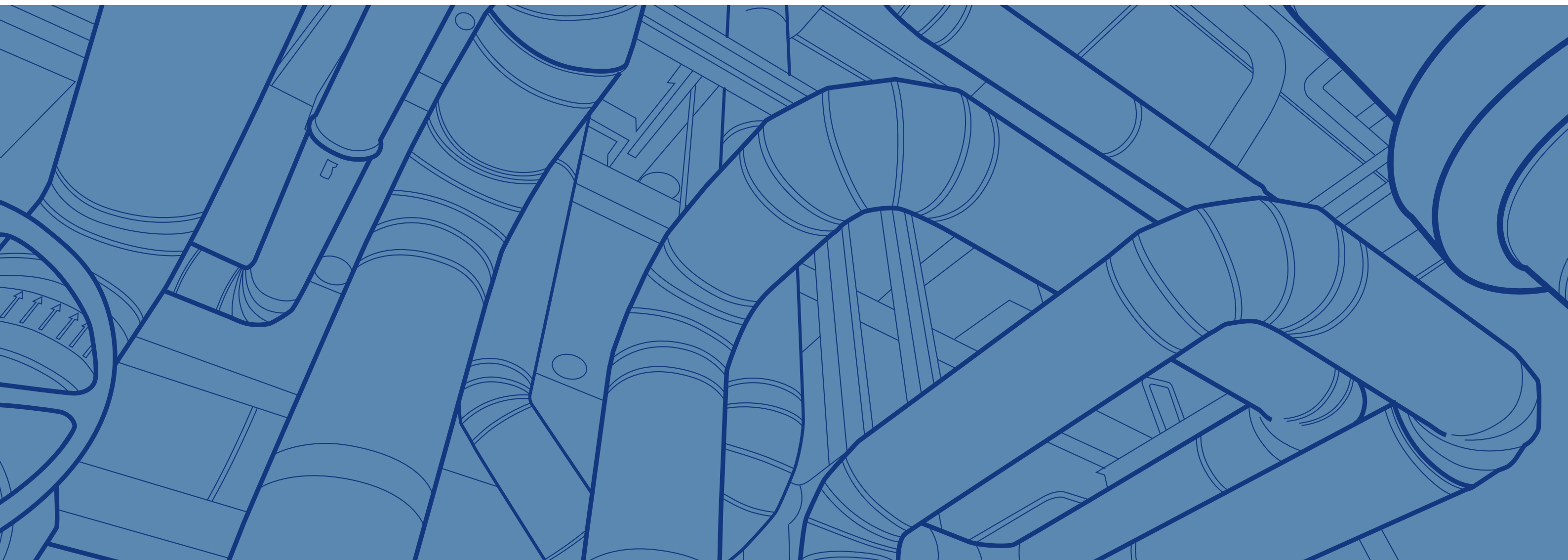
\*Marché sur lequel les matières premières sont vendues contre espèces et livrées rapidement lorsque la transaction est réglée, et d'autres marchés non financiers, comme les marchés à terme pour les matières premières (d'après la Commission de Régulation de l'Énergie).



# Un territoire d'expérimentation et d'innovation

Réunissant des ambitions scientifiques, de développement économique et d'aménagement durable, le pôle scientifique et technologique de Paris-Saclay est une composante majeure du Grand Paris qui vise à conforter la place de l'Île-de-France et de la France parmi les plus grands pôles mondiaux de l'innovation.

Ce territoire est également une formidable opportunité de mettre en place un nouveau modèle énergétique répondant pleinement aux objectifs de la Programmation Pluriannuelle de l'Énergie ainsi qu'à ceux de la Stratégie Nationale Bas-Carbone, et contribuant aux engagements pris par la France lors de l'Accord de Paris sur le climat adopté à l'occasion de la COP21. La forte présence de la filière énergie sur le territoire se conjugue avec une volonté affirmée de faire de Paris-Saclay un écoterritoire à énergie positive, démonstrateur à ciel ouvert de la transition énergétique et laboratoire de la ville de demain.





## Un laboratoire de la transition énergétique

Le territoire de Paris-Saclay est à la fois un laboratoire de la ville du futur et un démonstrateur de la transition énergétique. En vue de répondre aux préoccupations sociales et environnementales qui guident l’Opération d’intérêt national Paris-Saclay, l’Établissement public d’aménagement Paris-Saclay s’est volontairement engagé dans une démarche de **responsabilité sociétale d’établissement (RSE)**. Son ambition : la cohésion sociale et territoriale et **l'excellence environnementale**.

Dans le cadre de son aménagement, l'EPA Paris-Saclay conçoit des quartiers mixtes, compacts, durables, aux usages mutualisés qui répondent aux enjeux sociaux, énergétiques et écologiques de demain. En matière énergétique plus spécifiquement, l'ambition est de faire de Paris-Saclay un **territoire à énergie positive**, valorisant à grande échelle des énergies locales et renouvelables et une construction favorisant la sobriété énergétique. L'aménagement s'appuie ainsi sur des **bâtiments à faible impact carbone**, privilégie des structures en bois, des espaces végétalisés, des bâtiments réversibles et une réhabilitation de l'existant. 30% des toitures est réservé à des **équipements photovoltaïques** et l'ensemble des bâtiments sont *PV-Ready* (photovoltaïque *ready*) afin de faciliter l'installation de panneaux photovoltaïques une fois les bâtiments livrés. Quant au **réseau d'échange de chaleur et de froid de Paris-Saclay** largement alimenté par la géothermie, il constitue, avec un réseau smart grid, le réseau multi-énergies intelligent de Paris-Saclay, une première mondiale à cette échelle.

La ville de demain s'appuie également sur des **solutions de mobilité innovantes**. Sur le territoire de Paris-Saclay, des navettes autonomes sont expérimentées, de même qu'un service permettant aux usagers de visualiser les places disponibles au sein des différents services de stationnement existants. De nombreuses places sont dédiées aux véhicules électriques sur l'espace public et des centaines de vélos sont en libre-service.

• **fig.16** Modes doux et transports en commun.



## Un réseau d'échange de chaleur et de froid unique en France

### 1<sup>RE</sup> INFRA-STRUCTURE D'ÉCHANGE DE CHALEUR ET DE FROID D'ENVERGURE URBAINE EN FRANCE

Le réseau d'échange de chaleur et de froid de Paris-Saclay, premier réseau énergétique 5<sup>e</sup> génération de France, et l'un des cinq démonstrateurs européens, est une infrastructure essentielle qui rend possibles les échanges d'énergie entre les différents projets immobiliers, contribuant à une baisse du coût de l'énergie finale et la division par deux des émissions de CO<sub>2</sub>. Le campus urbain de Paris-Saclay dispose en effet de conditions particulièrement favorables à cette expérimentation : un ensemble d'opérations d'aménagement coordonné permettant une complémentarité et une mutualisation entre les besoins en chaud et froid des différents établissements, des grandes structures scientifiques dégageant une chaleur réutilisable dans une logique d'économie circulaire et un accès à une ressource géothermique locale et pérenne, la nappe de l'Albien. Cette dernière est une nappe d'eau souterraine puisée à 700 m de profondeur, dont les réserves sont estimées à 700 milliards de m<sup>3</sup> à une température moyenne de 30°C. Le réseau irrigue ainsi

• **fig.17** Le réseau de chaleur et de froid du Campus urbain en phase travaux.

l'ensemble du campus urbain et assure l'alimentation des bâtiments grâce à des sous-stations d'échange. Il alimente également des thermo-frigo-pompes qui, en complément de la chaleur apportée par la géothermie, produisent le froid nécessaire pour la climatisation. L'ensemble des installations thermiques est géré de manière coordonnée et est piloté en temps réel *via* des technologies numériques pour optimiser la distribution d'énergie en fonction des différents usages et des caractéristiques des bâtiments mais aussi du coût des énergies et de leur intensité carbone. Ainsi, à partir de 18 heures, par exemple, le chauffage des bâtiments tertiaires et d'enseignement peu

occupés ou vides diminue alors que celui des logements augmente. Dans le futur, d'autres sources d'énergie renouvelable et de récupération (EnR&R) pourront alimenter le réseau comme une unité de méthanisation ou une chaufferie biomasse, le réseau de chaleur et de froid constituant une ossature structurante et évolutive. Avec 25 km de réseau cheminant sous les voies publiques, 2 146 millions de m<sup>2</sup> de surfaces raccordées représentant 50 MW de puissances de chaud et froid cumulées, et alimenté à hauteur de 50% en énergie renouvelable, ce réseau est la première infrastructure d'échange de chaleur et de froid d'envergure urbaine en France.

25 KM DE RÉSEAU 50 MW DE PUISSANCE  
50 % DE L'ALIMENTATION EN ÉNERGIE RENOUELABLE





L'EPA Paris-Saclay s'inscrit ainsi dans une stratégie d'aménagement durable et soutenable conforme aux objectifs nationaux. Cette ambition a notamment été reconnue par l'État avec la labellisation du campus urbain de Paris-Saclay **« Territoire à énergie positive pour la croissance verte »**. Elle s'inscrit pleinement dans le cadre défini par le ministère de la Transition écologique pour le programme « Habiter la France de demain » : préparer la ville et des territoires sobres, résilients, inclusifs et productifs.

## Une stratégie de développement durable centrée sur l'excellence environnementale

Les valeurs d'exemplarité environnementale et sociale occupent, depuis son lancement, une place centrale dans le projet territorial de Paris-Saclay. La stratégie de Développement Durable et de Responsabilité Sociétale finalisée en 2022 et validée par l'ensemble des élus locaux réaffirme ces valeurs d'exemplarité. Elle a pour ambition de développer un territoire sobre, résilient, inclusif et productif et se décline autour de trois objectifs stratégiques :

- L'excellence environnementale pour un cadre de vie agréable au sein d'un territoire bas-carbone, adapté au changement climatique et accordant une place forte à la nature et à l'agriculture.
- La cohésion sociale et territoriale avec une place accordée à toutes et tous au sein des nouveaux quartiers et un partage avec l'ensemble du territoire des dynamiques éducatives et économiques du projet Paris-Saclay.
- Une démarche participative et inclusive enfin permettant de renforcer les logiques de coconstruction dans la conception et la mise en œuvre du projet.

Élaborée avec l'ensemble des parties prenantes du territoire, cette stratégie se décline en une quarantaine d'actions

qui devront être réalisées ou engagées entre 2022 et 2027. En matière énergétique, l'EPA Paris-Saclay mise ainsi sur la sobriété afin de répondre aux grands enjeux climatiques et environnementaux et contribuer aux trajectoires et engagements nationaux et internationaux. Il s'agit notamment de construire des quartiers (bâtiments et espaces publics) sobres en énergie et en carbone, de développer les énergies renouvelables, d'assurer la coexistence paisible des nouvelles activités avec les espaces agricoles et naturels et de développer des mobilités apaisées et décarbonées. Parmi les actions clés :

- Favoriser le portage de projets immobiliers contribuant à la neutralité carbone au sein des quartiers aménagés par l'EPA Paris-Saclay et réviser les prescriptions permettant

de garantir un haut niveau de qualité environnementale pour les projets immobiliers, mobiliser les filières de matériaux biosourcés (bois, paille, chanvre...) et mettre en œuvre les engagements du Pacte Fibois avec 40 % des surfaces en construction bois.

- Accompagner et faciliter le développement des énergies renouvelables dans les nouveaux quartiers et au sein du territoire, et poursuivre le développement du réseau d'échange de chaleur et de froid renouvelable du campus urbain et du photovoltaïque en toiture.
- Déployer un réseau d'axes sécurisés et les aménagements nécessaires au développement des mobilités actives (vélo, marche...).
- Renforcer l'offre de transports collectifs sur des axes complémentaires à la ligne 18 du Grand Paris Express et autour de pôles multimodaux.

L'ambition est de faire de Paris-Saclay un territoire à énergie positive, valorisant à grande échelle des énergies locales et renouvelables.

• **fig.18** La Lisière Nord du quartier de l'École polytechnique et ses bassins.





ENTRETIEN AVEC GREGORY CHOPPINET  
FONDATEUR ET PRÉSIDENT DE LA START-UP LEMON ENERGY

## Lemon Energy, une start-up emblématique de l'écosystème Paris-Saclay



Améliorer l'efficacité énergétique des process industriels, à partir d'un diagnostic et la mise en œuvre de solutions sur mesure, telle est la vocation de cette jeune entreprise innovante hébergée au Playground, l'Incubateur Pépinière Hôtel d'entreprises de Paris-Saclay. Précisions de son cofondateur.

Si vous deviez, pour commencer, pitcher Lemon Energy ?

**GC** Lemon Energy est un bureau d'études en efficacité énergétique industrielle, qui part du principe que l'énergie la moins chère est celle que l'on ne consomme pas. D'où l'accent mis sur l'amélioration apportée à l'efficacité énergétique des process. Nous ciblons principalement des industriels des secteurs de l'agroalimentaire, de la chimie, de la sidérurgie, de la plasturgie ou de la verrerie. Nous leur proposons un accompagnement dans la durée, en commençant par établir un bilan énergétique global de la consommation de leurs systèmes productifs, de façon à définir ensuite une stratégie bas-carbone. Enfin, nous pouvons assurer le suivi des actions mises en œuvre, à partir des données recueillies au moyen de capteurs, et vérifier ainsi que les objectifs sont effectivement atteints. Le but n'est pas de produire nécessairement moins, et encore moins de moindre qualité, mais mieux, avec moins d'énergie.

**« Nous proposons un accompagnement dans la durée, du bilan énergétique global jusqu'au suivi en passant par la définition d'une stratégie bas-carbone. »**

Vous allez jusqu'à non seulement évaluer le montant des investissements à prévoir, mais également à identifier les sources de financements, de subventions auxquelles l'industriel peut prétendre ?

**GC** Effectivement. Nous travaillons étroitement avec l'ADEME, Bpifrance et les collectivités territoriales, notamment les régions, pour faire bénéficier à nos clients des financements auxquels

ils peuvent prétendre au titre de la transition énergétique, mais aussi de l'innovation. Car nos interventions sont l'occasion de développer des procédés innovants avec le souci constant de ne pas nuire à la qualité des produits.

Comment y parvenez-vous ?

**GC** En travaillant main dans la main avec les équipes d'ingénieurs des industriels pour bien évaluer l'impact énergétique des différentes options qui se présentent sur la qualité des process. Quitte à devoir les convaincre de remettre en cause des pratiques professionnelles, des routines. D'où la nécessité d'instaurer une relation de confiance. D'autant plus que les ingénieurs impliqués dans les process industriels peuvent entretenir une culture du secret ou de la confidentialité, qui ne les incline pas à collaborer avec des intervenants extérieurs, fussent-ils ingénieurs comme eux.

Comment parvenez-vous à instaurer cette relation de confiance ?

**GC** Notre bureau d'études est indépendant ; il n'est adossé à aucun groupe industriel potentiellement concurrent. Et puis, nous sommes encore d'une taille assez modeste pour instaurer des relations de proximité avec nos clients. L'accompagnement dans la durée ne s'est imposé que progressivement. Au début, notre cœur de métier, c'était l'étude de faisabilité des projets d'amélioration de nos clients. Désormais, nous allons jusqu'à assurer le suivi des performances pendant plusieurs années et animer l'équipe pour l'atteinte d'un objectif de réduction des consommations d'énergie. Un plus qui correspondait manifestement à une réelle attente et qui a contribué à instaurer cette relation de confiance que j'évoquais. Nous avons été aidés en cela par nos partenaires (ADEME, Bpifrance) qui ont contribué à financer des projets innovants et ambitieux.

Vous vous présentez comme un bureau d'études. Pourtant, vous évoquez plus une démarche de start-up...

**GC** De fait, nous avons été labellisés « Jeune Entreprise Innovante » sur le volet de l'analyse de la donnée énergétique. Volet pour lequel nous nous sommes dotés de moyens en R&D, de façon à proposer des algorithmes à même de modéliser aussi précisément que possible le comportement énergétique des équipements d'un process industriel. Nous faisons ainsi du sur-mesure, de façon à formuler des recommandations aussi adaptées que possible aux usages de notre client, à ses exigences en termes de qualité de production.

Un accompagnement sur mesure et dans la durée, dites-vous. Quel modèle économique avez-vous défini pour y parvenir ?

**GC** Au début, comme je l'ai dit, notre activité se concentrait sur des études rémunérées au forfait. Depuis cette année, en réponse à l'élargissement de notre activité au suivi dans la durée, nous proposons une formule d'abonnement, laquelle inclut la mise à disposition d'un expert référent, l'installation d'un logiciel d'analyse permettant au client d'interagir avec lui, de suivre la consommation de tel ou tel équipement.

Où en êtes-vous en termes d'effectifs ? Quelles sont vos ambitions en matière de développement ?

**GC** Lemon Energy compte actuellement une vingtaine de personnes. Nous projetons d'atteindre la trentaine d'ici 2024 avec une prévision d'une quarantaine d'ici 2026.

Quels profils et compétences recouvrent ces effectifs ?

**GC** Actuellement, la moitié sont des ingénieurs, aux profils variés : chimiste, génie des procédés, spécialiste de thermodynamique, électricien, IA [Intelligence Artificielle] IT [Information Technology] et en UX design pour améliorer l'ergonomie des interfaces de nos tableaux de bord. À quoi s'ajoutent des chargés de projets, des commerciaux, des responsables marketing produit, de gestion. Actuellement, nous renforçons notre R&D en recrutant des ingénieurs postdoctorat – jusqu'à présent, chacun de nos ingénieurs consacrait une partie de son temps à la R&D.

Et votre profil, quel est-il ?

**GC** De formation, je suis ingénieur en gestion des systèmes productifs. Avant de créer Lemon Energy, j'ai travaillé dans le secteur automobile, chez Renault, en logistique ; je traitais déjà des questions d'optimisation de l'approvisionnement énergétique. En 2008, j'ai fait le choix d'une conversion professionnelle. J'ai fait un master spécialisé à CentraleSupélec sur les nouveaux marchés de l'énergie, qui formait à la fois aux métiers du marketing et du commerce et aux aspects techniques de l'énergie. Suite à quoi, en 2010, j'ai rejoint la direction marketing d'EDF où je suis resté quatre ans, puis j'ai rejoint un laboratoire de recherche du plateau de Saclay : l'institut Paris-Saclay Efficacité Énergétique (PS2E), qui a vocation à mutualiser les analyses de performance énergétique de sites industriels. Autant dire que cette expérience n'est pas étrangère à la création de mon entreprise. C'est d'ailleurs avec un de mes collègues de cet institut que je l'ai créée.

**« Je suis plus que jamais attaché à rester dans cet écosystème de Paris-Saclay où nous retrouvons tous les grands acteurs du domaine, dans une relation de proximité. »**

CentraleSupélec, EDF, Institut PS2E... On peut dire que Lemon Energy est un « enfant » de l'écosystème Paris-Saclay, d'autant plus que vous êtes actuellement hébergé dans le Playground.

**GC** Complètement ! J'ajoute qu'avant d'intégrer cet Incubateur Pépinière Hôtel d'entreprises, nous avons démarré au sein de l'incubateur de CentraleSupélec. Je suis plus que jamais attaché à rester dans cet écosystème auquel nous sommes redevables, et parce que nous y retrouvons tous les grands acteurs du domaine, dans une relation de proximité : EDF Lab dont je peux d'ailleurs apercevoir le campus depuis nos bureaux ; TotalEnergies dont les équipes se trouvent à l'étage du dessus. Sans oublier tous ces établissements d'enseignement supérieur et de recherche situés à quelques centaines de mètres à la ronde dont l'école CentraleSupélec avec laquelle nous continuons à collaborer. Bref, c'est un environnement riche d'opportunités, stimulant et auquel nous sommes attachés.

Propos recueillis par Sylvain Allemand



Crédits photos

Couverture: © Shutterstock  
P3: © Shutterstock  
P4-5: © EPA Paris-Saclay  
P6-7: © EPA Paris-Saclay / Drone Press (fig.1)  
P10-11: © Shutterstock  
P13: INSTN/ Laurence Godart (fig.2)  
P14: © Institut de l'Énergie Soutenable/ Magali Gauthier (fig.3)  
P15: © Centre Energy4Climate (fig.4)  
P16: DR  
P18: INSTN/ Laurence Godart (fig.5)  
P19: INSTN/ Laurence Godart (fig.6)  
P20: © EPA Paris-Saclay/ Carlos Ayesta/ Hanslucas.com (fig.7)  
P21: © Air Liquide/ Franck Benausse/ Le Square (fig.8)  
P22: © Air Liquide/ Mathias Guillin  
P24: © Gérald Garitan/ Creative commons (fig.9)  
P25: DR (fig.10)  
P26-27: © Shutterstock  
P28-29: © Shutterstock (fig.11, fig.12)  
P30: © Shutterstock (fig.13)  
P31: © Elogen/ Cyril Abad (fig.14)  
P32: DR  
P34: © Shutterstock (fig.15)  
P36: DR  
P38-39: © Shutterstock  
P40-41: © EPA Paris-Saclay/ Carlos Ayesta (fig.16, fig.17)  
P43: © EPA Paris-Saclay/ Erige Drone (fig.18)  
P44: © Lemon Energy/ Awen  
P47-48: © Shutterstock

Déjà parus

Praxis N°1 - Charte Satory Ouest Versailles / Mars 2013  
Praxis N°2 - Gestion des eaux / Juillet 2013  
Praxis N°3 - Mobilité / Octobre 2014  
Praxis N°4 - Abécédaire de la biodiversité / Janvier 2016  
Praxis N°5 - L'innovation de tous les temps / Janvier 2019  
Praxis N°6 - Paris-Saclay, l'excellence santé / Décembre 2022



Établissement public  
d'aménagement Paris-Saclay  
6 boulevard Dubreuil  
91400 Orsay  
+33(0)1 64 54 36 50  
contact@oin-paris-saclay.fr

www.epa-paris-saclay.fr  
www.paris-saclay.business  
une émission : Paris-Saclay TV  
sur TV78

facebook.com/ParisSaclay  
@parisSaclay  
paris\_saclay  
Établissement public  
d'aménagement Paris-Saclay  
youtube.com/ParisSaclay  
Paris-Saclay Innovation  
Playground  
inno\_playground

Rédaction  
La mécanique du sens

Réalisation et rédaction  
des interviews  
Sylvain Allemand

Conception graphique  
La mécanique du sens

Impression  
CIA Graphic

Tiré à 1500 exemplaires  
2023

