ÉTUDIER EN FRANCE

LA RECHERCHE EN ÉNERGIES RENOUVELABLES

Dans les énergies primaires, on peut distinguer les énergies épuisables (fossiles, pétrole, uranium) et les énergies inépuisables (énergies éolienne, solaire, géothermique, marémotrice, hydroélectrique, bioénergies, …). L'énergie primaire consommée à l'heure actuelle est encore aujourd'hui très directement liée, à l'échelle mondiale, à l'utilisation des ressources fossiles carbonées. Face à ce constat, les enjeux de la recherche en énergies renouvelables sont primordiaux pour répondre à ce défi.

Dans le cadre de la Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques, le protocole de Kyoto entré en vigueur en 2005 pour la réduction des émissions et de gaz à effet de serre a été ratifié par 183 pays, dont la France, preuve d'une prise de conscience mondiale de la nécessité de se tourner vers des énergies non polluantes et renouvelables. Les États-Unis ont aussi fait évoluer leur politique énergétique en devenant en 2008 la première puissance éolienne du monde devant l'Allemagne. Les pays émergents comme la Chine et l'Inde investissent également dans ce domaine majeur pour le développement économique.

LA BIOMASSE, PREMIÈRE SOURCE D'ÉNERGIE RENOUVELABLE CONSOMMÉE EN FRANCE

Les énergies renouvelables ont été longtemps concentrées en France sur la production d'électricité, avec l'émergence d'un parc éolien et l'installation de panneaux solaires, puis de la cogénération (processus de production simultanée d'électricité et de chaleur à partir de produits pétroliers, gaz naturel, de déchets, de charbon ou de biomasse). Les deux principales sources d'énergie renouvelables, dans l'Union européenne et en France, sont actuellement la biomasse et, pour une moindre part, l'énergie hydraulique. L'hydroélectricité constitue une énergie dont la mise en œuvre à l'échelle industrielle en France date des années 1920 et 1930. La France a ainsi acquis une indépendance presque totale pour la production d'électricité, grâce à son hydroélectricité et ensuite à son parc électronucléaire. À l'inverse, les transports et la consommation d'énergie fossile pour le chauffage constitue le pôle principal de dépendance. La biomasse, constituée par la partie biodégradable des produits, déchets et résidus provenant de l'agriculture, de l'exploitation des forêts et des déchets industriels et ménagers, est la première source d'énergie renouvelable consommée en France (52%, au 2e rang européen après l'Allemagne), devant l'hydroélectricité, l'éolien et le solaire. Elle permet l'alimentation de chaudière par du bois et des déchets du processus de fabrication du papier et la production de biocarburants.

"La France, pays leader dans les technologies sans carbone"

L'INVESTISSEMENT DANS LES TECHNOLOGIES SANS CARBONE

La première Stratégie Nationale Bas-Carbone (SNBC) française vise la neutralité carbone à l'horizon 2050 (réduction de 75 % des émissions gaz à effet de serre à l'horizon 2050 par rapport à 1990) en imposant de ne pas émettre plus de gaz à effet de serre que notre territoire peut en absorber, via notamment les forêts ou les sols. Il s'agit de décarboner la production d'énergie en utilisant uniquement les ressources en biomasse (déchets de l'agriculture et des produits bois, bois-énergie…), la chaleur issue de l'environnement (géothermie, pompes à chaleur…) et l'électricité décarbonée. La réduction des consommations d'énergie dans tous les secteurs (transports, bâtiment…) impose de renforcer l'efficacité énergétique et de faire évoluer les modes de consommation. Il s'agit de diminuer les émissions de l'agriculture et des procédés industriels, qui ne dépendent pas des consommations d'énergie, avec une transformation de l'agriculture en développant l'agro-écologie, l'agriculture de précision et l'agriculture biologique. La neutralité carbone implique de renforcer les puits de carbone naturels (forêts et terres agricoles) et de développer des technologies de capture et stockage du carbone par une gestion durable de la forêt et une augmentation de la récolte de bois orientée dans la construction.

LES ORIENTATIONS ET LE FINANCEMENT DE LA RECHERCHE

ADEME, Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie

www.ademe.fr/recherche

L'ADEME développe un système de soutien à la recherche, au développement et à l'innovation dans les domaines de l'énergie, de l'air, des sols, des déchets et du bruit. L'ADEME est aussi chargée de l'animation et de l'orientation de la recherche et du développement dans ses domaines d'intervention. La recherche publique comprend les universités et structures assimilées, les établissements publics scienti-fiques et technologiques, les établis-sements publics industriels et commerciaux, les fondations et associations d'intérêt public. Les opérateurs de recherche publics ou privés peuvent bénéficier des aides de l'ADEME.

Trois thématiques sont priorisées par l'ADEME pour sa stratégie de recherche : transports et mobilité, énergies décarbonées et bioressources, forêts, économie circulaire et sols pollués.

ANCRE, Alliance nationale de coordination de la recherche pour l'énergie

www.allianceenergie.fr

Dans le cadre de la stratégie nationale en matière d'énergie et en liaison avec les feuilles de route stratégiques élaborées sous la responsabilité de l'ADEME (Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie), l'ANCRE propose une politique coordonnée des projets de recherche et innovation (R&I). Au-delà de ses trois membres fondateurs, le CEA (Commissariat à l'Énergie Atomique et aux Énergies Alternatives), le CNRS et l'IFP Énergies nouvelles, l'ANCRE rassemble 19 organismes de recherche et innovation et conférences d'établissements d'enseignement supérieur dans le domaine de l'énergie. En liaison avec les pôles de compétitivité et les agences de financement, ses missions ont pour objectifs :

- **le renforcement des synergies et partenariats** entre organismes de recherche, universités et entreprises concernés par le secteur de l'énergie ;
- **l'identification des verrous** scientifiques et techniques qui limitent les développements industriels
- **la réflexion sur des programmes de recherche et innovation**, et les modalités de leur mise en œuvre ;
- **la contribution à l'élaboration de la stratégie nationale de recherche en matière d'énergie**, ainsi qu'à la programmation des agences de financement dans ce domaine.

ANR,Agence nationale de la recherche

www.agence-nationale-recherche.fr

Structure de financement sur projets au service de la recherche, l'ANR a une programmation axée à la fois sur les nouvelles technologies de l'énergie (photovoltaïque, bioénergies, hydrogène et piles à combustible, stockage de l'énergie, capture et stockage du CO_2, etc.) et l'efficacité énergétique dans les bâtiments, l'industrie et les transports.

Institut Carnot

www.instituts-carnot.eu

Le réseau des 38 Instituts Carnot a pour mission de développer des partenariats de recherche avec les acteurs socioéconomiques (grands groupes, PME, start-up, collectivités territoriales) et de favoriser les transferts de technologies.

En réponse aux grands enjeux économiques et sociétaux, dont les énergies renouvelables, les Instituts Carnot accueillent des doctorants au sein de leurs laboratoires de recherche pour développer l'offre de compétences dans l'énergie et l'environnement.

PRINCIPAUX
ORGANISMES DE RECHERCHE

CEA, Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives

Implanté sur 9 centres répartis dans toute la France, le CEA intervient dans quatre grands domaines : la défense et la sécurité, les énergies bas carbone (nucléaire et renouvelables), la recherche technologique pour l'industrie et la recherche fondamentale (sciences de la matière et sciences de la vie). www.cea.fr

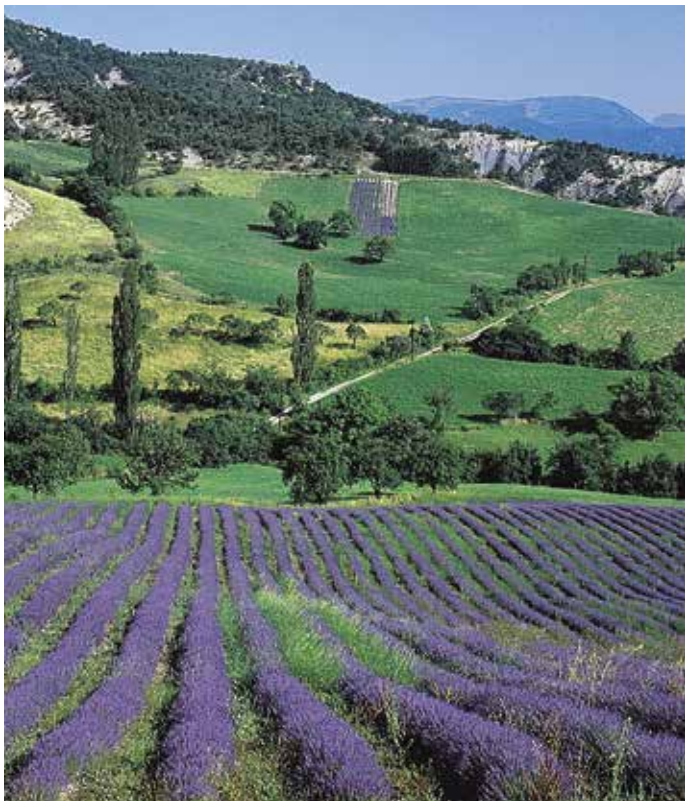
CIRAD, la recherche agronomique pour le développement

L'organisme français de recherche agronomique et de coopération internationale pour le développement durable des régions tropicales et méditerranéennes. « *Biomasse énergie* » est un axe prioritaire d'étude des conditions d'émergence et des modalités de mise en valeur des bioénergies en faveur des populations du Sud. www.cirad.fr

Grenoble Energies Campus - Auvergne-Rhône-Alpes

Ce cluster de recherche soutient la transition énergétique pour une utilisation raisonnée et durable de l'énergie dans tous les secteurs, transport, bâtiment, industrie, tertiaire, agriculture... Les réseaux électriques intelligents visent à piloter les réseaux à toutes les échelles afin d'intégrer et stocker plus d'énergies renouvelables et locales, de sécuriser le réseau à tout moment, de comprendre et agir au quotidien sur les consommations d'énergie et de développer la mobilité électrique.

https://energies-campus.univ-grenoble-alpes.fr



IFP, Énergies nouvelles

Organisme public de recherche, d'innovation industrielle et de formation, l'IFP Énergies nouvelles a pour mission de développer des technologies performantes, économiques, propres et durables dans les domaines de l'énergie, du transport et de l'environnement.

Depuis sa création, plus de 40 000 brevets, dont plus de 13 500 sont en vigueur, ont été déposés en France et à travers le monde.

Partie intégrante de l'IFP Énergies nouvelles, l'IFP School propose, en réponse aux besoins des industriels, des formations complémentaires à de jeunes ingénieurs. Chaque année, plus de 600 étudiants venues du monde entier sont diplômés.

Depuis plus de 20 ans, l'IFPEN soutient notamment des recherches pour les énergies marines, avec des programmes consacrés à l'éolien et l'éolien flottant, le contrôle éolien et le contrôle houlomoteur. Il participe à différents projets et structures collaboratifs, tel que la contribution au montage de l'Institut pour la transition énergétique France Energies Marines.

www.ifpenergiesnouvelles.fr

INES, Institut National de l'Énergie Solaire

Ce centre de référence européen sur l'énergie solaire et la bâtiment développe des recherches pour l'amélioration des technologies des filières solaires thermiques et photovoltaïques, essentiellement pour les applications du type bâtiments résidentiels et tertiaires.

www.ines-solaire.org

Institut Carnot Énergies du futur

Ce cluster de recherche est dédié aux énergies renouvelables et à l'efficacité énergétique incluant les aspects techniques, économiques et sociaux regroupe 14 laboratoires de recherche multidisciplinaires. Il développe des recherches sur les matériaux pour l'énergie, l'énergie et les bâtiments, la gestion des énergies, le stockage et les sources renouvelables
www.energiesdufutur.fr

PROMES, Laboratoire des Procédés Matériaux et Énergie Solaire

PROMES est une unité du CNRS rattachée à l'Institut des Sciences de l'Ingénierie et des Systèmes et conventionnée avec l'Université de Perpignan via Domitia. Il est structuré en 8 groupes de recherche sur des grands domaines matériaux et conditions extrêmes, conversion, stockage et transport de l'énergie.
www.promes.cnrs.fr

Dotés de fours solaires et de concentrateurs solaires performants, le laboratoire PROMES a pour objectifs :

> l'étude de la conversion de l'énergie solaire en chaleur, froid, électricité et hydrogène (vecteurs énergétiques), en particulier par des procédés thermiques et thermochimiques ;

> le développement des procédés à faible impact environnemental et des matériaux à longue durée de vie.

Savoie Technolac Pôle

Le pôle d'excellence Énergies solaire et renouvelables de l'Université de Savoie se consacre, depuis une vingtaine d'années, au solaire et aux éco-industries www.savoie-technolac.com

LIENS UTILES

- **ADEME**, Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie : **www.ademe.fr**
- **ANCRE,** Alliance Nationale de Coordination de la Recherche pour l'Énergie : **www.allianceenergie.fr**
- **ANR**, Agence Nationale de la Recherche : **www.agence-nationale-recherche.fr**
- **CLER**, Réseau pour la transition énergétique : **www.cler.org**
- **Ecosources.info**, portail d'information dédié aux énergies renouvelables : **www.ecosources.info**
- **EDF** Énergies renouvelables : **www.edf-renouvelables.com**
- **Enercoop**, Coopérative de fourniture d'électricité verte : **www.enercoop.fr**
- **GERES**, Groupe Énergies Renouvelables, Environnement et Solidarités : **www.geres.eu**
- **INERIS**, Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques : **www.ineris.fr**
- **IRD**, Institut de Recherche pour le Développement : **www.ird.fr**
- **Ministère de la transition écologique et solidaire** **www.ecologique-solidaire.gouv.fr**
- **Planète énergies**, encyclopédie en ligne : **www.planete-energies.com**
- **SER**, Syndicat des Énergies Renouvelables : **www.enr.fr**

STRATEGIE POUR DES ÉNERGIES DÉCARBONÉES ET UN DÉVELOPPEMENT DURABLE

> Le respect de l'environnement

La consommation énergétique des bâtiments, pour le chauffage, l'eau et la cuisson, est apparue comme dépendante des énergies fossiles. Dans le cadre de la démarche environnementale pour la conception et la réalisation de bâtiments HQE (Haute Qualité Environnementale), le concept de « bâtiment à énergie positive » avec l'isolation des bâtiments reste un enjeu primordial.

> La lutte contre le changement climatique

La recherche en direction des technologies permet de lutter contre le changement climatique en développant des projets de captage et stockage de carbone, en sous-sol en particulier, qui réduisent les émissions de gaz à effet de serre du secteur de la production d'électricité, notamment pour les pays qui utilisent encore très largement le charbon.

> Les biocarburants

L'application à grande échelle de l'éthanol biocarburant est contrainte aux ressources disponibles pour extraire des graines de plantes (tournesol, colza, soja, etc.) des huiles végétales utilisables comme biocarburants pour la voiture écologique. Ces huiles peuvent être utilisées dans des moteurs spécialement adaptés et mélangées à du fioul, elles peuvent aussi alimenter des moteurs Diesel. Le procédé d'estérification, avec de l'éthanol ou du méthanol, produit un biocarburant comme l'ester méthylique de colza déjà commercialisé en France où son incorporation est autorisée à hauteur de 5% pour les usages standards ou de 30%ou plus pour certains parcs de véhicules. L'impact environnemental est néanmoins pris en compte lorsque la surexploitation de ressources prive des surfaces importantes habituellement dédiées aux cultures.
La recherche joue également un rôle important pour l'émergence de nouvelles technologies favorisant l'utilisation de biocarburants de deuxième génération par un procédé de gazéification de la biomasse. Le mélange obtenu est ensuite soumis à un catalyseur pour produire des hydrocarbures de synthèse, préfigurant les agrocarburants de troisième génération, à base de micro-algues.

> Le nucléaire, mais…

L'amélioration de l'image de l'énergie nucléaire dans l'opinion publique passe par des avancées sur le traitement des déchets nucléaires. En la matière, la recherche porte sur le conditionnement des déchets, leur entreposage et leur stockage en couches géologiques profondes. Ces recherches sont complémentaires de celles menées sur de nouveaux concepts de réacteurs dits de « 4e génération ». Des avancées ont d'ailleurs déjà été réalisées, par exemple sur la réduction du volume des déchets radioactifs – depuis 1991, le volume des déchets à haute ou moyenne activité et à vie longue a été réduit d'un facteur 6 – ou sur l'amélioration des technologies de confinement..

> L'amélioration du stockage

La recherche se tourne désormais vers de nouvelles solutions énergétiques performantes dans de nombreux domaines. Les technologies encore peu compétitives, comme le solaire, que ce soit dans le secteur photovoltaïque ou thermique (micro-génération, pompes à chaleur…) amélioreront leur rentabilité. Les diverses technologies marines (énergies marémotrice et houlomotrice, hydroliennes…) font aussi l'objet de nombreuses expérimentations. L'énergie éolienne, la pile à combustible et le stockage du gaz carbonique font ensuite partie des autres domaines de recherche et développement. Des travaux sont également en cours sur les batteries pour permettre un stockage massif de l'électricité qui est actuellement impossible.

L'EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE, AXE MAJEUR DE LA RECHERCHE

Les énergies renouvelables, qui font désormais l'objet de nombreuses recherches de pointe en France, regroupent les bioénergies, la géothermie, le chauffage thermodynamique, le solaire (thermique, photovoltaïque, à concentration), l'éolien, l'hydraulique et les énergies marines, ainsi que la filière hydrogène. Il s'agit d'assurer une efficacité énergétique accrue par des technologies propres et de développer des alternatives aux technologies fondées sur l'usage des énergies fossiles. Les énergies renouvelables sont analysées du point de vue de leur rendement et de leurs émissions. L'éolien et le solaire offrent des rendements inégaux, alors que la biomasse produit des émissions mais est plus respectueuse du climat que les énergies fossiles. La stratégie nationale de recherche énergétique privilégie ainsi l'efficacité énergétique, l'énergie solaire, le stockage d'énergie, les biocarburants et les énergies de la mer.

LE PORTAIL DE LA RECHERCHE EN FRANCE

WWW.CAMPUSFRANCE.ORG>CHERCHEURS

UN POINT D'ACCÈS UNIQUE D'INFORMATION **EN LIGNE POUR TROUVER** UN PROJET DE RECHERCHE

◆ MIEUX CONNAITRE LA RECHERCHE FRANÇAISE

> Comprendre le fonctionnement du Doctorat en France
> Savoir comment s'inscrire en Doctorat et comment financer son projet de thèse
> Candidater aux programmes de recherche internationaux (Partenariats Hubert Curien, *Make Our Planet Great Again*)

◆ UN ANNUAIRE DES ÉCOLES DOCTORALES

Point d'entrée pour une inscription en Doctorat, les 265 Écoles Doctorales organisent et supervisent la formation doctorale.

> Une recherche par mots clés, Régions et disciplines
> Toute l'information sur l'École Doctorale : axes de recherche, critères et contacts pour l'admission, dispositifs d'accueil, sujets proposés, financements actuels, dimension internationale, contacts des laboratoires de recherche associés
> Un accès aux offres de thèse proposées par chaque École Doctorale.

https://doctorat.campusfrance.org

◆ UNE PLATEFORME DES OFFRES DE THÈSES, STAGES EN LABORATOIRE, POST-DOC

> Les offres financées via un contrat doctoral, les Doctorats en entreprise CIFRE, les offres spécifiques dédiés aux programmes financés par des gouvernements étrangers.
> Les offres de stage en laboratoire afin de se confronter au monde de la recherche.
> Les offres de post-doctorat pour travailler dans des laboratoires français.
> Le dispositif de financement détaillé, pour chaque offre de recherche (thèses, post-doc, stages).

Plus de 40 offres publiées en énergies renouvelables chaque année.

Voir https://doctorat.campusfrance.org/phd/offers

Juillet 2019

CAMPUS FRANCE
campusfrance.org