

La recherche en énergies renouvelables en France

Signataire du protocole de Kyoto, la France a développé un nouveau système de soutien à la recherche, au développement et à l'innovation dans les domaines de l'énergie qui coordonne des projets de recherche et d'innovation spécifiques aux 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 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 20 et 30. 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 2^e 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.

L'investissement dans les technologies sans carbone

En 2009, la part des énergies renouvelables dans la production totale d'énergie en France s'élevait à 15,3%. C'est cette même année qu'EDF Énergies Nouvelles et First Solar se sont associés pour la mise en place d'une filière industrielle solaire et construire le plus grand site de fabrication de panneaux solaires en France avec la technologie photovoltaïque à couche mince. La France souhaite ainsi être un pays leader dans les technologies sans carbone à l'instar de l'énergie solaire. Parmi les objectifs de la politique énergétique nationale, figurent notamment la part croissante de la consommation nationale d'électricité d'origine renouvelable de 15% à 21% provenant de l'éolien, de la biomasse et de l'hydroélectricité et, en 2015, une augmentation de 50% de la production de chaleur d'origine renouvelable.

La recherche en énergies renouvelables en France

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.



Stratégie 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 « 4^e 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.

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 nouveau 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, en vigueur jusqu'à la fin 2013. 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 scientifiques et technologiques, les établissements 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.

10 programmes de recherche principaux dans les champs de l'énergie et de l'environnement, avec deux objectifs prioritaires, ont été définis par l'ADEME :

Production et consommation éco-responsable

Ces programmes ont vocation à développer des réponses organisationnelles et technologiques afin de réduire l'impact environnemental et énergétique des activités humaines.

- Bioénergie et bioproduit
- Capture et stockage du CO₂
- Éco-technologies et procédés sobres et propres dans les domaines de l'air, des déchets, et des sols
- Impact de la pollution atmosphérique, du bruit, métrologie
- Production d'électricité à partir de ressources renouvelables
- Réseaux intelligents et stockage de l'énergie

Ville et territoire durables

Ces programmes visent à développer les connaissances sur les impacts environnementaux et sanitaires des activités humaines, ainsi que sur les comportements humains.

- Bâtiments économes
- Impact des pollutions des sols, évaluation environnementale des déchets et gestion durable des sols
- Prospective socio-économique
- Transports propres et économes

Sur ces programmes principaux de recherche, l'ADEME développe des exercices de prospective réalisés avec l'appui d'experts de la recherche publique et de l'industrie :

- Biocarburants de deuxième génération
- Bâtiments et îlots à énergies positives et à bilan carbone minimum
- Captage et stockage géologique du CO₂
- Couple véhicules particuliers - carburants à l'horizon 2050
- Énergies renouvelables marines
- Réseaux et systèmes électriques intelligents intégrant les énergies renouvelables

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 réunit l'ensemble des organismes de recherche publics français concernés par les problématiques de l'énergie. Pour garantir la finalité industrielle de ses travaux, l'ANCRE associe également les industriels du secteur à ses réflexions et actions.

ANR

Agence nationale de la recherche

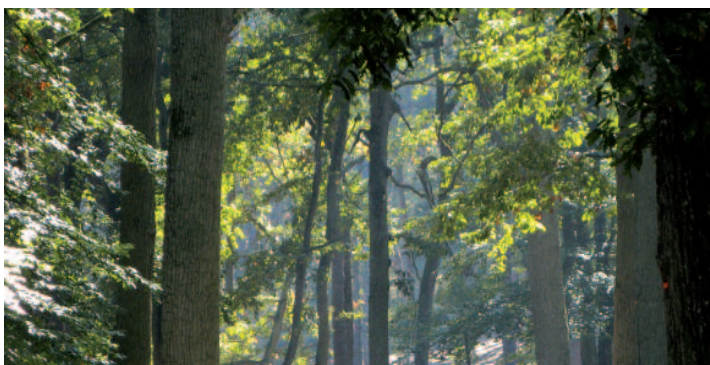
www.agence-nationale-recherche.fr

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 CO₂, etc.) et l'efficacité énergétique dans les bâtiments, l'industrie et les transports. Elle finance environ 70 projets de recherche dans le cadre de sa programmation annuelle. Plus de 85% des projets financés sont en partenariat public-privé, pour un montant d'aide d'environ 65M€. Depuis sa création en 2005, l'ANR a engagé plus de 320 M€ d'aide correspondant au financement de plus de 400 projets.

Institut Carnot

www.instituts-carnot.eu

Le réseau des 33 Instituts Carnot a pour mission de développer des partenariats de recherche avec les acteurs socio-économiques (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 10 centres répartis dans toute la France, le CEA intervient dans quatre grands domaines : énergies décarbonées, défense et sécurité, technologies pour l'information et technologies pour la santé.

<http://www.cea.fr>

• CIRAD, la recherche agronomique pour le développement

« Biomasse énergie et sociétés du Sud » 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.

<http://www.cirad.fr>

• ÉNERGIES Rhône-Alpes – Grenoble universités

Ce cluster de recherche pour les « énergies renouvelables, l'efficacité énergétique incluant les aspects techniques, économiques et sociaux » a pour objectif d'assurer une meilleure structuration régionale des activités de recherche dans le domaine des énergies.

<http://ksup-gu.grenet.fr/clusters/energies/>

Écoles doctorales de l'Université Joseph Fourier et Grenoble INP :

- Ingénierie pour la santé, la cognition et l'environnement (ED 216) :

<http://www-sante.ujf-grenoble.fr/edisce/>

- Mécanique énergétique (ED 219) :

<http://edimep2.grenoble-inp.fr>

• EMMA, Énergie mécanique et matériaux

Les domaines scientifiques couverts par EMMA de l'Université Poincaré Nancy-Université sont les Sciences de la Mécanique, de l'Énergie, de la Matière et des Matériaux, les Procédés d'élaboration des Matériaux et les Procédés de Fabrication des Composants et Systèmes Mécaniques et Énergétiques. École doctorale Énergie mécanique et matériaux (ED 409)

<http://www.emma.uhp-nancy.fr>

• EULANEST

Projet financé par la France pour développer la contribution des énergies renouvelables et durables dans les défis du changement climatique (2009).

<http://www.s2lat.eu/eulanest/Members/p1villar/eulanest-joint-call-2009>

• IBEB, Institut de biologie environnementale et biotechnologie

CEA Direction des Sciences du vivant :

<http://www-dsv.cea.fr>

• IFB, Institut Français de la Biodiversité

Coordonne, anime et fait connaître les recherches dans le domaine de la biodiversité, en réponse aux nombreuses sollicitations des chercheurs, des gestionnaires de milieux et de la société.

<http://www.biodiversite-sbstta.org>

• INES, Institut National de l'Énergie Solaire

L'Institut national de l'énergie solaire (INES) développe des recherches pour l'amélioration des technologies des filières solaires thermiques et photovoltaïques, essentiellement pour les applications du type bâtiments résidentiels et tertiaires.

<http://www.ines-solaire.com>

• 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, 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. Cinq objectifs stratégiques de recherche :

- Capturer et stocker le CO₂ pour lutter contre l'effet de serre
- Diversifier les sources de carburants
- Développer des véhicules propres et économes en carburant
- Transformer le maximum de matière première en énergie du transport
- Repousser les limites du possible dans l'exploration et la production du pétrole et du gaz.

<http://www.ifpenergiesnouvelles.fr>

• Institut Carnot Énergies du futur

Ce cluster de recherche dédié aux énergies renouvelables, à l'efficacité énergétique incluant les aspects techniques, économiques et sociaux conduit des recherches dans la région Rhône-Alpes sur les matériaux pour l'énergie, l'énergie et les bâtiments, la gestion des énergies, le stockage et les sources renouvelables

<http://www.energiesdufutur.fr>

• PROMES, Laboratoire des Procédés Matériaux et Énergie Solaire

Rattaché à l'École doctorale Énergie et Environnement (ED 305) qui propose des formations à la recherche dans cinq grands domaines scientifiques, dont l'énergie solaire au sein de l'Institut de recherches en technologies et sciences pour le vivant (IRTSV) à l'Université de Perpignan.

http://www.univ-perp.fr/fr/recherche/ecoles_doctorales.html

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 thermo-chimiques ;
- le développement des procédés à faible impact environnemental et des matériaux à longue durée de vie.

<http://www.promes.cnrs.fr>

• 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

<http://www.savoie-technolac.com>

L'École doctorale Sciences et ingénierie des systèmes, de l'environnement et des organisations (SISEO) (ED 489) est spécialisée dans l'énergie et l'environnement (traitement des effluents gaz-liquides, déchets, éco-conception...).

<http://www.univ-savoie.fr/index.php?id=180>

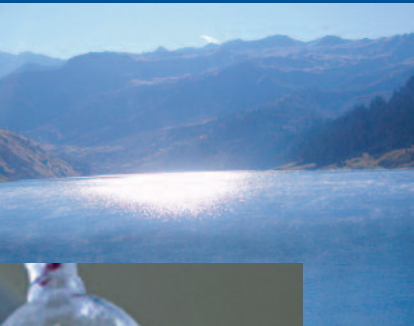


Liens utiles

- ADEME, Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie : <http://www.ademe.fr>
- ANCRE, Alliance nationale de coordination de la recherche pour l'énergie : <http://www.allianceenergie.fr>
- ANR, Agence nationale de la recherche : <http://www.agence-nationale-recherche.fr>
- CITEPA, Centre Interprofessionnel Technique d'Études Atmosphériques : <http://www.citepa.org>
- CLER, Comité de Liaison des Énergies Renouvelables : <http://www.cler.org>
- Ecosources.info, portail d'information dédié aux énergies renouvelables : <http://www.ecosources.info/>
- EDF Énergies nouvelles : <http://www.edf-energies-nouvelles.com>
- Enercoop, Coopérative de fourniture d'électricité verte : <http://www.enercoop.fr>
- GERES, Groupe Énergies Renouvelables, Environnement et Solidarités : <http://www.geres.eu>
- Grenelle Environnement : <http://www.legrenelle-environnement.fr>
- INERIS, Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques : <http://www.ineris.fr>
- IRD, Institut de Recherche pour le Développement : <http://www.ird.fr>
- Ministère de l'écologie, de l'énergie, du développement durable et de la mer : <http://www.developpement-durable.gouv.fr>
- Planète énergies, encyclopédie en ligne : <http://www.planete-energies.com>
- Pôle d'Excellence Rurale Énergies Nouvelles (PEREN) : <http://www.peren.org>
- Recherche et innovation : <http://www.recherche-innovation.developpement-durable.gouv.fr>
- SER, Syndicat des Énergies Renouvelables : <http://www.enr.fr>

Informations générales

- Agence CampusFrance : <http://www.campusfrance.org>
 - Le catalogue des Écoles doctorales - <http://www.campusfrance.org>>Trouvez votre formation>niveau D
 - CampusBourse, l'annuaire des programmes de bourses : <http://www.campusfrance.org>>Financez vos études
- ABG-L'Intelli'agence (insertion professionnelle des jeunes docteurs) : <http://www.intelliagence.fr>
- AERES, Agence d'Évaluation de la Recherche et de l'Enseignement Supérieur : <http://www.aeres-evaluation.fr>
- ANDÈS, Association Nationale des Docteurs ès Sciences : <http://www.andes.asso.fr>
- ANRT, Agence Nationale de la Recherche et de la Technologie : <http://www.anrt.asso.fr>
- CNRS, Centre National de la Recherche Scientifique : <http://www.cnrs.fr>
 - Annuaire de l'Enseignement supérieur et de la recherche : <http://www.urec.cnrs.fr/annuaire/>
 - Magazine trimestriel du CNRS (en anglais) : <http://www2.cnrs.fr/en/2.htm>
- EURAXES, mobilité des chercheurs en Europe : http://ec.europa.eu/euraxess/index_en.cfm
- Fondation Alfred Kastler (accueil des chercheurs étrangers en France) : <http://www.fnak.fr>
- Ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche : <http://www.enseignementsup-recherche.gouv.fr>
- Oséo innovation : <http://www.oseo.fr>
- Portail de la mobilité des chercheurs européens en France : <http://www.eurosfair.prdd.fr/mobility/>



Les Écoles doctorales

La formation à la recherche, composante structurelle des universités, est animée par 62 000 enseignants-chercheurs dans près de 300 Écoles doctorales en étroite liaison avec plus de 1 200 laboratoires de recherche. Les Écoles doctorales offrent un encadrement scientifique de haut niveau, ainsi qu'une préparation à l'insertion professionnelle (formations, enseignements, séminaires et stages) en s'ouvrant au monde industriel. Elles organisent et coordonnent les formations doctorales et garantissent la mise en œuvre de projets scientifiques cohérents.

La formation doctorale s'effectue au sein d'une équipe ou unité de recherche (UR), rattachée à une École doctorale (ED), sous le contrôle et la responsabilité d'un directeur de thèse. Chaque ED est rattachée le plus souvent à une université (dit support) habilitée à délivrer le Doctorat. Les ED sont accréditées par le ministre en charge de l'enseignement supérieur après évaluation par l'Agence d'Évaluation de la Recherche et de l'Enseignement Supérieur (AERES).

L'inscription en Doctorat

La demande d'admission et l'inscription en Doctorat se font auprès de l'École doctorale.

- Être titulaire d'un diplôme conférant le grade de Master
- Prendre contact avec l'École doctorale pour déposer une proposition de sujet de recherche ou consulter les sujets proposés.
- L'École doctorale oriente l'étudiant vers un directeur de thèse et examine avec lui les modalités de financement du séjour d'études.
- Après acceptation de l'École doctorale et du directeur de thèse, le doctorant signe la charte des thèses.

Financer son Doctorat

Attention : le financement de la formation doctorale est souvent une condition requise pour l'admission dans une École doctorale.

Les financements doivent couvrir les 3 années de durée des études doctorales afin de permettre au doctorant de se consacrer à la recherche. L'École doctorale est l'interlocuteur principal pour mettre en place et orienter le futur doctorant quant à son financement.

• **Le contrat doctoral**, ce dispositif public de financement des études doctorales, est ouvert à tous les étudiants en thèse. D'une durée de 3 ans, il offre toutes les garanties sociales ainsi qu'une rémunération avec un minimum garanti (1650 à 2000 euros brut). Identique pour tous les établissements de recherche et d'enseignement supérieur, il est du ressort de l'École doctorale qui en organise le recrutement. Ce contrat doctoral apporte toutes les garanties sociales d'un vrai contrat de travail conforme au droit public et renforce la dimension d'expérience professionnelle de recherche attachée à la formation doctorale.

• **Les conventions industrielles de formation par la recherche (C.I.F.R.E.)**

Les C.I.F.R.E. permettent aux doctorants de préparer leur thèse en entreprise en liaison avec une équipe de recherche extérieure à l'entreprise. Un contrat de travail de 3 ans est conclu entre l'entreprise et le doctorant avec une rémunération d'environ 1 900 euros par mois. La demande se fait en liaison avec l'École doctorale, auprès de l'Association Nationale de la Recherche Technique (ANRT). <http://www.anrt.asso.fr>

D'autres montages financiers sont possibles : dispositifs bilatéraux et bourses du Ministère des Affaires étrangères français, des Régions, des entreprises et aussi des bourses du pays ou de l'établissement d'origine.

• **CampusBourse, annuaire des programmes de bourses : www.campusfrance.org>Financez vos études**

Toutes les Écoles doctorales sur www.campusfrance.org

Le catalogue en ligne présente la totalité des Écoles doctorales et de leurs unités de recherche avec des liens directs. La recherche se fait à partir d'un moteur de recherche bilingue français/anglais (20 000 mots clés et 80 thématiques disciplinaires). Des fiches spécifiques par École doctorale viennent compléter l'information.



www.campusfrance.org>Trouvez votre formation>niveau D