

# La recherche en biologie en France

Les sciences du vivant mobilisent une grande part de la recherche en couvrant des domaines où les implications et enjeux actuels sont sans doute les plus importants pour l'évolution du monde.

## L'Institut Pasteur, de la vaccination au génome humain, plus d'un siècle de recherche médicale en France

Il est difficile, en France, de parler de biologie sans évoquer le grand Pasteur. Il a été le premier professeur de microbiologie et apparaît comme le fondateur de l'immunologie.

Fondé en 1888, l'Institut Pasteur a bénéficié d'une souscription internationale grâce au prestige et à l'efficacité de son action reconnue dans le monde entier. Le réseau des Instituts Pasteur compte à présent 29 établissements répartis sur cinq continents en dehors de la France. Après s'être battu contre rage, peste, diphtérie, tétanos, typhus, fièvre jaune, tuberculose, poliomyélite, les « Pasteuriens » (8 prix Nobel depuis 1900) ont été des acteurs majeurs de la lutte contre le SIDA.

A la belle figure d'Alexandre Yersin, biologiste franco-suisse qui découvrit l'agent pathogène de la peste (*Yersinia Pestis*), créa les Instituts Pasteur du Vietnam et participa à la création de l'École de Médecine de Hanoï, répondent celles du professeur Jean-Claude Chermann, du professeur Françoise Barré-Sinoussi, et du professeur Luc Montagnier, réussissant à isoler les virus du SIDA, VIH1 puis VIH2, équipe nobélisée en 2008.

L'équipe du professeur Pierre Charneau (Unité d'oncologie virale de Pasteur) travaille sur la mise au point d'un nouveau vecteur qui apporterait les « bons » gènes dans des cellules jusqu'alors inaccessibles à la thérapie génique.

Ce type de recherche est également au cœur de l'activité du professeur Daniel Scherman, en étroite collaboration avec le CNRS, l'INSERM et l'Université d'Evry-Val d'Essonne, au **Généthon, première entreprise de biotechnologie européenne** à but non lucratif et pionnier de la recherche sur le génome humain.

## L'internationalisation nécessaire

La carrière franco-américaine du professeur Luc Montagnier, entre autres, comme la coopération du professeur Hoffmann, cité plus haut, avec les équipes des universités de Cambridge au Royaume-Uni et Yale aux États-Unis, prouvent la nécessité d'une coopération entre les laboratoires de différents pays : la recherche en biologie illustre de façon exemplaire l'internationalisation croissante de la science.

Des jeunes scientifiques venus du monde entier suivent ainsi des cours de haut niveau en microbiologie et en immunologie à l'Institut Pasteur : 382 en 2007, auxquels se joignent plus de 800 étudiants et post-doctorants de 56 nationalités, qui viennent se perfectionner dans ses laboratoires.

L'esprit pastorien est aussi relayé à l'étranger, dans les pays non francophones, par des spécialistes formés en France : en Angola, pays lusophone, l'action contre le SIDA est menée par des Pasteuriens du Brésil, dont le pays est à l'avant-garde de la prise en charge à grande échelle des malades. La mobilisation internationale autour de la surveillance du virus de la grippe en est un autre exemple.



## De l'imagerie cérébrale à la bioéthique, la fin des champs étanches

Comme toutes les sciences aujourd'hui, la biologie demande des esprits hautement spécialisés et ouverts à la multidisciplinarité. Le cloisonnement entre biologie, chimie, physique, en particulier, appartient au passé. Informaticiens, biophysiciens, cristallographes coopèrent dans les études de résonance magnétique nucléaire, de cristallographie aux rayons X ou de modélisation. « *Notre éventail [de compétences], va [...] du psychiatre au mathématicien, en passant par la physique, la chimie et la biologie* », souligne ainsi le professeur Denis Le Bihan, directeur scientifique de [NeuroSpin](#), [grande infrastructure de neuro-imagerie en champ intense](#) créée en 2005 pour servir la biologie.

NeuroSpin place la France en pointe de l'imagerie cérébrale par résonance magnétique nucléaire (IRM). Il recevra en 2011 l'aimant le plus puissant au monde (champ magnétique de 11,7 T, diamètre de 90 cm), conçu par le Laboratoire de recherches sur les lois fondamentales de l'univers (DAPNIA) du [Commissariat à l'Énergie Atomique \(CEA\)](#), qui depuis 30 ans est l'un des acteurs majeurs de l'imagerie cérébrale.

Fruit d'une coopération d'ingénieurs franco-allemande, NeuroSpin facilitera les recherches sur les affections neurodégénératives, l'infarctus cérébral, la correction des handicaps sensoriels, ... Mais son ambition est immense, puisqu'il s'agit aussi d'étudier sur le cerveau sain pourquoi nous ne pensons pas tous de la même manière, comment peut-on améliorer les méthodes d'enseignement actuelles, comment optimiser les relations homme-machine ? À Neurospin est associé le professeur Stanislas Dehaene, dont les recherches actuelles tentent de repousser les limites de l'imagerie cérébrale, en l'appliquant à la recherche de l'origine de la dyscalculie (troubles du calcul), auquel on doit les toutes premières expériences d'imagerie cérébrale du traitement subliminal des mots.

Autre piste de développement, [les nanobiotechnologies](#) permettent de multiplier les données sur notre corps accessibles aux médecins, en réduisant l'agression que constitue toute exploration de l'organisme. Domaine de recherche à part entière, elles se servent des nanotechnologies pour la découverte de nouvelles molécules ; elles ouvrent des pistes prometteuses à une nouvelle génération de médicaments, dits « intelligents » ; on attend aussi de leurs progrès la reconstruction de tissus après des lésions grâce à des matériaux biocompatibles à l'échelle de la cellule.

Enfin, la prévention apparaît comme le chantier des prochaines années le plus « révolutionnaire », libérant de craintes anciennes l'espèce humaine, suscitant aussi de nouvelles peurs. La biologie systémique prévoit l'évolution physique d'un individu. Cette possibilité, à présent associée à celles de la procréation médicale assistée, des manipulations génétiques effectuées sur les plantes, du clonage et de l'emploi d'embryons humains, soulève des questions graves dont se saisit la bioéthique.



### Une réflexion sur l'évolution humaine

Les questions posées par ces nouvelles recherches entraînent une réflexion et des interrogations qui viennent alimenter le débat sur la bioéthique. C'est le sens du dialogue sans concession tenté par le spécialiste de neuroscience Jean-Pierre Changeux, avec le mathématicien Alain Connes (sur les relations entre cerveau et mathématiques) et le philosophe Paul Ricœur (échanges retranscrits dans *Ce qui nous fait penser. La nature et la règle*, Paris, O. Jacob, 1998).

Jacques Monod, l'un des pères de la biologie moléculaire (Prix Nobel de Médecine, avec François Jacob et André Lwoff, pour leurs découvertes sur l'adaptation enzymatique cellulaire et la régulation génétique), avait appelé à « *rechercher les causes élémentaires – c'est-à-dire les mécanismes moléculaires –, des phénomènes de la vie, des simples bactéries jusqu'à la conscience réflexive de l'être humain* ». C'était il y a un demi-siècle... L'activité de NeuroSpin stimule cette interrogation et confirme, si besoin était, que les biologistes ne sont plus seuls à réfléchir sur les limites de la science.



## La révolution de la transgénèse et les enjeux du développement durable

La biologie végétale est bouleversée par la révolution de la transgénèse, qui permet de doter une espèce de caractéristiques qu'elle ne possède pas naturellement par le transfert de gènes d'un organisme à un autre, en s'affranchissant de la barrière de genre et d'espèce.

Les enjeux du développement durable amènent à reconsidérer le rôle de l'innovation dans l'émergence d'une agriculture acceptable sur le plan environnemental et sociétal. Les recherches de l'Institut national de la recherche agronomique (INRA) s'intéressent ainsi à la maîtrise des biotechnologies végétales : mécanismes moléculaires et cellulaires impliqués dans l'organisation des génomes et l'expression des gènes. Par ailleurs, l'INRA soutient des programmes développant des approches post-génomiques globales à haut débit, notamment en biologie intégrative des plantes et sur leurs interactions avec leurs bioagresseurs et leurs milieux.

Enfin, l'INRA travaille sur des techniques qui visent à renforcer l'efficacité des biotechnologies végétales, transgéniques ou non, en évaluant les bénéfices, impacts et risques des différentes formes d'innovation. Ainsi, en France, l'utilisation des organismes génétiquement modifiés (OGM) fait l'objet, au nom du principe de précaution, d'expériences encadrées et non d'une application généralisée en agriculture.

## Les percées françaises en biologie cellulaire

En biologie cellulaire, les cellules souches pluripotentes, ou cellules souches embryonnaires, représentent un enjeu essentiel car elles peuvent se reproduire à l'infini et donner naissance à tous les tissus de l'organisme. Grâce à elles, les chercheurs peuvent étudier le développement de l'embryon, mieux comprendre l'oncogenèse, ou encore évaluer de nouveaux médicaments. Mais surtout, les cellules souches embryonnaires seront sans doute bientôt au cœur de la thérapie cellulaire, qui consiste à substituer aux cellules anormales ou disparues des cellules saines.

Le professeur Marc Peschanski, chercheur à l'Institut national de la santé et de la recherche médicale (INSERM) à la tête de l'équipe qui a effectué les premières greffes de neurones fœtaux chez des personnes souffrant de la maladie de Huntington, incite toutefois à ne pas crier victoire trop tôt. La recherche sur l'embryon et les cellules souches embryonnaires en France est par ailleurs strictement encadrée par la loi de bioéthique de 2004, révisable en 2009.

Autre exemple des percées de la biologie actuelle : les travaux en matière d'immunologie du professeur Jules Hoffmann, ancien président de l'Académie des Sciences, avec son équipe du Centre national de la recherche scientifique (CNRS) à Strasbourg, qui ont permis d'identifier des molécules antimicrobiennes apparues très rapidement chez la mouche du vinaigre (*drosophile*), après une blessure pathogène. Les études portent maintenant sur les éventuelles applications de cette découverte à la défense antimicrobienne innée de l'homme, encore très mal connue.

En matière d'embryologie expérimentale, l'INRA utilise le clonage comme outil de recherche sur les interactions entre le noyau des cellules et leur environnement cytoplasmique. L'institut a ainsi développé une expertise originale fondée sur le clonage d'animaux d'élevage : il étudie les risques qui seraient liés à l'utilisation de clones en élevage en matière d'alimentation humaine, en particulier, et mène une réflexion éthique sur le clonage animal.



## Principaux organismes de recherche

- CEA, Commissariat à l'Énergie Atomique : <http://www.cea.fr/>  
Organisme essentiel en matière de recherche, de développement et d'innovation, qui intervient dans l'énergie, les technologies pour l'information et la santé  
Sciences du vivant au CEA : <http://www-dsv.cea.fr/content/cea/home/>  
Dapnia Saclay, Laboratoire de recherche sur les lois fondamentales de l'univers : <http://irfu.cea.fr/index.php>  
Catalogue des bibliothèques du CEA : <http://www-ist.cea.fr/sygeca/exl-php/cadcgp.php>
- CEMAGREF : <http://www.cemagref.fr>  
biologie des écosystèmes aquatiques, hydrobiologie, microbiologie, traitement biologique des déchets
- CIRAD : <http://www.cirad.fr>  
Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement biologie, biodiversité
- CNRS, Centre National de la Recherche Scientifique : <http://www.cnrs.fr>  
Sciences du vivant au CNRS : <http://www.cnrs.fr/sdv/>
- GÉNÉTHON : <http://www.genethon.fr>  
développement des bioprocédés, évaluation thérapeutique, génome humain, maladies génétiques rares (orphelines), stratégies thérapeutiques, transfert de gène
- IFREMER, Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la mer : <http://www.ifremer.fr>  
biologie des espèces
- INCA, Institut National du Cancer : <http://www.e-cancer.fr/>  
biologie du cancer, formation à la recherche
- INRA, Institut National de la Recherche Agronomique : <http://www.inra.fr>  
biologie végétale, génétique, microbiologie, nutrition, physiologies animale et végétale, santé, sciences sociales
- INSERM, Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale : <http://www.inserm.fr>  
biostatistique, épidémiologie génétique, santé
- Institut Curie : <http://www.curie.fr>  
biologie cellulaire et biologie du développement, lutte contre le cancer, imagerie cellulaire et moléculaire, immunothérapie, épigénétique et génotoxicologie, génétique et oncogénèse, mécanismes moléculaires de l'oncogénèse, pharmacochimie, physicochimie du vivant
- Institut Gustave Roussy : <http://www.igr.fr>  
lutte contre le cancer, épidémiologie, génomique, oncogénèse, thérapie
- Institut Pasteur : <http://www.pasteur.fr/ip/index.jsp>  
biologie moléculaire, immunologie, microbiologie
- IRD, Institut de Recherche pour le développement : <http://www.ird.fr>  
biodiversité, biotechnologies, microbiologie



## Liens utiles

- ADEME, Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie : <http://www.ademe.fr>
- Agence de la Biomédecine (créée en 2005, délivre autorisations de recherche après avis de son conseil d'orientation, évalue et contrôle) : <http://www.agence-biomedecine.fr/fr/activite-recherche.asp>  
Voir aussi le rapport « Cellules souches et choix éthiques », 2006 sur <http://lesrapports.ladocumentationfrancaise.fr/>
- Base de données nationale des biotechnologies : <http://biotech.education.fr/>
- Plateforme E-biosci ; accès à un ensemble de données (moléculaires, littérature scientifique, images) sur les sciences de la vie : <http://www.e-biosci.org/>
- European Molecular Biology Organisation : <http://www.embo.org>
- Génoplante, programme fédérateur en génomique végétale : <http://www.genoplante.com/>
- Génopole, la cité du gène et des biotechnologies : <http://www.genopole.fr/html/fr/home/index.htm>
- Entreprises du médicament : <http://www.leem.org>
- Fédération Réaumur des sciences du vivant (FRSV) : <http://www.reaumur.org/>  
Groupement des Protistologues de Langue Française (GPLF), Club Exocytose - Endocytose, Société de Biologie Cellulaire de France (SBCF), Société Française de Biologie du Développement (SFBD), Société Française de Génétique (SFG), Société Française des Microscopies (Sfμ), Microscopie fonctionnelle du vivant (GDR 2588)
- Fédération pour la recherche sur le cerveau (FRC) qui fédère 5 associations de recherche neurologique : <http://www.frc.asso.fr>
- Fondation pour la Recherche médicale : <http://www.frm.org/>
- Institut français de l'environnement : <http://www.ifen.fr>
- Laboratoire de biométrie et de biologie évolutive UMR 5558 (Lyon 1) : <http://biomserv.univ-lyon1.fr/sitelabo/index.php>
- Recherche d'emploi : <http://www.adebio.org> - <http://www.arborescience.com/>  
(voir aussi Société Française de Génie Biologique et Médical et ABG Association Bernard Grégory)
- Société des neurosciences, 3<sup>ème</sup> communauté mondiale de chercheurs : <http://www.neurosciences.asso.fr>
- Société française de biométrie : <http://biomserv.univ-lyon1.fr/SFB>
- SFGBM, Société Française de Génie Biologique et Médical : <http://www-sfgbm.enst-bretagne.fr>
- SFDS, Société française de statistique : <http://www.sfds.asso.fr/>

## Informations générales

- Agence CampusFrance : <http://www.campusfrance.org>  
Toute l'information pour un projet d'études en France du choix de la formation à l'organisation du séjour
- Le catalogue des écoles doctorales - [campusfrance.org](http://campusfrance.org)>Trouvez votre formation>niveau D
- CampusBourse, l'annuaire des programmes de bourses : [campusfrance.org](http://campusfrance.org)>financez vos études
- AFII, Agence française pour les investissements internationaux, brochures sur les biotechnologies et les nanotechnologies in rubrique « Publications sectorielles » :  
<http://www.invest-in-france.org/international/fr/sector-publications.html>
- ESEO Innovation : <http://www.oseo.fr>
- Annuaire de l'Enseignement supérieur et de la Recherche (CNRS, Centre national de la recherche scientifique) : <http://www.urec.cnrs.fr/annuaire/>  
Magazine trimestriel du CNRS (en anglais) : <http://www2.cnrs.fr/en/2.htm>
- AERES, Agence d'évaluation de la recherche et de l'enseignement supérieur : <http://www.aeres-evaluation.fr>
- ABG, Association Bernard Grégory (insertion professionnelle des jeunes docteurs) : <http://www.abg.asso.fr/>
- EURAXES mobilité des chercheurs en Europe : [http://ec.europa.eu/euraxess/index\\_en.cfm](http://ec.europa.eu/euraxess/index_en.cfm)
- Fondation Alfred Kastler (accueil des chercheurs étrangers en France) : <http://www.fnak.fr/>
- Ministère de de l'Enseignement supérieur et de la Recherche : [www.enseignementsup-recherche.gouv.fr](http://www.enseignementsup-recherche.gouv.fr)
- Portail de la mobilité des chercheurs européens en France : <http://www.eracareers.fr/>

# La formation doctorale en France

## 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 1200 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.

### Toutes les écoles doctorales sur [www.campusfrance.org](http://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 clefs et 80 thématiques disciplinaires). Des fiches spécifiques par école doctorale viennent compléter l'information.



[www.campusfrance.org](http://www.campusfrance.org)>Trouvez votre formation>niveau D

## 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**, nouveau dispositif public de financement des études doctorales, est un contrat ouvert à tous les étudiants en thèse. D'une durée de 3 ans et offre toutes les garanties sociales ainsi qu'une rémunération avec un minimum garanti (1 600 euros). 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/>

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

- **CampusBourse, annuaire des programmes de bourses : [www.campusfrance.org](http://www.campusfrance.org)>Financez vos études**