



# La investigación en biología en Francia

Las ciencias de la vida movilizan una gran parte de la investigación cubriendo campos en los que las implicaciones y los retos actuales son sin duda los más importantes para la evolución del mundo

## El Institut Pasteur, de la vacunación al genoma humano, más de un siglo de investigación médica en Francia

En Francia, es difícil hablar de biología sin citar al gran Pasteur. Él fue el primer profesor de microbiología y aparece como el fundador de la inmunología.

El Institut Pasteur, fundado en 1888, se ha beneficiado de la aprobación internacional que explican el prestigio y la eficacia de una acción reconocida, todavía hoy, en el mundo entero. La red de los Institutos Pasteur cuenta hoy en día con unas 29 instituciones repartidas en cinco continentes fuera de Francia. Tras haber luchado contra la rabia, la peste, difteria, tétanos, tifus, fiebre amarilla, tuberculosis, poliomielitis, los « Pasteurianos » (8 premios Nobel desde 1900) han sido actores importantes de la lucha contra el SIDA.

A la gran figura de Alexandre Yersin, biólogo francosuizo que descubrió el agente patógeno de la peste (*Yersinia Pestis*), creó los Institutos Pasteur de Vietnam y participó en la creación de la Escuela de Medicina de Hanoi, responden las del profesor Jean-Claude Chermann, del profesor Françoise Barré-Sinoussi y del profesor Luc Montagnier, logrando aislar los virus del SIDA, VIH1 y luego VIH2, equipo nobelizado en 2008.

El equipo del profesor Pierre Charneau (Unidad de oncología viral de Pasteur) trabaja en la puesta a punto de un nuevo vector que aportaría los « buenos » genes en células hasta hoy inaccesibles a la terapia génica.

Este tipo de investigación está también en el centro de la actividad del profesor Daniel Scherman, en estrecha colaboración con el CNRS, el INSERM y la Universidad de Evry-Val d'Essonne, **en Généthon, primera empresa de biotecnología europea** sin fines de lucro y pionera de la investigación sobre el genoma humano.

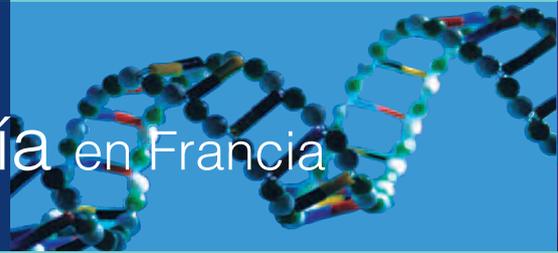
## La internacionalización necesaria

La carrera francoamericana del profesor Luc Montagnier, entre otras cosas, como la cooperación del profesor Hoffmann, citado más arriba, con los equipos de las universidades de Cambridge en el Reino Unido y Yale en los Estados Unidos, demuestran la necesidad de cooperación entre los laboratorios de diferentes países : la investigación en biología ilustra de manera ejemplar la internacionalización creciente de la ciencia.

Jóvenes científicos procedentes del mundo entero siguen así cursos de alto nivel en microbiología y en inmunología en el Institut Pasteur : 382 en 2007, a los cuales se suman más de 800 estudiantes de 56 nacionalidades, que vienen a perfeccionarse en sus laboratorios.

El espíritu de Pasteur también existe en el extranjero, en los países no francófonos, con especialistas formados en Francia : en Angola, país de habla portuguesa, la acción contra el SIDA es llevada por Pasteurianos de Brasil, cuyo país está a la vanguardia de la atención a gran escala de los enfermos. La movilización internacional en torno a la vigilancia del virus de la gripe es otro ejemplo.

# La investigación en biología en Francia



## De las imágenes cerebrales a la bioética, el final de los campos estancos

Como todas las ciencias hoy en día, la biología requiere mentes altamente especializadas y abiertas a la multidisciplinariedad. La división entre biología, química, física, en particular, pertenece al pasado. Informáticos, biofísicos, cristalógrafos cooperan en los estudios de resonancia magnética nuclear, de cristalografía a los rayos X o de modelización. « *Nuestro abanico [de competencias], va [...] del psiquiatra al matemático, pasando por la física, la química y la biología* », subrayó así el profesor Denis Le Bihan, director científico de [NeuroSpin](#), gran infraestructura de neuro-imágenes en campo intenso creada en 2005 para servir a la biología.

Así, NeuroSpin coloca a Francia como puntera en imágenes cerebrales por resonancia magnética nuclear (IRM). Recibirá en 2011 el imán más poderoso del mundo (campo magnético de 11,7 T, diámetro de 90 cm), diseñado por el Laboratorio de investigaciones sobre las leyes fundamentales del universo (DAPNIA) de la [Comisaría para la Energía Atómica \(CEA\)](#), que desde hace 30 años es uno de los actores principales de las imágenes cerebrales.

Al ser el fruto de una cooperación de ingenieros franco-alemana, NeuroSpin facilitará las investigaciones sobre las afecciones neurodegenerativas, el infarto cerebral, la corrección de los handicaps sensoriales. Pero su ambición es inmensa, puesto que se trata también de estudiar en el cerebro sano por qué no pensamos todos de la misma manera, cómo se puede mejorar los métodos de enseñanza actuales, cómo optimizar las relaciones entre el hombre y la máquina. En Neurospin está asociado el profesor Stanislas Dehaene, cuyas investigaciones actuales intentan alejar los límites de las imágenes cerebrales, aplicándolas a la investigación del origen de la discalculia (dificultades en el aprendizaje de las matemáticas), a quien se le debe las primerísimas experiencias de imágenes cerebrales del tratamiento subconsciente de las palabras.

Otra pista de desarrollo, [las nanobiotecnologías](#) permiten multiplicar los datos sobre nuestro cuerpo accesibles a los médicos, reduciendo la agresión que constituye toda exploración del organismo. Al ser un campo de investigación por entero, utilizan las nanotecnologías para descubrir nuevas moléculas ; abren pistas prometedoras a una nueva generación de medicamentos, llamados « inteligentes » ; se espera también con sus progresos la reconstrucción de tejidos después de lesiones gracias a materiales biocompatibles a escala de la célula.

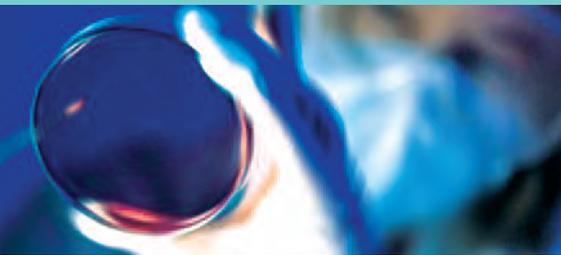
Por último, la prevención aparece como el programa de trabajo de los próximos años más « revolucionario », liberando temores antiguos de la especie humana, suscitando también nuevos temores. La biología sistémica prevee la evolución física de un individuo. Esta posibilidad, hoy en día asociada a las de la procreación médica asistida, las manipulaciones genéticas efectuadas en las plantas, la clonación y el empleo de embriones humanos, plantea cuestiones graves, de las que se apodera la bioética.



## Una reflexión sobre la evolución humana

Las cuestiones planteadas por estas nuevas investigaciones acarrearán una reflexión e interrogantes que vienen a nutrir el debate sobre la bioética. Es el sentido del diálogo sin concesión intentado por el especialista de neurociencia Jean-Pierre Changeux, con el matemático Alain Connes (sobre las relaciones entre cerebro y matemáticas) y el filósofo Paul Ricœur (intercambios transcritos en *Ce qui nous fait penser. La nature et la règle*, Paris, O.Jacob, 1998). (Lo que nos hace pensar. La naturaleza y la regla).

Jacques Monod, uno de los padres de la biología molecular (Premio Nobel de Medicina, con François Jacob y André Lwoff, por sus descubrimientos sobre la adaptación enzimática celular y la regulación genética), había hecho un llamado para « *buscar las causas elementales – es decir los mecanismos moleculares –, de los fenómenos de la vida, de las simples bacterias hasta la conciencia reflexiva del ser humano* ». Era hace medio siglo... La actividad de NeuroSpin estimula este interrogante y confirma, en caso de que fuese necesario, que los biólogos no son más los únicos en reflexionar sobre los límites de la ciencia.



## La revolución de la transgénesis y los retos del desarrollo sostenible

La biología vegetal está trastornada por la revolución de la transgénesis, que permite dotar a una especie con características que no posee naturalmente por la transferencia de genes de un organismo a otro, liberándose de la barrera de género y de especie.

Los retos del desarrollo sostenible conducen a reconsiderar el papel de la innovación en la aparición de una agricultura aceptable a nivel medioambiental y de sociedad. Las investigaciones del Instituto nacional de investigación agronómica (INRA) se interesan también en el dominio de las biotecnologías vegetales : mecanismos moleculares y celulares implicados en la organización de los genomas y la expresión de los genes. Por otra parte, el INRA apoya programas desarrollando enfoques post-genómicos globales de alta velocidad, en particular en biología integrativa de las plantas y sobre sus interacciones con sus bioagresores y sus medios.

Por último, el INRA trabaja sobre técnicas encaminadas a reforzar la eficacia de las biotecnologías vegetales, transgénicas o no, evaluando los beneficios, impactos y riesgos de las diferentes formas de innovación. Así en Francia, el uso de los organismos genéticamente modificados (OGM) es objeto, en nombre del principio de precaución, de experiencias enmarcadas y no de una aplicación generalizada en agricultura.

## Las incursiones francesas en biología celular

En biología celular, las células madre pluripotentes, o células madre embrionarias, representan un reto esencial ya que pueden reproducirse a lo infinito y dar origen a todos los tejidos del organismo. Gracias a ellas, los investigadores pueden estudiar el desarrollo del embrión, entender mejor la oncogénesis o incluso evaluar nuevos medicamentos. Pero sobre todo, las células origen embrionarias estarán sin duda pronto en el centro de la terapia celular, que consiste en sustituir las células anormales o desaparecidas por células sanas.

El profesor Marc Peschanski, investigador en el Instituto nacional de salud e investigación médica (INSERM), a la cabeza del equipo que ha efectuado los primeros injertos de neuronas fetales en personas que sufren de la enfermedad de Huntington, incita sin embargo a no cantar victoria muy temprano. La investigación sobre el embrión y las células origen embrionarias en Francia está por cierto estrictamente enmarcada por la ley de bioética de 2004, revisable en 2009.

Otro ejemplo de las incursiones de la biología actual : los trabajos en materia de inmunología del profesor Jules Hoffmann, ex-presidente de la Academia de Ciencias, ha identificado con su equipo del Centre national de la recherche scientifique (CNRS) en Estrasburgo, moléculas antimicrobianas aparecidas muy rápidamente en la mosca del vinagre (drosófila), tras una lesión patógena. Los estudios se refieren ahora a las eventuales aplicaciones de este descubrimiento a la defensa antimicrobiana innata del hombre, todavía mal conocida.

En materia de embriología experimental, el INRA utiliza la clonación como herramienta de investigación sobre las interacciones entre el núcleo de las células y su entorno citoplásmico. Así, el instituto ha desarrollado una pericia original fundada en la clonación de animales de ganadería : Estudia los riesgos que estarían vinculados con el uso de clones en ganadería en materia de alimentación humana, en particular y lleva a cabo una reflexión ética sobre la clonación animal.



## Principales organismos de investigación

- CEA, Commissariat à l'Énergie Atomique (Comisaría para la Energía Atómica) : <http://www.cea.fr/>  
Organismo esencial en materia de investigación, desarrollo e innovación, que interviene en la energía, las tecnologías para la información y la salud  
Ciencias de la vida en la CEA :  
<http://www-dsv.cea.fr/content/cea/home/>  
Dapnia Saclay, Laboratorio de investigación sobre las leyes fundamentales del universo :  
<http://irfu.cea.fr/index.php>  
Catálogo de las bibliotecas de la CEA :  
<http://www-ist.cea.fr/sygeca/exl-php/cadcgcp.php>
- CEMAGREF : <http://www.cemagref.fr>  
biología de los ecosistemas acuáticos, hidrobiología, microbiología, tratamiento biológico de residuos
- CIRAD : <http://www.cirad.fr>  
Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement (Centro de cooperación internacional en investigación agronómica para el desarrollo) biología, biodiversidad
- CNRS, Centre National de la Recherche Scientifique (Centro Nacional de Investigación Científica) :  
<http://www.cnrs.fr>  
Ciencias de la vida en el CNRS :  
<http://www.cnrs.fr/sdv/>
- GÉNÉTHON : <http://www.genethon.fr>  
desarrollo de los bioprocedimientos, evaluación terapéutica, genoma humano, enfermedades raras (huérfanas), estrategias terapéuticas, transferencia de gen
- IFREMER, Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la mer (Instituto Francés de Investigación para el Aprovechamiento del mar) :  
<http://www.ifremer.fr>  
biología de las especies
- INCA, Institut National du Cancer (Instituto Nacional del Cáncer) : <http://www.e-cancer.fr/>  
biología del cáncer, formación en investigación
- INRA, Institut National de la Recherche Agronomique (Instituto Nacional de Investigación Agronómica) :  
<http://www.inra.fr>  
Biología vegetal, genética, microbiología, nutrición, fisiologías animal y vegetal, salud, ciencias sociales
- INSERM, Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale (Instituto Nacional de Salud e Investigación Médica) : <http://www.inserm.fr>  
bioestadística, epidemiología genética, salud
- Institut Curie : <http://www.curie.fr>  
Biología celular y biología del desarrollo, lucha contra el cáncer, imágenes celular y molecular, inmunoterapia, epigenética y genotoxicología, genética y oncogénesis, mecanismos moleculares de la oncogénesis, farmacoquímica, fisicoquímica de los seres vivos
- Institut Gustave Roussy : <http://www.igr.fr>  
lucha contra el cáncer, epidemiología, genómica, oncogénesis, terapia
- Institut Pasteur : <http://www.pasteur.fr/ip/index.jsp>  
biología molecular, inmunología, microbiología
- IRD, Institut de Recherche pour le développement (Instituto de Investigación para el Desarrollo) :  
<http://www.ird.fr>  
biodiversidad, biotecnologías, microbiología



## Enlaces útiles

- ADEME, Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (Agencia del Medioambiente y de Control de la Energía) : <http://www.ademe.fr>
- Agence de la Biomédecine (Agencia de la Biomedicina) (creada en 2005, otorga autorizaciones de investigación después del dictamen de su consejo de orientación, evalúa y controla) : <http://www.agence-biomedecine.fr/fr/activite-recherche.asp>  
Véase también el informe « Cellules souches et choix éthiques », (Células madre y opciones éticas) 2006 en <http://lesrapports.ladocumentationfrancaise.fr/BRP/064000623/0000.pdf>
- Base de datos nacional de las biotecnologías : <http://biotech.education.fr/>
- Plataforma E-biosci ; acceso a un conjunto de datos (moleculares, literatura científica, imágenes) sobre las ciencias de la vida : <http://www.e-biosci.org/>
- European Molecular Biology Organisation : <http://www.embo.org>
- Génoplante, programa federador en genómica vegetal : <http://www.genoplante.com/>
- Génopole, la ciudad del gen y de las biotecnologías : <http://www.genopole.fr/html/fr/home/index.htm>
- Empresas del medicamento : <http://www.leem.org>
- Fédération Réaumur des sciences du vivant (FRSV) (Federación Réaumur de las ciencias de la vida) : <http://www.reaumur.org/>  
Agrupación de Protistólogos de Lengua Francesa (GPLF), Club Exocytose – Endocytose, Société de Biologie Cellulaire de France (Sociedad de Biología Celular de Francia) (SBCF), Société Française de Biologie du Développement (Sociedad Francesa de Biología del Desarrollo) (SFBD), Société Française de Génétique (Sociedad Francesa de Genética) (SFG), Société Française des Microscopies (Sociedad Francesa de Microscopias) (Sfμ), Microscopie fonctionnelle du vivant (Microscopia funcional del ser vivo) (GDR 2588)
- Fédération pour la recherche sur le cerveau (FRC) (Federación para la investigación sobre el cerebro) que reúne a 5 asociaciones de investigación neurológica : <http://www.frc.asso.fr>
- Fundación para la Investigación médica : <http://www.frm.org/>
- Instituto francés del medio ambiente : <http://www.ifen.fr>
- Laboratorio de biometría y de biología evolutiva UMR 5558 (Lyon 1) <http://biomserv.univ-lyon1.fr/sitelabo/index.php>
- Búsqueda de empleo : <http://www.adebio.org> - <http://www.arborescience.com/>  
(véase también Société Française de Génie Biologique et Médical (Sociedad Francesa de Ingeniería Biológica y Médica) y ABG Asociación Bernard Grégory)
- Sociedad de neurociencias, 3<sup>era</sup> comunidad mundial de investigadores : <http://www.neurosciences.asso.fr>
- Sociedad francesa de biometría : <http://biomserv.univ-lyon1.fr/SFB>

- SFGBM, Société Française de Génie Biologique et Médical (Sociedad Francesa de Ingeniería Biológica y Médica) : <http://www-sfgbm.enst-bretagne.fr>
- SFDS, Société française de statistique (Sociedad francesa de estadística) : <http://www.sfds.asso.fr/>

## Informaciones generales

- Agence CampusFrance : <http://www.campusfrance.org>  
Toda la información necesaria para llevar a cabo un proyecto de estudios en Francia, desde la formación elegida a la organización de la estadía
- El catálogo de las escuelas doctorales - [campusfrance.org](http://www.campusfrance.org)>Encuentre su formación>nivel D : <http://www.campusfrance.org/ecoledoc/>
- CampusBourse, el anuario de los programas de becas : [campusfrance.org](http://www.campusfrance.org)>Financie sus estudios
- AFII, Agence française pour les investissements internationaux, (Agencia francesa para inversiones internacionales), folletos sobre las biotecnologías y las nanotecnologías en la rúbrica « Publicaciones sectoriales » : <http://www.invest-in-france.org/international/fr/sector-publications.html>
- OSEO Innovation (Agencia francesa para la innovación) : <http://www.oseo.fr>
- Anuario de la Enseñanza superior e Investigación (CNRS, Centre national de la recherche scientifique) (Centro Nacional de investigación científica) : <http://www.urec.cnrs.fr/annuaire/>  
Revista trimestral del CNRS (en inglés) : <http://www2.cnrs.fr/en/2.htm>
- AERES, Agence d'évaluation de la recherche et de l'enseignement supérieur (Agencia de evaluación de la investigación y de la enseñanza superior) : <http://www.aeres-evaluation.fr>
- ABG, Asociación Bernard Grégory (inserción profesional de jóvenes doctores) : <http://www.abg.asso.fr/>
- EURAXES movilidad de los investigadores en Europa : [http://ec.europa.eu/euraxess/index\\_en.cfm](http://ec.europa.eu/euraxess/index_en.cfm)
- Fundación Alfred Kastler (recibimiento de investigadores extranjeros en Francia) : <http://www.fnak.fr/>
- Ministerio de Enseñanza Superior e Investigación : [www.enseignementsup-recherche.gouv.fr](http://www.enseignementsup-recherche.gouv.fr)
- Portal de la movilidad de los investigadores europeos en Francia : <http://www.eracareers.fr/>

# La formación doctoral en Francia

## Las escuelas doctorales

La formación en investigación, componente estructural de las universidades, se encuentra animada por 62 000 docentes-investigadores en aproximadamente 300 escuelas doctorales en estrecha relación con más de 1200 laboratorios de investigación. Las escuelas doctorales ofrecen un marco científico de alto nivel así como una preparación a la inserción profesional (formaciones, asignaturas, seminarios y prácticas) abriéndose al mundo industrial. Organizan y coordinan las formaciones doctorales y garantizan la puesta en práctica de proyectos científicos coherentes. *La formación doctoral se lleva a cabo dentro de un equipo o unidad de investigación (UR), vinculada a una escuela doctoral (ED), bajo el control y la responsabilidad de un director de tesis.* Cada ED está vinculada lo más a menudo a una universidad (llamada de apoyo) habilitada a otorgar el doctorado. Las ED están acreditadas por el ministro encargado de la enseñanza superior tras la evaluación por parte de la Agencia de evaluación de la investigación y de la enseñanza superior (AERES).

## La inscripción en Doctorado

La solicitud de admisión y la inscripción en doctorado se realizan en la escuela doctoral.

- Ser titular de un diploma que concede el grado de Master.
- Entrar en contacto con la escuela doctoral para presentar una propuesta de tema de investigación o consultar los temas propuestos.
- La escuela doctoral orienta al alumno hacia un director de tesis y examina con él las modalidades de financiamiento de la estadía de estudios.
- Tras la aceptación de la escuela doctoral y del director de tesis, el doctorando firma la carta de las tesis.

### Todas las escuelas doctorales en línea en [www.campusfrance.org](http://www.campusfrance.org)

El catálogo en línea presenta todas las escuelas doctorales y sus unidades de investigación con enlaces directos. La consulta se lleva a cabo a partir de un motor de búsqueda bilingüe francés/inglés (20 000 palabras clave y 80 temáticas disciplinarias). Se completa la información con fichas específicas por escuela doctoral.



[www.campusfrance.org](http://www.campusfrance.org)>Encuentre su formación>nivel D

## Financiar su doctorado

**Cuidado : el financiamiento de la formación doctoral es lo más a menudo una condición requerida para la admisión en una escuela doctoral.**

Los financiamientos han de cubrir los 3 años que duran los estudios doctorales para que el doctorando pueda dedicarse a la investigación. La escuela doctoral es el interlocutor principal para implementar y orientar al futuro doctorando en cuanto a su financiamiento.

- **El contrato doctoral**, nuevo dispositivo público de financiamiento de los estudios doctorales, es un contrato abierto a todos los estudiantes de tesis, dura 3 años y ofrece todas las garantías sociales así como una retribución con un mínimo garantizado (1 600 euros brutos). Idéntico para todas las instituciones de investigación y de enseñanza superior, es de la competencia de la escuela doctoral, que organiza la contratación. Este contrato doctoral aporta todas las garantías sociales de un verdadero contrato de trabajo, de conformidad con el derecho público y refuerza la dimensión de experiencia profesional de investigación vinculada con la formación doctoral.
- **Los convenios industriales de formación por la investigación (C.I.F.R.E.)**  
Los C.I.F.R.E. permiten a los doctorandos preparar su tesis en una empresa en conexión con un equipo de investigación exterior a la empresa. Se firma un contrato de trabajo de 3 años entre la empresa y el doctorando con una retribución de cerca de 1 900 euros por mes). La solicitud se hace en conexión con la escuela doctoral, ante la *Association Nationale de la Recherche Technique* (ANRT) (Asociación nacional de investigación técnica). <http://www.anrt.asso.fr/>

Existen otros montajes financieros como : dispositivos bilaterales y becas del Ministerio de Asuntos Exteriores francés, de las Regiones, de las empresas y también becas del país o de la institución de origen.

- **CampusBourse, anuario de los programas de becas : [www.campusfrance.org](http://www.campusfrance.org)>Financie sus estudios**