

ECOLE NORMALE SUPERIEURE (PARIS)

LES CURSUS ET DEBOUCHES

FILIERE BCPST

L'Ecole normale supérieure a été créée par la Convention Républicaine de l'an III au côté d'autres grands établissements universitaires (Ecole polytechnique, Conservatoire des Arts et Métiers, Langues Orientales).

Deux siècles d'histoire peuvent paraître lourds à assumer après des anciens comme Louis Pasteur, Jean Jaurès, Henri Bergson, Alfred Kastler (prix Nobel de physique en 1966), Pierre Gilles de Gennes (prix Nobel de Physique en 1992) ou encore Claude Cohen-Tannoudji (prix Nobel de physique en 1997) qui a son activité de recherche dans les laboratoires de physique de l'ENS. Tous les médaillés Fields de mathématique français sont issus de l'ENS, de Laurent Schwartz, Jean-Pierre Serre, René Thom et Alain Connes, à Pierre Louis Lions et Jean-Christophe Yoccoz tous deux médaillés en 1994. Depuis la création de la médaille d'or du CNRS, 60 % de ces récompenses supérieures pour la recherche en France sont allées à des normaliens de toutes disciplines. Ainsi Jean-Claude Risset, physicien électronicien récompensé en 1999 comme compositeur et musicologue, illustre l'ouverture disciplinaire que nous encourageons.

Pour le futur élève de l'école, 2 questions se posent :

- Quelles formations pourra-t-il recevoir ?
- Quels sont les débouchés possibles ?

Pour chacune des quatre années de scolarité, chaque élève compose son programme d'études à la carte, guidés par les « caïmans » (des jeunes anciens, tuteurs) pour définir son cursus universitaire : magistère (licence, maîtrise, DEA), agrégation et début de thèse. A la différence des autres grandes Ecoles, il n'y a pas de classement de sortie, ce qui donne plus de liberté et d'autonomie...pour bien travailler.

En parallèle, d'autres expériences sont offertes par l'Ecole : celle-ci entretient des échanges avec les plus prestigieux établissements étrangers (Harvard, Cambridge, Oxford, Pise, Berlin...) dans lesquels il est possible de suivre des enseignements, de mener à bien une recherche et même d'acquérir un diplôme.

L'enrichissement intellectuel le plus important provient sans doute de la vie en collège, où la majorité des « conscrits » choisissent d'être internes, et du travail en commun. Notre Abbaye de Thélème moderne est en effet la seule grande Ecole où soient présents des élèves de toutes les disciplines littéraires et scientifiques, lesquelles sont enseignées dans des départements de recherche de très haut niveau où travaillent chercheurs et enseignants.

Les élèves reçus par le concours BCPST choisissent généralement de faire un cursus en biologie ou en sciences de la Terre

CURSUS ET DEBOUCHES EN BIOLOGIE

Les élèves de la section de Biologie s'orientent en majorité vers l'enseignement supérieur et la recherche. Généralement, ils préparent le Magistère Inter universitaire de Biologie (ENS-PARIS VI-PARIS VII-PARIS XI). Cette formation s'adresse à un nombre limité d'étudiants des Universités et aux élèves des Ecoles normales supérieures qui se destinent à la recherche fondamentale ou appliquée en Biologie dans les secteurs Vie et Santé, Chimie et Environnement ou Agro-Alimentaire. Elle permet d'acquérir des connaissances solides tant en écologie et en biologie théorique qu'en biologie moléculaire et en biologie structurale grâce à un enseignement pluridisciplinaire théorique plus large que celui des actuelles Maîtrises de Biologie et de Biochimie en même temps qu'une initiation à la vie de laboratoire dès la fin de la première année.

Cet enseignement permet d'obtenir successivement les diplômes de Licence (1ère année), de Maîtrise (2ème année) et un DEA (3ème année). Un diplôme terminal de Magistère sanctionne les trois années d'études.

En première année, le Magistère de Biologie-Biochimie de Paris comporte un tronc commun de Biochimie, Génétique moléculaire et cellulaire, et Bio informatique. En outre deux modules sont à choisir parmi Chimie Bio-organique, Physiologie animale, Physiologie végétale et Écologie.

Un stage en laboratoire de 8 semaines entre la 1^{ère} et la 2^e année de Magistère est organisé sous la direction d'un chercheur " post-doctorant ". Ce stage doit permettre à l'étudiant de découvrir le monde de la recherche, ce qui constitue une partie importante de la formation que nous essayons de développer. En complément du rapport de stage, une soutenance orale a lieu devant un jury agréé par la Commission des études.

La deuxième année donne un choix de cinq modules parmi Biologie cellulaire, Flux ioniques, Biologie du développement, Génétique moléculaire, Biologie générale, Immunologie, Biologie structurale, Pathologie humaine, Biologie théorique, Réseaux neuronaux, Environnement, Génétique multifonctionnelle, Epistémologie, et Evolution. Deux autres modules peuvent être pris dans les listes offertes par les trois Universités, cette liste peut comprendre, outre les modules de Biologie et de Biochimie, des modules de disciplines voisines et en particulier de Chimie, de Physique, de Mathématiques, d'Informatique, de Géologie...

En général les élèves de troisième année s'inscrivent à un DEA. La liste des DEA choisis par les élèves est large et reflète l'ensemble des orientations actuelles des recherches en sciences de la vie. La quatrième année d'École leur permet de commencer la préparation d'une thèse d'Université qu'ils achèveront en moyenne deux ou trois années après leur sortie de l'École.

Cependant, à l'issue des deux premières années d'École, après avoir obtenu leur maîtrise dans le cadre du Magistère, une fraction des élèves choisissent un autre cursus. Ils préparent l'Agrégation de Sciences de la Vie, Sciences de la Terre et de l'Univers ou l'Agrégation de Biochimie et Génie Biologique. Bien que le passage d'une agrégation ne soit plus une obligation statutaire des élèves de l'ENS (Paris) , ils considèrent en général cette année comme une occasion enrichissante de réflexion et de mise au point. Pendant leur quatrième année d'école, ces élèves s'inscrivent alors au DEA de leur choix et commencent leur thèse l'année suivante, à leur sortie de l'ENS.

Le Magistère de Biologie peut ne pas être la solution unique pour des élèves qui souhaiteraient associer à une formation de biologie, une formation dans des disciplines peu ou pas représentées au Magistère : mathématiques, physique, psychologie, linguistique, géologie etc....ou pour les élèves du second concours issus du PCEM qui souhaitent poursuivre leurs études de médecine parallèlement à des études de sciences. Dans tous ces cas, l'élève sera encouragé à présenter à la Direction des Etudes un cursus original combinant une maîtrise d'Université et la formation complémentaire désirée, les choix d'orientation étant effectués en accord avec la Direction de l'École. Mais l'originalité principale de l'ENS consiste en la présence sur un même site de littéraires et de scientifiques en nombre égal. Ainsi sont favorisés, en particulier, les apprentissages aux perfectionnements linguistiques, l'histoire et la philosophie des sciences, l'apprentissage en sciences économiques et sociales. De nombreuses questions se posent en effet à la rencontre des sciences de la nature et de la vie et des sciences de l'homme et qui pourraient faire l'objet d'une formation en cours de scolarité au delà même du brassage culturel que permet la vie en commun en « collège ».

Le débouché principal reste la recherche et l'enseignement supérieur, dans le secteur public (Enseignement Supérieur, CNRS, INSERM, INRA, IRD, CEMAGREF, CEA.....) mais parfois aussi dans le secteur privé. Une petite proportion d'élèves, après quelques années de recherche dans le public s'intègre dans le monde industriel des biotechnologies. Enfin, quelques élèves, dont le nombre est assez constant d'année en année, choisissent d'enseigner dans les lycées, en particulier au niveau des classes préparatoires. Quelques élèves s'orientent en fin de 3^e ou 4^e année vers la haute administration en intégrant par exemple les corps techniques de l'Etat.

C U R S U S E T D E B O U C H E S E N S C I E N C E S D E L A T E R R E

A l'École Normale :

C'est une double formation qui est donnée :

- Théorique : avec une base de sciences exactes
- pratique : observations et interprétations sur le terrain, expérimentation au laboratoire

Cette double formation est en effet nécessaire à tous, même si à partir de la deuxième année chacun renforce une part ou l'autre dans sa spécialisation. L'objectif est de donner aux étudiants les outils théoriques et les

connaissances spécifiques qui leur permettront d'aborder les recherches fondamentales et appliquées concernant la terre solide et ses enveloppes fluides.

L'initiation à la recherche intervient dès la première année, par le contact avec les enseignants-chercheurs, puis par un stage individuel au laboratoire en fin d'année scolaire. Le stage long de deuxième année est une vraie expérience de la recherche. L'existence à l'intérieur de l'ENS d'un laboratoire CNRS de recherche de géologie ainsi que d'une partie importante du laboratoire de météorologie dynamique permet aux élèves un contact étroit avec la recherche en sciences de la planète et de l'environnement.

L'enseignement comporte un tronc commun, et des options choisies en fonction des goûts des étudiants, conseillés par la commission des études.

La troisième année d'Ecole est consacrée à un DEA, entrée dans un cycle menant à la thèse, premier travail de recherche où le jeune chercheur prend progressivement son autonomie. Les DEA choisis depuis quinze ans l'ont été, selon les goûts des élèves, dans tous les domaines des sciences de la Terre et de l'univers, du côté de l'observation et de la mesure des objets naturels, ou du côté de la modélisation et de la théorie physique. Des rapprochements importants ont lieu tout au long de la scolarité entre les géosciences et d'autres départements de l'ENS.

Après l'Ecole Normale :

La plupart des anciens élèves font carrière dans l'Université ou le CNRS. Certains ont choisi de devenir enseignants dans les lycées. Ils ont alors passé l'agrégation. Ceux qui se sont engagés dans l'enseignement supérieur et la recherche ont choisi la géophysique de la Terre profonde, la géologie structurale, la géochimie, la mécanique des roches, la paléontologie, la pétrologie, la physique de l'atmosphère ... Bien entendu, leurs successeurs pourront avoir d'autres choix : la science et les laboratoires évoluent. Certains passent un mois ou plus par an sur le terrain à observer des roches et des structures, d'autres participent à des campagnes de mesures à la mer, d'autres mettent au point des modèles en laboratoire. Tous passent de longues périodes dans des laboratoires étrangers, en Europe, en Amérique, au Japon, ou ailleurs. Dans les dix dernières années, ils ont choisi majoritairement des postes en France, mais la situation peut évoluer compte tenu de l'ouverture européenne et des chantiers internationaux. Pour les élèves qui ne s'estiment pas suffisamment passionnés par la recherche, bien d'autres carrières sont possibles. Sans parler de ceux qui se dirigent rapidement vers le monde de l'entreprise, l'ENS propose chaque année des places dans les grands corps de l'Etat (Mines, Télécom, Ponts, etc.) qui peuvent accueillir des élèves désireux d'une activité professionnelle plus proche de la vie économique.

Faire le choix de la chimie

La chimie « vivante », c'est à dire telle qu'elle se développe aujourd'hui dans les laboratoires de recherche transcende la plupart des grandes disciplines scientifiques (physique, science des matériaux, biologie) dès que l'aspect moléculaire y est déterminant. Aussi, faire le choix de la chimie à l'Ens, ce n'est pas seulement devenir « chimiste », mais c'est décider d'apporter sa contribution au formidable développement et rayonnement d'un domaine scientifique qui, centré sur la transformation des molécules et l'élaboration des matériaux, joue un rôle capital non seulement dans l'évolution des connaissances fondamentales mais aussi dans des secteurs clefs de l'économie comme la santé, l'habillement, les loisirs, les transports et les technologies de pointe. Le chimiste, aujourd'hui, est l'artisan de systèmes moléculaires ayant des propriétés spécifiques : médicaments, fibres textiles, matériaux légers, résistants pour usages divers, ou composants électroniques moléculaires pour ne citer que quelques exemples. Mais il n'est pas seulement un « élaborateur » de molécules ou de matériaux, son domaine est aussi celui de la connaissance et de la compréhension des processus moléculaires, quel que soit le secteur dans lequel ces processus interviennent (chimie, bien sûr, mais aussi, physique, sciences de la terre et biologie bien évidemment). A ce titre, faire le choix de la chimie, c'est transposer la démarche scientifique de Pasteur aux problématiques et enjeux du XXIème siècle.

Comment concevoir des systèmes moléculaires capables de répondre à des besoins spécifiques ? Schématiquement, on peut distinguer deux approches : 1) utiliser l'existant et essayer de l'améliorer ; à ce titre, les « produits naturels » constituent un réservoir et un modèle pour le chimiste désireux de synthétiser des molécules à propriétés ciblées. L'exemple du taxol (anticancéreux remarquable) et de ses dérivés illustre bien la démarche qui passe par l'identification de la structure d'une molécule bioactive extraite du monde végétal, sa synthèse totale ou l'hémisynthèse de composés apparentés dont on attend une activité plus grande -ou une toxicité plus faible ; 2) concevoir « intellectuellement » la structure idéale, ce qui ne

peut être entrepris sans une parfaite compréhension préalable de son mode de fonctionnement, c'est à dire de sa réactivité chimique et physicochimique élémentaire.

Les problématiques des chimistes peuvent ainsi être classées en trois domaines distincts mais évidemment interdépendants: (i) l'identification de la structure des molécules ou assemblages moléculaires de la nature ou de la vie, (ii) la synthèse, à partir de briques élémentaires, de ces mêmes molécules ou de variantes devant permettre de moduler les propriétés et (iii) la connaissance ou mieux la compréhension de leur mode de fonctionnement, c'est à dire de l'origine de leurs propriétés biologiques, mécaniques, optoélectroniques...

Depuis peu, ce dernier domaine, qui est celui de la réactivité fondamentale, cherche à aller au-delà de la détermination des mécanismes réactionnels par reconstitution de la succession d'étapes et de la chaîne d'intermédiaires entre les réactifs et les produits observés à temps long, de façon statistique, sur un très grand nombre de molécules. L'enjeu est considérable puisqu'il s'agit de décrire, en temps réel et à l'échelle d'une molécule vraie, comment s'opèrent les transferts d'énergie par mouvement électronique, les déplacements d'atomes, responsables de la réactivité ; des dispositifs spectroscopiques expérimentaux utilisant des sources lasers ultrarapides (*femto picoseconde*) donnent un suivi dynamique des états excités et de leur processus de relaxation.

C'est dans ce contexte général que s'inscrit la démarche scientifique des diverses équipes de recherche constituant le Département de Chimie.

Les études de chimie au département

Dès leur entrée à l'Ens, les élèves qui s'orientent vers la chimie sont accueillis dans le Département où le passage du statut d'étudiant à celui de chercheur se fait insensiblement mais rapidement. Dans leur très grande majorité, les étudiants commencent un doctorat au cours de leur scolarité, parfois à l'Ens au sein du Département, le plus souvent à l'extérieur selon leur choix. Même si c'est le cas pour la majorité d'entre eux, tous ne feront leur carrière dans les universités ou organismes de recherche : certains décideront de rejoindre les Corps de l'Etat, le secteur industriel, l'administration, d'autres, agrégés feront le choix de l'enseignement en classes préparatoires... mais tous auront reçu au Département de chimie puis dans leur laboratoire de thèse, une formation *à et par* la recherche.

A l'heure actuelle et jusqu'en 2004, les études sont organisées autour du Magistère interuniversitaire de chimie (voir site web www.chimie.ens.fr) : cette formation de haut niveau permet aux normaliens et aux auditeurs sélectionnés à l'issue des classes préparatoires ou des DEUG d'acquérir les connaissances indispensables pour entamer, dans de bonnes conditions, des études doctorales que ce soit dans les domaines de la chimie de synthèse ou de l'approche physicochimique de la réactivité. Une variante (cursus mixte chimie-biologie), particulièrement conçue pour les élèves désireux d'aborder des problématiques de recherche de la biologie à l'échelle moléculaire avec les outils et méthodes de la chimie permet après une première année largement consacrée à la chimie, de rejoindre dès la deuxième année de scolarité des laboratoires à l'interface de ces deux disciplines, généralement à l'étranger.

Les enseignements de licence et maîtrise spécifiques à ce magistère présentent tous les aspects de la chimie moderne, respectant un équilibre entre chimie inorganique, organique, et physicochimie nécessaire à la formation de l'« honnête homme » chimiste. Ces enseignements de deuxième cycle sont concentrés sur quatorze mois. L'essentiel de la deuxième année peut être alors consacré à un stage long en laboratoire de recherche, en France ou à l'étranger ; le DEA est effectué en troisième année.

Au cours de sa scolarité, le normalien chimiste peut, s'il le désire, préparer l'agrégation de chimie au sein même du Département. Indispensable pour ceux qui souhaitent s'orienter vers l'enseignement en classes préparatoires, la préparation à l'agrégation est aussi choisie par une fraction significative des élèves qui se destinent à l'enseignement supérieur et à la recherche.

A partir de 2004, la réforme de l'enseignement supérieur visant à harmoniser les parcours européens va modifier ce schéma. Après une première année de formation disciplinaire répondant aux objectifs pédagogiques énoncés ci-dessus, les élèves chimistes de l'Ens suivront un master comportant un

semestre de stage de recherche, le plus souvent à l'étranger, ainsi qu'une formation approfondie les spécialisant progressivement vers le secteur scientifique de leur thèse.

Le tableau ci-dessous fournit, à titre d'exemple, les cursus les plus fréquemment suivis par les élèves chimistes.

cursus	<i>1^{ère} année</i>	<i>2^{ème} année</i>	<i>3^{ème} année</i>	<i>4^{ème} année</i>
cursus recherche	licence et tronc commun de maîtrise	options de maîtrise stage long à l'étranger	DEA	thèse
cursus mixte recherche et enseignement	licence et tronc commun de maîtrise	options de maîtrise stage long à l'étranger	agrégation	DEA
cursus mixte chimie biologie	licence et tronc commun de maîtrise	modules de biologie stage long à l'interface	DEA de chimie ou biologie	thèse
<i>projet de nouveau schéma (LMD) à partir de 2004</i>	<i>année pré-master Chimie fondamentale</i>	<i>master première année stage et orientation</i>	<i>master deuxième année spécialisation</i>	<i>thèse (ou agrégation)</i>