

ÉCOLE NORMALE SUPÉRIEURE (PARIS) LES CURSUS ET DÉBOUCHÉS FILIERE BCPST

L'École normale supérieure a été créée par la Convention Républicaine de l'an III au côté d'autres grands établissements universitaires (École 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 et à Laurent Lafforgue, médaillé en 2002. 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, guidé en cela par les « caïmans » qui sont des jeunes anciens remplissant la fonction de tuteurs. Un cursus standard correspond à une formation scientifique solide dans une discipline principale où l'élève valide successivement une licence (année L3), puis un master au cours des premières années de scolarité, ainsi que des enseignements complémentaires d'ouverture vers d'autres secteurs. Il est alors prêt à commencer un véritable travail de recherche en préparant une thèse de doctorat. S'il le souhaite il peut préparer l'agrégation.

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.

L'ouverture internationale de l'Ens est de plus en plus marquée et contribue encore à son enrichissement. D'une part, l'Ens accueille des boursiers et auditeurs venant du monde entier en nombre croissant ; d'autre part elle encourage ses élèves à effectuer au moins un séjour de longue durée (un semestre) à l'étranger, par exemple dans le cadre d'un stage en laboratoire. L'École 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, en sciences de la Terre ou en chimie, notamment dans le cadre du cursus mixte chimie-biologie.

Cursus et débouchés en biologie

Les élèves qui choisissent de suivre le cursus de Biologie à l'École Normale Supérieure, préparent généralement une Licence et un Master de Biologie (en partenariat avec les universités Paris VI, Paris VII et Paris XI). Cette formation s'adresse à un nombre limité d'étudiants des universités et aux élèves des Écoles 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 une solide formation théorique et pratique, délibérément axée sur les approches pluridisciplinaires et l'ouverture à la recherche actuelle dès le deuxième semestre de la 1^e année (Licence). Cet enseignement permet d'obtenir successivement les diplômes de Licence (1^e année) et de Master (3^e année). Un diplôme terminal d'études prédoctorales à l'ENS sanctionne ces trois années d'études et les compléments de formations (stages, enseignements d'autres départements, langues, ...) acquis au cours du passage à l'ENS.

En Licence, le premier semestre débute par une immersion dans les approches pratiques modernes de la biologie (y compris un stage court en laboratoire), et dispense une solide formation en « Informatique et Statistiques », « Biologie Cellulaire », « Génétique et Evolution », « Physiologie et Pathologie », ainsi qu'en « Biologie dans le monde contemporain ». Le second semestre, qui fait appel au travail personnel encadré par un tutorat spécifique, permet aux élèves de faire connaissance avec des domaines forts de la recherche actuelle. Ces enseignements sont complétés par deux modules d'ouverture aux interfaces de la biologie et des mathématiques, de l'informatique, de la physique, de la chimie, des sciences cognitives, de la modélisation des systèmes complexes ou de l'histoire et la philosophie. Un stage de 8 semaines entre la 1^e et la 2^e année des études prédoctorales est organisé dans un laboratoire de recherche, en France ou à l'étranger. Ce stage permet à l'étudiant de découvrir le monde de la recherche, ce qui constitue une partie importante de la formation que nous proposons.

La deuxième année correspond à la première année de Master (M1). Les enseignements dispensés favorisent la transversalité au sein des disciplines biologiques. Au premier semestre, les élèves choisissent une discipline Majeure et une Mineure parmi les axes forts de la recherche dans le département: « Génétique et Génomique », « Biologie Cellulaire et Développement », « Neurobiologie », ou « Écologie », et complètent cette formation par des enseignements transversaux offerts par le département de biologie (ou par un autre département de l'École). Au second semestre, les élèves sont encouragés à effectuer un stage long (6 mois) dans un laboratoire de recherche, si possible à l'étranger, mais peuvent aussi compléter un stage plus court (4 mois) par des enseignements de spécialisation (à l'ENS ou dans les universités partenaires).

En général les élèves de troisième année s'inscrivent en deuxième année de Master (M2). Ils rejoignent alors l'une des mentions co-habilitées par l'ENS avec les universités partenaires ou une mention non co-habituée en région parisienne ou en province, si elle correspond à leur projet. Parmi les formations co-habilitées, le M2 « Approches Interdisciplinaires du Vivant », organisé par l'ENS, est suivi par des étudiants venant d'horizons variés (Biologie, Physique, Mathématiques). 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 (fin du M1) dans le cadre du prédoctorat de l'ENS, une fraction des élèves choisit de préparer 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), ceux qui choisissent cette voie 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 M2 de leur choix et commencent leur thèse l'année suivante, à leur sortie de l'ENS.

Le cursus Licence-Master proposé par le département de Biologie peut ne pas être la solution unique pour des élèves qui souhaiteraient associer à une formation de biologie, une formation marquée dans des disciplines comme les mathématiques, la physique, la chimie, la psychologie, la linguistique, la géologie etc... De même, les élèves du second concours issus du PCEM poursuivent

leurs études de médecine parallèlement à des études de sciences. Dans tous ces cas, les choix d'orientation sont effectués en accord avec la Direction des études 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, les apprentissages ou 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 « collègue » au sein de l'ENS.

Le débouché principal de ces différentes formations 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. Quelques élèves, dont le nombre est constant d'année en année, choisissent d'enseigner dans les lycées, en particulier au niveau des classes préparatoires. Quelques élèves enfin s'orientent en fin de 3e ou 4e année vers la haute administration en intégrant par exemple les corps techniques de l'Etat.

Cursus et débouchés en Sciences de la Planète Terre

Les sciences de la Planète sont à la fois des disciplines d'observation et de modélisation quantitative. Elles nécessitent une double formation:

- théorique s'appuyant sur les fondements de la physique, la chimie et la mécanique.
- expérimentale: observation des structures et phénomènes naturels, interprétations sur le terrain et au laboratoire, expérimentation et modélisation.

Ce cursus se distingue par une formation de haut niveau couvrant à la fois les sciences de l'intérieur de la Terre et celles des enveloppes fluides, océan et atmosphère.

La place importante consacrée à l'enseignement par la recherche ainsi que l'éventail des spécialisations offertes permettent aux étudiants d'accéder à des débouchés variés dans tous les domaines des Sciences de la Terre, de la Météorologie et de l'Océanographie.

Ce cursus offre une solide formation avec un enseignement théorique et pratique approfondi. Il comporte une initiation à la recherche fondamentale et industrielle, qui intervient sous forme de stages sur le terrain et en laboratoire. 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'importance des stages - certains peuvent correspondre au début d'un travail doctoral - et la nécessité de suivre des cours ou séminaires de recherche, avec un souci de pluridisciplinarité, permettent de former des chercheurs ayant acquis à la fois une bonne expérience et une bonne technique de laboratoire, une grande culture et ouverture d'esprit, c'est-à-dire des chercheurs compétents et autonomes. L'éventail des spécialisations offertes ouvre aux étudiants des débouchés variés en recherche fondamentale et appliquée, y compris en milieu industriel.

Le cursus se déroule sur trois ans. La première année (L3) comprend principalement un tronc commun pluridisciplinaire consacré aux apprentissages fondamentaux. Les options au second semestre et le stage de recherche permettent un début de spécialisation. En deuxième année (M1), les options sont plus nombreuses et permettent de constituer avec l'accord des responsables d'enseignement des parcours individualisés. Le second semestre est consacré à un stage de recherche à l'étranger. La troisième année (M2) est une année de spécialisation dans un programme co-habilité par l'ENS ou à l'extérieur.

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 et de sa nature internationale. Le cursus s'appuie sur les deux laboratoires du département Terre-Atmosphère-Océan, le Laboratoire de Géologie de l'ENS et le Laboratoire de Météorologie Dynamique, ce qui permet aux élèves d'être immergés dans un environnement recherche de premier plan.

Après la troisième année, un grand nombre d'élèves s'orientent vers une thèse, travail de recherche de haut niveau, qui s'étale ordinairement sur trois ans, au cours duquel ils acquièrent progressivement leur autonomie. La quatrième année de scolarité est souvent utilisée pour débiter la thèse et relayée par une bourse pour la poursuivre. Certains élèves choisissent de préparer une agrégation.

Une très grande variété de sujets est abordée par les élèves ayant suivi le cursus selon leurs motivations et leur parcours.

La plupart des anciens élèves font carrière comme chercheur ou enseignant-chercheur dans l'Université, le CNRS ou d'autres établissements publics. Le recrutement intervient le plus souvent deux à trois ans après la thèse et une expérience de post-doctorat dans un à l'étranger. Ce sont des spécialistes de la Terre profonde, de la géologie structurale, de la géochimie, la mécanique des roches, la pétrologie, la physique ou la chimie de l'atmosphère, l'océanographie; les sciences du climat, voire l'économie de l'environnement qui exercent leurs talents dans de nombreux laboratoires en France. Ils peuvent être amenés à faire des mesures sur le terrain ou observer la Terre depuis l'espace, ou élaborer des interprétations et des modèles prédictifs dans leur laboratoire. Tous évoluent dans un milieu international avec de fréquents contacts avec les groupes étrangers que ce soit dans le cadre de collaborations individuelles ou dans le cadre de grands projets européens ou à l'échelle mondiale.

Une autre partie des élèves, plus motivés par les applications ou les carrières d'encadrement, se dirige vers les corps de l'Etat (notamment ceux des Ponts et Chaussées et des Mines), ou vers les entreprises qui apprécient de plus en plus une formation de haut niveau en sciences de l'environnement.

Cursus et débouchés en chimie

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. Son rôle ne se limite pas à l'élaboration de molécules ou de matériaux à la demande, 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). A ce titre, faire le choix de la chimie, c'est transposer la démarche scientifique de Pasteur aux problématiques et enjeux du XXI^{ème} 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 souhaitent faire de la chimie leur discipline principale sont accueillis dans le Département où le passage du statut d'étudiant à celui de chercheur se fait insensiblement mais inéluctablement. Dans leur très grande majorité, les étudiants commencent un doctorat au cours de leur scolarité à l'Ens, certains au sein du Département la plupart à l'extérieur en fonction de leur centres d'intérêt. 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.

Les études sont organisées autour du parcours prédoctoral 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 deux premières années de licence 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. Ce cursus peut être adapté 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 : une première année largement consacrée à la chimie et complétée par des enseignements optionnels de biologie, permet de choisir en deuxième année d'école entre un master de biologie ou un master de chimie avec des enseignements dans l'une et l'autre des disciplines et un stage, généralement à l'étranger, dans un laboratoire à l'interface.

Les enseignements de licence (L3) et de première année de master (second semestre de M1) 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. Le premier semestre de l'année M1 est consacré à un stage long en laboratoire de recherche, le plus souvent à l'étranger. L'année M2 correspond à une formation spécialisée dans l'un ou l'autre des grands secteurs de la chimie d'aujourd'hui.

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.

Pour les élèves qui ne se 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'état (Mines, Télécom, Ponts, ENGREF..) qui peuvent accueillir des élèves désireux d'une activité professionnelle plus directement en prise sur la vie de la cité.