



**YVES MECHULAM (80)** président du département d'enseignement et de recherche de biologie de l'École polytechnique

## LA BIOLOGIE À L'X: UN ENSEIGNEMENT NOVATEUR

L'enseignement de la biologie à l'X reflète les révolutions qui ont marqué cette discipline. La pluridisciplinarité qui caractérise l'École trouve tout son sens dans la mise en place de filières novatrices aux interfaces avec l'informatique, la mécanique, la physique, la chimie ou les mathématiques appliquées, et débouche entre autres sur des formations orientées vers le bioentrepreneuriat.



© ÉCOLE POLYTECHNIQUE - JÉRÉMY BARANDE

Le caractère pluridisciplinaire de la biologie en fait une science qui a toute sa place à l'X.

**L**A BIOLOGIE, tout au moins ainsi désignée, a été fondée aux XVIII<sup>e</sup> et XIX<sup>e</sup> siècles par d'illustres naturalistes qui ont observé la biodiversité et en ont déduit les lois fondamentales qui régissent le vivant. Linné, Lamarck, puis Darwin, Pasteur, Mendel, ont joué un rôle clé dans l'établissement de la théorie de l'évolution qui fonde notre compréhension du vivant.

« Une première révolution : celle de la biologie moléculaire »

L'intégration de ces travaux a abouti à une intense activité autour de la chimie du vivant, avec en particulier la démonstration en 1944 par Avery que l'ADN constitue le support de l'information génétique. C'est l'association de biologistes, comme James Watson, de chimistes et de physiciens, comme Rosalind Franklin et Francis Crick, qui a permis de comprendre en 1953 les bases du fonctionnement de cette macromolécule.

### REPÈRES

L'X a été la première école d'ingénieurs généraliste française à introduire la biologie dans le cursus de ses élèves. Le département de biologie offre aux futurs ingénieurs et docteurs une culture solide en biologie afin de les sensibiliser aux enjeux sociaux qui touchent à cette discipline tels que la santé, l'éthique ou la bio-ingénierie. Il comporte deux laboratoires de recherche : le laboratoire de biochimie et le laboratoire d'optique et biosciences. Le département est fort de 46 enseignants et chercheurs dont 33 résidents à l'X. 250 élèves de chaque promotion suivent au moins un cours de biologie, et une trentaine se spécialise dans la discipline.

## LE SÉQUENÇAGE À LA PORTÉE DE TOUS

Le coût du premier séquençage a été estimé à 3 milliards de dollars. À partir de 2005, les progrès des nanotechnologies, de l'électronique, de l'informatique, de l'optique et de l'ingénierie des protéines ont permis une parallélisation massive du séquençage. Séquençer un génome humain ne coûte plus aujourd'hui qu'environ 500 euros !

L'élucidation de la structure de l'ADN a entraîné une première révolution : celle de la biologie moléculaire.

## LA RÉVOLUTION GÉNOMIQUE

La deuxième révolution, celle de la génomique, a commencé au milieu des années 1990. Elle a été marquée par le séquençage du génome humain, un code de plus de 3 milliards de lettres. Ce succès a nécessité des développements technologiques considérables dans les domaines de la physique, de l'électronique, de l'informatique, de la chimie et de la biologie. Les conséquences sont considérables, tant pour notre compréhension du vivant que pour les applications. Nous pouvons maintenant aborder la complexité du vivant non plus uniquement de manière analytique mais de manière globale à l'échelle des dizaines de milliers de macromolécules qui interagissent entre elles pour faire fonctionner une cellule, un tissu, un organisme entier. La voie est ouverte vers une véritable médecine personnalisée.

## UNE NOUVELLE RÉVOLUTION : LA CONVERGENCE

L'enjeu est maintenant une compréhension de plus en plus fine des phénomènes biologiques à toutes les échelles, de celle des atomes à celle des organismes, et même

celle des écosystèmes. Les progrès de l'optique permettent d'obtenir des images de plus en plus détaillées des cellules, de leur dynamique et des structures subcellulaires qui orchestrent leur fonctionnement. L'analyse des gros volumes de données générés par la biologie est un enjeu majeur. Les modèles mathématiques nécessaires pour rendre compte de ce fonctionnement progressent à grands pas. De tels modèles seront indispensables pour connecter les dysfonctionnements des systèmes aux pathologies afin d'identifier de nouvelles cibles thérapeutiques. Les réflexions éthiques autour de ces possibilités d'action doivent rester au cœur de nos préoccupations. De plus, le coût de plus en plus élevé de ces nouvelles thérapies implique de considérer avec soin

les questions économiques. Les sciences de l'homme et de la société ont donc un rôle important à jouer.

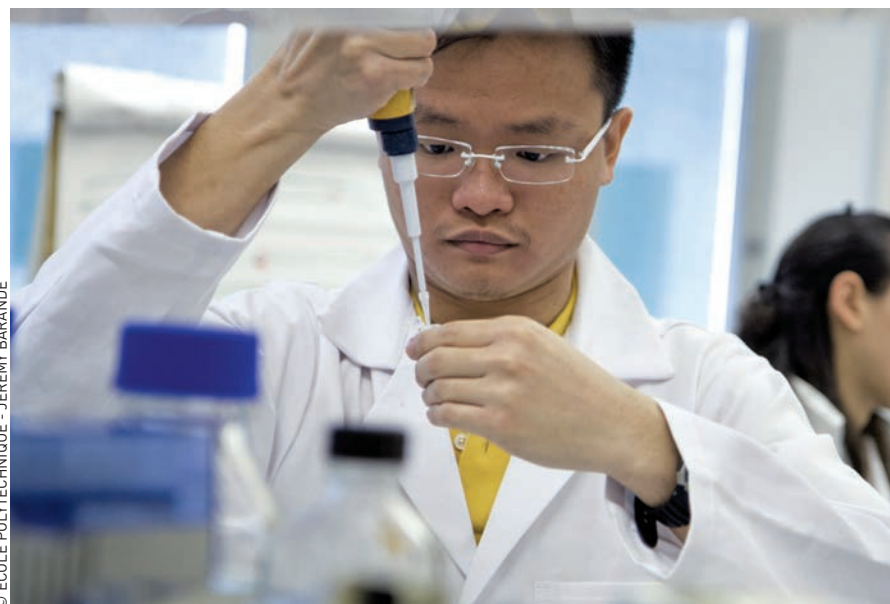
*« L'analyse  
des gros volumes  
de données générés  
par la biologie  
est un enjeu majeur »*

On le voit, la biologie se situe au carrefour des sciences. Les problèmes qu'elle doit résoudre nécessitent des approches convergentes, dans lesquelles les outils les plus performants de chaque discipline doivent être intégrés.

Ce n'est qu'ainsi que la recherche cognitive pourra progresser et que les défis biotechnologiques pourront être relevés. La troisième révolution de la biologie a commencé, c'est celle de la convergence.

## LA BIOLOGIE À L'X

Le caractère pluridisciplinaire de la biologie en fait une science qui a toute sa place à l'X. L'ingénieur polytechnicien,



© ÉCOLE POLYTECHNIQUE - JÉRÉMY BARANDE

L'X propose à ses élèves de deuxième année une formation solide en biologie moléculaire et cellulaire.



© ÉCOLE POLYTECHNIQUE - JÉRÉMY BARANDE

L'X participe avec HEC, l'Institut Imagine et l'Université Paris-Descartes à un programme gradué original tourné vers le bioentrepreneuriat et l'innovation biomédicale, qui associe des étudiants médecins avec des ingénieurs et des spécialistes de l'économie et de la réglementation.

futur cadre dirigeant, se doit de posséder les bases scientifiques lui permettant de se forger une opinion éclairée à propos de l'annonce d'une découverte ou d'une nouvelle technologie de la biologie. D'autre part, de plus en plus de métiers nécessitent une compétence en biologie, que ce soit dans la recherche, l'industrie ou les services. La capacité à aborder ces questions de façon pluridisciplinaire est un atout considérable. Les secteurs sont très nombreux : médicament, sécurité sanitaire, technologies médicales, économie de la santé, protection de la biodiversité et de l'environnement, sécurité agroalimentaire, phytosanitaire, énergies, transformation des matières premières, évaluation des risques.

### UNE MATIÈRE PAR ESSENCE PLURIDISCIPLINAIRE

Tous les parcours proposent des cours au cœur de la biologie et de l'écologie, mais aussi aux interfaces avec l'informatique, la mécanique, la physique, la chimie ou les mathématiques appliquées. Le thème de l'environnement est ainsi plus particulièrement traité dans un programme pluridisciplinaire : « Sciences pour les défis de l'environnement ».

Dans ce contexte, l'X propose à ses élèves de deuxième année une formation solide en biologie moléculaire et cellulaire, qui s'ouvre vers un cours traitant des pathologies humaines. La biologie des populations, explicitant les fondements et les enjeux de la biodiversité, est également enseignée. Le dispositif est complété par un enseignement expérimental tourné vers des problématiques de recherche. Plus de la moitié de chaque promotion suit au moins l'un de ces cours. En troisième année, les élèves peuvent se spécialiser dans les métiers liés à biologie à travers un programme d'approfondissement tourné soit vers les conséquences de la génomique, soit vers les interfaces de la biologie avec les autres sciences. Des parcours tournés vers l'entrepreneuriat sont également possibles. L'X forme ainsi une trentaine de biologistes par an. Les débouchés en quatrième année sont multiples, masters en France ou à l'étranger, ou encore écoles d'ingénieurs (Mines-biotechnologies, Agro ParisTech).

### DES PROGRAMMES PARTAGÉS AVEC D'AUTRES INSTITUTIONS

L'X participe à plusieurs masters de l'Université Paris-Saclay, dont Biologie-Santé, Bioinformatique et Biostatistiques, Biomécanique, Mathématiques du vivant. L'enjeu pour l'École est maintenant de profiter de sa pluridisciplinarité pour construire de nouvelles formations. Des cours de biologie sont ainsi proposés dans le programme bachelor. L'X participe avec HEC, l'Institut Imagine et l'Université Paris-Descartes à un programme

gradué original tourné vers le bioentrepreneuriat et l'innovation biomédicale, qui associe des étudiants médecins avec des ingénieurs et des spécialistes de l'économie et de la réglementation. Une voie de développement pour l'X consiste maintenant à utiliser ses savoir-faire pluridisciplinaires pour créer des formations professionnalisantes originales au service de l'innovation, du développement et de l'ingénierie en rapport avec les perspectives ouvertes par la biologie. ■

« La capacité à aborder ces questions de façon pluridisciplinaire est un atout considérable »