

SCIENCES POUR LES DÉFIS DE L'ENVIRONNEMENT

Responsable Riwal Plougonven
riwal.plougonven@polytechnique.edu

Contexte

La question de l'impact des activités humaines sur l'environnement et la problématique du développement durable sont devenues omniprésentes. Aucune décision, politique ou économique, aux niveaux international, national ou local, collectif ou individuel, ne peut s'abstraire de considérations environnementales et écologiques. Les positions énoncées dans l'accord conclu lors de la COP21, par exemple, attestent de la prise de conscience globale de l'importance du changement climatique.

Les besoins d'expertise et de recherche scientifique pour éclairer ces thématiques et aider aux processus de décisions sont ainsi aujourd'hui considérables et cette expertise doit se fonder sur une formation scientifique réussissant le défi d'être à la fois solide et interdisciplinaire. En effet, notre environnement physique et biologique est constitué de sous-systèmes extrêmement complexes (océan, atmosphère, biosphère, économies...), et qui de plus interagissent.

Ainsi, la compréhension des problématiques environnementales implique de multiples disciplines qui doivent pouvoir dialoguer et interagir sur une base scientifique solide, comme l'illustrent par exemple les travaux des trois groupes du GIECC/IPCC (<http://www.ipcc.ch>) sur le climat ou ceux de l'IPBES ([HYPERLINK "https://ipbes.net/"](https://ipbes.net/)<https://ipbes.net>) expertise portée sur l'état des écosystèmes et répertoriant les services écosystémiques majeurs dont dépendent nos sociétés.

Ces sujets de l'environnement et du développement durable sont en outre structurants pour la stratégie des entreprises, notamment pour leurs politiques d'innovation dans nombre de secteurs économiques : transports, production d'énergie, développement d'infrastructures, gestion des ressources naturelles, industrie phyto-sanitaire, agro-alimentaire... Ces entreprises comme les collectivités publiques ou territoriales ont besoin d'ingénieurs, de chercheurs, de décideurs formés sur une base interdisciplinaire aptes à appréhender la complexité des questions environnementales et leurs implications.

De son côté, la recherche fondamentale et appliquée s'est beaucoup développée et a fait de réelles avancées dans les dernières décennies sur beaucoup de facettes de ces problèmes d'environnement, en s'appuyant notamment sur un fort développement des outils mathématiques et de la modélisation.

Néanmoins ces avancées sont encore trop souvent produites sur une base disciplinaire et la recherche scientifique doit elle-même maintenant intégrer fortement l'interdisciplinarité pour pouvoir aborder avec succès l'étude des interactions au sein de notre environnement.

Objectifs

L'ambition de ce Parcours d'Approfondissement est d'initier les élèves aux approches scientifiques permettant de comprendre et de modéliser les différentes composantes de la Terre et leurs interactions : climat, biosphère, activités humaines. Ainsi, le PA propose des enseignements de Physique, de Mécanique, de Biologie et d'Écologie, et d'Économie. Les élèves pourront choisir en fonction de leurs intérêts d'avoir telle ou telle dominante. La richesse du PA est cependant de proposer de goûter à ces différentes disciplines, et les élèves sont fortement encouragés à explorer plusieurs approches. Chaque thématique est trop vaste pour être couverte dans son ensemble. Si les enseignants du parcours ont su s'associer pour proposer un éventail de cours couvrant les différents aspects de la Terre, la véritable interdisciplinarité est un défi que vous aurez

à relever. La formation proposée dans le PA, l'exposition à ces différents aspects constitue un atout pour démarrer ce voyage qui pourra se poursuivre dans de d'autres formations, en France ou à l'étranger.

Contenu

Pour chacune des périodes P1 (septembre–décembre) et P2 (janvier–mars) les étudiants doivent suivre 3 cours et 1 Enseignement d'Approfondissement.

En 2020-2021, certains enseignements habituellement proposés ne pourront pas être assurés. Nous nous montrerons par conséquent particulièrement ouvert au panachage.

Enfin, chaque élève doit avoir au cours de sa 3^e année un enseignement par projet. Un EA évalué par une soutenance et un rapport peut remplir ce rôle. Néanmoins, les élèves sont encouragés à envisager un projet s'étalant sur les deux périodes, sous la forme d'un projet de recherche en laboratoire (PRL, par exemple MEC511) ou sous la forme d'un projet 3A (MEC513 – code utilisé quelle que soit la thématique pour les projets 3A du PA SDE). Un tel projet peut être effectué en plus des autres enseignements ou peut remplacer un EA. Les élèves intéressés sont invités à contacter le responsable du PA pour en discuter en amont.

Stage de recherche en France ou à l'étranger

Les stages peuvent s'inscrire dans de nombreuses options rattachées aux différents départements impliqués dans le PA. Attention plusieurs cours ou EA sont à effectif limité (Numerus clausus). En cas de dépassement de leur capacité d'accueil, les élèves seront admis dans ce cours ou EA en fonction des motivations qu'ils auront exprimées.

Période P3

Prérequis

Pour l'accès aux cours de mécanique, un cours de Mécanique des milieux continus, de Mécanique des fluides ou d'introduction à la Dynamique de l'Atmosphère et des Océans est conseillé.

Pour les cours d'économie il est souhaitable que les étudiants aient suivi ECO431

« Introduction à l'analyse économique » ou un équivalent (éléments fondamentaux de micro et de macro économie). Les cours d'économie de l'environnement ont été conçus pour ce PA et pour être suivis successivement (ECO572 est un pré-requis pour ECO569)

Compétences acquises

Le programme SDE a une vocation généraliste et ses débouchés sont potentiellement très larges dans les secteurs publics et privés, dans la recherche comme dans l'industrie. Nous signalons ici les formations de deuxième année de Master qui sont en continuité directe avec ses enseignements et objectifs. Au-delà d'un Master il est recommandé de poursuivre par une formation par la recherche; le centre de recherche de l'École polytechnique offre, par exemple, de nombreuses possibilités pour préparer une thèse de Doctorat sur un sujet lié à l'environnement.

Objectifs

Le programme Sciences pour les Défis de l'Environnement ouvre la voie à la recherche comme

aux métiers de l'ingénieur vers des domaines liés à la biodiversité, à l'environnement et à leur gestion :

- Corps de l'État.
- Chef de projet et métiers de la recherche & développement en entreprise ou en milieu académique.
- Conception et Production en entreprise.
- Grands projets et défis technologiques.
- Politiques publiques de gestion de l'environnement.
- Audit et Conseil.

Ceci dans des secteurs aussi variés que :

- Gestion de l'eau et des déchets.
- Systèmes de transport.
- Énergie & environnement.
- Sciences du vivant.
- Agro-alimentaire, agrochimie.
- Biotechnologies.
- Économie de l'environnement.
- Toxicologie ou Ecotoxicologie.
- Météorologie et climat.

Masters M2 co-habilité par l'X ou associés

- WAPE – Water, Air, Pollution and Energy at local and regional scales.
- EEET – Économie de l'environnement de l'énergie et des transports.
- EBE – Écologie, Biodiversité, Evolution.
- MSV – Mathématiques pour les sciences du vivant.
- Mathématiques de la modélisation (Par-cours « Mathématiques appliquées aux sciences biologiques et médicales »).
- MIXT – Master Innovation technologique : ingénierie et entrepreneuriat - parcours PIC, DOCTIS.

L'accès à ces différents M2 nécessite d'ajuster ses choix de cours de manière cohérente par exemple avoir une dominante en économie pour EEET, en mécanique et physique pour WAPE.

Des Masters M2 sont possibles dans des établissements avec lesquels l'École polytechnique a signé des accords de double diplôme :

- à Bordeaux 1 en Ecotoxicologie et Chimie de l'Environnement, Biodiversité et écosystèmes continentaux, Géorressources et environnement, Océanographie ;
- à Montpellier 2 en Ecologie et biodiversité, Mathématiques bio-statistique, STIC pour l'environnement
- à Paris-Sud en Biologie et santé, Environnement, Science de la Terre et de l'Univers ;
- à Strasbourg en Géophysique, géologie et dynamique des systèmes terrestres, Ingénierie et sciences de l'environnement Chimie verte.

D'autres Masters M2 sont possibles avec Toulouse, Brest, Grenoble, Clermont Ferrand, ou en région parisienne.

Les ingénieurs polytechniciens pourront, à l'issue de SDE, accéder à :

Corps de l'état

- Corps des IPEF : 1^{re} année de formation à l'AgroParisTech (Agronomie et foresterie, Ecologie) ou à l'École des Ponts (domaine Ville, transport, environnement); puis 2^e année de maîtrise spécialisée « Politiques et actions publiques pour le développement durable ».
- Corps des Mines (par exemple Mastères spécialisés « Ingénierie et Gestion de l'Environnement » ou « International Environmental Management »).

Écoles : Ponts ParisTech (domaine Ville, transport, environnement), ENSTA ParisTech (Environnement), AgroParisTech, INSTN, ENSEIHT, Mines ParisTech (sol et sous sol, géosciences, MSIGE, Biotechnologie), ENSPM, ESPCI ParisTech (Bioingénierie) ou Chimie ParisTech.

Masters à l'étranger

Plusieurs MSc in Environmental Engineering, Fluid Mechanics, Hydraulic Engineering, Water Management, Transport, Biology à l'étranger ; voici quelques établissements proposant des formations ayant attiré récemment des élèves :

- Grande Bretagne : Imperial college – Cambridge.
- Suisse : EPF Lausanne, ETH Zürich.
- Suède : KTH.
- Pays-Bas : TU Delft.
- USA : U.C. Berkeley – U. Stanford – MIT – Ann Arbor – U. Illinois.
- Canada : U. British Columbia – McGill.
- Australie : U. New South Wales.
- Chine : U. Tsinghua.

Attention : dans la plupart des universités anglo-saxonnes, les départements ne proposent que des PhD avec master intégré, pas de masters.

Calendrier :

S1 (cours) : P1 de septembre à décembre S2 (cours et stage/projet) : P2 de janvier à mars ; P3 de Mars à Juin/juillet.

COMPOSITION DU PROGRAMME

Période 1

3 cours au choix

- BIO553 – Biotechnologies pour la médecine et l'agriculture
- BIO556 – Genomes, Diversity, Environment and Human Health
- BIO555 - **Biodiversité et fonctionnement des écosystèmes**
- ECO572 – Environmental Economics
- ECO559 – Urban Economics and Real Estate
- MEC558 – Continental Hydrology and Water Resources
- MEC559 – Mechanics for wind energy
- MEC655B – Greenhouse Gases (GH) challenges and observations
- PHY657 – Modeling the energy and climate transitions
- PHY555 – Energie et environnement

1 EA au choix

- MEC571 – Dynamique du système climatique : problèmes scientifiques et enjeux de société
- MEC573 – Potentiel éolien, solaire et hydraulique : analyse et projets
- MIE577 – Stratégie des organisations et développement durable
- MEC574 Biomimétique

Périodes 1 et 2

- MEC513 et MEC513B – Projet de 3A en SDE

Période 2

3 cours au choix

- ECO569 – Environmental Economics 2
- MAP563 – Modèles aléatoires en écologie et évolution
- MEC565 – Météorologie et environnement
- MEC567 – Hydrodynamique physique pour l'environnement
- MIE561 – Méthodologie d'innovation et applications, notamment à des domaines environnementaux
- INF569 – Decision theory, with applications to energy systems
- CHI565 – Environmental Chemistry
- CHI562 – Sustainable Chemistry
- ECO567A – Energy Economics, with a geography focus
- MEC662 – Hydro, Wind and Marine Resources
- MAP566 - Statistics in Action

1 EA au choix

- HSS586 – L'urbanisme et l'aménagement du territoire, vecteurs d'une société durable
- MEC583 – Projects on solar and wind energy: resource and performance analysis
- PHY585 – Travaux expérimentaux en physique de l'environnement
- MAP512 – EA Initiation de recherche en P2
- MEC588 – Matériaux Complexes

Période 3

Stage de recherche

- BIO591 – Biologie et Écologie
- ECO591 – Économie d'entreprise et Microéconomie
- ECO592 – Économie internationale et politique économique
- HSS591A – Systèmes économiques et développement durable
- MAP592 – Modélisation et calcul scientifique
- MAP594 – Modélisation probabiliste et statistique
- MEC596 – Environnement, Terre, Océan, Atmosphère