Note préliminaire

La spécialisation Ingénierie des Développements Durables (I3D) est ouverte à l'ensemble des apprenantes et apprenants de troisième année de Toulouse INP et de ses écoles partenaires. Elle se déroule sous la forme d'un échange et un d'un accueil des apprenantes et apprenants dans le cursus du Mastère Spécialisé Éco-Ingénierie (MSEI). Ils en suivent l'intégralité des cours dans le cadre du Semestre 9 de leur scolarité. Le semestre 10 restant sous la responsabilité de chaque école. Le syllabus du MSEI ci-dessous décrit donc fidèlement l'ensemble des unités d'enseignements (UE) suivies par les apprenantes et apprenants.

La seule différence notable réside dans l'attribution des European Credit Transfer and Accumulation System (ECTS - Système européen de transfert et d'accumulation de crédits) par UE qui est la suivante dans le cadre de la spécialisation I3D.

		Heures	ECTS I3D
SEMESTRE 1		**401**	**30**
UE1	Contextes planétaires et enjeux anthropiques	47	2
UE2	Sciences et méthodologies systémiques	59,5	3
UE3	Modélisation et simulation de systèmes complexes	69	5
UE4	Méthodes et outils de conception, d'évaluation et de pilotage	62	4
UE5	Gouvernance et économie de la soutenabilité	69,5	3
UE6	Activités de mise en situation	79	3
UE7	Conception de projet	15*	10

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Liberté
Égalité
Fraternité

TOULOUSE INP | U



Syllabus

Mastère Spécialisé ©
Éco-Ingénierie

CONCEVOIR ET PILOTER DES PROJETS DANS **L'INTERDISCIPLINARITÉ ET DANS LA PERSPECTIVE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE**

www.toulouse-inp.fr

Version septembre 2026

© Un label de la CGE (Conférence des Grandes Écoles)

Ce document présente le syllabus du Mastère spécialisé © éco-ingénierie (MSEI), Conception interdisciplinaire : sciences et techniques de la transition.

© Un label de la CGE (Conférence des Grandes Écoles)

Le MSEI est délivré par l'école INP Agro Toulouse, établissement porteur, en collaboration avec les écoles INP ENSIACET et INP ENSEEIHT comme partenaires.

La formation se déroule d'octobre à septembre, délivrant 45 crédits ECTS et incluant une période de mission en milieu professionnel de 6 mois.

Depuis 2026, le MSEI est inscrit au Répertoire National des Certifications Professionnelles, RNCP42307 (https://www.francecompetences.fr/recherche/rncp/42307) sous le titre « Chef de projet en éco-ingénierie ». Pour chaque module sont identifiés des compétences de Niveau 1 – Initiation (savoirs et prise de conscience) , Niveau 2 – Maîtrise pratique (savoir-faire) et Niveau 3 – Compétence systémique (savoir-être et posture), qui sont regroupées dans 5 blocs de compétences dans la fiche RNCP :

- RNCP42307BC01 - Identifier et caractériser les enjeux liés à l'éco-ingénierie et au développement durable sur un territoire
- RNCP42307BC02 - Etudier la faisabilité et l'impact d'un nouveau projet d'aménagement au regard des règlementations environnementales
- RNCP42307BC03 - Concevoir et piloter un projet d'éco-ingénierie complexe
- RNCP42307BC04 - Conseiller une maitrise d'ouvrage dans ses choix techniques, stratégiques et écologiques
- RNCP42307BC05 - Accompagner les hommes et les organisations vers la transition écologique

La mise à jour du document en 2026 a été supervisée par Axelle Louise, responsable pédagogique du MSEI, et Vincent Gerbaud, membre du comité de pilotage, avec les éléments fournis par les différents intervenants. La partie introductive a été principalement rédigée par Jean Yves Rossignol, premier responsable pédagogique à la création de la formation MSEI en 2014 et un des principaux initiateurs et concepteurs de cette formation.

Table des matières

Le Mastère Spécialisé © Éco-Ingénierie 1

Relier pour comprendre, intégrer pour concevoir 1

L'éco-ingénierie est par nature une ingénierie de la complexité 1

Formation à la conception interdisciplinaire en ingénierie 2

UE1 • planétaires et enjeux anthropiques 5

UE1-1 Enjeux liés aux organisations et aux activités économiques 6

UE1-1.1 Économie 6
UE1-1.2 Territoires 6
UE1-1.3 Transports et déplacements 6
UE1-1.4 Bifurcation 6
UE1-1.5 Inégalités environnementales 7
UE1-1.6 Ingénierie 7

UE1-2 Enjeux écologiques 10

UE1-2.1 Changement climatique 10
UE1-2.2 Biodiversité 10

UE1-3 Enjeux liés aux flux des ressources 12

UE1-3.1 Énergies 12
UE1-3.2 Production alimentaire 12
UE1-3.3 Eau : enjeux et qualité 13
UE1-3.4 Autres ressources et déchets 13

UE2 • Sciences, concepts et méthodologies systémiques 15

UE2-1 Introduction à la complexité en ingénierie 16

UE2-2 Épistémologie des sciences d'ingénierie 19

UE2-3 Formation à la réflexivité 20

UE2-4 Outils systémiques de collaboration et d'intelligence collective 22

UE3 • Modélisation et simulation de systèmes complexes 24

UE3-1 Modélisation et simulation de systèmes dynamiques 25

UE3-2 Modélisation et simulation spatiale 26

UE3-3 Animer une démarche de concertation territoriale par la modélisation (démarche ComMod) 28

UE3.4 Évaluation des territoires 30

UE4 • Méthodes et outils de conception, d'évaluation et de pilotage 32

UE4-1 Optimisation et méthodes d'aide à la décision multicritères 33

UE4-2 Bilan carbone 34

UE4-3 Analyse de cycle de vie 35

UE4-4 Écotoxicologie et évaluation des risques environnementaux 36

UE4-5 Écologie industrielle et territoriale 37

UE5 • Gouvernance et économie de la soutenabilité 39

UE5-1 Sociologie de l'environnement et des organisations 40

UE5-1.1 Approches sociologiques des organisation e de l'(in)action environnementale 40
UE5-1.2 Approches sociologiques de l'environnement 40

UE5-2 Innovation : théories et approches alternatives 43

TOULOUSE INP • 6 allée Emile Monso - BP 34038 - 31029 Toulouse Cedex 4, France • +33 (0)5 34 32 30 00 • www.toulouse-inp.fr

UE5-3 Économie de l'environnement 45
UE5-4 Éthique 46
UE5-5 Anthropologie de la nature 48
UE 5-6 Initiation à l'entretien compréhensif 49
UE6 • Activités de mise en situation 50
UE6-1 Créativité et Éducation physique et sportive 52
UE6-2 Pratiquer éco-ingénierie 54
UE6-3 Lien à soi aux autres et au vivant 55
UE6-4 Atelier d'initiation à l'écologie sensible et pratiques d'éco-facilitation 57
UE6-5 Communiquer en anglais 59
UE7 • Conception de projet 61
BONUS 63
Mission en milieu professionnel 64

Le Mastère Spécialisé © Éco-Ingénierie

conception interdisciplinaire : sciences et techniques de la transition

> « *Le calcul ne peut connaître le cœur de la vie, la chair de la vie. Voilà pourquoi l'enseignement des connaissances pertinentes doit être tout d'abord une initiation à la contextualisation.* » Edgar Morin [1, p. 156]

La transition environnementale, écologique, énergétique et sociétale en cours, soumet les organisations et les métiers à la nécessité de concevoir les processus d'ingénierie et de management en interdépendance disciplinaire et en lien contextuel avec tous les environnements. Le défi est colossal dans le paradigme culturel classique de l'hyperspécialisation. Des compétences nouvelles sont requises pour piloter la conception de projets dans l'interdisciplinarité, selon une « écologie méthodologique », apte à déployer en synergie complexe les concepts et les outils dans tous les domaines des sciences d'ingénierie.

Relier pour comprendre, intégrer pour concevoir

Toute action d'ingénierie technique est de fait une action d'ingénierie éco-socio-technique, car les projets s'inscrivent obligatoirement dans des environnements écologiques et humains. La contextualisation des projets est évidente dans les situations suivantes, par exemple :

- implantation d'une nouvelle technologie sur un territoire à forte identité culturelle différente de celle d'où est issue cette technologie ;
- étude de projet conçu comme opportunité de développement collatéral de filière ou de territoire (ex. projet de production manufacturière à partir de matériaux biosourcés à même de dynamiser le secteur agricole local) ;
- création d'un réseau d'organisations fonctionnant en symbiose industrielle (notion d'éco-site) ;
- conception et implantation d'installations selon des modalités d'expertise participative.

Or, « *Notre mode de connaissance a sous-développé l'aptitude à contextualiser l'information et à l'intégrer dans un ensemble qui lui donne sens… Le morcellement et la compartimentation de la connaissance en disciplines non communicantes rendent inapte à percevoir et concevoir les problèmes fondamentaux et globaux* » [1, p. 145].

Dès lors que l'ingénierie ne se réduit pas à un « *enfermement dans une logique de prescription* » [2, p. 79], posture ayant désormais largement démontré ses limites et ses insuffisances, les modalités de conception, ainsi que la mise en œuvre des réalisations, relèvent d'une « *écologie de l'action* » [3, p.48]. Dans la phase de conception, il devient alors nécessaire de mobiliser en synergie des disciplines, des méthodes, des outils divers, selon des configurations modulables en fonction des projets et des acteurs. Cette éco-ingénierie (qui n'est qu'accessoirement l'ingénierie écologique au sens strict) est nécessairement interdisciplinaire, voire transdisciplinaire [4, p. 13] et peut s'inspirer du fonctionnement des écosystèmes dans l'approche de son objet et dans ses méthodes de travail[1].

« *Parce que l'action reste, dans le détail de ses facettes et de ses processus, insaisissable et méconnaissable, elle échappe à toute démarche d'ingénierie qui postulerait a priori une stabilité et une clarté de la cible, une connaissance exhaustive des activités à déployer pour l'atteindre, une stabilité des conditions d'exercice et donc des diverses ressources mobilisées*. » [2, p. 79].

L'éco-ingénierie est par nature une ingénierie de la complexité

La complexité est un concept singulier qu'il faut prendre dans un sens de complexité généralisée, alors que la signification usuelle fait plutôt référence à une complexité restreinte en écho à quelque chose de

[1] L'éco-ingénierie ici définie est le pendant de ce que l'on nomme, outre Atlantique, les « sciences de l'environnement », le terme « environnement » étant à comprendre dans une acception étendue : « Les sciences de l'environnement modernes, inter et transdisciplinaires, se fédèrent autour d'objets-frontières comprenant des composantes qui croisent les sciences naturelles, les sciences humaines et sociales, les sciences de la santé et les sciences de l'ingénieur. » [5, p. 346]

TOULOUSE INP • 6 allée Emile Monso - BP 34038 - 31029 Toulouse Cedex 4, France • +33 (0)5 34 32 30 00 • www.toulouse-inp.fr

compliqué [6, 7, 8, 9]. Pensée comme un objet technique, une éolienne est un système compliqué relevant de la complexité restreinte qu'une équipe compétente peut élaborer avec du temps et des moyens. Penser l'éolienne dans son écosystème paysager, y intégrer les possibles recours administratifs, les discussions avec les habitants et usagers du territoire d'implantation, les impacts sonores, visuels, sur la faune, sur l'artificialisation des sols, les contraintes de raccordement au réseau de distribution, y intégrer les fluctuations du marché de l'électricité et ses impacts sur le pilotage opérationnel, … fait de l'éolienne un système complexe au sens général et c'est cette complexité qui nous intéresse au MSEI. Elle nous enjoint d'adopter une approche cyclique d'agir-penser en complexité [7].

La pensée complexe s'exerçant sur des problématiques envisagées dans l'interdisciplinarité débouche immanquablement sur des questionnements éthiques, épistémologiques et méthodologiques. Ainsi, dès lors que l'ingénierie n'est plus strictement mécaniste et prescriptive, qu'elle tient compte du tissu social où s'insère son objet, et des interfaces entre la science et le politique, par exemple, se posent des questions comme celles-ci :

- l'action est-elle plus efficace adossée à des connaissances plus explicatives ?
- s'il faut comprendre pour agir, dans quelle mesure ne faut-il pas agir pour comprendre ?
- quelle est la légitimité des préconisations des experts ?
- et le corollaire : quels processus de validation des projets doivent être mis en œuvre ?

La reconnaissance de l'incertitude, de l'existence de multiples points de vue légitimes et des processus délibératoires afférents, renouvelle profondément le statut de l'expert. Le paradigme de l'expertise à inventer, comme nouvelle manière de comprendre et de poser les problèmes, suppose :

- « *l'acceptation d'une coexistence d'approches quantitatives et qualitatives. Confiance dans le jugement pour traiter des situations complexes ;*
- *l'acceptation de solutions mixtes équilibrant l'apport brut de la technique et les apports de l'usage (comportements des usagers) ;*
- *la discussion de tout projet de manière équilibrée avec son prescripteur et ses usagers ;*
- *l'acceptation de la création d'un consensus par débat entre experts et non-experts, qui ne donne pas la prééminence au point de vue de l'expert.* » [10, p. 2].

Dans ce paradigme nouveau, qui vise à dépasser la fermeture et l'incomplétude des modèles analytiques lorsque l'objet est complexe, la solution recherchée n'est pas prioritairement la solution optimale, mais une solution satisfaisante pour toutes les parties prenantes [7, 9, 11]. Des méthodes et des outils transversaux spécifiques sont alors à mettre en œuvre, ce qui pose la question de la formation à ces méthodes et outils. Au-delà d'enseigner l'application des sciences, il s'agit de former à la conception [12, p. 202].

Formation à la conception interdisciplinaire en ingénierie

L'interdisciplinarité est une réalité dans de nombreux domaines, en particulier dans le champ des sciences et des techniques dont l'objet est complexe, comme l'agriculture, l'écologie, l'urbanisme, etc. À titre d'exemple complémentaire, notons qu'il existe également « *une approche écologique (écologie de la santé)… (qui) implique microbiologistes, parasitologues, climatologues, médecins infectiologues, épidémiologistes, écologues, mais aussi sociologues, anthropologues, historiens, géographes.* » [13, p. 121].

De même, dans le domaine des énergies, les concepteurs des nouveaux moyens de production d'énergies renouvelables ou des dispositifs destinés à l'efficacité énergétique doivent intégrer l'ergonomie des solutions, l'acceptabilité sociale, l'adaptabilité et les comportements des usagers, pour proposer des projets efficaces, viables et pérennes, ce qui nécessite la collaboration des sciences humaines et des sciences physiques, comme cela est mis en œuvre, par exemple, au Laboratoire Interdisciplinaire des Énergies de Demain de l'Université Paris Diderot [14].

Citons encore le développement durable, comme terrain d'application privilégié de la conception complexe et interdisciplinaire, dont les principes fondamentaux stipulent de penser l'économie, les questions sociales et environnementales de manière intégrée et en synergie.

L'interdisciplinarité est donc nécessaire et prometteuse. Les institutions s'efforcent de l'impulser dans les dispositifs traditionnellement cloisonnés. Ainsi, la Mission interdisciplinarité du CNRS a vocation

«*…d'accompagner les équipes de recherche qui produisent de nouveaux concepts, de nouvelles méthodologies et des solutions innovantes qui n'auraient pu être obtenus sans coopération entre les différentes disciplines…*» [15]. Ce qu'entend développer l'Alliance Athena (Alliance nationale des sciences humaines et sociales), avec l'implication interdisciplinaire des ShS dans la conception et la mise en œuvre de la transition énergétique, et qui vaut plus largement pour les grands enjeux de la transition (eau, ressources, déchets, etc.), débouche sur de nouvelles compétences d'expertise [16, p. 15][2]. Cependant, les conditions de réussite du travail interdisciplinaire sont exigeantes [17]. Une formation spécifique, en complément de l'acquisition d'une quelconque compétence spécialisée, est tout à fait indispensable. De longue date, l'UNESCO promeut l'interdisciplinarité dans l'enseignement général [18].

Dans une autocritique et une remise en question fondamentale [19], les écoles d'enseignement en gestion des entreprises, qui prennent acte d'avoir « *formé les responsables mêmes de la crise* » [18, p. 7], proposent de développer la culture générale, l'esprit critique et l'interdisciplinarité dans leurs enseignements. Ainsi, « *Il convient de ne pas cesser d'envisager les passerelles entre les disciplines enseignées, et de proposer aux apprenants des situations d'évaluation qui mettent en jeu leur habileté à transcender le cadre disciplinaire (sujets sans préparation, improvisation, sujets de synthèse, etc.).* » [19, p.9]. À la lueur de ce fait, les formations en ingénierie seraient fondées à penser que l'interdisciplinarité est synonyme d'innovation et de progrès.

Bibliographie

- [1] La Voie ; Pour l'avenir de l'humanité - Edgar Morin - Fayard - 2011
- [2] Quelques motifs raisonnés pour une ingénierie du contexte raisonnable - Frédérique Allard, Laboratoire Gestion et Cognition (EA 2043), Université de Toulouse (Université Paul Sabatier, Toulouse III) - Projectique, n° 1 - p. 77-90
- [3] La complexité est un nœud gordien - Edgar Morin - Management France - Fév-mars 1987
- [4] Projet d'établissement du CNRS - Février 2002
- [5] Former en sciences de l'environnement - Marc Lucotte - Le développement durable à découvert - CNRS - 2013 - https://books.openedition.org/editionscnrs/10886
- [6] Morin, E., Introduction À La Pensée Complexe. Editions Points, 2014.
- [7] Genelot, D. Manager dans (et avec) la complexité. Eyrolles. 2017.
- [8] Rossignol, J.Y. Complexité : Fondamentaux à l'usage des apprenants et des professionnels. EDP Sciences, 2018
- [9] La modélisation des systèmes complexes - Jean-Louis Le Moigne - Dunod - 1990, 1995
- [10] Formations d'ingénieurs et développement durable - Conclusion à la réunion réseau du 7 juillet 2011 - Claude Maury - Mines de Paris Paristech
- [11] Le Constructivisme, t. 2 : Épistémologie de l'interdisciplinarité - Jean-Louis Le Moigne - L'harmattan - 2003
- [12] Les sciences de l'artificiel - Herbert A. Simon - Coll. Folio/Essai - Gallimard - 2004
- [13] Écologie prédictive & changement planétaire - Prospective de l'institut écologie & environnement du CNRS - Compte rendu des journées des 24 et 25 octobre 2012 - Avignon
- [14] Laboratoire interdisciplinaire des Énergies de Demain - http://www.lied-pieri.univ-paris-diderot.fr
- [15] Mission Interdisciplinarité du CNRS - http://www.cnrs.fr/mi
- [16] SHE et énergie - Alliance Athena - 2013
- [17] Interdisciplinarité ; Concepts-clés - Centre international pour la Recherche Agricole orientée vers le développement - http://www.icra-edu.org/fr
- [18] L'interdisciplinarité dans l'enseignement général - Louis d'hainaut - Division des sciences de l'éducation, des contenus et des méthodes, UNESCO - Mai 1986

[2] «Il est important aujourd'hui de développer une coordination de la recherche SHS sur les énergies, dans les universités et écoles, les organismes (CNRS, INED, IRD, INRA…), et les groupes de recherche du secteur privé. Il y a là un enjeu de consolidation de nouvelles compétences pouvant compléter l'expertise existante dans ce domaine.»

► [19] Repenser la formation des managers - institut de l'entreprise, Cercle de l'Entreprise et du Management - FNEGE - juin 2010

Le Mastère Spécialisé© interdisciplinaire en éco-ingénierie, qui s'inscrit au cœur d'une évolution attendue sur la question de l'interdisciplinarité[3], est proposé par l'ENSAT, en lien avec toutes les autres écoles de Toulouse INP, pour préparer les ingénieurs de toute spécialité à l'ouverture interdisciplinaire, afin de répondre au changement de paradigme de la pensée scientifique et technique et des pratiques ingénieuriales requis par les évolutions globales et la demande sociétale vers le développement durable.

Pour satisfaire cet objectif, le dispositif général suivant a été conçu :

		Heures	ECTS MSEI
SEMESTRE 1		**401**	**45**
UE1	Contextes planétaires et enjeux anthropiques	47	3
UE2	Sciences et méthodologies systémiques	59,5	4
UE3	Modélisation et simulation de systèmes complexes	69	7
UE4	Méthodes et outils de conception, d'évaluation et de pilotage	62	6
UE5	Gouvernance et économie de la soutenabilité	69,5	5
UE6	Activités de mise en situation	79	4
UE7	Conception de projet	15*	16

* + 100 h en autonomie

BONUS	Conférences et cours à la carte	20	-

SEMESTRE 2 : Mission en milieu professionnel	-	**30**

Un certain nombre de rendus et productions sont attendus durant cette formation (rapport de mission en milieu professionnel, rapports de projet long, portefolios, …). Ces productions évaluent le travail et la production des apprenants. Par conséquent, la production par IA n'est pas en ligne avec cette attente. Nous ne souhaitons pas évaluer les productions inhumaines.

[3] « De nouvelles structures interdisciplinaires supra-départementales doivent donc être mises en place, au sein desquelles les spécialistes des différentes disciplines concevront et raffineront d'un commun accord les grandes lignes de formation et de recherche en sciences de l'environnement. »[5, p. 346]

UE1 • planétaires et enjeux anthropiques

Une des vocations de l'éco-ingénierie est de penser son objet dans un champ de problématiques élargi et de concevoir tout projet en lien avec des contextes. Ces contextes sont de nature économique, sociale, culturelle ; ils constituent des environnements (naturels, urbains, ruraux, etc.), ou encore des filières et des territoires. En outre, les interactions s'établissent sur des échelles variées de temps (court, moyen et long terme) et d'espace (échelle locale, régionale, planétaire).

Il se trouve que l'évolution récente du système humain a profondément modifié les environnements, à tel point que le rythme de leur dégradation dépasse celui de notre capacité d'adaptation [18]. C'est pourquoi, quelle que soit l'échelle, les actions ne doivent plus seulement être intrinsèquement pertinentes par rapport à des objectifs indépendants, mais doivent également concourir au bon état des contextes auxquels elles sont liées.

La connaissance des enjeux inhérents aux contextes déterminants est donc un préalable indispensable dans une formation à l'éco-ingénierie.

Les compétences développées par cette unité d'enseignement consisteraient à :

- savoir identifier, évaluer et relier entre eux les enjeux qui se posent dans toute problématique d'ingénierie, à l'échelle locale et à l'échelle globale ;
- comprendre les phénomènes et les mécanismes qui sont au cœur de ces enjeux ;
- pouvoir conduire un diagnostic intégré à des contextes (formulation des problématiques, mise en perspective, quantification, esprit critique par rapport aux connaissances et aux pratiques existantes).

		Heures
UE 1 • Contextes planétaires et enjeux anthropiques		**47**
UE 1 - 1	Enjeux liés aux organisations et aux activités économiques - Économie (3) - Territoires (9) - Transports et déplacements (3) - Bifurcation (4) - Inégalités environnementales (6) - Ingénierie (4)	28
UE 1 - 2	Enjeux Écologiques - Changement climatique (3) - Biodiversité (3)	6
UE 1 - 3	Enjeux liés aux flux des ressources - Énergies (3) - Production alimentaire (3) - Eau (4) - Autres ressources et déchets (3)	13

Animateurs de l'UE1 : Roman TEISSERENC (Maître de conférences ENSAT)

UE1-1 Enjeux liés aux organisations et aux activités économiques

Justification et objectifs

UE1-1.1 Économie

L'humanité est désormais mise en demeure d'assurer sa subsistance dans un contexte de plus en plus contraint par la démographie croissante, par la raréfaction de nombreuses ressources, par la dégradation de la biodiversité et l'accroissement généralisé des inégalités.

La réorientation du paradigme économique pour amortir la transition résultera de la conjonction de mesures institutionnelles et d'initiatives de terrain originales qui peuvent être sources d'inspiration et de créativité pour l'ingénieur.

UE1-1.2 Territoires

Lieu d'ancrage anthropologique, d'identité, de projection symbolique, d'activité, d'expression du politique, etc., le territoire est bien plus qu'un espace et un support : il modèle les représentations des habitants qui en retour façonnent leur territoire. Les territoires forment des entités ouvertes en interaction avec d'autres, de sorte que selon la problématique envisagée, se redessine l'échelle du territoire à considérer.

L'économie marchande a récemment privilégié l'échelle globale, mais beaucoup d'initiatives novatrices s'inscrivent dans des territoires restreints et dans des logiques de réseau. L'organisation des activités sur un territoire a d'énormes incidences sur la sociabilité et sur les ressources énergétiques (via l'organisation spatiale de l'habitat et des activités économiques, le transport, la stratégie d'approvisionnement énergétique, etc.).

L'aménagement des territoires impulsé par les politiques publiques met en question les processus décisionnels et le rôle des acteurs (expertise classique ou co-construction).

UE1-1.3 Transports et deplacements

Les moyens de transport conditionnent les déplacements des personnes et les transferts de marchandises. Dans l'économie marchande planétaire, les échanges internationaux et la mobilité des personnes se sont développés à un rythme très élevé.

Les transports déterminent l'organisation de la production, les échanges commerciaux et le développement des territoires. Au carrefour des politiques publiques et des intérêts privés, les infrastructures et les modes de transports nécessitent des arbitrages. Le déséquilibre entre les divers modes et entre le niveau de desserte des diverses zones, les coûts externes de la congestion et des accidents, l'augmentation du coût de l'énergie fossile, les nuisances importantes occasionnées par les transports, secteur parmi les plus émetteurs de dioxyde de carbone et fortement consommateur d'espace, sont des motifs de remise en question des schémas tendanciels de développement économique. Les politiques de transport peuvent être des leviers du changement dans la structuration et l'organisation des territoires et des activités vers une économie plus sobre et plus équitable.

UE1-1.4 Bifurcation

Depuis le rapport « *The limit to growth* » rédigé par Meadows et ses collaborateurs en 1972, de nombreux travaux ont démontré que le système de développement actuel risque de connaître un effondrement dans un futur plus ou moins proche. Cet effondrement est généralement lié à la raréfaction des ressources non renouvelables.

Cette intervention propose de poser la question du devenir de la société thermo-industriel pour comprendre comment des systèmes complexes et dynamiques peuvent connaître des changements drastiques liés à des faiblesses internes ou des perturbations externes.

UE1-1.5 INEGALITES ENVIRONNEMENTALES

A partir des études sociologiques et de l'écologie politique, ce module vise à favoriser l'analyse des mécanismes à l'œuvre dans les enjeux environnementaux, la construction des inégalités et les conséquences inégalitaires de politiques environnementales. Aussi, les champs des écologies dissidentes (populaires, féministes, décoloniales, des pauvres, etc.) et des expériences concrètes seront abordés.

Les objectifs sont :

- Former à l'analyse des inégalités socio-environnementales
- Saisir les mécanismes de construction des modèles sociaux/politiques/économiques/écologiques
- Comprendre l'organisation des rapports de pouvoir au cœur des questions environnementales
- Se familiariser avec des exemples d'alternatives écologiques

La modalité pédagogique s'articule à travers une conférence participative suivie d'une mise en débat autour de supports pédagogiques

Références bibliographiques

- Hetzel, Maud; Hugues, Fanny (2025). Introduction à la sociologie de l'environnement, Armand Colin.
- Kothari, Ashish, Sachs, Wolfgang, and Flipo, Fabrice. (2022) Plurivers Un Dictionnaire Du Post-DéVeloppement. Ed. Le Monde Qui Vient.
- Laugier, Sandra, Jules Falquet, et Pascale Molinier. « Genre et inégalités environnementales : nouvelles menaces, nouvelles analyses, nouveaux féminismes ». Cahiers du Genre n° 59, no 2 (24 novembre 2015): 5 20.
- Martinez-Alier, J. (2023). L'Ecologisme des pauvres-Une étude des conflits environnementaux dans le monde. Les petits matins.
- Ruault, L., Hertz, E., Debergh, M., Martin, H. & Bachmann, L. (2021). Androcène. Nouvelles Questions Féministes, 40, 6-16.

UE1-1.6 INGENIERIE

Ce cours aborde l'histoire du progrès et de l'innovation, une histoire constitutive de l'identité des ingénieur.es, qui permet de comprendre de quoi iels héritent en termes de façon de penser, de ressentir et d'agir. Une histoire qui sera forcément partielle et partiale, elle rend visibles certains éléments, en occulte d'autres. L'histoire des techniques rend généralement compte des inventeurs et de leurs inventions, un récit qui fait l'éloge du progrès en mettant à l'écart les voix discordantes et ses impacts socio-écologiques. C'est ce qui sera plutôt mis en lumière : esclavage, misère, chômage, pollutions et troubles sanitaires mais aussi critiques, rejets, contestations et alternatives. Loin d'une vision linéaire où les populations adhéreraient à l'idéal d'un progrès salvateur, ce récit s'attache à comprendre pourquoi l'innovation est devenue centrale pour nos sociétés et comment les institutions de son développement – société des arts, brevets, laboratoires de R&D, capital-risque, etc. – se sont détachées des considérations de la grande majorité. Parmi celles-ci, la focale se porte sur la construction du corps des ingénieur.es, les raisons de leur émergence et l'évolution des positions et des rôles qu'ils occupent dans la société. Enfin, on ne peut parler d'innovation sans aborder du contexte économique de son émergence, les institutions du capitalisme : propriété privée, banques d'affaires, entreprises à responsabilité limitée, etc.

Cette histoire s'articule entre des idées porteuses de valeurs et de représentations qui circulent via des publications et des discours, mais aussi des structures matérielles à travers les infrastructures techniques, les circuits d'échange de biens et de marchandises, les conditions d'existence des populations, les modes d'organisation des industries et les impacts écologiques, en soulignant les liens entre ces deux aspects et les décalages qui peuvent parfois exister. Elle se focalise sur la place centrale de l'Europe de l'Ouest et des États-Unis dans la construction de la Modernité, mais elle aborde aussi celle des colonies, de l'URSS et d'autres. Ce récit débute à la Renaissance, un peu avant l'avènement du capitalisme et de la course effrénée à la nouveauté, où l'on y trouve des éléments structurants aux évènements qui vont lui succéder.

Cette présentation tente de remettre en question les mythes du progrès, de la neutralité des sciences et des techniques, de leur supériorité par rapport à d'autres formes de savoirs et savoir-faire, de la division du travail productif entre scientifiques, industriels et consommateurs et des positions sociales, rôles, loyautés

et (dé)-responsabilités de l'ingénieur.e et du scientifique comme maître d'œuvre de la technique. Et ce dans la perspective de défendre l'idée d'une démocratie technique et d'une vision du progrès plus juste socialement et écologiquement où la technique n'est pas la solution à tous les problèmes. Loin d'une technophobie ou d'une position « anti-science », nous souhaitons simplement trouver une juste place à la sphère technoscientifique dans la construction des sociétés qui se disent modernes.

Références bibliographiques

- Guillaume Carnino – L'invention de la science. La nouvelle religion à l'âge industriel (2015)
- Christophe Bonneuil et Jean-Baptiste Fressoz – L'événement Anthropocène. La Terre, l'histoire et nous (2016)
- François Jarrige – Technocritiques. Du refus des machines à la contestation des technosciences (2014)
- Pierre Charbonnier – Abondance et liberté. Une histoire environnementale des idées politiques (2020)
- Aurélien Berlan – Terre et Liberté. La quête d'autonomie contre le fantasme de délivrance (2021)
- Guillaume Carnino, Liliane Hiliaire-Pérez et Aleksandra Kobiljski (dir.) – Histoire des techniques. Mondes, sociétés, cultures (XVIe – XVIIIe siècle) (2016)
- Guillaume Carnino, Liliane Hiliaire-Pérez et Jérôme Lamy (dir.) (2025) – Histoire globale des techniques
- Dominique Pestre et Stéphane Van Damme (dir.) – Histoire des sciences et des savoirs. T.1 De la Renaissance aux Lumières (2015)
- Dominique Pestre, Kapil Raj et H. Otto Sibum (dir.) – Histoire des sciences et des savoirs. T.2 Modernité et globalisation (2015)
- Benoît Godin – Théologie de l'innovation (2019) ; pour une synthèse, voir cet article
- Dominique Pestre et Christophe Bonneuil (dir.)– Histoire des sciences et des savoirs. T3. Le siècle des technosciences (2015)
- Christophe Bonneuil – Les transformations des rapports entre sciences et société en France depuis la Seconde Guerre mondiale : un essai de synthèse (2004)
- Dominique Pestre (dir.) - Le gouvernement des technosciences. Gouverner le progrès et ses dégâts depuis 1945 (2014)
- Christophe Bonneuil et Pierre-Benoît Joly – Sciences, techniques et société (2013)
- Rémi Barré – Des concepts à la pratique de l'innovation responsable : à propos d'un séminaire franco-britannique (2011)
- Bernard Reber et Sophie Pellé – Définition de l'innovation responsable dans le dictionnaire de la participation (2014).

Compétences visées

- Niveau 1 : Comprendre les enjeux sociologiques autour des questions environnementales
- Niveau 1 : Découvrir l'histoire du progrès et de l'innovation
- Niveau 1 : Exercer l'évaluation des impacts sociaux-environnementaux des projets et politiques
- Niveau 1 : saisir la pluralité de modèles et d'expériences environnementales, leurs impacts et leviers
- Niveau 1 : connaître les enjeux économiques, culturels et organisationnels
- Niveau 2 : acquérir les outils analytiques sur les inégalités sociales et environnementales
- Niveau 2 : Mettre en perspective l'histoire du progrès avec sa propre vision de l'ingénierie

Dimension systémique

- Connexions interdisciplinaires entre UE et modules : avec tous les thèmes de l'UE5
- Transdisciplinarité interne à la matière : entre les quatre thématiques du module UE1-1 et avec les éléments d'histoire, économie, sociologie, philosophie des autres UE.

Modalités pédagogiques et volume horaire

- Présentiel (28h) : cours/TD : 28 h

Modalités d'évaluation

- Toutes les interventions sont évaluées dans le cadre de l'évaluation mutualisée de l'UE1 sous forme d'un Portfolio enjeux

Personnes ressources

- UE1-1.1 Gaël PLUMECOCQ (Chargé de Recherche INRAE)
- UE1-1.2 Guillaume DUMAS (Climatologue Urbaniste Toulouse Métropole), Evanie FORT (Chargée de projets Quint-Fonsegrives), Lise AIRAULT (Chargée de projets Communautés de communes Portes d'Ariège Pyrénées)
- UE1-1.3 Aurélien BIGO (Chercheur sur la transition énergétique des transports)
- UE1-1.4 Roman TEISSERENC (Maître de Conférences INP-ENSAT)
- UE1-1.5 Héloïse PREVOST (Maître de conférence Sociologie)
- UE1-1.6 Arnaud DE MARIA (travailleur indépendant), Virgile RICART (travailleur indépendant)

UE1-2 Enjeux écologiques

Justification et objectifs

UE1-2.1 CHANGEMENT CLIMATIQUE

L'accroissement démographique et l'intensification de l'activité de production et des transports à l'échelle mondiale ont généré des impacts environnementaux majeurs et en particulier le réchauffement du climat planétaire lié aux émissions de gaz à effet de serre, notamment le dioxyde de carbone, principalement du à la combustion des énergies fossiles et aux changements d'utilisation des terres. La poursuite tendancielle du processus équivaudrait à un changement d'ère climatique en seulement un siècle, ce que ni les systèmes naturels ni les systèmes anthropiques ne pourraient supporter sans dommages majeurs, remettant même en cause l'habitabilité de certaines régions de la planète actuellement densément peuplées.

La multiplication et l'intensification des phénomènes climatiques extrêmes, l'élévation du niveau des océans, la raréfaction de la ressource en eau, la désertification de certaines régions impactent davantage les communautés humaines les plus vulnérables, contribuant à augmenter les inégalités au sein des pays et entre pays. Ces évolutions ont aussi des conséquences sur la santé humaine, induisent des coûts économiques colossaux, s'accompagnent de l'extinction massive de nombreuses espèces, et pourraient induire des tensions géopolitiques dues aux migrations. Afin de limiter l'exposition des prochaines générations à de tels impacts et menaces, il est urgent de mettre en œuvre massivement les outils et le savoir-faire disponibles et reconnus comme efficaces pour réduire les émissions de gaz à effet de serre et ainsi atténuer le réchauffement. Toutefois, le climat des prochaines décennies sera plus chaud que le climat actuel, et les démarches d'adaptation enclenchées devront être poursuivies et amplifiées.

Le module vise à acquérir des connaissances de base sur le changement climatique, ses causes et ses conséquences, pour de nombreuses problématiques où il convient d'intégrer les évolutions climatiques, notamment pour l'adaptation dans tous les domaines et à différentes échelles (nationale, territoires, entreprises).

Le module « changement climatique » porte sur :

- les observations permettant de caractériser le changement climatique récent à l'échelle mondiale et sur la France
- les projections climatiques futures, et les trajectoires d'émissions de gaz à effet de serre compatibles avec les objectifs internationaux de limitation du réchauffement planétaire
- les principaux impacts et risques liés au changement climatique
- principales approches de géo-ingénierie et leurs limites

UE1-2.2 BIODIVERSITE

La biodiversité ou diversité biologique, représente la variété et la variabilité des organismes vivants et des écosystèmes dont ils font parties, à tous niveaux d'organisation (les écosystèmes, les espèces, les gènes et leur abondance relative). Elle est à la fois la cible et l'acteur des interactions entre organismes et le milieu non vivant des écosystèmes. Héritage patrimoniale vivant de la planète, issu des mécanismes évolutifs modelant la biosphère, c'est un objet en perpétuelle adaptation aux changements environnementaux et qui participe dans le même temps au fonctionnement des écosystèmes. La survie de nos sociétés humaines dépend des écosystèmes continentaux et marins, dont le fonctionnement est intrinsèquement lié à la biodiversité qui les composent. Dotée de valeurs intrinsèques (valeur patrimoniale) et de valeurs d'usage (pourvoyeuse de ressources et de services, valeur culturelle), la biodiversité est de fait un enjeu essentiel pour l'humanité. Elle l'est d'autant plus qu'elle est menacée de manière significative par les activités humaines depuis l'ère industriel, compromettant sa capacité d'adaptation aux changements environnementaux et sa capacité à participer au fonctionnement des écosystèmes.

Prérequis

- Connaissances générales en écologie

Compétences visées

- Niveau 1 : connaître les enjeux climatiques et les enjeux de la biodiversité

Dimension systémique

- Connexions interdisciplinaires entre UE et modules : climat et changement climatique, modélisation de systèmes dynamiques et socio-écologiques
- Transdisciplinarité interne à la matière : écologie, production agricole

Modalités pédagogiques et volume horaire

- Présentiel (6h) : cours/TD : 6h

Modalités d'évaluation

- Toutes les interventions sont évaluées dans le cadre de l'évaluation mutualisée de l'UE1 sous forme d'un Portfolio enjeux

Personnes ressources

- UE1-2.1 David SALAS Y MELIA (ingénieur des Ponts, des Eaux et des Forêts, chercheur en prévision du temps et climat au CNRM (Météo-France & CNRS))
- UE1-2.2 Benjamin PEY (Maître de Conférences INP-ENSAT)

Références bibliographiques

- Masson-Delmotte, V., Zhai, P., Pirani, A., Connors, S. L., Péan, C., Berger, S., ... & Zhu, B. (2023). Summary for policymakers. Climate change 2021: The physical science basis. Contribution of working group I to the sixth assessment report of the intergovernmental panel on climate change, 3-32.

UE1-3 Enjeux liés aux flux des ressources

Justification et objectifs

UE1-3.1 Énergies

Au sein de l'unité d'enseignement relative aux grands enjeux planétaires liés aux ressources, ce module prend la forme d'un exposé structuré, largement illustré de visuels et graphiques, ouvert aux discussions.

Le premier objectif est que les auditeurs-participants aient la connaissance des éléments principaux qui caractérisent le secteur de l'énergie, aux plans scientifique, technologique et sociétal :

- par les définitions, propriétés et mots-clés (énergie, puissance, efficacité, fossile, renouvelables, stocks, flux, filières technologiques, transition, …) ;
- par l'organisation du secteur au plan sociétal à différentes échelles, mondiale, continentale, nationale (structure, diagrammes des flux, unités et ordres de grandeur chiffrés, actualisés aux différentes échelles pertinentes)

Le deuxième objectif, s'appuyant sur ces bases et ces données, est de poser les enjeux majeurs identifiés du secteur de l'énergie, aux plans mondiaux et régionaux, reliés, à travers la grille de lecture analytique proposée, aux autres enjeux : sociétaux, environnementaux, géopolitiques, économiques (climat, limites planétaires, développement humain, souveraineté). Les enjeux ainsi posés accréditent le besoin d'une transition énergétique aux niveaux mondial et régionaux.

Le troisième objectif est de connaître et savoir comparer les principales voies technologiques candidates pouvant contribuer à une transition énergétique, principalement celles à maturité technique et économique (décarbonation et électrification des usages, nouvelles filières, propriétés et criticité).

L'objectif global est que les participants puissent ainsi acquérir une connaissance systémique du secteur de l'énergie, des enjeux qui président à la transition énergétique et des opportunités et obstacles pour la réaliser. L'exploration de différents scenarios actuels de transition énergétique, mondiaux et nationaux, mis en perspective avec les enjeux sociétaux, environnementaux, techniques et économiques (criticité des ressources, modes d'usage voire modes de vie) permet de l'illustrer concrètement.

UE1-3.2 Production alimentaire

La croissance exponentielle de la population mondiale pose le problème crucial de la production alimentaire. De fait, pour des raisons diverses, près d'un milliards de personnes souffrent actuellement de malnutrition. L'intensification de la production a été rendue possible depuis une cinquantaine d'années grâce à l'injection massive d'énergie fossile bon marché dans le système productif, mais cette dépendance est désormais un risque croissant. Les impacts des pratiques agricoles intensives, affectation de la biodiversité, percolation généralisée d'intrants toxiques, réduction de la diversité génétique des espèces domestiques, etc., et la sensibilité des systèmes de monoculture à la fluctuation des conditions naturelles et économiques, les rendements décroissants, la dépendance du secteur aux subventions massives dans les pays de l'OCDE, la spéculation sur les matières premières agricoles, etc., révèlent les limites physiques et économiques de la production alimentaire actuelle. En outre, les sols sont sollicités désormais pour des productions massives non alimentaires comme les agro-carburants, ce qui accentue certains impacts et la précarité de certaines populations.

Des pratiques alternatives, agriculture biologique, agriculture intensivement écologique, permaculture, etc., émergent et semblent capables, selon la FAO, de nourrir la population mondiale, mais la transition est difficile. Hors du secteur agro-alimentaire lui-même, l'ingénierie nouvelle, qui fera de plus en plus appel aux ressources renouvelables et aux matériaux biosourcés en particulier, doit connaître les spécificités, le potentiel et les limites de la production agricole pour innover sciemment.

.

UE1-3.3 EAU : ENJEUX ET QUALITE

Allons-nous manquer d'eau ? Oubliée et minimisée durant les premières conférences sur le climat, l'eau est aujourd'hui considérée comme un des enjeux les plus importants pour la stabilité politique, économique et sociétale de la planète. En effet, à la répartition inégale de cette ressource, s'ajoute une forte augmentation de la demande en eau, d'un facteur 10, en un siècle. L'agriculture représente, avec 63 % de cette demande, le plus gros consommateur d'eau, suivie de l'industrie 25 % et des besoins domestiques 12 %. Cependant se pose la question de la disponibilité et de la qualité de cette ressource « Eaux ». L'eau, sur notre planète, est soumise à de nombreuses et nouvelles contraintes liées aux activités humaines, notamment ceux de la croissance et du développement rapides des pays comme la Chine, l'Inde, sans oublier la forte pression démographique dans de nombreuses régions du monde, ainsi que la pression liée aux nouvelles technologies très gourmandes en énergie électrique, fortement consommatrice en eau.

La croissance, la synthèse de nouvelles molécules, la destruction des sols, l'exploitation des ressources minières, et le développement de nouveaux biens permettent certes une amélioration des conditions de vie mais avec comme contrepartie la production importante de déchets aussi bien gazeux, liquides que solides, dont les conséquences ont souvent été sous-estimées. En effet, toutes ces molécules, tous ces biens et ces déchets vont dans leur cycle de vie altérer à des échelles spatio-temporelles très variables la qualité des eaux de surface, de l'atmosphère, des eaux souterraines, sans oublier les effets sur les sols, les écosystèmes, l'alimentation et in fine la santé.

Cette intervention a pour objectif d'apporter des éléments de réponse aux questions liées à ces ressources en eau, leurs besoins et à leur protection, ressources nécessaires pour l'avenir et la place de l'Homme mais aussi de l'ensemble du monde vivant sur notre planète.

Le module vise à présenter le contexte des ressources en eaux avec des exemples de la vie quotidienne et un cas particulier en lien avec l'extraction des ressources minières et de l'impact sur la qualité des eaux. Il poursuit plusieurs objectifs :

- Présenter l'importance de cette ressource, des différents réservoirs sur les surfaces continentales et faire prendre conscience de sa vulnérabilité, des temps de séjour en lien avec les perturbations qu'elles soient d'origine anthropique directe comme indirecte avec le changement climatique
- Prendre conscience des différentes échelles, à la fois de temps et d'espace, nécessaires pour être capable de comprendre l'importance de l'eau, à petite échelle comme à celle de la planète
- Compétences : permettre aux apprenants de prendre du recul par rapport à ce qui est colporté dans les médias et pouvoir chercher des références dans le domaine

Le contenu s'articule comme suit :

- Introduction : Allons-nous manquer d'eau ?
- Enjeux : cycle de l'eau (Répartition de l'eau sur terre, Différents types d'aquifère et recharge de nappes ;
- Enjeux : Changements climatiques (Changements climatiques ; Les grands défis scientifiques et sociétaux ; Besoins et usage de l'eau)
- Enjeux : Démographie
- Qualité de l'eau (Composition des eaux naturelles ; Cycle des électrons et eutrophisation ; Impact des activités humaines : exemple des anciennes mines d'or de Salsigne (Aude)

UE1-3.4 AUTRES RESSOURCES ET DECHETS

Du point de vue thermodynamique, le système anthropique s'auto-organise de manière à maximaliser le flux d'énergie qui le traverse, avec accroissement consécutif de l'entropie extérieure au système. Par conséquent, s'épuisent les ressources non renouvelables et les ressources renouvelables pour lesquelles le taux de prélèvement excède le taux de renouvellement, et du côté des flux sortants, s'intensifie la production de déchets.

L'augmentation de la population mondiale et l'intensification des processus de production menacent désormais l'approvisionnement en certaines ressources (minerais, énergies fossiles, etc.) et la résorption

des déchets par le métabolisme planétaire (gaz à effet de serre, azote et phosphore dans les masses d'eau, molécules organiques, etc.).

L'économie ne doit donc plus considérer les réserves de ressources naturelles comme infinies ni gratuites. L'instauration d'une régulation des flux globaux entrants et sortants constitue un enjeu majeur que chaque acteur doit décliner à son échelle, notamment dans la conception en ingénierie. Des exemples d'économie circulaire focalisés sur la gestion des déchets seront abordés (compostage, épandage, incinération) en mettant en évidence leur double dimension **:** réponses à certains enjeux mais également sources de nouveaux enjeux**.** Le cas de la méthanisation sera particulièrement développé, à la croisée entre enjeux énergétiques, agronomiques, territoriaux, environnementaux, économiques, sociaux, liés à l'eau, la biodiversité et aux ressources minérales.

Prérequis

- Connaissances générales sur les géo-cycles

Compétences visées

- Niveau 1 : connaître les enjeux liés aux ressources et aux déchets
- Niveau 2 : Savoir développer une vision systémique des enjeux liés aux flux des ressources

Dimension systémique

- Connexions interdisciplinaires entre UE et modules : économie, territoires, transports et déplacements, analyse de cycle de vie, changement climatique, thématiques de l'UE5

Modalités pédagogiques et volume horaire

- Présentiel (13h) : cours : 13 h

Modalités d'évaluation

- Toutes les interventions sont évaluées dans le cadre de l'évaluation mutualisée de l'UE1 sous forme d'un Portfolio enjeux

Personnes ressources

- UE1-3.1 Stéphan ASTIER (Professeur Émérite Université de Toulouse, Toulouse INP, CNRS, LAPLACE, Toulouse, France)
- UE1-3.2 Michel Duru (Directeur Recherche INRAE)
- UE1-3.3 Philippe BEHRA (Professeur ENSIACET)
- UE1-3.4 Maialen BARRET (Maîtresse de Conférences ENSAT)

Bibliographie

- Behra, Ph. (sous la direction), Chimie et environnement, Dunod, INPT, Paris, 2013
- Brelet, C., Réenchanter l'eau. Plaidoyer anthropologique, Errance & Picard, Actes Sud, Arles, 2024
- Le Cercle des économistes et E. Orsenna, Un monde de ressources rares, Perrin, Paris, 2007
- Legendre, N., Silence dans les champs. Prix Albert-Londres 2023. Arthaud, Paris, 2023
- Léraud, I., Van Hove, P. Les Algues Vertes. La Revue Dessinée, Delcourt, 2020
- Marsily de, G., L'eau, un trésor en partage, Dunod, Quai des Sciences, Paris, 2009.
- Morel, F.M.M., Hering, J.G., Sigg, L., 2025. Principles and Applications of Aquatic chemistry. 2nd ed., Wiley, New Jersey
- Nicolono, N., Un empoisonnement universel. Comment les produits chimiques ont envahi la planète. Les Liens qui Libèrent, Paris, 2014
- Orsenna, E. L'avenir de l'eau, Petit précis de mondialisation II, Librairie Arthème Fayard, Paris, 2008
- Sigg, L., Behra, Ph., Stumm, W., Chimie des milieux aquatiques, 5ème édition, Dunod, Paris, 2014

UE2 • Sciences, concepts et méthodologies systémiques

L'éco-ingénierie place d'emblée son objet dans une représentation complexe du réel. Par exemple, dans l'optique de la responsabilité sociétale, un projet local sera considéré dans un contexte global où les interdépendances économiques, environnementales, sociales, culturelles, etc. constituent un champ de contraintes, mais aussi des opportunités, qui confèreront à sa conception un degré de complexité élevé.

Les méthodes et les outils classiques, qui isolent un système de son contexte ou le partitionnent pour le simplifier et le modéliser linéairement ne sont donc plus systématiquement adéquates, car elles négligent des interactions pourtant déterminantes et le phénomène d'émergence. Ainsi, des méthodes systémiques sont nécessaires pour appréhender et optimiser des flux matériels et informationnels ou pour examiner les futurs possibles d'une organisation.

La complexité étant impossible à cerner exhaustivement, le libre arbitre du concepteur intervient dans la représentation et la modélisation d'un système. La validité des connaissances acquises n'est plus automatiquement conférée par la validité d'une méthode d'investigation, comme cela est le cas avec la méthode cartésienne, mais elle doit faire l'enjeu de processus délibératoires et d'évaluations au regard d'un projet. Le paradigme constructiviste (le réel n'est plus un donné, mais la représentation que l'on en construit) rend nécessaire un méta-regard sur la connaissance actionnée dans la conception des projets pour en fonder la validité. L'épistémologie est donc indispensable en éco-ingénierie de la complexité.

Parmi les compétences visées par cette unité d'enseignement, citons :

- la maîtrise de la cohérence des actions relativement aux environnements complexes ;
- la mise en œuvre de modalités de penser, elles-mêmes complexes ;
- la capacité à établir des relations transversales au sein des disciplines, des méthodes et des outils de l'ingénierie ;
- l'aptitude à modéliser un système complexe ;
- l'aptitude à porter un regard critique sur son propre système de pensée, mis en œuvre dans la pratique de l'éco-ingénierie.

		Heures
UE 2 • Sciences et méthodes systémiques		**59.5**
UE 2 - 1	Introduction à la complexité en ingénierie	21
UE 2 - 2	Épistémologie des sciences d'ingénierie	12
UE 2 - 3	Formation à la réflexivité	10
UE 2 - 4	Outils systémiques, de collaboration et d'intelligence collective	16,5

Animateur de l'UE2 : Vincent GERBAUD (Chercheur CNRS ENSIACET),

UE2-1 Introduction à la complexité en ingénierie

Justification et objectifs

L'ingénierie en complexité peut se définir comme la science de la conception des projets pour l'innovation sociotechnique au service d'une économie symbiotique.

Confronté à la finitude des ressources et aux dérèglements globaux, le monde et les sociétés qui l'habitent vivent des changements globaux et systémiques qui s'accélèrent et dont la prédictibilité des évolutions est faible, même à court terme. Il est de moins en moins envisageable de concevoir des systèmes centralisés et massifs engageant la société sur le long terme. En situation floue et incertaine, la gouvernance technocratique et l'ingénierie purement technicienne ne sont plus à même de proposer des réponses appropriées. Un regard historique et multidisciplinaire permet d'affirmer que ces approches techno-centrées issues des activités humaines dominantes sont responsables de plusieurs dérèglements, notamment climatique. Ces dérèglements intriqués aux conséquences socio-économiques et environnementales affectent le vivant, les écosystèmes, les personnes, les groupes et les institutions dans leur présente et leur futur.

Toute ingénierie s'inscrit dans un contexte sociotechnique. Tout projet technico-économique est d'abord une question sociotechnique, sociale et psychosociale. La demande sociétale de participation à la conception et à la décision des solutions s'accroît. Dans toutes les disciplines, l'ingénierie est ainsi amenée à devenir une ingénierie de la complexité, pour appréhender son objet et ses méthodes en tant qu'écosystèmes et pour susciter l'intelligence collective dans la conception des projets. Le cours d'introduction à la complexité en ingénierie met l'accent sur la désormais nécessaire co-construction de solutions avec les acteurs du système sociotechnique. L'ouverture des champs cognitifs s'exprime dans la conception de projets. La subjectivité des points de vue et le partage ne sont plus des freins, mais des richesses et des opportunités. Les liens avec les contextes de tous ordres, et en particulier avec les écosystèmes et les acteurs civiques, sont recherchés pour leur potentiel de créativité et de régénération.

Les méthodes développées par l'ingénierie classique n'en deviennent pas pour autant systématiquement désuètes. Ainsi, trois approches majeures de la conception ont à cohabiter dans une vision élargie et intégrative : le réductionnisme (modélisation cartésienne) est un cas particulier de la modélisation, valable pour les systèmes dits simples ou compliqués ; la modélisation de la complexité prise comme objet («complexité restreinte») est largement mise en œuvre dans le monde scientifique depuis l'avènement des puissants moyens de calcul ; la modélisation en complexité («complexité générale»), que nous privilégions, insère le sujet dans le système modélisé, transformant la conception en processus de conception écosystémique. L'ingénierie en complexité (et non pas « de la complexité ») porte une vision intégrative qui élargit la notion de raisonnement valable et déplace sans la renier l'exigence habituelle de se conformer à des méthodes éprouvées vers la recherche d'une rationalité heuristique dans la conception des projets. Il s'agit de mobiliser une intelligence de l'action intentionnelle et collective, qui dépasse la stricte intelligence méthodologique et résolutoire cadrée par des procédures et des règles. La modélisation complexe trouve une expression dans les démarches de co-construction et de gouvernance collaborative.

L'éco-ingénierie fait autant appel au savoir-être qu'au savoir-faire écosystémique. L'éco-ingénieur doit développer l'autonomie intellectuelle, c'est-à-dire la liberté conceptuelle par rapport aux normes et aux méthodes. Il lui faut cultiver l'agilité cognitive et la capacité de médiation dans les approches interdisciplinaires. Il doit pouvoir compter sur ses ressources internes et mobiliser les acteurs concernés pour proposer des trajectoires méthodologiques en situation inintelligible, incertaine et anxiogène.

Il doit également être porté par une forte motivation, par l'enthousiasme,

- tout en sachant faire preuve de détachement, pour acquérir l'endurance et la résilience nécessaires au pionnier qui entreprend d'engager un collectif dans la voie de l'intelligence collective et du changement.
- tout en s'inscrivant dans le cadre de la démarche épistémologique élaborée par Edgar Morin, sociologue et anthropologue, à travers la pensée complexe, et conjointement par Jean Louis Le Moigne, ingénieur et épistémologue, qui a théorisé l'agir/penser en complexité,

Le module est organisé autour de mise en situation d'activités d'ingénierie à partir de cas d'études structurés et documentés. Les participants aborderont des notions sur :

- les principes systémiques, tels que l'interdépendance, la bifurcation, l'émergence, la dialogique, l'imprédictibilité, et leurs implications cognitives et sociocognitives
- les enjeux et objectifs de l'agir/penser en complexité pour l'ingénieur
- les processus de conception, processus de décision dans l'agir/penser en complexité
- la modélisation complexe
- la résolution de problème en complexité
- Les organisations et gouvernance autour des projets

L'intervention de J.Y. Rossignol sur la « résilience cognitive : 7 principes pour l'efficience et le bonheur au travail ! » vise à développer une aptitude sociocognitive favorable à l'accompagnement du changement dans les organisations et à amplifier la compétence en médiation de la transformation systémique. Elle met en évidence le déterminisme de la complexité dans la compétence psychosociale, pour aider l'ingénieur.e impliqué.e dans la transformation éthique d'un collectif à développer une disposition cognitive résiliente et une stratégie sociocognitive efficiente dans la transformation des pratiques de l'ingénierie et la mutation de l'organisation et du management des structures.

Prérequis

- Ouverture d'esprit et culture générale étendue.

Compétences visées

- Niveau 1 : Comprendre quelques principes de la systémique
- Niveau 2 : Être capable d'appréhender la complexité comme un défi stimulant et une opportunité pour la créativité et le lien social en ingénierie.
- Niveau 2 : Comprendre la dimension pragmatique de la complexité.
- Niveau 3 : Savoir identifier les logiques réductionnistes et de reformuler les problèmes en complexité.
- Niveau 3 : Intégrer et décliner par soi-même les concepts de la complexité dans la pratique de l'ingénierie et la construction d'une agilité sociocognitive.

Dimension systémique

- Connexions interdisciplinaires entre UE et modules : l'enjeu de ce cours est prioritairement de forger quelques dispositions nouvelles pour aborder la conception de projet dans l'UE7. Des connexions seront faites avec divers sujets d'autres cours, notamment : production industrielle, territoires, épistémologie, modélisation des systèmes socio-écologiques, organisation et coopération, économie, créativité, ergonomie et santé au travail, l'éthique, la réflexivité.
- Transdisciplinarité interne à la matière : modélisation, cognition, gouvernance.

Modalités pédagogiques et volume horaire

- Présentiel (21 h)
- La méthode pédagogique met à profit l'expérience et le vécu de chacun, largement invité à exposer des points de vue, à témoigner et à débattre.
- Les apprenants sont mis en situation de résolution de problèmes d'ingénierie réalistes, avec des études de cas à trajectoire ouverte, en travaux de groupe, pouvant faire appel à des jeux de rôles, pour rechercher en complexité des solutions satisfaisantes.
- Les apports théoriques sont distillés en situation, au gré des opportunités et des demande des apprenants.

Modalités d'évaluation

- L'un des exercices consiste à concevoir en complexité les modalités de l'évaluation mutualisée des modules UE2-1 et UE2-2.

Personnes ressources

- Jean-Yves ROSSIGNOL (Enseignant chercheur, médiateur de l'agir/penser en complexité)
- Vincent GERABAUD (Chercheur CNRS)
- Roman TEISSERENC (Maître de Conférences INP-ENSAT)
- Irène GAILLARD (Maitre de conférence en Ergonomie, INP-CNAM)
- Vanina MOLLO (Maitre de conférence en Ergonomie, INP-CNAM)

Références bibliographiques

- De Rosnay, J. Le macroscope. Ed. Seuil, 1975
- Genelot, D. Manager dans (et avec) la complexité. Eyrolles. 2017.
- Morin, E., Introduction À La Pensée Complexe. Editions Points, 2014.
- Rossignol, J.Y. Complexité : Fondamentaux à l'usage des apprenants et des professionnels. EDP Sciences, 2018.

UE2-2 Épistémologie des sciences d'ingénierie

Justification et objectifs

Le module « Épistémologie des sciences d'ingénierie » vise plusieurs objectifs :

- Former à questionner la validité des connaissances acquises ou produites par l'ingénieur dans les situations rencontrées.
- Développer une compétence de distanciation critique face aux paradigmes positivistes dominants.

Dans le contexte du Mastère Éco-Ingénierie, ce module vise à favoriser l'apprentissage d'une épistémologie constructiviste adaptée aux sciences de la conception (ingénierie, organisation, cognition). La modalité pédagogique s'articule à travers un cours magistral interactif et des travaux dirigés.

Prérequis

- Aucun

Compétences visées

- Niveau 1 : Identifier les différences entre sciences de la nature et sciences de conception, ainsi que l'influence de la pensée cartésienne sur nos visions du monde.
- Niveau 2 : Exercer une réflexion épistémologique et un projet de connaissance sur un cas concret d'ingénierie.
- Niveau 3 : Être capable de se distancier de sa propre pratique d'ingénieur et de développer une critique réflexive ainsi qu'une mise en œuvre adaptée au contexte.

Éléments de contenus

- La question du vrai et les paradigmes épistémologiques (positivisme vs constructivisme)
- La notion de dialogique comme outil rhétorique en appui au dialogue et à la coopération dans des projets d'ingénierie.
- Sciences de la nature versus sciences d'ingénierie (Piaget, Simon, Morin, Le Moigne) : la connaissance comme processus et la prise en compte de l'intention et du contexte
- Éthique, pragmatique et épistémique pour constituer des connaissances adaptées à un projet d'ingénierie
- Analyse de cas pratiques d'ingénierie confrontée à des controverses socio-techniques

Dimension systémique

- Connexions interdisciplinaires avec d'autres UE et modules : Sciences d'ingénierie des systèmes complexes, éthique, gestion de projets, réflexivité.
- Transdisciplinarité interne : philosophie des sciences, éthique, rhétorique, sciences cognitives.

Modalités pédagogiques et volume horaire

- Présentiel (12 h) : cours : 8 h ; TD : 4 h :
- Volume de travail personnel estimé à 10 h en moyenne

Modalités d'évaluation

- Évaluation mutualisée avec UE2-1

Personnes ressources

- Georges GARCIA (Association Européenne Modélisation de la Complexité)

Références bibliographiques

- Morin E. (1999). Les idées, leur place, leur vie, leur mort, Seuil. Le Moigne J.-L. (1999). La modélisation des systèmes complexes, PUF. Simon H.A. (1996). The Sciences of the Artificial, MIT Press. Morin E (1990). Introduction à la pensée complexe, Seuil.

UE2-3 Formation à la réflexivité

Justification et objectifs

Le module vise plusieurs objectifs :

- Développer une posture réflexive permettant d'analyser ses apprentissages et ses expériences.
- Mobiliser des approches systémiques pour comprendre des situations complexes en éco-ingénierie.
- Construire et valoriser un portfolio réflexif mettant en évidence l'évolution de ses compétences.

Ce module propose une initiation à la réflexivité et aux approches systémiques appliquées à l'éco-ingénierie. Il accompagne les apprenants dans l'analyse de leur parcours de formation, de leurs apprentissages et de leur positionnement professionnel à travers des exercices de narration réflexive, des temps d'échange individuels et la réalisation d'un portfolio réflexif.

Le module s'organise autour d'ateliers pratiques et d'un accompagnement réflexif individuel visant à développer la capacité des apprenants à analyser leurs apprentissages, à se positionner dans leur parcours et à mobiliser des outils collaboratifs et systémiques. Les enseignements comprennent :

- un atelier « blason » favorisant l'expression de l'identité, des valeurs et du positionnement personnel
- la rédaction d'un rapport d'étonnement permettant de développer une posture d'observation et d'analyse critique
- une activité d'initiation au cycle réflexif de Kolb appliqué aux expériences professionnelle ;
- une séance consacrée aux grilles de compétences et à l'auto-positionnement
- deux entretiens individuels d'accompagnement réflexif.

L'ensemble du module s'appuie sur des démarches participatives, des exercices de narration réflexive et la construction progressive d'un portfolio réflexif.

Prérequis

- Aucun

Compétences visées

- Niveau 1 : Comprendre la démarche de réflexivité et la posture associée
- Niveau 2 : Pratique la réflexivité avec une posture constructive
- Niveau 3 : Analyser de manière réflexive son parcours et ses apprentissages.
- Niveau 3 : Identifier et valoriser ses compétences en éco-ingénierie.
- Niveau 3 : Adopter une posture d'observation systémique pour appréhender des situations complexes.

Dimension systémique

- La dimension systémique du module repose sur l'idée que les apprentissages, les compétences et les situations professionnelles ne peuvent être vécue de manière isolée, mais comme des ensembles d'interactions entre l'individu, le collectif et son environnement. En mobilisant la réflexivité, les apprenants apprennent à relier des éléments hétérogènes (expériences, savoirs, compétences, émotions, contextes) pour construire une compréhension globale et structurée de leur parcours. Cette approche les amène à dépasser une vision linéaire de la formation pour adopter une lecture complexe, dynamique et évolutive de leurs apprentissages, en cohérence avec les enjeux de l'éco-ingénierie. Cette dimension est transposable dans leur future situation professionnelle. Elle invite aussi à considérer l'ensemble des compétences passées comme des socles déterminants pour leur évolution personnelle et professionnelle

Modalités pédagogiques et volume horaire

- Présentiel : Initiation à la réflexivité : 8 h, dont 4h d'atelier de mise en situation, + 2h entretien.
- Volume de travail personnel estimé à 30 h en moyenne

Modalités d'évaluation

- Auto-co-évaluation lors d'un entretien individuel et lecture du portfolio.
- Évaluation à travers les mises en applications pour les projets tuteurés de l'UE7.

Personnes ressources

- Roman Teisserenc (Maître de Conférences ENSAT)

Références bibliographiques

- Allal, L. (1993). Régulations cognitives : quelle place pour l'élève dans l'évaluation formative ? In L. Allal, D. Bain, & P. Perrenoud (éds), Evaluations formative et didactique du français (pp. 81-98). Neuchâtel-Paris : Delachaux & Niestlé.
- Allal, L. (2007). Régulations des apprentissages : orientations conceptuelles pour la recherche et la pratique en éducation. In L. Allal & L. Mottier Lopez (Eds), Régulation des apprentissages en situation et en formation (pp. 7-23), Bruxelles : De Boeck & Larcier.
- Balas-Chanel, A. (2012). La pratique réflexive, une valse à 7 temps ? Expliciter n°93 janvier 2012
- Bélair, L., & Van Nieuwenhoven, C. (2010). Le portfolio, un outil de consignation ou d'évaluation authentique. In L. Paquay, C. Van Nieuwenhoven, & P. Wouters (sous la direction de), L'évaluation, levier du développement professionnel ? (pp. 161-175). Bruxelles : De Boeck.
- Michaud, C. (2010). Le Portfolio: un en(je)-u de formation et de développement professionnel. Thèse de Doctorat. Lyon : Université Claude Bernard Lyon 1.
- Morin, E. (1996). La complexité et l'action (chapitre 4). Dans : Introduction à la pensée complexe. ESF éditeur, 1990, 6e édition, 1996, p. 105-111. Coll. Communication et complexité.
- Paquay, L. (2005). Vers quelles évaluations du personnel enseignant pour dynamiser leur développement professionnel et leur implication vers des résultats ? Recherche et Formation, n° 50, p. 55-74..

UE2-4 Outils systémiques de collaboration et d'intelligence collective

Justification et objectifs

Le pilotage de projets en complexité requiert de mobiliser une diversité de parties-prenantes et d'intégrer différentes expertises pour la prise en compte de la systémique des enjeux dans lesquels il s'insère. A travers la mise en pratique sur des exemples concrets, cette UE a pour objectifs de :

- Mobiliser des approches systémiques pour comprendre des situations complexes en éco-ingénierie.
- Identifier les conditions nécessaires et facilitantes pour la co-construction en intelligence collective
- S'approprier des méthodes simples avec lesquelles composer un atelier
- Utiliser des outils de structuration de la pensée tels que les cartes mentales.
- Expérimenter l'intelligence collective aussi bien en tant que participant.e à un atelier, qu'en tant que facilitateur.ice dans des situations collaboratives.

L'intervention sur la Radical Collaboration – Cultiver des environnements de travail collaboratifs vise à favoriser l'apprentissage de compétences relationnelles et collaboratives soutenantes pour travailler efficacement en équipe et avec de multiples parties prenantes (collègues, territoires, institutions, acteurs de la société civile). Les objectifs visent à :

- Identifier ce qui rend une relation de collaboration durable et résiliente, même sous tension ;
- Comprendre les effets possibles sur un groupe et une relation quand la tension s'invite, et explorer les nuances du conflit (désaccord, tension, conflit, et différence avec la violence) ;
- Identifier des outils concrets pour cultiver la sécurité dans une relation ;
- acquérir des outils directement mobilisables pour cultiver la confiance dans une relation de collaboration

La journée s'articule autour d'une mise en situation sur un cas fictif, un débriefing collectif, des apports théoriques et des exercices pratiques en binômes et sous-groupes. Le contenu de cette intervention est dispensé tout au long d'un atelier et est le suivant :

- Accueil et introduction : objectifs, partis pris pédagogiques, introduction du sujet (30 min)
- Simulation « Pasta Wars » : mise en situation sur un défi collaboratif (50 min), suivi d'un débrief collectif (20 min)
- Enseignements pour la collaboration : stratégies efficaces (coopération, réciprocité, pardon), théorie des jeux et dilemme du prisonnier (25 min)
- Les trois zones de collaboration (rouge / rose / verte) : apports théoriques, signaux d'alerte et éléments de sécurité (45 min)
- Négociation basée sur les intérêts : méthode en 6 étapes (donner le ton, clarifier la question, rechercher les intérêts, établir un plan de secours, inventer des options, s'engager) (45 min)
- Cas pratique en binômes : préparation d'un échange réel à venir, application des étapes 2 et 3 (30 min)
- Clôture : partage des apprentissages, ressources pour approfondir (15 min)

Le module intègre également des ateliers pratiques consacrés aux outils de représentation des idées (cartes mentales) et aux méthodes d'intelligence collective favorisant la coopération, la co-construction et l'animation de groupes dans des contextes complexes. De même, la facilitation graphique propose une introduction à la pensée visuelle, méthodes qui permet de mémoriser et restituer des informations de manière créative et inclusive. Le spectre d'application est très large : préparation ou organisation d'une réunion ou d'une production, mémorisation de concepts, hiérarchisation d'idées, aide à la gestion de projet, génération d'idées, brainstorming… en fonction de l'utilisation envisagée, il s'agira de développer la performance de communication, de permettre la coopération, de développer la créativité ou encore d'apprendre à apprendre en développant des habilités métacognitives.

Prérequis

- Aucun

Compétences visées

- Niveau 1 – Initiation (savoirs et prise de conscience) :
  - Maîtriser l'utilisation de carte mentale et des techniques d'animation collective
  - Identifier les mécanismes de collaboration et de conflit,

- Distinguer les trois zones (rouge/rose/verte)
- Prendre du recul sur ses savoirs collaboratifs

- Niveau 2 – Maîtrise pratique (savoir-faire) :
  - Appliquer la méthode de négociation par les intérêts, distinguer positions et intérêts,
  - Appliquer un cadre de résolution de problèmes fondé sur les intérêts partagés.
  - Utiliser des outils de représentation visuelle et de structuration des idées.
  - Mettre en œuvre des techniques d'animation et d'intelligence collective.
- Niveau 3 – Compétence systémique (savoir-être et posture) :
  - Analyser des situations complexes multi-acteurs
  - Adapter sa posture selon le contexte
  - Contribuer à une culture collaborative dans un projet ou une organisation.

Dimension systémique

- Connexions interdisciplinaires entre UE et modules : Sciences d'ingénierie des systèmes complexes,
- Ce module entre en résonance avec les UE portant sur les dynamiques de systèmes socio-écologiques, la gouvernance des communs et la conduite de projets multi-acteurs. Il peut également s'articuler avec les enseignements sur la communication, le leadership et l'intelligence collective..

Modalités pédagogiques et volume horaire

- Atelier intelligence collective : 6.5 h
- Atelier radical collaboration : 6 h
- Atelier carte mentale : 2 h
- Facilitation graphique : 2 h

Modalités d'évaluation

- Débriefing collectif en groupe après l'exercice Radiant Transit
- Travaux de groupe sur la négociation basée sur les intérêts.
- Utilisation des cartes mentales dans les productions liées aux portefolio Enjeux (UE1), réflexif (UE2.3) et Conception de projet (UE7)

Personnes ressources

- Atelier radical collaboration : Lily GROS, Formatrice, facilitatrice et coach d'équipes. Certifiée Radical Collaboration, praticienne en Pratiques Narratives, formée à la facilitation trauma-informée.
- Atelier d'intelligence collective et facilitation graphique: Axelle LOUISE (MAST Toulouse INP)
- Atelier carte mentale : Marie Claude Betbeder (PRAG – Toulouse INP-ENSIACET),

Références bibliographiques

- Tamm, J. & Luyet, R. (2004). Radical Collaboration: Five Essential Skills to Overcome Defensiveness and Build Successful Relationships. HarperCollins.
- Axelrod, R. (1984). The Evolution of Cooperation. Basic Books.
- Fisher, R. & Ury, W. (1981). Getting to Yes: Negotiating Agreement Without Giving In. Houghton Mifflin.
- Ripley, A. (2021). High Conflict: Why We Get Trapped and How We Get Out. Simon & Schuster.
- Pierre Mongin, Fabienne de Broeck. Enseigner autrement avec le Mind Mapping. Dunod. 2016
- Lucas Gruez. Cartographier ses idées pour apprendre, enseigner et accompagner. Chronique sociale. 2017.
- Rémy Roulier. Le Mind Mapping Facile. Amazone Diffuseur distributeur. 2015.
- Tony Buzan, Chris Griffiths. Le Mindmapping au service du manager. Eyrolles. 2011.
- Pierre Mongin, Jean-Luc Deladrière. Organisez vos idées avec le Mindmapping. Dunod. 2014.
- Pierre Mongin, Xavier Delengaine. Organisez vos notes avec le Mindmapping. Dunod. 2016.
- Pierre Mongin, Luis Garcia. Organisez vos projets avec le Mindmapping. Dunod. 2014.

UE3 • Modélisation et simulation de systèmes complexes

La formation en éco-ingénierie nécessite une compréhension globale du fonctionnement de la dynamique des systèmes environnementaux complexes, imposant de réunir les différentes compétences disciplinaires utiles à la représentation d'un objet commun. Dans ce contexte, plusieurs approches et outils de modélisation associés seront présentés. Ceux-ci permettent de construire une représentation partagée intégrant une multiplicité de points de vue via l'utilisation de représentations pertinentes (diagrammes, formulations mathématiques, …), et de fournir des informations prospectives basées sur la simulation de scénarios sur des systèmes où des études à long terme et l'expérimentation ne sont pas possibles. La modélisation dynamique permet ainsi d'anticiper les conséquences d'une prise de décision (politique, réglementaire, technique) sur la dynamique d'un système donné.

Ainsi, les matières enseignées dans cette UE présentent plusieurs types d'architectures de modélisation (systèmes multiagents, systèmes d'équations différentielles, systèmes d'information géographiques) et d'outils logiciels permettant de représenter et analyser les systèmes sous différents points de vue (social, énergétique, spatial) en intégrant les effets de dynamiques et d'évolution dans l'environnement. Elles intègrent également un cadre de représentation et d'analyse des systèmes socio-écologiques et la présentation d'une méthodologie de modélisation participative qui pourra être mise en application sur le thème du projet développé dans l'UE7.

		Heures
UE 3 • Modélisation et simulation de systèmes complexes		**69**
UE 3 - 1	Modélisation et simulation de systèmes dynamiques	20
UE 3 - 2	Modélisation et simulation spatiale	18
UE 3 - 3	Animer une démarche de concertation territoriale par la modélisation (démarche ComMod)	25
UE 3 - 4	Évaluation des territoires	6

Animateur de l'UE3 : Axelle LOUISE (MAST Toulouse INP)

UE3-1 Modélisation et simulation de systèmes dynamiques

Justification et objectifs

Les logiciels de simulation de systèmes dynamiques sont des outils puissants permettant de développer des langages communs entre les disciplines et d'apporter des éléments d'analyse dans la simulation de scénarios de fonctionnement de systèmes pour éclairer les prises de décision. L'objectif du module est de

- s'approprier les définitions de systèmes (ouverts/fermés, statiques/dynamiques), de modélisation (analytique/complexe/en complexité)
- se familiariser avec l'utilisation de ces outils
- concevoir leur intégration (ainsi que tout type de modélisation dans une stratégie projet.

Deux types de formalismes seront plus particulièrement explorés : les modèles multi-agents (ou SMA : Systèmes Multi-Agents) et la modélisation par les graphes.

- Les modèles multi-agents développent une approche individu-centrée basée sur entités représentant des agents et objets biologiques ou physiques auxquels on peut associer des règles de fonctionnement de tout type (algorithmique ou mathématique).
- Les graphes permettent de représenter des systèmes sous la forme de réseaux et de visualiser les interconnections entre différentes entités.

On traitera également d'exemples de formalisme très utilisés dans ce type d'approche (diagrammes UML – Unified Modelling Language). Un cas d'étude de terrain sera mobilisé dans cet enseignement pour décliner l'utilisation des différents types de modélisation de systèmes dynamiques et apprendre à les combiner avec l'ensemble des méthodes enseignées au cours du semestre.

Prérequis

- Connaissances générales informatique et en mathématiques

Compétences visées

- Niveau 1 : Reconnaitre les différents niveaux et types de modélisation.
- Niveau 2 : Pratiquer la modélisation multi-agent et la modélisation par les graphes.
- Niveau 3 : être capable d'utiliser les logiciels de simulation de systèmes dynamiques et de comprendre les enjeux et potentialités des approches globales et individu-centrées.

Éléments de contenus

- Systèmes complexes, modélisation de systèmes dynamiques, thermodynamique des systèmes ouverts
- Langage de modélisation UML et protocole de documentation de modèles
- Approche individu-centrée du système proie-prédateur, appliqué sur plateforme multi-agent (NetLogo).
- Visualisation et analyse d'un réseau de neurones d'un petit mammifère

Modalités pédagogiques et volume horaire

- Présentiel : 20 h dont travail de groupe d'évaluation
- Travail personnel (en groupe) : dans le cadre du projet de l'UE7

Dimension systémique

- Connexions interdisciplinaires entre UE et modules : utilisation transversale de ces outils utilisés dans l'UE1 et l'UE7, ainsi que dans le module relatif à la modélisation de systèmes socio-écologiques.
- Transdisciplinarité interne à la matière : approche systémique, représentation de systèmes.

Modalités pédagogiques

- Présentiel (20 h) : CM : 8 h, TD : 14 h, étude-projet et terrain en lien avec UE7
- Travail personnel : oui

Personnes ressources

- Axelle LOUISE (MAST Toulouse INP)
- Vincent GERBAUD (Chercheur CNRS)
- Katia JAFFRES RUNSER (Prof. Toulouse INP)

UE3-2 Modélisation et simulation spatiale

Justification et objectifs

La place de la géomatique est devenue incontournable dans l'analyse et la gestion des territoires et de leurs ressources. Le module « Modélisation et simulation spatiales » vise à donner aux apprenants du MSEI les clés conceptuelles, méthodologiques et pratiques pour appréhender la dimension spatiale des systèmes complexes qu'ils auront à analyser, modéliser ou piloter dans leur future activité d'éco-ingénieur. Le module apporte une initiation à la pratique d'un logiciel de gestion de système d'information géographique (SIG), et la capacité d'échange avec des géomaticiens pour pouvoir faciliter la modélisation des processus spatialisés dans des systèmes complexes. Une initiation à la modélisation prospective spatialisée et à la construction de scénarios est également proposée.

Prérequis

- Aucun prérequis spécifique en géomatique n'est exigé.
- Aisance avec la manipulation de fichiers et de logiciels bureautiques

Compétences visées

Niveau 1 :

- compréhension des concepts-clés de la représentation géographique,

Niveau 2 :

- pratique des SIG,

Niveau 3 :

- capacité à définir les données nécessaires et les traitements spatiaux à opérer pour modéliser un problème à dimension spatiale,
- acquisition de connaissances théoriques et pratiques dans le domaine de la prospective,
- construction de scénarios et usage de modèles de simulation.

Éléments de contenus

- 2h CM : Introduction aux SIG : Histoire de la cartographie et de la géodésie moderne, définition et domaines d'application des SIG, sources de données géographiques, modes de représentation de l'espace (raster, vecteur), structuration des données, référentiels cartographiques, sémiologie graphique.
- 4h TD : Analyse spatiale en mode vecteur (logiciel ArcGIS) : Étude de cas sur le corridor écologique des écureuils, à partir de bases de données géographiques institutionnelles (BD TOPO, BD FORÊT, Corine Land Cover, OSO)
- 4h TD : Analyse raster et multi-temporelle (logiciel QGIS)
- Étude de cas sur l'historique des incendies de forêt dans le comté de Plumas (Californie), à partir de données d'occupation du sol et de périmètres d'incendies
- 4h CM : Introduction à la prospective spatialisée : Apport de connaissances théoriques relatives à la prospective, à l'intérêt et l'usage des modèles spatiaux pour représenter sous forme de cartographies des scénarios prospectifs. Illustration avec différents cas d'étude.
- 4h TD : Construction de scénarios prospectifs spatialisés : Étude de cas sur l'étalement urbain à Toulouse. Travail en groupe.

Dimension systémique

- Connexions interdisciplinaires entre UE et modules : la représentation spatiale est un moyen important de partage interdisciplinaire car elle permet de visualiser et concrétiser l'étendue et la dynamique des processus à dimension spatiale. Lien avec les UE « Agriculture urbaine » et « Évaluation des territoires »
- Transdisciplinarité interne à la matière : lien avec dynamique des systèmes et outils mathématiques dans la compréhension des référentiels cartographiques et la qualité d'un géoréférencement

Modalités pédagogiques et volume horaire

- Présentiel (18 h) : CM : 6h, TD : 12 h, étude-projet en lien avec UE7
- Travail personnel : oui

Modalités d'évaluation

- 2 TD SIG noté (production d'une carte thématique accompagnée d'une courte note méthodologique)
- Restitution des scénarios / travaux de groupes : Débat et auto-évaluation sur les scénarios produits. Synthèse sur l'intérêt et les limites liées à la production de scénarios prospectifs spatialisés.

Personnes ressources

- Thomas HOUET (Chercheur CNRS)
- Nathan SIKORA (Doctorant ONERA)

UE3-3 Animer une démarche de concertation territoriale par la modélisation (démarche ComMod)

Justification et objectifs

La gestion des systèmes socio-écologiques est par nature un sujet nécessitant des débats collectifs. Aujourd'hui les tensions autour de ces débats sont de plus en plus importantes : le rythme des changements globaux s'accélère et oblige à prendre des décisions rapidement sur des sujets controversés. L'objectif de ce module est d'apprendre à utiliser les outils des sciences de la modélisation pour faciliter ces débats, notamment la modélisation des systèmes socio-écologiques. L'objectif est de mieux (se) comprendre (préalable nécessaire) et peut aller jusqu'à appuyer la prise de décisions collectives. Le modèle y est entendu au sens large d'une représentation simplifiée de la réalité allant du « simple » schéma à une représentation dynamique permettant des simulations (notamment sous forme jeu de rôles). Toutefois, il ne faut pas imaginer que le modèle sera la réponse en soi, c'est bien sûr la façon de l'utiliser qui sera facilitatrice. A la fin de ce module, les participants seront donc capables de concevoir et d'animer une démarche d'accompagnement par la modélisation (démarche ComMod) bien plus qu'ils ne seront devenus modélisateurs !

Le contenu du module s'organise autour du partage d'expérience d'un groupe de chercheurs et d'enseignants-chercheurs du CIRAD, du CNRS, de l'INRAE, de l'IRD et d'Universités françaises et étrangères a mis au point et a formalisé dans une charte spécifique*, puis dans un ouvrage**, une nouvelle façon d'aborder la modélisation en appui à des processus de décision collective concernant la gestion des ressources naturelles renouvelables, dans un contexte de développement durable. Ce groupe dénommé ComMod (Companion Modelling) est aujourd'hui constitué en une association de praticiens. Il propose une démarche dans laquelle la modélisation est perçue comme un mode co-construit de représentation des objets, de leurs relations et de leurs dynamiques. Le processus d'accompagnement vise à amener progressivement les différentes parties prenantes à se connaître, échanger, partager leurs arguments et points de vue afin de construire une vision commune d'une question socialement vive et élaborer une solution acceptée.

Le module propose d'expliquer la théorie de la démarche de modélisation d'accompagnement et d'en travailler la pratique à travers des exercices de mises en situation des différentes phases qui jalonnent la démarche.

Jour 1 – Introduction théorique & Planifier une démarche ComMod

- Introduction & Découverte d'un jeu de rôles ComMod
- Cours et mise en pratique sur l'analyse du contexte / du jeu d'acteurs

Jour 2 - Co-construire un modèle conceptuel

- Cours et de la mise en pratique de la méthode PARDI
- Cours et mise en pratique sur la conception et l'animation des jeux

Jour 3 - Concevoir un jeu de rôles

- Mise en pratique sur le test de vos jeux
- Bilan et évaluation de la formation

Prérequis

- Connaissances en modélisation multi-agent (UE3-1)
- disponibilité de données environnementales et sociales sur le cas concret du fil rouge (UE7)

Compétences visées

- Niveau 1 : À la fin de ce module, les participants seront initiés à (niveau 1) comprendre la théorie de la démarche ComMod et à la mettre en oeuvre
- Niveau 2 : Planifier une démarche ComMod :
  - Identifier la question sur laquelle travailler
  - Analyser et prendre en compte le contexte

- Sélectionner et mobiliser les participants

- Niveau 2 : Co-construire un modèle conceptuel :
  - Mettre en oeuvre un atelier de co-construction PARDI

- Niveau 3 : Concevoir un jeu de rôles (non informatisé) :
  - Concevoir un jeu de rôles
  - Animer et observer un jeu de rôles
  - Débriefer une session de jeu de rôles

Dimension systémique

- Ce module pourra être remobilisé dans le travail participatif de conception de projet (UE 7).
- Connexions interdisciplinaires entre UE et modules : module d'interface entre les principes systémiques développés dans l'UE2 et le développement de modèles de simulation ; appui sur le module de modélisation et simulation de systèmes dynamiques (formalisme UML)
- Transdisciplinarité interne à la matière : sciences cognitives, conception participative

Modalités pédagogiques et volume horaire

- Présentiel (25 h) : CM : 9 h, TD : 16 h, étude-projet et terrain en lien avec UE7
- Travail personnel : oui

La formation se déroulera selon une démarche participative prenant appui sur une alternance d'apports conceptuels et méthodologiques, d'exercices concrets, d'études de cas et de témoignages. Elle s'articule autour d'un cas d'étude « fil rouge ». Les participants sont mis en position de « concepteurs » et, par sous-groupes (création de 3 équipes), ils développent une démarche ComMod étape par étape. Ils conçoivent notamment un jeu de rôles qui sera testé au 3ème jour de formation. La formation s'adapte aux besoins de chaque participant en prévoyant des temps de questions et de débat très réguliers.

Modalités d'évaluation

- Évaluation par validation du travail réalisé dans la partie modélisation d'accompagnement

Personnes ressources

- Elsa LETEURTRE (Associée de la SCOP LISODE)
- Marc DECONCHAT (Directeur de Recherche INRAE, UMR DYNAFOR)

Références bibliographiques

- Un site web pour en savoir plus : http://www.commod.org
- * Nature Sciences Sociétés 13, 165-168 (2005)
- ** Editions Quae (2010)

UE3.4 Évaluation des territoires

Penser l'adaptation aux changements climatiques à l'échelle des territoires et des organisations

Justification et objectifs

Les changements climatiques sont le reflet d'une évolution sociale, économique et environnementale de notre planète sans précédent. Face à l'accélération du phénomène, les territoires et les entreprises n'ont d'autre choix que de s'adapter, c'est à dire de (se) réorganiser leurs manières d'opérer, de gérer ou de planifier leurs aménagements et activités. Toutefois, malgré l'évolution règlementaire, des discours et des ambitions, traduire l'adaptation aux changements climatiques en actions opérationnelles se heurte à de nombreuses barrières techniques ou sociales.

L'ambition du module est de montrer qu'au-delà d'anticiper les aléas climatiques et de renforcer la résilience de son territoire ou de ses activités, l'adaptation aux changements climatiques (ACC) constitue un cadre opératoire idéal pour réfléchir sur la manière d'entamer une transformation durable pour préparer les (ré)aménagements, ajuster les pratiques et les modes de production ou encore faire évoluer la gouvernance et les comportements.

Le module a pour objectif de mieux décrypter les enjeux relatifs à la réorganisation des territoires et des entreprises face aux évolutions climatiques actuels en dotant les participants :

- d'une base théorique en ACC ;
- d'outils permettant d'élaborer et de mettre en place une démarche d'ACC dans une organisation publique ou privée ;
- d'une pensée écosystémique à l'échelle des territoires et des activités par la perspective de l'ACC ;
- d'une communication fortifiée sur le sujet pour faire face aux techniques croissantes de désinformation.

Contenu

Dans le contexte de l'apprentissage des enjeux climatiques actuellement en cours, ce cours vise à s'initier à l'adaptation aux changements climatiques, aussi bien à travers ses aspects théoriques, sa mise en opérationnalisation et son appropriation par les acteurs locaux (publics, privés, associatifs). Il s'agit également de donner des éléments visant à savoir communiquer à son propos.

La modalité pédagogique s'articule à travers un équilibre entre apports théoriques à partir de supports de présentation, de courtes vidéos (animation, témoignages d'acteurs) et d'ateliers de mise en situation simplifiée.

Prérequis

- Aucun

Compétences visées

Niveau 1 :

- Acquérir une base théorique sur l'adaptation aux changements climatiques (ACC) pour être en mesure de communiquer sur le sujet ;
- Mieux cerner les origines du déni, de l'éco-anxiété et du scepticisme climatique et apprendre à fortifier son argumentation face aux discours désinformés ;

Niveau 2 :

- Se familiariser avec l'intégration des enjeux climatiques dans les problématiques territoriales (sociales, économiques, environnementales) via le recours à une pensée complexe et une vision systémique
- S'outiller dans le champ de l'adaptation aux changements climatiques afin d'être en capacité de concevoir et mettre en place un plan d'ACC à l'échelle d'une organisation publique ou d'une entreprise ou l'articuler aux démarches en cours (RSE, plan DD…).

Programme et éléments de contenus

- Introduction à la notion d'adaptation aux changements climatiques (ACC) à travers son historique politique et scientifique (évolution de la notion, des rapports du GIEC…) ;

- Présentation des cadres règlementaires français de l'ACC (PNACC-3, PCAET…) et d'outils favorisant la mise en place d'une démarche ACC (diagnostic et analyse de vulnérabilités, indicateurs et suivi d'actions…) ;
- Partage d'exemples d'opérationnalisation de l'ACC via illustrations et vidéos d'acteurs locaux (actions de protection, nouvelles pratiques, solutions fondées sur la nature…) ;
- Présentation de leviers et freins (techniques, financiers, cognitifs…) à la mise en place d'actions d'ACC ;
- Atelier en sous-groupes 1 : apprendre à argumenter face aux techniques de désinformation, aux discours sceptiques et aux « marchands de doutes » ;
- Atelier en sous-groupes 2 : introduction à la prospective territoriale selon une méthode modifiée du Backcasting à partir de cas d'études.

Modalités pédagogiques et volume horaire

- Présentiel : 6h dont atelier de mise en situation : 4h

Dimension systémique

- Connexions interdisciplinaires entre UE et modules : climat & changement climatique, ressources énergétiques fossiles, ACV, économie
- L'atelier en sous-groupes permet d'entrevoir les interrelations entre problématiques (environnementales, sociales, économiques) à l'échelle d'un territoire et d'une collectivité

Modalités d'évaluation

- Réaliser une prospective territoriale

Personnes ressources

- Guillaume SIMONET-UMAÑA, (PhD - consultant expert en adaptation aux changements climatiques)

Références bibliographiques

- Simonet, G. and Leseur A. (2019). Barriers and drivers to adaptation to climate change—a field study of ten French local authorities, Climatic Change, 1-17.
- Simonet, G. (2018). L'adaptation, un concept systémique pour mieux panser les changements climatiques, Norois, 245, 113-125.
- Simonet, G. (2011). Enjeux et dynamiques de la mise en œuvre de stratégies d'adaptation aux changements climatiques en milieu urbain : les cas de Montréal et Paris, Thèse de Doctorat, Université du Québec à Montréal, 487 p.

UE4 • Méthodes et outils de conception, d'évaluation et de pilotage

Cette unité d'enseignement propose une approche intégrée et systémique des enjeux environnementaux, climatiques et territoriaux, en dotant les apprenants d'outils d'analyse, de modélisation et d'aide à la décision mobilisables dans des contextes complexes et multi-acteurs. Elle articule l'optimisation multiobjectif et les méthodes d'aide à la décision multicritère pour la conception de systèmes intégrant des critères antagonistes, la réalisation et l'interprétation d'un Bilan Carbone conforme aux exigences réglementaires, ainsi que la maîtrise de l'Analyse de Cycle de Vie pour évaluer les impacts environnementaux sur l'ensemble du cycle de vie d'un produit ou d'un procédé. Elle apporte également des connaissances en écotoxicologie et en évaluation des risques environnementaux afin d'appréhender les effets des substances chimiques et de comprendre les cadres normatifs associés. En complément, l'écologie industrielle et territoriale permet d'inscrire ces démarches dans la transition vers une économie circulaire, en travaillant à la fermeture des flux de matière et d'énergie à l'échelle des entreprises et des territoires. Enfin, une ouverture aux enjeux d'adaptation au changement climatique et à la prospective territoriale, associée à une initiation à l'entretien semi-directif, favorise la prise en compte des dimensions humaines, sociales et institutionnelles, ainsi que le développement de compétences en pensée complexe, en pluridisciplinarité et en communication. L'ensemble vise à former des ingénieurs capables de diagnostiquer, modéliser, évaluer et accompagner des transformations environnementales et sociétales, en mobilisant à la fois des outils quantitatifs robustes et des approches qualitatives adaptées aux défis des changements globaux.

		Heures
UE 4 • Méthodes et outils de conception, d'évaluation et de pilotage		**62**
UE 4 - 1	Optimisation et méthodes d'aide à la décision multicritères	14
UE 4 - 2	Bilan Carbone	16
UE 4 - 3	Analyse de cycle de vie	6
UE 4 – 4	Écotoxicologie et évaluation des risques environnementaux	16
UE 4 - 5	Écologie industrielle et territoriale	10

Animatrice de l'UE4 : Marianne BOIX (Maître de Conférences ENSIACET, HDR)

UE4-1 Optimisation et méthodes d'aide à la décision multicritères

Justification et objectifs

L'objectif de ce module est, dans un premier temps, de présenter les méthodes les plus représentatives d'optimisation multi-objectif (méthodes scalaires, méthodes interactives, méthodes floues ou méthodes exploitant une méta-heuristique) faisant intervenir la notion d'optimalité au sens de Pareto. Mais il s'agit surtout de sensibiliser les apprenants au développement d'une démarche, dont le prérequis indispensable est la formalisation du problème à traiter, impliquant des critères contradictoires. Dans un second temps, on présente des méthodes d'aide à la décision multicritère (méthodes Electre, Prométhée, HAP, TOPSIS…) afin de faciliter la prise de décision dans un environnement soumis à de nombreux critères antagonistes.

Prérequis :

- Optimisation mono-objectif

Compétences visées :

Niveau 1 :

- Comprendre et analyser les problématiques multi objectifs et leurs processus de décision

Niveau 2 :

- mettre en œuvre les techniques d'optimisation multiobjectif en lien avec les outils de modélisation pour tout projet d'ingénierie

Niveau 3 :

- être capable de mettre en œuvre la modélisation et l'aide à la décision multicritère pour la conception des systèmes

Éléments de contenus

- Une séance de cours magistral (2h) expose les bases de l'optimisation et des méthodes d'aide à la décision multicritères
- Une séance (4h) sera dédiée à l'optimisation : formulation d'un problème, prise en main du solveur, résolution, analyse des résultats et passage à un problème multiobjectif
- Les autres séances (8h) seront dédiées :1/ à la prise de décision multicritère avec une application concrète de la méthode ELECTRE en contexte mono-acteur puis 2/ à une étude de document sur la prise de décision en contexte multi-acteurs.

Dimension systémique

- Connexions interdisciplinaires entre UE et modules : métrique du développement durable, Modèle de chaines logistiques étendues
- Transdisciplinarité interne à la matière : écologie industrielle, optimisation mono-objectif

Modalités pédagogiques et volume horaire

- Présentiel : 14 h dont cours : 2h, TD : 12h

Modalités d'évaluation

- En lien avec le module écologie industrielle (UE 4-5) : Rapport à rendre en groupe sur l'analyse d'une méthode d'aide à la décision multicritère.

Personnes ressources

- Marianne BOIX (Maître de Conférences ENSIACET, HDR)
- Iréa TOUCHE (Ingénieur calcul scientifique, Toulouse INP, LGC)

UE4-2 Bilan carbone

Justification et objectifs

L'activité humaine génère des émissions de gaz qui provoquent un effet de serre additionnel responsable du réchauffement rapide de la planète. Le bilan d'émissions de gaz à effet de serre permet d'établir une corrélation entre l'élévation de la température planétaire, paramètre global à forte inertie, et les flux matériels qui génèrent des émissions locales. Il propose une méthode d'inventaire et de comptabilisation pour la mise en place d'actions de réduction des émissions. Le Bilan d'émissions de gaz à effet de serre permet également de corréler l'impact climatique et l'économie d'une organisation, en évaluant sa dépendance directe et indirecte à la ressource fossile et sa vulnérabilité au renchérissement du pétrole.

Pour les organisations sujettes à la nouvelle obligation réglementaire, un bilan d'émissions de gaz à effet de serre conforme au format exigé peut être extrait d'un Bilan Carbone. Le BC est un outil essentiel pour la stratégie, le management et l'ingénierie responsables, au regard des enjeux énergétiques et climatiques.

Le cours est une formation intégrée de l'Institut Français du Carbone (IFC) correspondant au premier niveau de formation Bilan Carbone : *Initiation à la méthode V8*. Après le cours, les apprenants disposent des outils et de la documentation technique et méthodologique spécifiques au Bilan Carbone. La validation se traduit par une attestation de formation valorisable auprès d'un employeur.

Prérequis

- Connaissances générales sur l'effet de serre et le réchauffement climatique
- Maîtriser Excel

Compétences visées

- Niveau 1 : Comprendre la méthodologie du bilan carbone
- Niveau 2 : être capable d'expliquer les principes de la comptabilisation des émissions de GES
- Niveau 3 : être en mesure de réaliser soi-même le Bilan Carbone d'une organisation, en interne

Éléments de contenu

- Principes méthodologiques du Bilan Carbone et cadrage de la démarche
- Outils du Bilan Carbone
- Étude de cas : préconisations et plan d'action, interprétation économique, étapes
- Le bilan réglementaire d'émissions de gaz à effet de serre

Dimension systémique

- Connexions interdisciplinaires entre UE et modules : climat & changement climatique, ressources énergétiques fossiles, ACV, économie
- Transdisciplinarité interne à la matière : approche transversale d'une organisation

Modalités pédagogiques et volume horaire

- Présentiel (16 h) : cours : 10 h, TD : 6 h

Modalités d'évaluation

- Assiduité et restitution d'un tableur Bilan Carbone après l'étude de cas

Personnes ressources

- TakeAir, expert Bilan Carbone, formateur pour l'IFC

Références bibliographiques

- IFC (Institut Français du Carbone) : C:\Users\admin-lgc\AppData\Local\Temp\w.if-carbone.com

UE4-3 Analyse de cycle de vie

Justification et objectifs

Dans un objectif de développement durable, il convient que l'éco-ingénierie puisse disposer d'un outil systémique capable d'évaluer les impacts environnementaux d'un produit, d'un service, d'une entreprise ou d'un procédé. Selon la logique de pensée cycle de vie (ou ACV), il s'agit d'évaluer, pour pouvoir ensuite la réduire, la pression que l'activité humaine est amenée à exercer sur les ressources et l'environnement, au sens large, tout au long du cycle de vie du produit (service, entreprise, procédé, etc.), de l'extraction des matières premières jusqu'à la fin de vie (mise en décharge, recyclage, fermeture, démantèlement…). Il s'agit de familiariser les stagiaires aux grandes méthodes d'ACV, notamment en leur permettant de transformer des flux en impacts environnementaux potentiels.

Prérequis

- Aucun

Compétences visées :

Niveau 1 : Comprendre la démarche d'analyse du cycle de vie,
Niveau 2 :

- Connaître les bases de données (EcoInvent) et les méthodes d'impact (CML, Impact 2002+, etc.),
- Etre capable d'analyser et de critiquer une analyse de cycle de vie déjà réalisée,

Niveau 3 : Etre en mesure d'appliquer la méthode d'analyse du cycle de vie en utilisant un logiciel dédié.

Éléments de contenus :

- Introduction : de l'écobilan à l'ACV, les normes ISO 14040
- Principe Général de l'ACV
- Présentation des quatre étapes de l'ACV :
  1- définition des objectifs du système :
  2- inventaire des émissions et extractions
  3- analyse de l'impact environnemental
  4- interprétation
- Méthodologie de réalisation d'une ACV : approche itérative (évaluation préliminaire ou screening, analyse détaillée), calcul « à la main », présentation sommaire des logiciels de calcul existants.
- Un approfondissement optionnel sera proposé pour l'utilisation de logiciel d''Analyse du Cycle de Vie, par exemple, le logiciel SimaPro.

Dimension systémique

- Connexions interdisciplinaires entre UE et modules : enjeux planétaires et anthropiques pour l'éco-ingénierie, modèles de chaînes logistiques étendues, Bilan Carbone et bilan d'émission GES réglementaire

Modalités pédagogiques et volume horaire

- Présentiel (8 h) : cours : 2 h TD : 6 h

Modalités d'évaluation

- Présentation des résultats sous forme de rapport et d'exposé oral à partir d'une étude de cas réalisée avec le logiciel SimaPro

Personnes ressources

- Lisa LACHAUD (Ingénieure EcoConception, ENSIACET)

UE4-4 Écotoxicologie et évaluation des risques environnementaux

Justification et objectifs

Cette unité d'enseignement apporte un socle de connaissances en écologie et en écotoxicologie, afin de préparer les stagiaires à mieux comprendre les enjeux de la maîtrise des procédés et de l'utilisation de composés chimiques, matériaux, déchets... Les connaissances scientifiques abordées au sein de ce module permettent d'appréhender, d'une part, la connaissance des effets sur les organismes, dans le temps et l'espace, des modifications chimiques ou physiques du milieu naturel et, d'autre part, de connaître les outils permettant une analyse des risques dans une démarche prospective.

Prérequis

- Aucun

Compétences visées :

Niveau 1 :

- Comprendre les enjeux en écotoxicologie

Niveau 2 :

- Acquisition de connaissances générales pour mieux appréhender les règlementations concernant l'usage et le stockage des composés chimiques,
- Comprendre l'utilité du respect des normes environnementales relatives aux substances chimiques,
- Comprendre l'intérêt de la démarche d'Évaluation du Risque Environnemental

Niveau 3 :

- Maîtrise des outils pour l'évaluation de l'effet des contaminants

Éléments de contenus :

- Écotoxicologie : définitions et paramètres déterminant la toxicité des substances chimiques
- Les effets des substances chimiques : de la cellule aux communautés
- Les outils de diagnostics : du biomarqueur aux indices globaux
- Les tests biologiques d'écotoxicité

Dimension systémique

- Connexions interdisciplinaires entre UE et modules : enjeux liés à la biodiversité, à la production alimentaire, à l'alimentation, à la production industrielle ; analyse de cycle de vie
- Transdisciplinarité interne à la matière : écologie, chimie et sciences de l'environnement, évaluation des risques environnementaux (physiques et chimiques)

Modalités pédagogiques et volume horaire

- Présentiel (16 h) : cours : 8 h, TD : 8 h

Modalités d'évaluation

- Réalisation d'un rapport de synthèse sur l'évaluation de l'impact environnemental liée à un cas d'étude.

Personnes ressources

- Bertrand POURRUT (Professeur ENSAT)

UE4-5 Écologie industrielle et territoriale

Justification et objectifs

À la suite de la Conférence environnementale qui s'est tenue en 2013, la France a défini sa deuxième feuille de route pour la transition écologique. L'un des principaux axes de travail est le développement d'une économie dite "circulaire" afin de répondre à l'enjeu majeur de diminuer la consommation de ressources (énergies, matières premières). Cet axe est en accord avec les préconisations de la Commission européenne sur la gestion efficace des ressources. L'écologie industrielle et territoriale y occupe une place significative, en constituant l'axe territorial de l'économie circulaire. Dans sa définition première, l'écologie industrielle permet d'atteindre une organisation des systèmes de production plus rationnelle et plus équilibrée, en essayant d'imiter la structure des écosystèmes naturels. L'accomplissement de ce concept réside typiquement dans la mise en œuvre de parcs éco-industriels (appelés aussi écoparcs) dans lesquels des entreprises se rassemblent pour partager l'utilisation des ressources naturelles, des matières premières et certains services. L'idée phare de l'écologie industrielle étant de boucler les flux d'énergie et de matières de façon à atteindre un idéal en termes de durabilité et d'équilibre.

L'objectif de cette unité d'enseignement est de permettre aux apprenants d'avoir une bonne compréhension :

- des enjeux de ressources à l'échelle globale,
- de leurs interactions avec les problématiques environnementales globales,
- de leur traduction à l'échelle locale
- des outils proposés par l'économie circulaire pour mettre en œuvre, à l'échelle du territoire et de l'entreprise, des solutions concrètes et opérationnelles (écologie industrielle et territoriale, planification territoriale de l'économie circulaire, économie de fonctionnalité...)
- d'analyser la manière dont ces solutions peuvent s'insérer dans une démarche de responsabilité sociétale des entreprises et, par-delà, dans un projet d'innovation technologique, organisationnelle et sociale à l'échelle d'un territoire
- d'appliquer les outils d'optimisation multiobjectif et d'aide à la décision pour concevoir de façon optimale les échanges inter-entreprises d'un parc éco-industriel
- d'analyser et d'évaluer les solutions obtenues.

Prérequis

- Optimisation multi-objectif
- Méthodes d'aide à la décision

Compétences visées :

- Niveau 2 : Maîtriser les principes pour la mise en œuvre de l'écologie industrielle.
- Niveau 3 : Être capable de mettre en œuvre la modélisation et l'optimisation multiobjectif pour la conception des systèmes.

Éléments de contenus :

- Introduction à l'écologie industrielle
- Présentation des symbioses industrielles dans le monde
- Freins et leviers pour leur mise en œuvre

Dimension systémique

- Connexions interdisciplinaires entre UE et modules : optimisation multiobjectif et aide à la décision, analyse de cycle de vie
- Transdisciplinarité interne à la matière : écologie industrielle, écosystème industriel

Modalités pédagogiques et volume horaire

- Présentiel : 10 h dont cours : 7 h, TD : 3 h

Modalités d'évaluation

- Rapport de synthèse sur un exemple de symbiose industrielle basé sur les échanges d'eau

Personnes ressources

- Cyril ADOUE (Cours écologie industrielle) (PAST Toulouse INP)
- Marianne BOIX (Conception optimale d'un parc éco-industriel) (mairte de conférence, ENSIACET)
- Geneviève NGUYEN (TD approche d'innovations technologiques, organisationnelles et sociales) (Maitre de conférence, Agro Toulouse)

UE5 • Gouvernance et économie de la soutenabilité

Quelle que soit la nature technique d'un projet envisagé selon les principes et les méthodes de l'éco-ingénierie, la dimension humaine est partie intégrante de la conception et de l'élaboration. Il convient donc de connaître les fondamentaux sur les organisations humaines, du point de vue des relations, de leur pilotage, et de l'économie.

La sociologie des organisations donne à comprendre comment les acteurs construisent et coordonnent des activités organisées, orientées, par exemple, vers un but économique. L'éco-ingénierie envisage la complexité de l'humain comme moteur et atout dans la démarche de conception pour contribuer à impulser des changements la conduite des organisations et des projets. Au-delà de l'éco-ingénierie technique, il peut être envisagé une éco-ingénierie des relations, pour renouveler les méthodes de management et pour donner un second souffle à la RSE après le bilan d'une dizaine d'années.

Sur le plan économique, la prise en compte des contextes et des environnements replace la recherche du profit dans une perspective plus équitable, sobre en carbone, en énergie et en ressources naturelles, avec l'économie de fonctionnalité, l'économie circulaire, l'économie sociale.

Cette unité d'enseignement se propose de développer des connaissances et des capacités autour des thèmes suivants :

- interprétation des jeux d'acteurs ;
- intégration des projets dans les contextes socio-économiques ;
- management d'équipes, innovation managériale ;
- développement de la responsabilité sociétale ;
- économie alternative (économie de fonctionnalité, économie circulaire, économie sociale)
- prospective

		Heures
UE 5 • Gouvernance et économie de la soutenabilité		**69.5**
UE 5 - 1	Sociologie de l'environnement et des organisations	18
UE 5 - 2	Innovation et soutenabilité	19
UE 5 - 3	Économie de l'environnement	6
UE 5 - 4	Éthique	10
UE 5 - 5	Anthropologie de la nature	10
UE 5 - 6	Initiation à l'entretien compréhensif	6,5

Animateur de l'UE5 : Axelle LOUISE (MAST Toulouse-INP)

UE5-1 Sociologie de l'environnement et des organisations

UE5-1.1 Approches sociologiques des organisation e de l'(in)action environnementale

Cet enseignement vise à interroger sous divers angles, mais toujours avec les outils de la sociologie, la façon dont se construisent – ou non – les actions en faveurs de la transition écologique et sociale dans nos sociétés, à l'échelle des organisations, et plus secondairement des individus, en partant du principe que les actions individuelles ne sont jamais totalement indépendantes des structures et des contextes dans lesquelles elles se déploient.

Ses objectifs sont de :

- Former à une culture sociologique
- Développer une compétence en épistémologie des sciences humaines et sociales
- Apprendre à enquêter sur des objets socioécologiques interdisciplinaires et transdisciplinaires
- Comprendre la façon dont les actions s'inscrivent dans des contextes – historiques, sociaux, organisationnels – qui les façonnent
- Connaître les grandes lignes de l'analyse sociologique des organisations
- Comprendre les logiques qui peuvent contribuer à bloquer l'action en matière environnementale, voire produire de l'inaction, à l'échelle individuelle ou collective.

UE5-1.2 Approches sociologiques de l'environnement

les conséquences en cascade de la dégradation l'environnement amplifiée par les changements climatiques, implique de renouveler les cadres d'action pour prendre en compte une chaîne toujours plus longue d'acteurs et d'entités. Ce module vise à doter les apprenant.es d'une perspective sociohistorique des interactions entre sociétés et environnements, à travers l'exemple de la construction du champ scientifique de sociologie de l'environnement (Demoli, Llored, 2024). Les dilemmes qui structurent le champ seront particulièrement abordés (Charvolin, 2025) pour illustrer l'épistémologie des sciences et techniques. La modalité pédagogique s'articule à travers un atelier de mise en pratique à partir d'un cas concret d'adaptation aux changements climatiques donnant lieu à une transformation profonde (Jonchères, 2024).

Les apprenant.es sont invités à explorer en groupe de 5-6 trois interdépendances socioécologiques (tourisme, sols, eau) issue d'une même action, en incarnant les acteurs et porte-paroles concernés par la transformation. L'enjeu de cet atelier est de mettre en situation les apprenant.es pour les amener à réfléchir et concevoir des modalités de gouvernance socioécologique propices à des projets territoriaux.

Prérequis

- Aucun

Compétences visées

Niveau 1 :

- Connaitre les grandes étapes et approches de la sociologie de l'environnement ;
- Identifier les principaux mouvements sociaux et problématiques environnementales.

Niveau 2 :

- Acquisition du « réflexe sociologique » pour appréhender un projet socioécologique.
- Comprendre l'organisation productive, et plus généralement les organisations sociales, comme un système dans un environnement, en identifier les principaux enjeux et leur interdépendance

Niveau 3 :

- Etre capable d'appréhender une controverse en resituant le point de vue des différents acteurs concernés

Programme et éléments de contenus

En ce qui concerne les approches sociologiques de l'environnement, des organisations et de l'(in)action environnementale (UE5-1.1, intervenante M. Blanchard), le cours s'organise en 4 parties :

- La première partie s'intéresse à la façon dont les travaux sociologiques ont appréhendé le déploiement du capitalisme, ses effets sur l'organisation du travail et plus largement le fonctionnement des sociétés. Le processus bureaucratisation, initialement analysé par Max Weber est en particulier discuté. Le chapitre se clôt sur l'analyse des processus de prises de décisions dans les organisations.
- La deuxième partie porte sur « Risques, savoirs et controverses ». Partant de l'analyse de la société du risque telle que portée par Ulrich Beck, il s'agit d'appréhender la mise en œuvre d'un « gouvernement du risque » et le rôle qu'y jouent les savoirs et l'expertises. La production de l'expertise et son rôle de cadrage sont alors interrogés, à travers une étude de cas sur les associations naturalistes et la mesure de la biodiversité. Est ensuite questionnée la place des savoirs profanes dans la construction de ces expertises, notamment à partir du cas de l'épidémiologie populaire. Enfin la partie se clôt par l'analyse des mécanismes de production de l'ignorance, en développant l'exemple des pesticides. Cette partie permet d'introduire et de travailler la notion de « controverse », au cœur de l'évaluation de l'UE.
- La troisième partie se consacre à une organisation spécifique, les entreprises, en interrogeant leur rôle dans la transition écologique et sociale. Partant de l'analyse historique conduite par le philisophe Grégoire Chamayou, il s'agit de voir comment les (grandes) entreprises ont valorisé l'autonomie individuelle et l'autorégulation sociale. En matière environnementale, cette partie analyse le passage d'une forme de déni à des actions de portée variables, notamment dans le cadre de la responsabilité sociale des entreprises (RSE).
- La dernière partie change d'angle pour observer les comportements individuels, saisis toutefois à l'aune de la condition écologique des classes sociales et de l'appréhension des multiples dimensions des inégalités environnementales. Après un bref retour sur la façon dont la sociologie aborde la notion de classe sociale, la partie interroge l'articulation entre position de classe et pratiques environnementales.

En ce qui concerne la sociologie de l'environnement (UE5-1.2, intervenante C. Jonchères),

- Introduction à l'analyse sociologique : apports et limites ;
- Présentation des débats structurant la sociologie de l'environnement : exceptionnalisme humain, nouveaux mouvements sociaux, dilemmes actuels (tensions politiques, rôle du chercheur en sciences humaines et sociales, etc.).
- Travail sur un cas d'étude d'adaptation aux changements climatiques transformatif
- Synthèse et perspectives interdisciplinaires (entre différentes disciplines scientifiques) et transdisciplinaires (entre scientifiques et autre acteurs).

Modalités pédagogiques et volume horaire

UE5-1.1 Approches sociologiques de l'environnement, des organisations et de l'(in)action environnementale (M. Blanchard)

- Présentiel : 12 h

UE5-1.2 Sociologie de l'environnement (C. Jonchères)

- Présentiel : 6 h dont atelier de mise en situation : 6 h
- Volume de travail personnel estimé à 6 h en moyenne

Dimension systémique :

- Connexions interdisciplinaires entre UE et modules : pensée complexe, approches des controverses, thermodynamique des systèmes auto-organisés, modélisation d'accompagnement
- Transdisciplinarité interne à la matière : sociologie, management, économie, psychologie

Modalités d'évaluation

- Restitution orale à l'issue de l'atelier de mise en pratique.
- Soutenance de groupe d'un sujet de controverse, analyse croisée selon les enseignements des UE5-1, UE5-4 et UE5-5

Personnes ressources

- UE5-1.1 Marianne BLANCHARD (Maître de conférence, HDR, UT2J)
- UE5-1.2 Camille JONCHERES, sociologue, médiatrice scientifique et chercheuse indépendante

Références bibliographiques

- Demoli, Y. et Llored, R. (2024). Sociologie de l'environnement. Armand Colin. https://shs.cairn.info/sociologie-de-l-environnement--9782200638511?lang=fr.
- Charvolin, C., « Les dilemmes de la sociologie de l'environnement face à la sociologie générale », Revue d'anthropologie des connaissances [En ligne], 19-4 | 2025, mis en ligne le 01 décembre 2025, consulté le 15 avril 2026. URL : http://journals.openedition.org/rac/40434 ; DOI : https://doi.org/10.4000/15976
- Jonchères, C. Savoirs scientifiques et décision politique pour l'adaptation au changement climatique. La fabrique régionale de l'action publique. Sociologie. Université de Bordeaux, 2024. Français. ⟨NNT : 2024BORD0331⟩. ⟨tel-04886328⟩
- Colombi, D. (2022), *Pourquoi sommes-nous capitalistes ?* , Payot.
- Fortier, A. et Alphandéry, P. (2017). La maîtrise des données, un enjeu majeur pour les associations naturalistes à l'heure de la gouvernance de la biodiversité. *Revue française d'administration publique*, 163(3), 587-598.
- Marichalar, P. (2017), *Qui a tué les verriers de Givors ?* , La Découverte
- Henry, E. (2021), *La fabrique des non-problèmes*, Presses de Sciences Po
- Dedieu, 2022, *Pesticides, le confort de l'ignorance*, Le Seuil
- Chamayou, G (2018), *La société ingouvernable*, La Fabrique
- Berlan A, Carbour G. et Teulière L (dir) (2022) , Greenwashing, Le Seuil
- Comby, JB (2024) *Ecolos…mais pas trop, Les classes sociales face à l'enjeu environnemental*, Raisons d'Agir.

UE5-2 Innovation : théories et approches alternatives

Justification et objectifs :

Ce cours aborde les controverses scientifiques qui ont traversé l'économie, la gestion, l'histoire, la sociologie et l'anthropologie pour comprendre, expliquer et décrire l'émergence, la stabilisation et les impacts des innovations. Il se focalise sur les développements les plus récents en sciences économiques, sociales et historiques qui s'attachent à la question à différentes échelles – micro, méso et macro, et selon différents points de vue – pragmatique et critique. Ces cadres peuvent avoir de l'intérêt dans les pratiques d'ingénierie, non pour contrôler les processus et leurs risques, mais pour les gérer en complexité, c'est-à-dire en ouvrant les possibles par la prise en compte de la pluralité des façons de sentir, de penser et d'agir et en improvisant en fonction des incertitudes qui peuvent advenir. L'innovation n'y est plus perçue comme un schéma linéaire où « La Science découvre, l'Industrie applique et l'Homme suit » , mais comme un processus complexe dans lequel s'immisce aussi les citoyen.nes/profanes/consommateur.rices/militant.es comme concerné.es et les États comme régulateur ; comme une controverse où s'affronte différentes visions du monde et de l'avenir dans des asymétries de pouvoir, des structures de domination ou des relations d'emprise.

Par-delà des considérations scientifiques, il se penche sur différents imaginaires politiques qui se disputent autour de la résolution des enjeux socio-écologiques. Une façon d'aborder l'innovation dans une perspective de changement social où se disputent différents rapports à la technique (technocratie et démocratie), à la nature (ressources et vivants), au social (enjeux de race, genre, classe) et à l'économie (croissance, travail, libre-échange, libre-entreprise).

Enfin, ce cours se conclue avec un panorama non exhaustif de pratiques alternatives et de ressources méthodologiques pour les mettre en œuvre. Nous avons sélectionné ces pratiques pour leur potentiel démocratique et d'emprise sur des contextes pluriels, tout en gardant un regard critique à leur égard, notamment à l'aune de cette ambition. Différents domaines sont mis en valeur : économie, science, organisation, droit, lutte, éducation et propriété.

Le contenu de ce module s'articule autour de :

- Notions sur la transition, l'innovation, la connaissance, la démocratie
- Ateliers sur les différentes approches théoriques et pratiques de l'innovation

Prérequis :

- aucun

Compétences visées :

- Niveau 1 : Prendre connaissance des conceptions de l'innovation et des transitions et de leurs dimensions politiques
- Niveau 2 : Découvrir un panel de pratiques alternatives pour développer des innovations dans une perspective démocratique
- Niveau 3 : Intégrer des éléments d'épistémologie des sciences sociales comme la complexité, l'incertitude et l'incommensurabilité comme principes fondamentaux de la démocratie

Dimension systémique :

- Connexions interdisciplinaires entre UE et modules : liens étroits avec les autres modules de l'UE
- Transdisciplinarité interne à la matière : économie, géographie, sociologie, gestion

Modalités pédagogiques et volume horaire :

- Présentiel (19 h) : cours : 6 h TD : 13 h
- Travail personnel : 4 h

Modalités d'évaluation :

- Validation du module : résultat des ateliers

Personnes ressources :

- Eléonore SCHENEBELIN (chercheuse INRAE)
- Arnaud DE MARIA (travailleur indépendant), Virgile RICART (travailleur indépendant)

Références bibliographiques

- Benoît Godin et Dominique Vinck (dir.) - Critical studies of innovation. Alternative approaches to the pro-innovation bias (2017)
- Madeleine Akrich, Michel Callon et Bruno Latour – Sociologie de la traduction. Textes fondateurs (2006)
- Susan Leigh Star et James R. Griesemer – Institutional Ecology, 'Translations' and Boundary Objects: Amateurs and Professionals in Berkeley's Museum of Vertebrate Zoology (1989)
- Michel Callon, Pierre Lascoumes et Yannick Barthe – Agir dans un monde incertain (2001)
- Patrice Flichy – L'innovation technique (2003)
- Frank G. Geels et Johan Schot – The Dynamics of Transitions. A Socio-Technical Perspective (2010)
- Dominique Pestre (dirigé par) – Le gouvernement des technosciences. Gouverner le progrès et ses dégâts depuis 1945 (2014)
- Pierre Charbonnier – Culture écologique (2022)
- Christophe Bonneuil – Les lectures politiques de l'Anthropocène (2014)
- Gauthier Roussilhe – Les besoins essentiels de la low-tech (2022)
- Alexandre Monnin – Politiser le renoncement (2023)
- Bruno Latour – Factures/Fractures. De la notion de réseau à celle d'attachement (2000)
- Antoine Hennion – Vous avez dit attachements ?… (2010)
- Alexandra Bidet, Louis Quéré et Gérôme Truc – Ce à quoi nous tenons. Dewey et la formation des valeurs (2011)
- Aric McBay – Full Spectrum Resistance (2020)
- Peter Gelderloos – Comment la non-violence protège l'État (2023)

UE5-3 Économie de l'environnement

Justifications et objectifs :

Le régime de croissance semble toucher à sa fin. Que ces limites soient inhérentes au capitalisme ou qu'elles lui soient externes (écologiques et climatiques, notamment), il convient d'interroger les conditions de possibilité d'une société post-croissance. Cette UE vise ainsi à questionner les fondements du capitalisme contemporain, et notamment les enjeux de valeur qui le traverse. Partant du principe qu'une société post-croissance nécessite d'élargir les conceptions de la valeur, cette UE aura pour objectif :

- de fournir un cadre pour penser la pluralité des valeurs et des modalités d'organisation de l'action collective
- de penser les rapports humains-non humains sur le registre des valeurs
- de fournir des cadres méthodologiques pour agir dans des contextes ou différentes valeurs incommensurables entre elles sont en jeu

Prérequis :

- avoir suivi l'UE1-1 Enjeux liés aux organisations et aux activités économiques

Compétences visées :

Niveau 1 :

- Comprendre les concepts de l'économie de l'environnement

Niveau 2 :

- Comprendre les cadres méthodologiques d'action en économie de l'environnement

Niveau 3 :

- Favoriser l'exercice de l'esprit critique
- Maîtrise de cadres d'analyse réflexive
- Maîtrise d'outils d'analyse et d'aide à la décision

Éléments de contenu :

- Economie des conventions et sociologie pragmatique
- Economie écologique et notion d'incommensurabilité des valeurs
- Analyses, évaluations multicritères et enjeux métrologiques

Modalités pédagogiques et volume horaire

- Présentiel (6 h) : Cours-TD : 6h

Dimension systémique

- Connexions interdisciplinaires entre UE et modules : pensée complexe, modélisation
- d'accompagnement, éthique...
- Transdisciplinarité interne à la matière : sociologie, histoire, écologie

Modalités d'évaluation

- Validation

Personnes ressources

- Gaël PLUMECOCQ (chercheur INRAE, UMR AGIR)

TOULOUSE INP • 6 allée Emile Monso - BP 34038 - 31029 Toulouse Cedex 4, France • +33 (0)5 34 32 30 00 • www.toulouse-inp.fr

UE5-4 Éthique

Justification et objectifs

Le module « Ethiques de l'ingénierie » vise plusieurs objectifs :

- La prise de conscience des enjeux éthiques liés à l'éco-ingénierie
- La capacité réflexive à envisager sa propre démarche éthique face à ses enjeux
- La capacité à débattre des enjeux éthiques avec différents interlocuteurs, à commencer par ses camarades

Interactif, le cours abordera différentes thématiques :

- Définitions et aspects institutionnels de l'éthique en France et dans le monde
- Éthique et technique
- Responsabilité(s) et engagement socio-écologique de l'ingénierie
- Éthiques environnementales et philosophies de la « nature »

La séance consacrée à la nature comportera une conférence réalisée par Nathalie Serre sur la notion de « Land Ethics » et de ses deux impératifs : "penser comme une montagne" et "agir comme un chasseur léger". La conférence présentera cette éco-philosophie et l'éthique qui en découle, permettant de mieux situer les visions anthropocentristes et biocentristes sur les questions écologiques.

Prérequis

- Aucun

Compétences visées

- Niveau 1 - Esprit-critique : Être capable de clarifier un dilemme éthique avant de proposer une solution
- Niveau 2 - Techno-discernement : Être capable de réaliser un choix technique ou sociotechnique en connaissance de cause
- Niveau 3 - Métacognition : Être capable d'adopter une démarche personnelle mais non individualiste sur les questions éthiques

Éléments de contenus

- Etude de cas de dilemmes éthiques appliqués à l'ingénierie
- Etude du Manifeste de l'ingénierie du XXIème siècle
- Etude de Chartes éthiques pour l'ingénierie

Dimension systémique

- Le paradigme de la complexité et l'approche systémique impliquent de fait une démarche éthique dans la conception des projets, celle-ci est donc transversale et en connexion avec les modules Introduction à la complexité en ingénierie, Epistémologie des sciences d'ingénierie, Enjeux inégalités environnementales, Sociologie des organisations et de l'environnement, Anthroponature, Innovation responsable et soutenable, Economie de l'environnement

Modalités pédagogiques et volume horaire

- Présentiel (10h) : cours et TD
- Volume de travail personnel estimé à 5 h en moyenne (travail sur l'exposé sur une controverse)

Modalités d'évaluation

- Soutenance de groupe d'un sujet de controverse, analyse croisée selon les enseignements des UE5-1, UE5-4 et UE5-5

Personnes ressources

- Andreas ERIKSSON (Enseignant-Docteur, INSA-Toulouse)

Références bibliographiques

- Akrich, M. (1984) « La construction d'un système socio-technique. Esquisse pour une anthropologie des techniques », Anthropologie et Société, vol. 12, n°2, pp. 105-131
- Albero, B. et Roby, C. (2014) « Les enjeux du rapport aux sciences humaines et sociales dans la formation des ingénieurs en France », Revue française de pédagogie, Vol. 186
- Audran, J. et Gartiser, N. (2015) « La dimension anthropologique et citoyenne du métier d'ingénieur. Des sciences humaines, économiques et sociales pour l'ingénieur ? La preuve par l'exemple, L'ingénieur du XXIe siècle », Presses de l'UTBM
- Bourg, D. (1997) Nature et technique. Essai sur l'idée de progrès, Paris : Hatier
- Bouzin, A. (2023) « L'engagement écologique des ingénieurs au travail : l'incursion du sujet technique en politique », France Forum, 2023, Jeunesses et engagements citoyens, 2 (414), pp. 22-24
- Brault, N. ; Carnino, G. ; Dubois, M. ; Guchet, X. ; Halloy, J. et al. (2024) Prendre soin des milieux, Éditions matériologiques
- Choplin, H. (2013) L'ingénieur contemporain, le philosophe et le scientifique, Éditions Les Belles Lettres
- Didier, C. (2008) Penser l'éthique des ingénieurs, Presses Universitaires de France
- Ellul, J. (1990[1954]) La Technique ou l'Enjeu du siècle, Armand Colin
- Feenberg, A. (2004) (Re)penser la technique. Vers une technologie démocratique, Éditions La Découverte
- Flandrin, L et Verrax, F. (2019) Quelle éthique pour l'ingénieur, Éditions Charles Léopold Mayer
- Jarrige, F. (2016) Techno-critiques, Éditions de La Découverte
- Mumford, L. (1950) Technique et civilisation, Seuil
- Rosa, H. (2013) Accélération. Une critique sociale du temps, Éditions de La Découverte
- Travadel, S. et Guarnieri, F. (2021) *Petite philosophie de l'ingénieur,* Presses Universitaires de France

UE5-5 Anthropologie de la nature

Justification et objectifs

Nous vivons en Auvergne sans connaître ses volcans, au bord de la mer sans jamais prendre le large, dans le bocage - pays de jardins et de chevaux - sans jardiner ni chevaucher. Peu à peu, nous avons perdu la conscience des lieux ; le sentiment géographique s'est émoussé. Nous habitons en marge du monde, détachés de ce qui pourrait encore nous relier ou nous projeter vers l'avenir.

En revenant aux fondements philosophiques, anthropologiques et politiques de cette grande séparation, ce cours propose d'explorer les territoires contemporains et d'inventer de nouvelles manières de les penser et de les habiter. À partir des liens structurels entre uniformité et précarité dans les territoires, les enseignements invitent à renouveler les bases des sciences humaines et sociales ainsi que celles de l'action territoriale, en révélant les opportunités qui naissent du lien et de la relation. Dans ce mouvement, une nouvelle géographie se dessine et porte une ambition : agir depuis son lieu, et penser avec le monde.

Prérequis

- Aucun

Compétences visées

- Niveau 1 : Comprendre l'émergence de la dualité entre nature et culture et ses implications
- Niveau 2 : Comprendre la grande évolution des territoires et les précarités qui en émergent
- Niveau 3 : Être capable de réfléchir aux opportunités qui naissent de la relation dans les territoires

Éléments de contenus

Le module s'organise autour de :

- Rivière du doute (grande introduction participative au cours)
- Partie I : l'uniformité des mondes
- Partie II : Vers une nouvelle géographie
- Partie III : Des histoires de la relations

Et plus précisément :

- Comprendre comment a émergé l'ontologie dite naturaliste (la dualité entre nature et culture qui caractérise les sociétés occidentale), sa façon de catégoriser les éléments de nature et de culture.
- Mettre en crise cette ontologie : montrer les avancés qu'elle a permis mais également les rapports de domination qu'elle fait émerger à l'échelle internationale. Ici un regard sera porté sur les autres types d'ontologies qui existent de par le monde : les sociétés animistes, et totémiques). En comprenant mieux ce qui fait diversité dans les pays du Sud, il est proposé des voies de dialogue entre "différents mondes" : une trajectoire tant scientifique que politique que l'on appelle "l'écologie relationnelle".
- Dévoiler les évolutions territoriales en France et ailleurs, et les liens structurels uniformité - précarité
- Réfléchir à de nouvelles approches territoriales qui mettent la relation au centre.
- Renouveler les fondements des sciences humaines et sociales et de ses implications en société..

Modalités pédagogiques et volume horaire

- Présentiel (10 h) : cours participatifs:
- Volume de travail personnel estimé à 5 h en moyenne (travail sur l'exposé sur une controverse)

Modalités d'évaluation

- Soutenance de groupe d'un sujet de controverse, analyse croisée selon les enseignements des UE5-1, UE5-4 et UE5-5

Personnes ressources

- Damien Deville, Docteur en géographie culturelle, chercheur associé à l'UMR Médiations

UE 5-6 Initiation à l'entretien compréhensif

Objectifs

- Placer les apprenant.es dans une posture d'écoute active pour prévenir et déconstruire un réflexe utilitariste : « je veux savoir si » souvent présent dans l'action territoriale, en substituant une démarche d'enquête : « je cherche à comprendre comment ».
- Etayer le renouvellement du rôle social de l'ingénieur.e maintenant amené à restituer l'épaisseur du réel et le sens des pratiques sociales pour identifier et travailler avec des tensions socioécologiques.
- Expérimenter cette posture et s'approprier l'outil de entretien compréhensif.

Contenu

Les inévitables processus d'adaptation aux changements climatiques à construire sont fondamentalement transdisciplinaires (supposent d'associer des profils autres que scientifiques) et poussent à l'usage d'outils analytiques en dehors de leur discipline de prédilection. Après une introduction sur l'enquête qualitative en sciences humaines et sociales, l'outil de l'entretien compréhensif (Kaufmann, 2016) est présenté à partir d'une discussion collective. Les apprenant.es apprendront à problématiser (construire un guide d'entretien) à partir de leurs projet long et seront mis en situation pour apprendre à instaurer une relation asymétrique avec l'enquêté.e (mener l'entretien). Pour finir, une analyse objectivée d'un matériau riche et complexe (corpus de retranscriptions d'entretiens) est proposée. Une des attentes est de mieux cerner les jugements de valeur et/ou les préjugés, par l'inclusion des faits et savoirs des sciences humaines et sociales.

Prérequis : Aucun

Compétences visées

- Niveau 1 : S'approprier les fondamentaux de l'enquête qualitative
- Niveau 2 : Conduire un entretien compréhensif à travers une relation d'enquête (asymétrie maîtrisée)

Programme et éléments de contenus

- Observation des codes et usages de l'entretien compréhensif
- Origine de l'outil et insertion dans une enquête qualitative
- Travail en groupe projet long sur un entretien ébauche de guide, pratique, analyse collective fond/forme à chaud.
- Initiation au travail d'analyse à partir d'un corpus d'extraits de retranscriptions d'entretiens
- Illustration d'une mobilisation de l'entretien compréhensif dans le cadre études qualitatives et mixtes
- Conclusion de la journée par un débat mouvant sur l'interdisciplinarité.

Modalités pédagogiques et volume horaire

- Atelier de mise en situation : 6,5 h
- Volume de travail personnel estimé à 7 h en moyenne

Dimension systémique

- Connexions interdisciplinaires entre UE et modules : climat & changement climatique, Écologie industrielle, Invitation à l'utilisation de l'outil dans les projets tutorés (UE7)

Modalités d'évaluation

- Construire un guide d'entretien, Savoir se positionner en écoute active

Personnes ressources

- Camille JONCHERES (sociologue, médiatrice scientifique et chercheuse indépendante)

Références bibliographiques

- Kaufmann, J.-C. (2016). L'entretien compréhensif. (4e éd.). Armand Colin. https://doi.org/10.3917/arco.kaufm.2016.01.

UE6 • Activités de mise en situation

La mission de l'ingénieur, responsable de projets et de groupes, nécessite classiquement une bonne compréhension du fonctionnement humain et repose sur le savoir-faire relationnel.

L'ouverture d'esprit, la curiosité, l'esprit critique, la créativité et la résilience sont des aptitudes essentielles lorsqu'il s'agit d'innover dans un champ de contraintes de plus en plus important.

Les capacités personnelles de l'ingénieur sont déterminantes pour :

- impulser une dynamique positive de changement d'ordre éthique, conceptuel, méthodologique, organisationnel, relationnel, technique… ;
- faire preuve d'esprit critique et de créativité ;
- aider son environnement à créer du lien et donner plus de sens aux métiers.

L'ingénieur doit être capable de faire partager des valeurs, il doit être influent, savoir déjouer les résistances au changement, etc. Ces aptitudes requièrent autant le savoir-être que le savoir-faire. La pédagogie, la confiance en soi, la ténacité lui seront notamment des qualités indispensables qui nécessitent, certes, une compréhension étendue de l'être humain sur les plans anthropologique, psychique, cognitif et culturel, mais qui demandent impérativement un apprentissage par des expériences de vie qui conduiront l'ingénieur à affronter ses peurs, à maîtriser le stress, à découvrir ses forces et ses limites, à dépasser les échecs, à prendre des risques, à gagner confiance en soi, à acquérir la force intérieure du pionnier.

Les activités de mise en situation (AMS) relèvent classiquement de l'autonomie, de la mobilité transversale, du savoir écrire, de la capacité à travailler en équipe, de l'aptitude à organiser son travail, de la capacité à apprendre, de la prise en compte des aspects éthiques, etc. Dans le cadre de l'éco-ingénierie, les aptitudes suivantes sont également importantes :

- capacité à se projeter positivement dans un futur incertain, instable, risqué ;
- capacité à forger du sens pour soi et pour la collectivité ;
- capacité à accompagner un collectif dans un changement de paradigme (changement de changement, rupture, donc générateur de déni, de peur et de résistances) ;
- capacité à déconnecter sa motivation et son action des signaux positifs et des gratifications externes («mental de pionnier») ;
- aptitude à la résilience («mental de résistant») ;
- aptitude à s'insérer dans toutes les organisations et leurs cultures (capacité à faire preuve de mimétisme sans l'écueil du conformisme) ;
- esprit critique ;
- aptitudes à la pédagogie (savoir percevoir et prendre en compte «le moi d'autrui») ;
- aptitude à la créativité et goût pour l'expérimentation et l'innovation ;
- se connaître soi-même (forces, faiblesses, limites).

Ces aptitudes ne s'apprennent pas intellectuellement : elles se vivent et s'incorporent au long de processus d'apprentissage par le vécu d'expériences.

Moyens et méthodes pédagogiques

- Mise en situation, expérimentation individuelle et collective, engagements voire défis physique et émotionnel sur des projets originaux : créations dansées, cohésion collective à travers une randonnée en montagne. Équipement sportif de l'INP.
- En langue, travail en demi-groupe (répartition selon niveau), l'oral est mis en avant avec des exposés individuels.

		Heures
UE 6 • Activités de mise en situation		**79**
UE 6- 1	Créativité et éducation physique et sportive	14
UE 6 - 2	Pratiquer l'éco-ingénierie	10
UE 6 - 3	Lien à soi aux autres et au vivant	15
UE 6 – 4	Atelier initiation à l'écologie sensible et à l'écofacilitation	20
UE 6 - 5	Communiquer en anglais	20

Animatrice de l'UE6 : Émilie PRAT (Enseignante Département des Sports, responsable du pôle artistique)

UE6-1 Créativité et Éducation physique et sportive

Justification et objectifs

Certaines activités physiques sont des occasions d'expériences sur soi, et au sein d'un collectif, notamment lorsqu'elles sont pratiquées dans un environnement moins urbanisé comme lors de la sortie dans les Pyrénées. Apprendre par l'expérience, hors situation professionnelle, place la personne dans des situations réelles de résolution de problèmes qui forgent la capacité de transposition de ces aptitudes acquises sur d'autres registres (valeur « métaphorique » de l'expérience). Des exercices faisant appel aux dimensions corporelles, émotionnelles, sociales et intellectuelles révèlent le fonctionnement d'une personne et d'un groupe et permettent d'expérimenter autrement la complexité tout en développant la connaissance de soi, des autres et de la nature.

- Prendre des initiatives, relever des défis, s'engager pour accomplir un projet, se dépasser, accroître la confiance en soi, s'adapter à autrui sont autant de qualités utiles à des profils d'ingénieur en situation de pionniers. C'est l'objet de la créativité qui vise donc plusieurs objectifs :Former à une meilleure connaissance de soi dans des situations singulières, sortir de sa zone de confort
- Développer des compétences et des expériences liées à la mise en situation créative collective
- Créer des liens interpersonnels et une dynamique collective par le partage d'expériences

Outre la sortie dans les Pyrénées dès la première semaine de la formation afin d'expérimenter un nouveau rapport à soi, aux autres et à la nature, le module va s'organiser en 7 séances autour de

- Occupation de l'espace, se repérer dans l'espace, confiance et responsabilité/ autrui.
- Effets chorégraphiques collectifs, participer à une « Performance », un « Event » chorégraphique, le hasard comme vecteur d'innovation
- Exploration des formes et des états de corps
- Regards, gestes et mouvements, engagement émotionnel
- Ecoute collective, improvisation collective
- La réflexivité accompagne toutes les situations traversées.

Prérequis

- Aucun

Compétences visées

- Niveau 1 : connaissance de soi : pouvoir s'engager tout en gérant de sa vie physique en toute sécurité
- Niveau 1 : connaître les principes de stimulation de la créativité, dans des situations de recherche individuelle et/ou collective, présence « scénique » (oser)
- Niveau 2 : se connaitre au sein d'un collectif, être capable d'entrer dans différents rôles sociaux pour l'accomplissement d'un projet gérer sa présence, son attention dans le contexte,
- Niveau 2 : être capable d'inventer des possibles et faire un choix de réponse, être créatif et créateur original, aisance en situation d'exposition (convaincre)
- Niveau 3 : être moteur, acteur, facilitateur à la réalisation du projet ou de l'expérience collective.
- Niveau 3 : être capable de fournir une réponse pertinente ainsi que de formuler des critiques collaboratives, prendre conscience des possibles au-delà de l'idée de solution unique, adapter ses propositions en fonction des différents rôles des partenaires (adapter sa réponse au contexte)
- Niveau 3 : Aller vers une prise du recul sur la pertinence de ses propositions en fonction du contexte : prise d'informations, prise de décision, actions

Éléments de contenus

- Sortie dans les Pyrénées
- Expérimenter les différentes étapes de la création
- Recherche permanente de nouveauté : Innovation, Originalité
- Brainstorming
- Improvisation spontanée/ structurée, Improvisation individuelle et/ou collective
- Composition collective, rassurer et surprendre le spectateur

- Réflexivité, sensations-émotions, faire émerger des principes de composition
- Analyse des actions à travers les composantes du mouvement : corps, temps, espace, énergie, autrui comme partenaire et comme auditeur/spectateur
- S'engager dans les rôles sociaux de danseur/acteur, chorégraphe/compositeur et spectateur sensible et critique,
- Apports culturels et historiques sur l'expression de la créativité en art chorégraphique

Dimension systémique

- Connexions interdisciplinaires entre UE et modules : Constitution d'un groupe classe et d'une cohésion dans le défi sportif et une sortie hors du cadre de l'école.
- Transdisciplinarité interne à la matière : Émergence de la transdisciplinarité par l'engagement de chacun des éléments individuels pour amener l'ensemble du groupe au bout de l'effort.

Modalités pédagogiques et volume horaire

- Les modalités pédagogiques s'articulent autour d'atelier de recherche et d'exploration chorégraphiques ou la mise en jeu du corps devient indispensable
- La sortie dans les Pyrénées est couplée pavec les UE6.3 et 6.4
- TD : 14h

Modalités d'évaluation

- S'impliquer dans les projets expérientiels et de présentations collectives, engagements physique, émotionnel et réflexif sur sa pratique et sur les interactions, évaluation par validation.

Personnes ressources

- Emilie PRAT (Enseignante Département des Sports, responsable du pôle artistique)
- Olivier PRATVIEL (Département des sports de l'INP)

Références bilbiographiques

- Boal- Jeux pour acteurs et non-acteurs, Pratique du théâtre de l'opprimé
- De Keersmaeker- Drumming & Rain, Carnets d'une chorégraphe
- Febvre- Danse contemporaine et théâtralité
- Hoghe- Pina Bausch, Histoires de théâtre dansé
- Izrine- La danse dans tous ses états
- Laban- La maitrise du mouvement
- Robinson- Eléments du langage chorégraphique
- Vaughan- Merce Cunningham : 50 ans de création

UE6-2 Pratiquer éco-ingénierie

Justification et objectifs

Les nombreux défis qui se présentent aux éco-ingénieurs sur le marché de l'emploi questionnent la mise en pratique des compétences d'engagement éthique, d'ancrage psychosocial, d'agilité, de médiation et de pilotage systémique : comment les concilier et dans quel cadre professionnel les appliquer ? comment cultiver son engagement sans s'épuiser ? Cette UE a pour objectif d'éprouver ces questions et de projeter les apprenant.e.s vers des pratiques qu'ils jugent justes. Elle vise à alimenter la réflexivité individuelle en s'appuyant sur les apports collectifs et à s'inspirer de bonnes pratiques à travers des témoignages.

Prérequis

- Aucun

Compétences visées

- Niveau 1 : développer ancrage psycho-social et agilité ; les concilier avec son engagement éthique
- Niveau 1 : comprendre quels systèmes de domination sont entretenus dans les modèles occidentaux
- Niveau 2 : appréhender la diversité des leviers d'action (dans le système/en alternative au système, par l'action/par la culture, …)
- Niveau 3 : Situer son action dans la grande complexité des transitions

Éléments de contenus

L'atelier de la fresque des résistances vise à décrypter les systèmes dominants de nos sociétés occidentales pour mieux les appréhender et réfléchir à son propre mode d'agir, en résistance et en résilience.

L'atelier préparer l'après MSEI a pour objectif d'explorer les questions qui se posent aux apprenant.e.s dans leurs projections sur le marché de l'emploi, une réflexion multi-échelle pour :

- se positionner individuellement dans la grande matrice des changements sociétaux que les transitions écologiques et sociales invitent à engager
- orienter ses choix en tenant compte des échelles temporelles qui suscitent des actions à court terme mais ayant une visée dans le temps long.

L'atelier théâtre forum vise quant à lui à expérimenter des situations de tension en lien avec la réalité d'environnements de travail. L'analyse des scénettes en collectif permet de proposer des alternatives à la situation, puis de simuler ces alternatives pour observer ce qu'elles modifient du déroulement de la scène. Un cas concret de début de mission en milieu professionnel est ici proposé aux apprenant.e.s pour mieux s'enrichir des expériences et des propositions de chacun.e avant que chaque apprenant.e ne soit en situation de mission en milieu professionnel.

Une séance de réflexivité individuelle clôt ce cycle de trois ateliers pour que chaque apprenant.e ait l'opportunité de capitaliser sur sa propre projection de la pratique de l'éco-ingénierie dans son futur environnement de travail.

Modalités pédagogiques et volume horaire

- Présentiel : 10h

Modalités d'évaluation

- Intégrée au projet, co et auto évaluation

Personnes ressources

- Axelle LOUISE (MAST Toulouse INP)
- Naïla EVEN (Ingénieure pédagogique Toulouse INP)
- Jon PREIST (Airbus)
- Le laboratoire des résistances

UE6-3 Lien à soi aux autres et au vivant

Justification et objectifs

Durant ces dernières années, nous avons pu observer une dégradation écologique et environnementale affectant le globe terrestre et au-delà. Suite à l'urgence climatique, l'anxiété au sein de la population se voit à la hausse et le "nouveau mal-être" de la société prend place en laissant naître l'éco- anxiété. La surinformation, notamment au sein de leurs études et dans les médias, sur ces enjeux environnementaux, sans offrir aux jeunes un apprentissage sur la gestion des émotions qu'elle suscite, accroît ce sentiment d'anxiété, de culpabilité et d'impuissance. Une étude en particulier (Hickman, Marks, et al., 2021) menée auprès de 10 000 jeunes de 10 pays différents (dont la France) , nous apprends que :

- 59% des jeunes de 16 à 25 ans se sentent très ou extrêmement inquiet.es à propos des changements climatiques
- plus de 50 % souffrent de peur, de tristesse, de colère et de culpabilité, ainsi que d'un sentiment d'impuissance.*

Cette exposition constante aux informations anxiogènes et les émotions qui l'accompagnent mènent souvent à une perte de sens dans les études et une perte de motivation à exercer les futurs métiers.

Pour activer une responsabilisation et un passage à l'action des apprenant·es face aux enjeux, le premier pas est la gestion des émotions et la coopération. Le but de ce module est dans un premier temps, la co-création d'un cadre de sécurité, la prise en main de certaines pratiques pour faciliter l'entraide et la coopération entre les apprenant·es. Dans un deuxième temps, introduire les apprenant·es à l'intelligence émotionnelle pour leur permettre de comprendre le langage des émotions pour être capable de les transformer en action et un engagement durable face aux enjeux environnementaux..

Ce module vise à favoriser le lien à soi:

- Apprendre à se mettre à l'écoute de soi par l'attention à la respiration.
- Découvrir des pratiques de retour à soi.
- Prendre conscience de nos schémas habituels et exercer notre capacité à sortir de ces automatismes corporels, cognitifs et émotionnels pour être davantage présent à sa propre vie.

Le lien aux autres

- Cultiver la pratique du dialogue en conscience et l'écoute active
- Mettre en place un cadre de sécurité pour que chacun·e puisse s'exprimer librement.
- Développer notre sentiment de compassion, de gratitude, de générosité et de réciprocité

Prérequis

- Un esprit d'ouverture : une volonté d'essayer, de se laisser surprendre, d'observer ses inconforts

Compétences visées

À l'issue de ce module, l'apprenant·e sera capable de :

- Niveau 1 : Comprendre et reconnaître les réactions émotionnelles en lien avec la crise écologique et trouver des moyens d'exprimer et transformer ces émotions.
- Niveau 1 : Comprendre comment les valeurs façonnent nos actions pour les rendre durables.
- Niveau 2 : Etre capable d'entrer en lien avec l'autre, plus ou moins proche de nos valeurs sans jugements, pour faciliter la coopération et l'action collective.
- Niveau 2 : Comprendre et pratiquer l'écoute active
- Niveau 3 : Trouver l'équilibre entre prendre soin de soi et prendre soin du groupe. Respecter ses propres limites sans perturber l'apprentissage collectif.

Dimension systémique

- Ce module transversal offre un cadre relationnel et des ressources de gestion des émotions. Il permet donc aux apprenant.es de pouvoir appréhender sereinement l'ensemble des enseignements. A travers l'exploration du lien à soi et aux autres, on cultive aussi le lien à l'environnement ; en écho au module Anthropologie de la nature

Modalités pédagogiques etv olume horaire

- La modalité pédagogique s'articule à travers d'une partie théorique transmise sur un mode d'enseignement de type traditionnel "ex cathedra"; accompagnée de moments d'apprentissage actif via la participation et la réflexion active des apprenant.e.s (p.ex. Dialogue conscient et pratique d'écoute en binôme, temps de retour à soi, journal réflexif, partage en plénière).
- Présentiel : 15 h dont 11h d'atelier de mise en situation

Modalités d'évaluation

- Ce module est évalué à travers l'expérimentation dans les autres modules, en particulier le projet long UE7 et les travaux en groupe.

Personnes ressources

- Aurélie Baudier, Psychopédagogue / Instructrice en mindfulness (MBSR), aurelie-baudier.com
- Isabelle Giraldo, Ecothérapeute, Instructrice mindfulness, eco-facilitatrice et autrice, isabellegiraldo.com
- Marie Bourgine, Ancien·ne apprenant·e MSEI Ingénieur·e agronome, Apprenti·e en agriculture solidaire
- Mathis Tamin, Ancien apprenant MSEI Ingénieur eau-énergie-environnement. eco-facilitateur, animateur sensibilisation aux transitions écologiques et sociétales.

Références bibliographiques

- Kabat-Zinn. Jon (1996) Où tu vas, tu es : apprendre à méditer pour se libérer du stress et des tensions profondes, J'ai lu, Paris. (Titre original : Wherever You Go, There You Are, Hyperion, New York, 1994. Réédition poche J'ai lu, 2013.)
- Kotsou. Ilios (2014) Éloge de la lucidité, Robert Laffont, Paris. (Rééditions ultérieures en poche : Marabout, 2019 et 2024.)
- Kornfield. Jack (2010) Après l'extase, la lessive, Pocket, Paris. (Titre original : After the Ecstasy, the Laundry, Bantam Books, New York, 2000.)
- Giraldo. Isabelle (2023) Éco-anxiété, des clés pour agir, Editions Solar, Paris.
- Leenart. Marianne (2026) Pète u*n coup : l'art subtil de lâcher-prise*, Éditions Jouvence, Paris.

UE6-4 Atelier d'initiation à l'écologie sensible et pratiques d'éco-facilitation

Justification et objectifs

De l'égo à l'éco : Transition intérieure et perspective pour un changement social et écologique. Nous explorerons comment tisser des liens entre la transition intérieure et extérieure, passer d'une culture individualiste à un monde solidaire entre humain et non humain..

Lors de cette formation nous allons pratiquer et faire des expériences pour consolider notre triple lien : le lien à soi, le lien à l'autre et le lien à la nature. En tissant cette triple connexion, nous devenons des individus beaucoup plus résilients, créatifs pour une société plus solidaire, harmonieuse, pacifiste et juste.

Ce module vise à favoriser le lien aux autres qu'humains:

- Notion d'interdépendance : prendre soin de la Terre c'est prendre soin de soi.
- Cultiver notre engagement écologique, prendre conscience de la responsabilité de nos actions
- Sortir de la vision anthropocentrique de l'écologie; reconnaître la valeur intrinsèque de notre environnement au-delà de son utilité pour l'être humain.
- Co-initier des projets
- Utiliser les outils d'intelligence collective pour co-créer des projets.

Prérequis

- Un esprit d'ouverture : une volonté d'essayer, de se laisser surprendre, d'observer ses inconforts

Compétences visées

- Niveau 1 : Comprendre l'importance de la relation aux autres et à la nature pour renforcer notre résilience.
- Niveau 1 : Comprendre comment les valeurs façonnent nos actions pour les rendre durables.
- Niveau 2 : Connecter les idées et explorer comment nous pouvons passer de l'anxiété et de l'accablement à la responsabilisation et à l'action.
- Niveau 3 : Identifier et activer le lien entre transformation intérieure et transition socio-écologique

Dimension systémique

- Ce module transversal offre un cadre relationnel et des ressources de gestion des émotions. Il permet donc aux apprenant.es de pouvoir appréhender sereinement l'ensemble des enseignements.

Modalités pédagogiques et volume horaire

- La modalité pédagogique s'articule à travers d'une partie théorique transmise sur un mode d'enseignement de type traditionnel "ex cathedra"; accompagnée de moments d'apprentissage actif via la participation et la réflexion active des apprenant·es (p.ex. Pratiques d'écopsychologie et temps de connexion au vivant).
- Présentiel : 20h dont 18h d'atelier de mise en situation

Modalités d'évaluation

- Ce module est évalué à travers l'expérimentation dans tous les modules, dont le projet long UE7 et les travaux en groupe.

Personnes ressources

- Isabelle Giraldo, Ecothérapeute, Instructrice mindfulness, eco-facilitatrice et autrice, isabellegiraldo.com
- Marie Bourgine, ancien·ne apprenant·e MSEI, ingénieur·e agronome, apprenti·e en agriculture solidaire
- Mathis Tamin, Ancien apprenant MSEI Ingénieur eau-énergie-environnement. eco-facilitateur, animateur sensibilisation aux transitions écologiques et sociétales.

Références bibliographiques

- Macy. Joanna et Johnstone. Chris (2018) L'espérance en mouvement, Labor et Fides, Genève.
- Morizot. Baptiste (2020) Manières d'être vivant, Actes Sud, Arles.
- Latour. Bruno (2015) Face à Gaïa : huit conférences sur le nouveau régime climatique, La Découverte, Paris.
- Wall Kimmerer. Robin (2021) Tresser les herbes sacrées : sagesse ancestrale, science et enseignements des plantes, Le Lotus et l'Éléphant, Paris.

UE6-5 Communiquer en anglais

Justification et objectifs

Le module “Communiquer en anglais” vise plusieurs objectifs :

- Appliquer des stratégies pour communiquer efficacement en anglais en dépassant la barrière de la langue.
- Utiliser un vocabulaire scientifique spécifique relatif aux thématiques étudiées dans la formation.
- Identifier les besoins des différents publics et clarifier ses objectifs de communication.
- Acquérir des techniques pour mieux se connecter à son auditoire lors d’une présentation.
- Gérer le stress et les émotions lors de la prise de parole en public afin délivrer un message convaincant.

En termes de contenu, ce module s’inscrit dans le contexte de la communication professionnelle et académique en anglais et vise à favoriser l’apprentissage des techniques de prise de parole en public, la structuration d’un discours convaincant et le développement d’une communication plus naturelle et engageante. L'accent sera mis sur la mise en confiance de l’apprenant dans sa capacité à s’exprimer en anglais quel que soit son niveau (sauf débutant) en optimisant son potentiel grâce à des techniques spécifiques contournant les difficultés liées à la barrière de la langue notamment sur la prononciation.

Ce module vise également à renforcer la créativité dans l’utilisation de la langue anglaise grâce au travail sur les métaphores, les images et les techniques d’expression permettant de rendre les messages plus vivants, impactantes et mémorables. Toutes les présentations, exercices pratiques et mises en situation sont basés sur la formation des participants ainsi que sur leur projet long afin de favoriser une application concrète et directement liée au mastère.

Prérequis

- Un niveau minimum proche de B1 (CECRL) est souhaité. Les apprenants débutants peuvent participer après une remise à niveau personnelle avant le début des cours pour atteindre au moins le niveau A2.

Compétences visées

- Niveau 1 : Développer les bases d’une prise de parole efficace afin de se sentir plus confiant et à l’aise devant un public. Comprendre les principes fondamentaux du storytelling, de la communication orale et de la connexion avec un auditoire. Être capable de s’exprimer en anglais en vérifiant la prononciation et en mettent en œuvre des stratégies de simplification et d’évitement pour pouvoir se faire comprendre et comprendre en anglais. Savoir utiliser au mieux ses acquis.
- Niveau 2 : Déployer son propre style de présentation et établir une véritable connexion avec son auditoire grâce à une communication plus naturelle, authentique et claire. Donner davantage de puissance à ses messages en utilisant les techniques de storytelling, les métaphores et les images. Développer ses compétences à travers des présentations basées sur les études des participants et leur projet long. Savoir moduler son intonation en anglais pour être convaincant et pouvoir gérer au mieux les hésitations naturelles dues à la barrière de la langue. Être capable d’interagir efficacement.
- Niveau 3 : Être capable de délivrer des présentations et des pitchs convaincants adaptés aux besoins d’un auditoire spécifique. Prendre la parole « au pied levé », improviser sans notes et communiquer avec impact dans un contexte professionnel et académique. Maitriser l’expression, les interruptions et pouvoir interagir de manière fluide en anglais.

Éléments de contenus

- Pratique des compétences essentielles de communication, notamment orales :
- travaux de compréhension de l'oral et de l'écrit associés à des activités d’expression ; présentations, discussions et débats.
- exploitation d'articles de presse, de vidéos et de sites internet en lien avec les thématiques de l'environnement, du développement durable, de l'énergie, du changement climatique dans un contexte anglo-saxon de préférence.
- étude de différents aspects des civilisations et cultures du monde anglophone
- renforcement des savoirs linguistiques (grammaire, lexique général et spécialisé...)

Dimension systémique

- Connexions interdisciplinaires entre UE et modules : thématiques et vocabulaire
- Transdisciplinarité interne à la matière : exposés et échanges sur des sujets en rapport avec les enseignements du mastère et notamment des projets longs.

Modalités pédagogiques et volume horaire

- La modalité pédagogique s'articule autour d'ateliers pratiques, d'exercices de présentation, d'analyses de vidéos, de conférences interactives suivies de débats et de mises en situation permettant aux participants de développer progressivement leur aisance orale et leur capacité à communiquer efficacement en anglais.
- Présentiel : 20 heures dont 20 h d'ateliers de mise en situation et exercices pratique.
- Volume de travail personnel estimé à 6 h en moyenne (préparation des présentations, travail sur le projet long, entraînement individuel).

Modalités d'évaluation

- Objectif : convaincre vos collègues d'adhérer à votre projet long. L'objectif n'est pas simplement d'informer le public sur le projet, mais de le convaincre.
- Durée : présentation d'une heure par groupe de projet suivie de questions/débats de 30 minutes.
- Contenu : adapter la présentation aux besoins et attentes du public, intégrer des éléments de storytelling et délivrer un message pertinent, convaincant de manière fluide en anglais. Être capable d'interagir en anglais.
- Organisation : structurer la présentation avec une introduction, un développement et une conclusion clairement identifiés. Formuler un message clé synthétique (« take-away message ») en une phrase.
- Prise de parole et langage corporel : développer une communication confiante et authentique grâce à l'ancrage, à la présence relationnelle et à une approche conversationnelle permettant de créer une connexion avec l'auditoire. Vérifier la compréhension et la prononciation des mots-clés. Utiliser des techniques pour améliorer l'expression orale en anglais (mots de liaison, filler words, phrases courtes, intonation persuasive).
- Supports visuels : diapositives contenant du texte récapitulatif uniquement. Des diapositives supplémentaires sont possibles si elles contiennent principalement des images ou des éléments visuels.
- Interaction : pendant la présentation et lors de la session de questions/débats.
- Assiduité : la validation du module d'anglais et l'attribution de la note sont conditionnées par une participation régulière aux cours.

Personnes ressources

- Peter LAKE et Alexandra NICHOLS (professeur d'anglais)

UE7 • Conception de projet

Justification et objectifs

L'UE7 constitue un élément structurant et original du programme de formation. Cette unité est le lieu d'exercice du passage de la pluridisciplinarité à la transdisciplinarité, où pourront être mise en évidence les démarches qu'implique la logique complexe et la pratique de l'agir/penser en complexité.

Certes, l'UE7 s'inscrit dans la pédagogie par projet, mais elle présente une originalité pédagogique liée aux modalités de fonctionnement du groupe de stagiaires et à la place donnée aux enseignants dans l'animation du groupe.

Le projet long n'est pas conçu comme un exercice d'application des savoirs enseignés, supervisé par le corps enseignant. Charpente du processus pédagogique, il proposera aux stagiaires et aux formateurs un travail collaboratif de bureau d'études pour co-construire un projet découlant d'une commande externe, sélectionnée pour permettre la mise en œuvre d'une ingénierie en complexité et de l'ensemble des enseignements de la formation. Le projet de l'UE7 est également en lien plus direct avec plusieurs modules d'enseignement, soit pour apporter les outils ou les méthodes nécessaires, soit pour induire la prise de recul et la réflexion qui conduiront à l'intégration de la complexité.

L'objectif prioritaire de la conception de projet est de mettre les stagiaires spécialistes en situation d'interdisciplinarité en leur proposant de travailler un sujet non directement connecté à leur spécialité d'origine, mais selon des approches et des méthodes possibles à réinvestir dans toute problématique d'éco-ingénierie, comme le requièrent, par exemple, les questions liées à la transition énergétique, à la gestion des ressources, à l'urbanisme, à l'adaptation au changement climatique, soit plus généralement à la conception durable de tout projet.

Quelle que soit le domaine technique du cas traité, la résolution du problème technico-économique doit s'insérer dans un faisceau de questions contextuelles liées à l'éthique, aux impacts environnementaux, au développement de filières, de territoires, etc., dans un processus d'éco-ingénierie.

Les objectifs pédagogiques prioritaires sont de :

- Mettre en œuvre les sciences de la conception dans l'interdisciplinarité.
- Rechercher des solutions satisfaisantes à travers une ingénierie en complexité.
- Déployer les principes et les valeurs du développement durable dans un projet d'ingénierie.
- Équilibrer l'expérimentation et l'innovation dans projet collectif soumis à obligation de résultat.

Éléments de contenus

- Les enseignants accompagnent les stagiaires à travers plusieurs temps de mise en perspective de l'avancement du projet pour susciter des réflexions sur le cap à tenir, les finalités, les contextes pluriels des acteurs impliqués et les enjeux concernés. L'évaluation invite à une réflexion à un méta-niveau, d'ordre épistémique, éthique et psychosocial sur la manière dont le projet est vécu à l'aune des principes d'une ingénierie systémique en complexité.

Moyens et méthodes pédagogiques et volume horaire

- Suivi personnalisé de chaque groupe (4 ou 5 stagiaires) par les encadrants de l'UE et par les commanditaires du projet. Divers contacts avec entreprises, prises de rendez-vous, etc … pour mener à bien le projet.
- Présentiel (15h), temps en autonomie (100h)

Modalités d'évaluation

- Dans ce schéma pédagogique, l'évaluation ne se bornera pas à constater l'acquisition de connaissances, ni même de compétences. L'évaluation sera elle-même envisagée comme un processus pédagogique dynamique à même de révéler la progression de certaines compétences. La prise en compte de la complexité du système humain dans ce processus d'évaluation conduit à envisager des modalités originales d'auto-évaluation formative et de co-évaluation.

- « *Évaluer des compétences, c'est mettre en situation la personne pour qu'elle agisse, en réponse à ses connaissances, certes, mais aussi eu égard à son contexte et à son histoire. Cela revient à modéliser en complexité la mise en situation active d'une personne en devenir, relativement à des objectifs, compte tenu de son contexte interne et externe… Dans ces conditions, la personne évaluée est partie prenante et ne peut que participer à la modélisation de l'évaluation, selon un processus de co-évaluation où l'apprenant et l'enseignant ont à délibérer sur les modalités à mettre en œuvre… En outre, puisque l'expression des compétences dépend du «contexte interne», c'est-à-dire de la psychologie et du vécu subjectif de la personne, il est également pertinent d'instaurer le principe de l'auto-évaluation.*» (Rossignol, 2018)
- Concrètement, cela se manifeste par l'invitation à pratiquer des temps de réflexivité individuels et collectifs tout au long du projet et pendant les restitutions de mi-projet et les soutenances finales.

Personnes ressources :

- Vincent GERBAUD (Chercheur CNRS)
- Axelle LOUISE (MAST Toulouse INP)

Ressources bibliographiques :

- Genelot, D., Manager dans (et avec) la complexité. Ed. Eyrolles, 2017
- Rossignol, J.Y. Complexité : Fondamentaux à l'usage des apprenants et des professionnels. EDP Sciences, 2018.

BONUS

Dans le programme de la formation, il existe deux activités « bonus » que sont :

- des conférences, organisées par les apprenants
- des « cours à la carte » qui sont organisés par le comité de pilotage en fonction des demandes spécifiques des apprenants (ex. des années précédentes : droit de l'environnement, art et transitions, sciences cognitives, conduite du changement,…)

Chaque année, entre 10 et 20 h heures sont allouées à ces séquences optionnelles

Mission en milieu professionnel

Le semestre 2 est consacré à une mission en milieu professionnel :

- Entreprise
- Association
- Collectivité
- Laboratoire
- Alternance
- Semestre entrepreneurial

La missions en milieu professionnel octroie 20 crédits ECTS, comprenant l'évaluation d'un rapport de mission et d'une soutenance démontrant les compétences acquises. La thèse professionnelle octroie 10 crédits ECTS.

La durée de la mission en milieu professionnel est de 6 mois. Cette période fait l'objet d'une convention d'accueil et est encadrée par un(e) tuteur/tutrice dans la structure d'accueil et un intervenant du MSEI.

L'évaluation procède selon une grille d'évaluation au travers de l'appréciation du tuteur/tutrice dans la structure d'accueil, du rendu écrit et d'une soutenance orale. Elle vise à rendre compte de la conduite d'un projet cohérent, tout en faisant ressortir les capacités d'analyse et de conceptualisation de l'apprenant et la manière dont il prépare l'apprenant à une entrée efficace dans la vie active. A l'instar du portefolio réflexif, la réflexivité pourra être mobilisée à cet effet.

Pour l'écrit,

- l'apprenant(e) rédige une thèse professionnelle visant à démontrer l'acquisition de connaissance et la préparation à une entrée efficace dans la vie active en développant un projet professionnel. Elle est centrée sur une problématique liée à sa période de mission en milieu professionnel ou un rapport de mission en milieu professionnel détaillant ses activités dans la structure d'accueil.
- La problématique traitée doit correspondre à une préoccupation actuelle en lien avec les thématiques abordées durant la formation et/ou dans la structure d'accueil de la mission en milieu professionnel. Cette conception autorise une grande variété de travaux, théoriques ou expérimentaux, pourvu que la rigueur scientifique soit respectée. Le caractère professionnel du travail effectué par les apprenants doit d'abord être apprécié au niveau de la problématique retenue et de son traitement envisagé qui doit être discuté et validé par le tuteur pédagogique MSEI et le responsable pédagogique du MSEI.
- La production écrite totale fera un maximum de 50 pages de corps, et maximum 20 pages d'annexes si besoin. Il doit être remis 15 jours avant la date de soutenance prévue.
- La production écrite s'appuie sur une rédaction de qualité notamment, un plan cohérent avec introduction et conclusion, des illustrations pertinentes, citées et discutées dans le texte, une démarche explicite, des résultats et des apprentissages analysés et critiqués et mis en perspective à travers une approche réflexive, une bibliographie, une syntaxe et une orthographe de qualité, ….
- Les consignes relatives à l'usage de l'IA s'appliquent particulièrement à la thèse professionnelle, à savoir que l'évaluation concerne la production originale de l'apprenant et la production de contenu et d'argumentation par l'AI n'est pas conforme à ces attentes.

Pour l'oral,

- à l'issu de la période de mission en milieu professionnel, l'apprenant(e) présente son travail pendant environ 25 minutes suivies d'une période d'échange avec le comité d'évaluation qui s'appuie sur la grille d'évaluation.
- Le comité d'évaluation est composé du référent de de la structure d'accueil, du tuteur pédagogique MSEI, d'un relecteur choisi parmi les intervenants du MSEI ou les membres du comité de pilotage. A titre exceptionnel le comité de pilotage peut valider d'autres relecteurs extérieurs à la formation.