Spécialisation Génie de l'Environnement : Eau et Economie Circulaire

Syllabus 2026-2027 spécialisation GEEC

Unités d'enseignement (UE) et éléments constitutifs d'UE (ECUE)	Heures	ECTS
UE 0 Harmonisation		
○ ECUE Système d'Information Géographique (SIG)	24	
○ ECUE Chimie des solutions (CHIS)	26	
○ ECUE Agro-écosystèmes (AGRE)	26	2
○ ECUE Hydraulique	28	(76 à 80h)
UE 1 Gestion de l'eau		
○ ECUE Hydrologie approfondie : bassin versant et milieu urbain (HABAMU)	40	4
○ ECUE Hydrologie des transferts (HTRA)	20	(60h)
UE 2 Économie circulaire		
○ ECUE Traitement des eaux (TRAI)	24	
○ ECUE Gestion des déchets (VALO)	22	4
○ ECUE Economie et Ecologie Industrielle (EEI)	21	(67h)
UE 3 Industries et milieux naturels		
○ ECUE Management environnemental	29	
○ ECUE Chimie des milieux aquatiques	22	4
○ ECUE Pollution atmosphérique	20	(71h)
UE 4 Projet en Economie Circulaire	75	4 (75h)
UE 5 Projet Long	120	8
Option UE6a Ingénierie de l'aménagement		
○ ECUE Impacts des aménagements industriels	8	
○ ECUE Risques et prévention	8	
○ ECUE Mécanique des sols	16	
○ ECUE Ingénierie des Ouvrages	18	
Option UE6b : Ingénierie du développement soutenable		
○ ECUE Ingénierie des procédés propres	20	
○ ECUE Industrie du carbone renouvelable	20	
○ ECUE Conception de procédés durables	20	
Option UE6c Impacts anthropiques		
○ ECUE Remédiation des sols	20	
○ ECUE Ecotoxicologie	20	4
○ ECUE Espace aquatique	20	(50 à 60h)
UE Entreprise		30
Total		60

Spécialisation Génie de l'Environnement : Eau et Economie Circulaire

UE0 - Harmonisation – 2 ECTS

SIG : (Système d'information géographique), tous les étudiants

Enseignants : David Sheeren

Durée : 8 h (cours), 16 h (TD)

Objectifs :

Globalement, ces cours et travaux dirigés ont pour objectif d'initier les étudiants aux principes des Systèmes d'Information Géographique (SIG) et à leur utilisation.

- *Cours « Introduction aux SIG »* : y sont exposés les principes fondamentaux des SIG.
Plan du cours : Définition d'un SIG, les composantes d'un SIG (données, méthodes, moyens humains et matériel), principales fonctionnalités, mode de représentation des données (*raster*, vecteur), structuration des données (modèles de stockage), référentiels et projections cartographiques (géoïde, ellipsoïde et systèmes géodésiques), géoréférencement. Les différentes notions sont illustrées dans le cadre des travaux dirigés.

- *Cours « Représentation du relief et modèle numérique de terrain »* : le but est de donner un aperçu des méthodes cartographiques utilisées pour représenter le relief et exposer les fondements théoriques relatifs à la création et à la manipulation de modèles numérique de terrain (MNT). Les notions vues au cours sont mises en application dans le cadre des travaux dirigés.

Plan du cours : Représentation du relief sur une carte (définition, points côtés, courbes de niveau, figurés spéciaux, éclairement et estompage, teintes hypsométriques). Caractéristiques générales des MNT (définition, mode de représentation, principes d'élaboration). Sources de données pour la construction de MNT. Méthodes d'interpolation spatiale : méthode d'interpolation globale (surface de tendance), méthodes d'interpolation locale (moyenne mobile, pondération par l'inverse de la distance, aperçu du krigeage). Informations dérivées des MNT : pente et orientation, direction d'écoulement (méthode D4 et D8), calcul des surfaces drainées, extraction des bassins versants et du réseau hydrographique, description topologique du réseau hydrographique.

Contenu des TD : Initiation aux logiciels ArcGIS (et extensions Spatial Analyst et 3D analyst) ainsi qu'au logiciel Idrisi.

1. Introduction aux fonctionnalités du logiciel ArcGIS
2. Géoréférencement d'une carte topographique (Idrisi)
3. Création et manipulation de MNT - analyse spatiale en mode *raster* (ArcGIS)
4. Gestion des réseaux
5. Modélisation et évaluation de la sensibilité des sols à l'érosion à l'échelle régionale en France (ArcGIS)

Evaluation : rapport écrit du projet mené en binôme sous SIG

Spécialisation Génie de l'Environnement : Eau et Economie Circulaire

CHIS Chimie des solutions, uniquement les étudiants de l'ENSEEIHT et de l'ENSAT

Enseignants : Philippe Behra, Mallorie Tourbin, Nelly Olivier

Durée : 26 h (cours)

Cet enseignement du module d'harmonisation « Chimie des solutions » de l'option Génie de l'Environnement est destiné à rappeler les notions d'équilibres chimiques (thermodynamique) et de se familiariser avec les méthodes de détermination des lois de vitesse associées aux réactions chimiques (cinétique chimique). Il comprend également une introduction sur les risques industriels et la réglementation REACH.

Syllabus

- Introduction à la notion de risque et cyndiniques, de la perception du risque aux outils déployés en milieu industriel (6h CM)
- Transformations thermodynamiques et chimiques d'un système : notions de thermodynamique (potentiel chimique, activités, équilibre)
- Les équilibres chimiques en solution aqueuse : réactions d'échange (oxydoréduction, acides-bases, complexation) ; équilibres solide-solution (précipitation, dissolution)
- Les solvants (eau et solvants non aqueux)
- Cinétique chimique en phase homogène

Objectifs :

Objectifs :

- Savoir écrire l'équation bilan associée à une réaction chimique (acide-base, oxydoréduction).
- Savoir effectuer le bilan matière découlant d'une réaction chimique.
- Savoir définir et calculer les paramètres de composition d'un système.
- Connaître le sens d'évolution des réactions chimiques prévu par la thermodynamique.
- Connaître des méthodes expérimentales de détermination de la vitesse d'une réaction chimique.
- Savoir déterminer la loi de vitesse d'une réaction chimique à partir des données expérimentales en employant la méthode appropriée en fonction des données disponibles :
    - méthode intégrale,
    - méthode des temps de réaction partielle,
    - méthode différentielle.
- Savoir déterminer (définir et intégrer) la loi de vitesse dans le cas :
    - d'une réaction totale à un ou plusieurs réactifs, catalysée ou pas,
    - des réactions composées (réactions équilibrées, réactions concurrentes, réactions consécutives)
    - des réactions complexes (par stade ou en chaîne) en utilisant l'approximation des états quasi-stationnaires et le mécanisme réactionnel.
- Savoir modéliser l'influence de différents paramètres sur la vitesse : température (loi d'Arrhenius) et présence d'un catalyseur.
- Définir et différencier les concepts de danger, risque et exposition
- Identifier les principaux dangers associés aux produits chimiques
- Comprendre les mécanismes de base de la toxicité chimique, des incendies et des explosions

- Comprendre les principes fondamentaux de la réglementation REACH et son impact sur la gestion des risques chimiques
- Sensibiliser à l'Evaluation des Risques Professionnels
- Comprendre les aspects réglementaires liés aux études de dangers et d'impact

Evaluation :
Examen écrit individuel

Spécialisation Génie de l'Environnement : Eau et Economie Circulaire

AGRE Agro-éco-systèmes, uniquement les étudiants de l'ENSEEIHT et de l'ENSIACET

Enseignants : Benjamin Pey, Asma Zened, Maialen Barret, Magali Willaume, Alexandre Wojciechowski
Durée : 19 h + visite exploitation agricole (1 journée)
Module obligatoire pour les élèves ENSEEIHT et ENSIACET.

Objectifs :
Introduire auprès des étudiants les concepts et enjeux généraux relatifs aux agroécosystèmes.

Programme

- 7h de cours magistral sur l'histoire et les grands principes de l'agronomie
- 2h de cours sur les systèmes d'élevage en agriculture
- 3h de cours de sciences des sols, introduisant les composantes physiques, chimiques et biologiques des sols
- 4h de cours concernant les cycles biogéochimiques et l'importance des acteurs microbiens
- 1 sortie d'une journée au sein d'une exploitation agricole pour illustrer les concepts vus en cours relatifs aux sciences végétales, sciences des sols et des systèmes d'élévage.
- 3h de TD de présentation de séminaires par groupes d'étudiants sur des sujets complémentaires aux cours dispensés, et permettant de mobiliser les éléments vus en cours.

Objectifs :

- Connaître les concepts principaux nécessaires à la compréhension des agroécosystèmes et leur fonctionnement, relatifs aux sciences végétales, science des sols, aux systèmes d'élevage et leur interaction.
- Connaitre les enjeux majeurs actuels auxquels font face les agroécosystèmes, notamment en France, et les ancrer dans le contexte socio-économique actuel

Evaluation : évaluation de la présentation du séminaire, tant sur le contenu que sur la forme.

Spécialisation Génie de l'Environnement : Eau et Economie Circulaire

HYDR Hydraulique, uniquement les étudiants de l'ENSIACET et de l'ENSAT

Enseignants : Dominique Astruc et Hélène Roux

Durée : Hydraulique : 20h + 8 h (TP)
Module obligatoire pour les élèves ENSAT et ENSIACET

Objectifs :
Introduire les principaux concepts de la modélisation hydraulique des écoulements unidimensionnels permanents et transitoires en charge et à surface libre.

Syllabus
Ecoulements en conduite en charge. Principes généraux d'hydraulique, Définition d'un écoulement en charge, Régimes d'écoulement, Notions de pertes de charge linéaires et singulières, Réseaux de conduites, Pompes et turbines.
TP : Pertes de charge en conduite.

Hydraulique à surface libre :
Introduction (Ecoulements à surface libre – Milieux, Morphologie des fonds, Approximations de l'hydraulique – limites de validité), Ecoulements graduellement variés stationnaires 1D (Approches de modélisation – Utilisation des principes de conservation, Conservation de l'énergie – Energie spécifique – Hauteurs conjuguées, Equation de la courbe de remous, Modélisation de la Dissipation - Frottement au fond, Ecoulement uniforme, Etude du comportement générique des écoulement – Typologie des profils de hauteur), Ecoulements rapidement variés (Conservation de la quantité de mouvement – Impulsion, Ressaut hydraulique, Seuils – contraction – vanne, Mesures des débits).
TP : Vanne de fond et déversoir

Evaluation :
1 examen écrit (67 %)
2 TP (16 % chacun)

Bibliographie :
S. Bennis, 2009. Hydrologie et hydraulique, Presses de l'Université du Québec.
M. Carlier, 1972. Hydraulique générale et appliquée, Eyrolles (EDF).
W. H. Graf, 2011. Hydraulique Fluviale. Traité de Génie Civil de l'Ecole Polytechnique de Lausanne : Vol.16.
I. E. Idel'cik, 1986. Mémento des pertes de charge, Eyrolles (EDF).
A. Lencastre, 1995. Manuel d'hydraulique générale, Eyrolles (EDF).
O. Thual, 2024. Hydraulique pour l'ingénieur généraliste, Cépaduès Editions.

Spécialisation Génie de l'Environnement : Eau et Economie Circulaire

UE1 – Gestion de l'eau (4 ECTS)

HABAMU Hydrologie Approfondie : Bassin versant et Milieu Urbain, cours à l'ENSEEIHT

Enseignants : Hélène Roux + Mohamed Saadi

Durée : 40h, 12 séances de CM 1h45 – 11 séances sur ordinateurs de 1h45

Cours en anglais.

Objectifs :
Ce cours d'hydrologie générale pour l'ingénieur a pour objectif l'étude de la façon dont l'eau s'écoule en surface et en subsurface et les processus hydrologiques intervenant dans un cycle d'eau continentale à l'échelle du bassin versant. Il vise également à élucider les modifications de ce cycle d'eau « naturel » induites par l'urbanisation.

Syllabus
- Présentation du "grand" cycle de l'eau (hydrologie des bassins versants) : Interception, Fonte des neiges, Évapotranspiration, Infiltration, Réponse hydrologique, Ruissellement de surface et chemins de l'eau
- Présentation du "petit" cycle de l'eau (systèmes urbains)
- Questions relatives à la collecte et à l'analyse des données
- Mise en œuvre d'un modèle hydrologique
- Bases de l'hydrologie statistique
- Apprentissage basé sur la théorie, sur des cas d'application pratiques et sur des projets

Evaluation :
1 projet en hydrologie des bassins versants : 40%.
1 projet en hydrologie urbaine (réseau de distribution, système de drainage urbain) : 40%
1 Examen - Sélection de questions basées sur les exercices proposés tout au long du cours et disponibles sur Moodle : 20%.

Bibliographie
Beven, 2012. Rainfall-Runoff Modelling: The Primer, Second Edition. John Wiley & Sons, Ltd.
Maidment, D. R., 1993, Handbook of Hydrology, McGraw-Hill International Edition.
Roche et al., 2012. Hydrologie quantitative - Processus, modèles et aide à la décision. Springer.

Supports de cours écrit :
Roux, H. 2023. Hydrologie des bassins versants. Support de cours ENSEEIHT.
Saadi, M. 2023. Hydrologie urbaine. Support de cours ENSEEIHT.

Spécialisation Génie de l'Environnement : Eau et Economie Circulaire

HTRA Hydrologie des transferts, cours à l'ENSEEIHT

Enseignant : Gérald Debenest + intervenants

Durée : 10 séances de CTD sur ordinateur

Objectifs :
Ce cours a pour objectif de présenter une approche qualitative des phénomènes de transport de quantité de mouvement et de matière en milieux souterrains.

Syllabus
On utilise les lois d'écoulements en milieux poreux, en particulier les équations de Darcy saturé et on présentera les concepts des écoulements insaturés. Partant de l'échelle locale, on construira les équations macroscopiques permettant de représenter un écoulement réactif à la plus grande échelle. On se penchera sur de courts exercices d'application ainsi qu'un projet réalisé avec un outil dédié.

Evaluation
Rapport final par binôme

Bibliographie
Chimie et environnement - Cours, études de cas et exercices corrigés

Spécialisation Génie de l'Environnement : Eau et Economie Circulaire

UE2 – Économie Circulaire (4 ECTS)

Objectifs d'apprentissage :

Cette UE fournit un éclairage sur les différents fondamentaux de l'économie circulaire, qui seront à approfondir au cours de l'UE projet : PROJEC.

A l'issue de l'UE ECONOMIE CIRCULAIRE, l'étudiant sera capable :
- maitriser les bases des techniques de traitement classiques dans la production de l'eau potable, traitement des eaux usées et des boues, des opérations unitaires de traitement liquide/solide par une approche de génie des procédés.
- discerner les enjeux du traitement des déchets et de maitriser les principes de base de ces traitements
- d'identifier les enjeux socio-économiques et politiques de l'économie circulaire et de la bioéconomie circulaire
- d'identifier les enjeux territoriaux et organisationnels liés à la mise en œuvre de projet d'économie circulaire.

Lien avec le référentiel de compétences ENSAT :
L'UE forme aux apprentissages critiques suivants :
DIAGNOSTIQUER 3.1 : Sélectionner et mettre en œuvre des méthodes d'analyse et de traitement pertinentes en fonction de la demande du prescripteur
VALIDER 3.1 : Manipuler des données complexes par leur hétérogénéité ou leur taille
VALIDER 3.2 : Évaluer les enjeux et les conséquences de la décision découlant des résultats
GERER 3.1 : Identifier les parties prenantes, leurs interactions ainsi que leur influence sur le projet, en tenant compte des différentes dimensions impactant le projet (technique, qualité, sociétal, environnemental, politique,…)

TRAI Traitement des eaux

Enseignants : Marion Alliet (A7) et Pierre-Yves Pontalier (A7)

Durée : 24 h (cours et sortie)

Objectifs :
Par une approche de génie des procédés, faire connaître les techniques de traitement classiques dans la production de l'eau potable, traitement des eaux usées, puis étude des opérations unitaires de traitement liquide/solide, manipulation

Programme :

Intitulés	Intervenants	durées
Méthodologie de traitement des eaux et assainissement – cas d'une station d'épuration	Marion Alliet Gaubert	10h (CM)
Procédés et opérations unitaires de traitement liquide/solide	Pierre-Yves Pontalier	10h (CM)
Visite d'une station d'épuration et d'un site de réutilisation des eaux		4h

traitées		

Programme détaillé :

- Traitement de l'eau potable :

Traitements classiques : coagulation-floculation, décantation, filtration, désinfection... ;
Dessalement des eaux saumâtres et des eaux de mer ;
Nouveaux traitements : procédés membranaires, nitrification, dénitrification.
Dimensionnement des opérations unitaires : filtration, filtration membranaire, chromatographie et décantation/centrifugation

- Assainissement :

- Informations générales
  - Contexte
  - Lois et organisation
- Caractérisation des effluents urbains ;
  - Types d'eau
  - Polluants et mesures
- Prétraitements : stockage, dégrillage, tamisage ;
- Traitements primaires ;
- Traitements secondaires.
  - Aérobiques
    - TP de calcul de bilan d'une installation
  - Anaérobiques
- Modèles des réactions de biodégradation

VALO Gestion des déchets

Enseignant : Maialen Barret et Maritxu Guiresse
Durée : 20 h (cours, TD et visites)

Les boues d'épuration sont le sous-produit du traitement des eaux. La gestion de ce sous-produit doit être intégrée dans la gestion globale des eaux usées et, beaucoup plus globalement, dans la gestion des déchets au sein des territoires. Différentes options sont techniquement envisageables pour gérer les déchets : **incinération, mise en décharge, traitements physico-chimiques, compostage, méthanisation et épandage**. Certaines de ces options sont compatibles avec une valorisation du potentiel de fertilisation (reposant sur les éléments minéraux et matière organique) et du potentiel énergétique (reposant sur la matière organique convertible par méthanisation). Elles contribuent alors à une **circularisation de flux**, contrairement à l'élimination par incinération ou mise en décharge qui s'inscrivent dans une logique **d'économie linéaire** (Eurostat, 2016).

A l'issue de ce module, les étudiants :
- connaîtront les différentes options de gestion des boues d'épuration et autres déchets, leurs prescriptions techniques, réglementaires, leurs avantages, leurs contraintes et leurs limites notamment en termes d'impact environnemental.

- seront capables de **dimensionner** une filière de valorisation de boues d'épuration, en quantifiant les principaux flux de matière, d'énergie et de minéraux, en considérant les contraintes réglementaires, locales et territoriales.

Programme :

Intitulés	Intervenants	Durées
Valorisation, traitement et élimination des Déchets	M. Barret	8h CM
Visite d'une unité de valorisation des boues par compostage	M. Barret	4h Visite
Travaux de groupes	Autonomie	4h TA
Restitution orale des travaux	M. Barret	2h TD
Épandage	M. Guiresse	4h TD

EEI : Economie Ecologie Industrielle

Enseignants : G. Nguyen, V. Olivier-Salvagnac et Intervenants extérieurs

Durée : 21 h (Cours/TD) + visite (une journée)
Éléments de cadre théorique sur la bioéconomie, l'écologie industrielle et l'économie circulaire

Objectifs :
Ce module vise à apporter des outils économiques pour identifier les freins et leviers au développement de projets d'économie circulaire territorialisés. Il met l'accent sur l'importance de considérer l'articulation entre les dimensions techniques, financières, organisationnelles, institutionnelles et territoriales des projets d'EC. Les enseignements théoriques s'appuieront sur une diversité de projets (nature des coproduits, type de process, taille, parties prenantes, etc.).
Ce module sera étroitement articulé avec d'autres modules portant sur les aspects techniques et juridiques de gestion et valorisation des déchets (UE2, UE3).

Programme :

Intitulés	Intervenants	Durées
Fondamentaux de l'économie circulaire et de la bioéconomie	V. Olivier	2h CM
Enjeux Organisationnels de l'économie circulaire dans les territoires	N. Nguyen	4h CMTD
Lancement Atelier QSORT	V. Olivier	4h TD
Préparation Q-SORT suite	Autonomie	2h TA
Restitution Q-SORT	V. Olivier	2hTD
Forum de l'économie circulaire		7h visite

Approches pédagogiques

Objectif apprentissage 1: Définir et évaluer des méthodes appliquées de gestion de l'eau à l'appui de l'exemple d'une station d'épuration

Approches pédagogiques : cours, étude de cas

Objectif apprentissage 2 : Définir et évaluer des méthodes appliquées de traitements des déchets.
Approches pédagogiques : cours, visite, d'étude de cas en sous-groupe

Objectif apprentissage 3 : Diagnostiquer une politique ou une stratégie d'acteur relatives à l'économie circulaire sur la base des cours et d'étude de cas.
Approches pédagogiques : cours, étude de cas en sous-groupe

Modalités d'évaluation

ECUE 1 : TRAITEMENT DES EAUX (1/3)
QCM (station d'épuration).

ECUE 2 : GESTION DES DECHETS (1/3)
Compte rendu Épandage (50%) ; soutenance orale travaux de groupe (50% évaluation croisée).

ECUE 3 : MODULE ECONOMIE ECOLOGIE INDUSTRIELLE- ex Acteurs économiques (1/3)
Soutenance travaux de groupe : sondage et restitution QSORT évalués à l'aide d'une grille (50%).

Bibliographie :
Aggeri F, Beulque R, Micheaux H (2023) L'économie circulaire, La découverte, Repères économie.

Autres ressources :
- ADEME
- ISO AFNOR
- Techniques de l'ingénieur

Spécialisation Génie de l'Environnement : Eau et Economie Circulaire

UE3 – Industries et milieux naturels (4 ECTS)

Management environnemental (ME), cours à l'ENSAT et à l'A7 pour les TD sur logiciel Simapro

Droit (12h), Bilan carbone/ACV (7h CM), ACV (10h TD)

Enseignant : Avocat (intervenant extérieur), Claire Vialle, Caroline Sablayrolles.

Durée : 29h (cours, conférences, TD)

Objectifs :

Montrer la logique de la règlementation Européenne sur la protection des biens, du milieu naturel et des personnes et leurs applications à la législation française. Il s'agira de faire un état des lieux de la règlementation et de son application.
Connaitre les bases du Bilan Carbone
Maitriser les bases de la démarche d'une analyse de cycle de vie : principes, étapes, potentialités
Appliquer une méthode d'évaluation de l'impact environnemental d'un produit ou d'un procédé (études de cas sur logiciel Simapro)

Syllabus :
Ce module présente la problématique des risques environnementaux liés aux activités anthropiques.

- Droit de l'environnement (présenté par un intervenant extérieur), fera un point sur les différentes lois régissant l'eau, l'air, les déchets, la protection des milieux naturels et les installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE, 4*3h CM)**.**
- Analyse de cycle de vie et Bilan Carbone au service du management environnemental, (3h CM sur BC, 4h CM sur ACV, 4h TD sur excel, 2x3h TP sur Simapro)

Evaluation : Compte rendu de TD ACV (50%)

Bibliographie :

G. Jousse, *Traité de riscologie - La science du risque*, Imestra Éditions, 2009, 2015, 2e édition

J. Salamitou, *Management Environnemental - Application à la norme ISO 14001,* Dunod Éditions, 2004.

Saadé-Sbeih M., Olivier Jolliet O., 2024. *Analyse de cycle de vie : comprendre et réaliser un écobilan*, 4e edition - Collection Epfl-press, 348 pages

Spécialisation Génie de l'Environnement : Eau et Economie Circulaire

POLU Pollution atmosphérique, cours à l'ENSIACET

Enseignante : Valérie Simon, intervenants extérieurs

Durée : 22 h (cours et projets)

Objectifs :
Connaître les principales problématiques liées à la qualité de l'air
Acquérir des connaissances générales utiles pour la compréhension des phénomènes

Syllabus
- L'atmosphère
- Principales problématiques liées à l'atmosphère
- Caractérisation (qualitative et quantitative) des émissions des principaux polluants atmosphériques
- Echantillonnage et analyse des composés atmosphériques
- Le dispositif de surveillance de la qualité de l'air en France
- Technologies utilisées pour le traitement de l'air et des effluents gazeux

Evaluation
Travaux de groupe (rapport et soutenance)

Bibliographie
Wayne R.P., Chemistry of atmospheres, Third Edition, Oxford University Press, 2000.
Finlayson-Pitts B.J. et Pitts J.N., Chemistry of the upper and lower atmosphere, Academic Press, 2000.
Stull R.B. ; An introduction to boundary layer meteorology, Kluwer Academic Publishers, 1988.
Le Cloirec P. ; Les Composés Organiques Volatils (COV) dans l'environnement, TEC&DOC, Lavoisier, Paris, 1998.
Renoux A. et Boulaud D. ; Les aérosols – Physique et Métrologie, TEC&DOC, Lavoisier, Paris, 1998.

Spécialisation Génie de l'Environnement : Eau et Economie Circulaire

PHYS Chimie des milieux aquatiques, cours à l'ENSIACET

Enseignant : Philippe Behra
Durée : 20 h (cours)

Objectifs :
Acquérir des connaissances concernant la physico-chimie des eaux (composition des eaux, spéciation des métaux, matière organique, techniques analytiques, utilisation de logiciels de spéciation, interactions aux interfaces liquide-solide…) afin de comprendre et interpréter les perturbations dues aux activités anthropogéniques et y remédier dans des systèmes complexes.

Syllabus

* Composition chimique des eaux
  - Eaux de surface, des sols
  - Effluents (eaux usées, eaux industrielles, eaux agricoles…)

* Caractérisation physico-chimique des eaux
  - Séparation dissous-particulaire, fractionnement et analyse
  - Spéciation et toxicité

* Calculs de spéciation
  - Présentation d'un logiciel
  - Utilisation et intérêt (études de cas)

* Interactions aux interfaces liquide-solide
  - Importance et rôle
  - Isothermes de sorption, mécanismes de sorption
  - Processus de dissolution

Evaluation

Bibliographie

Berner, E. K. Et Berner, R. A. ; *Global Environment: Water, Air, and Geochemical Cycles,* Prentice-Hall, Englewood Cliffs, 1996.

Bliefert, C. et Perraud, R. ; *Chimie de l'Environnement : Air, Eau, Sols, Déchets,* De Boeck Université, Paris, Bruxelles, 2001.

Buffle, J. ; *Complexation Reactions in Aquatic Systems ; an Analytic Approach,* Ellis Horwood Publ., Chichester, 1988.

Doré, M. ; *Chimie des Oxydants et Traitement des Eaux ;* TEC&DOC, Lavoisier, Paris, 1989.

Rodier, J. ; *L'Analyse de l'Eau,* 9ème éd., Dunod, Paris, 2009.

Schwarzenbach, R. P., Gschwend, P. M. et Imboden, D. M. ; *Environmental Organic Chemistry,* 2ème éd., Wiley-Interscience, New York, 2003.

Sigg, L., Behra, Ph. et Stumm, W. ; *Chimie des Milieux Aquatiques*. 4ème éd., Dunod, Paris, 2006

Stumm, W. et Morgan, J.J. ; *Aquatic Chemistry*. 3ème éd., Wiley-Interscience, New York, 1996.

Spécialisation Génie de l'Environnement : Eau et Economie Circulaire

UE4 – Projet en économie circulaire (4 ECTS)

Enseignant.es : Maritxu Guiresse, Maialen Barret, Caroline Sablayrolles, Claire Vialle, Geneviève Nguyen, Pierre-Yves Pontalier
Durée : 75h de séances tutorées, intervenants extérieurs (Melissa Martin, Cyril Adoué, Sandrine Nieto, Axelle Louise), visites de site

Objectifs :

- Identifier les enjeux et la diversité des approches de l'économie circulaire et de la bioéconomie
- Interroger les enjeux organisationnels soulevés par la mise en place d'un projet d'économie circulaire local.
- Appliquer la démarche d'une analyse de cycle de vie : principes, étapes, potentialités et limites.

Programme :
Au format d'apprentissage par projet, les étudiants travailleront par groupe à concevoir un système d'économie circulaire à partir d'une problématique authentique. Ils pourront par exemple s'intéresser à la valorisation des boues produites par la station d'épuration de Ginestous, à la valorisation du bois de châtaignier dans les Cévennes, ou encore au développement de la filière chanvre dans le Tarn. Pour accompagner cet apprentissage par projet, se succèderont des séances de tutorat sur :

- Enjeux économiques des filières
- Étude des procédés et acquisition des données techniques
- Analyse du cycle de vie sur Simapro
- Analyse du procédé et amélioration de l'organisation
- Analyse réglementaire

Cette démarche de conception sera également nourrie par :

- Visites terrain
- Retour d'expérience d'acteurs de terrain, selon les années : collectivité, élu, association, entreprise

Compétences

- Concevoir : Innover en tenant compte d'un contexte – CONC 3.1 et CONC 3.2
- Gérer un projet : Mener un projet complexe multiacteurs, en autonomie – GERER 3.1
- Conseiller : Contribuer au changement dans un contexte multi-acteurs et multi-échelles – CONS 3.1, 3.2, 3.3

Évaluation

- Soutenance travaux de groupe (CONC 3.1 et CONC 3.2, 75%)
- Portfolio individuel de validation des compétences GERER ou CONS (25%)

Spécialisation Génie de l'Environnement : Eau et Economie Circulaire

UE5 - Projet long (8 ECTS)

Enseignants : G. Debenest, P.-Y. Pontalier,

Durée : 45 h (alternants), 120h (FISE)

Objectifs :
Réaliser un projet d'envergure représentatif du métier d'ingénieur. Utiliser toutes les connaissances acquises durant la formation. Participer à un travail d'équipe.

Syllabus
Le choix (et la définition des projets de groupe et de binôme) est laissé à l'initiative des étudiants en respectant des contraintes thématiques et organisationnelles. Les projets de groupe intègrent et fédèrent les projets de plusieurs binômes. Chaque groupe invite un intervenant extérieur pour une conférence générale et une expertise sur le projet. Présentation du travail sur un support informatique gérant des fichiers hypertexte (Netscape et html) afin de créer une véritable dynamique de groupe tout au long de l'enseignement. Soutenance finale des projets avec présentation à un large public.

Compétences (selon les sujets)
- Diagnostiquer : Produire un rapport d'opportunités de développement en proposant une démarche – DIAG 3.1 et 3.2
- Gérer un projet : Mener un projet complexe multiacteurs, en autonomie – GERER 3.1, 3.2, 3.3
- Communiquer : Adapter sa communication à un public extérieur et à la situation en représentant une entité (soi-même, un groupe de travail, un organisme, une entreprise) – COM 3.1

Evaluation :
Soutenance orale en fin de projet

Spécialisation Génie de l'Environnement : Eau et Economie Circulaire

UE6 - UE optionnelles (4 ECTS)

Chaque élève doit choisir une des trois UE ci-dessous

UE6a : Ingénierie de l'aménagement

Impacts des aménagements industriels sur l'environnement, cours à l'ENSEEIHT

Enseignant : J. Brebion (Eaucea)

Durée : 8 h

Objectifs :

Ce module environnement a pour but de sensibiliser les élèves ingénieurs à la prise en compte de la protection de l'environnement au cours de leur future activité professionnelle.

Contenu :

1/ Aménagements hydrauliques - les études d'impact sur l'environnement - l'aménagement doux des cours d'eau - l'eau milieu vivant
2/ Environnement et entreprise - les plans environnement-entreprise - les déchets classiques et industriels
3/ La pollution de l'air et des sols

Risque et prévention

Enseignant : E. Nazare (EDF)

Durée : 10 h

Objectifs :

Sensibiliser les étudiants aux notions de risques dans les contextes industriels et environnementaux. Présentation des méthodes d'analyse.
Contenu :
Sensibiliser les étudiants aux notions de risques dans les contextes industriels et environnementaux. Présentation des méthodes d'analyse.

Evaluation :

Mécanique des sols, cours à l'ENSEEIHT

Enseignant : P. Laheurte (CEREMA)

Spécialisation Génie de l'Environnement : Eau et Economie Circulaire

Durée : 16 h

Objectifs :

Obtenir les notions de base en mécanique des sols afin d'être en mesure de dialoguer avec des géotechniciens

Contenu :
- Qu'est ce qu'un sol ?
- classification des sols

-L'eau dans le sol
- Résistance des sols
- Reconnaissance au labo et in-situ

Evaluation :

Ingénierie des ouvrages, cours à l'ENSEEIHT

Enseignants : M. Cubaynes

Durée : 18h

Objectifs :

Montrer comment utiliser les acquis d'apprentissage pour la conception et la réalisation d'aménagements hydrauliques et hydroélectriques.

Contenu :
L'hydrologie d'un aménagement, les ouvrages de prise d'eau, d'amenée et de restitution, les turbines et la puissance disponible, les impacts environnementaux et leurs mesures de réduction. Règlementation à appliquer.

Evaluation :

Spécialisation Génie de l'Environnement : Eau et Economie Circulaire

UE6b : Ingénierie du développement soutenable

INPP Ingénierie des procédés propres, cours à l'ENSIACET

Enseignants : C. Gourdon et P. Cognet

Durée : 20 h (cours)

Objectifs :
Sensibiliser les étudiants à la notion d'ingénierie de procédés intrinsèquement propres et sûrs, de façon à minimiser l'impact environnemental, sur la base de deux aspects complémentaires, l'un préventif au niveau de la conception même, l'autre curatif au niveau du traitement des effluents.

Syllabus
– Conception de procédés propres et sûrs
Conception et détermination des conditions de fonctionnement de procédé sous contraintes environnementale et de sécurité
Sécurité des procédés : risques industriels, maîtrise du risque énergétique
– Procédés de traitement des effluents
Techniques séparatives appliquées au traitement des effluents et à la régénération/recyclage de solvants : revue des opérations unitaires (distillation, extraction, cristallisation, absorption, adsorption) ; application au cas de traces

Bibliographie
D.A. Crowl, J.F. Louvar, Chemical Process Safety , Fundamentals with applications, 2nd Ed., 2002, Prentice Hall PTR
Treybal, Unit Operations

Spécialisation Génie de l'Environnement : Eau et Economie Circulaire

Industrie du carbone renouvelable, cours à l'ENSIACET

Durée : 20 h

- Energies Biosourcées : P. De Caro, 8h

Objectifs : Connaître les différentes filières de production des biocarburants, les matières premières et les produits visés, Maîtriser les concepts de base des procédés associés à ces filières, Connaître les apports de la chimie et de la catalyse pour ces technologies, Connaître et savoir identifier les bénéfices techniques et environnementaux des technologies mises en œuvre.

Cours :

- Contexte et enjeux de la production d'énergies biosourcées : sensibilisation aux données socio-économiques, techniques et environnementales liées au développement de carburants alternatifs,
- Production de biocarburants de première génération,
- Production de biocarburants de seconde génération,
- Production de biocarburants de troisième génération,
- Méthanisation,
- Prise en compte des aspects environnementaux intégrés dans les analyses d'écocompatibilité.

Evaluation : Epreuve

- Bioraffinerie : P.Y. Pontalier, 2h40

Objectif : Découvrir les étapes unitaires de la bioraffinerie industrielle, évaluer la mutation de ces procédés vers une valorisation intégrale des cultures. Définir la problématique liée à la raffinerie des huiles et des fibres.

Cours : Bioraffinerie des oléagineux et des plantes lignocellulosiques
Evaluation : QCM

- Éco-conception : P. De Caro, 2h40

Objectifs : Etre sensibilisé à une démarche en éco-conception et au cadre normatif, être capable d'anticiper les choix technologiques dans le cadre d'une approche en éco-conception, connaître les outils de l'éco-conception et leur champ d'application, savoir mettre en œuvre une analyse multicritère sur une filière de transformation/production, savoir présenter les résultats en termes de performances environnementales et technologiques.

Cours :

- Cadre normatif pour l'éco-conception,
- Les outils de l'éco-conception,
- Méthodologie de l'analyse multi-critères,
- Applications aux activités en R&D, aux filières agro-industrielles et au transfert de technologie.

Evaluation : QCM

- Développement de produits bio-fonctionnels : Sophie Thiebaud, 5h30

Objectifs : Connaître les voies de transformations et de fonctionnalisation des matières premières végétales, connaître les propriétés physico-chimiques et fonctionnelles des principales catégories de produits biosourcés, connaître et savoir appliquer les

méthodologies de substitution de produits fossiles, intégrer et relier les différentes étapes de la conception sous forme d'une chaîne de production intensifiée.

Cours : ce cours porte sur l'élaboration de bioproduits innovants et plus sûrs que les produits conventionnels. Il aborde les différentes étapes de la conception d'un produit biosourcé, de la matière première à l'application visée :

- Définition d'un bioproduit et contexte de développement
- Spécifications / avantages des principaux bioproduits
- Méthodes de conception par formulation inverse
- Procédés de synthèse à partir de molécules plate-formes
- Propriétés physico-chimiques des bioproduits en lien avec leur formulation
- Aspects environnementaux et sanitaires

Le cours s'appuie de nombreux exemples dans le domaine des biosolvants, biolubrifiants, biotensio-actifs, plastifiants, revêtements…

Evaluation : QCM

Transport et réaction en milieu poreux : P. Behra (2h40)

Spécialisation Génie de l'Environnement : Eau et Economie Circulaire

Conception de procédés durables (CPD), cours à l'ENSIACET

Enseignants : L. Barthe, P.-Y. Pontalier

Durée : 20 h (cours, TD, projet)

Objectifs :

L'objectif est de cours est d'apporter les connaissances scientifiques et techniques sur des nouveaux procédés de production, qui seront utilisés dans les nouvelles filières en cours de développement.

Syllabus

Procédés d'extraction et fractionnement des plantes (extrusion, pulpeur) (2h)
Intensification des procédés (US, CO_2 supercritique, microréacteur) (4h)
Réacteurs multifonctionnels (4h)

Projet : dimensionner des installations de production dans les nouvelles filières

Spécialisation Génie de l'Environnement : Eau et Economie Circulaire

UE6c : Impacts anthropiques

SolRem Remédiation des sols, cours à l'ENSAT

Enseignants : Benjamin Pey, P. Behra

Durée : 20 h (Cours/tutorat/visite)

Objectifs :
La déprise industrielle des années 1960-70, l'urbanisation croissante et son renouvellement, a provoqué l'héritage de nombreux sites et sols pollués (SSP). L'objectif du module SolRem est de permettre aux étudiants d'appréhender les enjeux nombreux liés aux sites et sols pollués, notamment les enjeux sanitaires et environnementaux et dans une moindre mesure les sensibiliser aux enjeux réglementaires sous-jacents, économiques et sociaux. Le module leur permettra d'acquérir la maîtrise de la méthodologie actuelle de diagnostic des SSP et d'avoir des notions des pratiques de réhabilitation s'en suivant. Enfin, il permettra aussi de pointer les débouchés professionnels actuels et futurs en lien avec les compétences des ingénieurs des trois écoles de l'INP (ENSAT, ENSIACET, ENSEEIHT).

A l'issue de l'enseignement, les étudiants sauront :
- décrire : l'origine historique des sites et sols pollués, leur typologie (ex : type de pollution), les mécanismes qui conduisent à expliquer les enjeux sanitaires et environnementaux résultants, et enfin l'historique de l'évolution du cadre réglementaire associé.
- diagnostiquer les risques sanitaires relatifs à un SSP et proposer un plan de gestion adapté, en appliquant la méthodologie actuelle de gestion de sites et sols pollués
- décrire les principales perspectives de réhabilitation d'un sol pollué, notamment ils connaîtront les avantages et inconvénients des différentes approches de remédiation des pollutions, physico-chimiques et biologiques (efficacité, coût, mise en œuvre…).
- quelles sont les perspectives d'évolution des pratiques actuelles de gestion des sites et sols pollués et les fronts de connaissance associés.
- notamment, être conscient des limites de la méthodologie actuelle qui est centrée sur le risque sanitaire mais délaisse encore trop les autres risques (environnementaux, sociaux etc...)

Syllabus :
- 1 CM (2h) sur la définition, l'origine historique, la présentation des enjeux et le cadre réglementaire des SSP (B. Pey, AgroToulouse)
- 1 CM (2h) et une journée de sortie sur un SSP (site de la mine de Salsigne) pour illustrer par un cas concret les enseignements théoriques et pratiques dispensés en cours (P. Behra, ENSIACET)
- 1 journée et demi de TD pour mettre en œuvre la méthodologie actuelle de diagnostic des SSP, sur la base de documents réels d'un cas concret de SSP (O. Autrand, Grand Paris Amenagement, B. Pey AgroToulouse)
- 1 intervention CM (2h) d'une professionnelle de la gestion des SSP pour compléter le cas d'étude, ingénieur agronome (O. Autrand, Grand Paris Amenagement)
- 1 CM (2h) sur les méthodes actuelles et futures de traitements physico-chimiques des SSP (P. Behra, ENSIACET)

- 1 CM (2h) sur les méthodes actuelles et futures de dépollution des sols par voie biologique (Clarisse Létondor, ORTEC)

Evaluation :
La demi-journée de TD fera l'objet d'une production de document qui sera évalué.

Spécialisation Génie de l'Environnement : Eau et Economie Circulaire

ESPA Espaces aquatiques, cours à l'ENSAT

Enseignants : S. Jean (responsable), Arnaud Elger

Durée : 20 h (cours)

Objectifs :
Donner aux élèves les connaissances permettant de gérer l'eau des réseaux hydrauliques superficiels ou des nappes superficielles pour les usages agricoles (irrigation) et para-agricole (tourisme) au travers des critères de qualité, de droit et d'usage.

Syllabus
* Les analyses de l'eau et la qualité des eaux, les échanges eau-sédiments. Les eaux souterraines, estimation des réserves et des conductivités hydrauliques, protection des captages des eaux souterraines
* Les usages de l'eau et la gestion globale de la ressource en eau
* L'aménagement des rivières (environnement, pêche, populations piscicoles migratrices, tourisme...)
* Utilisation des eaux continentales en milieu tropical (irrigation et pisciculture)
La formation est structurée autour de trois axes :

1. De la directive cadre sur l'eau aux contrats de rivières, quelques pistes pour mieux comprendre la gestion des hydrosystèmes en France.

2. Etude des principaux impacts anthropiques sur les hydrosystèmes (sur-exploitation, fragmentation et modification des habitats, pollutions organiques et chimiques, introduction d'espèces, changement climatiques).

3. Aménagement et gestion des hydrosystèmes en réponse à ces impacts (conservation, restauration, entretien).

La formation a lieu sous la forme de cours et de conférences données par des professionnels, représentants de l'Agence de l'eau, de l'ONEMA, de la société EDF. Une à deux visites sont organisées sur le terrain.

Spécialisation Génie de l'Environnement : Eau et Economie Circulaire

ECOT Ecotoxicologie, cours à l'ENSAT

Enseignant : S. Jean-Dupuy et E. Pinelli

Durée : 20 h (6h de cours et 14h de TD encadré sur un projet)

Objectifs :
L'objectif de ce module est d'acquérir des compétences pour comprendre et prévoir les risques écotoxicologiques et les conséquences pour les écosystèmes terrestres et aquatiques de substances chimiques (seules ou en mélanges) de déchets et de matériaux qui pourraient se trouver dans les milieux naturels.

Syllabus

Pourquoi surveiller la qualité des milieux ? Les catastrophes industrielles et la prise de conscience conduisant à la nécessité de légiférer : quelques éléments de réglementation.
Qu'est-ce qu'un polluant ? Les critères définissant l'impact des polluants : dose - rémanence - l'existence d'une ou plusieurs cibles biologiques - constantes physico-chimiques - métabolisme des contaminants et développement des outils de diagnostics.
Comment surveiller la qualité des milieux ? L'approche chimique et l'approche biologique : bioindicateurs, biomarqueurs…
Peut-on prédire les effets des contaminants ? Les outils d'évaluation, les tests biologiques ou bio-essais, des tests monospécifiques aux mésocosmes.

Apprentissage par Projet : évaluation de l'impact environnemental d'un accident ferroviaire majeur ayant entrainé de fortes contaminations des sols et des eaux…

Evaluation :
Un dossier projet est à rendre par trinôme.

Bibliographie
Biomarqueurs en écotoxicologie : aspects fondamentaux. L. Lagadic, T. Caquet, J.C. Amiard et F. Ramade. ed MASSON.

Spécialisation Génie de l'Environnement : Eau et Economie Circulaire

UE Entreprise

Lors du semestre 9, les élèves, en contrat de professionnalisation ou en contrat d'apprentissage, alternent des périodes à l'école et des périodes en entreprise. Quelle que soit la nature du contrat, les élèves ont le même rythme d'alternance pour leur dernière année de formation d'ingénieur agronome.
Les périodes en entreprise sont validées par l'UE Entreprise. Cette UE permet à l'alternant de valider 10 crédits ECTS ; les UE rattachées à la formation académique comptant pour 20 crédits ECTS.
Les modalités d'obtention de ces 10 crédits ECTS diffèrent selon que l'alternant est lié à l'entreprise par un contrat de professionnalisation ou par un contrat d'apprentissage.

Cas de l'alternant en contrat de professionnalisation
L'attribution des 10 crédits ECTS repose sur deux évaluations :
- Une évaluation des missions réalisées par l'alternant en entreprise : 6 crédits ECTS. Cette évaluation est réalisée par le tuteur professionnel.
- Une évaluation d'un rapport d'étonnement et sa soutenance : 4 crédits ECTS. Cette évaluation est réalisée par le tuteur professionnel et le tuteur pédagogique.

Ces 2 évaluations reposent sur des grilles qui sont à compléter par les 2 tuteurs de l'élève sur le Livret Electronique de l'Alternant (LEA) de MidiSup. L'élève ainsi que les deux tuteurs reçoivent en début d'année universitaire un guide pour les aider à se connecter au LEA et à compléter les grilles d'évaluation.
Le rapport d'étonnement, d'une dizaine de pages, conforme aux normes de rédaction habituelles, devra présenter l'entreprise et mettre en avant son fonctionnement avec des points forts et des points possibles d'amélioration.
Habituellement, un rapport d'étonnement permet de répondre aux questions suivantes :
- Qu'est-ce qui vous a le plus étonné dans l'entreprise ?
- Quel est le point fort qui vous a le plus surpris ?
- Quel a été pour vous le point faible le plus inattendu ?
- Qu'est-ce qui devrait être amélioré, modifié ou abandonné prioritairement selon vous ?
- Si vous aviez une baguette magique, quelle est la chose que vous changeriez dans votre entreprise ?
- Qu'est-ce qui vous a étonné dans la manière dont l'entreprise sert ses clients ?
- Quelle est la force des produits et/ou services que vous ne soupçonniez pas avant de travailler dans l'entreprise ?
- Quel est la faiblesse ou le manquement qui vous inquiète le plus dans les produits et les services ?
- Dans les relations interpersonnelles, qu'est-ce qui vous a étonné ?
- Quelles sont les améliorations concrètes que vous suggéreriez ?

La soutenance a lieu en entreprise ou en visio et dure 15 minutes. Elle est suivie par une discussion.

Cas de l'alternant en contrat d'apprentissage
L'attribution des 10 crédits ECTS repose sur l'évaluation des compétences de l'apprenti.e sur la base des missions confiées par l'entreprise. Les compétences évaluées sont celles du Référentiel de Compétences de l'élève-ingénieur de l'AgroToulouse.

Spécialisation Génie de l'Environnement : Eau et Economie Circulaire

Contrairement aux semestres précédents (semestres 5 à 8), le semestre 9 de l'apprenti.e est évalué seulement sur la base des missions qui lui sont confiées. Autrement dit, l'UE Entreprise de ce semestre ne comporte pas de projet semestriel.

Cette évaluation des compétences est réalisée conjointement par le maître d'apprentissage et le tuteur pédagogique en présence de l'apprenti.e au cours d'une rencontre entre les différentes parties.

Le tuteur pédagogique complète l'onglet « Evaluation 3A (S9) » du fichier excel de suivi de l'apprenti.e (fichier disponible sur Moodle). En parallèle, au cours d'un entretien mené à la fin de chaque période en entreprise, l'apprenti.e et le maître d'apprentissage remplissent de façon concertée la fiche de liaison, sur le LEA de MidiSup ; fiche détaillant la nature des missions conduites sur la période et celles envisagées sur la période suivante, l'avis du Maitre d'apprentissage sur le comportement en entreprise et les points à améliorer.