



Terre-Environnement



Niveau d'étude
BAC +3



ECTS
8 crédits



Composante
Faculté des
Sciences

Présentation

Description

Le système Terre est souvent décrit comme une association d'enveloppes superposées, partant de la graine centrale jusqu'aux zones les plus discrètes à la limite du vide spatial. Il peut être pensé aussi comme un système où cohabitent des roches, de l'eau, de l'air et la vie. Le système Terre forme d'abord un tout, dont les composantes sont largement interconnectées à toutes les échelles de temps et d'espace.

Le module Terre-Environnement s'inscrit dans l'exploration des **couplages entre les composantes principales du système Terre que sont la terre solide, l'hydrosphère, l'atmosphère et la biosphère**. Il a pour ambition de décrire et expliquer certaines des interactions les plus frappantes, et de montrer dans quelle mesure ces processus complexes et couplages contrôlent tout notre environnement, jusqu'à notre quotidien, notre sécurité (aléas et catastrophes naturels) et les perspectives de survie de l'Homme sur Terre.

Volume horaire :

CM : 30

TD : 30

TP: 12

Soit un volume présentiel étudiant de 72 heures . Soit 48 blocs d'enseignements de 1.5h (20 blocs CM, 20 blocs TD et 8 blocs TP)

Le module est organisé sous la forme d'un enseignement court introductif au module suivi des trois blocs thématiques suivants qui se succèdent dans le calendrier du module:

1. Terre interne
2. Terre externe et aléas géologiques
3. Terre externe, hydrosphère et risques

Objectifs

Le module Terre & Environnement a pour objectifs principaux :

1. apporter des connaissances et compétences de fin de cycle Licence sur les couplages entre les différentes composantes du système Terre, en axant les contenus surtout sur les enveloppes terre solide et hydrosphère, et dans une moindre mesure sur l'atmosphère et la biosphère;
 2. illustrer comment certains processus terrestres et leurs couplages sont capables de contrôler notre environnement immédiat en bien ou en mal, nous aider dans notre quotidien ou au contraire nous menacer, en particulier lors des catastrophes naturelles et sous l'effet des aléas naturels;
 3. apporter des compétences de base (initiation) sur les sciences qui permettent d'appréhender le danger que peut représenter le système terre pour l'homme et son environnement immédiat. On appelle ces savoirs les sciences du risque, ou plus formellement la cindynique.
- Pour mieux s'ancrer dans la réalité et faciliter les rapprochements et échanges entre les différentes disciplines abordées dans le module, les séances de Terre & Environnement alternent entre d'une part la présentation



de concepts et méthodes et d'autre part des applications systématiquement concentrées sur un territoire où la totalité des sujets évoqués s'exprime parfaitement: **l'Islande**. Sur ce territoire, les applications se feront sous la forme de la réalisation de calculs simples, de l'exploration de séries temporelles, de l'utilisation d'outils numériques et de l'analyse critique de données physiques et chimiques, de cartes, et/ou de documents historiques.

Pré-requis nécessaires

Des notions de géosciences et océanographie de niveau L2, permettant d'appuyer les enseignements de ce module sur quelques acquis relevant de la culture générale.

Pré-requis recommandés :

Lectures préalables de documentation générale sur l'évolution du climat, la dynamique des océans, la notion d'onde, la géodynamique, les séismes, les volcans etc...

Contrôle des connaissances

Le contrôle des connaissances se fait en contrôle continu.

Sur le bloc 1, L'évaluation sera en contrôle continu sur les concepts et méthodes vu en cours et des TD et TP notés.

Sur le bloc 3, l'évaluation est réalisée sous la forme d'un petit fascicule combinant la réalisation de petits calculs sur les risques, et le traitement d'une question précise en relation avec les thèmes du bloc 3.

Les blocs 2 et 3 permettent de travailler sur les compétences en matière de préparation d'un oral (évaluation du bloc 2) et préparation d'un écrit (évaluation du bloc 3).

Syllabus

Les intervenants sont indiqués par leurs initiales (Frédéric Bouchette = FB; Cécilia Cadiot = CC; B. Gibert = BG; Mathieu Ferry = MF; Fleurice Parat = FP)

Introduction au module Terre & Environnement

L'introduction à 2 objectifs: (i) faire un tour d'horizon de ce qui va être abordé dans le module, et présenter en détails les caractéristiques de l'Islande et (ii) apporter le vocabulaire des sciences du risque nécessaire tout au long des enseignements de ce module (et permettant aux étudiants de mieux s'approprier ce qui est vu en cours dans la perspective de la réutilisation de ces contenus dans les approches orientées risques).

Séance 1 [1.5h; FB]: La notion de couplage complexe (historique, formulation en physique et en sciences naturelles, etc). Comment les couplages entre les différentes composantes du système Terre influencent l'homme et la biosphère. La séance montre les conséquences de certains de ces couplages sur notre quotidien, sur les ressources, sur notre sécurité, sur les perspectives d'évolution de l'Homme dans l'environnement terrestre. La séance n'évoque pas spécifiquement les couplages propres au géoscience, mais s'intéresse surtout au concept de couplage et ses différentes déclinaisons (seuil, retro-action, emballement, chaos sensible, comportement asymptotique,...). C'est une séance introductive.

Séance 2 [1.5h CM, FP]: Introduction à l'étude des couplages au sein du système Terre, à différentes échelles de temps et d'espace. Présentation des caractéristiques physiques, mécaniques et chimiques des différents processus couplés qui vont être abordés dans le cours.

Séance 3 [1.5h; FB]: Notions de cindynique (théorie du risque), présentation des notions de danger, aléas, gravité, probabilité d'occurrence et période de retour, résilience, vulnérabilité, résistance, protection, prévention, risques, enjeux, diagramme de Farmer et les méthodes mises en oeuvre pour le calcul des risques naturels. Le cours fait clairement écho au caractère hautement interdisciplinaire de ces approches et la nécessité de considérer les couplages au sein du système terre dans ces travaux.



Bloc 1: Les couplages profonds et leur relation avec les autres composantes du système Terre

Contenu: 7.5 CM; 10.5 TD; 3 TP = 21 h présentiels (14 blocs FdS de 1.5h)

Séances 1 & 2 & 3 (FP; 3 CM + 3 TD + 1.5 TP) - Structure interne de la Terre - Différentiation de la Terre.

Introduction à la pétrologie expérimentale (outils, concepts) pour comprendre la structure interne de la Terre et les processus profonds. Notion de changement de phases et d'équilibre de phases, minéralogie et propriétés physiques (modèle PREM, expérience de Birch), lien entre structure interne et géodynamique (densité, moment d'inertie, convection...).

TD/TP: Visite du laboratoire Haute Pression + TD et TP de modélisation des processus de fusion et cristallisation à partir de diagrammes d'équilibres de phases simples et d'observations de lames minces de roches mantelliques et magmatiques.

Séances 4 & 5 (FP; 1.5 CM + 3 TD + 1.5 TP) Traçages géochimiques des processus profonds

Notion de recyclage, bilan de masse et cycle géochimique en couplant des approches pétro-géochimiques à différentes échelles (étude des éléments en trace, isotopes radiogéniques et stables et des éléments volatils des minéraux et des roches) tout en faisant le lien entre les différentes enveloppes internes et externes.

Nous aborderons notamment lors des TD et TP le cycle du carbone et les processus de décarbonatation et d'hydratation au niveau des zones de subduction, les processus de métasomatisme du manteau, et nous ferons un bilan des transferts chimiques du carbone et du soufre entre asthénosphère, lithosphère, hydrosphère et atmosphère.

TD et TP: Modélisation des processus profonds (recyclage, métasomatisme, fusion...) à partir des concentrations en éléments en trace et isotopes des magmas + Études des processus d'hydratation et déshydratation des roches mantelliques à partir d'observations de lames minces (péridotites, serpentinites) et de modèles thermodynamiques.

Séances 6 & 7 & 8 (FP: 1.5 CM + 1.5 TD ; BG; 1.5 CM + 3 TD) Ressources minérales et géothermie

Cette partie a pour objectif de faire le lien entre les processus profonds et les processus supergènes - Nous ferons le lien entre les processus profonds et la diversité des roches en surface et aborderons également les processus à l'origine des fortes concentrations en éléments rares et métaux dans les roches. Nous verrons comment en surface les roches se concentrent en éléments rares et métaux pour atteindre des concentrations d'intérêts économiques. L'approche couple les traçages géochimiques et la pétrologie expérimentale à basse pression et basse température pour comprendre les processus d'enrichissement. Nous verrons enfin par quels processus les transferts de chaleur depuis les profondeurs de la Terre jusqu'en surface peuvent conduire à la concentration de ressources géothermales

Bloc 2: Couplages Terre Solide - Hydrosphère - Climat

Contenu: 7.5 CM; 13.5 TD; 3 TP = 24 h présentiels (16 blocs FdS de 1.5h)

Séances 1 & 2 (RC; 1.5 CM + 4.5 TD) : Impact des forçages externes et du climat sur la dynamique de la Terre Solide = Effets des cycles glaciaires, hydrologiques et érosion-sédimentation sur la déformation de la lithosphère, l'activité sismique et volcanique. Ces deux séances mixent une partie cours (géodynamique physique, réponse à une charge de surface par isostasie ou flexure) et une partie TD (mise en pratique par des exercices sur des cas "types", p.ex., effet de la fonte d'un glacier sur l'activité d'un volcan en Islande)

Séance 3 (RC; 1.5 CM + 1.5 TD) : Interactions Terre Solide - Niveau Marin. Une partie cours sur le niveau marin relatif (= mouvements verticaux + eustasie) à l'échelle globale et régionale en lien avec le changement climatique. Une partie TD sur l'étude de cas d'un delta en subsidence (Mississippi, Nil, Rhône), potentiellement avec analyse de séries temporelles de marégraphe.

Séances 4/5/6/7/8 (CC; 4.5 CM; 7.5 TD; 3 TP) : Aléas volcanique. Ces séances aborderont les aléas volcaniques (6h) et étendront ces aspects à l'effet des volcans sur le climat (3h) en faisant un lien avec les questions de couplages avec l'hydrosphère et atmosphère. L'enseignement abordera



aussi une partie sur le couplage processus interne-surface (ex: panache/Islande) à partir de la télédétection (InSAR/GPS) (6h).

Bloc 3 : Couplages et risques centrés sur l'hydrosphère et l'atmosphère

Contenu: 10.5 CM; 6 TD; 6 TP = 21 heures présentielles (15 blocs FdS de 1.5h)

Deux séances -- une préparatoire et une de suivi (1.5 CM + 1.5 TD) -- sont consacrées à la rédaction d'un micro-mémoire (4 pages): choix de la thématique traitée dans une liste proposée, construction du plan accompagnée, définition de la stratégie de rédaction (fond/forme), méthodes de rédaction.

Séances 1 & 2 (FB; 1.5 CM + 1.5 TD): Forçages météo-marins et risques météo-marins et littoraux. Le cours montre de quelle manière les forçages météo-marins (vagues, vent, pression atmosphérique, gradient de température y compris interne, ce qui est pertinent sur l'Islande) contrôlent l'hydrodynamisme côtier et donc potentiellement les aléas météo-marins et littoraux (submersion, érosion). Principes, exemples, cas d'études sur l'Islande.

Séances 3 & 4 (FB; 1.5 CM + 1.5 TD): Impact des tempêtes à la côte (risque météo-marin). Quantification des forçages et calcul de leur impact à la côte. Calcul des grandeurs propres aux risques météo-marins (gravité, période de retour, probabilité d'occurrence, calcul d'une forme de vulnérabilité). Application au cas de l'aléa météo-marin sur l'Islande (Exercice).

Séances 5 & 6 (FB; 1.5 CM + 1.5 TD): Le cours présente les couplages dominés par la dynamique des océans et l'atmosphère et leurs implications morphologiques sur la zone littorale et le continent. Les concepts évoqués dans le cours sont par exemple: (i) définition d'indices météo-marins (NAO & co) comme marqueurs du climat et des instabilités/couplages grande échelle océan/atmosphère, (ii) couplages de surface atmosphère/océan: la croissance des vagues, (iii) les couplages vagues/vagues/courant et les vagues scélérates, (iv) rétro-action de la dynamique terrestre sur la dynamique océanique (tsunamis, ondes de bords, seiches, marée). Le cours s'applique ensuite à développer des scénarios dans lesquels des perturbations du signal

météo-marin par d'autres composantes du système terre (une explosion volcanique, un séisme, etc) peuvent altérer totalement cette dynamique. Des exemples systématiques sont pris sur la zone Nord-Atlantique et l'Islande.

Séances 7 & 8 (FB; 1.5 CM + 1.5 TP) : La double séance porte sur la quantification du niveau d'eau à la côte (un processus couplé par excellence) sous différents scénarios en tendance ou catastrophique: (i) éruption volcanique, (ii) tsunamis, (iii) tempête, (iv) augmentation du niveau d'eau sous l'effet du changement global (rôle de la dilatation/fonte des glaces, rebond). La séance permet de calculer rapidement ces différentes situations en termes de Run-up (modification du niveau d'eau au trait de côte) et niveau d'eau au repos à partir de lois simples. L'étudiant est amené à comparer des ordres de grandeurs d'énergie imposée et des ordres de grandeurs de réponse en termes d'aléa. La séance permet de revenir sur les notions de gravité d'un aléa, période de retour vues en séance 2, et d'ouvrir vers l'analyse des tendances long-terme. Cette séance fait écho aux travaux réalisés dans le bloc 2 sur le niveau d'eau (Bloc 2, séance 3).

Séances 9 & 10 (1.5 TP + 1.5 TP): Double séance en expérimentation physique (canal ou canal numérique). Un glissement gravitaire génère une vague de tsunamis dans un canal à vagues et produit après propagation certains effets morphodynamiques sur la zone littorale. Etude de la similitude, analyse qualitative des effets enchaînés et couplés, ébauche de quantification (run-up, volume déplacé, énergie mobilisée). Permet dans un même mouvement d'illustrer les couplages terrestres, le rôle de l'hydrosphère dans le transfert d'énergie, et l'effet final sur un territoire clé pour l'homme (le littoral), avec mise en perspective de la quantification de l'aléa.

Séances 11 & 12 (1.5 CM + 1.5 TP): Notions plus avancées de cindyniques (sur des exemples pris pour l'hydrosphère)

Infos pratiques



Contacts

Responsable pédagogique

Frederic BOUCHETTE

✉ frederic.bouchette@umontpellier.fr

Responsable pédagogique

Fleurice Mamberti-parat

☎ +33 4 67 14 39 32

✉ fleurice.mamberti-parat@umontpellier.fr