

# Syllabus du Cours master ingénierie en géologie des ressources et du développement durable

## L1 portail Louis Pasteur

### Semestre 1

#### Monde vivant SPO1U17C

4 ECTS — 30 h CM — 4 h TD — 6 h TP

Cet enseignement propose de donner un aperçu du monde vivant depuis les organismes jusqu'aux écosystèmes mondiaux. Les organismes seront appréhendés au travers des différents grands plans d'organisation. Les échelles spatio-temporelles permettront d'aborder les processus évolutifs et les interactions entre les êtres vivants et leur habitat.

Les éléments fondamentaux et théoriques seront appréhendés sous forme de cours magistraux. Ces connaissances seront ensuite mobilisées lors de deux séances de TD et de deux séances de TP. 1– CM biomes. 2– CM domaines du vivant. 3– CM phylogénie. 4– CM archées, bactéries, virus. 5– TD phylogénie. 6– TD évolution. 7– CM opisthocontes et plantes. 8– TP plantes–pollinisateurs. 9– TP parasites.

Constituer et structurer un socle de connaissances fondamentales et un bagage culturel en sciences de la Terre et de l'environnement	10%
Conforter un socle de connaissances fondamentales en sciences au service des sciences de la vie, la Terre et de l'environnement	60%
Observer méthodiquement des objets naturels sur le terrain ou au laboratoire	10%
Savoir utiliser les appareillages scientifiques de terrain et de laboratoire ainsi que les logiciels d'acquisition couramment utilisés en sciences de la vie et de la Terre	5%
Légender et commenter correctement une figure	5%
Savoir être soigneux et précis dans les restitutions de travaux en scientifiques	5%
Respecter les consignes données	5%

#### Biochimie–molécules de la vie SPO1U18C

6 ECTS — 10 h CM — 50 h TD

1. Les biomolécules : qu'est-ce que la biochimie ? – Caractéristiques de la matière vivante – Les différents types de biomolécules – Les objectifs du cours de biochimie structurale  
2. L'eau dans l'organisme : propriétés de l'eau – Ionisation de l'eau – Équilibre acido-basique – Les systèmes tampons  
3. Les acides aminés et les protéines : Structure des acides aminés – Propriétés des acides aminés – La liaison peptidique – Structure des protéines – Les différents types de protéines – Dénaturation des protéines – Hydrolyse de la liaison peptidique – Propriétés physico-chimiques des protéines – Techniques de purification et d'étude des protéines  
4. Les glucides : Les oses (ou monosaccharides) – Oligosaccharides et polysaccharides – Hétérosides  
5. Les lipides : Les acides gras – Les lipides simples – Les lipides complexes – Extraction – purification – caractérisation des lipides  
6. Les acides nucléiques : Les composés des acides nucléiques – l'ADN – l'ARN – Méthodes d'étude et propriétés des acides nucléiques – Transfert de l'information génétique.

## De l'atome vers la molécule SPO1U19C

6 ECTS — 28 h CM — 32 h TD

**Partie 1**– Atomistique – Tableau périodique : présentation, rappel structure de l'atome – Tableau périodique : recherche de propriétés – Configurations électroniques – Modèles de Bohr et Slater – Modèle ondulatoire – Recouvrement d'orbitales atomiques – Diagramme d'orbitales moléculaires – Modèle de Lewis. **Partie 2**– Molécules – À quoi sert la chimie ? Chimie au quotidien – Lewis (charges formelles et degré d'oxydation) – Mésoimérisation – Hybridation – VSEPR – Représentation simple de molécules – Introduction à la stéréochimie.

Comprendre les grands enjeux scientifiques actuels
Identifier et nommer les atomes, les fonctions et les composés chimiques dans la nomenclature appropriée et les représenter de manière à faire apparaître leurs spécificités structurales
Écrire et étudier une réaction chimique à partir d'un énoncé ou d'un protocole expérimental
Articuler différentes connaissances disciplinaires afin de répondre à une problématique scientifique
Constituer et structurer un socle de connaissances fondamentales et un bagage culturel scientifique
Être sensible à la validité d'un résultat ou d'une théorie
Faire preuve de rigueur scientifique et d'analyse critique dans la mise en pratique de son savoir

## Outils mathématiques SPO1U20C

4 ECTS — 16 h CM — 24 h TD

**Chapitre 1**– Fonction réelle d'une variable réelle. 1.1 Fonctions usuelles. 1.2 Limites et continuité. 1.3 Dérivabilité. 1.4 Étude de fonction. **Chapitre 2**– Intégration. 2.1 Primitives et intégrales. 2.2 Primitives usuelles. 2.3 Intégration par parties. 2.4 Changements de variables. **Chapitre 3**– Équations différentielles. 3.1 Équations différentielles linéaires du 1<sup>er</sup> ordre. 3.2 Équations différentielles à variables séparées. **Chapitre 4**– Fonctions réelles à deux variables réelles. 4.1 Dérivées partielles d'ordre 1. 4.2 Différentiabilité.

Constituer et structurer un socle de connaissances fondamentales et un bagage culturel scientifique
Être sensible à la validité d'un résultat et d'une théorie
Utiliser les outils mathématiques
Organiser et mettre en œuvre son travail personnel

## Méthodologie SPO1U21C

3 ECTS — 6 h CM — 24 h TD

Comprendre le fonctionnement cérébral et les effets du contexte au cours des apprentissages, des révisions, pendant un examen, pour pouvoir :

- réfléchir sur ses connaissances, sur l'efficacité de ses méthodes d'apprentissage et de révision, sur ses motivations ;
- comprendre les raisonnements engagés pour résoudre des problèmes complexes, déconstruire (lorsque nécessaire) certaines idées erronées concernant ses capacités, les efforts et le travail, gérer le stress de certaines situations d'évaluation, développer des méthodes de travail (connaissances et savoir-faire) efficaces compte tenu du fonctionnement de la mémoire, et des postures (savoir-être) adaptées pour améliorer ses apprentissages et le développement des compétences visées par la formation choisie.

**TD 1**– prise de notes :

- apprendre à structurer ses notes et ses cours
- applications : méthode Cornell, mise en images

**TD 2**– méthodes de travail :

- échange sur vos méthodes de travail
- liens entre les UE du L1 ; planning
- travail attendu pour le carnet de bord

**TD 3**– résolution de problèmes

- apprendre à résoudre des exercices
- méthode LAMPES et autres méthodes

**TD 4**– note de synthèse (1) :

- apprendre à décomposer des documents et rédiger une note de synthèse

**TD 5**– note de synthèse (2)

- application : relevé d'idées, travail en groupe

**TD 6**– apprentissage en profondeur (1)

- apprendre à faire une recherche de sources externes
- application au cours de Méthodologie

**TD 7**– note de synthèse (3)

- évaluation des notes de synthèse en groupe

**TD 8**– apprentissage en profondeur (2)

- présentation orale des étudiants

**TD 9**– auto-évaluation

- apprendre à élaborer un questionnaire
- rendre 5 (ou plus) questions avec corrections
- travail individuel à rendre : TD noté

**TD 10**– esprit critique « interrogation élaboratrice »

- développer son sens critique
- application : travail en groupe sur les arguments fallacieux

**TD 11** – méthode JIGSAW

- apprendre à travailler en groupe
- évaluation du rendu de travail en groupe

Partager des savoirs théoriques dans le milieu professionnel	20%
Analyser les informations essentielles d'un article à teneur scientifique, d'un document technique ou d'un rapport	20%
S'organiser pour mener à bien de façon individuelle un projet scientifique en mobilisant et en structurant les connaissances issues de plusieurs disciplines	10%
Conduire de façon collective un projet scientifique en mobilisant et en structurant les connaissances issues de plusieurs disciplines	10%
Mettre en œuvre une démarche collaborative	20%

## Terre habitable SPO1U22C

4 ECTS — 26 h CM — 14 h TD

Introduction : esprit du cours Comment les grandes forces de l'univers ont façonné notre système solaire et comment elles impactent, le système Terre ? Comment le temps et l'espace jouent-ils sur la dynamique du système solaire et terrestre ? En quoi la Terre est-elle différente des autres planètes du système terrestre ? Pourquoi la Terre possède-t-elle des enveloppes solides et liquides et comment sont-elles agencées ? Pourquoi et comment la vie est-elle apparue sur Terre ? Pourquoi la vie n'est pas figée ? Pourquoi la surface de notre planète est-elle habitable alors qu'elle se transforme ? Comment le climat permet-il de maintenir la vie et comment il interagit sur l'évolution du système terrestre ? Comment peut-on raconter l'histoire de la Terre et de son évolution ? Comment peut-on maintenir une planète habitable ? Vulnérabilité Comment peut-on maintenir une planète habitable ? Ressource Comment peut-on maintenir une planète habitable ? Enjeux moderne.

Comprendre les grands enjeux scientifiques actuels	10%
--	-----

Être capable de mettre en lien les grandes disciplines scientifiques	15%
Constituer et structurer un socle de connaissances fondamentales et un bagage culturel en sciences de la Terre et de l'environnement	40%
Extraire d'un document scientifique, d'une observation, les éléments clefs et les hypothèses nécessaires à l'analyse et la résolution d'un problème scientifique.	20%
Faire preuve de rigueur scientifique et d'analyse critique dans la mise en pratique de son savoir	5%
Connaître le langage scientifique spécifique aux disciplines du portail Louis Pasteur	10%

## Les grands enjeux de notre société SPO1U23C

3 ECTS — 20 h CM — 10 h TD

Cette UE a pour objectif (1) de sensibiliser les étudiants aux grands enjeux actuels des sciences (SV, SVT, chimie) et à leurs applications dans les domaines de la santé et de l'environnement face à l'attente de la société – et ainsi de leur faire comprendre « à quoi peuvent servir » la biologie, les sciences de l'environnement, la chimie et les sciences sociales pour les aider dans leur choix de mention en deuxième année –, (2) de leur permettre d'identifier les problématiques sociétales et les questionnements éthiques soulevés par l'utilisation des sciences, et (3) de leur faire prendre conscience de la responsabilité des scientifiques par rapport aux applications de leurs découvertes, mais aussi par rapport à la diffusion des informations scientifiques au sein de la société – notamment face à ses détracteurs. L'enseignement se fera sous forme de 10 séances de conférences de 2 h – incluant un échange avec les étudiants avant et après l'exposé et un QCM d'évaluation – et de 5 séances de TD de 2 h visant à approfondir les conférences. Les conférences – 10 séances de 2 h – seront consacrées aux applications et enjeux sociétaux (santé, environnement, éthique) des sciences dans le domaine des sciences de la vie (quatre conférences), des sciences de la vie et de la Terre (quatre) et de la chimie (deux). Une ou deux conférences interdisciplinaires seront si possible organisées. Chaque conférence (environ 1 h) sera précédée et suivie d'un échange avec les étudiants. Les travaux dirigés (cinq séances de 2 h), portant sur une ou deux conférences, permettront d'approfondir certaines thématiques en utilisant d'autres ressources, mais également à renforcer les apprentissages méthodologiques – prise de notes, note de synthèse. Les TD permettront également d'organiser des débats contradictoires – table ronde – jeu de rôle autour de problématiques bioéthiques (homme augmenté, etc.) ou polémiques (amélioration des plantes et risques environnementaux, etc.).

Prise de notes
Notes de Synthèse

## Grands enjeux et développement durable en géologie (CMI)

3 ECTS — 16 h TD — 14 h TP

L'objectif de cette unité d'enseignement est d'initier les étudiants aux notions de développement durable et aux grands enjeux qui en découlent.

Les étudiants pourront acquérir des connaissances théoriques sur les notions d'environnement, de société et d'économie à travers des enseignements en pédagogie active. Pour s'approprier ce socle de connaissances en amont de leur cursus CMI, ils travailleront en groupe en séances d'apprentissage par projet (APP) et de *Jigsaw* afin de maîtriser les enjeux du développement durable en sciences de la Terre : ressources, économie circulaire et transition énergétique, pollution et ressources naturelles (eau, sols, etc.), éducation à l'environnement, risques naturels et évolution du climat.

- APP 1 (4 h) : ressources et transition énergétique
- APP 2 (4 h) : ressources et économie circulaire – ex. des métaux et des minerais
- APP 3 (4 h) : pollution et ressources naturelles (eau, sols, etc.)
- *Jigsaw* (4 h) : risques et urbanisation

1.1	Constituer et structurer un bagage culturel en sciences de la Terre
1.2– 1.3	Constituer un socle de connaissances fondamentales au service des sciences de la Terre. Acquérir et exploiter de manière autonome des savoirs complémentaires en sciences de la Terre, fiables en s'appuyant sur des ressources universitaires et numériques
2.1	Formuler le questionnement scientifique et/ou l'élaborer à partir de ses connaissances en sciences de la Terre ou de l'observation d'objets géologiques
2.5	Analyser, interpréter, synthétiser et modéliser des informations documentaires ou des données géologiques en vue de leur exploitation en sciences de la Terre
2.8	Confronter les données avec un esprit critique aux savoirs existants et développer une argumentation scientifique en sciences de la Terre
3.1	Restituer de façon structurée à l'oral et à l'écrit des résultats scientifiques en sciences de la Terre, issus de sa démarche (en français)
4.2	Conduire de façon collective un projet scientifique dans le domaine des sciences de la Terre et sur la base de données bibliographiques, de terrain ou de laboratoire
4.5	Développer de l'autonomie pour savoir planifier un travail en sciences de la Terre et répondre à des contraintes temporelles
5.1	Être capable d'utiliser son bagage culturel et scientifique pour comprendre les grands enjeux en sciences de la Terre : eau, minerais, ressources fossiles, préservation des sols, risques naturels, changement global
6.6	Savoir respecter l'éthique scientifique en sciences de la Terre : propriété intellectuelle des écrits et des données, non falsification des données ou des résultats

## Préparation à la réussite d'un stage (CMI) SCM1U02C

3 ECTS — 15 h CM — 15 h TD

L'objectif pédagogique de cette unité d'enseignement est de préparer l'étudiant à son stage en entreprise, en lui donnant des outils pour rechercher un stage, répondre à une annonce et avoir un entretien d'embauche ainsi qu'une première introduction aux notions de marketing et de finance.

Les moyens utilisés sont des simulations d'entretien et de *pitch* pour la première partie et du travail sur la base de mini projet en groupe pour mettre en pratique les notions théoriques et appliquer les techniques et méthodologies vues dans ce cours.

Être capable de définir ces qualités et ces valeurs. Savoir mettre en valeur ses compétences
Savoir rédiger un <i>curriculum vitae</i> et une lettre de motivation adaptés pour répondre à une annonce de stage
Savoir se présenter et être préparé à un entretien d'embauche pour un stage
Avoir des notions de marketing et finance pour comprendre l'entreprise dans lequel l'étudiant fera son stage

## Semestre 2

### Anglais SPO2U28C

3 ECTS — 18 h TD

Manipulation des structures de base de la langue. Compréhension d'un bref document authentique, écrit ou audio  
Prise de parole de façon spontanée sur un sujet d'actualité. Expression d'une opinion par écrit. Lexique scientifique de base.

Maîtriser les outils et techniques de communication nécessaires tant à une entrée en Master qu'à une pratique professionnelle de la langue anglaise en milieu scientifique
Atteindre le niveau B2 du Cadre européen commun de référence pour les langues dans l'ensemble des cinq compétences langagières que sont la compréhension orale et la compréhension écrite, la prise de parole en interaction et en continu, ainsi que l'expression écrite
Devenir autonome dans l'apprentissage de l'anglais

### Thermochimie et chimie des solutions SPO2U29C

6 ECTS — 26 h CM — 22 h TD — 2 h TP

Les réactions chimiques en solution sont des réactions obéissant aux lois de la thermodynamique. L'UE Thermochimie et Chimie des solutions est divisée en deux grandes parties. La première partie de cet enseignement, la thermochimie, apporte la connaissance et la maîtrise des outils de base pour appréhender la thermodynamique dans l'apprentissage des sciences chimiques et biochimiques. Les principales notions abordées seront les aspects énergétiques mis en jeu dans les réactions chimiques, l'évolution des grandeurs standard de réaction et l'introduction de la constante d'équilibre. La seconde quant à elle rappelle dans un premier temps les notions de solution et réaction en phase aqueuse pour ensuite traiter les équilibres acido-basiques et d'oxydoréduction. **Partie I** : thermochimie. Chapitre 1 : Thermodynamique pour la thermochimie. Chapitre 2 : les grandeurs standards de réaction. Chapitre 3 : évolution des grandeurs standards de réaction. Chapitre 4 : constantes d'équilibre et équilibre chimique. **Partie II** : chapitre 1 : introduction à la réaction en solution aqueuse. Chapitre 2 : équilibres acido-basiques. Chapitre 3 : équilibres d'oxydoréduction.

Identifier et nommer les atomes, les fonctions et les composés chimiques dans la nomenclature appropriée et les représenter de manière à faire apparaître leurs spécificités structurales
Écrire et étudier une réaction chimique à partir d'un énoncé ou d'un protocole expérimental
Articuler différentes connaissances disciplinaires afin de répondre à une problématique scientifique
Constituer et structurer un socle de connaissances fondamentales et un bagage culturel en scientifique
Extraire d'un document scientifique, d'une observation, les éléments clefs et les hypothèses nécessaires à l'analyse et la résolution d'un problème scientifique
Appliquer un protocole expérimental simple
Analyser, interpréter et synthétiser des données en vue de leur exploitation en mobilisant les connaissances scientifiques
Savoir utiliser le matériel scientifique de base
Être sensible à la validité d'un résultat ou d'une théorie
Faire preuve de rigueur scientifique et d'analyse critique dans la mise en pratique de son savoir
Utiliser les outils mathématiques et les logiciels de traitement de données
Rédiger un compte-rendu scientifique clair et structuré
Savoir respecter les bonnes pratiques scientifiques expérimentales
Appliquer les consignes générales de sécurité et connaître l'étiquetage des produits chimiques

## Base de physique : optique et électricité SPO2U30C

3 ECTS — 10 h CM — 14 h TD — 6 h TP

Optique géométrique : la lumière, l'indice optique et le rayon lumineux. Miroir plan, Lois de Snell-Descartes. Formations des images à travers un système optique, les lentilles minces et la relation de conjugaison. Électricité : Le circuit électrique et ses dipôles, tension et intensité, lois de Kirchhoff. Résistance et résistivité, loi d'Ohm, association de résistances. Condensateur et capacité, circuit RC, charge et décharge. TP optique : lentilles minces, œil au repos et microscope TP électricité : pont diviseur de tensions, oscilloscope, circuit RC.

Utiliser les outils mathématiques

## Projet personnel et professionnel de l'étudiant 1 SPO2U27C

3 ECTS — 2 h CM — 12 h TD

- Mettre en projet une idée, une recherche collective pour donner du sens au parcours individuel ;
- découvrir les différents domaines et activités professionnelles accessibles à l'issue des études – carte des métiers – ;
- donner du sens à un projet personnel professionnel et de formation en le confrontant à la réalité professionnelle ;
- acquérir des connaissances de base en communication écrite et orale et en projet.

Résultats attendus : première évaluation du projet personnel professionnel

Définir, conforter ou remettre en question le projet personnel professionnel et de formation de l'étudiant ; initier un réseau professionnel.

#### Méthodes pédagogiques :

- apprendre à appliquer la méthodologie de la recherche scientifique à un projet – recherche documentaire, interviews de professionnels, communication des résultats – ;
- travailler en équipe projet : travail de recherche en commun sur les domaines professionnels pour réaliser une carte des métiers ;
- analyser les résultats pour nourrir un projet personnel professionnel et de formation ;
- produire un document écrit et une présentation orale.

1.2– 1.3	Constituer un socle de connaissances fondamentales au service des sciences de la Terre. Acquérir et exploiter de manière autonome des savoirs complémentaires en sciences de la Terre, fiables en s'appuyant sur des ressources universitaires et numériques
2.5	Analyser, interpréter, synthétiser et modéliser des informations documentaires ou des données géologiques en vue de leur exploitation en sciences de la Terre
3.3	Produire une synthèse de l'information à l'écrit sur une problématique en sciences de la Terre – en français et en anglais
3.4	Produire une synthèse de l'information à l'oral sur une problématique en sciences de la Terre – en français et en anglais
4.2	Conduire de façon collective un projet scientifique dans le domaine des sciences de la Terre et sur la base de données bibliographiques, de terrain ou de laboratoire
4.3	Savoir être soigneux et précis dans les restitutions de travaux en sciences de la Terre
6.1	Savoir mettre en valeur ses compétences

## Morpho-anatomie du vivant SPO2U35C

4 ECTS — 9 h CM — 21 h TP

Introduction générale. Comparaison deutéro et protostomiens. Physiologie des plantes. Conclusion générale. Sortie naturaliste – au parc urbain des papillons. Bilatériens I– *Amphioxus*, lombric ; II– criquet, panorama des protostomiens ; et III– échinodermes. Non bilatériens (cnidaires ou porifères). Eumycètes. Bryophytes et monilophytes. Spermaphytes : de la cellule aux organismes – biocycles ; gymnospermes ; angiospermes).

Constituer et structurer un socle de connaissances fondamentales et un bagage culturel en sciences de la Terre et de l'environnement
Conforter un socle de connaissances fondamentales en sciences au service des sciences de la vie, la Terre et de l'environnement
Observer méthodiquement des objets naturels sur le terrain ou au laboratoire
Savoir utiliser les appareillages scientifiques de terrain et de laboratoire d'acquisition couramment utilisés en sciences de la vie et de la Terre
Légènder et commenter correctement une figure
Savoir être soigneux et précis dans les restitutions de travaux en scientifique
Respecter les consignes données

## Statistiques 1A SPO2U32C

4 ECTS — 16 h CM — 24 h TD

**Partie 1 Statistiques descriptives** : (1) notion de variables (discrètes et continues), séries de données, données observées, variabilité ; (2) distribution observée, fréquence, fréquence cumulée ; (3) histogramme et estimation de la densité, fonction de répartition empirique ; (4) paramètres d'une distribution observée (moyenne, variance, quantiles) ; (5) représentations graphiques (qqplot, boxplot) ; (6) Relation entre deux variables (covariance, corrélation), régression linéaire (base, à deux variables). **Partie 2 Probabilités** (1) expérience aléatoire ; (2) mesures d'incertitudes et probabilités, dénombrement, intro à l'analyse combinatoire.

Être capable de faire des calculs de base en probabilités discrètes
Savoir calculer un ensemble de descripteurs numériques permettant de résumer les caractéristiques d'une série de données issue d'une problématique environnementale

## Pratique de la géologie SPO2U44C

4 ECTS — 16 h TD — 24 h TP

Cette unité d'enseignement est une première approche du terrain en géologie. Elle a pour objectif de développer les compétences d'observations d'objets géologiques des étudiants et d'acquérir les premiers gestes professionnalisants des géologues. Les étudiants préparent en cours les quatre sorties de terrain programmées dans l'UE dans lesquelles sont développés les thèmes suivants : (1) paysage, géomorphologie, topographie, 3D, GPS, boussole ; (2) paléontologie et sédimentologie ; (3) sédimentologie et tectonique ; (4) sciences du sol et de l'eau.

1.1	Constituer et structurer un bagage culturel en sciences de la Terre	20%
2.2	Observer méthodiquement des objets géologiques sur le terrain ou au laboratoire	36%
2.5	Analyser, interpréter, synthétiser et modéliser des informations documentaires ou des données géologiques en vue de leur exploitation en sciences de la Terre	20%
3.3	Produire une synthèse de l'information à l'écrit sur une problématique en sciences de la Terre – en français	10%
4.2	Conduire de façon collective un projet scientifique dans le domaine des sciences de la Terre et sur la base de données bibliographiques, de terrain ou de laboratoire	3%
5.1	Être capable d'utiliser son bagage culturel et scientifique pour comprendre les grands enjeux en sciences de la Terre : eau, minerais, ressources fossiles, préservation des sols, risques naturels, changement global	5%
5.4	Savoir utiliser des outils professionnels de terrain et de laboratoire en sciences de la Terre : marteau, boussoles, loupes, microscopes, etc.	2%
5.5	Savoir utiliser en sciences de la Terre des outils technologiques professionnels de terrain et de laboratoire – GPS, appareillage géophysique, etc.	2%
6.6	Savoir respecter l'éthique scientifique en sciences de la Terre : propriété intellectuelle des écrits et des données, non falsification des données ou des résultats	2%

## Découverte des sciences de la vie et de la Terre SPO2U45

4 ECTS — 30 h TP

Cet enseignement est centré sur un thème relevant d'une ou plusieurs des grandes disciplines scientifiques de biologie, géologie, écologie et chimie de l'environnement. Sur ces thèmes, les étudiants mettront en pratique les connaissances acquises dans l'enseignement secondaire et au semestre 1. Ils pourront ainsi vérifier leur degré d'assimilation et de compréhension de ces acquis. Cet enseignement sera également une approche de la pratique scientifique avec ses exigences : définition et analyse du travail proposé, effort de modélisation, prospection des diverses stratégies et choix de celle qui paraît la mieux adaptée, documentation scientifique et technique, organisation et répartition des tâches techniques de mesure, précision, exploitation critique et présentation des résultats, travail en groupe, rédaction de rapport, réalisation de poster ou de diaporama et présentation de travaux scientifiques à l'oral. Cette rencontre avec les différentes facettes de la pratique scientifique doit aider l'étudiant à mieux se situer dans son projet de formation et à préciser son orientation vers l'un des parcours des quatre mentions de licence.

Compétence 1 : 1. Utiliser des savoirs scientifiques disciplinaires et transdisciplinaires	
Comprendre les grands enjeux scientifiques actuels	4%
Articuler différentes connaissances disciplinaires afin de répondre à une problématique scientifique	4%
Constituer et structurer un socle de connaissances fondamentales et un bagage culturel en sciences de la Terre et de l'environnement	3%
Compétence 2 : Élaborer une démarche scientifique	
Extraire d'un document scientifique, d'une observation, les éléments clefs et les hypothèses nécessaires à l'analyse et la résolution d'un problème scientifique.	10%
Analyser, interpréter et synthétiser des données en vue de leur exploitation en mobilisant les connaissances scientifiques.	9%
Être sensible à la validité d'un résultat ou d'une théorie	3%
Faire preuve de rigueur scientifique et d'analyse critique dans la mise en pratique de son savoir	5%
Compétence 3 : Communiquer de façon claire et rigoureuse en français et en anglais	

Rédiger un compte-rendu scientifique clair et structuré	25%
Réaliser un exposé oral clair et structuré	25%
Compétence 4 : Élaborer et mettre en œuvre des projets individuels ou en équipe	
Organiser et mettre en œuvre son travail personnel.	3%
Collaborer au sein d'une équipe pour participer à la dynamique de groupe	3%
Compétence 6 : Développer un projet facilitant l'intégration au sein d'une organisation professionnelle et une éthique favorisant la responsabilisation.	
Respecter la déontologie scientifique	6%

## Stage d'immersion (CMI) SCM2U01C

3 ECTS — 30 h TD

Le stage (6 semaines) est en relation avec l'unité d'enseignement *Préparation à la réussite d'un stage* ; de ce fait l'attente de l'équipe pédagogique est un rapport de stage descriptif utilisant les définitions et les méthodes étudiées dans cette UE.

Pour ce premier stage, le choix est laissé à l'étudiant entre un stage en laboratoire et un stage en entreprise; Toutefois, le stage de S4 devra alors être réalisé dans l'autre catégorie de structure.

La soutenance de stage aura lieu en juillet ou en septembre, selon les cas, en présence de l'équipe pédagogique. La durée sera fixée à 12 minutes de présentation et huit minutes de questions.

1.5	Utiliser les outils de géologie, de biologie, de mathématiques, de chimie, de physique, de statistiques et d'informatique pour répondre à des problématiques en sciences de la Terre
2.1	Formuler le questionnement scientifique et/ou l'élaborer à partir de ses connaissances en sciences de la Terre ou de l'observation d'objets géologiques
2.2	Observer méthodiquement des objets géologiques sur le terrain ou au laboratoire
2.3	Savoir utiliser les appareillages scientifiques de terrain et de laboratoire, ainsi que les logiciels d'acquisition couramment utilisés en sciences de la Terre
2.4	Mettre en œuvre un échantillonnage pour mesurer et acquérir des données des sciences de la Terre
2.8	Confronter les données avec un esprit critique aux savoirs existants et développer une argumentation scientifique en sciences de la Terre
2.9	Être sensible à l'incertitude et la validité d'un résultat expérimental ou numérique en sciences de la Terre
3.3	Produire une synthèse de l'information à l'écrit sur une problématique en sciences de la Terre – en français et en anglais
3.4	Produire une synthèse de l'information à l'oral sur une problématique en sciences de la Terre – en français et en anglais
4.1	S'organiser pour mener à bien de façon individuelle un projet scientifique dans le domaine des sciences de la Terre sur la base de données bibliographiques, de terrain ou de laboratoire
4.3	Savoir être soigneux et précis dans les restitutions de travaux en sciences de la Terre
4.5	Développer de l'autonomie pour savoir planifier un travail en sciences de la Terre et répondre à des contraintes temporelles
5.4	Savoir utiliser des outils professionnels de terrain et de laboratoire en sciences de la Terre : marteau, boussoles, loupes, microscopes, etc.
5.5	Savoir utiliser en sciences de la Terre des outils technologiques professionnels de terrain et de laboratoire – GPS, appareillage géophysique, etc.
5.6	Savoir réaliser en sciences de la Terre des prélèvements sur le terrain (eau, sol, roche)
6.6	Savoir respecter l'éthique scientifique en sciences de la Terre : propriété intellectuelle des écrits et des données, non falsification des données ou des résultats

## Mathématiques renforcées pour CMI SCM2U02C

3 ECTS — 30 h TD

L'objectif du cours est de renforcer les compétences en mathématiques à travers des exercices et des problèmes. L'UE SPO1U20C Outils mathématiques du S1 du portail Louis Pasteur est le prérequis à cette UE de CMI.

Fonctions d'une variable réelle – dans la continuité de SPO1U20C Outils mathématiques – : représentation de fonctions continues, dérivables ; théorème des accroissements finis (démonstration géométrique) ; approximation linéaire et développements limités (jusqu'à l'ordre 2), et applications (équivalents, tangence et courbure) ; *extrema*.

Courbes paramétrées : exemples et représentations ; trajectoire, vitesse, accélération ; vecteurs tangent et normal ; notion de courbure ; repère de Frénet ; élément de longueur curviligne ; intégrale curviligne (travail d'une force).

Constituer et structurer un socle de connaissances fondamentales et un bagage culturel scientifique
Être sensible à la validité d'un résultat et d'une théorie
Utiliser les outils mathématiques
Organiser et mettre en œuvre son travail personnel

## L2–L3 Sciences de la vie et de la Terre parcours Terre Semestre 3

### Géodynamique externe SVT3U37C

4 ECTS — 20 h CM — 8 h TD — 6 h TP — 6 h TT

Océan–atmosphère. **Cours** (12 h) : caractéristiques physiques et chimiques de l'atmosphère. Dynamique de l'atmosphère – principe du mouvement des masses d'air, circulation générale et systèmes locaux. Caractéristiques physiques et chimiques de l'océan. Dynamique de l'océan – principes du mouvement d'une masse d'eau, courants de surface, circulation thermohaline. **Travaux dirigés** (8 h) : bilan radiatif de la planète. Caractérisation des masses d'eau. Système des carbonates dans l'océan. **Cycle des roches. Cours** (8 h) : le cycle sédimentaire : interaction entre la roche et le climat. Les processus d'altération : altération chimique continentale, pédogénèse, altération mécanique. Érosion et transport de particules. Le dépôt des particules et la diagenèse. **Pétrographie exogène. Travaux pratiques** (6 h) : étude pétrographique des roches : notion d'altération, de transport, de lithification, roches détritiques. Étude pétrographique des roches : roches carbonées, roches évaporitiques, roches siliceuses, roches carbonatées, notion de texture. Reconstitution d'environnement : être capable d'utiliser des arguments pétrographiques pour proposer un environnement passé. **Terrain** (6 h) : apprentissage des gestes professionnels : lever de logs, construction de panoramas, référencements géographiques, corrélations stratigraphiques, reconstitutions de paléoenvironnements.

1.2–1.3	Constituer un socle de connaissances fondamentales au service des sciences de la Terre. Acquérir et exploiter de manière autonome des savoirs complémentaires en sciences de la Terre, fiables en s'appuyant sur des ressources universitaires et numériques	40%
1.4	Mettre en relation les concepts fondamentaux de géologie, de biologie, de mathématiques, de chimie et de physique avec les phénomènes naturels observés ou décrits pour approfondir la compréhension des sciences de la Terre	15%
2.2	Observer méthodiquement des objets géologiques sur le terrain ou au laboratoire	10%
2.8	Confronter les données avec un esprit critique aux savoirs existants et développer une argumentation scientifique en sciences de la Terre	5%
5.1	Être capable d'utiliser son bagage culturel et scientifique pour comprendre les grands enjeux en sciences de la Terre : eau, minerais, ressources fossiles, préservation des sols, risques naturels, changement global	5%
5.4	Savoir utiliser des outils professionnels de terrain et de laboratoire en sciences de la Terre : marteau, boussoles, loupes, microscopes, etc.	15%

### Paléontologie SVT3U38C

4 ECTS — 16 CM — 18 h TP — 6 h TT

**Cours :** 1– Notions de paléontologie (2 h). 2– Temps géologiques et paléontologie (2 h). 3– L'origine de la vie sur Terre (2 h). 4– Les premiers milliards d'années (2 h). 5– La sortie des eaux (2 h). 6– Histoire de la biodiversité (6 h). 7– Processus taphonomiques (2 h). **Travaux pratiques :** 1– Gastropodes et graptolites (3 h). 2– Bivalves et bivalves rudistes (3 h). 3– Céphalopodes (3 h). 4– Brachiopodes et trilobites (3 h). 5– Cnidaires–porifères et paléobotanique (3 h). 7– Échinodermes (3 h). **Terrain :** processus taphonomiques et fossilisation (6 h).

1.1	Constituer et structurer un bagage culturel en sciences de la Terre	5%
1.2– 1.3	Constituer un socle de connaissances fondamentales au service des sciences de la Terre. Acquérir et exploiter de manière autonome des savoirs complémentaires en sciences de la Terre, fiables en s'appuyant sur des ressources universitaires et numériques	25%
1.4	Mettre en relation les concepts fondamentaux de géologie, de biologie, de mathématiques, de chimie et de physique avec les phénomènes naturels observés ou décrits pour approfondir la compréhension des sciences de la Terre	10%
1.5	Utiliser les outils de géologie, de biologie, de mathématiques, de chimie, de physique, de statistiques et d'informatique pour répondre à des problématiques en sciences de la Terre	5%
2.2	Observer méthodiquement des objets géologiques sur le terrain ou au laboratoire	30%
2.5	Analyser, interpréter, synthétiser et modéliser des informations documentaires ou des données géologiques en vue de leur exploitation en sciences de la Terre	3%
2.8	Confronter les données avec un esprit critique aux savoirs existants et développer une argumentation scientifique en sciences de la Terre	3%
4.3	Savoir être soigneux et précis dans les restitutions de travaux en sciences de la Terre	7%
4.4	Savoir respecter un protocole dans le cadre des opérations scientifiques de terrain, d'analyses en laboratoire et des opérations professionnalisantes en sciences de la Terre	5%
5.2	Savoir observer et retranscrire des objets naturels géologiques	4%
5.4	Savoir utiliser des outils professionnels de terrain et de laboratoire en sciences de la Terre : marteau, boussoles, loupes, microscopes, etc.	3%

## Géophysique interne SVT3U40C

3 ECTS — 15 h CM — 15 h TD

**CM** Principes de sismologie (2 h). **TD** structures sismologiques détermination expérimentale de zones d'ombre (1 h). **CM** Mécanisme au foyer, définition géophysique *versus* structurale (1 h). **TD** propagation des ondes sismiques, hodochrones (2 h). **CM** Modèle PREM, contraintes thermodynamiques, rhéologiques, minéralogiques (2 h). **TD** Mécanismes au foyer; distances épacentrales (1 h). **CM** Géodésie (2 h). **TD** Ellipsoïde de référence (1 h). **CM** Gravimétrie (1 h). Anomalies de Bouguer, fonte de la calotte groenlandaise (2 h). **CM** isostasie (2 h). **TD** déséquilibre isostasiques – modèles d'érosion, fonte des glaces (1 h). **CM** Géomagnétisme contributions internes externes (2 h). **TD** vecteur Champ (1 h). **CM** IGRF (1 h). **TD** Dipôle de Gauss (2 h). **CM** Variations temporelles échelles de temps associées (2 h). **TD** Dérive continentale (1 h). **TD** Thermique – géotherme, nombre de Rayleigh – (3 h).

1.2– 1.3	Constituer un socle de connaissances fondamentales au service des sciences de la Terre. Acquérir et exploiter de manière autonome des savoirs complémentaires en sciences de la Terre, fiables en s'appuyant sur des ressources universitaires et numériques	40%
1.4	Mettre en relation les concepts fondamentaux de géologie, de biologie, de mathématiques, de chimie et de physique avec les phénomènes naturels observés ou décrits pour approfondir la compréhension des sciences de la Terre	20%
1.5	Utiliser les outils de géologie, de biologie, de mathématiques, de chimie, de physique, de statistiques et d'informatique pour répondre à des problématiques en sciences de la Terre	15%
2.2	Observer méthodiquement des objets géologiques sur le terrain ou au laboratoire	5%
2.5	Analyser, interpréter, synthétiser et modéliser des informations documentaires ou des données géologiques en vue de leur exploitation en sciences de la Terre	5%
2.8	Confronter les données avec un esprit critique aux savoirs existants et développer une argumentation scientifique en sciences de la Terre	10%
2.9	Être sensible à l'incertitude et la validité d'un résultat expérimental ou numérique en sciences de la Terre	5%

## Stratigraphie et cartographie SVT3U39C

6 ECTS — Stratigraphie 9 h CM — 15 h TP — 6 h TT — Cartographie 6 h CM — 18 h TP — 6 h TT

**Stratigraphie. Cours 1 :** notions de bases de la stratigraphie et approches fondamentales (4 h). **Travaux pratiques :** succession des événements – travail sur coupes géologiques – (3 h). Travail sur cartes géologiques – datation de

divers objets géologiques, succession des événements – (3 h). Corrélations de log et interprétation (3 h). **Cours 2** : sismostratigraphie, diagraphies, magnétostratigraphie, chimiostратigraphie (3 h). **Travaux pratiques** : interprétation de divers documents en lien avec le cours 2 (3 h). **Cours 3** : introduction à la stratigraphie séquentielle (2 h). **Travaux pratiques** : interprétation de divers documents en lien avec le cours 3 (3 h). **Terrain** : surfaces de stratification, principes de stratigraphie, discordances, faciès, hard-ground, etc.

1.2– 1.3	Constituer un socle de connaissances fondamentales au service des sciences de la Terre. Acquérir et exploiter de manière autonome des savoirs complémentaires en sciences de la Terre, fiables en s'appuyant sur des ressources universitaires et numériques	30%
1.4	Mettre en relation les concepts fondamentaux de géologie, de biologie, de mathématiques, de chimie et de physique avec les phénomènes naturels observés ou décrits pour approfondir la compréhension des sciences de la Terre	20%
1.5	Utiliser les outils de géologie, de biologie, de mathématiques, de chimie, de physique, de statistiques et d'informatique pour répondre à des problématiques en sciences de la Terre	10%
2.2	Observer méthodiquement des objets géologiques sur le terrain ou au laboratoire	10%
2.5	Analyser, interpréter, synthétiser et modéliser des informations documentaires ou des données géologiques en vue de leur exploitation en sciences de la Terre	10%
2.8	Confronter les données avec un esprit critique aux savoirs existants et développer une argumentation scientifique en sciences de la Terre	10%
4.3	Savoir être soigneux et précis dans les restitutions de travaux en sciences de la Terre	5%
5.4	Savoir utiliser des outils professionnels de terrain et de laboratoire en sciences de la Terre : marteau, boussoles, loupes, microscopes, etc.	5%

**Cartographie. Séance 1** – introduction. **Séance 2 – CM (2 h)** : les structures monoclinales. **TP (1 h)** : exercice d'application sur la carte de Palaiseau. **Séance 3 – CM (2 h)** : plis et failles, de l'observation de terrain aux cartes géologiques. **TP (1 h)** : introduction au schéma structural (schéma 1). **Séance 4 – TP (3 h)** : réalisation d'un schéma structural (schéma 1). **Séance 5 – TP (3 h)** : réalisation d'un schéma structural (schéma 2) et corrections. **Séance 6 – TP (3 h)** : coupe géologique dans une structure plissée, exercice d'application (coupe 1). **Séance 7 – TP (3 h)** : coupe géologique dans une structure plissée, exercice d'application (coupe 2). **Séance 8 – TP (3 h)** : la carte géologique d'Aix-en-Provence – schéma structural et commentaire de carte – une introduction au cadre géologique de la sortie de terrain. **Séance 9** : sortie géologique – réalisation d'une carte minute et d'une coupe géologique vers le bassin de Zola (Tholonet).

1.2– 1.3	Constituer un socle de connaissances fondamentales au service des sciences de la Terre. Acquérir et exploiter de manière autonome des savoirs complémentaires en sciences de la Terre, fiables en s'appuyant sur des ressources universitaires et numériques	20%
1.5	Utiliser les outils de géologie, de biologie, de mathématiques, de chimie, de physique, de statistiques et d'informatique pour répondre à des problématiques en sciences de la Terre	20%
2.2	Observer méthodiquement des objets géologiques sur le terrain ou au laboratoire	30%
2.4	Mettre en œuvre un échantillonnage pour mesurer et acquérir des données des sciences de la Terre	2%
2.5	Analyser, interpréter, synthétiser et modéliser des informations documentaires ou des données géologiques en vue de leur exploitation en sciences de la Terre	3%
2.8	Confronter les données avec un esprit critique aux savoirs existants et développer une argumentation scientifique en sciences de la Terre	5%
4.3	Savoir être soigneux et précis dans les restitutions de travaux en sciences de la Terre	5%
5.2	Savoir observer et retranscrire des objets naturels géologiques	5%

## Minéralogie et pétrographie SVT3U47C

4 ECTS – 20 h CM – 20 h TP

**Minéralogie. Cours (10 h)**. Notions de cristallographie, solutions solides, polymorphisme, classification des silicates, diagnose minérale, optique cristalline. **Travaux pratiques (10 h)**. Cristallographie sur modèles, diagnose minérale, optique cristalline. **Pétrographie. Cours (10 h)**. Origine et mise en place des magmas, Facteurs, faciès et séquences métamorphiques, transformations minérales, les différents types de métamorphisme en relation avec le contexte géodynamique. **Travaux pratiques (10 h)**. Reconnaissance des minéraux au microscope polarisant, diversité des roches magmatiques, séries métamorphiques.

1.2– 1.3	Constituer un socle de connaissances fondamentales au service des sciences de la Terre. Acquérir et exploiter de manière autonome des savoirs complémentaires en sciences de la Terre, fiables en s'appuyant sur des ressources universitaires et	35%
-------------	---	-----

	numériques	
2.2	Observer méthodiquement des objets géologiques sur le terrain ou au laboratoire	15%
2.5	Analyser, interpréter, synthétiser et modéliser des informations documentaires ou des données géologiques en vue de leur exploitation en sciences de la Terre	10%
2.8	Confronter les données avec un esprit critique aux savoirs existants et développer une argumentation scientifique en sciences de la Terre	5%
5.2	Savoir observer et retranscrire des objets naturels géologiques	25%
5.4	Savoir utiliser des outils professionnels de terrain et de laboratoire en sciences de la Terre : marteau, boussoles, loupes, microscopes, etc.	10%

## Projet personnel et professionnel de l'étudiant 2 SVT3U22C

3 ECTS — 2 h CM — 8 h TD

Découverte et étude des organisations professionnelles et des entreprises. Approche des environnements professionnels liés aux disciplines ; opportunités professionnelles. Approfondissement du projet personnel, de formation et professionnel.

1.2– 1.3	Constituer un socle de connaissances fondamentales au service des sciences de la Terre. Acquérir et exploiter de manière autonome des savoirs complémentaires en sciences de la Terre, fiables en s'appuyant sur des ressources universitaires et numériques
2.5	Analyser, interpréter, synthétiser et modéliser des informations documentaires ou des données géologiques en vue de leur exploitation en sciences de la Terre
3.3	Produire une synthèse de l'information à l'écrit sur une problématique en sciences de la Terre – en français et en anglais
3.4	Produire une synthèse de l'information à l'oral sur une problématique en sciences de la Terre – en français et en anglais
4.2	Conduire de façon collective un projet scientifique dans le domaine des sciences de la Terre et sur la base de données bibliographiques, de terrain ou de laboratoire
4.3	Savoir être soigneux et précis dans les restitutions de travaux en sciences de la Terre
6.1	Savoir mettre en valeur ses compétences

## Méthodes numériques 1 SVT3U41C

3 ECTS — 30 h TP

1– formules chimiques et introduction PIX, 2– hodochrones, 3– radioactivité, 4– densité du manteau, 5– séance PIX 1, 6– comptage de fossiles, 7– mesures physiques sur échantillons, 8– cycles solaires, 9– cyclostratigraphie, 10– séance PIX 2.

1.2– 1.3	Constituer un socle de connaissances fondamentales au service des sciences de la Terre. Acquérir et exploiter de manière autonome des savoirs complémentaires en sciences de la Terre, fiables en s'appuyant sur des ressources universitaires et numériques	2%
1.4	Mettre en relation les concepts fondamentaux de géologie, de biologie, de mathématiques, de chimie et de physique avec les phénomènes naturels observés ou décrits pour approfondir la compréhension des sciences de la Terre	15%
1.5	Utiliser les outils de géologie, de biologie, de mathématiques, de chimie, de physique, de statistiques et d'informatique pour répondre à des problématiques en sciences de la Terre	20%
2.3	Savoir utiliser les appareillages scientifiques de terrain et de laboratoire, ainsi que les logiciels d'acquisition couramment utilisés en sciences de la Terre	2%
2.4	Mettre en œuvre un échantillonnage pour mesurer et acquérir des données des sciences de la Terre	2%
2.5	Analyser, interpréter, synthétiser et modéliser des informations documentaires ou des données géologiques en vue de leur exploitation en sciences de la Terre	10%
2.6	Utiliser un logiciel pour cartographier, visualiser des mesures ou des données expérimentales en sciences de la Terre	5%
2.8	Confronter les données avec un esprit critique aux savoirs existants et développer une argumentation scientifique en sciences de la Terre	10%
2.9	Être sensible à l'incertitude et la validité d'un résultat expérimental ou numérique en sciences de la Terre	10%
3.1	Restituer de façon structurée à l'oral et à l'écrit des résultats scientifiques en sciences de la Terre, issus de sa démarche (en français)	1%
3.2	Lire et extraire des informations de sources documentaires en anglais pour les exploiter en sciences de la Terre	5%
3.3	Produire une synthèse de l'information à l'écrit sur une problématique en sciences de la Terre – en français et en anglais	3%
3.4	Produire une synthèse de l'information à l'oral sur une problématique en sciences de la Terre – en français et en anglais	3%

4.3	Savoir être soigneux et précis dans les restitutions de travaux en sciences de la Terre	3%
4.4	Savoir respecter un protocole dans le cadre des opérations scientifiques de terrain, d'analyses en laboratoire et des opérations professionnalisantes en sciences de la Terre	2%
4.5	Développer de l'autonomie pour savoir planifier un travail en sciences de la Terre et répondre à des contraintes temporelles	5%
5.2	Savoir observer et retranscrire des objets naturels géologiques	1%
5.5	Savoir utiliser en sciences de la Terre des outils technologiques professionnels de terrain et de laboratoire – GPS, appareillage géophysique, etc.	1%

## Anglais S3–français (CCI) SVT3U48C

3 ECTS — 20 h TD

Manipulation des structures de base de la langue. Compréhension d'un bref document authentique, écrit ou audio  
Prise de parole de façon spontanée sur un sujet d'actualité. Expression d'une opinion par écrit. Lexique scientifique de base.

Maîtriser les outils et techniques de communication nécessaires tant à une entrée en Master qu'à une pratique professionnelle de la langue anglaise en milieu scientifique
Atteindre le niveau B2 du Cadre européen commun de référence pour les langues dans l'ensemble des cinq compétences langagières que sont la compréhension orale et la compréhension écrite, la prise de parole en interaction et en continu, ainsi que l'expression écrite
Devenir autonome dans l'apprentissage de l'anglais

## Travail et entreprise (rapport stage) (CMI) SCM3U03L

3 ECTS — 10 h CM – 10 h TD – 10 h TP

L'objectif pédagogique est de familiariser l'étudiant à la communication en entreprise en travaillant à la fois sur les techniques de *retour d'expérience* avec une auto-évaluation de leur stage d'immersion, l'organisation de l'information de l'entreprise en s'appuyant sur leurs premières expériences et sur des cas pratiques étudiés sous la forme de mini projets et sur la recherche bibliographique de leur stage de spécialisation.

### Partie 1 : retour d'expérience sur le stage d'immersion (4 h)

- Notions d'information et de communication
- Notion de compétence : savoir ; savoir-faire ; savoir être
- Notion de données et d'information
- Notion de communication, notion de filtre – modèle de la communication de Shannon–Weaver – et de métacognition
- Mise en pratique
- Qu'est-ce que j'ai appris ? Qu'est-ce que j'aurais pu mieux faire ?
- À 3 niveaux : technique, organisation et comportement
- Technique du SWOT
- Qu'est-ce que le SWOT ?
- Mise en pratique :
- En travaillant en équipe de deux, faire le SWOT de la performance de son co-équipier par rapport à son stage
- Faire le SWOT de sa performance par rapport à son stage
- Retour d'expérience
- À quoi sert le retour d'expérience
- Analyse des accidents, arbre des causes
- Mise en pratique : remplir la grille de retour d'expérience pour son stage

### Partie 2 : organisation de l'entreprise et système d'information (8 h)

- Comment est organisée une entreprise ?
- Mise en pratique : proposer une organisation pour l'entreprise LEGO

- Quelles sont les différents flux d'information dans une entreprise ?
- Mise en pratique : définir les flux de matières pour l'entreprise LEGO
- Notion de *supply chain*
- Qu'est-ce qu'une réglementation ?
- Directives européennes, lois, décrets, codes ?
- Mise en pratique : lire la directive européenne sur les jouets et l'arrêté ministériel
- Qu'est-ce qu'une norme : produits, méthode de mesure, organisation
- Qu'est-ce qu'une norme ISO, ASTM, EN, NF,... et à quoi cela sert
- Notion de processus, procédure et mode opératoire
- Qu'est-ce que l'ISO 9 001, 14 001 : introduction à la notion de qualité
- Mise en pratique : proposer un processus de décision

**Partie 3 : recherche bibliographique (10 h)**

- Cours service documentation (Caroline Peron)
- Comment faire une recherche bibliographique ?
- Comment utiliser les outils de la bibliothèque universitaire ?
- Qu'est que la propriété intellectuelle ?
- Notion de confidentialité
- À quoi sert un brevet ?
- Comment fait-on des recherches sur les brevets ?
- Comment lit-on un brevet ?
- Mise en pratique : Lego
- Combien Lego a de brevet ?
- Combien de brevet ont-ils été déposés ?
- Qui est le principal inventeur ?
- Quels sont les futurs produits de Lego ?
- Comment définir un plan d'action ?

**Outils :**

- Comment s'organise-t-on ? PDCA, SMART
- Comment cerner son sujet ? QQQQCP
- Comment faire un planning ? GANTT
- Comment définir le sujet ?
- Formuler le sujet
- Les concepts clés
- Comment organiser l'information ?
- Comment évaluer la fiabilité et la qualité de la source d'information ?
- Comment rédiger ?
- Introduction
- Développement
- Conclusion
- Relecture
- Comment présente-t-on ?
- La posture
- Le contenu
- Soutenance des projets de recherche bibliographique

Être sensibilisé au monde de l'entreprise, à son organisation en termes de flux d'information
Être capable de s'autoévaluer en utilisant des techniques de retours d'expériences et de déterminer des axes de progrès
Développer son esprit critique sur les documents mis à sa disposition, comprendre le contexte et évaluer leur fiabilité

Savoir communiquer et adapter son discours à son interlocuteur

Savoir débattre, controverser et défendre ces idées

## Expression et communication en français (CMI) SCM3U04L

4 ECTS — 30 h CM

Renforcer la capacité d'analyse et de synthèse d'un texte ainsi que l'expression écrite et orale des étudiants. UE utilisant une pédagogie traditionnelle (technique d'écriture, d'analyse, validation des acquis grammaticaux) et active (débat, interaction, exposés oraux). Les aptitudes acquises concernent la technique du résumé, la technique de l'essai, l'orthographe et l'expression. Ce module est partagé avec les étudiants du CMI environnement. L'évaluation repose sur du contrôle continu comprenant 4 notes d'écrit, 1 note d'oral et un partiel.

Améliorer les compétences transversales et linguistiques en français des étudiants

## Semestre 4

### Sciences du sol et de l'eau SVT4U25C

6 ECTS — Sciences du sol 20 h CM — 4 h TD — 6 h TT — Hydrologie et hydrogéologie 4 ECTS — 12 h CM — 12 h TP — 6 h TT

**1. Sciences du sol.** Introduction - les sols dans leur contexte général – définitions. Les cinq facteurs de formation des sols. Les constituants : phase solide – phases minérale et organique –, liquide, gazeuse, organismes du sol. Propriétés physiques et chimiques des sols. Pédogenèse et classification : grands types de sols et fertilité.

1.2– 1.3	Constituer un socle de connaissances fondamentales au service des sciences de la Terre. Acquérir et exploiter de manière autonome des savoirs complémentaires en sciences de la Terre, fiables en s'appuyant sur des ressources universitaires et numériques	29%
1.4	Mettre en relation les concepts fondamentaux de géologie, de biologie, de mathématiques, de chimie et de physique avec les phénomènes naturels observés ou décrits pour approfondir la compréhension des sciences de la Terre	15%
1.5	Utiliser les outils de géologie, de biologie, de mathématiques, de chimie, de physique, de statistiques et d'informatique pour répondre à des problématiques en sciences de la Terre	10%
2.2	Observer méthodiquement des objets géologiques sur le terrain ou au laboratoire	10%
2.3	Savoir utiliser les appareillages scientifiques de terrain et de laboratoire, ainsi que les logiciels d'acquisition couramment utilisés en sciences de la Terre	3%
2.5	Analyser, interpréter, synthétiser et modéliser des informations documentaires ou des données géologiques en vue de leur exploitation en sciences de la Terre	10%
2.8	Confronter les données avec un esprit critique aux savoirs existants et développer une argumentation scientifique en sciences de la Terre	5%
3.1	Restituer de façon structurée à l'oral et à l'écrit des résultats scientifiques en sciences de la Terre, issus de sa démarche (en français)	3%
3.3	Produire une synthèse de l'information à l'écrit sur une problématique en sciences de la Terre – en français et en anglais	3%
5.1	Être capable d'utiliser son bagage culturel et scientifique pour comprendre les grands enjeux en sciences de la Terre : eau, minerais, ressources fossiles, préservation des sols, risques naturels, changement global	3%
5.2	Savoir observer et retranscrire des objets naturels géologiques	5%
5.4	Savoir utiliser des outils professionnels de terrain et de laboratoire en sciences de la Terre : marteau, boussoles, loupes, microscopes, etc.	2%
6.6	Savoir respecter l'éthique scientifique en sciences de la Terre : propriété intellectuelle des écrits et des données, non falsification des données ou des résultats	2%

**2. Hydrologie et hydrogéologie.** Cycle de l'eau, bilan hydrologique. Aquifères et nappes d'eau souterraine. Niveau piézométrique, écoulement et relations surface-souterrain. Quantification de l'écoulement, loi de Darcy. TP 1 : tracé de bassin versant, bilan hydrologique. TP 2 : tracé de cartes piézométriques. TP 3 : tracé de carte piézométrique. Application de la Loi de Darcy. TP 4 : expérience de Darcy : perméamètre à charge constante. Sortie : hydrologie et hydrogéologie. Étude d'un hydrosystème en domaine carbonaté (bassin versant, sources, rivière, débit, conductivité électrique, température de l'eau).

1.2– 1.3	Constituer un socle de connaissances fondamentales au service des sciences de la Terre. Acquérir et exploiter de manière autonome des savoirs complémentaires en sciences de la Terre, fiables en s'appuyant sur des ressources universitaires et numériques	30%
1.4	Mettre en relation les concepts fondamentaux de géologie, de biologie, de mathématiques, de chimie et de physique avec les phénomènes naturels observés ou décrits pour approfondir la compréhension des sciences de la Terre	15%
1.5	Utiliser les outils de géologie, de biologie, de mathématiques, de chimie, de physique, de statistiques et d'informatique pour répondre à des problématiques en sciences de la Terre	10%
2.2	Observer méthodiquement des objets géologiques sur le terrain ou au laboratoire	5%
2.3	Savoir utiliser les appareillages scientifiques de terrain et de laboratoire, ainsi que les logiciels d'acquisition couramment utilisés en sciences de la Terre	5%
2.4	Mettre en œuvre un échantillonnage pour mesurer et acquérir des données des sciences de la Terre	1%
2.5	Analyser, interpréter, synthétiser et modéliser des informations documentaires ou des données géologiques en vue de leur exploitation en sciences de la Terre	10%
2.8	Confronter les données avec un esprit critique aux savoirs existants et développer une argumentation scientifique en sciences de la Terre	5%
3.1	Restituer de façon structurée à l'oral et à l'écrit des résultats scientifiques en sciences de la Terre, issus de sa démarche (en français)	3%
3.3	Produire une synthèse de l'information à l'écrit sur une problématique en sciences de la Terre – en français et en anglais	3%
4.6	Savoir travailler en sciences de la Terre, sur le terrain, en laboratoire et en situations professionnalisantes en toute sécurité	2%
5.1	Être capable d'utiliser son bagage culturel et scientifique pour comprendre les grands enjeux en sciences de la Terre : eau, minerais, ressources fossiles, préservation des sols, risques naturels, changement global	2%
5.2	Savoir observer et retranscrire des objets naturels géologiques	5%
5.5	Savoir utiliser en sciences de la Terre des outils technologiques professionnels de terrain et de laboratoire – GPS, appareillage géophysique, etc.	2%
6.6	Savoir respecter l'éthique scientifique en sciences de la Terre : propriété intellectuelle des écrits et des données, non falsification des données ou des résultats	2%

## Tectonique S1VT4U44C

3 ECTS — 12 h CM — 12 h TP — 6 h TT

La déformation de matériaux de l'écorce terrestre donne naissance à des structures géologiques qui se manifestent à des échelles d'observations très variées (du millimètre à la dizaine de milliers de kilomètres). Les disciplines des sciences de la terre qui étudient ces déformations sont la géologie structurale et la tectonique. Le but de ce cours, des travaux dirigés et de la sortie terrain (Calanque de Sugiton) seront de définir et étudier deux types de structures élémentaires (les failles et les plis) et les contextes géodynamiques associés. La formation de ces structures est intimement liée à des micro-structures ou tectoglyphes (fractures, stries, axes de pli, etc.) qui permettent de mieux comprendre la genèse des structures à grande échelle. On insistera sur la description géométrique des structures géologiques dans les contextes géodynamiques extensif, compressif et décrochant, les forces à l'origine de ces structures, et enfin la représentation stéréographique des micro-structures (projection d'éléments plans ou de lignes).

1.2– 1.3	Constituer un socle de connaissances fondamentales au service des sciences de la Terre. Acquérir et exploiter de manière autonome des savoirs complémentaires en sciences de la Terre, fiables en s'appuyant sur des ressources universitaires et numériques	30%
1.4	Mettre en relation les concepts fondamentaux de géologie, de biologie, de mathématiques, de chimie et de physique avec les phénomènes naturels observés ou décrits pour approfondir la compréhension des sciences de la Terre	20%
2.2	Observer méthodiquement des objets géologiques sur le terrain ou au laboratoire	10%
2.3	Savoir utiliser les appareillages scientifiques de terrain et de laboratoire, ainsi que les logiciels d'acquisition couramment utilisés en sciences de la Terre	5%
2.5	Analyser, interpréter, synthétiser et modéliser des informations documentaires ou des données géologiques en vue de leur exploitation en sciences de la Terre	10%
2.8	Confronter les données avec un esprit critique aux savoirs existants et développer une argumentation scientifique en sciences de la Terre	10%
5.2	Savoir observer et retranscrire des objets naturels géologiques	10%
5.4	Savoir utiliser des outils professionnels de terrain et de laboratoire en sciences de la Terre : marteau, boussoles, loupes, microscopes, etc.	5%

## Sédimentologie SVT4U45C

4 ECTS — 16 h CM — 18 h TP — 6 h TT

**Cours :** 1– Les déserts (1 h). 2– Les systèmes fluviaux et lacustres (3 h). 3– Les systèmes détritiques côtiers (3 h). 4– Les plates-formes carbonatées (6 h). 5– Le domaine océanique (3 h). **Travaux pratiques :** 1– Les roches détritiques (3 h). 2– Les roches carbonatées–foraminifères et algues (3 h). 3– Les roches carbonatées–les invertébrés (3 h). 4– Les roches carbonatées–les grains non squelettiques (3 h). 5– La diagenèse précoce (3 h). 6– Reconstitutions paléoenvironnementales (3 h). **Terrain :** séries sédimentaires terrigènes et carbonatées (6 h).

1.2– 1.3	Constituer un socle de connaissances fondamentales au service des sciences de la Terre. Acquérir et exploiter de manière autonome des savoirs complémentaires en sciences de la Terre, fiables en s'appuyant sur des ressources universitaires et numériques	22%
1.4	Mettre en relation les concepts fondamentaux de géologie, de biologie, de mathématiques, de chimie et de physique avec les phénomènes naturels observés ou décrits pour approfondir la compréhension des sciences de la Terre	5%
2.2	Observer méthodiquement des objets géologiques sur le terrain ou au laboratoire	25%
2.3	Savoir utiliser les appareillages scientifiques de terrain et de laboratoire, ainsi que les logiciels d'acquisition couramment utilisés en sciences de la Terre	5%
2.5	Analyser, interpréter, synthétiser et modéliser des informations documentaires ou des données géologiques en vue de leur exploitation en sciences de la Terre	10%
2.8	Confronter les données avec un esprit critique aux savoirs existants et développer une argumentation scientifique en sciences de la Terre	5%
4.3	Savoir être soigneux et précis dans les restitutions de travaux en sciences de la Terre	2%
4.6	Savoir travailler en sciences de la Terre, sur le terrain, en laboratoire et en situations professionnalisantes en toute sécurité	2%
5.2	Savoir observer et retranscrire des objets naturels géologiques	15%
5.4	Savoir utiliser des outils professionnels de terrain et de laboratoire en sciences de la Terre : marteau, boussoles, loupes, microscopes, etc.	5%
6.5	Savoir respecter la réglementation environnementale pour travailler sur le terrain et en laboratoire en sciences de la Terre	2%
6.6	Savoir respecter l'éthique scientifique en sciences de la Terre : propriété intellectuelle des écrits et des données, non falsification des données ou des résultats	2%

## Géochimie des enveloppes SVT4U46C

3 ECTS — 18 h CM — 12 h TD

Rappel sur les éléments chimiques naturels stables et radioactifs, classification de Mendeleïev. Loi générale de la décroissance radioactive, période et constante radioactive, introduction aux familles radioactives. Abondance des éléments dans le système solaire, classification de Goldschmidt, séquence de condensation de Grossman et Larimer. Chronologie et processus de différenciation chimique du globe terrestre. Composition chimique des principales enveloppes (atmosphère, noyau, manteau, croûte océanique et continentale).

1.2– 1.3	Constituer un socle de connaissances fondamentales au service des sciences de la Terre. Acquérir et exploiter de manière autonome des savoirs complémentaires en sciences de la Terre, fiables en s'appuyant sur des ressources universitaires et numériques	20%
1.4	Mettre en relation les concepts fondamentaux de géologie, de biologie, de mathématiques, de chimie et de physique avec les phénomènes naturels observés ou décrits pour approfondir la compréhension des sciences de la Terre	40%
1.5	Utiliser les outils de géologie, de biologie, de mathématiques, de chimie, de physique, de statistiques et d'informatique pour répondre à des problématiques en sciences de la Terre	30%
2.8	Confronter les données avec un esprit critique aux savoirs existants et développer une argumentation scientifique en sciences de la Terre	10%

## Découverte d'un orogène SVT4U47C

4 ECTS — 40 h TT

Cet enseignement exclusivement de terrain consiste à découvrir la zone externe d'une chaîne de montagne et son avant-pays. Il sera question d'étudier à partir de l'interprétation de grands panoramas géologiques, de cartes géologiques et de coupes structurales, la structure et l'évolution d'un prisme orogénique, les relations entre la tectonique et la sédimentation, et le rôle des structures pré-orogéniques (rifts et bassins océaniques) sur la

structuration actuellement d'une chaîne de montagne (localisation des grands chevauchements). Le stage de cinq jours se déroulera dans la région de Sisteron-Digne dans le département des Alpes-de-Haute-Provence.

1.4	Mettre en relation les concepts fondamentaux de géologie, de biologie, de mathématiques, de chimie et de physique avec les phénomènes naturels observés ou décrits pour approfondir la compréhension des sciences de la Terre	3%
1.5	Utiliser les outils de géologie, de biologie, de mathématiques, de chimie, de physique, de statistiques et d'informatique pour répondre à des problématiques en sciences de la Terre	3%
2.2	Observer méthodiquement des objets géologiques sur le terrain ou au laboratoire	20%
2.3	Savoir utiliser les appareillages scientifiques de terrain et de laboratoire, ainsi que les logiciels d'acquisition couramment utilisés en sciences de la Terre	10%
2.6	Utiliser un logiciel pour cartographier, visualiser des mesures ou des données expérimentales en sciences de la Terre	3%
2.8	Confronter les données avec un esprit critique aux savoirs existants et développer une argumentation scientifique en sciences de la Terre	5%
3.1	Restituer de façon structurée à l'oral et à l'écrit des résultats scientifiques en sciences de la Terre, issus de sa démarche (en français)	5%
3.3	Produire une synthèse de l'information à l'écrit sur une problématique en sciences de la Terre – en français et en anglais	1%
4.1	S'organiser pour mener à bien de façon individuelle un projet scientifique dans le domaine des sciences de la Terre sur la base de données bibliographiques, de terrain ou de laboratoire	3%
4.3	Savoir être soigneux et précis dans les restitutions de travaux en sciences de la Terre	5%
4.6	Savoir travailler en sciences de la Terre, sur le terrain, en laboratoire et en situations professionnalisantes en toute sécurité	3%
5.2	Savoir observer et retranscrire des objets naturels géologiques	20%
5.3	Savoir établir un relevé de professionnel en géologie – minutes (cartes et coupes verticales)	10%
5.4	Savoir utiliser des outils professionnels de terrain et de laboratoire en sciences de la Terre : marteau, boussoles, loupes, microscopes, etc.	3%
6.5	Savoir respecter la réglementation environnementale pour travailler sur le terrain et en laboratoire en sciences de la Terre	3%
6.6	Savoir respecter l'éthique scientifique en sciences de la Terre : propriété intellectuelle des écrits et des données, non falsification des données ou des résultats	3%

## Cartographie en terrains sédimentaires SVT4U48C

4 ECTS — 4 h TP – 36 h TT

Cette UE de Terrain propose une première expérience à la cartographie de séries sédimentaires continentales et marines d'âge jurassique à éocène. Durant sept jours, les étudiants travaillent en binômes ou trinômes, sur des petits secteurs d'un à deux kilomètres carrés dans la chaîne de la Nerthe – Rove – ouest de Marseille – et le massif de la Sainte-Victoire – Tholonet – Saint-Antonin – est d'Aix-en-Provence. Les étudiants y expérimentent et consolident de manière pratique leurs connaissances en topographie, cartographie, stratigraphie, tectonique, sédimentologie, minéralogie et paléontologie. Ils réalisent principalement sur le terrain une minute – ébauche de carte géologique au 1:5000 avec report des couches géologiques et des failles – et des panoramas dessins. En salle et, ou sous forme de devoirs à la maison, ils mettent au propre leur carte géologique, réalisent des coupes géologiques et effectuent un schéma structural sur la base de l'ensemble des secteurs étudiés – carte simplifiée de plus grande échelle – 1:25000. Il leur est également demandé sur le terrain ou en salle une description de la géologie structurale de la Nerthe et de la Sainte-Victoire et une reconstitution de l'histoire tectonique régionale pour la période étudiée.

1.4	Mettre en relation les concepts fondamentaux de géologie, de biologie, de mathématiques, de chimie et de physique avec les phénomènes naturels observés ou décrits pour approfondir la compréhension des sciences de la Terre	3%
1.5	Utiliser les outils de géologie, de biologie, de mathématiques, de chimie, de physique, de statistiques et d'informatique pour répondre à des problématiques en sciences de la Terre	3%
2.2	Observer méthodiquement des objets géologiques sur le terrain ou au laboratoire	20%
2.3	Savoir utiliser les appareillages scientifiques de terrain et de laboratoire, ainsi que les logiciels d'acquisition couramment utilisés en sciences de la Terre	10%
2.6	Utiliser un logiciel pour cartographier, visualiser des mesures ou des données expérimentales en sciences de la Terre	3%
2.8	Confronter les données avec un esprit critique aux savoirs existants et développer une argumentation scientifique en sciences de la Terre	4%
3.1	Restituer de façon structurée à l'oral et à l'écrit des résultats scientifiques en sciences de la Terre, issus de sa démarche (en français)	4%
3.3	Produire une synthèse de l'information à l'écrit sur une problématique en sciences de la Terre – en français et en anglais	1%

4.1	S'organiser pour mener à bien de façon individuelle un projet scientifique dans le domaine des sciences de la Terre sur la base de données bibliographiques, de terrain ou de laboratoire	3%
4.3	Savoir être soigneux et précis dans les restitutions de travaux en sciences de la Terre	5%
4.5	Développer de l'autonomie pour savoir planifier un travail en sciences de la Terre et répondre à des contraintes temporelles	3%
4.6	Savoir travailler en sciences de la Terre, sur le terrain, en laboratoire et en situations professionnalisantes en toute sécurité	2%
5.2	Savoir observer et retranscrire des objets naturels géologiques	20%
5.3	Savoir établir un relevé de professionnel en géologie – minutes (cartes et coupes verticales)	10%
5.4	Savoir utiliser des outils professionnels de terrain et de laboratoire en sciences de la Terre : marteau, boussoles, loupes, microscopes, etc.	3%
6.5	Savoir respecter la réglementation environnementale pour travailler sur le terrain et en laboratoire en sciences de la Terre	3%
6.6	Savoir respecter l'éthique scientifique en sciences de la Terre : propriété intellectuelle des écrits et des données, non falsification des données ou des résultats	3%

## Méthodes numériques 2 SVT4U49C

3 ECTS — 30 h TP

1– analyse d'image (lame mince) avec ImageJ, 2– dessin vectoriel sous Inkscape : cartographie et coupe géologique, 3– dessin vectoriel sous Inkscape : cartographie et coupe géologique, 4– introduction à un logiciel SIG (QGIS), 5– séance PIX 3, 6– séance PIX 4, 7– introduction au langage informatique, 8– programmation en Fortran, 9– séance PIX 5, 10– séance PIX 6.

1.2– 1.3	Constituer un socle de connaissances fondamentales au service des sciences de la Terre. Acquérir et exploiter de manière autonome des savoirs complémentaires en sciences de la Terre, fiables en s'appuyant sur des ressources universitaires et numériques	2%
1.4	Mettre en relation les concepts fondamentaux de géologie, de biologie, de mathématiques, de chimie et de physique avec les phénomènes naturels observés ou décrits pour approfondir la compréhension des sciences de la Terre	15%
1.5	Utiliser les outils de géologie, de biologie, de mathématiques, de chimie, de physique, de statistiques et d'informatique pour répondre à des problématiques en sciences de la Terre	20%
2.3	Savoir utiliser les appareillages scientifiques de terrain et de laboratoire, ainsi que les logiciels d'acquisition couramment utilisés en sciences de la Terre	2%
2.4	Mettre en œuvre un échantillonnage pour mesurer et acquérir des données des sciences de la Terre	2%
2.5	Analyser, interpréter, synthétiser et modéliser des informations documentaires ou des données géologiques en vue de leur exploitation en sciences de la Terre	10%
2.6	Utiliser un logiciel pour cartographier, visualiser des mesures ou des données expérimentales en sciences de la Terre	5%
2.8	Confronter les données avec un esprit critique aux savoirs existants et développer une argumentation scientifique en sciences de la Terre	10%
2.9	Être sensible à l'incertitude et la validité d'un résultat expérimental ou numérique en sciences de la Terre	10%
3.1	Restituer de façon structurée à l'oral et à l'écrit des résultats scientifiques en sciences de la Terre, issus de sa démarche (en français)	1%
3.2	Lire et extraire des informations de sources documentaires en anglais pour les exploiter en sciences de la Terre	5%
3.3	Produire une synthèse de l'information à l'écrit sur une problématique en sciences de la Terre – en français et en anglais	3%
3.4	Produire une synthèse de l'information à l'oral sur une problématique en sciences de la Terre – en français et en anglais	3%
4.3	Savoir être soigneux et précis dans les restitutions de travaux en sciences de la Terre	3%
4.4	Savoir respecter un protocole dans le cadre des opérations scientifiques de terrain, d'analyses en laboratoire et des opérations professionnalisantes en sciences de la Terre	2%
4.5	Développer de l'autonomie pour savoir planifier un travail en sciences de la Terre et répondre à des contraintes temporelles	5%
5.2	Savoir observer et retranscrire des objets naturels géologiques	1%
5.5	Savoir utiliser en sciences de la Terre des outils technologiques professionnels de terrain et de laboratoire – GPS, appareillage géophysique, etc.	1%

## Anglais S4–français SVT4U01C

3 ECTS — 28 h TD

Révision des bases en orthographe et grammaire Compréhension écrite et orale d'articles scientifiques ou de vulgarisation. Synthèse d'articles.

Maîtriser les outils et techniques de communication nécessaires tant à une entrée en Master qu'à une pratique professionnelle de la langue anglaise en milieu scientifique
Atteindre le niveau B2 du Cadre européen commun de référence pour les langues dans l'ensemble des cinq compétences langagières que sont la compréhension orale et la compréhension écrite, la prise de parole en interaction et en continu, ainsi que l'expression écrite
Devenir autonome dans l'apprentissage de l'anglais

## Estimation et tests paramétriques SMH4U03C

3 ECTS — 30 h TD

- Rappels sur les statistiques bi-variées
- Estimation ponctuelle et par intervalle d'une proportion, d'une moyenne, d'une variance
- Notion d'échantillonnage
- Généralités sur les tests
- Tests sur les moyennes (de Student), sur les variances et les proportions

Être capable de faire des calculs de base en probabilités discrètes
Savoir calculer un ensemble de descripteurs numériques permettant de résumer les caractéristiques d'une série de données issue d'une problématique environnementale
Savoir représenter graphiquement une série de données

## Anglais renforcé – préparation au TOEFL SCM4U04L

3 ECTS — 30 h TD

Maîtriser les outils et techniques de communication nécessaires à une pratique professionnelle de la langue anglaise en milieu scientifique
Atteindre le niveau B2 ou le niveau C1 du Cadre européen commun de référence pour les langues dans l'ensemble des cinq compétences langagières que sont la compréhension orale et la compréhension écrite, la prise de parole en interaction et en continu, ainsi que l'expression écrite soit respectivement un score de 87–109 (B2) et 110–120 (C1) au TOEFL
Devenir autonome dans l'apprentissage de l'anglais

## Stage (CMI) SCM4U01C

3 ECTS — 30 h TD

Le stage (six semaines) est en relation avec l'UE Préparation à la réussite d'un stage; de ce fait l'attente de l'équipe pédagogique est un rapport de stage descriptif utilisant les définitions et les méthodes étudiées dans cette UE. À noter que si le stage de S2 a été réalisé en milieu industriel, ce stage doit être réalisé en milieu académique. La soutenance de stage aura lieu en juillet ou septembre, selon les cas, en présence de l'équipe pédagogique. La durée sera fixée à 12 min puis 8 min de questions.

1.5	Utiliser les outils de géologie, de biologie, de mathématiques, de chimie, de physique, de statistiques et d'informatique pour répondre à des problématiques en sciences de la Terre
2.1	Formuler le questionnement scientifique et/ou l'élaborer à partir de ses connaissances en sciences de la Terre ou de l'observation d'objets géologiques
2.2	Observer méthodiquement des objets géologiques sur le terrain ou au laboratoire
2.3	Savoir utiliser les appareillages scientifiques de terrain et de laboratoire, ainsi que les logiciels d'acquisition couramment utilisés en sciences de la Terre
2.4	Mettre en œuvre un échantillonnage pour mesurer et acquérir des données des sciences de la Terre
2.8	Confronter les données avec un esprit critique aux savoirs existants et développer une argumentation scientifique en sciences de la Terre
2.9	Être sensible à l'incertitude et la validité d'un résultat expérimental ou numérique en sciences de la Terre
3.3	Produire une synthèse de l'information à l'écrit sur une problématique en sciences de la Terre – en français et en anglais
3.4	Produire une synthèse de l'information à l'oral sur une problématique en sciences de la Terre – en français et en anglais
4.1	S'organiser pour mener à bien de façon individuelle un projet scientifique dans le domaine des sciences de la Terre sur la base de données bibliographiques, de terrain ou de laboratoire
4.3	Savoir être soigneux et précis dans les restitutions de travaux en sciences de la Terre

4.5	Développer de l'autonomie pour savoir planifier un travail en sciences de la Terre et répondre à des contraintes temporelles
5.4	Savoir utiliser des outils professionnels de terrain et de laboratoire en sciences de la Terre : marteau, boussoles, loupes, microscopes, etc.
5.5	Savoir utiliser en sciences de la Terre des outils technologiques professionnels de terrain et de laboratoire – GPS, appareillage géophysique, etc.
5.6	Savoir réaliser en sciences de la Terre des prélèvements sur le terrain (eau, sol, roche)
6.6	Savoir respecter l'éthique scientifique en sciences de la Terre : propriété intellectuelle des écrits et des données, non falsification des données ou des résultats

## Semestre 5

### Géodynamique interne et planétologie SVT5U59C

6 ECTS – 18 h CM – 6 h TD – 24 h TP – 12 h TT

**Cours–TD.** Planétologie : formation et évolution des planètes, des petits corps et des exoplanètes (6 h). Formation et évolution des magmas (3 h). Séries magmatiques en relation avec les contextes géodynamique – exemples – (6 h). Modalités des réactions métamorphiques dans les roches – thermodynamique et cinétique des réactions métamorphiques – facteurs de contrôle des réactions métamorphiques (3 h). Estimation des conditions du métamorphisme et reconstitutions des chemins P–T–t–D à partir de l'étude de terrain et en laboratoire (3 h). Les différents métamorphismes associés aux grands contextes géodynamiques (3 h). **Travaux pratiques. Magmatisme.** Des chondrites aux granites (3 h). La série alcaline de la chaîne des Puys (3 h). Magmatisme tholéitique de la croûte océanique (3 h). Séries calcoalcalines et hyperalcalines (3 h). **Métamorphisme.** Métamorphisme de subductions océanique et continentale dans les Alpes occidentales (3 h). Métamorphisme de collision dans la chaîne varisque du Massif Central (3 h). Métamorphisme hydrothermal de l'ophiolite du Chenaillet (Alpes occidentales ; 3 h). Métamorphisme tardi-orogénique du massif de l'Agly (Pyrénées ; 3 h). **Terrain.** Série métamorphique des Maures – magmatisme permien de l'Esterel (2 j).

1.1	Constituer et structurer un bagage culturel en sciences de la Terre	5%
1.2– 1.3	Constituer un socle de connaissances fondamentales au service des sciences de la Terre. Acquérir et exploiter de manière autonome des savoirs complémentaires en sciences de la Terre, fiables en s'appuyant sur des ressources universitaires et numériques	25%
1.4	Mettre en relation les concepts fondamentaux de géologie, de biologie, de mathématiques, de chimie et de physique avec les phénomènes naturels observés ou décrits pour approfondir la compréhension des sciences de la Terre	5%
2.1	Formuler le questionnement scientifique et/ou l'élaborer à partir de ses connaissances en sciences de la Terre ou de l'observation d'objets géologiques	8%
2.2	Observer méthodiquement des objets géologiques sur le terrain ou au laboratoire	10%
2.8	Confronter les données avec un esprit critique aux savoirs existants et développer une argumentation scientifique en sciences de la Terre	3%
2.9	Être sensible à l'incertitude et la validité d'un résultat expérimental ou numérique en sciences de la Terre	2%
3.1	Restituer de façon structurée à l'oral et à l'écrit des résultats scientifiques en sciences de la Terre, issus de sa démarche (en français)	6%
4.3	Savoir être soigneux et précis dans les restitutions de travaux en sciences de la Terre	2%
4.5	Développer de l'autonomie pour savoir planifier un travail en sciences de la Terre et répondre à des contraintes temporelles	2%
4.6	Savoir travailler en sciences de la Terre, sur le terrain, en laboratoire et en situations professionnalisantes en toute sécurité	5%
5.2	Savoir observer et retranscrire des objets naturels géologiques	25%
5.4	Savoir utiliser des outils professionnels de terrain et de laboratoire en sciences de la Terre : marteau, boussoles, loupes, microscopes, etc.	2%

### Chaînes et bassins SVT5U60C

6 ECTS – Tectonique 2 9 h CM – 9 h TP – 12 h TT – Bassins sédimentaires 6 h CM – 12 h TP – 12 h TT

**Tectonique 2 (30 h).** L'étude du terrain de la tectonique appelle de multiples prolongements au laboratoire, par exemple, pour la modélisation structurale des structures géologiques (construction et équilibrage des coupes

géologiques). Le but de cet enseignement est de présenter, d'un point de vue qualitatif et quantitatif, la tectonique extensive des rifts et bassins de marge passive, et la tectonique de chevauchement des bassins d'avant-pays (6 h). Ensuite, deux journées de terrain sur l'anticlinal du Pont de Mirabeau seront consacrées à l'acquisition de données géologiques et structurales (cartographies des formations sédimentaires, attitudes des couches géologiques, contacts tectoniques et fractures). Ces données seront numérisées dans le logiciel d'analyse et de modélisation structurale MOVE© en salle sur pc (6 h) – Petroleum Experts Limited (<http://www.petex.com>) est remercié pour fournir les licences académiques du logiciel Move. *Petroleum Experts Limited (<http://www.petex.com>) is acknowledged for providing academic licenses of Move.* La structure étudiée sur le terrain sera ensuite équilibrée et restaurée puis des données de plus petite échelle (fractures) seront intégrées dans le modèle (6 h) afin de reproduire l'histoire tectonique de la structure étudiée.

1.2–1.3	Constituer un socle de connaissances fondamentales au service des sciences de la Terre. Acquérir et exploiter de manière autonome des savoirs complémentaires en sciences de la Terre, fiables en s'appuyant sur des ressources universitaires et numériques	20%
1.4	Mettre en relation les concepts fondamentaux de géologie, de biologie, de mathématiques, de chimie et de physique avec les phénomènes naturels observés ou décrits pour approfondir la compréhension des sciences de la Terre	20%
2.2	Observer méthodiquement des objets géologiques sur le terrain ou au laboratoire	10%
2.3	Savoir utiliser les appareillages scientifiques de terrain et de laboratoire, ainsi que les logiciels d'acquisition couramment utilisés en sciences de la Terre	5%
2.5	Analyser, interpréter, synthétiser et modéliser des informations documentaires ou des données géologiques en vue de leur exploitation en sciences de la Terre	10%
2.6	Utiliser un logiciel pour cartographier, visualiser des mesures ou des données expérimentales en sciences de la Terre	5%
2.8	Confronter les données avec un esprit critique aux savoirs existants et développer une argumentation scientifique en sciences de la Terre	10%
5.2	Savoir observer et retranscrire des objets naturels géologiques	10%
5.4	Savoir utiliser des outils professionnels de terrain et de laboratoire en sciences de la Terre : marteau, boussoles, loupes, microscopes, etc.	5%
5.5	Savoir utiliser en sciences de la Terre des outils technologiques professionnels de terrain et de laboratoire – GPS, appareillage géophysique, etc.	5%

**Bassins sédimentaires (20 h).** Principe de la stratigraphie. Séquences de dépôts et environnements. Stratigraphie séquentielle. Remplissage et facteurs de contrôles. Relation entre système sédimentaire et bassins convergents – bassins d'arc, bassin intra-orogéniques, bassins d'avant-pays, prismes d'accrétion, bassins décrochants.

1.2–1.3	Constituer un socle de connaissances fondamentales au service des sciences de la Terre. Acquérir et exploiter de manière autonome des savoirs complémentaires en sciences de la Terre, fiables en s'appuyant sur des ressources universitaires et numériques	15%
1.4	Mettre en relation les concepts fondamentaux de géologie, de biologie, de mathématiques, de chimie et de physique avec les phénomènes naturels observés ou décrits pour approfondir la compréhension des sciences de la Terre	10%
1.5	Utiliser les outils de géologie, de biologie, de mathématiques, de chimie, de physique, de statistiques et d'informatique pour répondre à des problématiques en sciences de la Terre	5%
2.2	Observer méthodiquement des objets géologiques sur le terrain ou au laboratoire	10%
2.3	Savoir utiliser les appareillages scientifiques de terrain et de laboratoire, ainsi que les logiciels d'acquisition couramment utilisés en sciences de la Terre	5%
2.5	Analyser, interpréter, synthétiser et modéliser des informations documentaires ou des données géologiques en vue de leur exploitation en sciences de la Terre	10%
2.8	Confronter les données avec un esprit critique aux savoirs existants et développer une argumentation scientifique en sciences de la Terre	5%
3.2	Lire et extraire des informations de sources documentaires en anglais pour les exploiter en sciences de la Terre	3%
4.3	Savoir être soigneux et précis dans les restitutions de travaux en sciences de la Terre	1%
4.4	Savoir respecter un protocole dans le cadre des opérations scientifiques de terrain, d'analyses en laboratoire et des opérations professionnalisantes en sciences de la Terre	3%
4.6	Savoir travailler en sciences de la Terre, sur le terrain, en laboratoire et en situations professionnalisantes en toute sécurité	3%
5.1	Être capable d'utiliser son bagage culturel et scientifique pour comprendre les grands enjeux en sciences de la Terre : eau, minerais, ressources fossiles, préservation des sols, risques naturels, changement global	1%
5.2	Savoir observer et retranscrire des objets naturels géologiques	15%
5.3	Savoir établir un relevé de professionnel en géologie – minutes (cartes et coupes verticales)	5%
5.4	Savoir utiliser des outils professionnels de terrain et de laboratoire en sciences de la Terre : marteau, boussoles, loupes, microscopes, etc.	5%
6.5	Savoir respecter la réglementation environnementale pour travailler sur le terrain et en laboratoire en sciences de la Terre	2%

6.6	Savoir respecter l'éthique scientifique en sciences de la Terre : propriété intellectuelle des écrits et des données, non falsification des données ou des résultats	2%
-----	--	----

## Géophysique appliquée SVT5U61C

3 ECTS — 14 h CM — 10 h TD — 6 h TT

**Cours.** Prospection magnétique, rappel structure et variation diurne du champ magnétique, notion de magnétisme des roches (6 h). Prospection électrique – Wenner Schlumberger, tomographie, potentiel spontané – (4 h). Prospection gravimétrique (2 h). Prospection sismique (2 h). **Travaux dirigés.** Méthodes de champs: magnétisme – correction diurne, contraste susceptibilité –, gravimétrie – contraste de densité (2 h). Traitement de données de résistivité électrique (2 h). Interprétation de coupes sismique réflexion (2 h). **Terrain.** Utilisation du matériel léger du géophysicien (6 h). **Travaux dirigés.** Dépouillement des données de terrain, numérisation (4 h).

1.2– 1.3	Constituer un socle de connaissances fondamentales au service des sciences de la Terre. Acquérir et exploiter de manière autonome des savoirs complémentaires en sciences de la Terre, fiables en s'appuyant sur des ressources universitaires et numériques	20%
1.4	Mettre en relation les concepts fondamentaux de géologie, de biologie, de mathématiques, de chimie et de physique avec les phénomènes naturels observés ou décrits pour approfondir la compréhension des sciences de la Terre	25%
1.5	Utiliser les outils de géologie, de biologie, de mathématiques, de chimie, de physique, de statistiques et d'informatique pour répondre à des problématiques en sciences de la Terre	8%
2.2	Observer méthodiquement des objets géologiques sur le terrain ou au laboratoire	9%
2.5	Analyser, interpréter, synthétiser et modéliser des informations documentaires ou des données géologiques en vue de leur exploitation en sciences de la Terre	5%
2.8	Confronter les données avec un esprit critique aux savoirs existants et développer une argumentation scientifique en sciences de la Terre	5%
2.9	Être sensible à l'incertitude et la validité d'un résultat expérimental ou numérique en sciences de la Terre	5%
3.1	Restituer de façon structurée à l'oral et à l'écrit des résultats scientifiques en sciences de la Terre, issus de sa démarche (en français)	3%
3.3	Produire une synthèse de l'information à l'écrit sur une problématique en sciences de la Terre – en français et en anglais	3%
5.2	Savoir observer et retranscrire des objets naturels géologiques	5%
5.4	Savoir utiliser des outils professionnels de terrain et de laboratoire en sciences de la Terre : marteau, boussoles, loupes, microscopes, etc.	1%
5.5	Savoir utiliser en sciences de la Terre des outils technologiques professionnels de terrain et de laboratoire – GPS, appareillage géophysique, etc.	10%
5.6	Savoir réaliser en sciences de la Terre des prélèvements sur le terrain (eau, sol, roche)	1%

## Géochronologie et traceurs radiogéniques SVT5U62C

3 ECTS — 18 h CM — 12 h TD

Isotopes et radioactivités: introduction, définitions, techniques expérimentales (3 h CM ; 2 h TD). Principe de la datation par isochrone des séries cogénétiques (3 h CM ; 2 h TD). Principales méthodes de datation longue période – U/Pb sur zircons, K/Ar, Plomb-Plomb – (3 h CM ; 2 h TD). Principes et illustrations du traçage des phénomènes géologiques à l'aide des isotopes radiogéniques (3 h CM ; 2 h TD). Principes de base de l'utilisation des isotopes radioactifs de courte période – déséquilibre des chaînes naturelles, et cosmonucléides – (3 h CM ; 2 h TD).

1.2– 1.3	Constituer un socle de connaissances fondamentales au service des sciences de la Terre. Acquérir et exploiter de manière autonome des savoirs complémentaires en sciences de la Terre, fiables en s'appuyant sur des ressources universitaires et numériques	20%
1.4	Mettre en relation les concepts fondamentaux de géologie, de biologie, de mathématiques, de chimie et de physique avec les phénomènes naturels observés ou décrits pour approfondir la compréhension des sciences de la Terre	20%
1.5	Utiliser les outils de géologie, de biologie, de mathématiques, de chimie, de physique, de statistiques et d'informatique pour répondre à des problématiques en sciences de la Terre	50%
2.8	Confronter les données avec un esprit critique aux savoirs existants et développer une argumentation scientifique en sciences de la Terre	10%

## Risques géologiques SVT5U36C

3 ECTS — 16 h CM — 14 h TD

Risque sismique, volcanique, lié aux mouvements de terrain (ex. glissements de terrain, avalanches de neige), inondations fluviales, inondations marines (liées au tempêtes et tsunamis), phénomènes atmosphériques dangereux (tempêtes, tornades, ouragans). Seront passés en revue le phénomène proprement dit (l'aléa), son impact sur la société et les mesures prises par celle-ci face au risque.

1.2– 1.3	Constituer un socle de connaissances fondamentales au service des sciences de la Terre. Acquérir et exploiter de manière autonome des savoirs complémentaires en sciences de la Terre, fiables en s'appuyant sur des ressources universitaires et numériques	40%
1.4	Mettre en relation les concepts fondamentaux de géologie, de biologie, de mathématiques, de chimie et de physique avec les phénomènes naturels observés ou décrits pour approfondir la compréhension des sciences de la Terre	20%
2.5	Analyser, interpréter, synthétiser et modéliser des informations documentaires ou des données géologiques en vue de leur exploitation en sciences de la Terre	15%
2.8	Confronter les données avec un esprit critique aux savoirs existants et développer une argumentation scientifique en sciences de la Terre	13%
5.1	Être capable d'utiliser son bagage culturel et scientifique pour comprendre les grands enjeux en sciences de la Terre : eau, minerais, ressources fossiles, préservation des sols, risques naturels, changement global	12%

## Projet personnel et professionnel de l'étudiant 3 SVT5U69C

3 ECTS — 2 h CM — 12 h TD

Accompagner l'élaboration du projet professionnel de l'étudiant afin de donner du sens au choix de son parcours de formation post-licence en vue de sa professionnalisation, donner des outils d'insertion professionnelle. Présentation des parcours des masters AMU Formation TRE (Techniques recherche d'emploi) : CV, lettre de motivation, entretien, outils numériques. Simulation d'entretiens de recrutement (mise en situation). Bilan des compétences : savoir, savoir-faire et savoir-être. Préparation et présentation du projet post-licence.

1.2– 1.3	Constituer un socle de connaissances fondamentales au service des sciences de la Terre. Acquérir et exploiter de manière autonome des savoirs complémentaires en sciences de la Terre, fiables en s'appuyant sur des ressources universitaires et numériques
3.3	Produire une synthèse de l'information à l'écrit sur une problématique en sciences de la Terre – en français et en anglais
3.4	Produire une synthèse de l'information à l'oral sur une problématique en sciences de la Terre – en français et en anglais
4.3	Savoir être soigneux et précis dans les restitutions de travaux en sciences de la Terre
4.5	Développer de l'autonomie pour savoir planifier un travail en sciences de la Terre et répondre à des contraintes temporelles
6.1	Savoir mettre en valeur ses compétences
6.2	Savoir rédiger un <i>curriculum vitae</i> et une lettre de motivation
6.3	Savoir s'entretenir pour une embauche

## Méthodes numériques 3 SVT5U63C

3 ECTS — 30 h TP

1– Programmation : introduction au langage Python et construction de graphiques, 2– refroidissement d'un corps planétaire, 3– sources d'anomalies géophysiques, 4– diagrammes de phase en métamorphisme, 5– Traitement de données géologiques et géophysiques, réalisation de cartes, coupes, graphiques pour rapports de terrain – utilisation SIG, tableur, 6– Traitement de données géologiques et géophysiques, réalisation de cartes, coupes, graphiques pour rapports de terrain – utilisation SIG, tableur, 7– Traitement de données géologiques et géophysiques, réalisation de cartes, coupes, graphiques pour rapports de terrain – utilisation SIG, tableur, 8– séance PIX 7, passage du test de la certification PIX, 9– séance PIX 8, passage du test de la certification PIX, 10– séance PIX 9, passage du test de la certification PIX.

1.2– 1.3	Constituer un socle de connaissances fondamentales au service des sciences de la Terre. Acquérir et exploiter de manière autonome des savoirs complémentaires en sciences de la Terre, fiables en s'appuyant sur des ressources universitaires et	2%
-------------	---	----

	numériques	
1.4	Mettre en relation les concepts fondamentaux de géologie, de biologie, de mathématiques, de chimie et de physique avec les phénomènes naturels observés ou décrits pour approfondir la compréhension des sciences de la Terre	15%
1.5	Utiliser les outils de géologie, de biologie, de mathématiques, de chimie, de physique, de statistiques et d'informatique pour répondre à des problématiques en sciences de la Terre	20%
2.3	Savoir utiliser les appareillages scientifiques de terrain et de laboratoire, ainsi que les logiciels d'acquisition couramment utilisés en sciences de la Terre	2%
2.4	Mettre en œuvre un échantillonnage pour mesurer et acquérir des données des sciences de la Terre	2%
2.5	Analyser, interpréter, synthétiser et modéliser des informations documentaires ou des données géologiques en vue de leur exploitation en sciences de la Terre	10%
2.6	Utiliser un logiciel pour cartographier, visualiser des mesures ou des données expérimentales en sciences de la Terre	5%
2.8	Confronter les données avec un esprit critique aux savoirs existants et développer une argumentation scientifique en sciences de la Terre	10%
2.9	Être sensible à l'incertitude et la validité d'un résultat expérimental ou numérique en sciences de la Terre	10%
3.1	Restituer de façon structurée à l'oral et à l'écrit des résultats scientifiques en sciences de la Terre, issus de sa démarche (en français)	1%
3.2	Lire et extraire des informations de sources documentaires en anglais pour les exploiter en sciences de la Terre	5%
3.3	Produire une synthèse de l'information à l'écrit sur une problématique en sciences de la Terre – en français et en anglais	3%
3.4	Produire une synthèse de l'information à l'oral sur une problématique en sciences de la Terre – en français et en anglais	3%
4.3	Savoir être soigneux et précis dans les restitutions de travaux en sciences de la Terre	3%
4.4	Savoir respecter un protocole dans le cadre des opérations scientifiques de terrain, d'analyses en laboratoire et des opérations professionnalisantes en sciences de la Terre	2%
4.5	Développer de l'autonomie pour savoir planifier un travail en sciences de la Terre et répondre à des contraintes temporelles	5%
5.2	Savoir observer et retranscrire des objets naturels géologiques	1%
5.5	Savoir utiliser en sciences de la Terre des outils technologiques professionnels de terrain et de laboratoire – GPS, appareillage géophysique, etc.	1%

## Anglais S5—présentation de travaux scientifiques SVT5U28C

3 ECTS — 26 h TD

Les enseignements reportent sur la lecture, la compréhension et la restitution d'articles scientifiques sélectionnés en lien avec une thématique principale. Chaque groupe d'étudiants constitués (3 à 5 étudiants) aura à sa disposition trois articles de niveaux différents (1 article de vulgarisation, 2 articles axés recherche) L'enseignement portera à la fois sur l'étude de la grammaire, le vocabulaire, les tournures de phrase et l'orthographe (avec l'enseignant de langue anglaise), et sur la compréhension de la démarche scientifique, des résultats, conclusions et perspectives scientifiques (avec l'enseignant scientifique référent du parcours).

2.5	Analyser, interpréter, synthétiser et modéliser des informations documentaires ou des données géologiques en vue de leur exploitation en sciences de la Terre	10%
3.1	Restituer de façon structurée à l'oral et à l'écrit des résultats scientifiques en sciences de la Terre, issus de sa démarche (en français)	25%
3.2	Lire et extraire des informations de sources documentaires en anglais pour les exploiter en sciences de la Terre	20%
3.3	Produire une synthèse de l'information à l'écrit sur une problématique en sciences de la Terre – en français et en anglais	15%
3.4	Produire une synthèse de l'information à l'oral sur une problématique en sciences de la Terre – en français et en anglais	25%
4.1	S'organiser pour mener à bien de façon individuelle un projet scientifique dans le domaine des sciences de la Terre sur la base de données bibliographiques, de terrain ou de laboratoire	5%

## Droit de l'environnement (CMI) SCM5U01C

3 ECTS — 30 h TD

Initiation au droit de l'environnement :

- introduction au droit ;
- droit des ICPE ;
- droit des déchets ;

- droit des sols ;
- droit de la responsabilité (civile et pénale)

## Gestion de projet et stratégies d'innovation SVT5UxxC

3 ECTS — 12 h CM — 18 h TD

- Découvrir l'ensemble des solutions envisageables en termes de propriété industrielle, de préservation d'identité, et de valorisation du savoir-faire.
- Sensibilisation au contenu stratégique d'un portefeuille d'outils de propriété industrielle.
- Gestion managériale d'un projet d'invention en tant que processus transversal: découverte de la fonction *manager d'équipe innovation*, intéressant les entreprises de pointe à la recherche de managers capables de gérer des projets à caractère innovant.
- Savoir déterminer si un projet d'invention doit faire l'objet d'un dépôt de brevet en le situant dans un contexte économique, stratégique et réglementaire.
- Maîtriser les différentes phases de la vie d'un brevet d'invention afin d'en optimiser l'exploitation commerciale.
- Transcription d'un cahier des charges en planning de pilotage prévisionnel ; optimisation de la gestion des ressources humaines, matérielles et financières ; livraison et retour d'expérience.
- Découverte de la fonction de chef de projet. Solutions techniques de conduite de projet : WBS – Work Breakdown Structure – ; *potentiel* – réseau PERT – ; GANTT
- Saisie informatique d'un projet – Possibilités de personnalisation
- Suivi et mise à jour d'un projet – Mise en forme du planning
- Optimisation de projet
- Gestion des ressources humaines, matérielles et financières : *humaines, matérielles, financières*
- Édition de plannings individuels, de diagrammes d'avancement
- Cycle de vie d'un projet
- Découverte et exploitation stratégique des outils de propriété industrielle.

Savoir modéliser et suivre en temps réel le bon déroulement d'un projet avec le logiciel de référence à l'international : MS-Project
Découvrir la fonction de Chef de projet et ses enjeux ; se familiariser avec les indicateurs de pilotage
Exploiter MS-Project en tant que <i>tableau de bord</i> opérationnel : édition de plannings individuels, de diagrammes d'avancement, et de tout élément nécessaire à l'animation des réunions de suivi de projet

## Semestre 6

### Techniques de laboratoire SVT6U61C

3 ECTS — 6 h CM — 24 h TP

Cette UE permet aux étudiants de découvrir l'organisation d'un laboratoire de recherche et divers équipements analytiques qui avaient été mentionnés dans les enseignements de géochimie, géophysique ou pétrologie. **Cours** (6h) : diversité et principes physiques des méthodes d'analyse de laboratoire. **Travaux pratiques** (24h) : visites des plateformes analytiques dans les laboratoires du CEREGE (Arbois et Saint-Charles). Préparation d'échantillons ; analyses d'éléments majeurs et traces ; microscopie électronique à balayage et microanalyses ; spectrométries de masse (isotopes stables et radiogéniques) ; diffraction des rayons X ; pétrophysique ; imagerie et géomatique ; plateforme de micropaléontologie automatisée ; etc.

1.4	Mettre en relation les concepts fondamentaux de géologie, de biologie, de mathématiques, de chimie et de physique avec les phénomènes naturels observés ou décrits pour approfondir la compréhension des sciences de la Terre	10%
-----	---	-----

1.5	Utiliser les outils de géologie, de biologie, de mathématiques, de chimie, de physique, de statistiques et d'informatique pour répondre à des problématiques en sciences de la Terre	5%
2.3	Savoir utiliser les appareillages scientifiques de terrain et de laboratoire, ainsi que les logiciels d'acquisition couramment utilisés en sciences de la Terre	5%
2.4	Mettre en œuvre un échantillonnage pour mesurer et acquérir des données des sciences de la Terre	5%
2.5	Analyser, interpréter, synthétiser et modéliser des informations documentaires ou des données géologiques en vue de leur exploitation en sciences de la Terre	10%
2.8	Confronter les données avec un esprit critique aux savoirs existants et développer une argumentation scientifique en sciences de la Terre	5%
2.9	Être sensible à l'incertitude et la validité d'un résultat expérimental ou numérique en sciences de la Terre	5%
3.1	Restituer de façon structurée à l'oral et à l'écrit des résultats scientifiques en sciences de la Terre, issus de sa démarche (en français)	3%
3.3	Produire une synthèse de l'information à l'écrit sur une problématique en sciences de la Terre – en français et en anglais	8%
3.4	Produire une synthèse de l'information à l'oral sur une problématique en sciences de la Terre – en français et en anglais	3%
4.1	S'organiser pour mener à bien de façon individuelle un projet scientifique dans le domaine des sciences de la Terre sur la base de données bibliographiques, de terrain ou de laboratoire	5%
4.3	Savoir être soigneux et précis dans les restitutions de travaux en sciences de la Terre	3%
4.4	Savoir respecter un protocole dans le cadre des opérations scientifiques de terrain, d'analyses en laboratoire et des opérations professionnalisantes en sciences de la Terre	5%
4.6	Savoir travailler en sciences de la Terre, sur le terrain, en laboratoire et en situations professionnalisantes en toute sécurité	3%
5.1	Être capable d'utiliser son bagage culturel et scientifique pour comprendre les grands enjeux en sciences de la Terre : eau, minerais, ressources fossiles, préservation des sols, risques naturels, changement global	5%
5.2	Savoir observer et retranscrire des objets naturels géologiques	3%
5.4	Savoir utiliser des outils professionnels de terrain et de laboratoire en sciences de la Terre : marteau, boussoles, loupes, microscopes, etc.	8%
5.5	Savoir utiliser en sciences de la Terre des outils technologiques professionnels de terrain et de laboratoire – GPS, appareillage géophysique, etc.	8%
6.6	Savoir respecter l'éthique scientifique en sciences de la Terre : propriété intellectuelle des écrits et des données, non falsification des données ou des résultats	1%

## Paléontologie évolutive SVT6U62C

3 ECTS — 12 h CM — 9 h TD — 9 h TP

**Cours :** 1– Modalités évolutives (4 h). 2– Évolution des vertébrés (4 h). 3– L'hominisation (4 h). **Travaux pratiques :** 1– Les hétérochronies de développement (3 h). 2– L'hominisation (3 h). 3– Anatomie comparée chez les crânes de mammifères. **Travaux dirigés :** 1– Les dinosaures avaient-ils le sang chaud ? – (3 h). Reconstruction des chaînes trophiques mésozoïques (3 h). Paléobiologie des dinosaures et des oiseaux à partir de l'étude des œufs fossiles (3 h).

1.2– 1.3	Constituer un socle de connaissances fondamentales au service des sciences de la Terre. Acquérir et exploiter de manière autonome des savoirs complémentaires en sciences de la Terre, fiables en s'appuyant sur des ressources universitaires et numériques	30%
1.4	Mettre en relation les concepts fondamentaux de géologie, de biologie, de mathématiques, de chimie et de physique avec les phénomènes naturels observés ou décrits pour approfondir la compréhension des sciences de la Terre	10%
1.5	Utiliser les outils de géologie, de biologie, de mathématiques, de chimie, de physique, de statistiques et d'informatique pour répondre à des problématiques en sciences de la Terre	12%
2.2	Observer méthodiquement des objets géologiques sur le terrain ou au laboratoire	10%
2.5	Analyser, interpréter, synthétiser et modéliser des informations documentaires ou des données géologiques en vue de leur exploitation en sciences de la Terre	13%
2.8	Confronter les données avec un esprit critique aux savoirs existants et développer une argumentation scientifique en sciences de la Terre	5%
4.3	Savoir être soigneux et précis dans les restitutions de travaux en sciences de la Terre	5%
5.2	Savoir observer et retranscrire des objets naturels géologiques	10%
5.4	Savoir utiliser des outils professionnels de terrain et de laboratoire en sciences de la Terre : marteau, boussoles, loupes, microscopes, etc.	5%

## Histoire de la Terre et du climat SVT6U63C

6 ECTS — Histoire de la Terre 6 h CM — 6 h TP — 18 h TT — Paléoenvironnements 12 h CM — 6 h TD — 12 h

**Histoire de la Terre. Cours (6 h).** Hadéen et Archéen : tectonique de sagduction et formation des cratons. Protérozoïque : passage à la tectonique des plaques et premiers supercontinents. Paléozoïque : détail de mise en place des chaînes de montagnes et construction de l'Europe au sein de la Pangée. **Travaux pratiques.** Comment reconstituer l'histoire de la France ? Schéma structural et interprétation de la carte de France Comment reconstituer l'histoire de l'Europe ? Analyse des cartes paléogéographiques du programme Téthys.

1.1	Constituer et structurer un bagage culturel en sciences de la Terre	15%
1.4	Mettre en relation les concepts fondamentaux de géologie, de biologie, de mathématiques, de chimie et de physique avec les phénomènes naturels observés ou décrits pour approfondir la compréhension des sciences de la Terre	5%
2.2	Observer méthodiquement des objets géologiques sur le terrain ou au laboratoire	10%
2.5	Analyser, interpréter, synthétiser et modéliser des informations documentaires ou des données géologiques en vue de leur exploitation en sciences de la Terre	4%
2.8	Confronter les données avec un esprit critique aux savoirs existants et développer une argumentation scientifique en sciences de la Terre	4%
3.3	Produire une synthèse de l'information à l'écrit sur une problématique en sciences de la Terre – en français et en anglais	10%
4.2	Conduire de façon collective un projet scientifique dans le domaine des sciences de la Terre et sur la base de données bibliographiques, de terrain ou de laboratoire	5%
4.3	Savoir être soigneux et précis dans les restitutions de travaux en sciences de la Terre	5%
4.6	Savoir travailler en sciences de la Terre, sur le terrain, en laboratoire et en situations professionnalisantes en toute sécurité	5%
5.2	Savoir observer et retranscrire des objets naturels géologiques	15%
5.3	Savoir établir un relevé de professionnel en géologie – minutes (cartes et coupes verticales)	10%
5.4	Savoir utiliser des outils professionnels de terrain et de laboratoire en sciences de la Terre : marteau, boussoles, loupes, microscopes, etc.	7%
6.6	Savoir respecter l'éthique scientifique en sciences de la Terre : propriété intellectuelle des écrits et des données, non falsification des données ou des résultats	5%

**Paléoenvironnements. Cours (9 h).** Les grandes étapes du climat terrestre : formation et évolution de l'atmosphère et des océans. L'influence des paramètres internes et externes sur le climat. Les reconstitutions climatiques des temps passés. Les reconstitutions climatiques des temps récents. **Cours (3 h).** Les principes des reconstitutions paléoenvironnementales. **Travaux dirigés.** *Snowball Earth*. Climat du Crétacé. Climat du Quaternaire. **Travaux pratiques.** Reconstitution de l'histoire d'une région : carte de Clermont-Ferrand, roches sédimentaires, roches magmatiques et métamorphiques. Reconstitution des environnements carbonifères : fossiles, paléogéographie, courbes isotopiques. Reconstitution des environnements jurassiques : faunes continentales et marines, flore, paléogéographie. Reconstitution des environnements quaternaires froids : faunes, flores, peintures rupestres, courbes isotopiques. **Terrain (18 h).** Approche de l'histoire géologique du massif central : mise en place des granites tardifs hercyniens, les bassins d'effondrements des limagnes, les principales phases volcaniques du massif Central.

1.2– 1.3	Constituer un socle de connaissances fondamentales au service des sciences de la Terre. Acquérir et exploiter de manière autonome des savoirs complémentaires en sciences de la Terre, fiables en s'appuyant sur des ressources universitaires et numériques	15%
1.4	Mettre en relation les concepts fondamentaux de géologie, de biologie, de mathématiques, de chimie et de physique avec les phénomènes naturels observés ou décrits pour approfondir la compréhension des sciences de la Terre	20%
1.5	Utiliser les outils de géologie, de biologie, de mathématiques, de chimie, de physique, de statistiques et d'informatique pour répondre à des problématiques en sciences de la Terre	7%
2.1	Formuler le questionnement scientifique et/ou l'élaborer à partir de ses connaissances en sciences de la Terre ou de l'observation d'objets géologiques	5%
2.2	Observer méthodiquement des objets géologiques sur le terrain ou au laboratoire	15%
2.5	Analyser, interpréter, synthétiser et modéliser des informations documentaires ou des données géologiques en vue de leur exploitation en sciences de la Terre	25%
2.8	Confronter les données avec un esprit critique aux savoirs existants et développer une argumentation scientifique en sciences de la Terre	8%
5.1	Être capable d'utiliser son bagage culturel et scientifique pour comprendre les grands enjeux en sciences de la Terre : eau, minerais, ressources fossiles, préservation des sols, risques naturels, changement global	5%

## Ressources minérales et énergétiques SVT6U64C

4 ECTS — 22 h CM — 5 h TD — 7 h TP — 6 h TT

**Ressources minérales. Cours.** Notions de ressources et de minerais ; ressources minérales : croissance des besoins ; le recyclage peut-il suffire aux besoins ? (2 h). Facteurs déterminant la possibilité d'exploitation d'un gisement (2 h). Les grands types de gisement : de la Terre à la mine; mécanismes de concentration (2 h). Transformation des minerais : de la mine au métal (2 h). Quelques exemples de ressources minérales : utilisations, types de gisement, gîtologie (4 h). **Travaux pratiques.** Minerais; microscopie métallographique (3 h). **Terrain.** visite du gisement de cuivre de la mine de Cap Garonne. Visite d'une carrière de granulats. **Ressources énergétiques. Cours.** Ressources fossiles: définitions et contexte géopolitique (3 h). L'accumulation et la préservation de la matière organique dans les bassins sédimentaires (3 h). La maturation thermique de la matière organique: genèse du pétrole et du charbon (3 h). La migration, le piégeage des hydrocarbures et la notion de systèmes pétroliers (3 h). **Travaux dirigés.** Évaluation d'un système pétrolier (3 h). **Travaux pratiques.** Les méthodes de l'exploration – interprétation sismique – (3 h). **Projet** (par binômes ou trinômes) : utilisations, types de gisement, gîtologie et exploitation d'une ressource particulière (4 h).

1.1	Constituer et structurer un bagage culturel en sciences de la Terre	8%
1.2– 1.3	Constituer un socle de connaissances fondamentales au service des sciences de la Terre. Acquérir et exploiter de manière autonome des savoirs complémentaires en sciences de la Terre, fiables en s'appuyant sur des ressources universitaires et numériques	30%
1.4	Mettre en relation les concepts fondamentaux de géologie, de biologie, de mathématiques, de chimie et de physique avec les phénomènes naturels observés ou décrits pour approfondir la compréhension des sciences de la Terre	15%
2.2	Observer méthodiquement des objets géologiques sur le terrain ou au laboratoire	10%
2.5	Analyser, interpréter, synthétiser et modéliser des informations documentaires ou des données géologiques en vue de leur exploitation en sciences de la Terre	10%
2.8	Confronter les données avec un esprit critique aux savoirs existants et développer une argumentation scientifique en sciences de la Terre	5%
3.1	Restituer de façon structurée à l'oral et à l'écrit des résultats scientifiques en sciences de la Terre, issus de sa démarche (en français)	7%
3.3	Produire une synthèse de l'information à l'écrit sur une problématique en sciences de la Terre – en français et en anglais	2%
3.4	Produire une synthèse de l'information à l'oral sur une problématique en sciences de la Terre – en français et en anglais	5%
5.2	Savoir observer et retranscrire des objets naturels géologiques	5%
5.4	Savoir utiliser des outils professionnels de terrain et de laboratoire en sciences de la Terre : marteau, boussoles, loupes, microscopes, etc.	2%
6.6	Savoir respecter l'éthique scientifique en sciences de la Terre : propriété intellectuelle des écrits et des données, non falsification des données ou des résultats	1%

## Enjeux environnementaux SVT6U65C

4 ECTS – 18 h CM – 16 h TD – 6 h TT

**Sols et climat. Cours.** Cycles biogéochimiques globaux et interaction avec le climat (C, N, P, S) ; (3 h). Marqueurs géologiques des changements anthropocènes (3 h). Stockage du carbone dans les sols, interaction avec le climat (3 h). Dégradation des sols dans le monde (3 h). **Travaux dirigés climat.** Le carbone anthropique – acidification de l'océan, effet Suess, carbone thermonucléaire – (2 h). Aérosols – cycle du soufre et forçage climatique – (2 h). Impact des perturbations des cycles biogéochimiques (N et P) sur les écosystèmes (2 h). **Travaux dirigés sols.** Impact anthropique sur les sols (2 h). Présentations orales sur les dégradations des sols – artificialisation, polluants organiques, inorganiques, biodiversité, érosion – (2 h). **Hydrogéologie. Cours.** Les grands ensembles hydrogéologiques en France (3 h). Ressources en eau (2 h). **Travaux dirigés.** La loi de Darcy (1 h). Étude de la carte hydrogéologique de la Crau (3 h). **Terrain.** Sortie en plaine de Crau (6 h).

1.2– 1.3	Constituer un socle de connaissances fondamentales au service des sciences de la Terre. Acquérir et exploiter de manière autonome des savoirs complémentaires en sciences de la Terre, fiables en s'appuyant sur des ressources universitaires et numériques	20%
1.4	Mettre en relation les concepts fondamentaux de géologie, de biologie, de mathématiques, de chimie et de physique avec les phénomènes naturels observés ou décrits pour approfondir la compréhension des sciences de la Terre	22%
1.5	Utiliser les outils de géologie, de biologie, de mathématiques, de chimie, de physique, de statistiques et d'informatique pour répondre à des problématiques en sciences de la Terre	5%
2.2	Observer méthodiquement des objets géologiques sur le terrain ou au laboratoire	3%
2.5	Analyser, interpréter, synthétiser et modéliser des informations documentaires ou des données géologiques en vue de leur	8%

exploitation en sciences de la Terre		
2.8	Confronter les données avec un esprit critique aux savoirs existants et développer une argumentation scientifique en sciences de la Terre	12%
3.1	Restituer de façon structurée à l'oral et à l'écrit des résultats scientifiques en sciences de la Terre, issus de sa démarche (en français)	2%
3.3	Produire une synthèse de l'information à l'écrit sur une problématique en sciences de la Terre – en français et en anglais	3%
5.1	Être capable d'utiliser son bagage culturel et scientifique pour comprendre les grands enjeux en sciences de la Terre : eau, minerais, ressources fossiles, préservation des sols, risques naturels, changement global	15%
5.2	Savoir observer et retranscrire des objets naturels géologiques	3%
5.5	Savoir utiliser en sciences de la Terre des outils technologiques professionnels de terrain et de laboratoire – GPS, appareillage géophysique, etc.	5%
5.6	Savoir réaliser en sciences de la Terre des prélèvements sur le terrain (eau, sol, roche)	2%

## Cartographie en terrains endogènes SVT6U66C

4 ECTS — 40 h TT

**Contenu :** stage de cartographie en terrains endogènes dans le massif de l'Agly (6 jours). Chaque groupe (typiquement par binôme) réalise un relevé et une minute de terrain dans des formations qui sont principalement une série métamorphique hercynienne paradérivée. Les relevés des pendages et linéations permettent de compléter la cartographie des isogrades – apparition de la biotite, de la cordiérite, de l'andalousite, de la sillimanite, puis anatexis –, afin de réaliser une carte synthétique du terrain étudié. Des excursions en dehors des terrains cartés permettent de les replacer dans un contexte géologique plus large – gneiss anatectiques de la croûte inférieure ; intrusions granitiques ; charnockite d'Ansignan, etc. Le rapport final est constitué d'une description des faciès rencontrés, de la minute de terrain, des mesures structurales permettant de faire une carte des directions de foliation, de la carte interprétative, et d'une synthèse présentant une coupe des terrains étudiés, le calcul du gradient métamorphique et le contexte géodynamique.

1.4	Mettre en relation les concepts fondamentaux de géologie, de biologie, de mathématiques, de chimie et de physique avec les phénomènes naturels observés ou décrits pour approfondir la compréhension des sciences de la Terre	3%
1.5	Utiliser les outils de géologie, de biologie, de mathématiques, de chimie, de physique, de statistiques et d'informatique pour répondre à des problématiques en sciences de la Terre	2%
2.2	Observer méthodiquement des objets géologiques sur le terrain ou au laboratoire	18%
2.3	Savoir utiliser les appareillages scientifiques de terrain et de laboratoire, ainsi que les logiciels d'acquisition couramment utilisés en sciences de la Terre	10%
2.6	Utiliser un logiciel pour cartographier, visualiser des mesures ou des données expérimentales en sciences de la Terre	3%
2.8	Confronter les données avec un esprit critique aux savoirs existants et développer une argumentation scientifique en sciences de la Terre	5%
3.1	Restituer de façon structurée à l'oral et à l'écrit des résultats scientifiques en sciences de la Terre, issus de sa démarche (en français)	5%
3.3	Produire une synthèse de l'information à l'écrit sur une problématique en sciences de la Terre – en français et en anglais	1%
4.1	S'organiser pour mener à bien de façon individuelle un projet scientifique dans le domaine des sciences de la Terre sur la base de données bibliographiques, de terrain ou de laboratoire	3%
4.3	Savoir être soigneux et précis dans les restitutions de travaux en sciences de la Terre	5%
4.5	Développer de l'autonomie pour savoir planifier un travail en sciences de la Terre et répondre à des contraintes temporelles	3%
4.6	Savoir travailler en sciences de la Terre, sur le terrain, en laboratoire et en situations professionnalisantes en toute sécurité	2%
5.2	Savoir observer et retranscrire des objets naturels géologiques	20%
5.3	Savoir établir un relevé de professionnel en géologie – minutes (cartes et coupes verticales)	10%
5.4	Savoir utiliser des outils professionnels de terrain et de laboratoire en sciences de la Terre : marteau, boussoles, loupes, microscopes, etc.	3%
5.5	Savoir utiliser en sciences de la Terre des outils technologiques professionnels de terrain et de laboratoire – GPS, appareillage géophysique, etc.	3%
6.5	Savoir respecter la réglementation environnementale pour travailler sur le terrain et en laboratoire en sciences de la Terre	3%
6.6	Savoir respecter l'éthique scientifique en sciences de la Terre : propriété intellectuelle des écrits et des données, non falsification des données ou des résultats	1%

## Profession géologue SVT6U67C

3 ECTS — 6 h CM — 24 h TD

**Cours (6 h). L2 SVT Terre :** cours d'introduction à l'attendu de l'UE profession géologue et initiation à l'utilisation d'un porte-folio. Choix des sujets et constitution des équipes. Apprentissage sur la gestion de projet, le travail en équipe et la construction d'un cahier des charges. **Travaux dirigés (24 h). L2 SVT Terre semestre 3 :** travail bibliographique sur le projet, présentation du cahier des charges et construction d'une planification (trois rendez-vous de 2 h). **L2 SVT Terre semestre 4 :** première restitution du terrain ou des attendus, mise en place du porte-folio (trois rendez-vous de 2 h). **L3 SVT Terre semestre 5 :** remédiation sur les attendus, redéfinition des sujets d'étude et apprentissage de l'autoévaluation des portes-folios (trois rendez-vous de 2 h). **L3 SVT Terre semestre 6 :** restitution des attendus vis-à-vis du cahier des charges et finalisation du porte-folio (trois rendez-vous de 2 h).

2.5	Analyser, interpréter, synthétiser et modéliser des informations documentaires ou des données géologiques en vue de leur exploitation en sciences de la Terre	5%
2.8	Confronter les données avec un esprit critique aux savoirs existants et développer une argumentation scientifique en sciences de la Terre	5%
3.1	Restituer de façon structurée à l'oral et à l'écrit des résultats scientifiques en sciences de la Terre, issus de sa démarche (en français)	8%
3.2	Lire et extraire des informations de sources documentaires en anglais pour les exploiter en sciences de la Terre	3%
4.1	S'organiser pour mener à bien de façon individuelle un projet scientifique dans le domaine des sciences de la Terre sur la base de données bibliographiques, de terrain ou de laboratoire	8%
4.2	Conduire de façon collective un projet scientifique dans le domaine des sciences de la Terre et sur la base de données bibliographiques, de terrain ou de laboratoire	5%
4.5	Développer de l'autonomie pour savoir planifier un travail en sciences de la Terre et répondre à des contraintes temporelles	3%
5.1	Être capable d'utiliser son bagage culturel et scientifique pour comprendre les grands enjeux en sciences de la Terre : eau, minerais, ressources fossiles, préservation des sols, risques naturels, changement global	2%
5.2	Savoir observer et retranscrire des objets naturels géologiques	10%
5.3	Savoir établir un relevé de professionnel en géologie – minutes (cartes et coupes verticales)	5%
5.4	Savoir utiliser des outils professionnels de terrain et de laboratoire en sciences de la Terre : marteau, boussoles, loupes, microscopes, etc.	2%
5.5	Savoir utiliser en sciences de la Terre des outils technologiques professionnels de terrain et de laboratoire – GPS, appareillage géophysique, etc.	2%
6.4	Savoir traiter une commande professionnelle proposée par le secteur d'activité des sciences de la Terre	15%
6.5	Savoir respecter la réglementation environnementale pour travailler sur le terrain et en laboratoire en sciences de la Terre	3%

## Anglais S6—reservoir geology SVT6U68C

3 ECTS — 18 h TD — 12 h TT

**Cours.** What is a reservoir? Reservoir geology, formation and interaction with geofluids (3 h). Reservoir properties, heterogeneities, importance of scaling (3 h). Property measurements, flows in reservoir, Darcy equation (3 h). Challenges in reservoir exploitation and global resource management (3 h). **Terrain.** Two outcrop surveys, carbonate reservoirs and coastal aquifers (9 h). Quantification of reservoir properties, volume, flow, economic aspects (9 h).

1.2–1.3	Constituer un socle de connaissances fondamentales au service des sciences de la Terre. Acquérir et exploiter de manière autonome des savoirs complémentaires en sciences de la Terre, fiables en s'appuyant sur des ressources universitaires et numériques	20%
1.4	Mettre en relation les concepts fondamentaux de géologie, de biologie, de mathématiques, de chimie et de physique avec les phénomènes naturels observés ou décrits pour approfondir la compréhension des sciences de la Terre	10%
1.5	Utiliser les outils de géologie, de biologie, de mathématiques, de chimie, de physique, de statistiques et d'informatique pour répondre à des problématiques en sciences de la Terre	7%
2.2	Observer méthodiquement des objets géologiques sur le terrain ou au laboratoire	10%
2.5	Analyser, interpréter, synthétiser et modéliser des informations documentaires ou des données géologiques en vue de leur exploitation en sciences de la Terre	10%
2.8	Confronter les données avec un esprit critique aux savoirs existants et développer une argumentation scientifique en sciences de la Terre	5%
3.1	Restituer de façon structurée à l'oral et à l'écrit des résultats scientifiques en sciences de la Terre, issus de sa démarche (en français)	3%

	français)	
3.2	Lire et extraire des informations de sources documentaires en anglais pour les exploiter en sciences de la Terre	10%
3.3	Produire une synthèse de l'information à l'écrit sur une problématique en sciences de la Terre – en français et en anglais	10%
3.4	Produire une synthèse de l'information à l'oral sur une problématique en sciences de la Terre – en français et en anglais	10%
5.1	Être capable d'utiliser son bagage culturel et scientifique pour comprendre les grands enjeux en sciences de la Terre : eau, minerais, ressources fossiles, préservation des sols, risques naturels, changement global	5%

## Stage de pré-spécialisation (CMI) SCM6U01C

3 ECTS — 30 h TD

Ce stage de 8 semaines, est en relation avec plusieurs UE du CMI comme par exemple *Travail et entreprise*, *Expression et communication en français*, mais également avec les UE de mathématiques, de statistiques ou de méthodes numériques.

L'attente de l'équipe pédagogique est un rapport de stage comportant un contexte de l'étude, une méthodologie, la présentation des outils et un rendu scientifique utilisant les acquis des UE mentionnées ci-dessus – références scientifiques, bibliographie, cartes, exploitation des données, critique des résultats et mise en perspective.

La soutenance de stage aura lieu en juillet ou septembre, selon les cas, en présence de l'équipe pédagogique. La durée sera fixée à 15 minutes puis 10 minutes de questions.

1.5	Utiliser les outils de géologie, de biologie, de mathématiques, de chimie, de physique, de statistiques et d'informatique pour répondre à des problématiques en sciences de la Terre
2.1	Formuler le questionnement scientifique et/ou l'élaborer à partir de ses connaissances en sciences de la Terre ou de l'observation d'objets géologiques
2.2	Observer méthodiquement des objets géologiques sur le terrain ou au laboratoire
2.3	Savoir utiliser les appareillages scientifiques de terrain et de laboratoire, ainsi que les logiciels d'acquisition couramment utilisés en sciences de la Terre
2.4	Mettre en œuvre un échantillonnage pour mesurer et acquérir des données des sciences de la Terre
2.8	Confronter les données avec un esprit critique aux savoirs existants et développer une argumentation scientifique en sciences de la Terre
2.9	Être sensible à l'incertitude et la validité d'un résultat expérimental ou numérique en sciences de la Terre
3.3	Produire une synthèse de l'information à l'écrit sur une problématique en sciences de la Terre – en français et en anglais
3.4	Produire une synthèse de l'information à l'oral sur une problématique en sciences de la Terre – en français et en anglais
4.1	S'organiser pour mener à bien de façon individuelle un projet scientifique dans le domaine des sciences de la Terre sur la base de données bibliographiques, de terrain ou de laboratoire
4.3	Savoir être soigneux et précis dans les restitutions de travaux en sciences de la Terre
4.5	Développer de l'autonomie pour savoir planifier un travail en sciences de la Terre et répondre à des contraintes temporelles
5.4	Savoir utiliser des outils professionnels de terrain et de laboratoire en sciences de la Terre : marteau, boussoles, loupes, microscopes, etc.
5.5	Savoir utiliser en sciences de la Terre des outils technologiques professionnels de terrain et de laboratoire – GPS, appareillage géophysique, etc.
5.6	Savoir réaliser en sciences de la Terre des prélèvements sur le terrain (eau, sol, roche)
6.6	Savoir respecter l'éthique scientifique en sciences de la Terre : propriété intellectuelle des écrits et des données, non falsification des données ou des résultats

## Création entreprise (CMI) SCM6U02C

3 ECTS — 14 h CM – 16 h TD

30 heures partagé en cinq temps forts, issus du *lean management* et de la création de startup, en étant adapté aux impératifs des TPE et PME. Ce cours permet également de détecter et d'intégrer les parties prenantes de l'entreprise, qui sont pour ce cursus les collectivités, organismes publics et parapublics.

**Partie 1** : Startup Studio – 8 h

Un apprentissage des outils et méthodes modernes pour entreprendre

*Objectif* : passer du problème à l'idée-solution

*Contenu* : utiliser des outils comme le *design thinking*, le *lean project*, la méthode #ouibrand qui permettent de trouver des solutions à des problèmes identifiés.

*Livrables de la partie 1* : un duo problème–solution prouvé

**Partie 2** : Test & learn – 6 h

*Objectif* : passer à l'action et aller étudier son marché en utilisant des outils de prototypage rapide, d'écoute et d'enquête.

*Contenu* : outils d'entretien, étude de marché, focus group, prototypage de solution...

*Livrable de la partie 2* : validation de la solution, du client cible et du segment marché visé.

**Partie 3** : cadre Réglementaire, comptable, juridique et fiscal : 9 h

*Objectif* : connaître et comprendre les étapes réglementaires et juridiques pour créer une entreprise

*Contenu* : comptabilité, statut juridique, propriété intellectuelle, management, organisation des entreprises...

*Livrable de la partie 3* : statut, et tableau de bord de gestion du projet entreprise.

**Parti 4** : *market access* – 9 h

*Objectif* : construire sa stratégie d'accès au marché et au financement.

*Contenu* : création de marque, co-construction, modèle économique, méthode de pitch et présentation du business plan.

*Livrable de la partie 3* : présentation express (pitch) de 10 min à l'oral basé sur un diaporama Powerpoint. Document Word de présentation du projet (20 pages maximum).

Le cours pourra se terminer par un oral final devant des professionnels attachés aux cursus. Les idées d'entreprises devant être identifiées dans les domaines professionnels de la formation. Un moment fort de démonstration de compétences, et une valorisation du cursus.

# Master Sciences de la Terre et des planètes, environnement

## Semestre 7

### Métrologie 2 : techniques analytiques en géosciences LGEAU16 (GM13b)

3 ECTS — 12 h CM — 12 h TD — 6 h TP

Connaître les principales techniques d'analyse des solides minéraux en géosciences. Interactions rayonnement matière, notions de minéralogie et cristallographie, concepts de métrologie. Variété des méthodes de caractérisation : analyses chimiques, structurales et texturales aux échelles microscopiques et macroscopiques. Interactions rayonnement matière. Stratégies de choix instrumental.

1.2– 1.3	Constituer un socle de connaissances fondamentales au service des sciences de la Terre. Acquérir et exploiter de manière autonome des savoirs complémentaires en sciences de la Terre, fiables en s'appuyant sur des ressources universitaires et numériques
1.5	Utiliser les outils de géologie, de biologie, de mathématiques, de chimie, de physique, de statistiques et d'informatique pour répondre à des problématiques en sciences de la Terre
2.8	Confronter les données avec un esprit critique aux savoirs existants et développer une argumentation scientifique en sciences de la Terre
2.9	Être sensible à l'incertitude et la validité d'un résultat expérimental ou numérique en sciences de la Terre

### Traitement statistique des données LBEA07AJ (TC1)

3 ECTS — 10 h CM — 20 h TD

Analyse de données en sciences environnementales, afin de permettre la compréhension et la mise en œuvre des méthodes d'analyse statistique les plus utilisées en sciences environnementales Initiation au langage informatique R, rappels sur les tests paramétriques basiques, formation aux modèles linéaires, incluant l'analyse de variance, les régressions simples et multiples et l'analyse de covariance, formation aux techniques d'ajustement de distribution – ex. : tests de normalité, formation à l'analyse factorielle (ACP).

1.5	Utiliser les outils de géologie, de biologie, de mathématiques, de chimie, de physique, de statistiques et d'informatique pour répondre à des problématiques en sciences de la Terre
2.9	Être sensible à l'incertitude et la validité d'un résultat expérimental ou numérique en sciences de la Terre
2.6	Utiliser un logiciel pour cartographier, visualiser des mesures ou des données expérimentales en sciences de la Terre
3.1	Restituer de façon structurée à l'oral et à l'écrit des résultats scientifiques en sciences de la Terre, issus de sa démarche (en français)

### Traitement cartographique des données LBEA07BJ (TC2)

3 ECTS — 4 h CM — 26 h TP

Systèmes d'information géographiques, visant à connaître globalement les principes de la géodésie et le principe des SIG et savoir manipuler un logiciel de système d'information géographique (QGIS) Découverte QGIS, données WMS, WFS, WCS..., données vectorielles, microprojet (application concrète) sur les données vectorielles, mise en page et export – organisation des SIG, données maillées, mini-projet sur un cas concret permettant l'utilisation globale de QGIS (vecteur–WMS–Raster).

1.1	Constituer et structurer un bagage culturel en sciences de la Terre
-----	---

1.5	Utiliser les outils de géologie, de biologie, de mathématiques, de chimie, de physique, de statistiques et d'informatique pour répondre à des problématiques en sciences de la Terre
2.5	Analyser, interpréter, synthétiser et modéliser des informations documentaires ou des données géologiques en vue de leur exploitation en sciences de la Terre
2.6	Utiliser un logiciel pour cartographier, visualiser des mesures ou des données expérimentales en sciences de la Terre
2.9	Être sensible à l'incertitude et la validité d'un résultat expérimental ou numérique en sciences de la Terre

## Apprentissage par projet 1 LSTAU02C (ST11)

3 ECTS — 12 h TD PA

Approfondissement disciplinaire ou thématique dans les domaines des trois finalités proposées en lien avec le stage pluridisciplinaire d'intégration Séolane.

Propositions de projets d'approfondissement – thématiques, méthodologiques, compétences transverses – dans les domaines couverts par les trois finalités :

- Géosciences de l'environnement : apprentissage collaboratif en partenariat international au niveau master et développement de compétences multidisciplinaires *depuis le terrain jusqu'au laboratoire* ainsi qu'un savoir-faire dans l'élaboration d'un projet environnemental – dans la continuité de celui initié lors du stage d'intégration).
- Hydrogéologie : projets liés à des problématiques de ressources régionales en eau. Ces projets pourront impliquer l'utilisation des données acquises en stage de terrain à titre d'exemple pour une étude plus large.
- Géologie des réservoirs : approfondissement thématiques dans le domaine des réservoirs géothermiques et de la modélisation stratigraphique basée-processus.

1.2– 1.3	Constituer un socle de connaissances fondamentales au service des sciences de la Terre. Acquérir et exploiter de manière autonome des savoirs complémentaires en sciences de la Terre, fiables en s'appuyant sur des ressources universitaires et numériques
2.2	Observer méthodiquement des objets géologiques sur le terrain ou au laboratoire
2.3	Savoir utiliser les appareillages scientifiques de terrain et de laboratoire, ainsi que les logiciels d'acquisition couramment utilisés en sciences de la Terre
2.5	Analyser, interpréter, synthétiser et modéliser des informations documentaires ou des données géologiques en vue de leur exploitation en sciences de la Terre
2.7	Identifier et mener en autonomie les différentes étapes d'une démarche expérimentale
3.1	Restituer de façon structurée à l'oral et à l'écrit des résultats scientifiques en sciences de la Terre, issus de sa démarche (en français)
4.2	Conduire de façon collective un projet scientifique dans le domaine des sciences de la Terre et sur la base de données bibliographiques, de terrain ou de laboratoire
4.3	Savoir être soigneux et précis dans les restitutions de travaux en sciences de la Terre
4.4	Savoir respecter un protocole dans le cadre des opérations scientifiques de terrain, d'analyses en laboratoire et des opérations professionnalisantes en sciences de la Terre
4.5	Développer de l'autonomie pour savoir planifier un travail en sciences de la Terre et répondre à des contraintes temporelles
4.6	Savoir travailler en sciences de la Terre, sur le terrain, en laboratoire et en situations professionnalisantes en toute sécurité
5.1	Être capable d'utiliser son bagage culturel et scientifique pour comprendre les grands enjeux en sciences de la Terre : eau, minerais, ressources fossiles, préservation des sols, risques naturels, changement global
6.4	Savoir traiter une commande professionnelle proposée par le secteur d'activité des sciences de la Terre

## Dynamique de la lithosphère (ST12) LSTAU02C

3 ECTS — 15 h CM – 15 h TD

Ce module a pour objectif de présenter les mécanismes fondamentaux associés à la dynamique de la lithosphère, afin de servir de socle de connaissances pour comprendre l'évolution des bassins sédimentaires et la tectonique active dans la suite de la formation. Après avoir défini les propriétés rhéologiques et physiques de la lithosphère, la tectonique des plaques sera abordée sous ses aspects historiques, cinématique et géodynamique. Les

déformations aux limites de plaques feront l'objet d'une étude multi-échelle de la lithosphère à la roche, simple et concrète des processus physiques et des structures.

- Rhéologie de la lithosphère
- Présentation de la tectonique des plaques
- Cinématique
- Processus aux frontières de plaques
- Déformations et contraintes, éléments de mécanique des roches.

1.2- 1.3	Constituer un socle de connaissances fondamentales au service des sciences de la Terre. Acquérir et exploiter de manière autonome des savoirs complémentaires en sciences de la Terre, fiables en s'appuyant sur des ressources universitaires et numériques
1.4	Mettre en relation les concepts fondamentaux de géologie, de biologie, de mathématiques, de chimie et de physique avec les phénomènes naturels observés ou décrits pour approfondir la compréhension des sciences de la Terre
2.2	Observer méthodiquement des objets géologiques sur le terrain ou au laboratoire
2.5	Analyser, interpréter, synthétiser et modéliser des informations documentaires ou des données géologiques en vue de leur exploitation en sciences de la Terre
2.9	Être sensible à l'incertitude et la validité d'un résultat expérimental ou numérique en sciences de la Terre
5.2	Savoir observer et retranscrire des objets naturels géologiques

## Dynamique et processus sédimentaire LSTAU03C (ST13)

3 ECTS — 12 h CM — 18 h TP

L'UE a pour objectif la compréhension des processus régissant la dynamique sédimentaire des environnements continentaux et marins actuels et anciens, sous influence (bio)détritique dominante.

Interprétation des figures, structures sédimentaires et dépôts associés en termes de processus en milieu continental et marin.

Détermination et description physiques des structures sédimentaires et de leur signification en termes de processus et d'environnements par leur observation le long de profils et séquences de dépôt, et au sein des corps sédimentaires.

Ce module a pour objectif de fournir les notions fondamentales en sédimentologie à différentes échelles (de l'échantillon à celle du bassin) et en matière de processus sédimentaires et d'environnements de dépôt dans l'actuel et l'ancien. Après avoir défini les objectifs et les outils de la dynamique sédimentaire, on précisera les mécanismes du partitionnement des faciès pour ensuite détailler les différents environnements de dépôt sous influence (bio)détritique dominante silicoclastique ou carbonatée : domaine continental essentiellement fluvio-lacustre et domaine marin littoral à océanique profond.

1.4	Mettre en relation les concepts fondamentaux de géologie, de biologie, de mathématiques, de chimie et de physique avec les phénomènes naturels observés ou décrits pour approfondir la compréhension des sciences de la Terre
2.1	Formuler le questionnement scientifique et/ou l'élaborer à partir de ses connaissances en sciences de la Terre ou de l'observation d'objets géologiques
2.2	Observer méthodiquement des objets géologiques sur le terrain ou au laboratoire
2.3	Savoir utiliser les appareillages scientifiques de terrain et de laboratoire, ainsi que les logiciels d'acquisition couramment utilisés en sciences de la Terre
2.5	Analyser, interpréter, synthétiser et modéliser des informations documentaires ou des données géologiques en vue de leur exploitation en sciences de la Terre
2.8	Confronter les données avec un esprit critique aux savoirs existants et développer une argumentation scientifique en sciences de la Terre
4.3	Savoir être soigneux et précis dans les restitutions de travaux en sciences de la Terre
5.2	Savoir observer et retranscrire des objets naturels géologiques
5.3	Savoir établir un relevé de professionnel en géologie – minutes (cartes et coupes verticales)
5.4	Savoir utiliser des outils professionnels de terrain et de laboratoire en sciences de la Terre : marteau, boussoles, loupes, microscopes, etc.

## Stage pluridisciplinaire d'intégration LSTAU05C (ST14)

6 ECTS — 40 h TT

En tout début de première année de master, rassembler tous les étudiants avec des intervenants des trois finalités autour d'un événement social, éducatif et scientifique, afin de favoriser l'intégration de tous les étudiants (externes, internes, étrangers) dans la promotion du master STPE et de favoriser les échanges scientifiques-pédagogiques entre les trois finalités. Sur le plan scientifique, permettre l'acquisition ou le renforcement de savoir-faire analytiques et de connaissances fondamentales dans le domaine des géosciences de l'environnement, des réservoirs et des hydrosystèmes.

Méthodes d'analyses, d'observations – géologiques, géophysiques, hydrogéologiques, physico-chimie des eaux, etc. – et de caractérisation de réservoirs, aquifères, bassins versants et systèmes hydrologiques (lacs-cours d'eau). Travail en équipe et restitution de projets scientifiques avec présentation orale.

Connaissances générales et fondamentales (géologiques, hydrologiques, hydrogéologiques, etc.) en caractérisation (analyses-observations-modélisation) des aquifères, réservoirs et hydrosystèmes.

Le stage de cinq jours, y compris le déplacement en bus, depuis Marseille ou Aix-en-Provence à Barcelonnette comprend trois ateliers sur le terrain (4,5 jours) dans la zone du Lauzet-Ubaye (15 km à l'ouest de Barcelonnette) et des séances en salle (0,5 jour) au centre Séolane. Les trois ateliers (1,5 jour chacun), auxquels tous les étudiants participent en groupe de trois ou quatre, déclinent chacun un thème et un ensemble de méthode propres aux trois finalités. Le travail en salle en groupe permet d'intégrer et d'interpréter les résultats, de finaliser une synthèse et de réaliser une restitution orale à l'ensemble de la promotion et des intervenants.

**Atelier 1** : géologie d'un réservoir complexe et gestion des ressources en eau en montagne, massif de la Tête de Louis XVI, communes Lauzet et Méolans-Revel. C'est un cas d'étude concret d'évaluation des ressources en eau dans une zone très complexe du point de vue tectonique et stratigraphique. Il se prête bien à une intégration de données géologiques (stratigraphie, tectonique, sédimentologie), de données réservoirs (matrice, fracture, karst, etc.), de données d'écoulement (superficiels, sous-terrain) et de recharge du bassin versant afin d'arriver à un bilan hydrogéologique et géologique et établir une stratégie d'exploration et d'exploitation des ressources en eau pour les hameaux situés en altitude (forage, captage, pompage de l'eau de l'Ubaye). Le travail consistera essentiellement à une cartographie et caractérisation géologique des différentes unités réservoirs-non-réservoirs en intégrant des données-observations structurales, stratigraphiques, sédimentologiques et pétrophysiques, permettant un modèle conceptuel 3D *réservoir* des aquifères du massif de la Tête de Louis XVI.

**Atelier 2** : bilan hydrologiques du bassin versant de la Tête de Louis XVI. En complément de l'atelier 1, il s'agit de mesurer les débits des sources et cours d'eau présents dans le massif, d'intégrer les données hydrologiques pluviométriques historiques, les données de forages hydrogéologiques disponibles et les écoulements superficiels sporadiques. Ces données sont prises en compte dans ce contexte montagnard particulier (promontoire, pentes raides, végétation étagée, etc.). L'étude permet d'estimer la ressource en eau disponible dans le sous-sol et d'établir un modèle hydrogéologique et hydraulique conceptuel du massif. En intégrant le modèle réservoir des aquifères (atelier 1) à ce bilan et aux modèles conceptuels hydrogéologiques-hydrauliques, il est possible d'établir une stratégie d'exploitation des ressources en eau (superficielles ou souterraines) de ce massif pour les besoins de la commune de Méolans-Revel. Une initiation aux techniques utilisées en hydrologie pourra également être envisagée au Lac du Lauzet.

**Atelier 3** : étude appliquée d'un système lacustre de montagne (lac du Lauzet). Ce projet vise à développer une approche à la reconstitution des environnements par la pratique à partir de la mise en place de différentes techniques d'observation et de mesures (géophysique, sédimentologiques, physico-chimie de l'eau, etc.) sur le terrain, l'objectif est ici la caractérisation du lac du Lauzet et de son bassin versant afin de déterminer le contexte de formation et d'évolution du système. Différents types d'instruments (ERT, carottage, ...) seront déployés. Les données acquises lors des mesures de terrain seront couplées à des données préliminaires (sédimentologie, bathymétrie...) déjà disponibles.

1.4	Mettre en relation les concepts fondamentaux de géologie, de biologie, de mathématiques, de chimie et de physique avec les phénomènes naturels observés ou décrits pour approfondir la compréhension des sciences de la Terre
-----	---

2.2	Observer méthodiquement des objets géologiques sur le terrain ou au laboratoire
2.3	Savoir utiliser les appareillages scientifiques de terrain et de laboratoire, ainsi que les logiciels d'acquisition couramment utilisés en sciences de la Terre
2.5	Analyser, interpréter, synthétiser et modéliser des informations documentaires ou des données géologiques en vue de leur exploitation en sciences de la Terre
2.8	Confronter les données avec un esprit critique aux savoirs existants et développer une argumentation scientifique en sciences de la Terre
3.1	Restituer de façon structurée à l'oral et à l'écrit des résultats scientifiques en sciences de la Terre, issus de sa démarche (en français)
4.3	Savoir être soigneux et précis dans les restitutions de travaux en sciences de la Terre
5.2	Savoir observer et retranscrire des objets naturels géologiques
5.3	Savoir établir un relevé de professionnel en géologie – minutes (cartes et coupes verticales)
5.4	Savoir utiliser des outils professionnels de terrain et de laboratoire en sciences de la Terre : marteau, boussoles, loupes, microscopes, etc.
5.5	Savoir utiliser en sciences de la Terre des outils technologiques professionnels de terrain et de laboratoire – GPS, appareillage géophysique, etc.

## Traitement de données géospatiales LSTAU05C (ST17)

3 ECTS — 4 CM — 26 h TP

Former les étudiants à une utilisation avancée d'un logiciel SIG, d'un logiciel de traitement d'images satellitaires, d'un logiciel de traitement de données HR 3D, sur des thématiques géologiques, environnementales et hydrologiques en allant de l'acquisition de la donnée à la restitution sous forme de cartes et rapports.

Maîtrise d'outil numérique (logiciels) adaptés aux traitements de données géoscientifiques acquises sur le terrain Acquisition de données géospatialisées (GPS, dGPS, photogrammétrie, LiDAR, données géologiques, hydrologiques, géochimiques, géophysiques).

- 1– Une journée de terrain en début de semestre, à l'Arbois, pour acquisition de diverses données géospatiales.
- 2– Exercices dirigés sur des données similaires à traiter et exercices sur autres cas indépendants – par exemple : images satellitaires.
- 3– Traitement des données acquises sur le terrain et réalisation des cartes à insérer dans un rapport à rendre.

1.1	Constituer et structurer un bagage culturel en sciences de la Terre
1.4	Mettre en relation les concepts fondamentaux de géologie, de biologie, de mathématiques, de chimie et de physique avec les phénomènes naturels observés ou décrits pour approfondir la compréhension des sciences de la Terre
1.5	Utiliser les outils de géologie, de biologie, de mathématiques, de chimie, de physique, de statistiques et d'informatique pour répondre à des problématiques en sciences de la Terre
2.1	Formuler le questionnement scientifique et/ou l'élaborer à partir de ses connaissances en sciences de la Terre ou de l'observation d'objets géologiques
2.3	Savoir utiliser les appareillages scientifiques de terrain et de laboratoire, ainsi que les logiciels d'acquisition couramment utilisés en sciences de la Terre
2.5	Analyser, interpréter, synthétiser et modéliser des informations documentaires ou des données géologiques en vue de leur exploitation en sciences de la Terre
2.6	Utiliser un logiciel pour cartographier, visualiser des mesures ou des données expérimentales en sciences de la Terre
2.9	Être sensible à l'incertitude et la validité d'un résultat expérimental ou numérique en sciences de la Terre
3.1	Restituer de façon structurée à l'oral et à l'écrit des résultats scientifiques en sciences de la Terre, issus de sa démarche (en français)
3.2	Lire et extraire des informations de sources documentaires en anglais pour les exploiter en sciences de la Terre
3.3	Produire une synthèse de l'information à l'écrit sur une problématique en sciences de la Terre – en français et en anglais
4.3	Savoir être soigneux et précis dans les restitutions de travaux en sciences de la Terre
4.4	Savoir respecter un protocole dans le cadre des opérations scientifiques de terrain, d'analyses en laboratoire et des opérations professionnalisantes en sciences de la Terre
4.5	Développer de l'autonomie pour savoir planifier un travail en sciences de la Terre et répondre à des contraintes temporelles
4.6	Savoir travailler en sciences de la Terre, sur le terrain, en laboratoire et en situations professionnalisantes en toute sécurité
5.1	Être capable d'utiliser son bagage culturel et scientifique pour comprendre les grands enjeux en sciences de la Terre : eau, minerais, ressources fossiles, préservation des sols, risques naturels, changement global
5.2	Savoir observer et retranscrire des objets naturels géologiques
5.3	Savoir établir un relevé de professionnel en géologie – minutes (cartes et coupes verticales)

5.4	Savoir utiliser des outils professionnels de terrain et de laboratoire en sciences de la Terre : marteau, boussoles, loupes, microscopes, etc.
5.5	Savoir utiliser en sciences de la Terre des outils technologiques professionnels de terrain et de laboratoire – GPS, appareillage géophysique, etc.
6.6	Savoir respecter l'éthique scientifique en sciences de la Terre : propriété intellectuelle des écrits et des données, non falsification des données ou des résultats

## Traceurs et chronomètres de l'environnement 1 LSTAU06C (ST16)

3 ECTS — 15 h CM — 15 h TD

L'UE est divisée en deux parties, l'une visant à l'acquisition des principes d'applications des fractionnement des isotopes stables en sciences de la Terre, et l'autre à la maîtrise des calculs d'équilibre chimique des systèmes acide-base.

Calcul de bilans isotopiques. Calcul d'équilibre chimique.

Techniques expérimentales en spectrométrie de masse à gaz. Définitions et concepts de la géochimie des isotopes stables. Théorie du fractionnement isotopique. Principes des techniques expérimentales. Applications des variations d'abondance isotopique de l'oxygène et de l'hydrogène en hydrogéologie, climatologie et paléoclimatologie. Loi de Rayleigh. Applications des isotopes du carbone à l'étude des cycles biogéochimiques globaux. Calculs de bilans. Rappels des principes de calcul des conditions d'équilibres des solutions aqueuses et application au système carbonate.

1.1	Constituer et structurer un bagage culturel en sciences de la Terre
1.2– 1.3	Constituer un socle de connaissances fondamentales au service des sciences de la Terre. Acquérir et exploiter de manière autonome des savoirs complémentaires en sciences de la Terre, fiables en s'appuyant sur des ressources universitaires et numériques
1.4	Mettre en relation les concepts fondamentaux de géologie, de biologie, de mathématiques, de chimie et de physique avec les phénomènes naturels observés ou décrits pour approfondir la compréhension des sciences de la Terre
1.5	Utiliser les outils de géologie, de biologie, de mathématiques, de chimie, de physique, de statistiques et d'informatique pour répondre à des problématiques en sciences de la Terre
2.1	Formuler le questionnement scientifique et/ou l'élaborer à partir de ses connaissances en sciences de la Terre ou de l'observation d'objets géologiques
2.4	Mettre en œuvre un échantillonnage pour mesurer et acquérir des données des sciences de la Terre
2.8	Confronter les données avec un esprit critique aux savoirs existants et développer une argumentation scientifique en sciences de la Terre
4.3	Savoir être soigneux et précis dans les restitutions de travaux en sciences de la Terre
5.1	Être capable d'utiliser son bagage culturel et scientifique pour comprendre les grands enjeux en sciences de la Terre : eau, minerais, ressources fossiles, préservation des sols, risques naturels, changement global

## Santé–sécurité au travail (CMI) LCMAUxxX

3 ECTS — 12 h CM — 18 TD

L'étudiant verra son attention éveillée sur un mode très pratique, réglementaire et opérationnel, à un certain nombre de questions relatives à la prévention et à la sécurité du travail.

Connaissance des obligations de l'entreprise face à la dangerosité du travail (18 h).

Certification de la capacité d'intervention comme : *prévention et secours civique de niveau 1, sauveteur–secouriste du travail* (12 h).

Au programme de cette unité d'enseignement : *culture de prévention et culture de sécurité* telles que préconisées par les CARSAT en termes de santé au travail, d'engagement de la responsabilité de l'employeur, d'obligations associées en matière d'évaluation des risques – avec repérage des sources de danger et des parades possibles, protection individuelle et collective, limitation des effets par dépistage et secours –, mais aussi analyse ergonomique du travail, analyse de l'accident, rôle de la médecine du travail, des CHSC.

## Projet intégrateur 1 (CMI) LCMAU02J (GCM12)

3 ECTS — 8 h CM — 22 h TD

Ce projet intégrateur – proposé en trois temps et étalé sur 18 mois – a pour objectif de conduire l'étudiant à utiliser l'ensemble des connaissances qu'il a acquises dans les diverses unités d'enseignement. Il a également pour objectifs de mettre en pratique la gestion de projet et le travail en équipe.

Ces projets, menés en petits groupes (5–6 étudiants), seront des commandes des partenaires industriels ou socio-économiques ou des collectivités locales, et pour lesquels les étudiants seront confrontés à des problématiques diverses et pluridisciplinaires et confrontés aux délais et prescriptions imposées par le commanditaire.

L'idée de cette UE est que les étudiants opèrent comme s'ils étaient déjà en poste dans un bureau d'études (d'impact environnemental ou géologique, par exemple).

Au cours de cette première étape, les étudiants prennent connaissance de deux à trois sujets proposés par des commanditaires ainsi que de l'enveloppe budgétaire allouée à ce projet. Ils doivent constituer des groupes avec les compétences requises pour répondre à la commande – ces compétences seront choisies parmi les étudiants suivants le parcours du master STPE du CMI de géologie. Ils doivent travailler sur la partie contexte de l'étude – géologique, environnementale, technique, réglementaire, juridique, économique, etc. – et proposer en fin de semestre la méthodologie pour répondre à la commande.

Tout au long de cette première étape, les groupes formés sont guidés et orientés par les enseignants chercheurs, chercheurs et doctorants, professionnels qu'ils jugent les plus aptes à leur répondre.

À la fin de cette étape, les étudiants présentent oralement – 10 minutes puis 15 minutes de question – la méthodologie qu'ils comptent mettre en œuvre au cours du second semestre (Projet intégrateur 2).

1.2– 1.3	Constituer un socle de connaissances fondamentales au service des sciences de la Terre. Acquérir et exploiter de manière autonome des savoirs complémentaires en sciences de la Terre, fiables en s'appuyant sur des ressources universitaires et numériques
2.2	Observer méthodiquement des objets géologiques sur le terrain ou au laboratoire
2.3	Savoir utiliser les appareillages scientifiques de terrain et de laboratoire, ainsi que les logiciels d'acquisition couramment utilisés en sciences de la Terre
2.5	Analyser, interpréter, synthétiser et modéliser des informations documentaires ou des données géologiques en vue de leur exploitation en sciences de la Terre
2.7	Identifier et mener en autonomie les différentes étapes d'une démarche expérimentale
3.1	Restituer de façon structurée à l'oral et à l'écrit des résultats scientifiques en sciences de la Terre, issus de sa démarche (en français)
4.1	S'organiser pour mener à bien de façon individuelle un projet scientifique dans le domaine des sciences de la Terre sur la base de données bibliographiques, de terrain ou de laboratoire
4.2	Conduire de façon collective un projet scientifique dans le domaine des sciences de la Terre et sur la base de données bibliographiques, de terrain ou de laboratoire
4.3	Savoir être soigneux et précis dans les restitutions de travaux en sciences de la Terre
4.4	Savoir respecter un protocole dans le cadre des opérations scientifiques de terrain, d'analyses en laboratoire et des opérations professionnalisantes en sciences de la Terre
4.5	Développer de l'autonomie pour savoir planifier un travail en sciences de la Terre et répondre à des contraintes temporelles
4.6	Savoir travailler en sciences de la Terre, sur le terrain, en laboratoire et en situations professionnalisantes en toute sécurité
5.1	Être capable d'utiliser son bagage culturel et scientifique pour comprendre les grands enjeux en sciences de la Terre : eau, minerais, ressources fossiles, préservation des sols, risques naturels, changement global
6.4	Savoir traiter une commande professionnelle proposée par le secteur d'activité des sciences de la Terre

## Semestre 8

### Stage de première année LBEBU13C (TC3)

6 ECTS

1.5	Utiliser les outils de géologie, de biologie, de mathématiques, de chimie, de physique, de statistiques et d'informatique pour répondre à des problématiques en sciences de la Terre
-----	--

2.1	Formuler le questionnement scientifique et/ou l'élaborer à partir de ses connaissances en sciences de la Terre ou de l'observation d'objets géologiques
2.2	Observer méthodiquement des objets géologiques sur le terrain ou au laboratoire
2.3	Savoir utiliser les appareillages scientifiques de terrain et de laboratoire, ainsi que les logiciels d'acquisition couramment utilisés en sciences de la Terre
2.4	Mettre en œuvre un échantillonnage pour mesurer et acquérir des données des sciences de la Terre
2.5	Analyser, interpréter, synthétiser et modéliser des informations documentaires ou des données géologiques en vue de leur exploitation en sciences de la Terre
2.6	Utiliser un logiciel pour cartographier, visualiser des mesures ou des données expérimentales en sciences de la Terre
2.8	Confronter les données avec un esprit critique aux savoirs existants et développer une argumentation scientifique en sciences de la Terre
2.9	Être sensible à l'incertitude et la validité d'un résultat expérimental ou numérique en sciences de la Terre
3.2	Lire et extraire des informations de sources documentaires en anglais pour les exploiter en sciences de la Terre
3.3	Produire une synthèse de l'information à l'écrit sur une problématique en sciences de la Terre – en français et en anglais
3.4	Produire une synthèse de l'information à l'oral sur une problématique en sciences de la Terre – en français et en anglais
4.1	S'organiser pour mener à bien de façon individuelle un projet scientifique dans le domaine des sciences de la Terre sur la base de données bibliographiques, de terrain ou de laboratoire
4.3	Savoir être soigneux et précis dans les restitutions de travaux en sciences de la Terre
4.4	Savoir respecter un protocole dans le cadre des opérations scientifiques de terrain, d'analyses en laboratoire et des opérations professionnalisantes en sciences de la Terre
4.6	Savoir travailler en sciences de la Terre, sur le terrain, en laboratoire et en situations professionnalisantes en toute sécurité
5.2	Savoir observer et retranscrire des objets naturels géologiques
5.3	Savoir établir un relevé de professionnel en géologie – minutes (cartes et coupes verticales)
5.4	Savoir utiliser des outils professionnels de terrain et de laboratoire en sciences de la Terre : marteau, boussoles, loupes, microscopes, etc.
5.5	Savoir utiliser en sciences de la Terre des outils technologiques professionnels de terrain et de laboratoire – GPS, appareillage géophysique, etc.
5.6	Savoir réaliser en sciences de la Terre des prélèvements sur le terrain (eau, sol, roche)
6.5	Savoir respecter la réglementation environnementale pour travailler sur le terrain et en laboratoire en sciences de la Terre
6.6	Savoir respecter l'éthique scientifique en sciences de la Terre : propriété intellectuelle des écrits et des données, non falsification des données ou des résultats

## Anglais et valorisation en compétences LBEBU11J (TC4)

3 ECTS — 12 h CM — 12 h TD — 6 h TP

Cette unité d'enseignement concerne l'enseignement de l'anglais. L'accent sera mis sur l'apprentissage de l'anglais scientifique et de communication, ainsi que sur la prise de parole en public. L'enseignement est mis sur le vocabulaire de spécialité, les compétences communicationnelles, les techniques de recherche d'emploi ainsi que sur la constitution d'un *curriculum vitae* et d'une lettre de motivation.

2.5	Analyser, interpréter, synthétiser et modéliser des informations documentaires ou des données géologiques en vue de leur exploitation en sciences de la Terre
3.2	Lire et extraire des informations de sources documentaires en anglais pour les exploiter en sciences de la Terre
3.3	Produire une synthèse de l'information à l'écrit sur une problématique en sciences de la Terre – en français et en anglais
3.4	Produire une synthèse de l'information à l'oral sur une problématique en sciences de la Terre – en français et en anglais
5.1	Être capable d'utiliser son bagage culturel et scientifique pour comprendre les grands enjeux en sciences de la Terre : eau, minerais, ressources fossiles, préservation des sols, risques naturels, changement global
6.1	Savoir mettre en valeur ses compétences
6.2	Savoir rédiger un <i>curriculum vitae</i> et une lettre de motivation
6.3	Savoir s'entretenir pour une embauche
Maîtriser les outils et techniques de communication nécessaires à une pratique professionnelle de la langue anglaise en milieu scientifique	
Atteindre le niveau B2 du Cadre européen commun de référence pour les langues dans l'ensemble des cinq compétences langagières que sont la compréhension orale et la compréhension écrite, la prise de parole en interaction et en continu, ainsi que l'expression écrite	
Devenir autonome dans l'apprentissage de l'anglais	

## Apprentissage par projet 2 LSTBU01C (ST21)

6 ECTS — 18 h TD PA

Approfondissement disciplinaire ou thématique dans les domaines des trois finalités proposées.

Être capable de produire un rendu (sous forme de cours, de poster, de rapport) de façon autonome.

Connaissances disciplinaires en géologie des réservoirs, géosciences de l'environnement et hydrogéologie.

Propositions de projets d'approfondissement (thématiques, méthodologiques) dans les domaines couverts par les trois finalités :

- géologie des réservoirs : approfondissement thématiques dans le domaine des ressources fossiles et de la géologie de la matière organique ;
- géosciences de l'environnement : approfondissement en géochimie isotopique – principe fondamentaux et analytiques des techniques de pointe en géochimie – ;
- hydrogéologie : projets liés à l'appropriation de méthodes récentes ou opérationnelles en matière d'hydrologie, d'hydrogéologie et de traçage géochimique. Méthode des dérivées pour l'interprétation d'essai par pompage, méthodes de caractérisation de la recharge en zone aride, hydrologie statistique pour l'aménagement (liste non exhaustive).

1.2– 1.3	Constituer un socle de connaissances fondamentales au service des sciences de la Terre. Acquérir et exploiter de manière autonome des savoirs complémentaires en sciences de la Terre, fiables en s'appuyant sur des ressources universitaires et numériques
2.2	Observer méthodiquement des objets géologiques sur le terrain ou au laboratoire
2.3	Savoir utiliser les appareillages scientifiques de terrain et de laboratoire, ainsi que les logiciels d'acquisition couramment utilisés en sciences de la Terre
2.5	Analyser, interpréter, synthétiser et modéliser des informations documentaires ou des données géologiques en vue de leur exploitation en sciences de la Terre
2.7	Identifier et mener en autonomie les différentes étapes d'une démarche expérimentale
3.1	Restituer de façon structurée à l'oral et à l'écrit des résultats scientifiques en sciences de la Terre, issus de sa démarche (en français)
4.2	Conduire de façon collective un projet scientifique dans le domaine des sciences de la Terre et sur la base de données bibliographiques, de terrain ou de laboratoire
4.3	Savoir être soigneux et précis dans les restitutions de travaux en sciences de la Terre
4.4	Savoir respecter un protocole dans le cadre des opérations scientifiques de terrain, d'analyses en laboratoire et des opérations professionnalisantes en sciences de la Terre
4.5	Développer de l'autonomie pour savoir planifier un travail en sciences de la Terre et répondre à des contraintes temporelles
4.6	Savoir travailler en sciences de la Terre, sur le terrain, en laboratoire et en situations professionnalisantes en toute sécurité
5.1	Être capable d'utiliser son bagage culturel et scientifique pour comprendre les grands enjeux en sciences de la Terre : eau, minerais, ressources fossiles, préservation des sols, risques naturels, changement global
6.4	Savoir traiter une commande professionnelle proposée par le secteur d'activité des sciences de la Terre

## Traitement de données en géosciences LSTBU02C (ST25)

3 ECTS — 4 h CM – 26 h TP

Ce module a pour objectif de développer et consolider les acquis en traitement de données du TC1 (S1 socle intermédiation). Les éléments développés permettent de fournir aux étudiants les méthodes et outils indispensables à l'analyse de données pour les différentes finalités spécifiques de la mention STPE.

Manipulation et analyses de différents types de données : séries temporelles, données spatiales.

Mise en place de chaînes de traitement simples en ligne de commande.

Méthodes d'exploration des solutions de problèmes simples par des méthodes d'optimisation.

Bases théoriques élémentaires en géostatistiques, traitement du signal et inversions.

Le module s'organise autour de trois grands thèmes :

- géostatistiques ;
- analyse de séries temporelles et introduction au traitement du signal ;
- méthodes d'inversion et optimisation ;

Une séance d'approfondissement de l'outil de programmation R, déjà abordé au premier semestre, est prévue.

1.4	Mettre en relation les concepts fondamentaux de géologie, de biologie, de mathématiques, de chimie et de physique avec les phénomènes naturels observés ou décrits pour approfondir la compréhension des sciences de la Terre
1.5	Utiliser les outils de géologie, de biologie, de mathématiques, de chimie, de physique, de statistiques et d'informatique pour répondre à des problématiques en sciences de la Terre
2.5	Analyser, interpréter, synthétiser et modéliser des informations documentaires ou des données géologiques en vue de leur exploitation en sciences de la Terre
2.6	Utiliser un logiciel pour cartographier, visualiser des mesures ou des données expérimentales en sciences de la Terre
2.8	Confronter les données avec un esprit critique aux savoirs existants et développer une argumentation scientifique en sciences de la Terre
2.9	Être sensible à l'incertitude et la validité d'un résultat expérimental ou numérique en sciences de la Terre
3.1	Restituer de façon structurée à l'oral et à l'écrit des résultats scientifiques en sciences de la Terre, issus de sa démarche (en français)
3.2	Lire et extraire des informations de sources documentaires en anglais pour les exploiter en sciences de la Terre
4.3	Savoir être soigneux et précis dans les restitutions de travaux en sciences de la Terre

## UE à choix

### Finalité Réservoirs (choix 1)

#### Systèmes et plateforme carbonatée LSTBU04C (SC21)

3 ECTS — 12 h CM — 18 h TP

L'UE a pour objectif l'analyse des systèmes sédimentaires carbonatées, de leur architecture et de leur diagenèse. Ce module a pour objectif de fournir les notions fondamentales et appliquées en sédimentologie des carbonates ; notions de producteurs carbonatés « carbonate factory » de l'échelle locale à globale, architectures des plateformes et des rampes carbonatées, hétérogénéités des systèmes, facteurs de contrôles de la production carbonatée, les systèmes carbonatés dans les temps géologiques ; exemples actuels et fossiles des systèmes carbonatés, diagenèse des carbonates. 1– Processus de la biosédimentogenèse carbonatée. Biominéralisation : précipitation des biocristaux, incorporation des isotopes et des éléments en trace, cycles de la squelettogenèse ; bioprécipitation et rôle microbien ; bioconcrétions aux échelles du grain et du substrat ; biostructurations, du filament microbien aux microbialites ; bioconstructions, types et textures ; biodestruction, modalités de recyclage des carbonates ; systèmes récifaux et de plates-formes carbonatées, *mud-mounds* : structure et développement. 2– Environnements et processus diagénétiques des roches carbonatées : expression pétrographique, géochimique et diagraphique ; évolution des propriétés pétrophysiques des réservoirs carbonatés en relation avec leur histoire diagénétique, processus de porogenèse et de poronécrose et distribution spatiale du volume poreux ; diagenèse marine précoce, diagenèse météorique et signature géochimique, diagenèse d'enfouissement et influence de la charge en hydrocarbures, dolomie et dolomitisation, impact sur l'évolution diagénétique et sur les propriétés pétrophysiques des réservoirs.

1.1	Constituer et structurer un bagage culturel en sciences de la Terre
1.4	Mettre en relation les concepts fondamentaux de géologie, de biologie, de mathématiques, de chimie et de physique avec les phénomènes naturels observés ou décrits pour approfondir la compréhension des sciences de la Terre
1.5	Utiliser les outils de géologie, de biologie, de mathématiques, de chimie, de physique, de statistiques et d'informatique pour répondre à des problématiques en sciences de la Terre
2.1	Formuler le questionnement scientifique et/ou l'élaborer à partir de ses connaissances en sciences de la Terre ou de l'observation d'objets géologiques
2.2	Observer méthodiquement des objets géologiques sur le terrain ou au laboratoire
2.3	Savoir utiliser les appareillages scientifiques de terrain et de laboratoire, ainsi que les logiciels d'acquisition couramment utilisés en sciences de la Terre
2.5	Analyser, interpréter, synthétiser et modéliser des informations documentaires ou des données géologiques en vue de leur exploitation en sciences de la Terre
2.8	Confronter les données avec un esprit critique aux savoirs existants et développer une argumentation scientifique en sciences de la Terre

3.1	Restituer de façon structurée à l'oral et à l'écrit des résultats scientifiques en sciences de la Terre, issus de sa démarche (en français)
4.3	Savoir être soigneux et précis dans les restitutions de travaux en sciences de la Terre
4.4	Savoir respecter un protocole dans le cadre des opérations scientifiques de terrain, d'analyses en laboratoire et des opérations professionnalisantes en sciences de la Terre
5.1	Être capable d'utiliser son bagage culturel et scientifique pour comprendre les grands enjeux en sciences de la Terre : eau, minerais, ressources fossiles, préservation des sols, risques naturels, changement global
5.2	Savoir observer et retranscrire des objets naturels géologiques
5.3	Savoir établir un relevé de professionnel en géologie – minutes (cartes et coupes verticales)
5.4	Savoir utiliser des outils professionnels de terrain et de laboratoire en sciences de la Terre : marteau, boussoles, loupes, microscopes, etc.

## Géologie et géophysique de subsurface LSTBU05C (SC22)

3 ECTS — 12 h CM — 12 h TD — 6 h TP

L'UE a pour objectif de présenter les principaux outils utilisés en géologie et géophysique des méthodes sismiques (réflexion et réfraction).

Le module traitera les notions fondamentales relatives à l'acquisition le traitement et l'interprétation des outils sismiques et diagraphiques :

1– sismique réflexion – méthodes d'acquisition sismique marine et terrestre ; traitement sismique : fondements mathématiques du traitement du signal, déconvolution, corrections statiques, analyses de vitesse et sommation, migration temps *versus* migration profondeur, migration pré-sommation vs migration post-sommation ; principes d'interprétation sismique : origine et reconnaissance des artefacts, signification des réflecteurs sismiques, attributs sismiques et faciès sismiques – ;

2– sismique réfraction ;

3– diagraphies – l'environnement du forage et la géologie de sonde ; les diagraphies instantanées ; les diagraphies différées : caliper, gamma-ray, potentiel spontanée, résistivité, neutron, densité, sonic ; interprétations géologique des diagraphies : lithologies, porosité, nature des fluides et saturations.

1.1	Constituer et structurer un bagage culturel en sciences de la Terre
1.2– 1.3	Constituer un socle de connaissances fondamentales au service des sciences de la Terre. Acquérir et exploiter de manière autonome des savoirs complémentaires en sciences de la Terre, fiables en s'appuyant sur des ressources universitaires et numériques
1.4	Mettre en relation les concepts fondamentaux de géologie, de biologie, de mathématiques, de chimie et de physique avec les phénomènes naturels observés ou décrits pour approfondir la compréhension des sciences de la Terre
1.5	Utiliser les outils de géologie, de biologie, de mathématiques, de chimie, de physique, de statistiques et d'informatique pour répondre à des problématiques en sciences de la Terre
2.1	Formuler le questionnement scientifique et/ou l'élaborer à partir de ses connaissances en sciences de la Terre ou de l'observation d'objets géologiques
2.5	Analyser, interpréter, synthétiser et modéliser des informations documentaires ou des données géologiques en vue de leur exploitation en sciences de la Terre
2.8	Confronter les données avec un esprit critique aux savoirs existants et développer une argumentation scientifique en sciences de la Terre
2.9	Être sensible à l'incertitude et la validité d'un résultat expérimental ou numérique en sciences de la Terre
3.2	Lire et extraire des informations de sources documentaires en anglais pour les exploiter en sciences de la Terre
4.3	Savoir être soigneux et précis dans les restitutions de travaux en sciences de la Terre
5.1	Être capable d'utiliser son bagage culturel et scientifique pour comprendre les grands enjeux en sciences de la Terre : eau, minerais, ressources fossiles, préservation des sols, risques naturels, changement global

## Stratigraphie séquentielle LSTBU06C (SC23)

3 ECTS — 6 h CM — 24 h TP

Le niveau de la mer, sa variation et son enregistrement sédimentaire. Les notions de transgression-régression. De la sismique à la stratigraphie séquentielle : notion de séquence de dépôts, construction et signification des chartes

eustatiques. Les causes des séquences de dépôts. Principes de stratigraphie sismique, de la stratigraphie séquentielle.

Cartographie sédimentologique et séquentielle d'un système mixte carbonaté et silicoclastique. Lever de logs sédimentologiques, constructions des séquences de dépôts, corrélations, constructions d'un modèle séquentielle, diagramme de Weeler.

1.1	Constituer et structurer un bagage culturel en sciences de la Terre
1.4	Mettre en relation les concepts fondamentaux de géologie, de biologie, de mathématiques, de chimie et de physique avec les phénomènes naturels observés ou décrits pour approfondir la compréhension des sciences de la Terre
1.5	Utiliser les outils de géologie, de biologie, de mathématiques, de chimie, de physique, de statistiques et d'informatique pour répondre à des problématiques en sciences de la Terre
2.1	Formuler le questionnement scientifique et/ou l'élaborer à partir de ses connaissances en sciences de la Terre ou de l'observation d'objets géologiques
2.2	Observer méthodiquement des objets géologiques sur le terrain ou au laboratoire
2.3	Savoir utiliser les appareillages scientifiques de terrain et de laboratoire, ainsi que les logiciels d'acquisition couramment utilisés en sciences de la Terre
2.5	Analyser, interpréter, synthétiser et modéliser des informations documentaires ou des données géologiques en vue de leur exploitation en sciences de la Terre
2.8	Confronter les données avec un esprit critique aux savoirs existants et développer une argumentation scientifique en sciences de la Terre
3.1	Restituer de façon structurée à l'oral et à l'écrit des résultats scientifiques en sciences de la Terre, issus de sa démarche (en français)
4.3	Savoir être soigneux et précis dans les restitutions de travaux en sciences de la Terre
4.4	Savoir respecter un protocole dans le cadre des opérations scientifiques de terrain, d'analyses en laboratoire et des opérations professionnalisantes en sciences de la Terre
5.2	Savoir observer et retranscrire des objets naturels géologiques
5.3	Savoir établir un relevé de professionnel en géologie – minutes (cartes et coupes verticales)
5.4	Savoir utiliser des outils professionnels de terrain et de laboratoire en sciences de la Terre : marteau, boussoles, loupes, microscopes, etc.
5.5	Savoir utiliser en sciences de la Terre des outils technologiques professionnels de terrain et de laboratoire – GPS, appareillage géophysique, etc.
5.6	Savoir réaliser en sciences de la Terre des prélèvements sur le terrain (eau, sol, roche)

## Architecture des bassins LSTBU03C (ST22)

3 ECTS — 24 h CM — 6 h TD

L'objectif est de comprendre les paramètres qui déterminent la structure tectonique, sédimentologique et thermique des bassins, et les conséquences sur les systèmes pétroliers et les ressources. Dans cette UE, sera abordé tous les contextes géodynamiques et toutes les évolutions possibles de bassin à travers les méthodes d'étude des bassins – analyse de la subsidence, sismique, remplissage sédimentologique, etc.

À l'issue de cette UE, les étudiants seront capables d'analyser des données de bassins sédimentaires à toutes les échelles, de l'affleurement à la sismique, jusque la dynamique de la lithosphère. Ils sauront déduire leur contexte de formation et déterminer leur potentiel de ressource par la méthode du back-stripping.

Propriétés mécaniques, thermiques et rhéologiques de la lithosphère, des interprétations sismiques, lien entre contexte et géométrie de bassin dans les contextes de rifting, marge passive, subduction, collision, et bassin intracontinentaux. Notion de système pétrolier : caractérisation depuis le développement du bassin, la maturation des roches mères, les migrations de fluides et le piégeage dans les réservoirs.

1– Origine des bassins sédimentaires

- Déformations de la lithosphère : forçages internes
- Sédimentation : forçages externes
- Importance sociétale des bassins

2– Géodynamique des bassins

- Bassin liés à la divergence : rifts et marges passives
- Analyse de la subsidence
- Bassins liés à la convergence

- Autres : strike-slip, cratoniques, tardi-orogéniques

### 3- Évolution post-dépôt des bassins sédimentaires

- Compaction – diagenèse
- Circulations de fluides
- Matière organique

### 4- Systèmes pétroliers et roche mère.

1.2- 1.3	Constituer un socle de connaissances fondamentales au service des sciences de la Terre. Acquérir et exploiter de manière autonome des savoirs complémentaires en sciences de la Terre, fiables en s'appuyant sur des ressources universitaires et numériques
1.4	Mettre en relation les concepts fondamentaux de géologie, de biologie, de mathématiques, de chimie et de physique avec les phénomènes naturels observés ou décrits pour approfondir la compréhension des sciences de la Terre
2.2	Observer méthodiquement des objets géologiques sur le terrain ou au laboratoire
2.5	Analyser, interpréter, synthétiser et modéliser des informations documentaires ou des données géologiques en vue de leur exploitation en sciences de la Terre
2.8	Confronter les données avec un esprit critique aux savoirs existants et développer une argumentation scientifique en sciences de la Terre
3.3	Produire une synthèse de l'information à l'écrit sur une problématique en sciences de la Terre – en français et en anglais
4.3	Savoir être soigneux et précis dans les restitutions de travaux en sciences de la Terre
5.1	Être capable d'utiliser son bagage culturel et scientifique pour comprendre les grands enjeux en sciences de la Terre : eau, minerais, ressources fossiles, préservation des sols, risques naturels, changement global

## Finalité Géosciences de l'environnement ou Hydrogéologie (choix 2)

### Traceurs et chronomètres de l'environnement 2 LSTBU07C (SG21)

3 ECTS — 15 h CM — 15 h TD

Ce module sera réalisé dans la continuité du module Traceurs et chronomètres de l'environnement 1. Il présente une partie chimie des équilibres, une partie géochimie des stables (légers) ainsi qu'une partie sur l'utilisation des isotopes radiogéniques courtes et longues période en géochimie environnementale.

Techniques expérimentales en spectrométrie de masse à gaz. Théorie du fractionnement isotopique—exemples d'applications des isotopes stables—calculs d'équilibre chimique.

- Chimie de l'oxydo-réduction
- Équations d'oxydo-réductions, exemples d'applications à la géochimie des eaux et des sols
- Principe de l'utilisation des isotopes de courtes et de longues périodes en géosciences
- Fractionnement géochimiques lors de la différenciation des grands réservoirs terrestres. Réservoirs géochimiques.
- Classification et principes de mesure et d'utilisation des isotopes radioactifs de courtes périodes dans l'environnement. Chaînes de désintégration radioactive, équilibre séculaire et déséquilibre. Isotopes cosmogéniques atmosphériques et *in situ*. Isotopes artificiels.

1.1	Constituer et structurer un bagage culturel en sciences de la Terre
1.2- 1.3	Constituer un socle de connaissances fondamentales au service des sciences de la Terre. Acquérir et exploiter de manière autonome des savoirs complémentaires en sciences de la Terre, fiables en s'appuyant sur des ressources universitaires et numériques
1.4	Mettre en relation les concepts fondamentaux de géologie, de biologie, de mathématiques, de chimie et de physique avec les phénomènes naturels observés ou décrits pour approfondir la compréhension des sciences de la Terre
1.5	Utiliser les outils de géologie, de biologie, de mathématiques, de chimie, de physique, de statistiques et d'informatique pour répondre à des problématiques en sciences de la Terre
2.1	Formuler le questionnement scientifique et/ou l'élaborer à partir de ses connaissances en sciences de la Terre ou de l'observation d'objets géologiques
2.4	Mettre en œuvre un échantillonnage pour mesurer et acquérir des données des sciences de la Terre
2.8	Confronter les données avec un esprit critique aux savoirs existants et développer une argumentation scientifique en sciences de la Terre
4.3	Savoir être soigneux et précis dans les restitutions de travaux en sciences de la Terre
5.1	Être capable d'utiliser son bagage culturel et scientifique pour comprendre les grands enjeux en sciences de la Terre : eau, minerais, ressources fossiles, préservation des sols, risques naturels, changement global

## Dynamiques des surfaces continentales LSTBU08C (SG22)

3 ECTS — 15 h CM — 15 h TD

L'organisation générale du cours et sa philosophie s'inspire de celle de l'ouvrage de référence Anderson & Anderson (2010) – *Geomorphology: the mechanics and chemistry of landscapes* (Cambridge). Un intérêt particulier sera ainsi porté à l'analyse des processus physique et leur formulation en termes de bilan de conservation – de matière, d'énergie, etc.

Ce module vise à introduire les notions centrales en géomorphologie, afin de comprendre l'évolution des paysages dans un cadre physique et quantitatif. Les processus seront étudiés de manière intégrée, depuis la production des sédiments sur les versants jusqu'à leur transport par le système fluvial.

- Introduction générale, géomorphologie à grandes longueurs d'onde
- Géomorphologie et tectonique
- Glaciers et géomorphologie glaciaire
- Dynamique des versants
- Hydrologie générale
- Géomorphologie fluviale
- Processus d'incision fluviale

1.1	Constituer et structurer un bagage culturel en sciences de la Terre
1.2–1.3	Constituer un socle de connaissances fondamentales au service des sciences de la Terre. Acquérir et exploiter de manière autonome des savoirs complémentaires en sciences de la Terre, fiables en s'appuyant sur des ressources universitaires et numériques
1.4	Mettre en relation les concepts fondamentaux de géologie, de biologie, de mathématiques, de chimie et de physique avec les phénomènes naturels observés ou décrits pour approfondir la compréhension des sciences de la Terre
1.5	Utiliser les outils de géologie, de biologie, de mathématiques, de chimie, de physique, de statistiques et d'informatique pour répondre à des problématiques en sciences de la Terre
2.1	Formuler le questionnement scientifique et/ou l'élaborer à partir de ses connaissances en sciences de la Terre ou de l'observation d'objets géologiques
2.5	Analyser, interpréter, synthétiser et modéliser des informations documentaires ou des données géologiques en vue de leur exploitation en sciences de la Terre
2.6	Utiliser un logiciel pour cartographier, visualiser des mesures ou des données expérimentales en sciences de la Terre
2.8	Confronter les données avec un esprit critique aux savoirs existants et développer une argumentation scientifique en sciences de la Terre
2.9	Être sensible à l'incertitude et la validité d'un résultat expérimental ou numérique en sciences de la Terre
3.1	Restituer de façon structurée à l'oral et à l'écrit des résultats scientifiques en sciences de la Terre, issus de sa démarche (en français)
5.1	Être capable d'utiliser son bagage culturel et scientifique pour comprendre les grands enjeux en sciences de la Terre : eau, minerais, ressources fossiles, préservation des sols, risques naturels, changement global

## Système climatique LSTBU09C (SG23)

3 ECTS — 24 h CM — 6 h TD

Comprendre les mécanismes climatiques globaux, incluant la circulation atmosphérique et océanique, l'effet de serre. Les challenges actuels sur les reconstructions paléoclimatiques.

Dynamique des enveloppes fluides (océan, atmosphère) actuelle – du forçage radiatif à la circulation globale – ; cycle du carbone ; cycle de l'eau : des océans aux calottes polaires, suivi isotopique ; lien entre archives climatiques (carbonates, glaces, sédiments) et cycles de Milanković ; mécanismes de glaciation–déglaciation.

1.2–1.3	Constituer un socle de connaissances fondamentales au service des sciences de la Terre. Acquérir et exploiter de manière autonome des savoirs complémentaires en sciences de la Terre, fiables en s'appuyant sur des ressources universitaires et numériques
1.4	Mettre en relation les concepts fondamentaux de géologie, de biologie, de mathématiques, de chimie et de physique avec les phénomènes naturels observés ou décrits pour approfondir la compréhension des sciences de la Terre
1.5	Utiliser les outils de géologie, de biologie, de mathématiques, de chimie, de physique, de statistiques et d'informatique pour répondre à des problématiques en sciences de la Terre
2.5	Analyser, interpréter, synthétiser et modéliser des informations documentaires ou des données géologiques en vue de leur exploitation en sciences de la Terre

2.8	Confronter les données avec un esprit critique aux savoirs existants et développer une argumentation scientifique en sciences de la Terre
2.9	Être sensible à l'incertitude et la validité d'un résultat expérimental ou numérique en sciences de la Terre
5.1	Être capable d'utiliser son bagage culturel et scientifique pour comprendre les grands enjeux en sciences de la Terre : eau, minéraux, ressources fossiles, préservation des sols, risques naturels, changement global

## Hydrogéologie LGEBU06C (GE4)

3 ECTS — 9 h CM — 15 h TD — 6 h TP

Acquérir les méthodes d'étude de l'écoulement de l'eau souterraine dans les milieux poreux et karstiques. Évaluer la ressource en eau souterraine disponible dans un hydrosystème, en lien avec la recharge et le milieu récepteur. Établir et exploiter une carte piézométrique. Interpréter un essai de pompage. Estimer la productivité et la vulnérabilité d'une nappe en fonction du contexte géologique. Définir une zone de protection de captages. Les grands systèmes aquifères. Les propriétés hydrodynamiques. Les conditions aux limites. Loi de Darcy. Quantification de l'écoulement en régime permanent et transitoire. Cycle de l'eau et bilans hydriques. Recharge et fonctionnement des nappes d'eau souterraine (alluvial, bassin sédimentaire, karst). Carte piézométrique. Écoulement et méthodes d'étude dans les milieux hétérogènes et karstiques (traçage artificiel, courbes CTD, modèles pluie-débit). Essai de puits et de pompage.

1.1	Constituer et structurer un bagage culturel en sciences de la Terre
1.2–1.3	Constituer un socle de connaissances fondamentales au service des sciences de la Terre. Acquérir et exploiter de manière autonome des savoirs complémentaires en sciences de la Terre, fiables en s'appuyant sur des ressources universitaires et numériques
1.4	Mettre en relation les concepts fondamentaux de géologie, de biologie, de mathématiques, de chimie et de physique avec les phénomènes naturels observés ou décrits pour approfondir la compréhension des sciences de la Terre
1.5	Utiliser les outils de géologie, de biologie, de mathématiques, de chimie, de physique, de statistiques et d'informatique pour répondre à des problématiques en sciences de la Terre
2.1	Formuler le questionnement scientifique et/ou l'élaborer à partir de ses connaissances en sciences de la Terre ou de l'observation d'objets géologiques
2.5	Analyser, interpréter, synthétiser et modéliser des informations documentaires ou des données géologiques en vue de leur exploitation en sciences de la Terre
2.8	Confronter les données avec un esprit critique aux savoirs existants et développer une argumentation scientifique en sciences de la Terre
2.9	Être sensible à l'incertitude et la validité d'un résultat expérimental ou numérique en sciences de la Terre
3.1	Restituer de façon structurée à l'oral et à l'écrit des résultats scientifiques en sciences de la Terre, issus de sa démarche (en français)
3.3	Produire une synthèse de l'information à l'écrit sur une problématique en sciences de la Terre – en français et en anglais
4.3	Savoir être soigneux et précis dans les restitutions de travaux en sciences de la Terre
5.1	Être capable d'utiliser son bagage culturel et scientifique pour comprendre les grands enjeux en sciences de la Terre : eau, minéraux, ressources fossiles, préservation des sols, risques naturels, changement global

## Projet intégrateur 2 (CMI) LCMBU01J (GCM13)

3 ECTS — 4 h CM — 26 h TD

Ce projet intégrateur – proposé en trois temps et étalé sur 18 mois – a pour objectif de conduire l'étudiant à utiliser l'ensemble des connaissances qu'il a acquises dans les diverses unités d'enseignement. Il a également pour objectifs de mettre en pratique la gestion de projet et le travail en équipe.

Ces projets, menés en petits groupes (5–6 étudiants), seront des commandes des partenaires industriels ou socio-économiques ou des collectivités locales, et pour lesquels les étudiants seront confrontés à des problématiques diverses et pluridisciplinaires et confrontés aux délais et prescriptions imposées par le commanditaire.

L'idée de cette UE est que les étudiants opèrent comme s'ils étaient déjà en poste dans un bureau d'études (d'impact environnemental ou géologique, par exemple).

L'idée de cette UE est que les étudiants opèrent comme s'ils étaient déjà en poste dans un bureau d'études (d'impact environnemental, par exemple).

Les étudiants mettent en œuvre la méthodologie développée au cours du Projet intégrateur 1. Cette méthodologie pourra faire appel à des visites sur sites, à des prélèvements d'échantillons, à des rencontres avec les différents acteurs concernés, à des analyses en laboratoire, etc.

Les étudiants devront remettre un rapport incluant le contexte, la méthodologie (Projet intégrateur 1) et l'ensemble des résultats obtenus avec une interprétation de ces données.

Ce rapport sera également soutenu oralement devant les enseignants-chercheurs et chercheurs impliqués dans ce projet : les étudiants soutiendront individuellement.

Des remarques et des améliorations que ce soit au niveau du rapport écrit ou de la soutenance orale devront être prises en compte par les étudiants.

1.2-1.3	Constituer un socle de connaissances fondamentales au service des sciences de la Terre. Acquérir et exploiter de manière autonome des savoirs complémentaires en sciences de la Terre, fiables en s'appuyant sur des ressources universitaires et numériques
2.2	Observer méthodiquement des objets géologiques sur le terrain ou au laboratoire
2.3	Savoir utiliser les appareillages scientifiques de terrain et de laboratoire, ainsi que les logiciels d'acquisition couramment utilisés en sciences de la Terre
2.5	Analyser, interpréter, synthétiser et modéliser des informations documentaires ou des données géologiques en vue de leur exploitation en sciences de la Terre
2.7	Identifier et mener en autonomie les différentes étapes d'une démarche expérimentale
3.1	Restituer de façon structurée à l'oral et à l'écrit des résultats scientifiques en sciences de la Terre, issus de sa démarche (en français)
4.1	S'organiser pour mener à bien de façon individuelle un projet scientifique dans le domaine des sciences de la Terre sur la base de données bibliographiques, de terrain ou de laboratoire
4.2	Conduire de façon collective un projet scientifique dans le domaine des sciences de la Terre et sur la base de données bibliographiques, de terrain ou de laboratoire
4.3	Savoir être soigneux et précis dans les restitutions de travaux en sciences de la Terre
4.4	Savoir respecter un protocole dans le cadre des opérations scientifiques de terrain, d'analyses en laboratoire et des opérations professionnalisantes en sciences de la Terre
4.5	Développer de l'autonomie pour savoir planifier un travail en sciences de la Terre et répondre à des contraintes temporelles
4.6	Savoir travailler en sciences de la Terre, sur le terrain, en laboratoire et en situations professionnalisantes en toute sécurité
5.1	Être capable d'utiliser son bagage culturel et scientifique pour comprendre les grands enjeux en sciences de la Terre : eau, minerais, ressources fossiles, préservation des sols, risques naturels, changement global
6.4	Savoir traiter une commande professionnelle proposée par le secteur d'activité des sciences de la Terre

## Stage en entreprise ou en laboratoire LBEBU13C (GCM14)

3 ECTS — 30 h TD

Ce stage de 12 semaines correspond au stage de spécialisation. En fonction des lieux de stage précédents, l'étudiant devra réaliser son stage soit en laboratoire soit en entreprise – au cours du cursus CMI, l'étudiant devra avoir fait des périodes de stage en entreprise d'au moins 14 semaines.

Il fera l'objet d'un rapport noté. Il sera soutenu début septembre et sera évalué devant un jury constitué de membres de l'équipe pédagogique, du tuteur enseignant référent et du tuteur de l'entreprise.

1.5	Utiliser les outils de géologie, de biologie, de mathématiques, de chimie, de physique, de statistiques et d'informatique pour répondre à des problématiques en sciences de la Terre
2.1	Formuler le questionnement scientifique et/ou l'élaborer à partir de ses connaissances en sciences de la Terre ou de l'observation d'objets géologiques
2.2	Observer méthodiquement des objets géologiques sur le terrain ou au laboratoire
2.3	Savoir utiliser les appareillages scientifiques de terrain et de laboratoire, ainsi que les logiciels d'acquisition couramment utilisés en sciences de la Terre
2.4	Mettre en œuvre un échantillonnage pour mesurer et acquérir des données des sciences de la Terre
2.5	Analyser, interpréter, synthétiser et modéliser des informations documentaires ou des données géologiques en vue de leur exploitation en sciences de la Terre
2.6	Utiliser un logiciel pour cartographier, visualiser des mesures ou des données expérimentales en sciences de la Terre
2.7	Identifier et mener en autonomie les différentes étapes d'une démarche expérimentale
2.8	Confronter les données avec un esprit critique aux savoirs existants et développer une argumentation scientifique en sciences de la Terre
2.9	Être sensible à l'incertitude et la validité d'un résultat expérimental ou numérique en sciences de la Terre

3.2	Lire et extraire des informations de sources documentaires en anglais pour les exploiter en sciences de la Terre
3.3	Produire une synthèse de l'information à l'écrit sur une problématique en sciences de la Terre – en français et en anglais
3.4	Produire une synthèse de l'information à l'oral sur une problématique en sciences de la Terre – en français et en anglais
4.1	S'organiser pour mener à bien de façon individuelle un projet scientifique dans le domaine des sciences de la Terre sur la base de données bibliographiques, de terrain ou de laboratoire
4.3	Savoir être soigneux et précis dans les restitutions de travaux en sciences de la Terre
4.4	Savoir respecter un protocole dans le cadre des opérations scientifiques de terrain, d'analyses en laboratoire et des opérations professionnalisantes en sciences de la Terre
4.5	Développer de l'autonomie pour savoir planifier un travail en sciences de la Terre et répondre à des contraintes temporelles
4.6	Savoir travailler en sciences de la Terre, sur le terrain, en laboratoire et en situations professionnalisantes en toute sécurité
5.2	Savoir observer et retranscrire des objets naturels géologiques
5.3	Savoir établir un relevé de professionnel en géologie – minutes (cartes et coupes verticales)
5.4	Savoir utiliser des outils professionnels de terrain et de laboratoire en sciences de la Terre : marteau, boussoles, loupes, microscopes, etc.
5.5	Savoir utiliser en sciences de la Terre des outils technologiques professionnels de terrain et de laboratoire – GPS, appareillage géophysique, etc.
5.6	Savoir réaliser en sciences de la Terre des prélèvements sur le terrain (eau, sol, roche)
6.4	Savoir traiter une commande professionnelle proposée par le secteur d'activité des sciences de la Terre
6.5	Savoir respecter la réglementation environnementale pour travailler sur le terrain et en laboratoire en sciences de la Terre
6.6	Savoir respecter l'éthique scientifique en sciences de la Terre : propriété intellectuelle des écrits et des données, non falsification des données ou des résultats

## Semestre 9

### Outils de professionnalisation LBECU10J (TC5R)

3 ECTS — 30 h TD

L'objectif de cette unité d'enseignement est d'apprendre aux futurs chercheurs à analyser des documents scientifiques – articles, mémoires, comptes rendus, thèses, etc. –, majoritairement en anglais scientifique et à restituer oralement la synthèse des principaux résultats et critiques. Pour ce faire, chaque étudiant pourra s'appuyer sur un référent enseignant de sa discipline. Une présentation orale en séance plénière sera organisée en fin de semestre.

2.5	Analyser, interpréter, synthétiser et modéliser des informations documentaires ou des données géologiques en vue de leur exploitation en sciences de la Terre
2.8	Confronter les données avec un esprit critique aux savoirs existants et développer une argumentation scientifique en sciences de la Terre
3.1	Restituer de façon structurée à l'oral et à l'écrit des résultats scientifiques en sciences de la Terre, issus de sa démarche (en français)
3.2	Lire et extraire des informations de sources documentaires en anglais pour les exploiter en sciences de la Terre
3.3	Produire une synthèse de l'information à l'écrit sur une problématique en sciences de la Terre – en français et en anglais
3.4	Produire une synthèse de l'information à l'oral sur une problématique en sciences de la Terre – en français et en anglais
5.1	Être capable d'utiliser son bagage culturel et scientifique pour comprendre les grands enjeux en sciences de la Terre : eau, minerais, ressources fossiles, préservation des sols, risques naturels, changement global

### Apprentissage par projet 3 LSTCU01C (ST31)

6 ECTS — 18 h TD PA

Approfondissement disciplinaire ou thématique dans les domaines des trois finalités proposées.  
Être capable de produire un rendu (sous forme de cours, de poster, de rapport) de façon autonome.

Connaissances disciplinaires en géologie des réservoirs, géosciences de l'environnement et hydrogéologie avec propositions de projets d'approfondissement orientés vers les outils de modélisation à disposition dans les trois finalités du master.

**Géologie des réservoirs** : cette UE a pour objectif de suivre le protocole classique de modélisation d'un réservoir : des données de subsurface au modèle dynamique d'écoulement des fluides jusqu'à l'étude de risque effectuée sur les caractéristiques réservoirs.

Outils mathématiques et informatiques (cours) : géomodélisation et modélisation discrète – notion de maillages, géométries discrètes pour les courbes et surfaces, modèles unifiés et gigognes – ; informatique graphique – caméra virtuelle, photogrammétrie, réalité virtuelle, holographie, rendu volumique – ; et géostatistiques – variographie, krigeage, simulation stochastique, incertitudes. Problématique de modélisation statique–dynamique de réservoir (cours et TD) : l'objectif est de suivre le protocole classique de modélisation d'un réservoir : des données de subsurface au modèle dynamique d'écoulement des fluides jusqu'à l'étude de risque effectuée sur les caractéristiques réservoirs. Les étapes comprennent : (1) une base de données avec interprétations sismiques et données diagraphiques ; (2) la construction du modèle structural par méthodes explicites–implicites ; (3) un modèle volumique et ses applications avec les grilles 3D structurées–non-structurées, régulières–non régulières, volumes tétraédrisés ; (4) une étude et une modélisation géostatistiques des faciès, fractures et propriétés pétrophysiques ; (4) un problème d'*upscaling* des propriétés et modélisation dynamique des écoulements ; (5) des études de risque ; (6) une visualisation et une exploration des modèles 3D avec rendus volumiques, réalité virtuelle. Apport des analogues réservoirs (cours et TD) : applications des méthodes de modélisation numériques aux données d'affleurements avec cartes numériques topographiques et géologiques (géoréférencements), mesures de terrain (outil GPS), affleurements numériques (laser LiDAR) ; problématiques en modélisation (répartition des données) et relation entre l'affleurement et la subsurface – modélisation basée-processus, inversion sismique, statistiques.

**Géosciences de l'environnement** : développement de projets en lien avec la modélisation statistique, climatique et des processus de surface

**Hydrogéologie** : projets en lien avec la ressource. Calage, validation prédiction d'un modèle hydrogéologique pour une nappe en situation de pompage ; contamination dans une nappe ; modélisation pluie–débit à des fins de gestion de ressources, d'étiage ou de crue.

1.2– 1.3	Constituer un socle de connaissances fondamentales au service des sciences de la Terre. Acquérir et exploiter de manière autonome des savoirs complémentaires en sciences de la Terre, fiables en s'appuyant sur des ressources universitaires et numériques
1.5	Utiliser les outils de géologie, de biologie, de mathématiques, de chimie, de physique, de statistiques et d'informatique pour répondre à des problématiques en sciences de la Terre
2.1	Formuler le questionnement scientifique et/ou l'élaborer à partir de ses connaissances en sciences de la Terre ou de l'observation d'objets géologiques
2.2	Observer méthodiquement des objets géologiques sur le terrain ou au laboratoire
2.3	Savoir utiliser les appareillages scientifiques de terrain et de laboratoire, ainsi que les logiciels d'acquisition couramment utilisés en sciences de la Terre
2.5	Analyser, interpréter, synthétiser et modéliser des informations documentaires ou des données géologiques en vue de leur exploitation en sciences de la Terre
2.7	Identifier et mener en autonomie les différentes étapes d'une démarche expérimentale
2.8	Confronter les données avec un esprit critique aux savoirs existants et développer une argumentation scientifique en sciences de la Terre
2.9	Être sensible à l'incertitude et la validité d'un résultat expérimental ou numérique en sciences de la Terre
3.1	Restituer de façon structurée à l'oral et à l'écrit des résultats scientifiques en sciences de la Terre, issus de sa démarche (en français)
3.2	Lire et extraire des informations de sources documentaires en anglais pour les exploiter en sciences de la Terre
4.2	Conduire de façon collective un projet scientifique dans le domaine des sciences de la Terre et sur la base de données bibliographiques, de terrain ou de laboratoire
4.3	Savoir être soigneux et précis dans les restitutions de travaux en sciences de la Terre
4.4	Savoir respecter un protocole dans le cadre des opérations scientifiques de terrain, d'analyses en laboratoire et des opérations professionnalisantes en sciences de la Terre
4.5	Développer de l'autonomie pour savoir planifier un travail en sciences de la Terre et répondre à des contraintes temporelles
5.1	Être capable d'utiliser son bagage culturel et scientifique pour comprendre les grands enjeux en sciences de la Terre : eau, minerais, ressources fossiles, préservation des sols, risques naturels, changement global

## École de terrain LSTCU02C (ST32)

6 ECTS — 60 h TT

Mise en pratique sur le terrain en lien avec les finalités proposées. Méthodes d'analyses, d'observations, esprit de synthèse, restitution de projets scientifiques avec présentation orale. Rassembler et mobiliser les connaissances (licence et master 1) : principaux paramètres des systèmes pétroliers et des réservoirs carbonatés, géologie régionale, couplage géodynamique et bassins sédimentaires. Caractérisation des référentiels marins actuels, articulation aux problématiques paléocéanographiques, connaissances en hydrologie–hydrogéologie, notions d'hydrogéochimie.

**Finalité Géologie des réservoirs** : stage de terrain Bassin d'Alès – géologie d'un système pétrolier associé à des réservoirs carbonatés

Ce stage a pour objectif d'intégrer l'ensemble des connaissances déjà acquises à l'aide de l'étude d'un bassin sédimentaire associé à un système pétrolier : géologie de terrain (sédimentologie, géologie structurale), interprétations sismiques et diagraphiques, propriétés des réservoirs, géochimie de la matière organique. Ce stage permettra d'aborder ou de conforter les connaissances dans les différents domaines de l'exploration des bassins sédimentaires : (1) reconstitution du timing structural du bassin, (2) identification et caractérisation sédimentologiques, structurale et pétrophysique des éléments constitutifs d'un système pétrolier – roches-mères, réservoirs, pièges, couvertures, chemins de migration –, (3) reconstitution de l'enfouissement et de la maturation des roches-mères, (4) genèse et circulation des fluides dans les bassins sédimentaires, (5) évaluation du fonctionnement du système pétrolier. Les relations et interactions entre les réservoirs carbonatés, le système pétrolier et les aquifères seront envisagées.

**Finalité Géosciences** : stage de terrain en mer à bord du NO Antedon II (Baie de Marseille).

La campagne en mer a pour objectifs d'initier les étudiants à (1) la détermination et (2) la mise en pratique d'une stratégie d'échantillonnage dans le contexte d'une introduction aux reconstitutions paléocéanographiques. Plusieurs techniques de prélèvement communément utilisées en paléocéanographie seront abordées au cours du stage réalisé à bord du NO Antedon II, de la colonne d'eau (calibration des traceurs) jusqu'au compartiment sédimentaire, via les travaux à la mer suivants : mesures et prélèvements hydrologiques (rosette, CTD – matériel SAM), déploiement de filets à plancton, prélèvements de sédiments d'interface par benne van Veen et carottier interface UWITEC. Le travail en mer sera complété par une étude préliminaire du matériel et des données récoltées qui sera réalisée dans les laboratoires de l'équipe *Climat* du laboratoire CEREGE.

**Finalité Hydrogéologie** : deux stages de terrain sont proposés en hydrogéologie–géochimie des eaux et hydrogéophysique.

Le premier stage (trois jours) concerne l'étude de la nappe libre de la plaine de Crau (autour de Salon-de-Provence). Les étudiants vont sur le terrain pour observer les formations aquifères (cailloutis IV et molasse miocène), réaliser intégralement un essai de pompage (mise en place de la pompe, suivi piézométrique), et effectuer des prélèvements d'eau. Au laboratoire, les données de test hydraulique seront interprétées et les échantillons d'eau analysés (ions majeurs, isotopes de l'eau).

Le second stage (quatre jours) concerne l'utilisation de méthodes géophysiques (ex. résistivité électrique) afin de caractériser le fonctionnement hydrologique d'une formation volcanique (Maar) en Ardèche. Il constitue un apprentissage d'un point de vue métrologique (prospection géophysique, mesures de débit ou jaugeage) afin d'apporter des éléments pertinents pour comprendre les bilans hydriques.

1.4	Mettre en relation les concepts fondamentaux de géologie, de biologie, de mathématiques, de chimie et de physique avec les phénomènes naturels observés ou décrits pour approfondir la compréhension des sciences de la Terre
2.2	Observer méthodiquement des objets géologiques sur le terrain ou au laboratoire
2.3	Savoir utiliser les appareillages scientifiques de terrain et de laboratoire, ainsi que les logiciels d'acquisition couramment utilisés en sciences de la Terre
2.5	Analyser, interpréter, synthétiser et modéliser des informations documentaires ou des données géologiques en vue de leur exploitation en sciences de la Terre

2.8	Confronter les données avec un esprit critique aux savoirs existants et développer une argumentation scientifique en sciences de la Terre
3.1	Restituer de façon structurée à l'oral et à l'écrit des résultats scientifiques en sciences de la Terre, issus de sa démarche (en français)
4.3	Savoir être soigneux et précis dans les restitutions de travaux en sciences de la Terre
5.2	Savoir observer et retranscrire des objets naturels géologiques
5.3	Savoir établir un relevé de professionnel en géologie – minutes (cartes et coupes verticales)
5.4	Savoir utiliser des outils professionnels de terrain et de laboratoire en sciences de la Terre : marteau, boussoles, loupes, microscopes, etc.
5.5	Savoir utiliser en sciences de la Terre des outils technologiques professionnels de terrain et de laboratoire – GPS, appareillage géophysique, etc.

## UE à choix

### Finalité Réservoirs

#### Cycle du carbone–carbonates–climat LSTCU03C (SC31)

3 ECTS – 15 h CM – 15 h TD

Les processus du cycle du carbone et du climat et leurs interactions avec les systèmes carbonatés biogéniques, dans le temps et dans l'espace. Influence de ces processus sur le développement global et les architectures stratigraphiques des systèmes carbonatés.

1– Rappel des processus (biotiques et abiotiques) opérant dans le cycle global du carbone (organique-minéral) aux différentes échelles temporelles, au sein des enveloppes externes-internes.

2– Les relations entre cycle du carbone, CO<sub>2</sub>, climat, géodynamique, processus sédimentaires, érosion-altération (carbonates-terrigènes). Exemples actuels et au cours du Phanérozoïque notamment illustrés par le traçage isotopique du cycle du carbone (carbonate et matière organique).

3– Couplage cycle global du carbone et processus océaniques : circulation, nutriments, CO<sub>2</sub>, tampon carbonate et la formation des carbonates marins, accumulation de MO. Seront traités dans le détail : cycle de la MOP marine, système des carbonates ; couplage cycle MO/CaCO<sub>3</sub> à travers l'exemple de la variabilité Glaciaire-Interglaciaire ; événements thermiques, anoxiques. Exemples modernes–anciens – dépôts de sapropèles en Méditerranée.

4– Évolution climatique globale pendant le Phanérozoïque. Causes, mécanismes et conséquences sur les conditions océanographiques et les systèmes carbonatés marin.

5– Modélisation globales des carbonates marins (néritiques, pélagiques, etc.) en relation avec les simulations paléo-climatiques et paléo-océanographiques.

6– Impact des changements climatiques sur les architectures stratigraphiques des plates-formes carbonatées.

1.2– 1.3	Constituer un socle de connaissances fondamentales au service des sciences de la Terre. Acquérir et exploiter de manière autonome des savoirs complémentaires en sciences de la Terre, fiables en s'appuyant sur des ressources universitaires et numériques
1.4	Mettre en relation les concepts fondamentaux de géologie, de biologie, de mathématiques, de chimie et de physique avec les phénomènes naturels observés ou décrits pour approfondir la compréhension des sciences de la Terre
2.5	Analyser, interpréter, synthétiser et modéliser des informations documentaires ou des données géologiques en vue de leur exploitation en sciences de la Terre
2.8	Confronter les données avec un esprit critique aux savoirs existants et développer une argumentation scientifique en sciences de la Terre
3.2	Lire et extraire des informations de sources documentaires en anglais pour les exploiter en sciences de la Terre
5.1	Être capable d'utiliser son bagage culturel et scientifique pour comprendre les grands enjeux en sciences de la Terre : eau, minerais, ressources fossiles, préservation des sols, risques naturels, changement global

#### Géomécanique et tectonique LSTCU04C (SC32)

3 ECTS – 18 h CM – 6 h TD – 6 h TP

L'UE a pour objectif de comprendre les propriétés physiques des roches et le lien avec les déformations d'origine naturelle (fractures, failles, plis) et anthropiques (forages, mines, tunnels). La caractérisation mécanique et structurale des déformations est utilisée pour assurer la sécurité installations humaines (forages, mines, tunnels), pour la compréhension des phénomènes tectoniques et pour l'exploitation des ressources et des fluides dans les réservoirs.

Analyse structurale de terrain et de subsurface, analyse et interprétation des réseaux de fractures, traitement des données de puits, calculs de contraintes, interprétation des mesures pétrophysiques et pétroacoustiques, prédiction et modélisation des propriétés en fonction des caractères sédimentologiques et diagénétiques des réservoirs, coupes équilibrées, reconstitutions cinématiques.

Comportement rhéologique des roches, lien avec les déformations au cours de l'histoire géodynamique, conséquences sur les propriétés réservoir. Mesure et signification des propriétés pétrophysiques – porosité, perméabilité, pression capillaire, facteur de formation électrique, vitesses et atténuations des ondes acoustique, etc. –, méthodes de modélisation des propriétés physiques des roches, genèse des réseaux poreux et évolution des propriétés physiques des réservoirs.

1– Rhéologie, mécanique et contraintes

2– Déformations cassantes

3– Déformations ductiles

4– Physique des roches

5– Applications forages, sismicité, paléocontraintes, etc.

6– Une sortie terrain en domaine cassant et plissé.

1.2– 1.3	Constituer un socle de connaissances fondamentales au service des sciences de la Terre. Acquérir et exploiter de manière autonome des savoirs complémentaires en sciences de la Terre, fiables en s'appuyant sur des ressources universitaires et numériques
1.4	Mettre en relation les concepts fondamentaux de géologie, de biologie, de mathématiques, de chimie et de physique avec les phénomènes naturels observés ou décrits pour approfondir la compréhension des sciences de la Terre
2.2	Observer méthodiquement des objets géologiques sur le terrain ou au laboratoire
2.3	Savoir utiliser les appareillages scientifiques de terrain et de laboratoire, ainsi que les logiciels d'acquisition couramment utilisés en sciences de la Terre
2.4	Mettre en œuvre un échantillonnage pour mesurer et acquérir des données des sciences de la Terre
2.5	Analyser, interpréter, synthétiser et modéliser des informations documentaires ou des données géologiques en vue de leur exploitation en sciences de la Terre
2.6	Utiliser un logiciel pour cartographier, visualiser des mesures ou des données expérimentales en sciences de la Terre
2.8	Confronter les données avec un esprit critique aux savoirs existants et développer une argumentation scientifique en sciences de la Terre
2.9	Être sensible à l'incertitude et la validité d'un résultat expérimental ou numérique en sciences de la Terre
3.3	Produire une synthèse de l'information à l'écrit sur une problématique en sciences de la Terre – en français et en anglais
4.3	Savoir être soigneux et précis dans les restitutions de travaux en sciences de la Terre
4.4	Savoir respecter un protocole dans le cadre des opérations scientifiques de terrain, d'analyses en laboratoire et des opérations professionnalisantes en sciences de la Terre
4.6	Savoir travailler en sciences de la Terre, sur le terrain, en laboratoire et en situations professionnalisantes en toute sécurité
5.1	Être capable d'utiliser son bagage culturel et scientifique pour comprendre les grands enjeux en sciences de la Terre : eau, minéraux, ressources fossiles, préservation des sols, risques naturels, changement global
5.2	Savoir observer et retranscrire des objets naturels géologiques
5.3	Savoir établir un relevé de professionnel en géologie – minutes (cartes et coupes verticales)
5.4	Savoir utiliser des outils professionnels de terrain et de laboratoire en sciences de la Terre : marteau, boussoles, loupes, microscopes, etc.
6.4	Savoir traiter une commande professionnelle proposée par le secteur d'activité des sciences de la Terre

## Pétrophysique et pétroacoustique des réservoirs LSTCU06C (SC33)

3 ECTS – 12 h CM – 12 h TD – 6 h TP

L'UE a pour objectif la caractérisation et l'origine des propriétés pétrophysiques – porosité, densité, perméabilité, capillarité, résistivité – et pétroacoustiques – vitesses des ondes P et S, modules élastiques.

Interprétation des mesures pétrophysiques et pétroacoustiques, prédiction et modélisation des propriétés en fonction des caractères sédimentologiques et diagénétiques des réservoirs.

Mesure et signification des propriétés pétrophysiques – porosité, perméabilité, pression capillaire, facteur de formation électrique, vitesses et atténuations des ondes acoustiques, etc. –, méthodes de modélisation des propriétés physiques des roches, genèse des réseaux poreux et évolution des propriétés physiques des réservoirs.

1.1	Constituer et structurer un bagage culturel en sciences de la Terre
1.2– 1.3	Constituer un socle de connaissances fondamentales au service des sciences de la Terre. Acquérir et exploiter de manière autonome des savoirs complémentaires en sciences de la Terre, fiables en s'appuyant sur des ressources universitaires et numériques
1.4	Mettre en relation les concepts fondamentaux de géologie, de biologie, de mathématiques, de chimie et de physique avec les phénomènes naturels observés ou décrits pour approfondir la compréhension des sciences de la Terre
1.5	Utiliser les outils de géologie, de biologie, de mathématiques, de chimie, de physique, de statistiques et d'informatique pour répondre à des problématiques en sciences de la Terre
2.1	Formuler le questionnement scientifique et/ou l'élaborer à partir de ses connaissances en sciences de la Terre ou de l'observation d'objets géologiques
2.2	Observer méthodiquement des objets géologiques sur le terrain ou au laboratoire
2.3	Savoir utiliser les appareillages scientifiques de terrain et de laboratoire, ainsi que les logiciels d'acquisition couramment utilisés en sciences de la Terre
2.5	Analyser, interpréter, synthétiser et modéliser des informations documentaires ou des données géologiques en vue de leur exploitation en sciences de la Terre
2.8	Confronter les données avec un esprit critique aux savoirs existants et développer une argumentation scientifique en sciences de la Terre
2.9	Être sensible à l'incertitude et la validité d'un résultat expérimental ou numérique en sciences de la Terre
3.2	Lire et extraire des informations de sources documentaires en anglais pour les exploiter en sciences de la Terre
4.3	Savoir être soigneux et précis dans les restitutions de travaux en sciences de la Terre
4.4	Savoir respecter un protocole dans le cadre des opérations scientifiques de terrain, d'analyses en laboratoire et des opérations professionnalisantes en sciences de la Terre
5.1	Être capable d'utiliser son bagage culturel et scientifique pour comprendre les grands enjeux en sciences de la Terre : eau, minerais, ressources fossiles, préservation des sols, risques naturels, changement global
5.2	Savoir observer et retranscrire des objets naturels géologiques
5.4	Savoir utiliser des outils professionnels de terrain et de laboratoire en sciences de la Terre : marteau, boussoles, loupes, microscopes, etc.
5.5	Savoir utiliser en sciences de la Terre des outils technologiques professionnels de terrain et de laboratoire – GPS, appareillage géophysique, etc.

## Interprétation sismique 3D LSTCU07C (SC34)

3 ECTS — 6 h CM — 24 h TP

L'objectif de ce module est d'apporter une solide formation technique sur les méthodes d'interprétation des données de sismique 3D dans des réservoirs carbonatés. Cette formation est largement consacrée à la pratique sur station de travail en utilisant des logiciels d'interprétation (KingdomSuite). Cette formation comprend une étude de cas complète comprenant des données de sismique 3D et de puits.

Pointé d'horizons sismiques en 3D, construction de cartes isochrones et isobathes, calage puits-sismique, construction de cartes d'attributs sismiques.

Signification des réflecteurs sismiques, signification et calcul des attributs sismiques, interprétation stratigraphique des données sismiques.

Les étudiants réalisent un projet d'interprétation sismique 3D d'un réservoir carbonaté et de sa couverture (dépôts de bassin) en utilisant un logiciel d'interprétation sismique (KingdomSuite). Les étudiants doivent : (1) réaliser une interprétation de réflecteurs-clefs sur l'ensemble du bloc de sismique 3D, (2) construire des cartes isochrones pour chacun des horizons, (3) réaliser un calage entre puits et sismique à l'aide de sismogrammes synthétiques, (4) convertir les horizons en profondeurs et construire des cartes isopaques, (5) réaliser des cartes d'amplitude dans les formations couvertures afin de mettre en évidence des corps turbiditiques (chenaux et lobes), (6) Proposer un modèle d'évolution tectono-sédimentaire du bassin étudié.

1.4	Mettre en relation les concepts fondamentaux de géologie, de biologie, de mathématiques, de chimie et de physique avec les phénomènes naturels observés ou décrits pour approfondir la compréhension des sciences de la Terre
-----	---

1.5	Utiliser les outils de géologie, de biologie, de mathématiques, de chimie, de physique, de statistiques et d'informatique pour répondre à des problématiques en sciences de la Terre
2.1	Formuler le questionnement scientifique et/ou l'élaborer à partir de ses connaissances en sciences de la Terre ou de l'observation d'objets géologiques
2.5	Analyser, interpréter, synthétiser et modéliser des informations documentaires ou des données géologiques en vue de leur exploitation en sciences de la Terre
2.6	Utiliser un logiciel pour cartographier, visualiser des mesures ou des données expérimentales en sciences de la Terre
2.8	Confronter les données avec un esprit critique aux savoirs existants et développer une argumentation scientifique en sciences de la Terre
2.9	Être sensible à l'incertitude et la validité d'un résultat expérimental ou numérique en sciences de la Terre
3.1	Restituer de façon structurée à l'oral et à l'écrit des résultats scientifiques en sciences de la Terre, issus de sa démarche (en français)
3.2	Lire et extraire des informations de sources documentaires en anglais pour les exploiter en sciences de la Terre
4.1	S'organiser pour mener à bien de façon individuelle un projet scientifique dans le domaine des sciences de la Terre sur la base de données bibliographiques, de terrain ou de laboratoire
4.2	Conduire de façon collective un projet scientifique dans le domaine des sciences de la Terre et sur la base de données bibliographiques, de terrain ou de laboratoire
4.3	Savoir être soigneux et précis dans les restitutions de travaux en sciences de la Terre
5.1	Être capable d'utiliser son bagage culturel et scientifique pour comprendre les grands enjeux en sciences de la Terre : eau, minerais, ressources fossiles, préservation des sols, risques naturels, changement global

## Hétérogénéités des systèmes carbonatés LSTCU08C (SC35)

3 ECTS — 6 h CM — 24 h TP

Cette UE a pour objectif l'étude de faciès de carbonates de plate-forme, de leur fracturation et de leurs propriétés pétrophysiques. Remonter aux contrôles tectoniques, océanographiques, climatiques, biologiques... qui régissent des paléoenvironnements de plate-forme carbonatée. Déterminer les qualités réservoirs des carbonates en fonction de leur histoire sédimentaire, diagénétique et tectonique.

Doivent être mises en évidence les relations entre les peuplements biologiques et la sédimentation, les événements d'ennoiement (*drowning*) de la plate-forme et leurs causes, les évolutions subséquentes des caractères faciologiques et pétrophysiques des carbonates, les relations de ces caractères avec la fracturation et la perméabilité ou obturation.

Une sortie réalisée sur des affleurements près de Rustrel et dans le tunnel du Laboratoire à bas bruit de Rustrel dans les Monts de Vaucluse. En parallèle, des cours magistraux et des TD sur les réservoirs carbonatés d'hydrocarbures, du point de vue :

- 1– des enjeux économiques et scientifiques ;
- 2– des données de subsurface – forages, diagraphies, carottes et sismique 3D – ;
- 3– des caractérisations des hétérogénéités pétrophysiques, stratigraphique et structurale ;
- 4– de l'utilisation d'analogues sédimentologiques – les carbonates modernes.

Une sortie de terrain portant sur les calcaires urgoniens d'âge Barrémien supérieur–Aptien inférieur. Réalisation d'une synthèse sur les hétérogénéités et l'échelle des hétérogénéités sur les réservoirs carbonatés : étude sédimentologique, notamment en reconnaissant les types de faciès y compris leurs organismes cardinaux (rudistes et coraux), les structures sédimentaires, les caractères diagénétiques, les caractères pétrophysiques (porosité, perméabilité de fracturation), étude des phases de karstification.

1.1	Constituer et structurer un bagage culturel en sciences de la Terre
1.2– 1.3	Constituer un socle de connaissances fondamentales au service des sciences de la Terre. Acquérir et exploiter de manière autonome des savoirs complémentaires en sciences de la Terre, fiables en s'appuyant sur des ressources universitaires et numériques
1.4	Mettre en relation les concepts fondamentaux de géologie, de biologie, de mathématiques, de chimie et de physique avec les phénomènes naturels observés ou décrits pour approfondir la compréhension des sciences de la Terre
1.5	Utiliser les outils de géologie, de biologie, de mathématiques, de chimie, de physique, de statistiques et d'informatique pour répondre à des problématiques en sciences de la Terre
2.1	Formuler le questionnement scientifique et/ou l'élaborer à partir de ses connaissances en sciences de la Terre ou de l'observation d'objets géologiques
2.2	Observer méthodiquement des objets géologiques sur le terrain ou au laboratoire
2.3	Savoir utiliser les appareillages scientifiques de terrain et de laboratoire, ainsi que les logiciels d'acquisition couramment utilisés en

	sciences de la Terre
2.5	Analyser, interpréter, synthétiser et modéliser des informations documentaires ou des données géologiques en vue de leur exploitation en sciences de la Terre
2.6	Utiliser un logiciel pour cartographier, visualiser des mesures ou des données expérimentales en sciences de la Terre
2.7	Identifier et mener en autonomie les différentes étapes d'une démarche expérimentale
2.8	Confronter les données avec un esprit critique aux savoirs existants et développer une argumentation scientifique en sciences de la Terre
2.9	Être sensible à l'incertitude et la validité d'un résultat expérimental ou numérique en sciences de la Terre
3.1	Restituer de façon structurée à l'oral et à l'écrit des résultats scientifiques en sciences de la Terre, issus de sa démarche (en français)
3.2	Lire et extraire des informations de sources documentaires en anglais pour les exploiter en sciences de la Terre
3.3	Produire une synthèse de l'information à l'écrit sur une problématique en sciences de la Terre – en français et en anglais
3.4	Produire une synthèse de l'information à l'oral sur une problématique en sciences de la Terre – en français et en anglais
4.1	S'organiser pour mener à bien de façon individuelle un projet scientifique dans le domaine des sciences de la Terre sur la base de données bibliographiques, de terrain ou de laboratoire
4.2	Conduire de façon collective un projet scientifique dans le domaine des sciences de la Terre et sur la base de données bibliographiques, de terrain ou de laboratoire
4.3	Savoir être soigneux et précis dans les restitutions de travaux en sciences de la Terre
4.4	Savoir respecter un protocole dans le cadre des opérations scientifiques de terrain, d'analyses en laboratoire et des opérations professionnalisantes en sciences de la Terre
4.5	Développer de l'autonomie pour savoir planifier un travail en sciences de la Terre et répondre à des contraintes temporelles
4.6	Savoir travailler en sciences de la Terre, sur le terrain, en laboratoire et en situations professionnalisantes en toute sécurité
5.1	Être capable d'utiliser son bagage culturel et scientifique pour comprendre les grands enjeux en sciences de la Terre : eau, minerais, ressources fossiles, préservation des sols, risques naturels, changement global
5.2	Savoir observer et retranscrire des objets naturels géologiques
5.3	Savoir établir un relevé de professionnel en géologie – minutes (cartes et coupes verticales)
5.4	Savoir utiliser des outils professionnels de terrain et de laboratoire en sciences de la Terre : marteau, boussoles, loupes, microscopes, etc.
5.5	Savoir utiliser en sciences de la Terre des outils technologiques professionnels de terrain et de laboratoire – GPS, appareillage géophysique, etc.

## Finalité Géosciences de l'environnement

### Cycle du carbone–carbonates–climat LSTCU03C (SC31)

3 ECTS — 15 h CM — 15 h TD

Les processus du cycle du carbone et du climat et leurs interactions avec les systèmes carbonatés biogéniques, dans le temps et dans l'espace. Influence de ces processus sur le développement global et les architectures stratigraphiques des systèmes carbonatés.

1– Rappel des processus (biotiques et abiotiques) opérant dans le cycle global du carbone (organique-minéral) aux différentes échelles temporelles, au sein des enveloppes externes-internes.

2– Les relations entre cycle du carbone, CO<sub>2</sub>, climat, géodynamique, processus sédimentaires, érosion-altération (carbonates-terrigènes). Exemples actuels et au cours du Phanérozoïque notamment illustrés par le traçage isotopique du cycle du carbone (carbonate et matière organique).

3– Couplage cycle global du carbone et processus océaniques : circulation, nutriments, CO<sub>2</sub>, tampon carbonate et la formation des carbonates marins, accumulation de MO. Seront traités dans le détail : cycle de la MOP marine, système des carbonates ; couplage cycle MO/CaCO<sub>3</sub> à travers l'exemple de la variabilité Glaciaire-Interglaciaire ; événements thermiques, anoxiques. Exemples modernes–anciens – dépôts de sapropèles en Méditerranée.

4– Évolution climatique globale pendant le Phanérozoïque. Causes, mécanismes et conséquences sur les conditions océanographiques et les systèmes carbonatés marin.

5– Modélisation globales des carbonates marins (néritiques, pélagiques, etc.) en relation avec les simulations paléo-climatiques et paléo-océanographiques.

6– Impact des changements climatiques sur les architectures stratigraphiques des plates-formes carbonatées.

1.2– 1.3	Constituer un socle de connaissances fondamentales au service des sciences de la Terre. Acquérir et exploiter de manière autonome des savoirs complémentaires en sciences de la Terre, fiables en s'appuyant sur des ressources universitaires et numériques
1.4	Mettre en relation les concepts fondamentaux de géologie, de biologie, de mathématiques, de chimie et de physique avec les phénomènes naturels observés ou décrits pour approfondir la compréhension des sciences de la Terre
2.5	Analyser, interpréter, synthétiser et modéliser des informations documentaires ou des données géologiques en vue de leur exploitation en sciences de la Terre
2.8	Confronter les données avec un esprit critique aux savoirs existants et développer une argumentation scientifique en sciences de la Terre
3.2	Lire et extraire des informations de sources documentaires en anglais pour les exploiter en sciences de la Terre
5.1	Être capable d'utiliser son bagage culturel et scientifique pour comprendre les grands enjeux en sciences de la Terre : eau, minerais, ressources fossiles, préservation des sols, risques naturels, changement global

## Changements environnementaux au Quaternaire LSTCU09C (SG35)

3 ECTS — 24 h CM – 6 h TP

Notre planète connaît depuis les deux derniers millions d'années des changements climatiques majeurs. Quels sont les mécanismes (forçages internes et externes) de changement climatique aux échelles locales, régionales et globales ? Quelles sont les conséquences sur les paysages et les paléoenvironnements ? Depuis quand les hommes transforment-ils leur environnement ?

Ce module comprend des cours magistraux, des enseignements articulés autour d'exemples d'archives paléoenvironnementales étudiées par des méthodes pluridisciplinaires ainsi que des ressources bibliographiques. Différents types d'archives marines, glaciaires et continentales (séquences alluviales et lacustres) bien datées seront présentées et l'interprétation des traceurs paléoclimatiques se fera à plusieurs niveaux de résolution temporelle (historique, décennale et millénaire à orbitale) et spatiale. L'impact des forçages anthropiques sera envisagé sur le long terme mais aussi à l'échelle des événements extrêmes – ex. événements climatiques à –8,2 et –4,2 cal BP). Un focus sera apporté sur la variabilité climatique du dernier millénaire – en lien avec le changement climatique global.

1.2– 1.3	Constituer un socle de connaissances fondamentales au service des sciences de la Terre. Acquérir et exploiter de manière autonome des savoirs complémentaires en sciences de la Terre, fiables en s'appuyant sur des ressources universitaires et numériques
1.4	Mettre en relation les concepts fondamentaux de géologie, de biologie, de mathématiques, de chimie et de physique avec les phénomènes naturels observés ou décrits pour approfondir la compréhension des sciences de la Terre
1.5	Utiliser les outils de géologie, de biologie, de mathématiques, de chimie, de physique, de statistiques et d'informatique pour répondre à des problématiques en sciences de la Terre
2.2	Observer méthodiquement des objets géologiques sur le terrain ou au laboratoire
2.5	Analyser, interpréter, synthétiser et modéliser des informations documentaires ou des données géologiques en vue de leur exploitation en sciences de la Terre
2.6	Utiliser un logiciel pour cartographier, visualiser des mesures ou des données expérimentales en sciences de la Terre
2.8	Confronter les données avec un esprit critique aux savoirs existants et développer une argumentation scientifique en sciences de la Terre
2.9	Être sensible à l'incertitude et la validité d'un résultat expérimental ou numérique en sciences de la Terre
5.1	Être capable d'utiliser son bagage culturel et scientifique pour comprendre les grands enjeux en sciences de la Terre : eau, minerais, ressources fossiles, préservation des sols, risques naturels, changement global
5.2	Savoir observer et retranscrire des objets naturels géologiques
5.3	Savoir établir un relevé de professionnel en géologie – minutes (cartes et coupes verticales)

## Géochronologie du Quaternaire LSTCU10C (SG31)

3 ECTS — 15 h CM – 15 h TD

Ce module présente les différents radiochronomètres et traceurs isotopiques utilisés dans les géosciences de l'environnement ainsi que les avancées majeures qu'ils ont permis pour la compréhension de la dynamique terrestre à l'échelle du Quaternaire.

1.1	Constituer et structurer un bagage culturel en sciences de la Terre
-----	---

1.2– 1.3	Constituer un socle de connaissances fondamentales au service des sciences de la Terre. Acquérir et exploiter de manière autonome des savoirs complémentaires en sciences de la Terre, fiables en s'appuyant sur des ressources universitaires et numériques
1.4	Mettre en relation les concepts fondamentaux de géologie, de biologie, de mathématiques, de chimie et de physique avec les phénomènes naturels observés ou décrits pour approfondir la compréhension des sciences de la Terre
1.5	Utiliser les outils de géologie, de biologie, de mathématiques, de chimie, de physique, de statistiques et d'informatique pour répondre à des problématiques en sciences de la Terre
2.1	Formuler le questionnement scientifique et/ou l'élaborer à partir de ses connaissances en sciences de la Terre ou de l'observation d'objets géologiques
2.5	Analyser, interpréter, synthétiser et modéliser des informations documentaires ou des données géologiques en vue de leur exploitation en sciences de la Terre
2.8	Confronter les données avec un esprit critique aux savoirs existants et développer une argumentation scientifique en sciences de la Terre
2.9	Être sensible à l'incertitude et la validité d'un résultat expérimental ou numérique en sciences de la Terre
3.1	Restituer de façon structurée à l'oral et à l'écrit des résultats scientifiques en sciences de la Terre, issus de sa démarche (en français)

## Tectonique active et aléas sismiques LSTCU12C (SG36)

3 ECTS — 15 h CM — 15 h TD

Ce module présente les méthodes et techniques appliquées à l'étude des processus de déformation récents en morphotectonique et en paléosismologie. Les relations entre la tectonique récente et la morphologie seront illustrées par des cas d'études lors de séance de TD qui se dérouleront en réalité virtuelle (VR) afin d'accéder à des sites d'études en 3D et à l'échelle 1:1, dans un environnement numérique enrichi d'interprétations et de données sur des failles qui ont générées des séismes récents (Italie, Asie). Les étudiants apprendront à observer divers marqueurs morphologiques – surfaces alluviales, morphologie glaciaire, stries sur des plans de failles, etc. – qui témoignent de l'activité des failles, à collecter des données, à effectuer des mesures et à compiler leurs connaissances pour résoudre un problème scientifique. Les thèmes suivants seront abordés : relief et tectonique active, l'aléa et le risque sismique : outils et applications, les séismes majeurs les plus récents et leurs problématiques, cycles sismiques et variations d'activités.

1.1	Constituer et structurer un bagage culturel en sciences de la Terre
1.2– 1.3	Constituer un socle de connaissances fondamentales au service des sciences de la Terre. Acquérir et exploiter de manière autonome des savoirs complémentaires en sciences de la Terre, fiables en s'appuyant sur des ressources universitaires et numériques
1.4	Mettre en relation les concepts fondamentaux de géologie, de biologie, de mathématiques, de chimie et de physique avec les phénomènes naturels observés ou décrits pour approfondir la compréhension des sciences de la Terre
1.5	Utiliser les outils de géologie, de biologie, de mathématiques, de chimie, de physique, de statistiques et d'informatique pour répondre à des problématiques en sciences de la Terre
2.1	Formuler le questionnement scientifique et/ou l'élaborer à partir de ses connaissances en sciences de la Terre ou de l'observation d'objets géologiques
2.2	Observer méthodiquement des objets géologiques sur le terrain ou au laboratoire
2.3	Savoir utiliser les appareillages scientifiques de terrain et de laboratoire, ainsi que les logiciels d'acquisition couramment utilisés en sciences de la Terre
2.4	Mettre en œuvre un échantillonnage pour mesurer et acquérir des données des sciences de la Terre
2.5	Analyser, interpréter, synthétiser et modéliser des informations documentaires ou des données géologiques en vue de leur exploitation en sciences de la Terre
2.6	Utiliser un logiciel pour cartographier, visualiser des mesures ou des données expérimentales en sciences de la Terre
2.7	Identifier et mener en autonomie les différentes étapes d'une démarche expérimentale
2.8	Confronter les données avec un esprit critique aux savoirs existants et développer une argumentation scientifique en sciences de la Terre
2.9	Être sensible à l'incertitude et la validité d'un résultat expérimental ou numérique en sciences de la Terre
3.1	Restituer de façon structurée à l'oral et à l'écrit des résultats scientifiques en sciences de la Terre, issus de sa démarche (en français)
3.2	Lire et extraire des informations de sources documentaires en anglais pour les exploiter en sciences de la Terre
3.4	Produire une synthèse de l'information à l'oral sur une problématique en sciences de la Terre – en français et en anglais
4.3	Savoir être soigneux et précis dans les restitutions de travaux en sciences de la Terre
4.4	Savoir respecter un protocole dans le cadre des opérations scientifiques de terrain, d'analyses en laboratoire et des opérations professionnalisantes en sciences de la Terre

4.6	Savoir travailler en sciences de la Terre, sur le terrain, en laboratoire et en situations professionnalisantes en toute sécurité
5.1	Être capable d'utiliser son bagage culturel et scientifique pour comprendre les grands enjeux en sciences de la Terre : eau, minerais, ressources fossiles, préservation des sols, risques naturels, changement global
5.2	Savoir observer et retranscrire des objets naturels géologiques
5.3	Savoir établir un relevé de professionnel en géologie – minutes (cartes et coupes verticales)
5.4	Savoir utiliser des outils professionnels de terrain et de laboratoire en sciences de la Terre : marteau, boussoles, loupes, microscopes, etc.
5.5	Savoir utiliser en sciences de la Terre des outils technologiques professionnels de terrain et de laboratoire – GPS, appareillage géophysique, etc.

## Traceurs et chronomètres du cycle de l'eau LSTCU13C (SG33)

3 ECTS — 15 h CM — 15 h TD

L'UE présente les différents traceurs, en particulier isotopiques, utilisées pour caractériser le cycle de l'eau et les échanges entre les différents réservoirs de surface: atmosphère–océan–cryosphère–hydrosphère continentale, puis de se focaliser sur le continuum atmosphère–eau de surface–zone non saturée–eau souterraine. L'objectif est de montrer l'intérêt de ces différents traceurs pour caractériser les processus mis en œuvre lors de ces transferts, quantifier ces échanges et contraindre le temps de séjour de l'eau dans ces différents réservoirs. L'UE présente les principes d'utilisation de différents traceurs géochimiques et isotopiques et les illustre dans différents cas d'application concrets de traçage du cycle de l'eau. L'UE est divisée en deux parties, la première dédiée aux isotopes stables de la molécule d'eau (dD,  $\delta^{18}\text{O}$ ), la seconde à l'utilisation de traceurs radioactifs ou transitoires (tritium  $^3\text{H}$ , CFCs-SF6,  $^{14}\text{C}$ ,  $^{36}\text{Cl}$ ,  $^{81}\text{Kr}$ ) pour caractériser les temps de transfert de l'eau dans les différents réservoirs.

1.1	Constituer et structurer un bagage culturel en sciences de la Terre
1.2– 1.3	Constituer un socle de connaissances fondamentales au service des sciences de la Terre. Acquérir et exploiter de manière autonome des savoirs complémentaires en sciences de la Terre, fiables en s'appuyant sur des ressources universitaires et numériques
1.4	Mettre en relation les concepts fondamentaux de géologie, de biologie, de mathématiques, de chimie et de physique avec les phénomènes naturels observés ou décrits pour approfondir la compréhension des sciences de la Terre
1.5	Utiliser les outils de géologie, de biologie, de mathématiques, de chimie, de physique, de statistiques et d'informatique pour répondre à des problématiques en sciences de la Terre
2.1	Formuler le questionnement scientifique et/ou l'élaborer à partir de ses connaissances en sciences de la Terre ou de l'observation d'objets géologiques
2.4	Mettre en œuvre un échantillonnage pour mesurer et acquérir des données des sciences de la Terre
2.8	Confronter les données avec un esprit critique aux savoirs existants et développer une argumentation scientifique en sciences de la Terre
4.3	Savoir être soigneux et précis dans les restitutions de travaux en sciences de la Terre
5.1	Être capable d'utiliser son bagage culturel et scientifique pour comprendre les grands enjeux en sciences de la Terre : eau, minerais, ressources fossiles, préservation des sols, risques naturels, changement global

### Finalité Hydrogéologie

## Hydrogéologie quantitative LSTCU05C (SH31)

3 ECTS — 18 h CM — 12 h TD

L'UE d'hydrogéologie quantitative s'intéresse aux problématiques liées à l'écoulement d'eau, au transport d'éléments chimiques et au transfert de chaleur à travers les milieux géologiques qu'ils soient poreux ou fracturés. Cette UE qui s'appuie sur des concepts de géologie et de dynamique des fluides, conduira les étudiants vers une analyse en plusieurs étapes: compréhension du milieu, conceptualisation de son fonctionnement dynamique, formalisation, et enfin calculs de flux ou de temps de transfert. Les compétences et la démarche développés ici permettent d'aborder des enjeux de ressources en eaux souterraines qu'ils soient quantitatifs (exploitation de nappes), qualitatifs (dissémination de polluant) ou même énergétiques (géothermie).

1.1	Constituer et structurer un bagage culturel en sciences de la Terre
1.4	Mettre en relation les concepts fondamentaux de géologie, de biologie, de mathématiques, de chimie et de physique avec les phénomènes naturels observés ou décrits pour approfondir la compréhension des sciences de la Terre
2.1	Formuler le questionnement scientifique et/ou l'élaborer à partir de ses connaissances en sciences de la Terre ou de l'observation d'objets géologiques
2.8	Confronter les données avec un esprit critique aux savoirs existants et développer une argumentation scientifique en sciences de la Terre
2.9	Être sensible à l'incertitude et la validité d'un résultat expérimental ou numérique en sciences de la Terre
4.3	Savoir être soigneux et précis dans les restitutions de travaux en sciences de la Terre
5.1	Être capable d'utiliser son bagage culturel et scientifique pour comprendre les grands enjeux en sciences de la Terre : eau, minerais, ressources fossiles, préservation des sols, risques naturels, changement global

## Morphodynamique fluviale et côtière LSTCU11C (SG34)

3 ECTS — 15 h CM — 15 h TD

Ce module a pour objectif de présenter les mécanismes fondamentaux associés à la dynamique des deltas et zones fluviales et côtières connexes, afin de servir de socle de connaissances pour comprendre le cheminement des sédiments et l'importance du budget sédimentaire dans la stabilité de ces systèmes, qui sont de plus en plus vulnérables face au développement et au changement climatique. La définition des caractéristiques de ces systèmes et de leur fonctionnement dynamique permettra d'acquérir des compétences en diagnostic et analyse de ces aspects de vulnérabilité et de résilience.

À partir de mesures sur le terrain, de la modélisation, et de la télédétection, identifier les sources et les dynamiques de forçages anthropiques et naturels et les processus fluviaux et deltaïques, en intégrant les mutations holocènes à récentes liées ou non à l'ingénierie et des aménagements à l'échelle des bassins versants et des littoraux. Mesurer la vulnérabilité et la résilience et proposer des schémas de réhabilitation de ces systèmes.

- Fonctionnement et mutations des systèmes fluviaux et côtiers, notamment deltaïques
- Caractérisation et analyse hydrologique et géomorphologique de ces systèmes et des conditions responsables de leur variabilité
- Caractérisation et analyse des liens d'alimentation sédimentaire depuis la source en amont jusqu'aux puits estuariens et deltaïques – notion de *source-to-sink*
- Caractérisation et analyse des aléas et risques – événements de haute intensité, crues, mouvements de terrain, torrentialité, cyclones, tsunamis, inondations
- Caractérisation et diagnostic en vulnérabilité, et résilience des deltas à l'échelle globale
- Études de cas et mesures de réhabilitation.

1.1	Constituer et structurer un bagage culturel en sciences de la Terre
1.2– 1.3	Constituer un socle de connaissances fondamentales au service des sciences de la Terre. Acquérir et exploiter de manière autonome des savoirs complémentaires en sciences de la Terre, fiables en s'appuyant sur des ressources universitaires et numériques
1.4	Mettre en relation les concepts fondamentaux de géologie, de biologie, de mathématiques, de chimie et de physique avec les phénomènes naturels observés ou décrits pour approfondir la compréhension des sciences de la Terre
1.5	Utiliser les outils de géologie, de biologie, de mathématiques, de chimie, de physique, de statistiques et d'informatique pour répondre à des problématiques en sciences de la Terre
2.1	Formuler le questionnement scientifique et/ou l'élaborer à partir de ses connaissances en sciences de la Terre ou de l'observation d'objets géologiques
2.5	Analyser, interpréter, synthétiser et modéliser des informations documentaires ou des données géologiques en vue de leur exploitation en sciences de la Terre
2.6	Utiliser un logiciel pour cartographier, visualiser des mesures ou des données expérimentales en sciences de la Terre
2.8	Confronter les données avec un esprit critique aux savoirs existants et développer une argumentation scientifique en sciences de la Terre
2.9	Être sensible à l'incertitude et la validité d'un résultat expérimental ou numérique en sciences de la Terre
3.1	Restituer de façon structurée à l'oral et à l'écrit des résultats scientifiques en sciences de la Terre, issus de sa démarche (en français)
5.1	Être capable d'utiliser son bagage culturel et scientifique pour comprendre les grands enjeux en sciences de la Terre : eau, minerais, ressources fossiles, préservation des sols, risques naturels, changement global

## Traceurs et chronomètres du cycle de l'eau LSTCU13C (SG33)

3 ECTS — 15 h CM — 15 h TD

L'UE présente les différents traceurs, en particulier isotopiques, utilisées pour caractériser le cycle de l'eau et les échanges entre les différents réservoirs de surface: atmosphère–océan–cryosphère–hydrosphère continentale, puis de se focaliser sur le continuum atmosphère–eau de surface–zone non saturée–eau souterraine. L'objectif est de montrer l'intérêt de ces différents traceurs pour caractériser les processus mis en œuvre lors de ces transferts, quantifier ces échanges et contraindre le temps de séjour de l'eau dans ces différents réservoirs. L'UE présente les principes d'utilisation de différents traceurs géochimiques et isotopiques et les illustre dans différents cas d'application concrets de traçage du cycle de l'eau. L'UE est divisée en deux parties : la première dédiée aux isotopes stables de la molécule d'eau ( $dD$ ,  $\delta^{18}O$ ) et la seconde à l'utilisation de traceurs radioactifs ou transitoires (tritium  $^3H$ , CFCs-SF6,  $^{14}C$ ,  $^{36}Cl$ ,  $^{81}Kr$ ) pour caractériser les temps de transfert de l'eau dans les différents réservoirs.

1.1	Constituer et structurer un bagage culturel en sciences de la Terre
1.2– 1.3	Constituer un socle de connaissances fondamentales au service des sciences de la Terre. Acquérir et exploiter de manière autonome des savoirs complémentaires en sciences de la Terre, fiables en s'appuyant sur des ressources universitaires et numériques
1.4	Mettre en relation les concepts fondamentaux de géologie, de biologie, de mathématiques, de chimie et de physique avec les phénomènes naturels observés ou décrits pour approfondir la compréhension des sciences de la Terre
1.5	Utiliser les outils de géologie, de biologie, de mathématiques, de chimie, de physique, de statistiques et d'informatique pour répondre à des problématiques en sciences de la Terre
2.1	Formuler le questionnement scientifique et/ou l'élaborer à partir de ses connaissances en sciences de la Terre ou de l'observation d'objets géologiques
2.4	Mettre en œuvre un échantillonnage pour mesurer et acquérir des données des sciences de la Terre
2.8	Confronter les données avec un esprit critique aux savoirs existants et développer une argumentation scientifique en sciences de la Terre
4.3	Savoir être soigneux et précis dans les restitutions de travaux en sciences de la Terre
5.1	Être capable d'utiliser son bagage culturel et scientifique pour comprendre les grands enjeux en sciences de la Terre : eau, minerais, ressources fossiles, préservation des sols, risques naturels, changement global

## Hydrologie de surface LSTCU14C (SG32)

3 ECTS — 9 h CM — 15 h TD — 6 h TP

Cycle de l'eau et bilans hydriques. Recharge et fonctionnement des nappes d'eau souterraine (alluvial, bassin sédimentaire, karst). Carte piézométrique. Écoulement et méthodes d'étude dans les milieux hétérogènes et karstiques (traçage artificiel, courbes CTD, modèles pluie–débit). Essai de puits et de pompage.

Acquérir les méthodes d'étude de l'écoulement de l'eau souterraine dans les milieux poreux et karstiques.

Évaluer la ressource en eau souterraine disponible dans un hydrosystème, en lien avec la recharge et le milieu récepteur. Établir et exploiter une carte piézométrique. Interpréter un essai de pompage. Estimer la productivité et la vulnérabilité d'une nappe en fonction du contexte géologique. Définir une zone de protection de captages.

Les grands systèmes aquifères. Les propriétés hydrodynamiques. Les conditions aux limites. Loi de Darcy. Quantification de l'écoulement en régime permanent et transitoire.

1.1	Constituer et structurer un bagage culturel en sciences de la Terre
1.2– 1.3	Constituer un socle de connaissances fondamentales au service des sciences de la Terre. Acquérir et exploiter de manière autonome des savoirs complémentaires en sciences de la Terre, fiables en s'appuyant sur des ressources universitaires et numériques
1.4	Mettre en relation les concepts fondamentaux de géologie, de biologie, de mathématiques, de chimie et de physique avec les phénomènes naturels observés ou décrits pour approfondir la compréhension des sciences de la Terre
1.5	Utiliser les outils de géologie, de biologie, de mathématiques, de chimie, de physique, de statistiques et d'informatique pour répondre à des problématiques en sciences de la Terre
2.1	Formuler le questionnement scientifique et/ou l'élaborer à partir de ses connaissances en sciences de la Terre ou de l'observation d'objets géologiques
2.2	Observer méthodiquement des objets géologiques sur le terrain ou au laboratoire
2.5	Analyser, interpréter, synthétiser et modéliser des informations documentaires ou des données géologiques en vue de leur exploitation en sciences de la Terre

2.8	Confronter les données avec un esprit critique aux savoirs existants et développer une argumentation scientifique en sciences de la Terre
2.9	Être sensible à l'incertitude et la validité d'un résultat expérimental ou numérique en sciences de la Terre
3.1	Restituer de façon structurée à l'oral et à l'écrit des résultats scientifiques en sciences de la Terre, issus de sa démarche (en français)
3.2	Lire et extraire des informations de sources documentaires en anglais pour les exploiter en sciences de la Terre
4.3	Savoir être soigneux et précis dans les restitutions de travaux en sciences de la Terre
5.1	Être capable d'utiliser son bagage culturel et scientifique pour comprendre les grands enjeux en sciences de la Terre : eau, minerais, ressources fossiles, préservation des sols, risques naturels, changement global
5.2	Savoir observer et retranscrire des objets naturels géologiques

## Méthodes numériques et géostatistiques LSTCU15C (SH32)

3 ECTS — 9 h CM – 21 h TD

Résoudre les équations de bilan (masse, eau, énergie) et savoir régionaliser des mesures.

Résolution d'équation aux dérivées partielles et analyse géostatistique.

Méthodes numériques et statistiques des variables régionalisées (géostatistiques).

Résolution numérique d'équations de bilan et régionalisation de mesures ponctuelles.

1.5	Utiliser les outils de géologie, de biologie, de mathématiques, de chimie, de physique, de statistiques et d'informatique pour répondre à des problématiques en sciences de la Terre
2.5	Analyser, interpréter, synthétiser et modéliser des informations documentaires ou des données géologiques en vue de leur exploitation en sciences de la Terre
2.6	Utiliser un logiciel pour cartographier, visualiser des mesures ou des données expérimentales en sciences de la Terre
2.8	Confronter les données avec un esprit critique aux savoirs existants et développer une argumentation scientifique en sciences de la Terre
2.9	Être sensible à l'incertitude et la validité d'un résultat expérimental ou numérique en sciences de la Terre

## Préparation au TOEIC (CMI) LCMCU04J

3 ECTS — 18 h TD

Maîtriser les outils et techniques de communication nécessaires à une pratique professionnelle de la langue anglaise en milieu scientifique
Atteindre le niveau B2 ou le niveau C1 du Cadre européen commun de référence pour les langues dans l'ensemble des cinq compétences langagières que sont la compréhension orale et la compréhension écrite, la prise de parole en interaction et en continu, ainsi que l'expression écrite soit respectivement un score de 785 (B2) et 945 (C1) au TOEIC
Devenir autonome dans l'apprentissage de l'anglais

## Projet intégrateur 3 (CMI) LCMCU02J (GCM16)

3 ECTS — 22 h TD – 8 h TP

Ce projet intégrateur – proposé en trois temps et étalé sur 18 mois – a pour objectif de conduire l'étudiant à utiliser l'ensemble des connaissances qu'il a acquises dans les diverses unités d'enseignement. Il a également pour objectifs de mettre en pratique la gestion de projet et le travail en équipe.

Ces projets, menés en petits groupes (5–6 étudiants), seront des commandes des partenaires industriels ou socio-économiques ou des collectivités locales, et pour lesquels les étudiants seront confrontés à des problématiques diverses et pluridisciplinaires et confrontés aux délais et prescriptions imposées par le commanditaire.

L'idée de cette UE est que les étudiants opèrent comme s'ils étaient déjà en poste dans un bureau d'études (d'impact environnemental ou géologique, par exemple).

L'objectif de cette troisième partie est que les étudiants remettent le rapport le plus professionnel possible auprès du commanditaire de l'étude et présentent un oral de restitution devant ce commanditaire tel qu'ils l'auraient à faire s'ils avaient été chargés de projet–mission au sein du bureau d'étude qui aurait reçu cette commande.

Suite aux remarques faites lors du jury de soutenance du projet intégrateur 2, les étudiants devront donc retravailler leur rapport et améliorer, le cas échéant, leur communication.

Ce rapport et cette soutenance seront donc notés et appréciés directement par le commanditaire et les membres académiques du jury.

1.2– 1.3	Constituer un socle de connaissances fondamentales au service des sciences de la Terre. Acquérir et exploiter de manière autonome des savoirs complémentaires en sciences de la Terre, fiables en s'appuyant sur des ressources universitaires et numériques
2.2	Observer méthodiquement des objets géologiques sur le terrain ou au laboratoire
2.3	Savoir utiliser les appareillages scientifiques de terrain et de laboratoire, ainsi que les logiciels d'acquisition couramment utilisés en sciences de la Terre
2.5	Analyser, interpréter, synthétiser et modéliser des informations documentaires ou des données géologiques en vue de leur exploitation en sciences de la Terre
2.7	Identifier et mener en autonomie les différentes étapes d'une démarche expérimentale
3.1	Restituer de façon structurée à l'oral et à l'écrit des résultats scientifiques en sciences de la Terre, issus de sa démarche (en français)
4.1	S'organiser pour mener à bien de façon individuelle un projet scientifique dans le domaine des sciences de la Terre sur la base de données bibliographiques, de terrain ou de laboratoire
4.2	Conduire de façon collective un projet scientifique dans le domaine des sciences de la Terre et sur la base de données bibliographiques, de terrain ou de laboratoire
4.3	Savoir être soigneux et précis dans les restitutions de travaux en sciences de la Terre
4.4	Savoir respecter un protocole dans le cadre des opérations scientifiques de terrain, d'analyses en laboratoire et des opérations professionnalisantes en sciences de la Terre
4.5	Développer de l'autonomie pour savoir planifier un travail en sciences de la Terre et répondre à des contraintes temporelles
4.6	Savoir travailler en sciences de la Terre, sur le terrain, en laboratoire et en situations professionnalisantes en toute sécurité
5.1	Être capable d'utiliser son bagage culturel et scientifique pour comprendre les grands enjeux en sciences de la Terre : eau, minerais, ressources fossiles, préservation des sols, risques naturels, changement global
6.4	Savoir traiter une commande professionnelle proposée par le secteur d'activité des sciences de la Terre

## Semestre 10

### Stage en laboratoire LBEDU01J (TC6)

30 ECTS

1.5	Utiliser les outils de géologie, de biologie, de mathématiques, de chimie, de physique, de statistiques et d'informatique pour répondre à des problématiques en sciences de la Terre
2.1	Formuler le questionnement scientifique et/ou l'élaborer à partir de ses connaissances en sciences de la Terre ou de l'observation d'objets géologiques
2.2	Observer méthodiquement des objets géologiques sur le terrain ou au laboratoire
2.3	Savoir utiliser les appareillages scientifiques de terrain et de laboratoire, ainsi que les logiciels d'acquisition couramment utilisés en sciences de la Terre
2.4	Mettre en œuvre un échantillonnage pour mesurer et acquérir des données des sciences de la Terre
2.5	Analyser, interpréter, synthétiser et modéliser des informations documentaires ou des données géologiques en vue de leur exploitation en sciences de la Terre
2.6	Utiliser un logiciel pour cartographier, visualiser des mesures ou des données expérimentales en sciences de la Terre
2.7	Identifier et mener en autonomie les différentes étapes d'une démarche expérimentale
2.8	Confronter les données avec un esprit critique aux savoirs existants et développer une argumentation scientifique en sciences de la Terre
2.9	Être sensible à l'incertitude et la validité d'un résultat expérimental ou numérique en sciences de la Terre
3.2	Lire et extraire des informations de sources documentaires en anglais pour les exploiter en sciences de la Terre
3.3	Produire une synthèse de l'information à l'écrit sur une problématique en sciences de la Terre – en français et en anglais
3.4	Produire une synthèse de l'information à l'oral sur une problématique en sciences de la Terre – en français et en anglais
4.1	S'organiser pour mener à bien de façon individuelle un projet scientifique dans le domaine des sciences de la Terre sur la base de données bibliographiques, de terrain ou de laboratoire
4.3	Savoir être soigneux et précis dans les restitutions de travaux en sciences de la Terre
4.4	Savoir respecter un protocole dans le cadre des opérations scientifiques de terrain, d'analyses en laboratoire et des opérations

	professionnalisantes en sciences de la Terre
4.5	Développer de l'autonomie pour savoir planifier un travail en sciences de la Terre et répondre à des contraintes temporelles
4.6	Savoir travailler en sciences de la Terre, sur le terrain, en laboratoire et en situations professionnalisantes en toute sécurité
5.2	Savoir observer et retranscrire des objets naturels géologiques
5.3	Savoir établir un relevé de professionnel en géologie – minutes (cartes et coupes verticales)
5.4	Savoir utiliser des outils professionnels de terrain et de laboratoire en sciences de la Terre : marteau, boussoles, loupes, microscopes, etc.
5.5	Savoir utiliser en sciences de la Terre des outils technologiques professionnels de terrain et de laboratoire – GPS, appareillage géophysique, etc.
5.6	Savoir réaliser en sciences de la Terre des prélèvements sur le terrain (eau, sol, roche)
6.4	Savoir traiter une commande professionnelle proposée par le secteur d'activité des sciences de la Terre
6.5	Savoir respecter la réglementation environnementale pour travailler sur le terrain et en laboratoire en sciences de la Terre
6.6	Savoir respecter l'éthique scientifique en sciences de la Terre : propriété intellectuelle des écrits et des données, non falsification des données ou des résultats

## Note de synthèse LCMCU03J (GCM17)

3 ECTS — 4 h CM – 26 h TD

L'objectif premier de cette UE est la préparation au concours de la Fonction publique territoriale, l'épreuve de *note de synthèse* constituant l'épreuve d'admissibilité de ce concours. Toutefois, cet enseignement permettra également aux étudiants ne choisissant pas cette possibilité de concours, d'améliorer leur esprit et leur méthodologie de synthèse de documents scientifiques, techniques et réglementaires, compétences attendues que ce soit au niveau industriel ou académique.

Les étudiants suivront tout d'abord des enseignements méthodologiques et seront rapidement confrontés à des mises en situation. Différentes problématiques seront abordées et pourront évoluer en fonction des thématiques de l'actualité environnementale. Méthodologie d'analyse de dossier (6 h). Méthodologie sur les solutions opérationnelles (4 h). Correction devoir 1 et travail sur dossier (6 h). Travail sur dossier plus apports méthodologique (4 h). Correction devoir 2 et travail sur dossier (6 h). Correction devoir 3 et travail sur dossier (4 h).

1.4	Mettre en relation les concepts fondamentaux de géologie, de biologie, de mathématiques, de chimie et de physique avec les phénomènes naturels observés ou décrits pour approfondir la compréhension des sciences de la Terre
1.5	Utiliser les outils de géologie, de biologie, de mathématiques, de chimie, de physique, de statistiques et d'informatique pour répondre à des problématiques en sciences de la Terre
2.1	Formuler le questionnement scientifique et/ou l'élaborer à partir de ses connaissances en sciences de la Terre ou de l'observation d'objets géologiques
2.5	Analyser, interpréter, synthétiser et modéliser des informations documentaires ou des données géologiques en vue de leur exploitation en sciences de la Terre
2.6	Utiliser un logiciel pour cartographier, visualiser des mesures ou des données expérimentales en sciences de la Terre
2.8	Confronter les données avec un esprit critique aux savoirs existants et développer une argumentation scientifique en sciences de la Terre
3.1	Restituer de façon structurée à l'oral et à l'écrit des résultats scientifiques en sciences de la Terre, issus de sa démarche (en français)
3.2	Lire et extraire des informations de sources documentaires en anglais pour les exploiter en sciences de la Terre
3.3	Produire une synthèse de l'information à l'écrit sur une problématique en sciences de la Terre – en français et en anglais
5.1	Être capable d'utiliser son bagage culturel et scientifique pour comprendre les grands enjeux en sciences de la Terre : eau, minerais, ressources fossiles, préservation des sols, risques naturels, changement global
6.6	Savoir respecter l'éthique scientifique en sciences de la Terre : propriété intellectuelle des écrits et des données, non falsification des données ou des résultats