

Université d'Orléans - Observatoire des Sciences de l'Univers en région Centre - Val de Loire

MASTER « Sciences de la Terre et des Planètes - Environnement »



Université d'Orléans-OSUC
Campus Géosciences
1A rue de la Férollerie
45071 Orléans Cedex 2

Responsable du master :
Stanislas SIZARET

Pour tout renseignement :
Scolarité

Martine Bodusseau
02 38 49 49 12

admission-osuc@univ-orleans.fr

LIVRET DE L'ETUDIANT

ANNEE 2021-2022



Présentation générale, partenariats

Le master STPE est porté par l'Observatoire en Sciences de l'Univers en région Centre (OSUC) et est principalement adossé aux **laboratoires de recherche** de cette structure, en tout premier lieu l'Institut des Sciences de la Terre d'Orléans (ISTO). D'autres laboratoires du campus orléanais (en sciences de l'environnement, de l'atmosphère, des matériaux, ou encore économie) sont des partenaires privilégiés de la formation, les chercheurs intervenant tant dans l'offre modulaire que dans l'encadrement de stages. L'Unité de Recherche en Science du Sol de l'INRA est fortement impliquée dans notre formation, en particulier dans le parcours Géo²Env.

Le master STPE bénéficie enfin de l'environnement scientifique et du soutien du laboratoire d'excellence VOLTAIRE (VOLatils – Terre, Atmosphère et Interactions - Ressources et Environnement). Il bénéficie aussi de dispositifs expérimentaux exceptionnels (Equipex PLANEX, plateformes PIVOTS), des plateformes analytiques de l'ISTO, des sites du Service National d'Observation sur les Tourbières, et des moyens de calcul du Centre de Calcul Scientifique en région Centre.

Le **BRGM** (Établissement public à caractère industriel et commercial) est un acteur majeur du master. Cette collaboration est matérialisée par une convention de partenariat pédagogique entre BRGM campus et l'Université d'Orléans : enseignements présentiels et encadrements de stage du master assurés par des ingénieurs et chercheurs des directions opérationnelles du BRGM. Plusieurs unités d'enseignement professionnalisantes, notamment en M2, sont pilotées par des agents du BRGM.

De nombreux **partenaires industriels** participent à la formation (ANTEA Group, Orano (Areva), Caspeo, Cemex, Comirem, Dassault system, Eramet, Imerys...). La forte implication de ces partenaires industriels se traduit non seulement par la participation active des personnels aux enseignements, mais aussi à l'encadrement de stages ou de projets d'étudiants qui seront, pour partie, accueillis dans leurs locaux ou sur leurs sites, assurant ainsi des passerelles efficaces avec le tissu socio-économique.

Les étudiants bénéficient par ailleurs d'un écosystème propice à l'entrepreneuriat avec les dispositifs CréaCampus et Pépite, la proximité du FabLab Orléanais, ou les incubateurs numériques (LAB'O et AgreenTech Valley).

Le master STPE est caractérisé par une forte **ouverture internationale** : échanges avec le Canada (UQAM, UQAT), la Chine (Univ. Nanjing), nombreux accords Erasmus (Munich, Palerme, Porto, Rome, Utrecht). Plusieurs écoles de terrain du Master se déroulent à l'étranger (Espagne, Maroc...). Certains modules sont enseignés en anglais.

Notre master offre une **pédagogie innovante** principalement caractérisée par :

- ➔ Une formation axée sur le triptyque observation/expérimentation/modélisation. Des modules de géologie de terrain et/ou de métrologie environnementale sont proposés en M1 et M2.
- ➔ Des compétences renforcées en géomatique : les diplômés sont experts dans la gestion et le traitement des données géoscientifiques et environnementales par outils géomatiques (statistiques, géostatistiques, Systèmes d'information géographique (SIG), modélisation 3D, prédictivité). Le master STPE est de plus partenaire de la Graduate School Orléans Numérique (GSON) qui permet aux étudiants inscrits dans notre master de renforcer encore leurs compétences en Sciences du numérique, et sous certaines conditions, de valider un DU de « Data Scientist» (**voir rubrique GSON**).
- ➔ Une pédagogie axée sur l'apprentissage par le projet (« Learning by doing »), mise en œuvre dans un environnement scientifique exceptionnel (Service National d'Observation sur les Tourbières, plateformes analytiques de l'ISTO, dispositifs expérimentaux (Equipex PLANEX, Plateformes PIVOTS) et centres de calcul des laboratoires partenaires).
- ➔ Une équipe de formation et d'encadrement plurielle impliquant l'université, le CNRS, le BRGM, l'INRA, et de nombreux acteurs du monde socio-économique.

Objectifs de la formation

Le master Sciences de la Terre et des planètes, environnement (STPE) de l'Université d'Orléans forme des professionnels capables de comprendre et gérer les systèmes naturels (ressources minérales et organiques, eaux, sols, chaleur ...), en intégrant toute leur complexité.

Le diplômé est compétent dans l'expérimentation analogique et numérique des systèmes et processus naturels, tout en fondant son approche sur une connaissance approfondie du terrain. Il est expert dans la gestion et le traitement des données géoscientifiques et environnementales par outils géomatiques (statistiques, géostatistiques, modélisations cartographiques, prédictivité).

Cette formation lui permet ainsi d'appréhender de façon quantitative les problématiques actuelles dans le domaine des géoressources, de l'environnement ou encore de la dynamique de la Terre interne (géodynamique, tectonique, métamorphisme, métallogénie, magmatologie, volcanologie).

Enfin, le diplômé est sensibilisé aux dimensions et enjeux socio-économiques des Géoressources et de l'Environnement.

Les diplômés auront une qualification d'ingénieurs d'application pour un large éventail de secteurs d'activité comme l'exploration et la gestion durable des ressources minérales, les géomatériaux, la géothermie, le stockage de l'énergie, la gestion durable des ressources en eau et des sols (selon le parcours).

La poursuite d'études en doctorat permettra d'accéder aux métiers de la recherche fondamentale ou appliquée dans les secteurs publics (Université, CNRS, BRGM, IRD, Ifremer, CEA ...) ou privés (bureaux d'étude et grands groupes industriels).

Organisation de la formation

Le BRGM (BRGM Campus) est un partenaire privilégié de la formation (interventions dans la moitié des modules dispensés en M1/M2 – pilotage de 8 modules sur l'ensemble du master). Les chercheurs d'autres laboratoires du campus (Laboratoire d'économie (LEO), de chimie des matériaux (CEMHTI) ou de l'atmosphère (LPC2E)), ainsi que les partenaires industriels participent aussi activement à la formation, tant dans l'offre modulaire que dans l'encadrement des stages (voir détail par parcours).

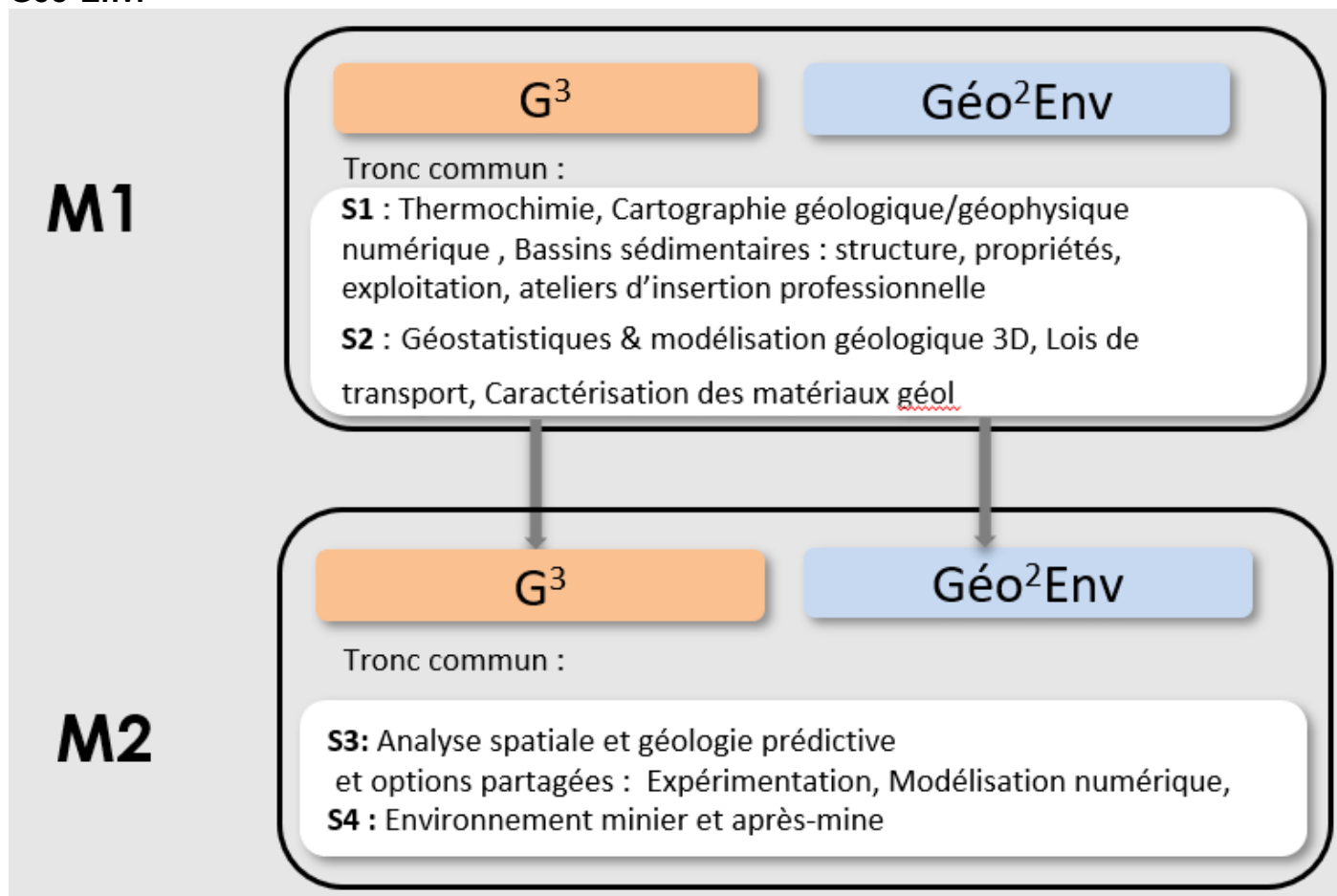
Le Master STPE vise le développement progressif de l'autonomie des étudiants, en s'appuyant sur des approches projets. Il bénéficie dans ce cadre de dispositifs expérimentaux exceptionnels (Equipex PLANEX, plateformes PIVOTS), des plateformes analytiques de l'ISTO, des sites du Service National d'Observation sur les Tourbières, et des moyens de calcul du Centre de Calcul Scientifique en région Centre. Le master bénéficie aussi de l'environnement et du soutien du laboratoire d'excellence VOLTAIRE (VOLatils – Terre, Atmosphère et Interactions - Ressources et Environnement).

Chaque étudiant réalise dès le M1 un projet (stage de recherche, recherche & développement), dans un laboratoire académique ou dans une entreprise, ce qui lui permet une meilleure appropriation de son sujet au cours du Master, jusqu'à sa finalisation lors du projet de fin d'étude au 2^{ème} semestre du M2 (voir rubrique « *Les stages en Master STPE* »).

Le master STPE est organisé en 2 parcours, avec un tronc commun à chaque semestre :

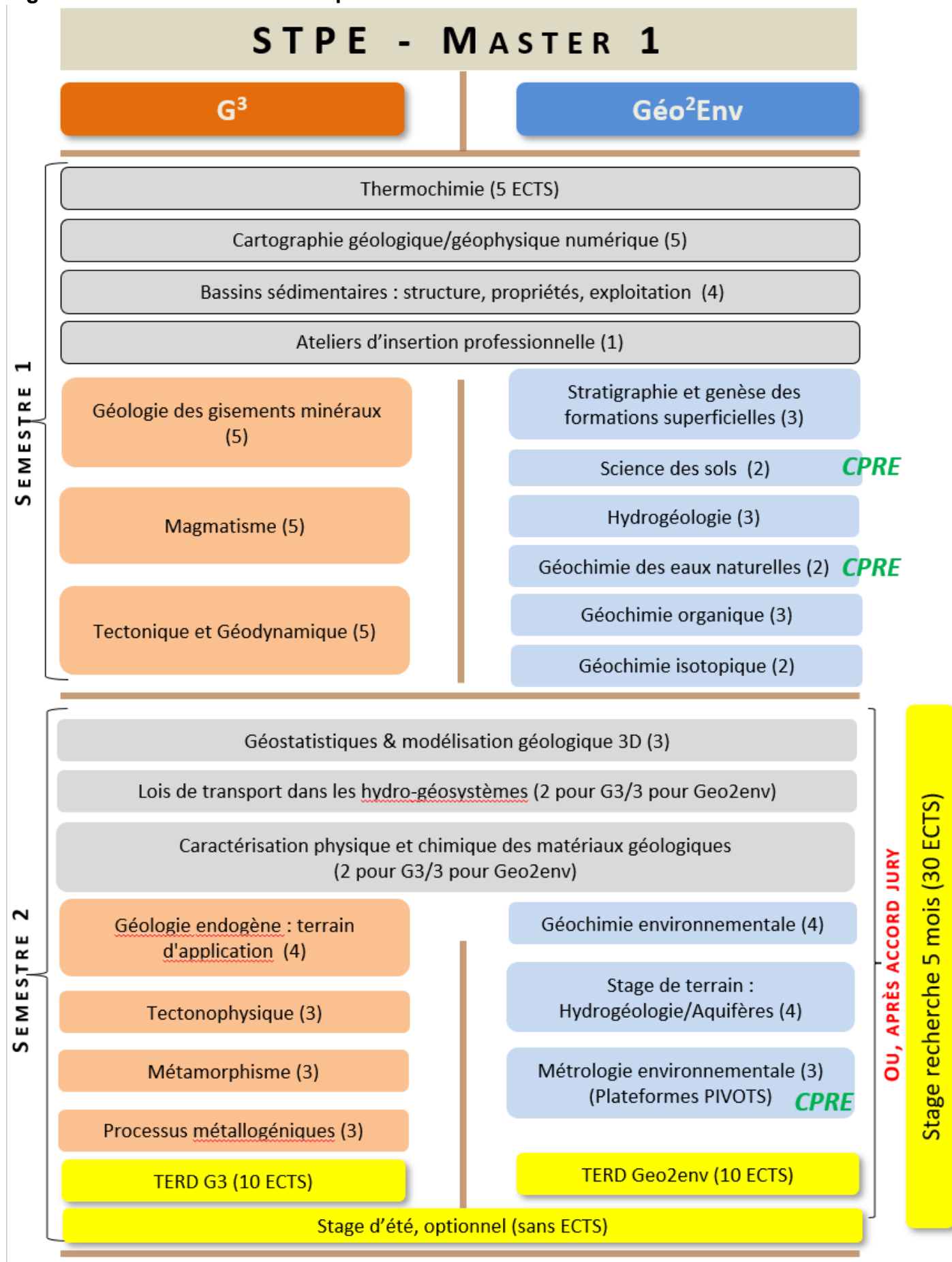
- **Géoressources, Géomatériaux et Géodynamique (G³)**
- **Géochimie et Géomatique de l'Environnement (Géo²Env)**

Figure 1 : Organisation générale du master STPE et modules communs aux parcours G³ et Géo²Env.



L'offre modulaire du master STPE est détaillée dans les figures 2 et 3. Certains modules du parcours Géo²Env sont mutualisés avec le parcours « *Chimie, Pollution, Risques, Environnement* » (CPRE) du master « Risques et Environnement », master porté aussi par l'OSUC. Ces mutualisations sont en cohérence avec le continuum entre ces deux parcours : diagnostic des pollutions – traitement (remédiation) de la pollution – gestion de l'environnement.

Figure 2 : Offre modulaire de la première année de master.



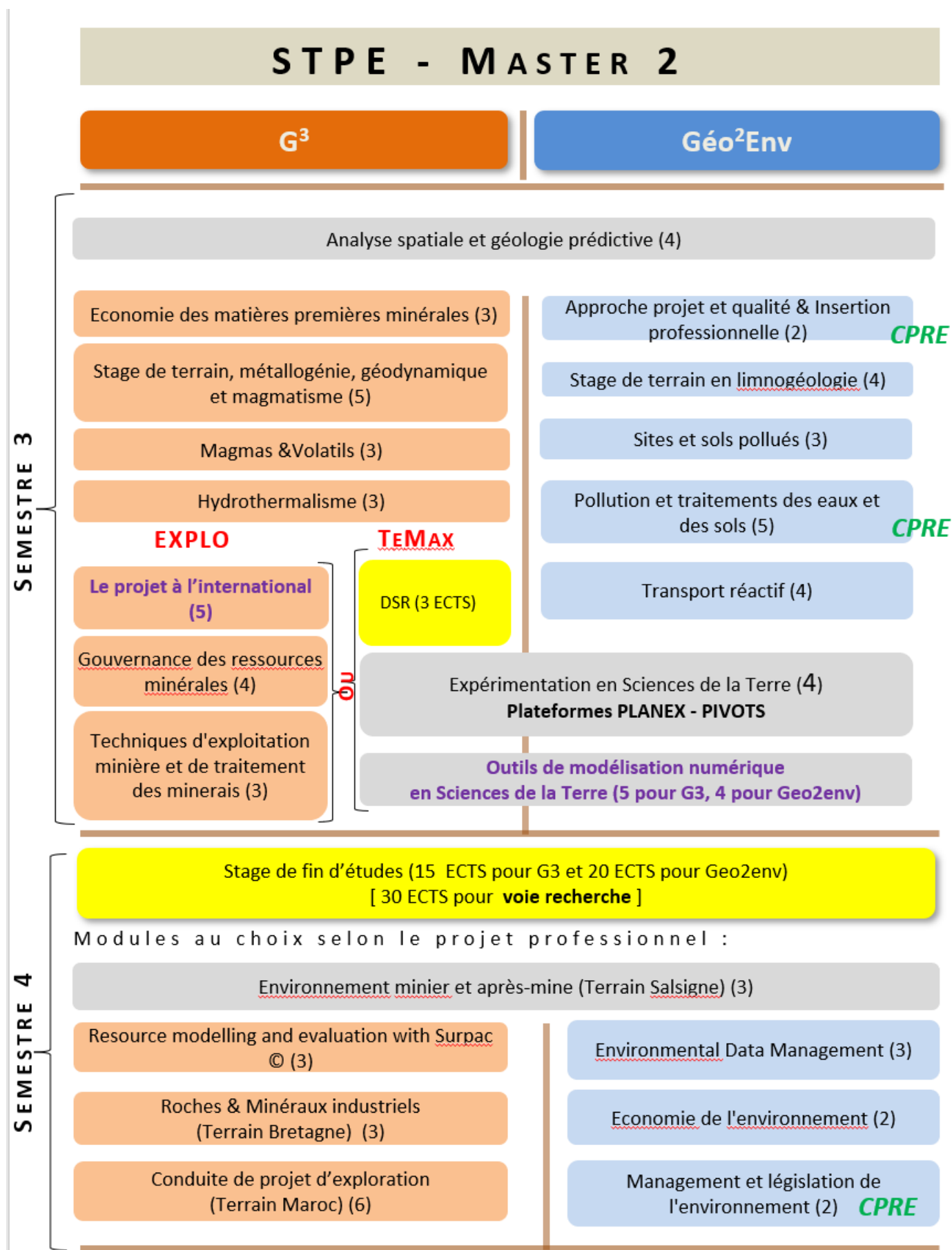
GRIS : modules communs aux parcours G³ et Géo²Env

ORANGE : modules propres au parcours G³

BLEU : modules propres au parcours Géo²Env

* : modules ou éléments constitutifs de modules communs au parcours CPRE du master Risques et Environnement.

Figure 3 : Offre modulaire de la seconde année de master. Même légende qu'en Figure 2.



GRIS : modules communs aux parcours G³ et Géo²Env

BLEU : modules propres au parcours Géo²Env

* : modules ou éléments constitutifs de modules communs au parcours CPRE du master Risques et Environnement.

Equipe de formation du Master STPE

Le master STPE est caractérisé par une équipe de pilotage et d'encadrement plurielle, impliquant l'université, le CNRS, le BRGM, l'INRA et de nombreux acteurs du monde socio-économique. Notre master bénéficie notamment d'une convention de partenariat pédagogique avec BRGM campus.

Figure 4a : Equipe de pilotage

Responsable du master STPE : Stanislas SIZARET (Enseignant-chercheur, Université d'Orléans)	
Echanges internationaux : Stanislas SIZARET (Enseignant-chercheur, Université d'Orléans)	
Responsables du parcours G³ :	Responsables du parcours Géo²Env :
<ul style="list-style-type: none"> Charles GUMIAUX, Enseignant-chercheur Université d'Orléans Fabrice GAILLARD, Chercheur CNRS Johann TUDURI, BRGM Campus 	<ul style="list-style-type: none"> Christophe TOURNASSAT, Enseignant-chercheur Université d'Orléans Hervé Noël, Responsable R&D <u>Geo-Hyd</u>

L'équipe de pilotage s'appuie sur une équipe pédagogique constituée d'enseignants-chercheurs, de chercheurs, d'ingénieurs du BRGM et d'acteurs du monde socio-économique. Les responsables de modules sont présentés.

Figure 4b : Equipe pédagogique

NOM	PRENOM	PARCOURS	NOM	PRENOM	PARCOURS
AGRAPART	Clémence	Géo ² /CPRE	ISCH	Arnaud	G ³ /Géo ² /CPRE/VSED
AMRAOUI	Nadia	Géo ² /CPRE	JOURDAN	Benoit	G ³
ANDÚJAR	Juan	G ³ /Géo ²	KIRAT	Djamel	G ³
ARBARET	Laurent	G ³ /Géo ²	KOEBERLE	Nicolas	G ³
AUGIER	Romain	G ³	LACOSTE	Marine	G ³ /Géo ²
AZAROUAL	Mohamed	G ³ /Géo ²	LASSEUR	Éric	G ³
BAPTISTE	Julien	G ³ /Géo ²	LAURENT	Gautier	G ³ /Géo ²
BATES	Chris	G ³	LE FORESTIER	Lydie	G ³ /Géo ²
BAUDIN	Thierry	G ³	LE MILBEAU	Claude	Géo ²
BECK	Kévin	G ³	LIPS	Andor	G ³
BOURGINE	Bernard	G ³ /Géo ²	MARCOUX	Éric	G ³
BRANQUET	Yannick	G ³ /Géo ²	MARTEL	Caroline	G ³ /Géo ²
BROCHOT	Stéphane	G ³	MARTELET	Guillaume	G ³ /Géo ²
BRUAND	Ary	Géo ²	MAZELLIER	Nicolas	Géo ² /CPRE/VSED
CALCAGNO	Philippe	G ³ /Géo ²	MERCURY	Lionel	G ³ /Géo ² /CPRE
CATOIRE	Valéry	Géo ² /CPRE	MILLOT	Romain	Géo ²
CERDAN	Olivier	G ³ /Géo ²	MOQUET	Jean-Sébastien	Géo ²
CHARRON	Stéphanie	Géo ²	MOREAU	Johanna	G ³
CHATELAIN	J-Baptiste	Géo ² /CPRE	NÉGREL	Philippe	Géo ²
CHAUVET	Alain	G ³	NOËL	Hervé	Géo ² /CPRE/VSED
CHEN	Yan	G ³ / Géo ²	PAUWELS	Hélène	Géo ²
CHEVILLARD	Matthieu	G ³	PERIN	José	G ³
COLOMBANO	Stéfan	Géo ² / CPRE	PIERRE	Daniel	G ³ / Géo ²
CONIN	Marianne	G ³	POURADIER	Adrien	G ³
COSSART	Sandra	G ³	PROUTEAU	Gaëlle	G ³ / Géo ²
COTTARD	Francis	G ³ / Géo ²	RAMBOURG	Damien	G ³ / Géo ²

COURRIOUX	Gabriel	G ³ / Géo ²	RICHARD	Guillaume	G ³ / Géo ²
COUSIN	Isabelle	Géo ² / CPRE / VSED	RICHER DE FORGES	Anne	G ³ / Géo ²
CROUZET	Catherine	Géo ² / CPRE / VSED	ROMAN	Sophie	G ³ / Géo ² / CPRE
DAËLE	Véronique	Géo ² / CPRE / VSED	ROUET	Jean-Louis	G ³ / Géo ²
DARBOUX	Frédéric	Géo ²	SABATIER	Stéphane	Géo ² / CPRE
DAVAIN-CATTEAU	Gabrielle	Géo ²	SABOURAULT	Philippe	G ³ / Géo ²
DAVID	Julien	Géo ²	SIMONNEAU	Anaëlle	G ³ / Géo ²
DAYMA	Guillaume	Géo ² / CPRE / VSED	SIZARET	Stanislas	G ³ / Géo ²
DECK	Olivier	G ³	SLOFCZYK	Aneta.	G ³ / Géo ²
DUCOUSSO	Marc	G ³	STÜNITZ	Holger	G ³
DURANCE	M-Véronique	G ³	SUIRE	Patrick	Géo ² / CPRE
FALALA	Bruno	Géo ² / CPRE	THIEBLEMONT	Denis	G ³
FOURNIER	Éric	G ³	THIERY	Dominique	G ³ / Géo ²
GABALDA	Sunseare	G ³ / Géo ²	TOGOLA	Anne	Géo ²
GAILLARD	Fabrice	G ³ / Géo ²	TOURLIERE	Bruno	G ³ / Géo ²
GIRARDEAU	Ingrid	G ³ / Géo ²	TOURNASSAT	Christophe	Géo ²
GLOAGUEN	Éric	G ³	TUDURI	Johann	G ³
GUIMBAUD	Christophe	G ³ / Géo ²	VAUTRIN-UL	Christine	Géo ² / CPRE / VSED
GUMIAUX	Charles	G ³ / Géo ²	VILLENEUVE	Jacques	Géo ² / CPRE
GUNZBURGER	Yann	G ³	ZORNIG	Clément	Géo ² / CPRE
GUTIEREZ	Alexis	Géo ²			
GUYONNET	Dominique	G ³ / Géo ²			
HELMER	Cédric	Géo ² /CPRE			
HILSON	Gavin	G ³			
IACONO-MARZIANO	Giada	G ³			

En complément de l'équipe pédagogique, les services administratifs de l'OSUC sont à votre disposition pour vous accompagner :

Figure 4c : Equipe administrative

Admissions – Inscriptions – Gestion de la pédagogie et des formations :

Martine BODUSSEAU – Responsable du service « Scolarité-ADE-Services d'enseignement » – Bureau E113

martine.bodusseau@univ-orleans.fr

☎ 02 38 49 49 12

Emplois du temps, inscriptions pédagogiques, gestion des groupes :

Marlène LALLEMAND – Gestionnaire pédagogique – Bureau E113

ade-osuc@univ-orleans.fr

☎ 02 38 49 49 50

Conventions de stages, relations internationales, insertion professionnelle et liens avec l'entreprise :

Catherine GIFFAULT – Bureau R161

osuc-stages@univ-orleans.fr

☎ 02 38 49 47 58

Les stages en master STPE

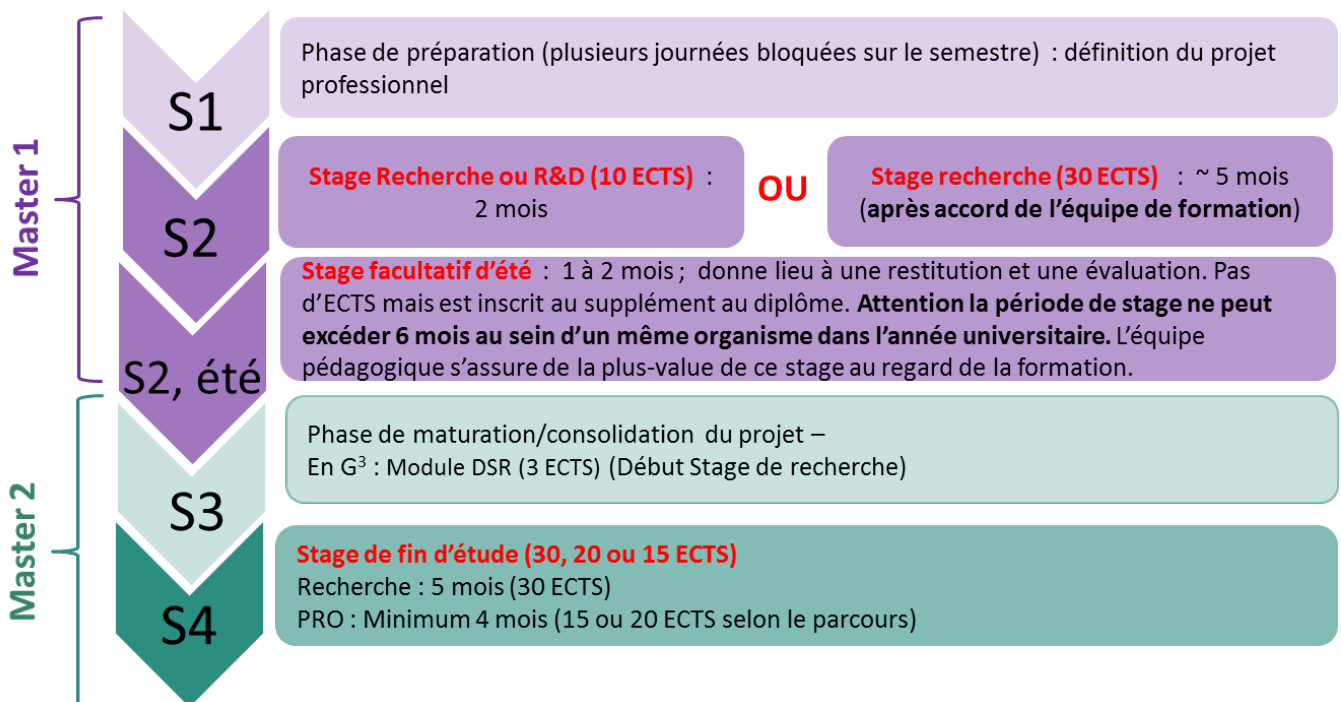
Le stage est une période de mise en situation professionnelle, et correspond à une mise en pratique des connaissances et compétences acquises lors de la formation. La maquette (Figure 3) comprend deux stages attributifs d'ECTS et obligatoires pour l'obtention du diplôme en S2 (10 ou 30 ECTS) et en S4 (15, 20 ou 30 ECTS) respectivement, et un stage d'été facultatif non attributif d'ECTS, ne participant pas à la validation du cursus (S2). Les propositions de stage doivent être validées par l'équipe de formation du master.

En master 1, le stage obligatoire (2 mois, 10 ECTS) peut s'effectuer en laboratoire de recherche (stage « Recherche », à l'université, au CNRS, au BRGM ...) ou en entreprise (stage « Recherche et développement »), selon le projet professionnel de l'étudiant. Les étudiants souhaitant s'orienter vers un stage « Recherche » et présentant un projet très mûre ont la possibilité, après accord de l'équipe de formation, d'effectuer dès le M1 un stage long (~5 mois, 30 ECTS), qui sera alors gratifié.

A la fin du master 1, les étudiants ont la possibilité d'effectuer un stage facultatif « d'été », soit dans la continuité de leur stage obligatoire, dans le même organisme (l'ensemble de la période sera alors gratifié), soit dans une autre structure.

En master 2, les étudiants peuvent effectuer leur stage de fin d'études dans un laboratoire de recherche (~5 mois, 30 ECTS, Université, CNRS, BRGM, INRA etc...). Les soutenances sont alors organisées en juin. Les stages à 15 (parcours G3) ou 20 (parcours Geo2Env) ECTS se déroulent le plus souvent en entreprise et sont complétés pendant le semestre par des modules professionnalisants (nombreux modules dispensés par le BRGM ou Antea). Ces stages durent au minimum 4 mois et les soutenances sont organisées à l'automne.

Figure 5 : Organisation des stages au sein du master STPE.



Les stages obligatoires sont évalués par un mémoire et une soutenance orale devant un jury compétent. (Rapport 50% - Oral 50 %). Les rapports et soutenances de stage se déroulent en session unique. Il n'y a pas de compensation entre le bloc théorique et le stage. La note de stage est prise en compte dans la moyenne du semestre mais pour être admis à son semestre, l'étudiant doit être admis à la fois à son bloc théorique et à son UE de stage et/ou mémoire.



Attention !

Contrairement à la licence, il n'y a pas de compensation entre les semestres en MASTER.

Figure 6 : Durée et période des stages, dates de soutenance des stages obligatoires.

Les bornes des dates de stages sont données en cours d'année lorsqu'elles sont définies.

Master STPE et Graduate School Orleans Numerique

Le master STPE est partenaire de la Graduate School Orleans Numerique (GSON). L'ambition de GSON est de bâtir de l'interdisciplinarité au sein du campus orléanais, en plaçant les Sciences du Numérique au centre d'un dialogue entre le plus grand nombre de disciplines.



Les étudiants inscrits au master STPE peuvent compléter leur formation dans le domaine du numérique en suivant (sans droits supplémentaires) un ou plusieurs modules offerts par la GSON. Les modules proposés pour cette année universitaire sont répertoriés dans le tableau ci-dessous :

1) Algorithmes pour la résolution de problèmes	12) Data sciences et langage
2) Introduction à Python pour le calcul scientifique	13) Deep Learning pour l'image
3) Programmation haute performance	14) Du CRM au BigData
4) Introduction à l'analyse de données	15) Chimie informatique sous python
5) Data Mining avec le logiciel R	16) Analyse de données par des cas pratiques
6) Data Mining : Fondements et Outils Python	167) Méthodologie de l'économétrie
7) Expérimentations numériques	18) Modéliser des flux avec Comsol Multiphysics
8) Introduction au logiciel SAS	19) Imagerie et interpolation des structures géométriques 3D
9) Big Data avec SAS	20) Analyse Spatiale Prédictive
10) Big Data avec Hadoop	21) SIG Raster et 3D : initiation et modélisation environnementale
11) Biologie : qu'analyse-t-on?	22) Droit de l'informatique

Ces modules sont principalement proposés sous forme de *short course* en janvier 2021.

Pour suivre ces modules, il est nécessaire de s'inscrire à la GSON

<https://www.univ-orleans.fr/fr/gson>

Pour ne rien rater des informations liées à GSON (inscriptions, événements, cours) inscrivez-vous à la liste de diffusion d'information info-gson à retrouver sur le site web ou en flashant ce QRcode :



Enfin, la GSON propose sur son site internet une offre de stages dans le domaine du numérique.

Les étudiants, ayant validé leur master, au moins deux modules GSON et un stage interdisciplinaire dans le domaine du numérique (en M1 ou en M2) pourront valider (gratuitement) un DU de *data scientist*.

Contenu et objectifs du parcours G³

Ce parcours est focalisé sur la dynamique des processus géologiques endogènes et leur quantification. Il s'appuie sur l'expertise de rang mondial des équipes de recherche de l'ISTO et du BRGM dans les domaines de la métallogénie, de la pétrologie magmatique, de la volcanologie, de la géodynamique et sur le parc analytique et expérimental haute pression-haute température (Equipex PLANEX) déployé à l'ISTO et dans les laboratoires du campus. Les enseignements sont articulés autour de plusieurs écoles de terrain (Massif central, Andalousie, Maroc ...). Les observations de terrain constituent le cœur de projets/travaux pratiques de géomatique, gestion de données, géologie prédictive, modélisation expérimentale ou numérique.

En Master 2^{ème} année, deux options permettent aux étudiants du parcours G³ de s'orienter plus spécifiquement vers :

- 1 - L'exploration et la gestion efficace des ressources minérales. Cette option a pour vocation de former des cadres géologues adaptables et responsables dans les domaines de l'exploration et de l'exploitation des ressources minérales (e.g. granulats, minéraux industriels et ressources métalliques). Cette formation prépare à la conduite et à la gestion durable de projets miniers, en France ou à l'international (Orano (ex-Areva), Cemex, Eramet, Koniambo Nickel, lamgold, Imerys, Innovexplo, Kinross, LafargeHolcim, Newmont, Vicat ...), par la maîtrise des concepts les plus récents en R&D et une bonne connaissance du fonctionnement des structures économiques. La poursuite d'études en doctorat permet d'accéder aux métiers de la recherche appliquée à ces mêmes secteurs.
- 2 - La quantification et la modélisation des processus endogènes (dynamique de la lithosphère, processus magmatiques et métallogéniques). La maîtrise approfondie des outils expérimentaux et analytiques (expérimentation HP-HT, plateforme Ar/Ar, microscope et microsonde électroniques ...) et de modélisation numérique constitue le socle de cette option et offre un profil de compétences exceptionnel aux étudiants souhaitant se former dans le domaine de la pétrologie, de la volcanologie, de la tectonique, de la géodynamique ou de la métallogénie.

Les diplômés auront une formation de cadre avec un esprit formé à la recherche scientifique pour :

- Une poursuite en thèse permettant d'accéder aux métiers de la recherche fondamentale ou appliquée dans le secteur public (Universités, CNRS, Ifremer, IRD, BRGM, CEA, INERIS ...) ou dans le secteur privé (par exemple, dans le domaine de la métallogénie, de la géothermie (CFG services, Fonroche...) des géomatériaux et matériaux (Saint Gobain...))
- Une qualification d'ingénieur d'applications : chargé d'études, cadre technique dans les groupes privés et publics, les services de l'Etat ...

Contenu et objectifs du parcours Géo²Env

Ce parcours a pour objectif de former des cadres scientifiques experts du diagnostic environnemental, basé sur de solides connaissances fondamentales et appliquées sur le fonctionnement des milieux naturels et anthropisés. Les outils numériques de la géomatique (bases de données, SIG, cartographie numérique, modélisation 3D, géostatistiques) donnent une compétence déterminante en outils de visualisation et d'aide à la décision.

Ces cadres apporteront leur expertise sur la gestion durable des ressources dans les milieux continentaux, et en particulier les eaux (eaux libres, aquifères) et les sols, dans un contexte de changement global. Les étudiants développent une vision intégrée et mécaniste des cycles hydro- et bio-géochimiques dans les hydrosystèmes et les milieux associés. Ils ont une connaissance fine des matières (naturelles et anthropiques, polluants), de leurs réactivités et leurs interactions à travers le couplage de processus élémentaires (biologiques, géochimiques et hydrologiques). Ils sont capables de quantifier les flux horizontaux et verticaux de ces matières (transferts de polluants, de sédiments, fonctionnement des aquifères, géothermie, relations entre les différents réservoirs sous-sol-sol-biosphère-atmosphère) de l'échelle du pore à celle du bassin versant.





Ces éléments leur permettent de développer des approches statistiques spatiales et des modélisations pour prédire l'évolution des milieux continentaux sous forçages climatique et anthropique. Au total, ils disposent d'une double compétence en géochimie des milieux continentaux et en géologie numérique/géomatique.

Le parcours Geo²Env apporte une formation de cadres de l'Environnement avec un esprit formé à la recherche scientifique pour :

- Une poursuite en thèse, et le niveau d'expert des bio-géosystèmes anthropisés : emploi (Enseignant-chercheur, chercheur, Ingénieur de Recherche) dans les organismes publics (BRGM, INRA, IRD, CEREMA, ONEMA, IRSTEA, CIRAD, IRSN, INERIS...) et les grands groupes industriels (Total, Engie, EDF, Veolia, Storengy, etc.) ou les bureaux d'étude de grande envergure (Antea, Neodyme, etc.)
- Une qualification d'ingénieur d'applications : emploi (chargé d'études, cadre technique en R&D, cadre technique de l'environnement) dans les bureaux d'études, les grands groupes privés et publics, les services de l'Etat, les collectivités, etc.

Offre modulaire du master STPE

Les pages suivantes présentent les fiches des différents modules proposés dans le master STPE. Pour vous aider à vous repérer selon votre parcours, une pastille de couleur indique les modules que vous suivrez (ou pourrez suivre, certains modules étant optionnels en M2 G³) durant votre cursus. Certains modules du parcours Geo²Env sont aussi suivis par les étudiants du master Risques et Environnement (parcours CPRE ou VSED) et sont aussi signalés par des pastilles de couleur.

LÉGENDES	
Master STPE - G³ Géorressources, Géomatériaux et Géodynamique	
Master STPE - Géo²Env Géochimie et Géomatique de l'Environnement	
Master RE - CPRE Chimie, Pollutions, Risques, Environnement	
Master RE - VSED Véhicules et Systèmes Énergétiques Durables	

SOMMAIRE

« Sciences de la Terre & des Planètes – Environnement »

CODE MODULE	SEMESTRE 1	RESPONSABLE	PAGE
OMA7ST01	Thermochimie	Lionel MERCURY	19
OMA7ST02	Cartographie géologique/géophysique numérique	Charles GUMIAUX	20
OMA7ST17	Bassins sédimentaires : structure, propriétés, exploitation	Hugues RAIMBOURG	21
OMA7ST04	Géologie des gisements minéraux	Éric MARCOUX	22
OMA7ST10	Magmatisme	Gaëlle PROUTEAU	23
OMA7ST06	Tectonique et géodynamique	Yan CHEN	24
OMA7ST11	Science des sols	Ary BRUAND	25
OMA7ST12	Stratigraphies & genèse des formations superficielles	Anaëlle SIMONNEAU	26
OMA7ST13	Hydrogéologie	Sophie ROMAN	27
OMA7ST14	Géochimie des eaux naturelles	Lionel MERCURY	28
OMA7ST15	Géochimie organique	Christophe TOURNASSAT	29
OMA7ST16	Géochimie isotopique	Jean-Sébastien MOQUET	30
OMA7ST18	Ateliers d'insertion professionnelle	DOIP/Scolarité	31
CODE MODULE	SEMESTRE 2	RESPONSABLE	PAGE
OMA8ST01	Géostatistiques & modélisation 3D spatialisée	Gautier LAURENT	33
OMA8ST16	Lois de transport dans les hydro-géosystèmes	Jean-Louis ROUET	35
OMA8ST17	Caractérisation physique et chimique des matériaux géologiques	Laurent ARBARET	36
OMA8ST04	Tectonophysique	Hugues RAIMBOURG	37
OMA8ST05	Géologie endogène : terrain d'application	Laurent ARBARET	38
OMA8ST15	Métamorphisme	Laura AIRAGHI	39
OMA8ST07	Processus métallogéniques	Stanislas SIZARET	40
OMA8ST08	Géochimie environnementale	Lionel MERCURY	41
OMA8ST09	Terrain, Hydrogéologie / Aquifères	Sophie ROMAN	42
OMA8ST18	Météorologie environnementale	Jean-Sébastien MOQUET	43
OMA8ST24	Travail encadré de Recherche et Dév Géo ² Env	Lionel MERCURY	44
OMA8ST19	Travail encadré de Recherche et Dév G ³	Fabrice GAILLARD	45
OMA8ST13	Stage 5 mois		Fig.6 & Fig.7
OMA8ST14	Stage d'été		

CODE MODULE	SEMESTRE 3	RESPONSABLE	PAGE
OMA9ST01	Analyse spatiale et Géologie prédictive	Charles GUMIAUX	48
OMA9ST02	Economie des matières premières minérales	Johann TUDURI	49
OMA9ST03	Stage de terrain métallogénie, géodyn. & magmatisme	Romain AUGIER	50
OMA9ST04	Magmas et volatils	Manuel MOREIRA	51
OMA9ST05	Hydrothermalisme	Stanislas SIZARET	52
OMA9ST06	Le projet à l'international dans le domaine des géosciences	Johann TUDURI	53
OMA9ST07	Gouvernance des ressources minérales	Johann TUDURI	54
OMA9ST08	Tech. d'exploitation minière & traitement des minerais	Johann TUDURI	55
OMA9ST16	Expérimentation en Sciences de la Terre	Jean-Sébastien MOQUET	56
OMA9ST10	Outils de modélisation numérique	Guillaume RICHARD	57
OMA9ST11	Transport réactif	Sophi ROMAN	58
OMA9ST12	DSR – début de stage de recherche	Fabrice GAILLARD	59
OMA9ST13	Stage de terrain en limnogéologie	Anaëlle SIMONNEAU	60
OMA9ST15	Sites et sols pollués	Lydie LE FORESTIER	61
OMA9RE08	Pollution & traitements des eaux & des sols	Valéry CATOIRE	62
OMA9RE09	Approche projet & qualité – Insertion professionnelle	Clémence AGRAPART Christophe GUIMBAUD	63
OMA9ST30	Géotectonique	UQAM	64
OMA9ST31	Hydrothermalisme	UQAM	65
OMA9ST32	Déformation des gites minéraux	UQAM	66
OMA9ST33	Méthodologie de la communication en Sc de la Terre	UQAM	67
OMA9ST34	Ressources minérales & mondialisation	UQAM	68
OMA9ST35	Activités de terrain	UQAM	69
OMA9ST36	Hydrogéochimie des ressources	UQAM	70
CODE MODULE	SEMESTRE 4	RESPONSABLE	PAGE
OMA0ST01	Environnement minier et après-mine	Johann TUDURI	72
OMA0ST02	Resource modelling and evaluation with Surpac ©	Johann TUDURI	73
OMA0ST03	Roches et Minéraux industriels	Éric MARCOUX	74
OMA0ST04	Conduite de projet d'exploration (terrain Maroc)	Johann TUDURI	75
OMA0ST05	Environmental Data Management	Daniel PIERRE	76
OMA0ST06	Economie de l'environnement	Xavier GALIEGUE	77
OMA0ST07	Management & législation de l'environnement	Valéry CATOIRE	78
OMA0ST08	Stage recherche		Fig.6 & Fig.7
OMA0ST09	Stage professionnel G ³		
OMA0ST12	Stage professionnel Géo ² Env		

Master STPE 1^{ère} année

Semestre 1

Code APOGEE	OMA7ST01			OMA7ST02			OMA7ST17		
Intitulé	Thermochimie			Cartographie Géologique Géophysique numérique			Bassins sédimentaires		
Responsable	Lionel MERCURY			Charles Gumiaux			Hugues RAIMBOURG		
Volume horaire	48h			48h			36h		
Répartition H	CM	TD	TP	CM	TD	TP	CM	TD	TP
		48h			21h	27h		33h	3h
ECTS	5			5			4		
Commun									

Code APOGEE	OMA7ST04			OMA7ST10			OMA7ST06		
Intitulé	Géologie des gisements minéraux			Magmatisme			Tectonique et Géodynamique		
Responsable	Éric MARCOUX			Gaëlle PROUTEAU			Yan CHEN		
Volume horaire	48h			48h			48h		
Répartition H	CM	TD	TP	CM	TD	TP	CM	TD	TP
		18h	30h		27h	21h		32h	24h
ECTS	5			5			5		
Commun									

Code APOGEE	OMA7ST11			OMA7ST12			OMA7ST13		
Intitulé	Science des sols			Stratigraphies & genèse des formations superficielles			Hydrogéologie		
Responsable	Ary BRUAND			Anaëlle SIMONNEAU			Sophie ROMAN		
Volume horaire	24h			26h			24h		
Répartition H	CM	TD	TP	CM	TD	TP	CM	TD	TP
		18h	6h		21h	5h		24h	
ECTS	2			3			3		
Commun									

Code APOGEE	OMA7ST14			OMA7ST15			OMA7ST16		
Intitulé	Géochimie des eaux naturelles			Géochimie organique			Géochimie isotopique		
Responsable	Lionel MERCURY			Christophe TOURNASSAT			Jean-Sébastien MOQUET		
Volume H	24h			24h			24h		
Répartition H	CM	TD	TP	CM	TD	TP	CM	TD	TP
		24h			24h			24h	
ECTS	2			3			3		
Commun avec									

Code APOGEE	OMA7ST18		
Intitulé	Ateliers d'insertion professionnelle		
Responsable	DOIP/Scolarité		
Volume H	12h		
Répartition H	CM	TD	TP
		12h	
ECTS	1		
Commun avec			

PARCOURS :  G³  Geo²Env  CPRE  VSED

OMA7ST01		Thermochimie			
Semestre	1	Langue	Anglais ou Français		
Crédits ECTS / Coef.	5	Mise à jour le	10 mai 2021		
Volume horaire total	48h	Dont	CM	TD	TP
				48h	
Seuil de dédoublement :				40 étud.	

Descriptif de l'enseignement

Prérequis :

Eléments de géochimie des interactions eau-roche acquis en Licence de Sciences de la Terre

Objectifs (savoirs et compétences acquis) :

Comprendre l'application des principes thermodynamiques aux réactions chimiques, contextualisées dans des situations d'intérêt géologique.

Maîtriser les principales représentations des équilibres réactionnels de la géochimie et savoir les interpréter. Maîtriser les modèles d'activités, sur les solutions solides et dans le cas des solutions électrolytiques. Comprendre les limites du modèle à l'équilibre.

Contenu :

Partie I : 1^{er} et 2nd principes, cycles moteur. Force motrice (TP) sur les équilibres réactionnels.

Partie II : Effet de la composition sur les équilibres de phases. Critères d'équilibre chimique. Equilibre et potentiels chimiques. Equation de Gibbs-Duhem et règle des phases.

Partie III : Thermodynamique des phases pures. Equations d'état des fluides. Gaz parfait et gaz réel. Introduction à la notion d'activité thermodynamique pour les gaz, liquides, solutés et solides. La constante d'équilibre.

Partie IV : Solutions, solutions solides et modèles de solutions.

Partie V : les solutions électrolytiques et équilibres entre électrolytes.

Modalités de contrôle des connaissances

	CONTROLE CONTINU			CONTROLE TERMINAL		CONTROLE MIXTE
	Nb CC	Durée	Nature (oral/écrit)	Durée	Nature (oral/écrit)	Répartition en % entre CC et CT
1^{ère} session						
• RNE	1	3h	Ecrit	3h	Ecrit	33% / 67%
• RSE				3h	Ecrit	100%
2^{ème} session						
• RNE / RSE				3h	Ecrit	100%

Responsable de l'enseignement : Lionel MERCURY

Bibliographie :

G. ANDERSON (2005) Thermodynamics of natural systems, Cambridge Univ. Press.

P. RICHET (2000) Les bases physiques de la thermodynamique, Belin.BU Sciences 536.7 RIC.

Ressources pédagogiques : Supports de cours en ligne sur site web université.

PARCOURS :  G³  Geo²Env  CPRE  VSED

OMA7ST02 **Cartographie géologique et Géophysique numérique**

Semestre	1	Langue	Français		
Crédits ECTS / Coef.	5/6	Mise à jour le	16 juin 2021		
Volume horaire total	48h	Dont	CM	TD	TP
				21h	27h
Seuil de dédoublement : Salles informatiques				40 étud.	10 étud.

Descriptif de l'enseignement

Prérequis : Cartographie géologique, gestion de données sous tableurs, statistiques

Objectifs (savoirs et compétences acquis) : Concepts de géomatique, interprétation des anomalies géophysiques pour la cartographie, mise en forme des bases de données spatialisées et requêtes, maîtrise des outils SIG pour les géosciences, traitements sur données raster et vecteur, principes théoriques de la télédétection ; méthodes de classification supervisées et non supervisées.

Contenu :

TD (21h - commun) :

Rappels sur les projections cartographiques ; rappels de cartographie géologique ; principes de géomatique ; méthodologie de montage d'un Système d'Information Géographique, du terrain au logiciel.

Les bases de données (BDD) spatialisées : les différents types de structure de BDD ; types de données ; des mesures aux tables numériques ; initiation au langage SQL ; les requêtes attributaires et spatiales ; les bases de données nationales/internationales dans les domaines de l'environnement ou de la cartographie géologique.

Notions d'Analyse Spatiale et calculs de paramètres géométriques/statistiques associés.

Mesures et cartographie géophysiques : paramètres physiques mesurables ; les capteurs géophysiques ; de la mesure à l'anomalie ; interprétation et notions sur le traitement des anomalies (gravi, mag, électrique, sismique, etc.).

TP (27h – en groupes thématiques) :

La mise en pratique des outils géomatiques est faite sous la forme de la réalisation d'un projet, en fil conducteur, sur un cas d'étude concret. Les manipulations et calculs sont effectuées à partir des couches de données cartographiques déjà disponibles pour la zone choisie ou, quand cela s'avère pratiquement réalisable, à partir de jeux de mesures et d'observations directement réalisées sur le terrain au cours du semestre.

Manipulations de bases de données: structuration des mesures de terrain ; extraction et exploitation de données de bases 'nationales' existantes.

Manipulations sous logiciel SIG de données géologiques et géophysiques : géo référencement, requêtes topologiques et croisements de couches, outils de traitement des données raster (sur données topographiques, de télédétection et grilles géophysiques), outils de traitement statistique des données vectorielles.

Les séances de TD et TP sur projets seront organisées suivant deux champs d'application distincts et au choix de l'étudiant selon son parcours : «Métrologie environnementale» (Geo²Env) ou «Synthèse cartographique en domaine de socle» (G³)

(*) pour des raisons d'équipement informatique, certains TD de ce module devront être faits par groupes de 10 étudiants maximum.

Modalités de contrôle des connaissances

	CONTROLE CONTINU			CONTROLE TERMINAL		CONTROLE MIXTE
	Nb CC	Durée	Nature (oral/écrit)	Durée	Nature (oral/écrit)	Répartition en % entre CC et CT
1^{ère} session						
• RNE			Rapports sur projet			
• RSE					Rapport sur projets	
2^{ème} session						
• RNE / RSE				30 mn	Oral	

Responsable de l'enseignement : Charles GUMIAUX & Anaëlle SIMONNEAU

PARCOURS :  G³  Geo²Env  CPRE  VSED

OMA7ST17

Bassins sédimentaires (structure, propriétés, exploitation)

Semestre	1	Langue	Anglais ou Français		
Crédits ECTS / Coef.	4	Fiche mise à jour le	06 mai 2021		
Volume horaire total	36h	Dont	CM	TD	TP
				33h	3h
Seuil de dédoublement :				40 étud.	20 étud.

Descriptif de l'enseignement

Prérequis : Eléments de géologie des bassins sédimentaire et stratigraphie, acquis en Licence de Sciences de la Terre.

Objectifs : (savoirs et compétences acquis)

Connaissance des contextes favorables à la formation des bassins sédimentaires et facteurs contrôlant le remplissage (subsidence, eustatisme, apports sédimentaires). Acquérir une vision claire du couple porosité-perméabilité en relation avec la lithologie, la diagénèse et la fracturation dans les bassins.

Connaitre les enjeux de la transition énergétique en lien avec les grands bassins : géothermie, stockages.

Contenu :

Partie 1 : Structure des grands bassins (15h)

- Contexte géodynamique des bassins et facteurs contrôlant leur formation et évolution
- Remplissage des bassins sédimentaires, facteurs de contrôle du remplissage à différentes échelles.
- Grands types et corps sédimentaires, méthodes de reconstitution des géométries 3D et des variabilités.
- Hétérogénéités sédimentaires et diagénèse (notions).
- TP intégration de données de subsurface.

Partie 2 : Propriétés pétrophysiques (6h)

- Principes de la compaction; profils de porosité avec la profondeur
- Méthodes de mesure de la porosité (sur échantillons et à partir des ondes sismiques), relations Vp-porosité
- Ecoulements de fluide dans un milieu poreux, lois de Darcy, définition de la perméabilité, relation perméabilité-porosité-lithologie, fracturation et perméabilité associée
- Méthodes de mesure de la perméabilité
- Relations entre la pression de fluide, l'écoulement de fluide et la compaction
- TD (3h) au choix : Etude analytique 1D d'un profil de compaction (vitesse de sédimentation imposée, relation porosité-perméabilité) dans un bassin.

Partie 3 : Exploitation énergétique (15h)

- Boucle porosité-perméabilité, Kozeny-Carman. Perméabilité relative, transitions de phase.
- Introduction à la géothermie : de la basse enthalpie jusqu'aux systèmes EGS
- Stockage d'énergie : stockage de gaz (CH₄) en aquifère et en cavité saline, stockage de chaleur
- Stockage de gaz (type CO₂ et gaz annexes) incluant les aspects de réactivité chimique

TD : étude de cas concrets, compréhension de l'impact de la réactivité physico-chimique en fonction du temps et de la géométrie de l'exploitation sur les propriétés : injectivité/productivité, porosité/perméabilité, en champ porche des puits et à l'échelle du réservoir.

Modalités de contrôle des connaissances

	CONTROLE CONTINU			CONTROLE TERMINAL		CONTROLE MIXTE
	Nb	Durée	Nature (oral/écrit)	Durée	Nature (oral/écrit)	Répartition en % entre CC et CT
1^{ère} session						
• RNE	1	2h	Ecrit	2h	Ecrit	(50%/50%)
• RSE				2h	Ecrit	
2^{ème} session						
• RNE / RSE				2h	Ecrit	

Responsable de l'enseignement : **Hugues RAIMBOURG**

PARCOURS : G³ Geo²Env CPRE VSED

OMA7ST04

Géologie des gisements minéraux

Semestre	1	Langue	Français		
Crédits ECTS / Coef.	5	Mise à jour le	29 septembre 2021		
Volume horaire total	48h	Dont	CM	TD	TP
				18h	30h
Seuil de dédoublement :				40 étud.	12 étud.

Descriptif de l'enseignement

Prérequis : Bases sérieuses en ressources minérales et en minéralogie.

Objectifs : Connaître les principaux types de gisements de ressources minérales, avec leurs caractéristiques essentielles. Apprendre à les décrire de l'échelle régionale à celle du microscope, et comprendre leur genèse. Replacées dans leur contexte géologique, ces données permettent de définir des guides indispensables à l'exploration minière, les métallotectes.

Contenu : Étude des principaux types de concentrations minérales endogènes (porphyres, amas sulfurés, skarns, épithermaux...) et exogènes (placers, BIF, résiduels...) replacées dans leurs contextes géodynamiques. Examen de la morphologie de ces gisements, de la parenté avec les événements géologiques générateurs (magmatisme, sédimentation), des caractéristiques essentielles, et des modalités de genèse. Les séances de TP sont conçues comme des illustrations des cours avec notamment des études multi échelles de gisements avec cartes, levés miniers, échantillons et sections polies. L'accent sera mis sur les études minéralogiques au microscope métallographique et ses implications, et les différentes techniques de cartographie minière.

Modalités de contrôle des connaissances

	CONTROLE CONTINU			CONTROLE TERMINAL		CONTROLE MIXTE
	Nb CC	Durée	Nature (oral/écrit)	Durée	Nature (oral/écrit)	Répartition en % entre CC et CT
1^{ère} session						
• RNE / RSE				2 h	Ecrit (67%) + rapport TP (33%)	
2^{ème} session						
• RNE / RSE				2 h	Ecrit	

Responsable de l'enseignement : **Éric MARCOUX**

Bibliographie : Géologie des ressources minérales – Michel JÉBRAK et Éric MARCOUX, 2008

PARCOURS : G³ Geo²Env CPRE VSED

OMA7ST10		Magmatisme			
Semestre	1	Langue	Français ou anglais supports en anglais		
Crédits ECTS / Coefficient	5	Mise à jour le	6 mai 2021		
Volume horaire total	48h	Dont	CM	TD	TP
				27h	21h
Seuil de dédoublement : salles info, salle pétro				40 étud.	18 étud.

Descriptif de l'enseignement

Prérequis :

Eléments de minéralogie, pétrologie magmatique, volcanologie, géochimie et géodynamique acquis en Licence.
Co-requis : Thermochimie

Objectifs : (savoirs et compétences acquis)

- Comprendre les processus contrôlant la genèse et la différenciation des roches magmatiques.
- Comprendre le comportement des phases et la répartition des éléments dans les systèmes magmatiques de haute température, à partir des concepts fondamentaux de la minéralogie, de la géochimie (majeurs, traces, isotopes) et de la thermochimie.
- Maîtriser les outils pour l'évaluation quantitative et la modélisation des processus magmatiques.
- Comprendre les relations entre tectonique des plaques et genèse et distribution des roches magmatiques.
- Acquérir des compétences élargies sur la dynamique et la géologie volcaniques

Contenu :

TD :

- ✓ Composition, structure et propriétés physiques des magmas
- ✓ Equilibres solides-liquides magmatiques
- ✓ Processus magmatiques
- ✓ La diversité magmatique dans son contexte tectonique (zones d'accrétion et de subduction, magmatisme intraplaque océanique et continental, magmatisme archéen)
- ✓ Introduction à la dynamique volcanique

TP :

- ✓ Etudes de cas en lien avec les exemples traités en cours ; les TP mettront en œuvre des approches et outils complémentaires : cartographie en terrain volcanique ; études macroscopiques et microscopiques (paragenèses, microtextures) de roches magmatiques ; modélisation géochimique. Une partie des TP sera consacrée à un projet encadré qui donnera lieu à une restitution orale.

Modalités de contrôle des connaissances

	CONTROLE CONTINU			CONTROLE TERMINAL		CONTROLE MIXTE
	Nb CC	Durée	Nature (oral/écrit)	Durée	Nature (oral/écrit)	Répartition en % entre CC et CT
1^{ère} session						
• RNE	1	3h	Ecrit (25%)			
	1		Rapport TP (25%)			
	1	20 mn	Oral (50%)			
• RSE				40 mn	Oral	
2^{ème} session						
• RNE / RSE				40 mn	Oral	

Responsable de l'enseignement : **Gaëlle PROUTEAU**

PARCOURS : G³ Geo²Env CPRE VSED

OMA7ST06

Tectonique et Géodynamique

Semestre	1	Langue	Français		
Crédits ECTS / Coef.	5	Mise à jour le	10 mai 2021		
Volume horaire total	56h	Dont	CM	TD	TP
				32h	24h
Seuil de dédoublement :				40 étud.	20 étud.

Descriptif de l'enseignement

Prérequis :

Bases solides en pétrologie magmatique, métamorphique, géologie structurale, géophysique.

Objectifs : (savoirs et compétences acquis)

A l'issue de cette unité, l'étudiant aura acquis le principe des principales méthodes d'investigation géophysiques de grande échelle : croûte continentale et océanique, lithosphère et asthénosphère, ainsi que des évidences de la structure et dynamique des enveloppes et matériaux terrestres à partir de leurs propriétés physiques. Il aura par ailleurs une connaissance approfondie de dynamique des zones de convergence incluant des notions fondamentales sur la distribution de la déformation, du métamorphisme, du magmatisme et de bassins sédimentaires et des fluides circulant entre ces différents ensembles.

Contenu :

Cette unité d'enseignement est divisée en deux grandes parties. La première aborde la structure et la dynamique de la lithosphère et de la croûte grâce aux outils géophysiques: sismologie, géodésie, paléomagnétisme, gravimétrie. La seconde partie s'attache à décrire, à partir d'exemples actuels et anciens, la dynamique de la lithosphère en contexte de convergence depuis la subduction, la collision jusqu'à l'effondrement post-orogénique. Les processus sédimentaires, magmatiques, métamorphiques et structuraux actifs lors de ces diverses étapes sont replacés dans le cadre de la convergence lithosphérique. Le cas des chaînes intracontinentales est également abordé. La dynamique lithosphérique sera envisagée dans le cadre plus globale de la convection mantellique.

Mise en évidence de la structure et/dynamique des enveloppes et matériaux terrestres à partir de leurs propriétés physiques (8h) :

- Les enveloppes de la Terre, à partir des propriétés acoustiques et sismiques
- La présence de liquides magmatiques à la limite lithosphère-asthénosphère et dans les zones de subduction collision, à partir des propriétés électriques
- Le refroidissement de la lithosphère océanique à la ride (refroidissement d'un demi-espace infini), à partir des propriétés thermiques et des mesures du flux de chaleur
- La tectonique des plaques, mise en évidence à partir des propriétés magnétiques

Modalités de contrôle des connaissances

	CONTROLE CONTINU			CONTROLE TERMINAL		CONTROLE MIXTE
	Nb CC	Durée	Nature (oral/écrit)	Durée	Nature (oral/écrit)	Répartition en % entre CC et CT
1^{ère} session						
• RNE / RSE				2h	Ecrit	
2^{ème} session						
• RNE / RSE				2h	Ecrit	

Responsable de l'enseignement : Yan CHEN

Bibliographie :

- Geodynamics (Serge LALLEMAND, Laurent JOLIVET, Henri-Claude NATAF 1995),
- Fundamental of Geophysics (William LOWRIE, 1997) ainsi que des articles spécialisés en anglais

PARCOURS : G³ Geo²Env CPRE VSED

OMA7ST11

Science des sols

Semestre	1	Langue	Anglais ou Français		
Crédits ECTS / Coef.	2	Mise à jour le	24 avril 2021		
Volume horaire total	24h	Dont	CM	TD	TP
				18h	6h
Seuil de dédoublement :				40 étud.	8 étud.

Descriptif de l'enseignement

Prérequis : Eléments de géologie générale.

Objectifs : (savoirs et compétences acquis) Maîtrise du vocabulaire et des concepts utilisés pour la description des sols. Acquisition des éléments essentiels à la compréhension des propriétés des sols et de leur fonctionnement (analyse, modélisation et simulation de l'échelle locale à l'échelle du paysage).

Contenu :

Partie 1 (9h) : Pédologie descriptive.

- Grands types de sols, classification et taxonomie.
- Principe de description de sols : à l'échelle du paysage (unité typologique de sol, unité cartographique de sol), et d'un profil de sol (horizons, ...)
- Sortie terrain : visite d'une fosse pédologique (INRA Ardon)

Partie 2 (6h) : Pédologie fonctionnelle.

- Structure et micro-structure ; porosité et perméabilité ; notion de double milieu
- Continuum eau-sol-plante-atmosphère, rhizosphère
- Interactions sol – eau. Propriétés de rétention et de transfert
- Fonctionnement hydrique à l'échelle du profil de sol

Partie 3 (9h) : Zone critique.

- Le sol, un réacteur/filtre biophysicochimique : constituants et architecture des constituants. Transferts eau, gaz, solutés, particules. Gradients et mouvements ascendants-descendants.

Typologie et mécanismes de formation des produits de l'altération supergène. Les caractéristiques d'un profil d'altération ; de l'observation aux applications.

Modalités de contrôle des connaissances

	CONTROLE CONTINU			CONTROLE TERMINAL		CONTROLE MIXTE
	Nb CC	Durée	Nature (oral/écrit)	Durée	Nature (oral/écrit)	Répartition en % entre CC et CT
1^{ère} session						
RNE / RSE				3h	Ecrit	
2^{ème} session						
RNE / RSE				2h	Ecrit	

Responsable de l'enseignement : Ary BRUAND

Bibliographie :

P. Stengel & S. Gelin (1998) Sol, interface fragile, INRA Ed. D. Hillel (1998) Environmental soil Physics, Academic Press. Guide de description des sols. D. Baize et B. Jabiol. INRA Ed. Environmental soil physics. D. Hillel, Academic press

Ressources pédagogiques : support de cours sur l'ENT

PARCOURS : G³ Geo²Env CPRE VSED

OMA7ST12

Stratigraphies & genèse des formations superficielles

Semestre	1	Langue	Français		
Crédits ECTS / Coefficient	3	Mise à jour le	3 mai 2021		
Volume horaire total	26h	Dont	CM	TD	TP
				21h	5h
Seuil de dédoublement :			40 étud.	8 étud.	

Descriptif de l'enseignement

Prérequis :

Eléments de pédologie, de sédimentologie, de stratigraphie, de géologie et de chimie générale acquis en Licence.

Objectifs : (savoirs et compétences acquis) Distinguer les dépôts quaternaires résultant de processus continus et de la mise en place d'événements environnementaux. Comprendre les relations érosion-transport-sédimentation sur le continent depuis la tête d'un bassin versant jusqu'au pied de la pente du talus continental.

Contenu :

Remobilisation des formations superficielles à l'échelle du bassin versant
 Comment les formations superficielles et les sols sont-ils mobilisés depuis la tête d'un bassin versant jusqu'au pied de la pente du talus continental ? Erosion-transport-sédimentation : mécanismes, dynamiques et facteurs de station mis en jeux. Cette partie débutera par une journée de terrain afin d'appréhender les facteurs de station à l'origine de l'érosion des sols et de voir sur le terrain les méthodes de monitoring mises en oeuvre pour le suivi des flux d'érosion.

Mots clés : Mécanismes de base de l'érosion hydrique, fonctionnement spatial, méthodes de mesure, reconstitution à partir des zones de sédimentation, et modélisation de l'érosion.

Modalités de contrôle des connaissances

	CONTROLE CONTINU			CONTROLE TERMINAL		CONTROLE MIXTE
	Nb CC	Durée	Nature (oral/écrit)	Durée	Nature (oral/écrit)	Répartition en % entre CC et CT
1^{ère} session						
RNE / RSE	1		Ecrit (terrain)	2h	Ecrit sur table	25%CC / 75%CT
2^{ème} session						
RNE / RSE				2h	Ecrit	

Responsable de l'enseignement : Anaëlle SIMONNEAU

Bibliographie :

- M.C. GIRARD, C. SCHWARTZ, Bernard JABIOL, 2011. Etude des sols, Dunod.
- Denis BAIZE, Bernard JABIOL 2011. Guide pour la description des sols, Quae.
- DEWOLF Y. BOURRIÉ G., 2008. Les formations superficielles, Ellipses.
- ALLEN P., 1997. Earth Surface Processes, Blakwell Science.
- M CAMPY, J-J MACAIRE, 2013. Géologie de la surface, Dunod.

Ressources pédagogiques : support de cours sur l'ENT

PARCOURS : G³ Geo²Env CPRE VSED

OMA7ST13

Hydrogéologie

Semestre

1

Langue

Français

Crédits ECTS / Coef.

3

Mise à jour le

10 mai 2021

Volume horaire total

24h

Dont

CM

TD

TP

24h

Seuil de dédoublement

40 étud.

Descriptif de l'enseignement

Prérequis :

Eléments d'hydrogéologie acquis en Licence de Sciences de la Terre.

Objectifs : (savoirs et compétences acquis)

Comprendre et maîtriser les notions et concepts nécessaires à une bonne représentation des ressources en eau et à leur gestion durable eau. Maîtrise de la pratique de logiciel pour la modélisation des écoulements souterrains.

Contenu :

- Bilan hydrologique : Relation pluie/débit/ infiltration, couplage surface/souterrain. Aquifères libres et captifs : temps de séjour, volume représentatif. Effets d'échelle : du local au régional. Etude quantitative : essai de puits (Theis et Jacob).
- Piézométrie, charge hydraulique, écoulement : vitesse et volume. Loi de Darcy. Lignes et réseau d'écoulement, effets des conditions aux limites. Régime permanent en aquifères libre ou captif. Prélèvements d'eaux et écoulements souterrains.
- Pratique de la modélisation sous Marthe ou autre logiciel de référence : paramètres nécessaires ; conditions aux limites, visualisation.

Modalités de contrôle des connaissances

	CONTROLE CONTINU			CONTROLE TERMINAL		CONTROLE MIXTE
	Nb CC	Durée	Nature (oral/écrit)	Durée	Nature (oral/écrit)	Répartition en % entre CC et CT
1^{ère} session						
RNE	1		Rapport écrit sur projet			
RSE					Rapport écrit sur projet	
2^{ème} session						
RNE / RSE					Rapport écrit sur projet	

Responsable de l'enseignement :

Sophie ROMAN

Bibliographie :

Applied Hydrogeology, C.W. FETTER, Prentice Hall. // Groundwater, R.A. FREEZE & J.A. CHERRY.
C.A.J. Appelo & D. Postma (2005) Geochemistry, groundwater and pollution, 2nd Ed., Balkema.

Ressources pédagogiques : Supports de cours en ligne sur site web université.

PARCOURS : G³ Geo²Env CPRE VSED

OMA7ST14

Géochimie des eaux naturelles

Semestre	1	Langue	Français		
Crédits ECTS / Coef.	2	Mise à jour le	6 mai 2021		
Volume horaire total	24h	Dont	CM	TD	TP
				24h	
Seuil de dédoublement :				40 étud.	

Descriptif de l'enseignement

Prérequis : Eléments d'hydrogéologie et de géochimie des eaux.

Objectifs : (savoirs et compétences acquis)

Comprendre et maîtriser les notions et concepts nécessaires à une bonne représentation des ressources en eau et à leur gestion durable eau. Introduction à la régulation chimique dans les aquifères naturels : acquisition du fond géochimique naturel, résilience aux effets anthropiques.

Contenu :

- Tampons acido-basiques en milieux naturels: réserve alcaline, pH, résilience.
- Tampons redox en milieux naturels : métaux et métalloïdes et événements anoxiques.
- Chromatographie géochimique en milieux naturels : silicates primaires et secondaires ; carbonates et évaporites.

MODALITÉS DE CONTRÔLE DE CONNAISSANCES

	CONTROLE CONTINU			CONTROLE TERMINAL		CONTROLE MIXTE
	Nb CC	Durée	Nature (oral/écrit)	Durée	Nature (oral/écrit)	Répartition en % entre CC et CT
1^{ère} session						
• RNE / RSE				3h	Ecrit	
2^{ème} session						
• RNE / RSE				2h	Ecrit	

Responsable de l'enseignement : **Lionel MERCURY**

Bibliographie :

Applied Hydrogeology, C.W. FETTER, Prentice Hall. // Groundwater, R.A. FREEZE & J.A. CHERRY.
C.A.J. Appelo & D. Postma (2005) Geochemistry, groundwater and pollution, 2nd Ed., Balkema. // G. MICHARD (2002)
Chimie des eaux naturelles, 2nd Ed., Publisud.

Ressources pédagogiques : Supports de cours en ligne sur site web université.

PARCOURS : G³ Geo²Env CPRE VSED

OMA7ST15

Géochimie organique

Semestre	1	Langue	Anglais ou Français		
Crédits ECTS / Coef.	3	Mise à jour le	2 avril 2020		
Volume horaire total	24h	Dont	CM	TD	TP
				24h	
Seuil de dédoublement :				40 étud.	

Descriptif de l'enseignement

Prérequis :

Eléments de géochimie acquis en Licence de Sciences de la Terre.

Objectifs (savoirs et compétences acquis) :

Maitriser les notions et concepts nécessaires à la compréhension des processus géochimiques que subit la matière organique dans les environnements de surfaces au cours de la diagenèse précoce. Il vise à familiariser les étudiants à la géochimie organique des environnements superficiels et aux processus qui contrôlent la formation, le transport et le destin des composants organiques actuels ou anciens, qu'ils soient d'origines naturelles ou d'origines anthropiques.

Contenu :

- Typologie des matières organiques : chimie et structure, classifications.
- Chimie du vivant :
 - Contrôles environnementaux, chimiotaxonomie/évolution
 - Métabolismes plantes et microbes (Photosynthèse, respiration, sulfato-réduction, dénitrification, méthanogenèse...)
- Géochimie organique du post-mortem
 - Distribution, transfert réactif, diagenèse du C et de la MO dans les environnements supergènes
- Traceurs organique environnementaux et proxies climatiques : historique, nature, identification et développement (calibration, validation)
- Cycles biogéochimiques du carbone dans les eaux, sédiments, sols et tourbières
- Carbones anthropogéniques (hydro/halocarbures, perturbateurs endocriniens, composés xénobiotiques) dans l'environnement.

Interactions organominérales dans les matrices naturelles et anthropisés.

Modalités de contrôle des connaissances

	CONTROLE CONTINU			CONTROLE TERMINAL		CONTROLE MIXTE
	Nb CC	Durée	Nature (oral/écrit)	Durée	Nature (oral/écrit)	Répartition en % entre CC et CT
1^{ère} session						
• RNE / RSE				3h	Ecrit	
2^{ème} session						
• RNE / RSE				3h	Ecrit	

Responsable de l'enseignement : **Christophe TOURNASSAT**

Bibliographie :

Géologie de la matière organique (Vuibert), Introduction to Organic Geochemistry (Blackwell),

Timothy EGLINTON & Geoffrey EGLINTON 2008. Molecular proxies for paleoclimatology. Earth and Planetary Science Letters 275, 1-16.

Ressources pédagogiques : Supports de cours en ligne sur CELENE

PARCOURS : G³ Geo²Env CPRE VSED

OMA7ST16		Géochimie isotopique			
Semestre	1	Langue	Anglais		
Crédits ECTS / Coef.	2	Mise à jour le	10 juillet 2021		
Volume horaire total	24h	Dont	CM	TD	TP
				24h	
Seuil de dédoublement :				40 étud.	

Descriptif de l'enseignement

Prérequis : Eléments d'hydrogéologie et de géochimie des eaux, acquis en Licence de Sciences de la Terre.

Objectifs (savoirs et compétences acquis) :

Comprendre et maîtriser les notions et concepts nécessaires à une bonne représentation des ressources en eau et à leur gestion durable. Introduction à la régulation chimique dans les aquifères naturels : acquisition du fond géochimique naturel et mécanismes des interactions eau-roche, résilience aux effets anthropiques. Processus d'altération et d'érosion.

Contenu :

Partie 1 : géochimie isotopique fondamentale (15h)

- Bases d'isotopie (3h) : Fractionnement et traçage, désintégration et datation. Grands réservoirs, grands cycles.
- Phase fluides (6h). Isotopes stables, traçage et processus. Datation des eaux, interactions eau-roches. Notion de mélanges, traçage de l'origine des eaux, interactions eaux/sédiments, géothermie.
- Matières minérales et métaux (6h) : Polluants métalliques (Li, Cu, Pb, Zn) dans les BV.

Partie 2 : Composition isotopique et conceptualisation (9h)

- Bilan de masse à l'échelle des aquifères (3h)
- Hydrosystèmes superficiels et peu profonds (3h). Traçage, après-mine, salinisation, processus redox, fluides de fracturation hydraulique. Margeride (interactions eau-roche superficielles et profondes, pollution, cycle des éléments à l'échelle d'un petit BV : isotopes Sr, Nd, Pb, Li, B).
 - Hydrosystèmes profonds et chauds (3h). Géothermie, transport réactif, interactions eau-roche, isotopes et géothermométrie des réservoirs. Cas concret.

Modalités de contrôle des connaissances

	CONTROLE CONTINU			CONTROLE TERMINAL		CONTROLE MIXTE
	Nb CC	Durée	Nature (oral/écrit)	Durée	Nature (oral/écrit)	Répartition en % entre CC et CT
1^{ère} session						
• RNE / RSE				3h	Ecrit	
2^{ème} session						
• RNE / RSE				3h	Ecrit	

Responsable de l'enseignement : Jean-Sébastien MOQUET

Bibliographie :

Ressources pédagogiques : Supports de cours en ligne sur CELENE

PARCOURS :  G³  Geo²Env  CPRE  VSED

OMA7ST18		Ateliers d'insertion professionnelle			
Semestre	1	Langue		Français	
Crédits ECTS / Coef.	1/0	Mise à jour le		10 mai 2021	
Volume horaire total	12h	Dont	CM	TD	TP
				12h	
Seuil de dédoublement :				20 étud.	

Descriptif de l'enseignement

Prérequis : Avant les ateliers, rédiger une lettre de motivation et un CV qui serviront de base de travail aux ateliers.

Objectifs : (savoirs et compétences acquis)

Etre capable de rédiger une lettre de motivation et un curriculum vitae, savoir préparer un entretien professionnel.

ATELIER 1 -Projet professionnel :

Mieux se connaître et réfléchir à un projet professionnel en lien avec ses motivations, sa personnalité, ses compétences

ATELIER 2 - CV :

Pouvoir traduire ses expériences en compétences et les valoriser au mieux sur un CV

ATELIER 3 - Lettre de motivation :

Comprendre comment la lettre de motivation prend part dans le processus de recrutement, comment mettre en avant ses motivations et son intérêt pour le poste

ATELIER 4 - Entretien :

Prendre conscience des enjeux de l'entretien de recrutement et s'y préparer efficacement en tenant compte des évolutions (entretien à distance notamment)

Contenu :

ATELIER 1 -Projet professionnel :

Identifier ses forces et ses points de développement - Apprendre à valoriser ses expériences - Savoir décrire une compétence, un savoir-être, un savoir-faire - Identifier un ou des projets professionnels en fonction de sa personnalité, ses motivations.

ATELIER 2 - CV :

Décrire et mettre ses compétences - Transcrire ses compétences dans un CV

ATELIER 3 - Lettre de motivation :

Apprendre à rédiger une lettre de motivation en réponse à une annonce ou en candidature spontanée.

ATELIER 4 - Entretien :

Comprendre comment l'entretien s'intègre dans le processus de recrutement, s'y préparer.

Modalités de contrôle des connaissances

	CONTROLE CONTINU			CONTROLE TERMINAL		CONTROLE MIXTE
	Nb CC	Durée	Nature (oral/écrit)	Durée	Nature (oral/écrit)	Répartition en % entre CC et CT
1^{ère} session						
• RNE / RSE					Contrôle assiduité	
2^{ème} session						
• RNE / RSE					Sans Objet	

Responsable de l'enseignement : DOIP / Scolarité OSUC

Bibliographie :

Ressources pédagogiques : Distribués pendant les ateliers

Semestre 2

Code APOGEE	OMA8ST01			OMA8ST16			OMA8ST17		
Intitulé	Géostatique & modélisation géologique 3D			Lois de transport dans les hydrogéosystèmes			Caractérisation phys. & chimique de matériaux géologiques		
Responsable	Gautier LAURENT			Jean Louis ROUET			Laurent ARBARET		
Volume H	36h			24h			24h		
Répartition H	CM	TD	TP	CM	TD	TP	CM	TD	TP
		9h	27h		12h	12h		6h	18h
ECTS	3			2 Geo2env / 3 G ³			3 Geo2env / 2 G ³		
Commun avec									

Code APOGEE	OMA8ST04			OMA8ST05			OMA8ST15		
Intitulé	Tectonophysique			Géologie endogène Terrain			Métamorphisme		
Responsable	Hugues RAIMBOURG			Laurent ARBARET			Laura AIRAGHI		
Volume H	40h			65h			48h		
Répartition H	CM	TD	TP	CM	TD	TP	CM	TD	TP
		40h				65h		33h	15h
ECTS	3			4			3		
Commun avec									

Code APOGEE	OMA8ST07			OMA8ST08			OMA8ST09		
Intitulé	Processus métallogéniques			Géochimie environnementale			Stage de terrain Hydrogéologie/Aquifères		
Responsable	Stanislas SIZARET			Lionel MERCURY			Sophie ROMAN		
Volume H	36h			48h			45h		
Répartition H	CM	TD	TP	CM	TD	TP	CM	TD	TP
		18h	18h		48h			10h	35h
ECTS	3			4			4		
Commun avec									

Code APOGEE	OMA8ST18			OMA8S24A			OMA8S19A		
Intitulé	Métrologie environnementale			Travail encadré de Recherche et Dév G ²			Travail encadré de Recherche et Dév G ³		
Responsable	Jean-Sébastien MOQUET			Christophe TOURNASSAT			Fabrice GAILLARD		
Volume H	24h			10h			10h		
Répartition H	CM	TD	TP	CM	TD	TP	CM	TD	TP
		10h	14h		10h			10h	
ECTS	3 Geo2env / 2 CPRE / 5 VSED			10			10		
Commun avec									

Code APOGEE	OMA8ST13		
Intitulé	Stage – 5 mois		
Responsable	Responsable parcours		
Volume H	20h		
Répartition H	CM	TD	TP
		20	
ECTS	30		
Commun avec			

PARCOURS :  G³  Geo²Env  CPRE  VSED

OMA8ST01

Géostatistiques & Modélisation géologique 3D

Semestre	2	Langue	Français		
Crédits ECTS / Coef.	3	Mise à jour le	16 juin 2021		
Volume horaire total	36h	Dont	CM	TD	TP
				9h	9h
Seuil de dédoublement			40	20	12

Descriptif de l'enseignement

Prérequis :

Modules : cartographie géologique/géophysique numérique, cartographie structurale (terrain Semestre2) ; Formations superficielles (S1).

Notions : gestion de données sous tableurs, statistiques, cartographie numérique, interprétation des anomalies de champs de potentiels, bases en sédimentologie de bassin et en géomorphologie (bassins versants)

Objectifs : (savoirs et compétences acquis)

Ce module forme à la maîtrise des outils d'analyse et d'interpolation des variables régionalisées à travers l'approche géostatistique.

Il offre aussi une formation à la modélisation des structures géologiques en 3D à travers l'intégration de données géologiques, cartographiques, et géophysiques.

Les principes théoriques et des TD d'apprentissage des calculs géostatistiques seront enseignés dans un bloc commun (18h). Dans un second temps (bloc 2), les étudiants choisiront, en fonction de leur parcours de Master, de suivre des travaux de mise en application de ces approches soit (i) dans le domaine de la géologie de 'socles', soit (ii) dans le domaine de « géologie de surface ». Ces blocs donneront lieu à des enseignements en groupes de TD et TP séparés. Les objets d'application de ce module correspondent aux zones étudiées dans le cadre du module 'terrain' organisé pendant le semestre 2 du Master.

Contenu :

Bloc 1 (18h – commun) :

Concepts et principes de géostatistiques : théorie et applications numériques (TDs). Introduction à la modélisation 3D et ses applications en Sciences de la Terre. Détails des méthodes d'interpolation des structures géologiques en 3D (surface d'élévation, surfaces implicites, ...)

Bloc 2 (18h – en groupes thématiques) :

Prise en main d'une démarche complète de modélisation depuis le traitement des données de surface (observations et mesures géologiques et/ou morphologiques) et de sub-surface (traitement des données géophysiques), le choix de la méthode d'interpolation, le calcul du modèle géométrique, sa validation puis son exploitation.

Bloc 2 Choix 1 - G3 : Applications sur les domaines de socles

Ces travaux dirigés et pratiques seront effectués en utilisant le logiciel 3DGeomodeler© développé au BRGM. Séances d'apprentissage des principes et outils du logiciel. Interpolation d'un modèle géologique 3D à partir (i) des relevés de terrain effectués pendant le stage de terrain, au cours du même semestre, et (ii) des données géophysiques/forages mises à disposition.

Bloc 2 Choix 2 - Geo²Env : Applications en géologie de surface

Initiation au logiciel OpendTect (création de projet, gestion et interprétation de profils sismiques réflexion). Ce type de logiciel est largement utilisé par les laboratoires de recherche académiques et les industriels, et notamment les industriels pétroliers. L'étudiant sera amené à créer et gérer un projet, afin d'interpréter des profils sismiques réflexion. Il sera initié à l'exportation et l'extrapolation de données acoustiques dans le but de générer des cartes thématiques concernant des zones de dépôts sédimentaires particuliers ou des zones de gaz pouvant témoigner de la présence d'hydrocarbures ou de structures grande échelle de type faille ou grabben.

Modalités de contrôle des connaissances

	CONTROLE CONTINU			CONTROLE TERMINAL		CONTROLE MIXTE
	Nb CC	Durée	Nature (oral/écrit)	Durée	Nature (oral/écrit)	Répartition en % entre CC et CT
1^{ère} session						
• RNE	1 1	2h	Rapport (50%) Ecrit (50%)			
• RSE				2h	Rapport (50%) Ecrit (50%)	50% / 50%
2^{ème} session						
• RNE / RSE				20mn	Oral	100%

Responsable de l'enseignement :

Gautier LAURENT

Bibliographie :

- Bourgin B. (2008) – Analyse géostatistique à l'aide du programme Geostat2D. BRGMRP- 56354-FR
- Wackernagel H. (1998) – Multivariate Geostatistics, Springer-Verlag, Berlin, Germany ; 283p.
- P. Calcagno, J.P. Chilès, G. Courrioux, A. Guillen (2008), Geological modelling from field data and geological knowledge: Part I. Modelling method coupling 3D potential-field interpolation and geological rules, Physics of the Earth and Planetary Interiors, 171(1-4), p. 147-157. : <http://scd.univ-orleans.fr/>
- Guillen, Ph. Calcagno, G. Courrioux, A. Joly, P. Ledru (2008), Geological modelling from field data and geological knowledge: Part II. Modelling validation using gravity and magnetic data inversion. In Physics of the Earth and Planetary Interiors, 171(1-4), p. 159-169. <http://scd.univ-orleans.fr/>
- Martelet G., Calcagno P., Gumiaux C., Truffert C., Bitri A., Gapais D. and Brun J.P. (2004), Integrated 3D geophysical modelling of the Hercynian Suture Zone in the Champtoceaux area (south Brittany, France), Tectonophysics, 382, p. 117-128. <http://scd.univ-orleans.fr/>
- Damien Do Couto. Evolution géodynamique de la Mer d'Alboran par l'étude des bassins sédimentaires. Sciences de la Terre. Université Pierre et Marie Curie - Paris VI, 2014. Français.
- Simonneau et al., 2013, Mass-movement and flood-induced deposits in Lake Ledro, southern Alps, Italy: implications for Holocene palaeohydrology and natural hazards, Climate of the Past, 9, pp.825-840.
- Schnellmann et al., 2005, Mass movement-induced fold-and-thrust belt structures in unconsolidated sediments in Lake Lucerne (Switzerland), Sedimentology, 52, pp. 271-289.

Ressources pédagogiques :

- Logiciel GEOSTAT 2D (Brgm-Orléans ; fourni en séances de TD)
- Logiciel Geomodeller3D (Brgm-Orléans ; fourni en séances de TD).
- Logiciel OpendTect (à télécharger sur <https://www.dgbes.com/index.php/download> et/ou fourni en salle informatique OSUC)

PARCOURS :  G³  Geo²Env  CPRE  VSED

OMA8ST16		Lois de transport dans les hydro-géosystèmes			
Semestre	2	Langue	Français		
Crédits ECTS / Coef.	2 G ³ 3 Géo ² env	Mise à jour le	06 mai 2021		
Volume horaire total	24h	Dont	CM	TD	TP
				12h	12h
Seuil de dédoublement				40 étud.	10 étud.

Descriptif de l'enseignement

Prérequis : Bases d'hydrogéologie (perméabilité, porosité, gradient de pression, loi de Darcy).

Objectifs : (savoirs et compétences acquis)

- Comprendre les processus de transport de la matière et de la chaleur.
- Savoir modéliser les phénomènes de transports.
- Connaître la hiérarchie des modèles.
- Comprendre et utiliser les paramètres sans dimension.
- Utiliser de façon raisonnée un code par éléments finis.

Contenu :

- Équation de conservation, équations de transports convectif et diffusif (équation de la chaleur), transport de solutés. Introductions aux équations de Navier-Stokes et à la loi de Darcy.
- Initiation à la modélisation pour les hydro-géosystèmes poreux ou fracturés, initiation au couplage entre transport de masse et de chaleur.
- Initiation et utilisation d'un code par éléments finis
- Application aux hydro-géosystèmes : systèmes hydrothermaux, géothermie et migration des polluants dans un aquifère.

Modalités de contrôle des connaissances

	CONTROLE CONTINU			CONTROLE TERMINAL		CONTROLE MIXTE
	Nb CC	Durée	Nature (oral/écrit)	Durée	Nature (oral/écrit)	Répartition en % entre CC et CT
1^{ère} session						
• RNE / RSE				30 mn	Oral sur projet	
2^{ème} session						
• RNE / RSE				30 mn	Oral	

Responsable de l'enseignement : **Jean-Louis ROUET**

Bibliographie :

- D.L. Turcotte and G. Schubert, Geodynamics, Cambridge University Press, Cambridge, 2002
- M. Rappaz, M. Bellet, M. Deville, Modélisation en science et génie des matériaux, presse polytechnique et universitaires romandes, Lausanne, 1998

Ressources pédagogiques : fascicule en ligne, Comsol : aide en ligne

PARCOURS :  G³  Geo²Env  CPRE  VSED

OMA8ST17

Caractérisation physique & chimique des matériaux géologiques

Semestre	2	Langue	Français ou Anglais			
Crédits ECTS / Coef.	2 G ³ 3 Géo ² Env	Mise à jour le	16 juin 2021			
Volume horaire total	24h	Dont	CM	TD	TP	
				6h	9h	9h
Seuil de dédoublement				40 étud.	20 étud.	4 étud.

Descriptif de l'enseignement

Prérequis : En fonction du projet choisi, les modules du premier semestre correspondants Geo2Env ou MGM.

Objectifs : (savoirs et compétences acquis) Maitriser les outils d'analyses des matériaux géologiques avec des approches théorique et pratique. Savoir traiter les données d'analyses et les interpréter. Contrôler la qualité des données acquises. Mise en pratique sur un outil analytique utilisé dans le cadre du projet de recherche M1.

Contenu :

TD (6h)

- Spectrométrie de masse : Absorption / Diffusion / Emission. Spectre électromagnétique. Vibrations. Interaction matière – rayonnement (Application au Raman et IR).
- Principes de la diffusion et de la réfraction des rayons X (application au MEB, sonde, DRX, Micro-tomographe).
- Chromatographie (application à l'analyseur élémentaire et CGMS)

TP (9h)

- Projet de recherche par groupe de 6 sur un outil analytique déterminé selon le projet personnel et sur une liste définie en début d'année.

Modalités de contrôle des connaissances

	CONTROLE CONTINU			CONTROLE TERMINAL		CONTROLE MIXTE
	Nb CC	Durée	Nature (oral/écrit)	Durée	Nature (oral/écrit)	Répartition en % entre CC et CT
1^{ère} session						
• RNE / RSE					Rapport écrit individuel	
2^{ème} session						
• RNE / RSE					Rapport écrit individuel	

Responsable de l'enseignement : **Laurent ARBARET**

Bibliographie : Fournie en début de module en fonction du projet analytique choisi.

Ressources pédagogiques : Documents et manuels sur l'ENT

PARCOURS : G³ Geo²Env CPRE VSED

OMA8ST04		Tectonophysique			
Semestre	2	Langue	Français		
Crédits ECTS / Coef.	3	Mise à jour le	6 mai 2021		
Volume horaire total	40h	Dont	CM	TD	TP
				40h	
Seuil de dédoublement				40 étud.	

Descriptif de l'enseignement

Prérequis : Géodynamique (M1), Caractérisation physique et chimique des matériaux géologiques (M1)

Objectifs : (savoirs et compétences acquis)

- Décrire les propriétés physiques des matériaux géologiques profonds
- Décrire et mettre en équation les différents modes de déformation des matériaux géologiques
- Modéliser des cas de figures naturels de déformation, à toutes les échelles

Contenu :

- Les grands types de comportement mécanique (solide-fluide, fragile, visqueux, plastique, fluage, élastique, poroélastique) – rappel sur le tenseur des contraintes (4h)

- Mécanique des fluides (8h) : viscosité, écoulement de Stokes, écoulement de Couette, onde de compaction, modélisation biphasique

- Rhéologie des magmas (8h) : Ecoulement des suspensions magmatiques et structuration pénétrative, comportement mécanique des mushs et localisation de la déformation, liens avec l'extraction des liquides et fluides tardifs. Cours + applications analogiques et expérimentales

- Mécanique de la croûte :

Mécanique des milieux superficiels (8h) :

Rappel sur le tenseur des contraintes, cercle de Mohr, méthodes microtectoniques, mécanique de la friction et comportement des failles (cycle sismique, conditions pour les instabilités), introduction aux processus de pression-dissolution, déformation expérimentale

Mécanique des milieux ductiles (10h) :

Définition des dislocations et de la plasticité, processus de diffusion, méthodes de caractérisation (textures cristallographiques, mise en évidence en microscopie optique et à l'EBS), observation d'échantillons naturels, déformation expérimentale, lois de fluage, cartes de déformation

- Intégration des différentes lois pour obtenir un profil rhéologique de la lithosphère, application aux différents contextes géodynamiques (2h)

Modalités de contrôle des connaissances

	CONTROLE CONTINU			CONTROLE TERMINAL		CONTROLE MIXTE
	Nb CC	Durée	Nature (oral/écrit)	Durée	Nature (oral/écrit)	Répartition en % entre CC et CT
1^{ère} session						
• RNE	1	2h	Ecrit	2h	Ecrit	50% / 50%
• RSE				2h	Ecrit	
2^{ème} session						
• RNE / RSE				2h	Ecrit	

Responsable de l'enseignement : **Hugues RAIMBOURG**

PARCOURS : <input checked="" type="checkbox"/> G ³ <input type="checkbox"/> Geo ² Env <input type="checkbox"/> CPRE <input type="checkbox"/> VSED						
OMA8ST05		Géologie endogène : terrain d'application - Intégration géophysique & géomatique				
Semestre	2	Langue			Français (lecture en anglais)	
Crédits ECTS / Coef.	4	Mise à jour le			16 juin 2021	
Volume horaire total	65h	Dont	CM	TD	TP	
					65h	
Seuil de dédoublement : Terrain					8 étud.	
Descriptif de l'enseignement						
Prérequis : Bases solides en pétrologie magmatique, métamorphique, en géologie structurale et en métallogénie acquises en licence et dans les modules du M1 (Géologie des gisements minéraux, Métamorphisme, Cartographie géologique-géophysique numérique, Magmatisme, Processus métallogéniques, Tectonique et géo-dynamique....)						
Objectifs : (savoirs et compétences acquis) Cette école de terrain a pour objectif la mise en application de l'expertise théorique acquise au cours de la première année de Master dans les domaines fondamentaux de la géologie profonde. Différents ateliers de cartographie et relevés géologiques par coupes et rainurages permettront de mettre en application les trois grandes disciplines représentatives de l'expertise de l'ISTO. Le remplacement dans le contexte géodynamique global sera épaulé par l'intégration de données géophysiques et la spatialisation des données par les outils SIG.						
1 - Magmatologie/volcanologie : Analyse lithologique et sédimentologique des dépôts pyroclastiques, analyse texturale et structurale des corps laviques et plutoniques. Interprétation des faciès volcaniques en termes de dynamismes éruptifs et de mises en place des corps magmatiques. Intégration dans le contexte géodynamique.						
2 - Géodynamique : Cartographie en domaine de socle et bassin qui permet de mener une réflexion à l'échelle d'une portion de chaîne de montagnes, de sa structure à son histoire tectonique, à l'échelle crustale et lithosphérique, de la compression à l'extension post-orogénique.						
3 - Métallogénie : Description avec les moyens disponibles sur le terrain des minéralisations et leur contexte géologique immédiat pour en déduire des métalotectes et ébaucher l'histoire des métaux dans la région étudiée. Elaboration de documents miniers : levés miniers, évaluation de teneurs, carte de détail, fiches d'indices.						
+ Intégration géophysique : Les données acquises par les étudiants sur le terrain sont complétées par des données géophysiques, permettant ainsi de se confronter à l'intégration de données interdisciplinaires, du terrain à la géophysique profonde et ainsi d'acquérir une maîtrise des changements d'échelle si importants en géosciences.						
+ Intégration SIG : La démarche intégratrice visée sera finalisée par l'utilisation d'outils de cartographie numérique pour compiler les données de terrain dans un SIG et croiser les couches thématiques mises en forme.						
Contenu : Les étudiants travaillent sur leur terrain en binôme ou trinôme pour établir des relevés de prospection (carte géologique, carte structurale, ainsi que des coupes à différentes échelles), et l'ensemble des données du groupe est intégré dans un modèle régional. Le stage est validé par la rédaction d'un rapport rassemblant et commentant les documents élaborés et réalisant une synthèse de l'ensemble des travaux effectués.						
Modalités de contrôle des connaissances						
	CONTROLE CONTINU			CONTROLE TERMINAL		CONTROLE MIXTE
	Nb CC	Durée	Nature (oral/écrit)	Durée	Nature (oral/écrit)	Répartition en % entre CC et CT
1^{ère} session						
	• RNE/RSE				Rapport	
2^{ème} session						
	• RNE / RSE			20mn	Oral	
Responsable de l'enseignement :				Laurent ARBARET		

PARCOURS : G³ Geo²Env CPRE VSED

OMA8ST15		Métamorphisme			
Semestre	2	Langue	Anglais		
Crédits ECTS / Coef.	3	Mise à jour le	10 mai 2021		
Volume horaire total	48h	Dont	CM	TD	TP
				33h	15h
Seuil de dédoublement :			40 étud.	18 étud.	

Descriptif de l'enseignement

Prérequis : Connaissances niveau Licence : Minéralogie – Pétrologie métamorphique – Géologie structurale – Géodynamique. Connaissances niveau Master : Thermochimie

Objectifs : (savoirs et compétences acquis)

Consolider les principes de base permettant de construire un trajet P-T.

Montrer la nécessité de compléter les connaissances en analyse des textures, en géochronologie et en géothermobarométrie pour construire précisément des trajets P-T-t-d.

Apprendre à faire le lien entre un chemin P-T-t-d et le contexte géodynamique

Fournir les principes de base et les outils thermo-barométriques les plus courants de la quantification des conditions du métamorphisme. Utiliser et intégrer les outils isotopiques dans la datation et la compréhension des processus métamorphiques.

Contenu : Rappel et approfondissement de notions acquises en licence : Le métamorphisme présenté comme un témoin de l'histoire P-T de la croûte terrestre imposée par la tectonique des plaques. Les principes de la reconstitution des trajets P-T(-t-d) (interprétation des observations texturales et microstructurales, exploitation des minéraux zonés, utilisation des faciès métamorphiques et des grilles pétrogénétiques pour évaluer les conditions P-T).

La thermobarométrie minéralogique classique : Les thermomètres fondés sur une réaction d'échange (Exemple du thermomètre grenat-biotite) – Les thermomètres fondés sur un solvus – Les baromètres fondés sur une réaction avec transfert net de matière (Exemple du baromètre GASP) – Autres thermobaromètres (Exemple du baromètre des phengites).

Radiochronologie : Le fonctionnement de deux des systèmes isotopiques les plus performants et fiables en matière de géochronologie (U/Th/Pb et K/Ar (Ar/Ar)) afin d'apporter des contraintes temporelles à des successions complexes d'événements. Après une revue des aspects théoriques, l'accent est mis sur la présentation d'exemples concrets pour lesquels les datations apportent, outre des âges absolus, des contraintes sur les vitesses d'exhumation ou de déformation comme sur le rôle des fluides ou de la déformation.

Modalités de contrôle des connaissances

	CONTROLE CONTINU			CONTROLE TERMINAL		CONTROLE MIXTE
	Nb CC	Durée	Nature (oral/écrit)	Durée	Nature (oral/écrit)	Répartition en % entre CC et CT
1^{ère} session						
• RNE	1	2h	Ecrit	3h	Ecrit	40% / 60%
• RSE				3h	Ecrit	
2^{ème} session						
• RNE / RSE				3h	Ecrit	

Responsable de l'enseignement : Laura AIRAGHI

Bibliographie :

- ALBARÈDE F. (2001) : La géochimie. *Gordon and Breach Science Publishers*
- ALLÈGRE C. J. (2005) : Géologie isotopique. *Belin*
- BARD J.-P. (1990) : Microtextures des roches magmatiques et métamorphiques. *Masson*.
- BARKER A.J. (1998) : Introduction to metamorphic textures and microtextures. *Stanley Thornes (Publishers)Ltd*.
- NICOLLET C. (2017) : Métamorphisme et géodynamique. *Dunod*.
- SPEAR F.S. (1993) : Metamorphic phase equilibria and pressure-temperature-time paths. *Washington, DC, Mineral. Soc. Am.*
- VERNON R.H. & CLARKE G.I. (2008) Principles of metamorphic petrology. *Cambridge University Press*

Publications : *Journal of Metamorphic Geology, Journal of Petrology, Lithos, European Journal of Mineralogy, American Mineralogist, Elements, Contribution to Mineralogy and Petrology, etc.*

Ressources pédagogiques : Polycopiés. Présentations Power Point servant de supports aux enseignements et corrigés d'exercices déposés sur la plateforme de cours en ligne CELENE.

PARCOURS : <input checked="" type="checkbox"/> G ³ <input type="checkbox"/> Geo ² Env <input type="checkbox"/> CPRE <input type="checkbox"/> VSED						
OMA8ST07			Processus métallogéniques			
Semestre	2	Langue		Français / Anglais		
Crédits ECTS / Coef.	3	Fiche mise à jour le		23 mai 2021		
Volume horaire total	36h	Dont	CM	TD	TP	
				18h	18h	
Seuil de dédoublement				40 étud.	12 étud.	
Descriptif de l'enseignement						
Prérequis : Pétrologie, Minéralogie, Géologie						
Objectifs : (savoirs et compétences acquis) Ce module a pour objectifs de donner les méthodes d'études et les concepts de base nécessaires pour aborder la genèse des concentrations minérales.						
Contenu : Dans ce module sont présentés les gisements métalliques : source, transport, dépôt et les remobilisations supergènes L'enseignement est structuré en 4 parties fondamentales : 1 - La caractérisation des sources par les signatures géochimiques intégration des outils isotopiques radiogéniques pour tracer les sources des métaux. Etude des pré-concentrations magmatiques et concentrations magmatiques. 2 - Caractérisation du vecteur de transport hydrothermal au niveau de la zone de dépôt : Méthode d'études des inclusions fluides (Interprétation des données micro-thermométriques, condition P, T, X du dépôt). Analyse de la signature géochimique et identification des processus hydrothermaux par les isotopes stables dans la zone de précipitation. 3 - Solubilité des métaux conséquence de la source aux conditions de précipitation. Construction de diagramme logfO ₂ -pH. Domaine de stabilité des complexes et des phases solides. 4 - Remobilisation supergène des métaux.						
Etudes de cas : VMS / Sedex / MVT Gossan et zone de cementation Les coupoles granitiques des systèmes péralumineux Pegmatites et granites à métaux rares Gisement magmatique ultrabasique à Ni Cu.						
Modalités de contrôle des connaissances						
	CONTROLE CONTINU			CONTROLE TERMINAL		CONTROLE MIXTE
	Nb CC	Durée	Nature (oral/écrit)	Durée	Nature (oral/écrit)	Répartition en % entre CC et CT
1^{ère} session						
	• RNE / RSE				Rapport sur étude de cas	
2^{ème} session						
	• RNE / RSE				Rapports	
Responsable de l'enseignement :				Stanislas SIZARET		
Bibliographie : Roedder E. 1984. Fluid Inclusions, Review in Mineralogy 12 Barnes H.-L., 1997. Geochemistry of hydrothermal ore deposits. Third edition, Wiley and Sons. Robb L., 2008. Introduction to ore forming processes. Blackwell Publishing						

PARCOURS : <input type="checkbox"/> G ³ <input checked="" type="checkbox"/> Geo ² Env <input type="checkbox"/> CPRE <input type="checkbox"/> VSED						
OMA8ST08			Géochimie environnementale			
Semestre	2	Langue		Anglais ou Français		
Crédits ECTS / Coef.	4	Mise à jour le		10 mai 2021		
Volume horaire total	48h	Dont	CM	TD	TP	
				48h		
Seuil de dédoublement				40 étud.		
Descriptif de l'enseignement						
Prérequis : Eléments d'hydrogéologie et de géochimie des eaux, acquis en Licence de Sciences de la Terre. Master : Hydrogéochimie (S1).						
Objectifs : (savoirs et compétences acquis) Connaissance des principaux trajets de minéralisation des eaux, avec et sans apports anthropiques. Maîtriser les interactions multiples eau-roches-biomasse-homme. Avoir une première approche des temps, concentrations et volumes caractéristiques, des stratégies de contrôle ou de remédiation possibles, c'est à dire de l'inertie des systèmes naturels						
Contenu : Un cas particulier de réactivité fluide-roche en contexte anthropisé sera étudié tout au long du module pour : (i) apprendre à décomposer des observables en mécanismes et processus (vus par ailleurs) ; (ii) relier des observables avec des mesures de terrain ou de laboratoire et des notions générales ; (iii) générer un modèle conceptuel, réduits aux forces motrices et paramètres majeurs de l'état et de l'évolution des systèmes. Ce sera l'occasion de conceptualiser et quantifier les itinéraires géochimiques qui aboutissent au fonds géochimique des aquifères naturels, puis de voir comment les intrants anthropiques déplacent ces signatures naturelles et « brutalisent » le réservoir. L'effet des tampons naturels (voir EC2 hydrogéochimie) sera particulièrement examiné, ainsi que les couplages piézométrie-chimie dans la propagation du panache. La deuxième partie du module sera consacrée à la minéralogie environnementale des déchets, des argiles et colloïdes 'secondaires', et aux propriétés de sourcing en métaux et polluants de ces phases diverses. En parallèle, la conceptualisation et la quantification des phénomènes de sorption (échanges ioniques, complexation de surface) seront menées. L'ensemble de la quantification sera menée en utilisant le logiciel géochimique PHREEQC .						
MODALITÉS DE CONTRÔLE DE CONNAISSANCES						
	CONTROLE CONTINU			CONTROLE TERMINAL		CONTROLE MIXTE
	Nb CC	Durée	Nature (oral/écrit)	Durée	Nature (oral/écrit)	Répartition en % entre CC et CT
1^{ère} session						
• RNE	1		Rapport écrit sur projet		Rapport écrit sur projet	50% / 50%
• RSE					Rapport écrit sur projet	
2^{ème} session						
• RNE / RSE				3h	Ecrit	
Responsable de l'enseignement :			Lionel MERCURY			
Bibliographie : C. Appelo & D. Postma (2005) Geochemistry, groundwater and pollution, 2nd Ed., Balkema. // Langmuir D. (1997) Aqueous environmental geochemistry, Prentice hall // S.D. Killops, V. Killops (2004) Introduction to Organic Geochemistry, Wiley-Blackwell. // D.J. Vaughan and R.A. Wogelius (Eds) (2013) Environmental Mineralogy II. EMU Notes in Mineralogy, vol. 13.						
Ressources pédagogiques : Supports de cours en ligne sur site web université						

PARCOURS : G³ Geo²Env CPRE VSED

OMA8ST09

Terrain, Hydrogéologie / Aquifères

Semestre	2	Langue	Anglais ou Français		
Crédits ECTS / Coef.	4	Mise à jour le	10 mai 2021		
Volume horaire total	45h	Dont	CM	TD	TP
				10h salles info	35h terrain
Seuil de dédoublement : Terrain, salles info				10 étud.	8 étud.

Descriptif de l'enseignement

Prérequis : Eléments d'hydrogéologie et de géochimie des eaux, acquis en Licence de Sciences de la Terre.
Master : Hydrogéochimie (S1) ; Géochimie environnementale (S2) ; Métrologie, Observation, sites instrumentés (S2)

Objectifs : (savoirs et compétences acquis)

Savoir appréhender le fonctionnement d'un système hydrogéologique dans son environnement, et extraire les paramètres-clés de son étude.

Contenu : Etude d'un bassin versant hydrologique et son bassin versant hydrogéologique (6 à 8 jours de terrain).

Continuum sols-aquifères (voir terrain monitoring et sols instrumentés).

- Techniques de terrain : débit, piézométrie, pompage d'essai, physico-chimie
- Etude de conditions aux limites (e.g., biseau salé, pression anthropique, rivières, aquitard, formations imperméables, etc.).
- Schéma hydrodynamique. Relations entre aquifère, eaux de surface-eaux souterraines Piézométrie et écoulement. Connaissance des réserves et écoulements majeurs.
- Modélisation numérique du bassin.

Modalités de contrôle des connaissances

	CONTROLE CONTINU			CONTROLE TERMINAL		CONTROLE MIXTE
	Nb CC	Durée	Nature (oral/écrit)	Durée	Nature (oral/écrit)	Répartition en % entre CC et CT
1^{ère} session						
• RNE				30 mn	Oral (50%) Rapport (50%)	
• RSE					Rapport	
2^{ème} session						
• RNE / RSE					Rapport	

Responsable de l'enseignement : **Sophie ROMAN**

Bibliographie :

- Gilbert CASTANY Hydrogéologie, (Dunod) / BU de Sciences 551.49 CAS

Ressources pédagogiques : Supports de cours en ligne sur site web université.

PARCOURS :  G³  Geo²Env  CPRE  VSED

OMA8ST18		Métrologie environnementale			
Semestre	2	Langue		Français	
Crédits ECTS / Coef.	3 Géo²Env 5 VSED 2 CPRE	Mise à jour le		10 juillet 2021	
Volume horaire total	24h	Dont	CM	TD	TP
				10h	14h
Seuil de dédoublement				20 étud.	4 étud.

Descriptif de l'enseignement

Prérequis :

« Sciences des sols » et « Stratigraphies et genèse des formations superficielles » (S1), hydrogéochimie (S1), « géochimie organique » et « géochimie isotopique » (S1)

Objectifs : (savoirs et compétences acquis)

Les objectifs de ce module sont 1) de mettre les étudiants en situation de recherche (élaboration d'une question scientifique en lien avec les problématiques des sites) en s'appuyant sur des dispositifs d'observation des milieux naturels, 2) de conceptualiser la mise en place d'un protocole pour répondre à la question, 3) d'acquérir, traiter et mettre en forme les données acquises ou à acquérir pour apporter une réponse à la question, 4) d'amener les étudiants à avoir un regard critique sur les instruments (limites, complémentarité) et les données (quantités, stockage, traitement, control qualité).

Contenu :

Ce module s'inscrit dans une continuité d'approche terrain-observation-expérimentation-modélisation, qui sera déroulé tout au long du master. Plus spécifiquement, ce module adresse le moment clé où à partir des résultats de l'expérimentation et de la modélisation, le chercheur doit réfléchir à de nouvelles questions et tester de nouvelles hypothèses. Pour ce faire, une stratégie de mesure dans le but d'acquérir des données à même de répondre à la question doit être mise en place.

Après une introduction (1h) sur les différents types d'observatoires, leurs missions, leur place dans le paysage scientifique français et international, la première partie de cette unité sera consacrée à la présentation (1.5h chacun) de 5 sites instrumentés du projet PIVOTS : OZNS, OS2, le super-site Voltaire-PRAT, la tourbière de la Guette et PRIME, ainsi que la plateforme CAPRYSSSES (présentiel, 7.5h au total, tous les groupes réunis).

Ensuite, chaque groupe (4 étudiants par groupe, 4 groupes) disposera d'un mois pour élaborer un questionnement scientifique nouveau sur le site qu'il a choisi, sur la base d'échanges que le groupe sollicite auprès des chercheurs concernés (4h, non présentiel).

Une fois la question posée, chaque groupe aura la possibilité de mettre en place des dispositifs de mesures et/ou d'effectuer des mesures complémentaires pour compléter des chroniques existantes et/ou participer au fonctionnement d'appareils déjà en place sur les sites d'observation, avec leurs encadrants respectifs. Puis, à partir des données, chaque groupe devra rédiger un rapport dans lequel devront être exposés i) la question posée avec les hypothèses de travail, ii) la stratégie de mesures mise en œuvre, iii) les résultats obtenus, et iv) une discussion : si possible, cette dernière devra mettre l'accent sur les capteurs qui pourraient être déployés pour développer d'avantage la question posée. Ce travail sera encadré pour chaque groupe par un chercheur impliqué dans l'observatoire concerné (14h TD affecté par groupe) et un travail de réflexion/rédaction en groupe (20h, non présentiel).

Bilan horaire :

Présentiel : 24h (10h TD, 14h TP avec encadrant)

Non présentiel : 24h (4h réflexion initiale, 20h rédaction du rapport)

Modalités de contrôle des connaissances

	CONTROLE CONTINU			CONTROLE TERMINAL		CONTROLE MIXTE
	Nb CC	Durée	Nature (oral/écrit)	Durée	Nature (oral/écrit)	Répartition en % entre CC et CT
1^{ère} session						
• RNE/RSE				15mn	Rapport écrit (50%) Oral (50%)	
2^{ème} session						
• RNE / RSE				15mn	Oral	

Responsable de l'enseignement : **Jean-Sébastien MOQUET**

PARCOURS : G³ Geo²Env CPRE VSED

OMA8ST24		Travail Encadré de Recherche et Dév. G2			
Semestre	2	Langue	Français		
Crédits ECTS / Coef.	10	Mise à jour le	10 mai 2021		
Volume horaire total		Dont	CM	TD	TP
				10h	
Seuil de dédoublement				1 étud.	

Descriptif de l'enseignement

Prérequis : Aucun

Objectifs : (savoirs et compétences acquis)

Ce module est un travail/projet personnel encadré et réalisé dans un laboratoire ou une entreprise.

Il a pour but de déployer une étude de recherche appliquée et/ou de développement technologiques en Sciences de la Terre, dans les domaines d'application du parcours Geo2env. Il s'agit de la mise en œuvre de la méthodologie universitaire, caractérisée par l'étude critique et la création de connaissances, au-travers d'une démarche personnelle en autonomie supervisée.

Ce module comprend 2 EC :

EC1 OMA8ST24A – obligatoire (10 ECTS) / EC2 OMA8ST24B – optionnelle (pas d'ECTS).

➤ Contenu :

Le but de ce module est de réaliser un travail de recherche et/ou développement, sur un problème pratique identifié, c'est-à-dire, en fonction du sujet choisi :

- replacer le problème dans son contexte scientifique,
- de réaliser des manip ou des observations en relation,
- d'acquérir et de manipuler des résultats bruts,
- de développer des outils ou protocoles d'analyse ou traitement des données,
- de développer des interprétations et des conclusions pour relier ces résultats à la problématique initiale

Concrètement, le travail est effectué de manière individuelle au sein d'un laboratoire ou d'une entreprise, selon le projet professionnel de l'étudiant.e. Il est encadré par un ou plusieurs collègues d'un laboratoire ou professionnels du privé. Il fait ainsi l'objet d'une convention officielle requise et à faire signer entre la composante de formation (l'OSUC) et le laboratoire d'accueil.

EC1 : Il se déroule sur une période de deux mois en fin de semestre 2 ce qui inclut : le travail concret, la rédaction d'un rapport de synthèse et d'interprétations sur cette partie du travail et la préparation d'une présentation et la présentation orale (devant jury) des résultats et conclusions apportées à ce stade.

EC2 : Ce travail constitue un prolongement possible et optionnel du travail réalisé pendant l'EC1. Il peut être réalisé pendant la période d'été (Juillet-Août), sous forme d'avenant et pour une durée à définir avec le laboratoire ou l'entreprise d'accueil. Un rapport correspondant à cette seconde période d'étude (mais non soumis à une notation) sera produit par les étudiants

Modalités de contrôle des connaissances

	CONTROLE CONTINU			CONTROLE TERMINAL		CONTROLE MIXTE
	Nb CC	Durée	Nature (oral/écrit)	Durée	Nature (oral/écrit)	Répartition en % entre CC et CT
1^{ère} session						
• RNE/RSE				30mn	Rapport (50%) Oral (50%)	
2^{ème} session						
• RNE / RSE					Sans objet	

Responsable de l'enseignement : Christophe TOURNASSAT

Ressources pédagogiques : Des ateliers de formation en groupe seront organisés pour former les étudiante(s) aux outils et méthodes de recherche d'information bibliographique et de gestion des citations dans les rapports scientifiques.

PARCOURS : <input checked="" type="checkbox"/> G ³ <input type="checkbox"/> Geo ² Env <input type="checkbox"/> CPRE <input type="checkbox"/> VSED						
OMA8ST19		Travail Encadré de Recherche et Dév. G3				
Semestre	2	Langue		Français		
Crédits ECTS / Coef.	10	Mise à jour le		12 juin 2020		
Volume horaire total		Dont	CM	TD	TP	
				10h		
Seuil de dédoublement				1 étud.		
Descriptif de l'enseignement						
Prérequis : Aucun						
Objectifs : (savoirs et compétences acquis)						
Ce module est un travail/projet personnel encadré et réalisé dans un laboratoire ou une entreprise.						
Il a pour but de déployer une étude de recherche appliquée et/ou de développement technologiques en Sciences de la Terre, dans les domaines d'application du parcours G3. Il s'agit de la mise en œuvre de la méthodologie universitaire, caractérisée par l'étude critique et la création de connaissances, au-travers d'une démarche personnelle en autonomie supervisée.						
Ce module comprend 2 EC :						
EC1 OMA8ST19A – obligatoire (10 ECTS) / EC2 OMA8ST19B – optionnelle (pas d'ECTS).						
➤ Contenu :						
Le but de ce module est de réaliser un travail de recherche et/ou développement, sur un problème pratique identifié, c'est-à-dire, en fonction du sujet choisi :						
<ul style="list-style-type: none"> - replacer le problème dans son contexte scientifique, - de réaliser des manip ou des observations en relation, - d'acquérir et de manipuler des résultats bruts, - de développer des outils ou protocoles d'analyse ou traitement des données, - de développer des interprétations et des conclusions pour relier ces résultats à la problématique initiale 						
Concrètement, le travail est effectué de manière individuelle au sein d'un laboratoire ou d'une entreprise, selon le projet professionnel de l'étudiant.e. Il est encadré par un ou plusieurs collègues d'un laboratoire ou professionnels du privé. Il fait ainsi l'objet d'une convention officielle requise et à faire signer entre la composante de formation (l'OSUC) et le laboratoire d'accueil.						
EC1 : Il se déroule sur une période de deux mois en fin de semestre 2 ce qui inclut : le travail concret, la rédaction d'un rapport de synthèse et d'interprétations sur cette partie du travail et la préparation d'une présentation et la présentation orale (devant jury) des résultats et conclusions apportées à ce stade.						
EC2 : Ce travail constitue un prolongement possible et optionnel du travail réalisé pendant l'EC1. Il peut être réalisé pendant la période d'été (Juillet-Août), sous forme d'avenant et pour une durée à définir avec le laboratoire ou l'entreprise d'accueil. Un rapport correspondant à cette seconde période d'étude (mais non soumis à une notation) sera produit par les étudiants						
Modalités de contrôle des connaissances						
	CONTROLE CONTINU			CONTROLE TERMINAL		CONTROLE MIXTE
	Nb CC	Durée	Nature (oral/écrit)	Durée	Nature (oral/écrit)	Répartition en % entre CC et CT
1^{ère} session						
	• RNE/RSE			30mn	Rapport (50%) Oral (50%)	
2^{ème} session						
	• RNE / RSE				Sans objet	
Responsable de l'enseignement :			Fabrice GAILLARD			
Ressources pédagogiques : Des ateliers de formation en groupe seront organisés pour former les étudiante(s) aux outils et méthodes de recherche d'information bibliographique et de gestion des citations dans les rapports scientifiques.						

Master STPE 2^{ème} année

Semestre 3

Code APOGEE	OMA9ST01			OMA9ST02			OMA9ST03		
Intitulé	Analyse spatiale & géologie prédictive			Economie des matières premières minérales			Stage de terrain Métallogénie Géodynamique & magmatisme		
Responsable	Charles GUMIAUX			Johann TUDURI			Romain AUGIER		
Volume H	24h			36h			60h		
Répartition H	CM	TD	TP	CM	TD	TP	CM	TD	TP
		14h	10h		36h				60h
ECTS	4			3			5		
Commun									

Code APOGEE	OMA9ST04			OMA9ST05			OMA9ST06		
Intitulé	Magma et volatils			Hydrothermalisme			Le projet à l'international		
Responsable	Manuel MOREIRA			Stanislas SIZARET			Johann TUDURI		
Volume H	36h			36h			36h		
Répartition H	CM	TD	TP	CM	TD	TP	CM	TD	TP
		36h			18h	18h		36h	
ECTS	3			3			5		
Commun									

Code APOGEE	OMA9ST07			OMA9ST08			OMA9ST16		
Intitulé	Gouvernance des ressources minérales			Techniques d'exploitation minière & traitement des minerais			Expérimentation en sciences de la Terre		
Responsable	Johann TUDURI			Johann TUDURI			Jean-Sébastien MOQUET		
Volume H	36h			24h			24h		
Répartition H	CM	TD	TP	CM	TD	TP	CM	TD	TP
		36h			24h			4h	20h
ECTS	4			3			4		
Commun									

Code APOGEE	OMA9ST17			OMA9ST11			OMA9ST12		
Intitulé	Outils de modélisation numérique en ST			Transport réactif			DSR Début de stage de recherche		
Responsable	Guillaume RICHARD			Sophie ROMAN			Fabrice GAILLARD		
Volume H	20h			24h					
Répartition H	CM	TD	TP	CM	TD	TP	CM	TD	TP
		6h	14h		24h				
ECTS	5 G3 – 4 Geo2env			4			3		
Commun									

Code APOGEE	OMA9ST13			OMA9ST15			OMA9RE08		
Intitulé	Stage de terrain en limnogéologie			Sites et sols pollués			Pollution & traitements des eaux et des sols		
Responsable	Anaëlle SIMONNEAU			Lydie LE FORESTIER			Valéry CATOIRE		
Volume H	45h			36h			48h		
Répartition H	CM	TD	TP	CM	TD	TP	CM	TD	TP
			45h		30h	6h		48h	
ECTS	4			3			5		
Commun									

Code APOGEE	OMA9RE15			OMA9ST30			OMA9ST31		
Intitulé	Approche projet & qualité			Géotectonique			Hydrothermalisme		
Responsable	Clémence AGRAPART			UQAM			UQAM		
Volume H	24h								
Répartition H	CM	TD	TP	CM	TD	TP	CM	TD	TP
		24h							
ECTS	2			6			6		
Commun									

Code APOGEE	OMA9ST32			OMA9ST37			OMA9ST34		
Intitulé	Déformation des gites minéraux			Méthodologie de la communication en ST			Ressources minérales & mondialisation		
Responsable	UQAM			UQAM			UQAM		
Volume H									
Répartition H	CM	TD	TP	CM	TD	TP	CM	TD	TP
ECTS	6			1			6		
Commun									

Code APOGEE	OMA9ST35			OMA9ST36		
Intitulé	Activités de terrain			Hydrogéochimie des ressources		
Responsable	UQAM			UQAM		
Volume H						
Répartition H	CM	TD	TP	CM	TD	TP
ECTS	6			6		
Commun						

PARCOURS :  G³  Geo²Env  CPRE  VSED

OMA9ST01

Analyse spatiale et géologie prédictive

Semestre	2	Langue	Français		
Crédits ECTS / Coef.	4	Mise à jour le	16 juin 2021		
Volume horaire total	24h	Dont	CM	TD	TP
				14h	8h
Seuil de dédoublement			40 étud.	20 étud.	1 étud.

Descriptif de l'enseignement

Prérequis : *Modules :* cartographie géologique/géophysique numérique, modélisation 3D ;
Notions : gestion de données sous tableurs, statistiques, géostatistiques, cartographie numérique

Objectifs : (savoirs et compétences acquis)

Analyse numérique/statistique de la répartition spatiale d'objets cartographiques, analyse des liens spatiaux entre entités. Conceptualisation d'une approche de cartographie prédictive et mise en œuvre des outils SIG.

Contenu :

Bloc 1 : 22h

Ce module traite des méthodes de calcul de cartes de risque ou de favorabilité sous SIG. Il se repose fortement i) sur les traitements statistiques uni- et multi-variables et ii) sur les méthodes d'analyse spatiale en cartographie numérique. La partie théorique de cet enseignement comprend : des rappels de cartographie numérique et des principes de géostatistique pour l'analyse et l'interpolation des variables continues, les méthodes de classification statistique de données, l'analyse des corrélations entre variables et les outils de qualification et de quantification des relations spatiales entre objets cartographiques de type vectoriel (regroupements, alignements, analyse de proximité, de recoupement, etc.). Différentes méthodes de croisement/combinaison de données (weight of evidence, logique floue, combinaison de scores SIRIS) sont ensuite abordées et illustrées à travers la modélisation de cartes d'aléas, de risque et de «favorabilité». Les séances de travaux dirigés serviront à illustrer des démarches d'Analyse Spatiale Prédictive sur des exemples choisis dans différents domaines des sciences de la Terre (prospection minière, recherche de ressources en eaux, prévisions de risques naturels, etc.).

Bloc 2 : 2h

Mise en application des concepts théoriques à travers un travail sur projet.

Un jeu de données brutes sera utilisé pour développer, sous logiciel SIG, la suite des traitements nécessaires pour la modélisation de cartes de prédiction (cartes de risques ou cartes de favorabilité).

Le sujet du projet pourra être choisi aussi bien dans le domaine environnemental s.l. que pour la prospection des ressources naturelles. Le travail demandé par petits groupes d'étudiants comprend :

- 1) l'analyse statistique et l'analyse spatiale des variables,
- 2) la modélisation statistique sur ces données et
- 3) la mise en forme et restitution des résultats (cf. rapport du «délivrable» défini dans le projet).

Le suivi de réalisation des projets est assuré lors de rendez-vous avec les groupes à hauteur de 2h par étudiant.

Modalités de contrôle des connaissances

	CONTROLE CONTINU			CONTROLE TERMINAL		CONTROLE MIXTE
	Nb CC	Durée	Nature (oral/écrit)	Durée	Nature (oral/écrit)	Répartition en % entre CC et CT
1^{ère} session						
• RNE / RSE				20 mn	Oral	
2^{ème} session						
• RNE / RSE				20 mn	Oral	

Responsable de l'enseignement : Charles GUMIAUX

Bibliographie :

✓ Geochemical anomaly and mineral prospectivity mapping in GIS, Emmanuel John Muico Carranza, 2009 (Elsevier / Handbook of exploration and environmental geochemistry).
 Introduction to Geological Data Analysis, A.R.H.Swan & M.Sandilands, 1995 (Blackwell Science, Oxford), 397 pp.

PARCOURS : <input checked="" type="checkbox"/> G ³ <input type="checkbox"/> Geo ² Env <input type="checkbox"/> CPRE <input type="checkbox"/> VSED						
OMA9ST02			Economie des matières premières minérales			
Semestre	3	Langue de l'enseignement		Anglais		
Crédits ECTS / Coef.	3	Mise à jour le		3 juin 2021		
Volume horaire total	36h	Dont	CM	TD	TP	
				36h		
Seuil de dédoublement				40 étud.		
Descriptif de l'enseignement						
Prérequis : Géologie des ressources minérales						
Objectifs : (savoirs et compétences acquis) Comprendre les stratégies des sociétés minières et des financeurs et les replacer dans le contexte économique mondial. Comprendre les facteurs influençant l'évolution du cours des matières premières minérales						
Contenu : L'objectif de ce module est de fournir aux étudiants les éléments leur permettant de comprendre les rapports de force (offre/demande, rôles des acteurs, ...) qui conditionnent le fonctionnement des marchés des matières premières minérales. Les concepts et outils à la base de l'analyse financière de projets ainsi que les indicateurs financiers des entreprises seront également évoqués. Une introduction à l'économétrie des matières premières minérales sera proposée						
Modalités de contrôle des connaissances						
	CONTROLE CONTINU			CONTROLE TERMINAL		CONTROLE MIXTE
	Nb CC	Durée	Nature (oral/écrit)	Durée	Nature (oral/écrit)	Répartition en % entre CC et CT
1^{ère} session						
	• RNE / RSE			3h	Ecrit	
2^{ème} session						
	• RNE / RSE			3h	Ecrit	
Responsable de l'enseignement :			Johann TUDURI			

PARCOURS : G³ Geo²Env CPRE VSED

OMA9ST03		Stage de terrain métallogénie, géodynamique et magmatisme			
Semestre	3	Langue	Français		
Crédits ECTS / Coef.	5	Mise à jour le	16 juin 2021		
Volume horaire total	60h	Dont	CM	TD	TP
					60h
Seuil de dédoublement				8 étud.	

Descriptif de l'enseignement

Prérequis :

M1 STUE : modules de socle ressources minérales (gîtologie et métallogénie), de tectonique, géodynamique interne et magmatisme/volcanisme.

L'acquisition de données géologiques numériques spatialisées et reportées au sein d'une base de données dédiée est également un prérequis (module Cartographie géologique/géophysique numérique en M1S1).

Objectifs : (savoirs et compétences acquis)

Acquérir de l'autonomie dans la méthodologie descriptive des objets naturels de l'échelle de l'échantillon, celle du paysage géologique et in fine celle d'une portion de la lithosphère. Tirer et synthétiser le maximum d'informations minéralogiques, texturales, structurales, chronologiques et les valoriser dans une ébauche de modèle intégratif prenant en compte les processus tectoniques, métamorphiques, magmatiques et sédimentaires en y intégrant l'hydrothermalisme et les concentrations minérales associées.

Contenu :

Travail en atelier sur des sites emblématiques des problématiques métallogéniques, tectoniques et volcaniques du sud de la péninsule ibérique dans le domaine Varisque (Ouest) et dans le domaine Alpin (Est). Ce camp de terrain apporte une vision à grande échelle (crustale à lithosphérique), un cadre géodynamique à des études métallogéniques, tectoniques et magmatiques plus détaillées. Une des principales compétences acquises durant le stage correspond la capacité de gérer les sauts d'échelle depuis les observables à l'échelle d'un affleurement jusqu'à la signature des processus endogènes d'échelle lithosphérique. Sur chaque site, seront réalisés coupe(s) et carte(s), mesures structurales pour préciser le contexte tectonique de la chaîne ou du bassin étudié. Il sera mis l'accent sur la minéralogie macroscopique de terrain tant en contexte métamorphique, magmatique qu'hydrothermal. Les interactions tectonique/sédimentation seront abordées par l'étude comparée des dômes métamorphiques et des bassins adjacents et en particulier par la géométrie à grande échelle des cortèges sédimentaires. Les relations volcanisme / altérations hydrothermales / minéralisations sont largement étudiées tant sur des gisements de classe mondiale de type VMS (Cu/Pb/Zn) que sur des gisements épithermaux acides (Au) associés à des calderas et dômes de laves.

Modalités de contrôle des connaissances

	CONTROLE CONTINU			CONTROLE TERMINAL		CONTROLE MIXTE
	Nb CC	Durée	Nature (oral/écrit)	Durée	Nature (oral/écrit)	Répartition en % entre CC et CT
1^{ère} session						
• RNE					Rapport	
• RSE						
2^{ème} session						
• RNE				20 mn	Oral	
• RSE						

Responsable de l'enseignement : Romain AUGIER

Bibliographie : Articles scientifiques spécifiques et livret-guide.





PARCOURS : <input checked="" type="checkbox"/> G ³ <input type="checkbox"/> Geo ² Env <input type="checkbox"/> CPRE <input type="checkbox"/> VSED						
OMA9ST04		Magmas et volatils				
Semestre	3	Langue			Français ou Anglais (Au choix)	
Crédits ECTS / Coef.	3	Mise à jour le			16 juin 2021	
Volume horaire total	36h	Dont	CM	TD	TP	
				36h		
Seuil de dédoublement				40 étud.		
Descriptif de l'enseignement						
Prérequis : Module « Magmatisme » en M1S1						
Objectifs : (savoirs et compétences acquis) <ul style="list-style-type: none"> ➤ Initiation et mise en pratique des équilibres entre liquides magmatiques, fluides et cristaux. ➤ Maîtriser le rôle et le comportement des constituants volatils (C-O-H-S-Cl) dans la différenciation des systèmes magmatiques ➤ Maîtriser les modèles de dynamique éruptive en lien avec les constituants volatils 						
Contenu : Quelques mots clés <ul style="list-style-type: none"> ✓ Liquide silicaté, spéciation et solubilité des volatils ✓ Dégazage : Thermodynamique des équilibres liquide-vapeur ✓ Fusion-Cristallisation : Thermodynamique des équilibres cristal-liquide ✓ Liquide silicate /sulfures, liquide silicaté / saumures, liquide silicate /carbonatites 						
Modalités de contrôle des connaissances						
	CONTROLE CONTINU			CONTROLE TERMINAL		CONTROLE MIXTE
	Nb CC	Durée	Nature (oral/écrit)	Durée	Nature (oral/écrit)	Répartition en % entre CC et CT
1^{ère} session						
	• RNE/RSE				Rapport	
2^{ème} session						
	• RNE/RSE			30 mn	Oral	
Responsable de l'enseignement :				Manuel MOREIRA		
Bibliographie : Volatiles in Magma (Review in Mineralogy)						

PARCOURS : <input checked="" type="checkbox"/> G ³ <input type="checkbox"/> Geo ² Env <input type="checkbox"/> CPRE <input type="checkbox"/> VSED						
OMA9ST05			Hydrothermalisme			
Semestre	3	Langue		Français ou Anglais		
Crédits ECTS / Coefficient	3	Mise à jour le		23 mai 2021		
Volume horaire total	36h	Dont	CM	TD	TP	
				18h	18h	
Seuil de dédoublement				40 étud.	12 étud.	
Descriptif de l'enseignement						
Prérequis : Connaissances nécessaires en lois de transport (chaleur, mécanique des fluides, ...), processus de concentration minérale, modélisation numérique par éléments finis, analyse de la déformation, connaissances de la structure de la lithosphère et des processus magmatiques						
Objectifs : (savoirs et compétences acquis) A la fin de ce module, l'étudiant sera capable d'identifier les paramètres de premier ordre contrôlant la formation d'un gisement. Il sera aussi capable de conceptualiser un modèle métallogénique à partir de description de terrain et de transformer ce concept en modèle numérique déterministe et d'obtenir des guides d'exploration.						
Contenu : Ce module aborde les processus liés à la transition magmatique et hydrothermale en focalisant l'enseignement sur les paramètres contrôlant les flux hydrothermaux : <ol style="list-style-type: none"> 1 - Les altérations hydrothermales 2 - Les différents types de réactions fluides roches sont présentés pour les gisements se formant à la transition magmatique hydrothermale qui auront été visités dans un camp de terrain (gisements épithermaux, porphyres (Au-Cu) et skarns). 3 - La déformation 4 - Le rôle de la déformation est abordé à travers l'étude des gisements de type Or orogénique et des gisements d'Emeraude de Colombie. Des modèles conceptuels et quantitatifs seront réalisés en TP en partant des données de terrain comprenant l'identification des altérations et des contrôles structuraux. Les résultats seront discutés en termes de guide de prospection à l'échelle d'une province métallogénique.						
Modalités de contrôle des connaissances						
	CONTROLE CONTINU			CONTROLE TERMINAL		CONTROLE MIXTE
	Nb CC	Durée	Nature (oral/écrit)	Durée	Nature (oral/écrit)	Répartition en % entre CC et CT
1^{ère} session						
	• RNE		Rapport sur étude de cas			
	• RSE				Rapport sur étude de cas	
2^{ème} session						
	• RNE / RSE			20 mn	Oral	
Responsable de l'enseignement :				Stanislas SIZARET		
Bibliographie : Zarikov et al. Traduction Jean Verkaeren, 2013 : La métasomatose et les roches métasomatiques Passchier, C.W. and Trouw R.A.J. 1996 Micotectonics, Springer verlag, 366pp						

PARCOURS : <input checked="" type="checkbox"/> G ³ <input type="checkbox"/> Geo ² Env <input type="checkbox"/> CPRE <input type="checkbox"/> VSED						
OMA9ST06		Le projet à l'international dans le domaine des géosciences				
Semestre	3	Langue		Français (possibilité en Anglais)		
Crédits ECTS / Coef.	5	Mise à jour le		3 avril 2021		
Volume horaire total	36h	Dont	CM	TD	TP	
				36h		
Seuil de dédoublement :				40 étud.		
Descriptif de l'enseignement						
Prérequis :						
Objectifs : (savoirs et compétences acquis) L'un des objectifs de ce module est de fournir à l'étudiant une vision globale de la gestion de projets complexes à l'international, lui permettant de s'adapter aux situations auxquelles il pourra être confronté dans une entreprise du secteur des géosciences. Un autre objectif est d'améliorer l'intégration future de l'étudiant au sein d'un environnement commercial international et de l'aider à valoriser ses compétences en communication orale et écrite.						
Contenu : Cet enseignement décrit, à partir d'exemples concrets issus de cas réels, les différentes étapes de projets complexes à l'international, depuis la conception en réponse à un appel d'offres jusqu'à la clôture en passant par les différentes étapes clé de la réalisation. Ce module fournit également à l'étudiant des notions pour comprendre les transactions qui ont lieu au sein d'un environnement commercial international. Il propose des outils pour améliorer sa communication et ses compétences relationnelles.						
Modalités de contrôle des connaissances						
	CONTROLE CONTINU		CONTROLE TERMINAL		CONTROLE MIXTE	
	Nb CC	Durée	Nature (oral/écrit)	Durée	Nature (oral/écrit)	Répartition en % entre CC et CT
1^{ère} session						
	• RNE / RSE				Soutenance (40%) Rapport (60%)	
2^{ème} session						
	• RNE / RSE				Rapport (100%)	
Responsable de l'enseignement :			Johann TUDURI			

PARCOURS : <input checked="" type="checkbox"/> G ³ <input type="checkbox"/> Geo ² Env <input type="checkbox"/> CPRE <input type="checkbox"/> VSED						
OMA9ST07			Gouvernance des ressources minérales			
Semestre	3	Langue		Français		
Crédits ECTS / Coef.	4	Mise à jour le		3 avril 2021		
Volume horaire total	36h	Dont	CM	TD	TP	
				36h		
Seuil de dédoublement				40 étud.		
Descriptif de l'enseignement						
Prérequis :						
Objectifs : (savoirs et compétences acquis) Permettre aux étudiants d'acquérir une perspective évolutive du concept de développement durable appliqué au secteur minier et recenser les principales initiatives en cours au niveau international Délivrer à l'étudiant une vision élargie des aspects réglementaires et de leurs évolutions récentes concernant le secteur de l'industrie extractive à l'international. Permettre aux étudiants d'appliquer des principes de bonne gouvernance dans leur étude de faisabilité de projet minier.						
Contenu : Cette UE présente les principaux ressorts juridiques, économiques et de gouvernance applicables à l'industrie minière, en sensibilisant à la nécessité de placer l'industrie minière dans le contexte général du développement durable et de l'économie circulaire. Par ailleurs, l'utilisation efficace des ressources constitue l'un des piliers de la politique Européenne pour un approvisionnement durable en ressources minérales. Le module considère ainsi les flux et stocks de ressources minérales le long de la chaîne de valeur (depuis l'extraction jusqu'à la gestion des déchets) et seront abordés notamment à l'aide d'outils quantitatifs tels que l'analyse des flux de matière (MFA). Les concepts de base seront illustrés en se référant tout particulièrement aux besoins en métaux critiques pour la transition énergétique (par ex. terres rares, Co, Li, etc. pour les technologies de production d'énergie décarbonée). Le module abordera également la définition d'indicateurs de l'utilisation efficace des ressources et leurs fondements.						
Modalités de contrôle des connaissances						
	CONTROLE CONTINU			CONTROLE TERMINAL		CONTROLE MIXTE
	Nb CC	Durée	Nature (oral/écrit)	Durée	Nature (oral/écrit)	Répartition en % entre CC et CT
1^{ère} session						
	• RNE	2	Rapport			
	• RSE				Rapport	
2^{ème} session						
	• RNE/RSE				Rapport	
Responsable de l'enseignement :				Johann TUDURI		

PARCOURS : <input checked="" type="checkbox"/> G ³ <input type="checkbox"/> Geo ² Env <input type="checkbox"/> CPRE <input type="checkbox"/> VSED						
OMA9ST08		Techniques d'exploitation minière & de traitement des minerais				
Semestre	3	Langue			Français	
Crédits ECTS / Coef.	3	Mise à jour le			3 avril 2021	
Volume horaire total	24h	Dont	CM	TD	TP	
				24h		
Seuil de dédoublement				40 étud.		
Descriptif de l'enseignement						
Prérequis :						
Objectifs : (savoirs et compétences acquis) Identification des principales techniques d'extraction et de valorisation des matières premières minérales et des conséquences sur le travail du géologue d'exploration ou d'exploitation (notamment l'évaluation économique au stade de la préfaisabilité).						
Contenu : Cette UE passera tout d'abord en revue les principales méthodes d'exploitation des gisements qu'elles soient souterraines ou à ciel ouvert en faisant appel à des notions de bases de géotechnique (talutage, soutènement, Coefficienticients de sécurité etc...) et de sécurité. La seconde partie de cette UE s'intéressera aux principaux procédés de valorisation des ressources minérales : techniques de préparation, séparation physique et physico-chimiques, hydrométallurgie et pyrométallurgie. Enfin seront évoqués les aspects liés à la gestion des projets de préfaisabilité technico-économique (Options techniques disponibles, Calcul et dimensionnement de procédés ...) Les cours seront renforcés par des conférences et/ou séminaires des professionnels.						
Modalités de contrôle des connaissances						
	CONTROLE CONTINU			CONTROLE TERMINAL		CONTROLE MIXTE
	Nb CC	Durée	Nature (oral/écrit)	Durée	Nature (oral/écrit)	Répartition en % entre CC et CT
1^{ère} session						
	• RNE / RSE			3h	Ecrit	100%
2^{ème} session						
	• RNE / RSE			3h	Ecrit	100%
Responsable de l'enseignement :			Johann TUDURI			

PARCOURS :  G ³  Geo ² Env  CPRE  VSED						
OMA9ST16			Expérimentation en Sciences de la Terre			
Semestre	3	Langue			Français	
Crédits ECTS / Coef.	4	Mise à jour le			10 mai 2021	
Volume horaire total	24h	Dont	CM	TD	TP	
				4h	20h	
Seuil de dédoublement					G3 : 2 / G2 : 4	
Descriptif de l'enseignement						
Prérequis : Expérimentation G ³ , connaissances en pétrologie, pétrophysique, volcanologie, minéralogie, géochimie, rhéologie, analyse texturale, analyse MEB et microsonde électronique, spectroscopie FTIR- Raman Expérimentation Géo ² Env : modules «géochimie environnementale», «métrologie environnementale».						
Objectifs : (savoirs et compétences acquis) Initiation à l'expérimentation haute température/pression (système magmatiques) ou, basse température/pression (les flux de matière et d'énergie dans les systèmes naturels et anthropisés des surface continentales); conception et réalisation pratique des expériences, acquisition et traitement des données 1) par la caractérisation des produits expérimentaux, comparaison avec les modèles thermodynamiques type (MELTS), et/ou 2) par l'analyse statistiques des données Discussion et interprétation des résultats acquis pour répondre à la question scientifique.						
Contenu :						
TD (4h) ✓ Bases d'expérimentation en géosciences,						
TP (20h par groupes de 2 (MGM) ou 4 (Géo²ENV) sur des mini- projets de recherche) ✓ Définition d'une problématique scientifique ✓ Observation et caractérisation des produits naturels ✓ Définition des dispositifs expérimentaux à utiliser ✓ Réalisation d'/des expérience /es						
Les expériences haute pression/haute température seront réalisées avec les dispositifs de l'EQUIPEX PLANEX Les expériences basse pression/basse température seront essentiellement réalisées sur les plateformes de PIVOTS (PESAT, PESAA, OZNS et PERMECA).						
Les étudiants caractériseront ensuite les produits expérimentaux, traiteront les données acquises, confronteront avec les travaux antérieurs, interpréteront et discuteront les résultats qui pourront être exploités dans le module «Modélisation numérique».						
Modalités de contrôle des connaissances						
	CONTROLE CONTINU			CONTROLE TERMINAL		CONTROLE MIXTE
	Nb CC	Durée	Nature (oral/écrit)	Durée	Nature (oral/écrit)	Répartition en % entre CC et CT
1^{ère} session						
	• RNE	15mn	Rapport (50%) + Oral (50%)			
	• RSE			15mn	Rapport (50%) + Oral (50%)	
2^{ème} session						
	• RNE			15 mn	Oral	
Responsable de l'enseignement : Jean-Sébastien MOQUET						
Bibliographie : - Joan ANDÚJAR, Bruno SCAILLET, Michel PICHAVANT, Th. DRUITT (2016). Generation conditions of dacite and rhyodacite via the crystallization of andesitic magma. Implications for the plumbing system at Santorini (Greece) and the origin of tholeiitic or Calc-alkaline differentiation trends in arc magmas. J. Pet, doi:10.1093/petrology/egw061 - A.D. EDGAR (1973). Experimental petrology: Basic principles and techniques. 217 pp. - J.R. HOLLOWAY, B.J. WOOD (1998). Simulating the Earth: Experimental geochemistry. 196 pp. - Caroline MARTEL, Michel PICHAVANT, Jean-Louis BOURDIER, H. TRAINÉAU, F. HOLTZ, Bruno SCAILLET (1998). Magma storage conditions and control of eruption regime in silicic volcanoes: experimental evidence from Mt. Pelee. Earth and Planetary Science Letters 156, 89-99 G. MOORE, T. VENNEMAN, I. CARMICHAEL (1995). Solubility of water in magmas to 2 kbar. Geology 23, 1099-1102.						

PARCOURS : G³ Geo²Env CPRE VSED

OMA9ST17		Outils de Modélisation numérique			
Semestre	3	Langue	Français		
Crédits ECTS / Coef.	4 (Géo ² Env) 5 (G ³)	Mise à jour le	16 juin 2021		
Volume horaire total	20h	Dont	CM	TD	TP
				6h	14h
Seuil de dédoublement				40 étud.	4 étud.

Descriptif de l'enseignement

Prérequis : Base théorique en fonction de l'outil choisi.

Objectifs : (savoirs et compétences acquis)
Connaissance des outils numériques communément utilisés en géosciences

Contenu :

TD : Notions de base de la modélisation numérique (Qu'est qu'un Modèle ?, Algorithmie, Discrétisation, Grilles, Programmation)

TP : Utilisation d'un modèle numérique (logiciel) au choix parmi: Thermocalc, Melts (Calcul thermodynamique), WATERSED (modélisation de l'érosion des sols à l'échelle des bassins versants), MARTHE/PHREEQC (Modélisation en 3D des écoulements et des transferts de masse et d'énergie dans les hydrosystèmes, aqueous geochemical calculations), Programmation pour calcul scientifique (OpenFoam, Python). Data Mining (Python/Panda/Jupyter).

Descriptif de l'enseignement

	CONTROLE CONTINU			CONTROLE TERMINAL		CONTROLE MIXTE
	Nb CC	Durée	Nature (oral/écrit)	Durée	Nature (oral/écrit)	Répartition en % entre CC et CT
1^{ère} session						
• RNE			Rapport TP			
• RSE					Rapport TP	
2^{ème} session						
• RNE / RSE				20 mn	Oral	

Responsable de l'enseignement : **Guillaume RICHARD**

Bibliographie :

- Franck VARENNE, Du Modèle à la Simulation Informatique, Edition VRIN 2007
- Landemaine V., Erosion des sols et transferts sédimentaires sur les bassins versants de l'Ouest du Bassin de Paris : analyse, quantification et modélisation à l'échelle pluriannuelle, Thèse de l'Université de Rouen Normandie (2016) 237p

PARCOURS : <input type="checkbox"/> G ³ <input checked="" type="checkbox"/> Geo ² Env <input type="checkbox"/> CPRE <input type="checkbox"/> VSED						
OMA9ST11			Transport Réactif			
Semestre	3	Langue		Anglais ou Français		
Crédits ECTS / Coef.	4	Mise à jour le		10 mai 2021		
Volume horaire total	24h	Dont	CM	TD	TP	
				24h		
Seuil de dédoublement				40 étud.		
Descriptif de l'enseignement						
Prérequis : De bonnes bases en lois de transport et en réactivité chimique sont recommandées, ainsi que des connaissances de processus naturels, métallogéniques, environnementales, etc.						
Objectifs : (savoirs et compétences acquis) Comprendre les processus d'interaction eau – roche – gaz couplés au transport des fluides dans un milieu poreux/fissuré réactif. Conceptualiser des colonnes réactives au niveau modélisation thermodynamique et cinétique, y compris les processus microbiologiques. Appliquer aux cas environnementaux de transfert de polluants ou d'exploitation/stockage énergétique dans le sous-sol géologique.						
Contenu :						
Transport multiphasique :						
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Rappels sur le transport monophasique : Darcy et Navier-Stokes ➤ Transport diphasique, imbibition-drainage, hystérésis. ➤ Modélisation 						
Transport réactif :						
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Couplage des lois de transport et des équations de la réactivité chimique ➤ Colonnes réactives et chemins réactionnels 						
Approches thermo-cinétiques :						
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Équilibres/déséquilibres thermodynamiques ➤ Notion d'équilibre partiel/local, conditions d'équilibre aval et chromatographie chimique ➤ Cinétique des réactions géobiologiques (déséquilibre redox, développement de la biomasse) 						
Sorption-désorption :						
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Processus aux interfaces ➤ Modélisation des interfaces, double couche électrique ➤ Modélisation des interactions entre phases 						
Cas-types de modélisation de transport réactif par équipe-projet : i) transfert de polluant à travers les couches géologiques (sols – aquifères) ; ii) recharge artificielle, iii) drainage minier acide, iv) Situation(s) à l'initiative d'un/des étudiant(s).						
Modalités de contrôle des connaissances						
	CONTROLE CONTINU			CONTROLE TERMINAL		CONTROLE MIXTE
	Nb CC	Durée	Nature (oral/écrit)	Durée	Nature (oral/écrit)	Répartition en % entre CC et CT
1^{ère} session						
	• RNE / RSE				Rapport	
2^{ème} session						
	• RNE / RSE			3h	Ecrit	
Responsable de l'enseignement : Sophie ROMAN						
<ul style="list-style-type: none"> - Bibliographie : Applied Hydrogeology, C.W. Fetter, Prentice Hall. - Parkhurst, D. L., and C. A. J. Appelo (1999), User's guide to PHREEQC (version 2)—A computer program for speciation, batch-reaction, one dimensional transport, and inverse geochemical calculations, U.S. Geol. Surv. Water Resour. Invest. Rep. 99-4259, 312 pp. - Zhu, C. and Anderson, G. (2002) Environmental Applications of Geochemical Modeling. Cambridge University Press, Cambridge. - C.A.J. Appelo & D. Postma (2005) Geochemistry, groundwater and pollution, 2nd Ed. - Bethke C.M. (2010) Geochemical and Biogeochemical Reaction Modeling. Cambridge University Press. 						
Ressources pédagogiques : Supports de cours en ligne sur CELENE						

PARCOURS : <input checked="" type="checkbox"/> G ³ <input type="checkbox"/> Geo ² Env <input type="checkbox"/> CPRE <input type="checkbox"/> VSED						
OMA9ST12			DSR – Début de stage de recherche			
Semestre	3	Langue		Français		
Crédits ECTS / Coef.	3	Mise à jour le		16 juin 2020		
Volume horaire total	36h	Dont	CM	TD	TP	
Seuil de dédoublement						
Descriptif de l'enseignement						
Prérequis :						
Objectifs : (savoirs et compétences acquis) développer la prise d'autonomie des étudiants						
Contenu : Ce module est destiné à permettre aux étudiants souhaitant suivre une démarche « recherche » de s'emparer d'un travail personnel de recherche bibliographique, d'approfondissement disciplinaire en autonomie dès le premier semestre du M2 sur le sujet de recherche qui sera ensuite développé au S4. L'inscription à ce module doit être justifiée auprès du responsable du profil-type de M2 correspondant. L'évaluation est conduite au moment des examens du S3 sous la forme d'un rapport écrit et d'un exposé oral décrivant la problématique scientifique du stage de recherche et la façon dont seront conduites les recherches pour y répondre.						
Modalités de contrôle des connaissances						
	CONTROLE CONTINU			CONTROLE TERMINAL		CONTROLE MIXTE
	Nb CC	Durée	Nature (oral/écrit)	Durée	Nature (oral/écrit)	Répartition en % entre CC et CT
1^{ère} session						
	• RNE / RSE				Rapport	
2^{ème} session						
	• RNE / RSE			20 mn	Oral	
Responsable de l'enseignement :				Fabrice GAILLARD		

PARCOURS : <input type="checkbox"/> G ³ <input checked="" type="checkbox"/> Geo ² Env <input type="checkbox"/> CPRE <input type="checkbox"/> VSED						
OMA9ST13			Stage de terrain en Limnogéologie			
Semestre	3	Langue		Anglais ou Français		
Crédits ECTS / Coef.	4	Mise à jour le		10 mai 2021		
Volume horaire total	45h	Dont	CM	TD	TP	
					25h / 20h	
Seuil de dédoublement : terrain, salles TP					8 étud. / 20 étud.	
Descriptif de l'enseignement						
Prérequis : Eléments de sédimentologie acquis en Licence et via les modules de master portant sur les transferts continentaux et l'hydrologie (module « Stratigraphies & genèse des formations superficielles »). Eléments de géomatique.						
Objectifs : (savoirs et compétences acquis) Mise en œuvre d'une approche intégrée terrain-laboratoire pour réaliser le diagnostic environnemental d'un bassin versant : Techniques d'échantillonnage et de mesures sur le terrain : débit en cours d'eau, récupération de données de capteurs <i>in situ</i> , calibration et mesure avec des sondes multiparamètres, prélèvements d'eau (incluant techniques de filtration et d'acidification sur le terrain), de sols, et de sédiments (carottages gravitaires, bennes eckmann). Analyses en laboratoire (géochimie des eaux et des sédiments). Réalisation de cartes thématiques selon les résultats obtenus. Gestion de projet et montage de base de données à des fins d'archivage.						
Contenu : L'enseignement se fait sous la forme de plusieurs journées de terrain permettant d'acquérir des mesures <i>in situ</i> et de collecter des échantillons d'intérêt selon la question posée ; complétées par des demies journées thématiques (traitement des résultats, statistiques descriptives), réalisées en salle. Seront traités : <ul style="list-style-type: none"> ➤ Le traitement et l'acquisition de données: cartographies des variables à l'échelle du bassin versant étudié, analyses en laboratoire des échantillons d'eau et de sédiments collectés sur le terrain, mise en perspectives des résultats obtenus et complémentarité des phases (dissous/solide), analyses statistiques des données au regard des chroniques d'ores et déjà enregistrées par le laboratoire dans le cadre de ses actions de suivis de site, développement d'une question scientifique libre en lien avec les acquisitions menées sur le terrain. Thématiques scientifiques discutées : <ul style="list-style-type: none"> ➤ Continuum sol, bassin versant, eau, sédiments ; suivi et qualité de la mesure de terrain dans les écosystèmes de surface ; représentativité des analyses et des échantillonnages réalisés <i>in situ</i> ; reproductibilité analytique ; anthropisation des écosystèmes de surface ; modalités des transferts à l'échelle des bassins versants ; connectivité sédimentaire. 						
Modalités de contrôle des connaissances						
	CONTROLE CONTINU			CONTROLE TERMINAL		CONTROLE MIXTE
	Nb CC	Durée	Nature (oral/écrit)	Durée	Nature (oral/écrit)	Répartition en % entre CC et CT
1^{ère} session						
• RNE / RSE	1		Rapport BDD		Rapport Ecrit	50%CC/50%CT
2^{ème} session						
• RNE / RSE					Rapport synthèse bibliographique	
Responsable de l'enseignement :				Anaëlle SIMONNEAU		
Bibliographie : Bernard BIJU-DUVAL (1999) : Géologie sédimentaire. <i>Ed. Technip</i> .BU de Sciences 552.5 BIJ Isabelle COJAN & Maurice RENARD (1997) : Sédimentologie. <i>Masson</i> OSUC-ISTO 549.3 COJ Dearing et al., 2010 – <i>Ecology and Society</i> .: http://www.ecologyandsociety.org/vol15/iss4/art21/						
Ressources pédagogiques : support de cours sur l'ENT						

PARCOURS : <input type="checkbox"/> G ³ <input checked="" type="checkbox"/> Geo ² Env <input type="checkbox"/> CPRE <input type="checkbox"/> VSED						
OMA9ST15			Sites et sols pollués			
Semestre	3	Langue			Anglais ou Français	
Crédits ECTS / Coef.	3	Mise à jour le			10 mai 2021	
Volume horaire total	36h	Dont	CM	TD	TP	
				30h	6h	
Seuil de dédoublement				40 étud.	10 étud.	
Descriptif de l'enseignement						
Prérequis : Science des sols (M1), Stratigraphies & genèse des formations superficielles (M1), Géochimie environnementale (M1), Cartographie numérique et géophysique (M1).						
Objectifs : (savoirs et compétences acquis) L'étudiant(e) sera capable de diagnostiquer, caractériser un site pollué et discriminer les apports d'origine anthropique <i>versus</i> naturel. L'UE est basée sur des études de cas réels. Elle met en avant les approches multi-échelles (du laboratoire au terrain).						
Contenu :						
Partie 1 : Sols et Anthrosols (18 h).						
<ul style="list-style-type: none"> - Sols naturels versus Anthrosols: approche comparée et rôle de la pression anthropique. - Fonctionnement des Anthrosols : approche multi-échelles. - Devenir des contaminants lors de modifications bio-physico-chimiques: approche expérimentale. - Devenir des contaminants: approche terrain/conditions physico-chimiques/flux particuliers. - TP SIG: Echelle du bassin versant (monitoring de site). 						
Partie 2 : Sites et sols pollués, du diagnostic au plan de gestion (12 h).						
<ul style="list-style-type: none"> - Logique des diagnostics de sites: caractérisation des sources de pollution, des transferts et des cibles, constitution du schéma conceptuel et modèle de fonctionnement. Comment élaborer une stratégie de caractérisation des sources jusqu'au bilan massique, comment évaluer les risques jusqu'à leur quantification (mesure vs modélisation). Intégration de la démarche dans le cadre méthodologique et normatif. Application à un cas typique : reconversion d'un ancien site industriel pour des constructions résidentielles. - Stratégies de gestion des sites et sols pollués: critères de comparaison des scénarii, bilan coût-avantages des différentes options (actions sur la source/les transferts/les cibles). Illustration par des techniques et études de cas emblématiques pour chaque stratégie. Travail final sur un cas concret d'accident industriel (fuite de pipes). 						
Partie 3 : Après-mines (6 h).						
Gestion des sols dégradés en contexte après-mine.						
Modalités de contrôle des connaissances						
	CONTROLE CONTINU			CONTROLE TERMINAL		CONTROLE MIXTE
	Nb CC	Durée	Nature (oral/écrit)	Durée	Nature (oral/écrit)	Répartition en % entre CC et CT
1^{ère} session						
	• RNE		Rapport	20 mn	Oral	50%/50%
	• RSE			20 mn	Rapport (50%) + oral (50%)	
2^{ème} session						
	• RNE / RSE				Rapport	
Responsable de l'enseignement :				LE FORESTIER Lydie		
Bibliographie : Référentiel pédologique (2008) ; Tabelin et al. (2018) Sci.Tot.Env, 645, 1522-1553 ; Thouin et al. (2017) Sci.Tot.Env, 595, 279-293.						
Ressources pédagogiques : Supports de cours sur CELENE						

PARCOURS : G³ Geo²Env CPRE VSED

OMA9RE08 Pollution et traitements des eaux & des sols

Semestre	3	Langue	Français		
Crédits ECTS / Coef.	5 (Géo ² Env) 4 (CPRE)	Mise à jour le	10 mai 2021		
Volume horaire total	48h	Dont	CM	TD	TP
				48h	
Seuil de dédoublement				40 étud.	

Descriptif de l'enseignement

Prérequis : Connaissances de base des milieux aquatiques et éléments de pédologie

Objectifs : (savoirs et compétences acquis) Donner des connaissances approfondies sur les pollutions des milieux aquatiques et des sols, sur les traitements en vue de la potabilisation des eaux et après usage, et en vue de la réhabilitation des sols pollués

Contenu :

Pollutions et traitements des eaux : Rappels sur les eaux souterraines ; Les principales causes de pollution et problématiques actuelles ; Norme de qualité des eaux naturelles ; Production d'eau potable ; norme européenne ; Traitements des eaux usées.

Pollutions et traitements des sols : Comportement des polluants ; Diagnostic des sols pollués ; Evaluation simplifiée des risques ; évaluation détaillée des risques ; Gestion des sites & sols pollués - Méthodologie ; Prélèvement et échantillonnage.

Techniques de dépollution des sols : méthodes des traitements, limites et problématique des techniques, études de cas ; Techniques de réhabilitation. Marché des traitements des sites pollués.

Aspects réglementaires de la pollution et la dépollution

Modalités de contrôle des connaissances

NOTE ELIMINATOIRE	CONTROLE CONTINU			CONTROLE TERMINAL		CONTROLE MIXTE
	Nb CC	Durée	Nature (oral/écrit)	Durée	Nature (oral/écrit)	
1^{ère} session						
• RNE	2	1h30	Ecrit			
• RSE				3h	Ecrit	
2^{ème} session						
• RNE / RSE				3h	Ecrit	

Responsable de l'enseignement : Valery CATOIRE

Bibliographie : Fournie par les intervenants

Ressources pédagogiques : documents photocopiés

PARCOURS : G³ Geo²Env CPRE VSED

OMA9RE15

Approche projet & qualité - Insertion prof.

EC1 – Approche projet et qualité (1 ECTS)

EC2 – Ateliers d'insertion professionnelle (1 ECTS)

Semestre	3	Langue	Français		
Crédits ECTS / Coef.	2	Mise à jour le	16 juin 2021		
Volume horaire total	24h	Dont	CM	TD	TP
				24h	
Seuil de dédoublement				40 étud.	

Descriptif de l'enseignement

Porté Risq & Env Commun partiel avec mention PhysFA (12h Approche projet et qualité)

Prérequis :

Objectifs : (savoirs et compétences acquis)

Insertion professionnelle.

Gestion de projet : Avoir une vue globale et synthétique sur le mode projet et ses utilisations ; Connaître les bases de la méthodologie de projet ; S'approprier les outils de base de la conduite de projet.

Contenu :

Outils pour l'insertion professionnelle proposés en partenariat avec l'ESEE : 4x3h

Rédiger une lettre de motivation ou comment montrer son intérêt pour une entreprise, un poste ou une mission ;

Réussir son entretien de recrutement ; Cibler son marché de l'emploi ; Construire et développer son réseau

Approche projet et qualité : 12h

La conduite de projets est une compétence transversale recherchée dans les entreprises quel que soit le poste, pour mettre en œuvre et atteindre les objectifs fixés.

Contenu du programme :

- Définition (gestion de projet/ initiation à l'assurance produit)
- Méthodologie et outils (gestion de planning, documentation, risques)
- Bonnes pratiques de travail dans une équipe "projet"

Modalités de contrôle des connaissances

	CONTROLE CONTINU			CONTROLE TERMINAL		CONTROLE MIXTE
	Nb CC	Durée	Nature (oral/écrit)	Durée	Nature (oral/écrit)	Répartition en % entre CC et CT
1^{ère} session						
• RNE	1	1h	Ecrit			
• RSE				1h	Ecrit	
2^{ème} session						
• RNE / RSE				1h	Ecrit	

Responsable de l'enseignement : Clémence AGRAPART – Christophe GUIMBAUD

PARCOURS : <input checked="" type="checkbox"/> G ³ <input type="checkbox"/> Geo ² Env <input type="checkbox"/> CPRE <input type="checkbox"/> VSED						
OMA9ST30			Géotectonique (UQAM)			
Semestre	3	Langue			Français	
Crédits ECTS / Coef.	6	Mise à jour le			16 juin 2021	
Volume horaire total	45h	Dont	CM	TD	TP	
			45h			
Seuil de dédoublement			87 étud.			
Descriptif de l'enseignement						
Prérequis : Bonne connaissance de la déformation en contexte ductile et cassant ; connaissance de la géodynamique						
Objectifs : (savoirs et compétences acquis) Mesures et traitements approfondis de données structurales ; application à la déformation de gisements miniers ; construction de modèles miniers						
Contenu : Les relations entre croûtes, manteau et noyau constituent les fondements de la dynamique terrestre. Le cours comprend deux parties; la première a pour objectif d'acquérir une compréhension synthétique des aspects physiques et chimiques de la géodynamique interne. On abordera la structure de la Terre, son régime thermique, la rhéologie et la géochimie, les changements de phases, le rôle des fluides profonds et les mécanismes de la convection et de la déformation. La formation des orogènes, des points chauds, des rifts et des bassins seront examinés. L'évolution de la croûte continentale, étudiée par ses messages sédimentaires et magmatiques, illustrera les modifications des mécanismes géodynamiques depuis l'Archéen. La signification de la tectonique globale, paradigme ou paradoxe, sera discutée. La seconde partie portera sur des problématiques actuelles de la géodynamique interne, traitées sous la forme de séminaire et de travaux dirigés avec application aux gîtes minéraux ; métallotectes structuraux ; étude de cas de gisements miniers en contexte de déformation						
Modalités de contrôle des connaissances						
NOTE ELIMINATOIRE	CONTROLE CONTINU			CONTROLE TERMINAL		CONTROLE MIXTE
< D	Nb CC	Durée	Nature (oral/écrit)	Durée	Nature (oral/écrit)	Répartition en % entre CC et CT
1^{ère} session						
	• RNE / RSE				Exposé oral	
2^{ème} session						
Sans objet						
Responsable de l'enseignement :				UQAM		

PARCOURS : G³ Geo²Env CPRE VSED

OMA9ST31		Hydrothermalisme (UQAM)			
Semestre	3	Langue	Français		
Crédits ECTS / Coef.	6	Mise à jour le	16 juin 2021		
Volume horaire total	45h	Dont	CM	TD	TP
			45h		
Seuil de dédoublement					

Descriptif de l'enseignement

Prérequis : connaissances sérieuses des modèles métallogéniques

Objectifs : (savoirs et compétences acquis)

cartographie géologique et minière ; levers miniers, réalisation de synthèse régionale de gîtes minéraux

Contenu :

La circulation des fluides hydrothermaux joue un rôle majeur dans le fonctionnement de la lithosphère et dans la formation des gîtes minéraux. Le cours vise à donner aux étudiants une compréhension des mécanismes physiques de l'hydrothermalisme, aussi bien dans les terrains anciens qu'actuellement, principalement en domaine cassant. La première partie porte sur l'hydraulique des milieux fissurés, l'hydrothermalisme océanique et continental, les champs géothermiques et leur expression dans les gîtes hydrothermaux, les conséquences en terme de déformation et de plutonisme. La mécanique des champs filoniens et l'étude des altérations permettront de développer des critères pratiques de diagnostic minier: taille et durée des systèmes hydrothermaux, importance des minéralisations associées. La seconde partie est une excursion d'une semaine dans des environnements géologiques montrant des gisements hydrothermaux fossiles exploités (mines) et des systèmes géothermaux actifs, avec visites de mines, levers cartographiques et levers miniers, et le suivi de travaux d'exploration. Un travail thématique trimestriel permet enfin une synthèse personnelle sur un sujet d'actualité.

Modalités de contrôle des connaissances

	CONTROLE CONTINU			CONTROLE TERMINAL		CONTROLE MIXTE
	Nb CC	Durée	Nature (oral/écrit)	Durée	Nature (oral/écrit)	Répartition en % entre CC et CT
1^{ère} session :						
• RNE / RSE					Rapport	
2^{ème} session						
Sans objet						

PARCOURS : <input checked="" type="checkbox"/> G ³ <input type="checkbox"/> Geo ² Env <input type="checkbox"/> CPRE <input type="checkbox"/> VSED						
OMA9ST32			Déformation des gites minéraux (UQAM)			
Semestre	3	Langue		Français		
Crédits ECTS / Coef.	6	Mise à jour le		16 juin 2021		
Volume horaire total	45h	Dont	CM	TD	TP	
			45h			
Seuil de dédoublement						
Descriptif de l'enseignement						
Prérequis : connaissances solides à approfondies en métamorphisme, géologie structurale et morphologie/genèse des gisements métallifères ; aptitude aux levés cartographiques en milieu fortement déformé.						
Objectifs : (savoirs et compétences acquis) <ul style="list-style-type: none"> ➤ Reconnaître les transformations structurales et texturales des gisements. ➤ Appréhender les conséquences sur la morphologie des gisements et leur incidence en termes d'exploration, de production, et de traitement des minerais 						
Contenu : <p>Les gisements minéraux sont intimement associés aux conditions tectoniques qui règnent pendant et après leur formation.</p> <p>Le cours vise à donner des concepts et des méthodes avancées sur le métamorphisme et la déformation des gisements à différentes profondeurs dans la lithosphère tel la déformation ductile des gisements filoniens aurifères, et la recristallisation et la déformation des gisements volcanogènes. Trois à quatre modules de quelques jours s'organisent autour d'une étude de cas présentant un niveau de complexité structural croissant. Chaque module comporte d'abord une synthèse thématique à partir de la bibliographie, puis un travail d'analyse et de collecte des données sur le terrain (un à deux jours), avec des outils microtectoniques et cartographiques. Les échantillons et les mesures recueillis sont ensuite étudiés en laboratoire afin de reconstruire quantitativement les différents éléments de l'histoire structurale du gisement. Les conséquences sur la morphologie des gisements et leur incidence en termes d'exploration et de production seront enfin présentées. Sorties sur le terrain.</p>						
Modalités de contrôle des connaissances						
	CONTROLE CONTINU			CONTROLE TERMINAL		CONTROLE MIXTE
	Nb CC	Durée	Nature (oral/écrit)	Durée	Nature (oral/écrit)	Répartition en % entre CC et CT
1^{ère} session						
	• RNE / RSE				Rapport	
2^{ème} session						
Sans objet						
Responsable de l'enseignement :			UQAM			

PARCOURS : <input checked="" type="checkbox"/> G ³ <input type="checkbox"/> Geo ² Env <input type="checkbox"/> CPRE <input type="checkbox"/> VSED						
OMA9ST37		Méthodologie de la communication en sciences de la terre (UQAM)				
Semestre	3	Langue			Français	
Crédits ECTS / Coef.	1	Mise à jour le			16 juin 2021	
Volume horaire total	25h	Dont	CM	TD	TP	
			25h			
Seuil de dédoublement						
Descriptif de l'enseignement						
Prérequis : aucun						
Objectifs : (savoirs et compétences acquis) Maitriser les outils de communication en sciences de la terre						
Contenu : Ce cours permet de présenter brièvement les principes d'une communication efficace, puis de maitriser les principaux outils de communication scientifique : affiches, communication orale, notes et articles dans le domaine des sciences de la terre. On abordera en particulier la lecture critique, le dessin géologique, la réalisation de photographies, la conception de diapositives, la planification d'une note, d'un article ou d'une présentation. Le cours comprend des cours magistraux et des travaux pratiques, en particulier avec les outils informatiques. L'étudiant devra présenter oralement une communication sur un sujet géologique à l'occasion d'un séminaire.						
Modalités de contrôle des connaissances						
	CONTROLE CONTINU			CONTROLE TERMINAL		CONTROLE MIXTE
	Nb CC	Durée	Nature (oral/écrit)	Durée	Nature (oral/écrit)	Répartition en % entre CC et CT
1^{ère} session						
	• RNE / RSE			15 mn	Exposé oral	
2^{ème} session						
	• RNE / RSE			15 mn	Exposé oral	

PARCOURS : <input checked="" type="checkbox"/> G ³ <input type="checkbox"/> Geo ² Env <input type="checkbox"/> CPRE <input type="checkbox"/> VSED						
OMA9ST34			Ressources minérales et mondialisation (UQAM)			
Semestre	3	Langue			Français	
Crédits ECTS / Coef.	6	Mise à jour le			16 juin 2021	
Volume horaire total	45h	Dont	CM	TD	TP	
			45h			
Seuil de dédoublement						
Descriptif de l'enseignement						
Prérequis : Aucun						
Objectifs : (savoirs et compétences acquis) L'objectif du cours est d'acquérir les compétences nécessaires pour évaluer les enjeux, analyser des politiques économiques et leurs conséquences dans le domaine des ressources minérales						
Contenu : L'objectif du cours est d'acquérir les compétences nécessaires pour évaluer les enjeux, analyser des politiques économiques et leurs conséquences dans le domaine des ressources minérales. Il permet en particulier de connaître les éléments clefs de l'économie des gîtes minéraux et les grands traits de l'histoire minière à l'échelle internationale. Il vise en outre à comprendre le rôle économique et social des ressources minérales dans le monde, l'importance politique de certaines ressources minérales, le rôle des marchés, des politiques minières et de grands producteurs dans l'établissement des prix, et le fonctionnement des principaux acteurs du domaine minier. Par une analyse de la composante économique du développement durable, il permettra de sensibiliser aux impacts de la croissance démographique et économique sur la demande et la rareté des ressources naturelles						
Modalités de contrôle des connaissances						
	CONTROLE CONTINU			CONTROLE TERMINAL		CONTROLE MIXTE
	Nb CC	Durée	Nature (oral/écrit)	Durée	Nature (oral/écrit)	Répartition en % entre CC et CT
1^{ère} session						
	• RNE / RSE			15 mn	Exposé oral	
2^{ème} session						
	• RNE / RSE			15 mn	Exposé oral	
Responsable de l'enseignement :				UQAM		

PARCOURS : <input checked="" type="checkbox"/> G ³ <input type="checkbox"/> Geo ² Env <input type="checkbox"/> CPRE <input type="checkbox"/> VSED						
OMA9ST35			Activités de terrain (UQAM)			
Semestre	3	Langue			Français	
Crédits ECTS / Coef.	6	Mise à jour le			16 juin 2021	
Volume horaire total	30h	Dont	CM	TD	TP	
			30h			
Seuil de dédoublement						
Descriptif de l'enseignement						
Prérequis : connaissances solides à approfondies en géologie et morphologie/genèse des gisements métallifères ; aptitude aux levés cartographiques des séries volcano-sédimentaires et métamorphiques, analyse de la déformation.						
Objectifs : (savoirs et compétences acquis) Travaux de cartographie dans les séries paléo protérozoïques minéralisées <ul style="list-style-type: none"> ➤ Reconnaître des séries volcano-sédimentaires ➤ Décrire le métamorphisme et les transformations structurales ➤ Visites et prises de contacts avec les équipes d'exploration, de production, et de traitement des minerais, problématiques industrielles minières 						
Contenu : ✓ L'objectif de ce cours est de permettre aux étudiants d'intégrer leurs différentes connaissances dans le domaine des Sciences de la Terre directement sur le terrain. Cette intégration se fera à différentes échelles dans le temps et dans l'espace. Les thématiques abordées comprendront différents domaines des géosciences tels que la métallogénie, la tectonique, la sédimentologie, etc. Ce cours implique un travail de documentation objective, permanente et efficace et la synthèse de différents types de données géologiques. Il peut faire appel à différentes techniques de cartographie thématique et spécialisée (dans le domaine des mines, de l'environnement, de l'aménagement du territoire, etc.). Le cours a lieu sous forme d'un camp-excursion sur le terrain et implique la rédaction d'un (des) rapport(s).						
Modalités de contrôle des connaissances						
	CONTROLE CONTINU			CONTROLE TERMINAL		CONTROLE MIXTE
	Nb CC	Durée	Nature (oral/écrit)	Durée	Nature (oral/écrit)	Répartition en % entre CC et CT
1^{ère} session						
	• RNE / RSE				Rapport	
2^{ème} session						
	• RNE / RSE	Sans objet				
Responsable de l'enseignement :				UQAM		

PARCOURS : <input checked="" type="checkbox"/> G ³ <input type="checkbox"/> Geo ² Env <input type="checkbox"/> CPRE <input type="checkbox"/> VSED						
OMA9ST36			Hydrogéochimie des ressources (UQAM)			
Semestre	3	Langue			Français	
Crédits ECTS / Coef.	6	Mise à jour le			16 juin 2021	
Volume horaire total	45h	Dont	CM	TD	TP	
			45h			
Seuil de dédoublement						
Descriptif de l'enseignement						
Prérequis :						
Objectifs : (savoirs et compétences acquis) L'objectif de ce cours est de comprendre les mécanismes responsables de la dispersion des ions, isotopes et éléments traces dans l'eau souterraine et dans les formations de surface, avec une attention particulière aux processus physiques liés à l'entraînement des espèces chimiques dans les aquifères et les échanges fluide-roche.						
Contenu : Le cours comprend des cours magistraux et des travaux pratiques en laboratoire. Éléments dissous et lithologie des aquifères. Classification chimique de l'eau et ses diagrammes. Mesure des paramètres physiques et chimiques de l'eau sur le terrain. Processus de transport dans la zone non saturée et dans l'aquifère. Traçages artificiels et solutions analytiques. Traçage des sources et de la circulation de l'eau souterraine par les isotopes : isotopes stables de l'eau, isotopes radioactifs, anthropiques et gaz rares. Temps de résidence de l'eau souterraine. Exemples d'applications en hydrogéologie, en environnement et en prospection géochimique. Sorties sur le terrain.						
Modalités de contrôle des connaissances						
	CONTROLE CONTINU			CONTROLE TERMINAL		CONTROLE MIXTE
	Nb CC	Durée	Nature (oral/écrit)	Durée	Nature (oral/écrit)	Répartition en % entre CC et CT
1^{ère} session						
	• RNE / RSE				Rapport	
2^{ème} session						
	• RNE / RSE				Rapport	
Responsable de l'enseignement :				UQAM		

Semestre 4

Code APOGEE	OMA0ST01			OMA0ST02			OMA0ST03		
Intitulé	Environnement minier & après mine			Resources modelling and evaluation with Surpac®			Roches & minéraux industriels		
Responsable	Dominique GUYONNET			Johann TUDURI			Éric MARCOUX		
Volume H	43h			48h			36h		
Répartition H	CM	TD	TP	CM	TD	TP	CM	TD	TP
		18h	25h		48h			13h	23h
ECTS	3			3			3		
Commun									

Code APOGEE	OMA0ST04			OMA0ST05			OMA0ST06		
Intitulé	Conduite de projet d'exploration Terrain Maroc			Environmental data management			Economie de l'environnement		
Responsable	Johann TUDURI			Daniel PIERRE			Xavier GALLIEGUE		
Volume H	104h			24h			24h		
Répartition H	CM	TD	TP	CM	TD	TP	CM	TD	TP
		44h	60h		24h			24h	
ECTS	6			3			2		
Commun									

Code APOGEE	OMA0ST07			OMA0ST08			OMA0ST09		
Intitulé	Management & législation de l'environnement			Stage recherche			Stage professionnel		
Responsable	Valéry CATOIRE			Responsable parcours			Responsable parcours		
Volume H	24h			10h			1.5h		
Répartition H	CM	TD	TP	CM	TD	TP	CM	TD	TP
		24h			10h			1.5h	
ECTS	2			30			15		
Commun			OMA0RE10						

Code APOGEE	OMA0ST12		
Intitulé	Stage professionnel		
Responsable	Responsable parcours		
Volume H	1.5h		
Répartition H	CM	TD	TP
		1.5h	
ECTS	20		
Commun			

PARCOURS : G³ Geo²Env CPRE VSED

OMA0ST01		Environnement minier et après-mine			
Semestre	4	Langue	Français		
Crédits ECTS / Coef.	3	Mise à jour le	3 avril 2021		
Volume horaire total	43h	Dont	CM	TD	TP
				18h	25h
Seuil de dédoublement				40 étud.	8 étud.

Descriptif de l'enseignement

Prérequis : Connaissances en hydrologie (bilans hydriques) et hydrogéologie (cartes piézométriques), en chimie des eaux (paramètres géochimiques, diagrammes de Pourbaix, limites de solubilité, ...) et en géotechnique (stabilité des sols, faibles perméabilités, ...).

Objectifs : (savoirs et compétences acquis) Acquérir une démarche logique visant à prendre en compte la gestion des risques environnementaux en amont du projet minier, dès le stade de la faisabilité. Savoir mettre en œuvre des outils d'analyse de terrain spécifiques à l'environnement minier. Connaître les techniques de mise en sécurité et de surveillance des anciens sites miniers.

Contenu : Ce cours présente la gestion de projet minier d'un point de vue environnemental, tout au long de son cycle de vie, depuis le projet de faisabilité jusqu'à l'après-mine. La gestion environnementale durant la période de mine active est basée sur le « Plan de Gestion Environnemental » (environmental management plan). La gestion de l'après-mine est une approche intégrée qui considère les eaux de surface et souterraines d'un point de vue quantitatif et qualitatif (en incluant le traitement), la gestion des déchets miniers (sitologie des stockages, conception, dimensionnement, matériaux), la stabilité géotechnique des stockages de résidus miniers, etc.

Modalités de contrôle des connaissances

	CONTROLE CONTINU			CONTROLE TERMINAL		CONTROLE MIXTE
	Nb CC	Durée	Nature (oral/écrit)	Durée	Nature (oral/écrit)	Répartition en % entre CC et CT
1^{ère} session						
• RNE / RSE					Rapport	
2^{ème} session						
• RNE / RSE					Rapport	

Responsable de l'enseignement : Ingrid GIRARDEAU (BRGM)

Bibliographie :

TAILSAFE – Sustainable improvement in safety of tailings facilities. <http://www.tailsafe.com/>
 Mine Water - hydrology, pollution, remediation. Younger, P., Banwart, S., Hedin, R. (2002)
 Geotechnical engineering for mine waste storage facilities. Blight, G. (2010)

PARCOURS : <input checked="" type="checkbox"/> G ³ <input type="checkbox"/> Geo ² Env <input type="checkbox"/> CPRE <input type="checkbox"/> VSED						
OMA0ST02			Resource modelling & evaluation with Surpac©			
Semestre	3	Langue			Anglais	
Crédits ECTS / Coef.	3	Mise à jour le			3 avril 2021	
Volume horaire total	48h	Dont	CM	TD	TP	
				48h		
Seuil de dédoublement				16 étud.		
Descriptif de l'enseignement						
Prérequis : Géologie des gisements minéraux, Processus métallogéniques, Le projet à l'international dans le domaine des géosciences, Mineral economic masterclass, Mineral exploration and data analysis						
Objectifs : (savoirs et compétences acquis) Etre capable de concevoir, coréaliser, gérer ou superviser un projet d'exploration de complexité avancé. Maîtrise des outils géomatiques (ACCESS, SURPAC) d'un projet minier dans les différentes phases de son existence. Choisir les méthodes pertinentes de base en modélisation par rapport aux problèmes rencontrés. Respect de la procédure qualité et amélioration du processus décisionnel.						
Contenu : Formation complète à l'évaluation minière ainsi qu'à la planification des opérations d'exploitation sous le logiciel métier GEOVIA/SURPAC.						
Modalités de contrôle des connaissances						
	CONTROLE CONTINU			CONTROLE TERMINAL		CONTROLE MIXTE
	Nb CC	Durée	Nature (oral/écrit)	Durée	Nature (oral/écrit)	Répartition en % entre CC et CT
1^{ère} session						
	• RNE / RSE				Rapport technique	
2^{ème} session						
	• RNE / RSE				Rapport technique	
Responsable de l'enseignement :				Johann TUDURI		

PARCOURS : <input checked="" type="checkbox"/> G ³ <input type="checkbox"/> Geo ² Env <input type="checkbox"/> CPRE <input type="checkbox"/> VSED						
OMA0ST03		Roches et minéraux industriels				
Semestre	4	Langue			Français	
Crédits ECTS / Coef.	3	Mise à jour le			19 mai 2021	
Volume horaire total	36h	Dont	CM	TD	TP	
				13h	23h	
Seuil de dédoublement Terrain (en partie)					8h – 18 étud.	
					15h – 8 étud.	
Descriptif de l'enseignement						
Prérequis : Connaissance de base en ressources minérales						
Objectifs : (savoirs et compétences acquis) Connaissance et maîtrise de la chaîne prospection-exploitation-traitement-réhabilitation dans la filière des minéraux industriels. Généralités et tests d'essais techniques sur les granulats avec notions de géotechnique des sols.						
Contenu : Minéralogie, géologie et exploration des principaux minéraux industriels (argiles, kaolin, andalousite, diatomite, barytine...) ainsi que leurs utilisations industrielles (charges minérales, filtration, isolation...). Les granulats : définitions, caractéristiques, classification, emplois et principaux essais techniques, ainsi que notions de base de géotechnique et mécanique des sols (tassement, compaction, cisaillement). La connaissance du cycle extraction – traitement – réhabilitation est notamment acquise avec des visites de sites d'exploitation majeurs (kaolin, andalousite, carrières de granulats...); familiarisation avec les contraintes géologiques, techniques et environnementales de l'industrie extractive.						
Modalités de contrôle des connaissances						
	CONTROLE CONTINU			CONTROLE TERMINAL		CONTROLE MIXTE
	Nb CC	Durée	Nature (oral/écrit)	Durée	Nature (oral/écrit)	Répartition en % entre CC et CT
1^{ère} session						
	• RNE/RSE				Rapport terrain (67%) Compte-rendu TP (33%)	
2^{ème} session						
	• RNE / RSE				Rapport terrain	
Responsable de l'enseignement :				Éric MARCOUX		

PARCOURS : <input checked="" type="checkbox"/> G ³ <input type="checkbox"/> Geo ² Env <input type="checkbox"/> CPRE <input type="checkbox"/> VSED						
OMA0ST04			Conduite de projet d'exploration			
Semestre	4	Langue		Français		
Crédits ECTS / Coef.	6	Mise à jour le		16 juin 2021		
Volume horaire total	104h	Dont	CM	TD	TP	
				44h	60h	
Seuil de dédoublement		terrain		16 étud.	8 étud.	
Descriptif de l'enseignement						
Prérequis : Hydrothermalisme, Le projet à l'international dans le domaine des géosciences, Mineral economic masterclass						
Objectifs : (savoirs et compétences acquis) Etre capable de concevoir, coréaliser, gérer ou superviser un projet d'exploration de complexité moyenne. Identification des techniques adaptées à une substance et un contexte géologique particulier Maîtrise des outils géomatiques (ACCESS, SIG) d'un projet minier dans les différentes phases de son existence. Respect de la procédure qualité et amélioration du processus décisionnel.						
Contenu : Cet enseignement se dispensera en salle et sur le terrain. Les enseignements en salle apporteront les compétences nécessaires à la mise en œuvre d'un exercice de conduite de projet d'exploration dont la réalisation se fera pro-parte sur le terrain. Le livrable attendu sera un rapport technique. En salle, les différentes phases d'un projet d'exploration ainsi que leurs objectifs, les méthodes mises en œuvre, les outils et les traitements seront présentés. On insistera en particulier sur les critères de choix des méthodes (techniques vs. Budgétaires) et sur les éléments décisionnels qui permettent de passer d'une phase à l'autre. Sur le terrain, les étudiants travailleront en groupe sur un prospect minier qu'ils devront valoriser en mettant en œuvre tout leur savoir-faire, afin de mener à bien un projet d'exploration en domaine complexe hydrothermalisé. Les attentes sont les suivantes : réalisation de levés géologiques (1/2500), caractérisation thématiques des altérations, définition du contrôle structural de la minéralisation, définition des métallotectes, réalisation d'un modèle géologique 3D, évaluation de la ressource supposée.						
Modalités de contrôle des connaissances						
	CONTROLE CONTINU			CONTROLE TERMINAL		CONTROLE MIXTE
	Nb CC	Durée	Nature (oral/écrit)	Durée	Nature (oral/écrit)	Répartition en % entre CC et CT
1^{ère} session						
	• RNE	2	Rapports			
	• RSE			2	Rapports	
2^{ème} session						
	• RNE				Sans objet	
	• RSE				Sans objet	
Responsable de l'enseignement :			Johann TUDURI			

PARCOURS : <input type="checkbox"/> G ³ <input checked="" type="checkbox"/> Geo ² Env <input type="checkbox"/> CPRE <input type="checkbox"/> VSED						
OMA0ST05			Environmental Data Management			
Semestre	4	Langue		Français		
Crédits ECTS / Coef.	3	Mise à jour le		16 juin 2021		
Volume horaire total	24h	Dont	CM	TD	TP	
				24h		
Seuil de dédoublement				40 étud.		
Descriptif de l'enseignement						
Prérequis :						
<ul style="list-style-type: none"> Maitrise des grands processus physico-chimiques et altération de la qualité des eaux (cycle de l'azote, pesticides et autres micropolluants,...) ; Maîtrise des outils de type tableurs (excel,...), base de données (SQL) et SIG. 						
Objectifs : (savoirs et compétences acquis)						
<ul style="list-style-type: none"> La parfaite maîtrise des processus de gestion de la donnée environnementale est au cœur des activités scientifiques et techniques qu'il s'agisse d'ingénierie ou de recherche. A l'heure de l'open data et des nouvelles technologies d'acquisition et de transmission des données, la gestion de la donnée environnementale apparait comme un enjeu de second plan, alors qu'il existe des méthodologies et des outils adaptés pour sa gestion et sa valorisation. Antea Group souhaite développer son offre de formation et l'ouvrir à ses partenaires universitaires. Il s'agit de s'approprier la chaîne de valeur de cette donnée environnementale ainsi que d'acquérir les bases techniques nécessaires pour assurer les processus de centralisation, gestion et analyse des données. Ces processus seront illustrés par des exercices pratiques concrets portant sur la surveillance physicochimique et hydrobiologie des masses d'eau. Ces exercices pratiques reposeront sur l'utilisation des solutions Antea Group Lyxea ® utilisées largement par les acteurs de la sphère eau française (Agences de l'eau,...). 						
Contenu : Ce module est dispensé par les ingénieurs et chercheurs de Antea Group experts dans la gestion de données environnementales.						
La solution Lyxea ® & les acteurs de la sphère « eau » française						
Les acteurs (public, privé, les interactions et les échanges (bases nationales) - Présentation des grandes bases nationales et des "obligations" de chaque acteur à y verser leurs données - Présentation du SANDRE, acteurs, services, intérêts... - Services web (BDD nationales : banque HYDRO, ADES, MeteoFrance, Naiade,..le SIE Français - Périmètre métier et fonctionnel : Les modules Lyxea ® - Intérêt de chaque module Lyxea d'un point de vue métier						
La Lyxea par l'exemple : processus de surveillance des masses d'eau du bassin Loire Bretagne						
Mettre en œuvre la solution Lyxea ® : assurer un processus de surveillance de la qualité des masses d'eau						
Gestion de données référentielles - Bancarisation des données milieu - Convertir et échanger des données - Echanges EDI Labo - Export et import de données - Planification - Validation des données - Cartographie et réaliser des évaluations du « bon état écologique » (Directive Cadre sur l'Eau 2000/60/CE) - Evaluations spécifiques (hydrobiologique, pesticides,...).						
Modalités de contrôle des connaissances						
	CONTROLE CONTINU			CONTROLE TERMINAL		CONTROLE MIXTE
	Nb CC	Durée	Nature (oral/écrit)	Durée	Nature (oral/écrit)	Répartition en % entre CC et CT
1^{ère} session						
	• RNE / RSE				Rapport	
2^{ème} session						
	• RNE / RSE				Rapport	
Responsable de l'enseignement :				Daniel PIERRE		
Bibliographie :						
https://www.researchgate.net/publication/287209102 Le cycle des donnees applique a l'eau						
https://www.researchgate.net/publication/273203872 Suivi de la qualite de l'eau et des pollutions etat des reseaux objectifs et enjeux						
https://www.researchgate.net/publication/324840205 Donnees geoscientifiques et environnementales issues de la recherche academique consequences et implications sur les activites d'ingenierie et la resolution de problematique environnementales industri						
Ressources pédagogiques : https://university.lyxea.fr/						

PARCOURS : <input type="checkbox"/> G ³ <input checked="" type="checkbox"/> Geo ² Env <input type="checkbox"/> CPRE <input type="checkbox"/> VSED						
OMA0ST06			Economie de l'environnement			
Semestre	4	Langue		Français ou Anglais		
Crédits ECTS / Coef.	2	Mise à jour le		16 juin 2021		
Volume horaire total	24h	Dont	CM	TD	TP	
				24h		
Seuil de dédoublement				40 étud.		
Descriptif de l'enseignement						
Prérequis :						
Pas de prérequis - <i>No prerequisite</i>						
Objectifs : (savoirs et compétences acquis)						
Connaissance des outils de l'analyse économique permettant de mettre en œuvre une politique de protection de l'environnement.						
Connaissance des enjeux et outils du développement durable						
Connaissance des concepts permettant d'évaluer le coût du réchauffement climatique et de la transition énergétique, et des mesures d'atténuation (mitigation) permettant de la réaliser à un moindre coût.						
<i>Knowledge of the economic tools enabling to implement environmental protection policies.</i>						
<i>Mastering the stakes and tools of sustainable development.</i>						
<i>Evaluating the different aspects of the economics of climate change and energy transition, through the valuation of adaptation and mitigation policies</i>						
Contenu :						
<ul style="list-style-type: none"> ➤ De la croissance au développement durable ➤ Les biens publics et le problème des externalités ➤ L'évaluation des dommages environnementaux et le principe pollueur-payeur: théorie et pratique ➤ Les instruments des politiques environnementales: réglementations, taxes et subventions, marché de droits ➤ L'économie du changement climatique et de la transition énergétique ➤ L'entreprise et de développement durable: la responsabilité Sociale d'entreprise (RSE) ➤ <i>From Growth to sustainable development</i> ➤ <i>Public Goods and Externalities</i> ➤ <i>Environmental amenities and polluter/payer principle: theory and practice</i> ➤ <i>The tools of environmental policies: regulations, taxes and subsidises, polluting right markets</i> ➤ <i>The economics of climate change and of the energy transition.</i> ➤ <i>Enterprise and Sustainable development: the environmental and social corporate responsibility</i> 						
Modalités de contrôle des connaissances						
	CONTROLE CONTINU			CONTROLE TERMINAL		CONTROLE MIXTE
	Nb CC	Durée	Nature (oral/écrit)	Durée	Nature (oral/écrit)	Répartition en % entre CC et CT
1^{ère} session						
	• RNE / RSE			2h	Ecrit	
2^{ème} session						
	• RNE / RSE			2h	Ecrit	
Responsable de l'enseignement :				Xavier GALIEGUE		
Bibliographie :						
Beumais et Chirolleu –Assouline, Economie de l'environnement						
Gilles Rotillon, Economie de l'environnement, Repères- La Découverte						
Tietenberg and Lewis, Environmental and Natural resources economics, Routledge						
J. Conrad, Resource Economics, Cambridge University Press						
C. Erikson, Economic Growth and the environment, Oxford University Press						

PARCOURS : G³ Geo²Env CPRE VSED

OMA0ST07 (OMA9RE10 CPRE) Management & législation de l'environnement

Semestre	4	Langue	Français ou Anglais		
Crédits ECTS / Coef.	2	Mise à jour le	6 mai 2021		
Volume horaire total	24h	Dont	CM	TD	TP
				24h	
Seuil de dédoublement			40 étud.		

Descriptif de l'enseignement

Prérequis :

Objectifs : (savoirs et compétences acquis)

- Législation de l'environnement et des données : Comprendre la structuration du droit européen et français de l'environnement et des données, l'organisation des compétences.
- Management de l'environnement : Comprendre les enjeux d'un Système de Management Environnemental / Savoir appliquer les exigences de l'ISO 14001.

Contenu :

Droit de l'Environnement / Droit des données

- ✓ Rapide historique du droit en environnement : Les grandes dates du droit français, européen et international, les éléments de la charte de l'environnement : introduction aux grands principes de l'environnement et du développement durable
- ✓ L'organisation des compétences environnementales en France : Rappel historique, Rôles et organisations de l'Etat, de ses Etablissements Publics, des collectivités territoriales, des autres acteurs...
- ✓ La structuration du droit français et européen : Hiérarchie des textes, Notion de doctrine-jurisprudence, L'accès au droit sur Internet, essai d'accès sur un exemple
- ✓ Le droit des données : Notion de propriété intellectuelle, L'accès aux informations environnementales, La réutilisation des informations publiques, La directive Inspire

Management environnemental, normes, études de cas L'ISO 14001 version 2015 :

- ✓ Les enjeux d'un Système de Management de l'Environnement
- ✓ Décryptage des exigences
- ✓ Détecter les points critiques de la norme
- ✓ Lien avec les autres normes de management (Qualité/Sécurité)
- ✓ Etude de cas

Modalités de contrôle des connaissances

	CONTROLE CONTINU			CONTROLE TERMINAL		CONTROLE MIXTE
	Nb CC	Durée	Nature (oral/écrit)	Durée	Nature (oral/écrit)	Répartition en % entre CC et CT
1^{ère} session						
• RNE / RSE				1h30	Ecrit	
2^{ème} session						
• RNE / RSE				1h30	Ecrit	

Responsable de l'enseignement : Valéry CATOIRE

