

Share

Email destinataire :

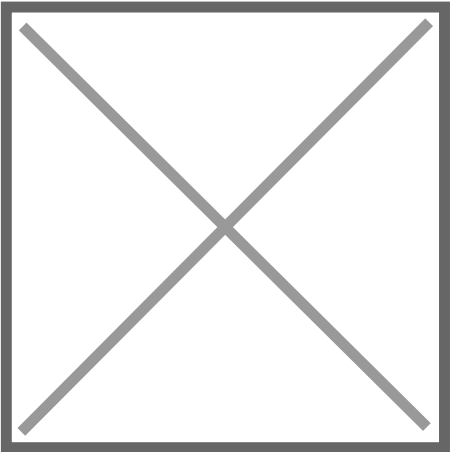
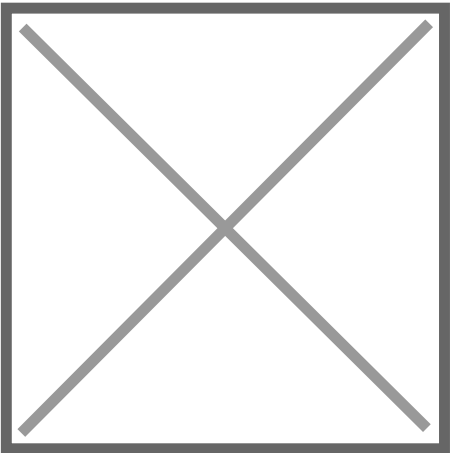
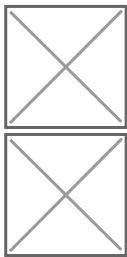
Vous devez renseigner un email valide

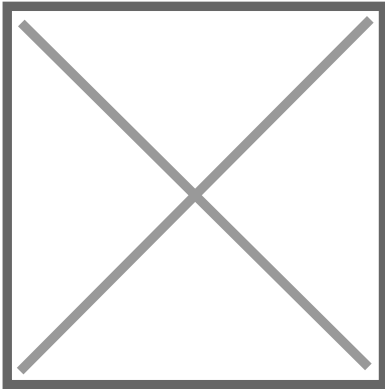
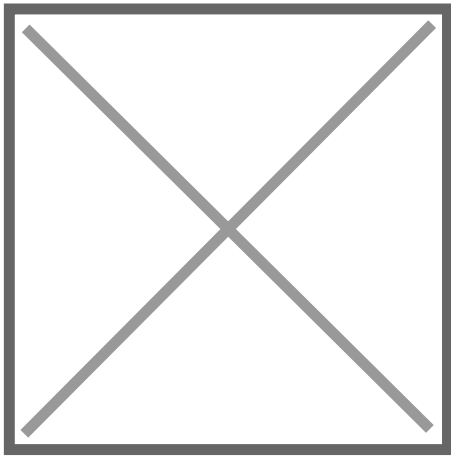
Envoyer

Une erreur est survenue. Merci de réessayer ultérieurement
Le mail de partage a bien été envoyé.

Add to Compare

M2 Studying the Climates of the Earth





Master's degree

Specialisations Earth and Planetary Sciences, Environment (STePE) | Physique fondamentale et applications

Enrolment type

Full-time academic programmes

Language(s) of instruction

French

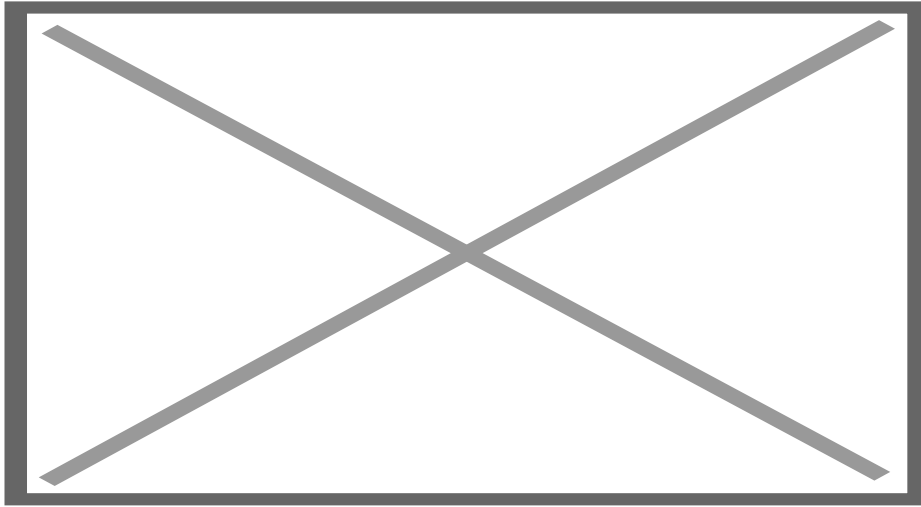
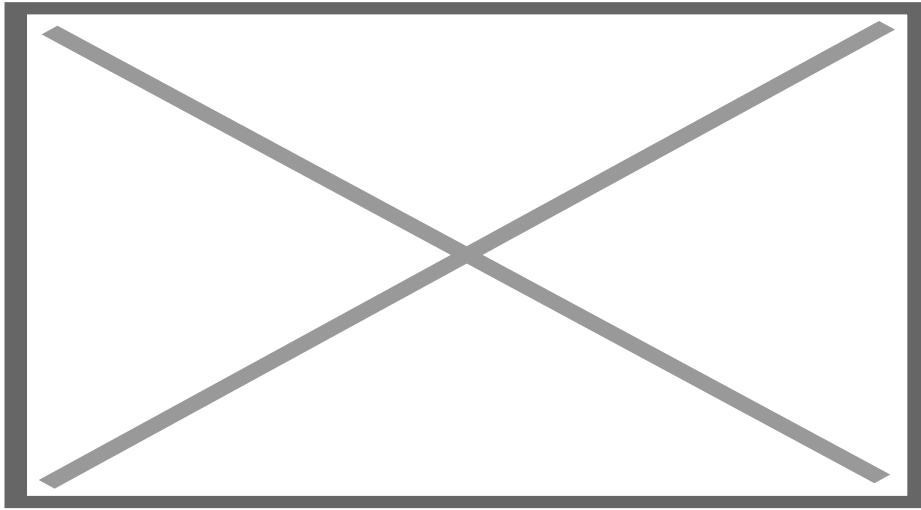
The M2 ECLAT trains specialists in the Earth's climate, climate change and its consequences, with an understanding of the mechanisms at work over time (CLIMEO sub-course) or more specifically on current climate change and mitigation and adaptation scenarios (CLARE sub-course).

The M2 ECLAT is a training course that integrates **physics and Earth sciences** to give students the tools and methods necessary to study, analyze and understand the past and current climates of the Earth, and to project themselves into the future.

From an educational point of view, the study of Earth's climates relies on tools shared between Earth sciences and physics: a **systemic approach** to problems, analysis of complex systems, **modeling and numerical simulation, observations and associated instrumentation** (mass spectrometry, interferometry, radar, lidar, etc.). The teacher-researchers involved in the M2 ECLAT are specialists in atmospheric physics and chemistry (dynamic and chemical processes, measurement methods, applied mathematics), or Earth sciences (geochemistry, geochronology, sedimentology, paleoclimatology).

[Télécharger la fiche détaillée](#)

[Apply Now](#)



Information

- [Overview](#)
- [Application requirements](#)
- [Schedule](#)

Présentation

Skills

- **Skills common to both sub-tracks:**

- Conceptualize, structure, and conduct an individual or team scientific project and conduct a critical analysis of the results, using appropriate scientific vocabulary in French and English to describe the problem.
- Communicate the results of their work, in French and English, both orally and in writing.
- Share a common understanding of the climate system.
- Conduct scientific and technical monitoring in the fields of climate and energy by analyzing relevant documents.

- **CLIMEO sub-track:**

- Analyze the elements of natural and forced variability in the Earth's climates, at different time scales (current and past climates, seasonal to decadal), by reconstructing their interconnections in a structured manner;
- Use relevant tools (analysis, theory, experimentation) to extract information from a set of observations, identifying relevant parameters, formulating appropriate hypotheses and approximations;
- Conduct model-data comparisons to quantify the climate mechanisms involved (feedbacks, forcing, system nonlinearities, etc.), to constrain numerical climate models while analyzing instrumented measurements (remote sensing, in situ sampling, spectroscopy) and their strengths and weaknesses.

- **CLARE sub-track:**

- Develop a scientific approach to climate change, its impacts, and solutions to address it, using robust, quantitative methods and critical thinking.
- Restore the fundamental concepts and orders of magnitude associated with climate dynamics, biogeochemical cycles, climate change and its impacts, Earth system modeling and observation, adaptation and mitigation solutions, and required resources.
- Implement appropriate quantitative numerical methods (e.g., numerical simulations, machine learning, inversions) or experimental methods (fieldwork, analyses) to address existing and emerging scientific questions on climate change.
- Meet societal demands related to climate change and variability based on simulations and observations, by contributing to the development of services co-constructed with users (businesses, communities, agencies, etc.); particularly around mitigation and adaptation issues, in conjunction with the humanities and social sciences.

Objectives

Climate change is a major challenge for current and future generations and is one of the 17 Sustainable Development Goals defined by UNESCO. Understanding climate change and producing robust projections for the coming centuries is a complex task because it is **multi-component, multi-scale, and multidisciplinary**.

Multi-Component and Multi-Scale. Indeed, to project into the future, we must first **understand the climate system, which is a complex, multi-component system with interactions**: oceans, atmosphere, continental surfaces, hydrosphere, and biosphere. To this end, **natural archives** such as ice or marine sediments offer

formidable investigative possibilities for **reconstructing past climates using climate models and for improving these models**, which are essential tools for projecting into the climate future. Since the industrial revolution, **direct observations** of the climate system have complemented natural archives to document contemporary climate changes in detail, both spatially and temporally, thanks to a growing set of **in-situ and satellite experimental methods and regional to global models**.

Multidisciplinary. Understanding the climate system and its evolution draws on several disciplines:

- **Physics**, which explains the flow of the Earth's fluid envelopes (air, water), energy exchanges, radiation-matter interactions, and the wave aspects of natural phenomena;
- **Earth sciences**, which provide geophysical and geochemical tools to document the interactions between the components of the climate system, the major biogeochemical cycles (carbon, nitrogen, etc.), and the water cycle, based on continental and marine climate archives (paleoclimatology, geochronometers) and contemporary observations.
- **Applied mathematics**, which provides numerical and statistical quantification methods (numerical simulation, machine learning, inverse problems);
- **Chemistry**, which allows us to understand key elements of the climate and life on Earth, such as greenhouse gases, the ozone layer, and atmospheric pollution;
- **human and social sciences** which provide their expertise on the socio-economic scenarios of the transformations to be carried out and on the question of adaptation.

The objective of the M2 ECLAT is to provide high-level, multidisciplinary research training focused on the climate system and the physics of climate change (IPCC group I), by providing reinforcement on analysis and simulation methods or an opening on impacts, and adaptation and mitigation solutions (IPCC groups II and III). The **CLImat: Modeling and Observations (CLIMEO)** sub-track is intended for geoscience and physics engineering students interested in the climate system and its past and present natural variability, in observation and modeling issues for the analysis of past, present, and future climates. The **CLimat, Adaptation, Mitigation, Resources, Energy (CLARE)** sub-track is intended for physicist students and engineering students interested in climate physics and mitigation and adaptation issues related to anthropogenic climate change.

The master's degree draws on **exceptional research potential**, bringing together leading international laboratories in the study of climate, paleoclimates, and climate change.

Débouchés

Career prospects

After a Master's or Master's + PhD: engineer (R&D, control, production, etc.)

After a Master's or Master's + PhD: engineer (research and development, control, production, etc.) in the fields of health, pharmaceuticals, agri-food, biotechnologies, instruments and

reagents, cosmetics, pollution control and the environment.

After a Master's + PhD: researcher or lecturer

After a Master's or Master's + PhD: engineer (Research & Development, control, production, etc.)

Environment / Biodiversity Officer

After a Master's degree: Data scientist

Chargé de mission environnement

Project officer sustainable development

Research officer environment

Research officer in sustainable development

Design engineer in the research / scientific sector

Project Manager / Researcher in biodiversity and sustainable development

Academic staff

Research & Development Engineer

Engineering firms specialising in environmental impact assessments

Design Engineer

Research Engineer

Head of mission / projects

HSE project manager

Data scientist

Further Study Opportunities

PhD

Admission

Capacity

Available Places

30

Target Audience and Entry Requirements

Common to both sub-tracks:

- A good level in one or more basic scientific disciplines (earth sciences, physics, mathematics, chemistry, biology) is required to access the M2 ECLAT program, which will then determine the sub-track and the choice of options.
- Basic knowledge of the climate system

The M2 ECLAT program welcomes students who have completed a first-year Master's degree or equivalent in:

- Physics
- Earth Sciences
- Climate Sciences (Ocean, Atmosphere)

A passion for applying science and modeling is also important. Other profiles will be accepted depending on motivation and transcripts.

CLIMEO sub-track (CLIMATE: Modeling and Observations):

- Earth Sciences
- Fundamentals of Physics and Chemistry
- A passion for applying science and modeling

CLARE sub-track (CLIMATE, Adaptation, Mitigation, Resources, Energy):

- Physics, including fluid physics, complex systems, and physical chemistry (non-exhaustive list)
- Applied Mathematics, including a solid foundation in statistics
- Computer Science, including mastery of a programming language and methods

Période(s) de candidature

Inception Platform

From 01/03/2026 to 15/07/2026

Supporting documents

Compulsory supporting documents

Motivation letter.

All transcripts of the years / semesters validated since the high school diploma at the date of application.

Curriculum Vitae.

Certificate of English level (compulsory for non-English speakers) or GMAT / GRE test results.

Additional supporting documents

Certificate of English level (compulsory for non-English speakers).

Certificate of French (compulsory for non-French speakers).

VAP file (obligatory for all persons requesting a valuation of the assets to enter the diploma).

Document indicating the list of local M2 choices available here : <https://urlz.fr/i3Lo>.

Supporting documents :

- Residence permit stating the country of residence of the first country
- Or receipt of request stating the country of first asylum
- Or document from the UNHCR granting refugee status
- Or receipt of refugee status request delivered in France
- Or residence permit stating the refugee status delivered in France
- Or document stating subsidiary protection in France or abroad
- Or document stating temporary protection in France or abroad.

Programme

Stage de recherche

Subjects	ECTS	Semester	Lecture	directed study	practical class	Lecture/directed study	practical class	directed study/practical class	distance learning course
Stage	27	Annualisé							

Stage

ECTS : 27

Semester: Annualisé

Language(s) of instruction

Français

Remote teaching

non

Type of assessment

Evaluation Continue non Intégrale

Approfondissement ou ouverture thématique - Sous Parcours CLIMEO

Subjects	ECTS	Semester	Lecture	directed study	practical class	Lecture/directed study	practical class	directed study/practical class
Géochimie des enveloppes superficielles	3	Semestre 1	15	8				



Géochimie des enveloppes superficielles

ECTS : 3

Semester: Semestre 1

Detail

Lecture: 15

Directed study: 8

Tutored project 4

Language(s) of instruction

Français

Remote teaching

non

Prerequisites

- Connaissances en (géo)chimie élémentaire : calcul de concentrations, traitement d'équations chimiques, loi d'action de masse
- Connaissances en géochimie isotopique : notions d'isotopes, de fractionnement
- Connaissances sur les enveloppes superficielles

Programme/contents

L'étudiant(e) saura décrire par les cours magistraux les enveloppes superficielles de la Terre et leur évolution, ainsi que les traceurs géochimiques caractérisant leurs interactions. Des mises en situation seront appliquées à différents domaines des géosciences (climatologie, étude de la zone critique, caractérisation des réservoirs, suivi d'un accident nucléaire, ...). L'étudiant(e) développera un esprit critique par la manipulation de données lors des travaux dirigés, et par un travail personnel sur article scientifique traitant d'une thématique l'intéressant. L'objectif de l'UE est que les étudiant(e)s aient acquis les notions fondamentales de géochimie appliquée au traçage des échanges entre réservoirs, afin de pouvoir exploiter ce type de données quel que soit le cas.

Learning objectives

L'objectif de cette unité d'enseignement de 3 ECTS est l'acquisition des notions fondamentales de géochimie nécessaires au traçage des mécanismes et des échanges se produisant entre les différents réservoirs des enveloppes superficielles terrestres (Continent, océan, atmosphère). L'étudiant(e) déterminera les outils géochimiques adaptés à l'étude d'un mécanisme spécifique (transfert de

Subjects	ECTS	Semester	Lecture	directed study	practical class	Lecture/directed study	Lecture/practical class	directed study/practical class
Méthodes d'analyses pour les Sciences de la Terre et de l'Environnement	3	Semestre 1						

Méthodes d'analyses pour les Sciences de la Terre et de l'Environnement

ECTS : 3

Semester: Semestre 1

Language(s) of instruction

Français

Remote teaching

non

Prerequisites

- Notions de base en géochimie (notions de composition isotopique et élémentaire)
- Notions de minéralogie
- Notions sur les méthodes d'analyse et le traitement de données

Learning objectives

Cette unité d'enseignement de 3 ECTS est consacrée à la mise en pratique de plusieurs méthodes d'analyse pour les sciences de la terre et de l'environnement par l'étude de cas concrets : suivi d'échantillon au cours de différents travaux pratiques qui correspondent chacun à une étape de caractérisation en laboratoire.

A l'issue de cette unité d'enseignement, les étudiant(e)s du Master seront capables de :

- Mettre en place une série d'expérimentations afin de déterminer l'origine et l'évolution d'un échantillon naturel (roches et eaux)
- Évaluer la qualité des résultats (notion de standards, blanc d'analyse, répétabilité ...) et valider des données
- Interpréter des données obtenues sur quelques cas d'étude concrets
- Rédiger un compte-rendu d'analyses et présenter les résultats à l'écrit (Poster par exemple) et l'oral

Overall organisation

Après un cours magistral sur les techniques d'analyses par spectrométrie de masse et l'utilisation de certains systèmes isotopiques en sciences de la terre et de l'environnement (ex. isotopie du strontium), les étudiants mettront en pratique l'analyse d'échantillons naturels. Ils auront en particulier à déterminer la nature et l'origine d'un échantillon naturel au travers des différents « ateliers

Subjects	ECTS	Semester	Lecture	directed study	practical class	Lecture/directed study	Lecture/practical class	directed study/practical class
Biosphere-atmosphere interactions at global scale	3	Semestre 1	24	6				



Biosphere-atmosphere interactions at global scale

ECTS : 3

Semester: Semestre 1

Detail

Lecture: 24

Directed study: 6

Language(s) of instruction

Anglais

Remote teaching

non

Prerequisites

Basics on the climate system

Learning objectives

This unit of 3 ECTS has the following objectives:

Understand the main interactions that occur between the land surfaces and the overlying atmosphere.

Get knowledge on the various roles the terrestrial Biosphere play in the climate system, at both the regional, continental and global scales.

Get knowledge on the way global biosphere models are built.

Understand the various uses that are made of biosphere models at regional, continental and global scales.

Restitute the main concepts and order of magnitudes of the contemporary carbon & nitrogen cycles

Analyse scientific litterature on biohpere-atmospher intreractions

Work in groups

Overall organisation

This module is organized in essentially 3 main sections :

1. Fundamentals about land-atmosphere interactions, ocean-atmosphere interactions, global biogeochemical cycles (carbon, methane and nitrogen sources and sinks). We will also touch upon the way biosphere models are built and used.
2. A first research driven part looking at up-to-date knowledge on what scientists have learned about the various roles the terrestrial biosphere plays in the climate system. We will address various time scales: from

Subjects	ECTS	Semester	Lecture	directed study	practical class	Lecture/directed study	Lecture/practical class	directed study/practical class
UE libre Catalogue S1	2.5	Semestre 1						
■								

UE libre Catalogue S1

ECTS : 2.5

Semester: Semestre 1

Language(s) of instruction

Français

Remote teaching

non

Type of assessment

Evaluation Terminale

Formation par la recherche - Sous-parcours CLIMEO

Subjects	ECTS	Semester	Lecture	directed study	practical class	Lecture/directed study	Lecture/practical class	directed study/practical class
Traitement de données pour la recherche	1	Semestre 2			18			

Traitement de données pour la recherche

ECTS : 1

Semester: Semestre 2

Detail

Practical study : 18

Language(s) of instruction

Français

Remote teaching

non

Prerequisites

- base de programmation en python

Programme/contents

La première séance est une séance de préparation de l'environnement de travail (ordinateur personnel) pour le travail à distance, elle aborde aussi Système d'exploitation Linux et bases de la programmation en python.

Trois séances sont dédiées à des exercices d'application permettant de développer des chaînes numériques de traitement de données (en particulier pour travailler sur des séries temporelles et des cartes en python.

Une séance vise à analyser des sorties de simulation au format netCDF pour étudier la réponse océanique à un événement de Heinrich

Learning objectives

Ce module vise à travailler les compétences en programmation avec le langage python et R

- savoir traiter des données (fichiers Ascii et Netcdf) en python
- Analyser des données avec la programmation python (package Pandas)
- proposer des graphiques adapter (matplotlib, cartopy)

Overall organisation

Ce module est équivalent à 1 ECTS et est constitué de 5 séances de 3h en salle informatique. L'évaluation porte sur un compte rendu de TP/DM et une évaluation terminale sur table.

Type of assessment

Evaluation Continue non Intégrale

Subjects	ECTS	Semester	Lecture	directed study	practical class	Lecture/directed study	Lecture/practical class	directed study/practical class
Accompagnement du projet professionnel	2	Semestre 2	9	9				

Subjects	ECTS	Semester	Lecture	directed study	practical class	Lecture/directed study	Lecture/practical class	directed study/practical class
----------	------	----------	---------	----------------	-----------------	------------------------	-------------------------	--------------------------------

Accompagnement du projet professionnel

ECTS : 2

Semester: Semestre 2

Detail

Lecture: 9

Directed study: 9

Language(s) of instruction

Français

Remote teaching

non

Prerequisites

Aucun pré-requis

Learning objectives

A l'issue de ce module, les étudiants seront en mesure de :

- Exposer leur projet professionnel (CV, lettre de motivation, présentation écrite et orale)
- Distinguer les différents financements de projets possibles (thèse en particulier)
- Discuter les possibilités professionnelles après le M2
- Connaître les principaux éléments de gestion d'un projet

Overall organisation

Cette unité d'enseignement de 3 ECTS est consacrée à la découverte de la terminologie, de la structure des projets de recherche et de leurs guichets de financement. Au travers d'exposés, d'étude de cas spécifiques et de mises en situation, les étudiants seront initiés aux outils de gestion de projet et de valorisation personnelle. Ils s'exerceront à la valorisation écrite et orale de parcours individuel et de projets

Type of assessment

Evaluation Continue non Intégrale

Stage terrain d'observation	3	Semestre 1	6	12	12
---	---	------------	---	----	----

Modèles
pour l'étude
des climats
passé,
présents et
futurs

3

Semestre
1

12

6

9



Modèles pour l'étude des climats passé, présents et futurs

ECTS : 3

Semester: Semestre 1

Detail

Lecture: 12

Practical study : 9

Directed study: 6

Language(s) of instruction

Français

Remote teaching

non

Prerequisites

- Connaissances sur le système climatique et des principes physico-chimiques à l'origine des changements climatiques (passés ou futurs) : notions d'énergétique, circulations atmosphériques et océaniques, cycle du carbone et chimie de l'océan, cycles astronomiques, calottes de glace
- Savoir écrire des codes en python, en particulier lecture de fichiers NETCDF, matplotlib

Learning objectives

Cette Unité d'Enseignement vise à présenter les différents types de modèles utilisés pour l'étude des climats passés, présent et futurs, ainsi que les stratégies d'analyse des simulations.

- 1- Outils de modélisation du climat et stratégies d'utilisation des modèles
- 2- Modélisation des climats passés, liens avec les climats futurs (stratégie de simulations et d'analyse de résultats de modèles)
- 3- Modélisation du climat du dernier millénaire (stratégie de simulations et d'analyse de résultats de modèles)
- 4- Présentation des principes de projections socio-économiques pour les climats futurs et leur modélisation
- 5- Application en travaux pratiques sur ordinateur utilisant un modèle de complexité intermédiaire

Overall organisation

L'unité d'enseignement comptera 6 séances de cours/TD : les séances de cours présentent les principes et concepts théoriques en intégrant des exercices d'application ou/et des exemples

Observation
du climat
présent : de
l'in situ aux
satellites

3

Semestre
1

15

6

6



Observation du climat présent : de l'in situ aux satellites

ECTS : 3

Semester: Semestre 1

Detail

Lecture: 15

Practical study : 6

Directed study: 6

Project : 4

Language(s) of instruction

Français

Remote teaching

non

Prerequisites

- Décrire les caractéristiques physiques de la Terre : atmosphère, océans et surfaces continentales.
- Connaître les paramètres orbitaux et leurs influences sur le système climatique
- Spécifier les grands mouvements des enveloppes fluides de la Terre.
- Connaître la théorie du corps noir et les interactions principales entre matière et rayonnement : émission, absorption, transmission.

Programme/contents

1. Introduction générale, notions de base de transfert radiatif
2. Le rayonnement solaire & son observation
3. Le rayonnement terrestre & son observation
4. Revue des moyens d'observation + début projet satellite/in-situ
5. & 6) Radar ; Lidars et TP1
6. et 8) Stations sol et TP2
7. Soutenance des projets

Learning objectives

A l'issue de cette unité d'enseignement, les étudiant(e)s seront capables de :

- Distinguer les intérêts des réseaux d'observations internationaux et des satellites pour l'analyse des variations climatiques récentes.
- Sélectionner la méthode d'observation la plus adéquate (station sol, satellite) pour un paramètre décrivant le système terrestre en

Climat :
Evolutions
et
Transitions

3

Semestre
1 21

6



Climat : Evolutions et Transitions

ECTS : 3

Semester: Semestre 1

Detail

Lecture: 21

Directed study: 6

Language(s) of instruction

Français

Remote teaching

non

Prerequisites

- Connaître les échelles de temps (dernier millénaire versus derniers millions d'années) et les variations du climat de la Terre aux grandes échelles de temps
- Connaître les bases de la géochimie des isotopes stables de l'oxygène, de l'hydrogène et du carbone (notations, notion de fractionnement, thermodépendance).

Learning objectives

A l'issue de cette unité d'enseignement, les étudiant(e)s du Master 2 ECLAT seront capables de :

- Décrire les principales variations paléoclimatiques, notamment au Quaternaire
- Interpréter des courbes isotopiques dans les glaces et les sédiments
- Proposer des scénarios cause-conséquence pour rendre compte des variations climatiques à différentes échelles de temps
- Retracer le rôle de l'astronomie et du CO₂ dans les variations passées
- Calculer de façon simple la réponse des calottes de glace à l'insolation

Overall organisation

Les séances coupleront des cours et des exercices typiques qui permettent d'appliquer concrètement les notions suivantes :

- le rôle des paramètres astronomiques sur le climat
- la dynamique glaciaire/interglaciaire et les cycles
- les grands événements de Heinrich
- l'Holocène et le climat des derniers siècles

Bibliography

Enseignements commun - Sous-parcours CLIMEO

Subjects	ECTS	Semester	Lecture	directed study	practical class	Lecture/directed study	Lecture/practical class	directed study/practical class	dis
Anglais : méthodes et présentations scientifiques	3	Semestre 1	6	24					

Anglais : méthodes et présentations scientifiques

ECTS : 3

Semester: Semestre 1

Detail

Lecture: 6

Directed study: 24

Language(s) of instruction

Anglais

Remote teaching

non

Prerequisites

General scientific knowledge.

Programme/contents

Introduction lecture: course organization, scientific ethic.

3 Reading sessions

Reading sessions are separated by 2 to 3 weeks to let enough time for the presentation preparation. 1 presentation of the scientific project for the research internship

Learning objectives

The aim of this course is to train students to read and analyze scientific articles rapidly and efficiently, to practice scientific English and oral presentation.

Overall organisation

Each student reads and presents short scientific articles chosen in thematic selections containing complementary and often contradicting articles. Each article is then discussed by the class and put in perspective with the other articles. An introduction to scientific ethic is also provided. Example of themes: cyclones, climate variability, ocean acidification, ice sheets, paleoclimate

Type of assessment

Evaluation Continue non Intégrale

Subjects	ECTS	Semester	Lecture	directed study	practical class	Lecture/directed study	Lecture/practical class	directed study/practical class	dis lea c
Observation du climat passé : les archives et les indicateurs	3	Semestre 1	24		3				

Observation du climat passé : les archives et les indicateurs

ECTS : 3

Semester: Semestre 1

Detail

Lecture: 24

Practical study : 3

Language(s) of instruction

Français

Remote teaching

non

Prerequisites

- Notions de base en géochimie (notion de composition isotopique par exemple)
- Notions de base en paléoclimatologie

Programme/contents

- La méthode radiocarbone et ses applications
- La méthode de datation par l'uranium-thorium et ses applications en paléoclimatologie, focus sur les archives carbonatées
- Chronologie des archives cryosphériques
- La méthode potassium-argon et argon-argon et ses applications
- La tephrochronologie et ses applications en géoscience

Learning objectives

A l'issue de cette unité d'enseignement, les étudiant(e)s du Master 1 STePE seront capables de :

Connaitre les principales archives climatiques et leurs méthodes d'étude

Développer un avis critique sur les limites associées à certaines méthodes (corrections, incertitudes, biais possibles, altérations ...)

Comparer plusieurs méthodes de datation et en tirer des données environnementales (ex. âge réservoir océanique).

Type of assessment

Evaluation Continue non Intégrale

Subjects	ECTS	Semester	Lecture	directed study	practical class	Lecture/directed study	Lecture/practical class	directed study/practical class	discovery/practical class
Modélisation numérique : principes et applications	3	Semestre 1	9		18				

Modélisation numérique : principes et applications

ECTS : 3

Semester: Semestre 1

Detail

Lecture: 9

Practical study : 18

Language(s) of instruction

Français

Remote teaching

non

Prerequisites

Notions de dérivée; utilisation d'un tableur : écriture de formules avec conditions, dessins de graphes 2D; connaissances sur la couche-limite, les processus de transport, mélange et photo-chimie, la stabilité; algèbre linéaire et calcul matriciel; programmation en python: lecture de fichiers, boucles, conditions, opérations sur les matrices, graphes 2D; rédaction de comptes-rendus de TP en français.

Programme/contents

Les TP Paléoclimat portent sur les glaciations du Quaternaire et la circulation thermohaline et un modèle de géochimie. Ils utilisent un tableur et durent chacun une demi-journée.

Le TP Dispersion pose la question du respect par une installation classée des normes sur la qualité de l'air extérieur. Il utilise un logiciel commercial de modélisation de la dispersion atmosphérique des polluants et dure 3 demi-journées.

Le TP Inversion propose de quantifier l'impact du protocole de Montréal sur les émissions de CFC d'après les données atmosphériques mondiales et des simulations de la circulation atmosphérique globale. Il dure 3 demi-journées

Learning objectives

A l'issue de cette unité d'enseignement, les étudiant(e)s du Master 1 STePE seront capables de :

- utiliser différents modèles numériques
- analyser les résultats de leur simulations et les critiquer
- Synthétiser leurs résultats sous la forme de

Subjects	ECTS	Semester	Lecture	directed study	practical class	Lecture/directed study	Lecture/practical class	directed study/practical class	dis lea c
Cycles du carbone présent et passé	3	Semestre 1	18	9					

Cycles du carbone présent et passé

ECTS : 3

Semester: Semestre 1

Detail

Lecture: 18

Directed study: 9

Language(s) of instruction

Français

Remote teaching

non

Prerequisites

- Connaissances sur la circulation atmosphérique et océanique
- Connaissances sur les principales sources et puits de carbone
- La spéciation du carbone (organique, inorganique, dissous, particulaire)
- Effets des organismes autotrophes et hétérotrophes sur les différents pools de carbone

Programme/contents

Cette UE se décline en séances de CM ou de TD qui abordent les questions suivantes:

1. Introduction globale sur les principaux réservoirs du cycle du carbone et les flux existants entre ces réservoirs avec un focus sur le CO₂ et le CH₄ (4h de CM et 2h de TD)
2. La productivité biologique globale: apport de la signature géochimique de l'air piégé dans les carottes de glace (2h de CM et 1h de TD)
3. Puits, sources et flux de carbone au sein des écosystèmes terrestres : approche globale et régionale par l'utilisation d'un modèle de biosphère continentale (2h de CM et 1h de TD)
4. Rôles de l'océan: apports de la signature géochimique et micropaléontologique de carottes sédimentaires prélevées en milieux côtiers et hauturiers (8h de CM et 4h de TD)
5. Le cycle du carbone sur les longues échelles de temps: apports de la modélisation (2h de CM et 1h de TD)

Learning objectives

Cette UE a pour objectif de fournir aux étudiant.e.s des connaissances solides sur le cycle du carbone passé, présent et futur.

Enseignements commun - Sous-parcours CLARE

Subjects	ECTS	Semester	Lecture	directed study	practical class	Lecture/directed study	Lecture/practical class	directed study/practical class	discovery
Atte?nuation : réduction des émissions	3	Semestre 1	18	9					

Atte?nuation : réduction des émissions

ECTS : 3

Semester: Semestre 1

Detail

Lecture: 18

Directed study: 9

Language(s) of instruction

Français

Remote teaching

non

Prerequisites

Notions de base en mécanique des fluides, thermiques et thermodynamiques

Programme/contents

Après une présentation générale des unités utilisées, une revue globale est présentée sur les évolutions récentes de production et consommation énergétiques mondiales. Après cette introduction, le cours est divisé en 5 grands chapitres. Pour chaque chapitre, un état des lieux sera dressé pour en comprendre les dynamiques mondiales et en comprendre les évolutions géographiques différenciés.

Le premier chapitre exposera en détails les différentes énergies pilotables (hydraulique - géothermie - combustion et nucléaire). Des notions de mécanique des fluides, de transferts thermiques et de thermodynamiques seront mobilisées pour comprendre l'origine physique de ces énergies et leurs rendements. On s'intéressera aussi à évaluer la pertinence des combustibles envisagés pour réduire les émissions de gaz à effet de serre.

Le second chapitre examinera deux énergies non pilotables majeures : les éoliennes et les différentes formes d'énergie solaire (photo-voltaïque et thermique). Les principales problématiques encore ouvertes seront discutées ainsi que les futurs développements envisagés dans le déploiement de ces énergies, notamment dans la gestion de leur intermittence.

Learning objectives

Subjects	ECTS	Semester	Lecture	directed study	practical class	Lecture/directed study	Lecture/practical class	directed study/practical class	dis lea c
Cycle hydrologique : observations, traçage, modélisation et enjeux climatiques	3	Semestre 1	12	15					

Cycle hydrologique : observations, traçage, modélisation et enjeux climatiques

ECTS : 3

Semester: Semestre 1

Detail

Lecture: 12

Directed study: 15

Language(s) of instruction

Français

Remote teaching

non

Prerequisites

- Physique : thermodynamique, dynamique des fluides
- Mathématiques (équations différentielles, ...)
- Base de chimie élémentaire et isotopique

Programme/contents

L'enseignement est organisé en 9 séances :

- 7 sont constituées de courtes séquences de cours associées à des mises en œuvre sur des exercices typiques.
- 2 sont dédiées à la préparation et la soutenance d'un projet

Learning objectives

A l'issue de cette unité d'enseignement, les étudiant(e)s du Master 2 ICARE seront capables de :

- Décrire les grands processus contrôlant les dynamiques et leurs variabilités dans le cycle de l'eau continentale,
- Comprendre les grands enjeux du changement climatique et plus généralement des changements environnementaux sur les ressources en eau

Overall organisation

Après une présentation générale du cycle de l'eau, le programme comprend 3 parties qui abordent les différentes composantes du cycle et leurs variabilités spatiales et temporelles :

- Cycle de l'eau : schéma, grands réservoirs

Subjects	ECTS	Semester	Lecture	directed study	practical class	Lecture/directed study	Lecture/practical class	directed study/practical class	dis lea c
Impacts, Vulne? rabilite?s et adaptation	3	Semestre 1	12	15					

Impacts, Vulnérabilités et adaptation

ECTS : 3

Semester: Semestre 1

Detail

Lecture: 12

Directed study: 15

Language(s) of instruction

Français

Remote teaching

non

Prerequisites

Connaissance des rapports des trois groupes du GIEC

Learning objectives

Cette unité d'enseignement de 3 ECTS a pour objectif de donner des bases de connaissances et de réflexion sur les concepts abordés dans le groupe II du GIEC sur les risques, les impacts, la vulnérabilité et l'adaptation au changement climatique. Il est développé en collaboration avec le M2 ACC (adaptation au changement climatique)

Acquis d'apprentissage visés :

Restituer les notions importantes liées aux questions d'adaptation

Mener une réflexion critique sur les questions d'adaptation

À l'issue de cette unité d'enseignement, les étudiant(e)s du Master 2 seront capables de :

- Savoir où chercher les éléments nécessaires pour traiter une question d'adaptation
- Travailler en groupe pluridisciplinaire pour résoudre une crise impliquant une question d'adaptation.
- Produire une analyse à partir de documents sur une question d'adaptation

Overall organisation

L'UE est composée :

- D'une série de conférences vidéos introduisant les notions importantes pour traiter des questions d'adaptation, proposées par des spécialistes du M2 ACC

Subjects	ECTS	Semester	Lecture	directed study	practical class	Lecture/directed study	Lecture/practical class	directed study/practical class	dis- cussion
Biosphere-atmosphere interactions at global scale	3	Semestre 1	24	6					

Biosphere-atmosphere interactions at global scale

ECTS : 3

Semester: Semestre 1

Detail

Lecture: 24

Directed study: 6

Language(s) of instruction

Anglais

Remote teaching

non

Prerequisites

Basics on the climate system

Learning objectives

This unit of 3 ECTS has the following objectives:

Understand the main interactions that occur between the land surfaces and the overlying atmosphere.

Get knowledge on the various roles the terrestrial Biosphere play in the climate system, at both the regional, continental and global scales.

Get knowledge on the way global biosphere models are built.

Understand the various uses that are made of biosphere models at regional, continental and global scales.

Restitute the main concepts and order of magnitudes of the contemporary carbon & nitrogen cycles

Analyse scientific literature on biosphere-atmosphere interactions

Work in groups

Overall organisation

This module is organized in essentially 3 main sections :

1. Fundamentals about land-atmosphere interactions, ocean-atmosphere interactions, global biogeochemical cycles (carbon, methane and nitrogen sources and sinks). We will also touch upon the way biosphere models are built and used.
2. A first research driven part looking at up-to-date knowledge on what scientists have

Subjects	ECTS	Semester	Lecture	directed study	practical class	Lecture/directed study	Lecture/practical class	directed study/practical class	di
Méthodes de statistiques avancées pour le climat	3	Semestre 1	15	12	0				c

Méthodes de statistiques avancées pour le climat

ECTS : 3

Semester: Semestre 1

Detail

Lecture: 15

Practical study : 0

Directed study: 12

Language(s) of instruction

Français

Remote teaching

non

Prerequisites

Statistique descriptive & statistique inférentielle

Algèbre linéaire

Programmation R, Python

Programme/contents

L'UE débutera par une séance de présentation générale des grandes problématiques et méthodes actuelles en climatologie statistique : problèmes inverses (1h30) et apprentissage statistique (machine learning) (1h30)

Ensuite 4 séances sont dédiées à l'apprentissage statistique (Machine Learning) et 4 autres séances aux problèmes inverses. Pour chacune des thématiques abordées, le cours comportera une partie théorique avec des cours magistraux et des TDs/TPs pour prendre en main les notions et les outils principaux.

Learning objectives

- Comprendre les problématiques actuelles en climatologie statistique.
 - Être capable de restituer les principes des méthodes statistiques abordées en cours.
 - Savoir évaluer la pertinence et les performances des méthodes statistiques en fonction d'une problématique donnée.
- À l'issue de cette unité d'enseignement, les étudiant(e)s seront capables de :
- Expliquer les principales méthodes de climatologie statistique vue en cours
 - Les appliquer sur des cas simples

Overall organisation

Subjects	ECTS	Semester	Lecture	directed study	practical class	Lecture/directed study	Lecture/practical class	directed study/practical class	directed study/practical class
Projet d'applications en analyse de donne'es	3	Semestre 2	3	9	15				

Projet d'applications en analyse de données

ECTS : 3

Semester: Semestre 2

Detail

Lecture: 3

Practical study : 15

Directed study: 9

Project : 0

Language(s) of instruction

Français

Remote teaching

non

Prerequisites

- UE Méthodes statistiques avancées
- Bonne maitrise des statistiques et des mathématiques appliquées

Programme/contents

L'UE démarre par un TD cours introductif de 3h présentant l'UE et dont l'objectif est le choix des projets par les étudiants et la constitution des groupes (2-3 étudiants maximum par groupe). Les projets sont tutorés avec un suivi hebdomadaire sur toute la durée du projet (2 mois)

Learning objectives

À l'issue de cette unité d'enseignement, les étudiant(e)s du Master 2 ECLAT - seront capables de :

- Identifier et mettre en œuvre une méthode statistique adaptée pour répondre à une question liée au climat ou à l'environnement
- Savoir rechercher et sélectionner les éléments de littérature pertinents pour un problème donné.
- Développer des codes numériques
- Analyser des résultats de simulation numérique
- Présenter des résultats de simulation numérique
- Travailler en groupe

Overall organisation

Cette unité d'enseignement de 3 ECTS a pour objectif de mettre en pratique les méthodes statistiques avancées vues dans l'UE du premier semestre. Il s'agira de développer et/ou d'utiliser des codes numériques pour répondre à des

Approfondissement ou ouverture thématique - Sous-parcours CLARE

Subjects	ECTS	Semester	Lecture	directed study	practical class	Lecture/directed study	Lecture/practical class	directed study/practical class	dis
Observation du climat passé : les archives et les indicateurs	3	Semestre 1	24		3				

Observation du climat passé : les archives et les indicateurs

ECTS : 3

Semester: Semestre 1

Detail

Lecture: 24

Practical study : 3

Language(s) of instruction

Français

Remote teaching

non

Prerequisites

- Notions de base en géochimie (notion de composition isotopique par exemple)
- Notions de base en paléoclimatologie

Programme/contents

- La méthode radiocarbone et ses applications
- La méthode de datation par l'uranium-thorium et ses applications en paléoclimatologie, focus sur les archives carbonatées
- Chronologie des archives cryosphériques
- La méthode potassium-argon et argon-argon et ses applications
- La tephrochronologie et ses applications en géoscience

Learning objectives

A l'issue de cette unité d'enseignement, les étudiant(e)s du Master 1 STePE seront capables de :

Connaitre les principales archives climatiques et leurs méthodes d'étude

Développer un avis critique sur les limites associées à certaines méthodes (corrections, incertitudes, biais possibles, altérations ...)

Comparer plusieurs méthodes de datation et en tirer des données environnementales (ex. âge réservoir océanique).

Type of assessment

Evaluation Continue non Intégrale

Subjects	ECTS	Semester	Lecture	directed study	practical class	Lecture/directed study	Lecture/practical class	directed study/practical class	dis lea c
Géochimie des enveloppes superficielles	3	Semestre 1	15	8					

Géochimie des enveloppes superficielles

ECTS : 3

Semester: Semestre 1

Detail

Lecture: 15

Directed study: 8

Tutored project 4

Language(s) of instruction

Français

Remote teaching

non

Prerequisites

- Connaissances en (géo)chimie élémentaire : calcul de concentrations, traitement d'équations chimiques, loi d'action de masse
- Connaissances en géochimie isotopique : notions d'isotopes, de fractionnement
- Connaissances sur les enveloppes superficielles

Programme/contents

L'étudiant(e) saura décrire par les cours magistraux les enveloppes superficielles de la Terre et leur évolution, ainsi que les traceurs géochimiques caractérisant leurs interactions. Des mises en situation seront appliquées à différents domaines des géosciences (climatologie, étude de la zone critique, caractérisation des réservoirs, suivi d'un accident nucléaire, ...). L'étudiant(e) développera un esprit critique par la manipulation de données lors des travaux dirigés, et par un travail personnel sur article scientifique traitant d'une thématique l'intéressant. L'objectif de l'UE est que les étudiant(e)s aient acquis les notions fondamentales de géochimie appliquée au traçage des échanges entre réservoirs, afin de pouvoir exploiter ce type de données quel que soit le cas.

Learning objectives

L'objectif de cette unité d'enseignement de 3 ECTS est l'acquisition des notions fondamentales de géochimie nécessaires au traçage des mécanismes et des échanges se produisant entre les différents réservoirs des enveloppes superficielles terrestres (Continent,

Subjects	ECTS	Semester	Lecture	directed study	practical class	Lecture/directed study	Lecture/practical class	directed study/practical class	dis c
Emissions ne ?gatives et ge?o-inge? nserie	3	Semestre 1	18	6					

Emissions négatives et géo-ingénierie

ECTS : 3

Semester: Semestre 1

Detail

Lecture: 18

Directed study: 6

Language(s) of instruction

Français

Remote teaching

non

Programme/contents

- Introduction (2h) : Les défis, les questionnements sur la réduction des émissions de CO₂ : remplacement par des sources d'énergie alternatives ou captage du CO₂ industriel ou libre
- Géothermie (15h) : Place de la géothermie dans le contexte énergétique à l'échelle mondiale et française ; Contrôle de la pétrophysique sur la production Introduction sur le flux de chaleur ; Circulation des fluides géothermaux. Notions d'Advection et de diffusion de la chaleur Systèmes géothermaux haute moyenne et basse enthalpie : calcul d'extraction de chaleur et phénomènes perturbateurs Modélisations multi-couches ; Possibilité de programmer une visite d'un chantier géothermique en Ile de France
- Stockage du CO₂ (10h)
- Energies alternatives : H natif (3h) Les différentes sources de l'H (brun, bleu, vert, blanc) ; Origine de l'H natif : radiolyse, réactions d'oxydo-réduction Le cycle de l'hydrogène : diffusion, interactions avec le vivant ; Etude de cas sur des gisements d'H natif

Learning objectives

Matriser le concept d'émissions négatives et les ordres de grandeurs associés

Restituer les principales solutions de géoingénierie avec leurs avantages et leurs inconvénients

Overall organisation

Subjects	ECTS	Semester	Lecture	directed study	practical class	Lecture/directed study	Lecture/practical class	directed study/practical class	discovery/practical class
UE libre Catalogue S1	2.5	Semestre 1							
■									

UE libre Catalogue S1

ECTS : 2.5

Semester: Semestre 1

Language(s) of instruction

Français

Remote teaching

non

Type of assessment

Evaluation Terminale

Teaching Location(s)

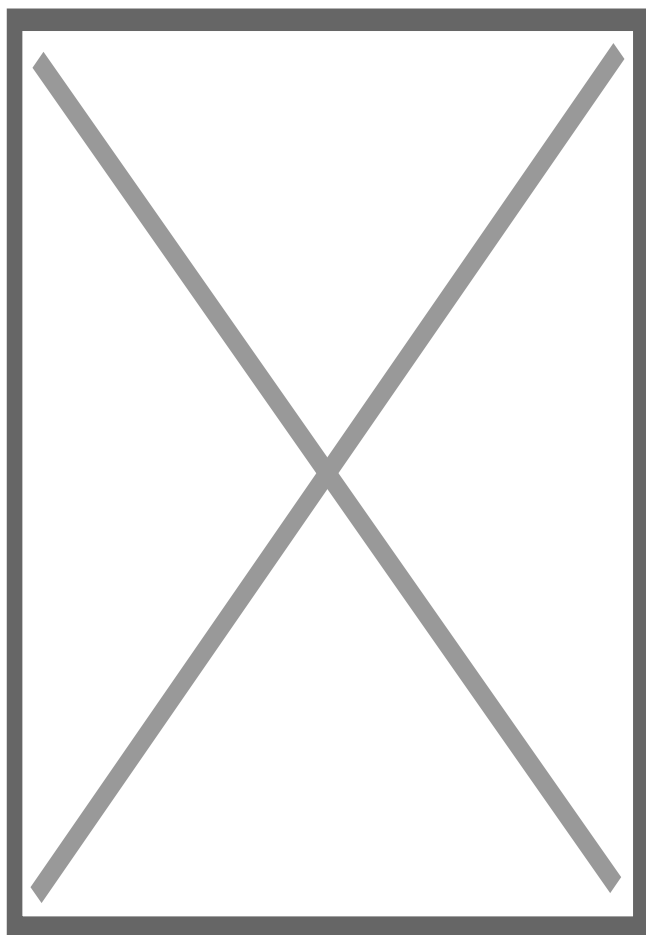
ORSAY

GIF SUR YVETTE

GUYANCOURT

Training campus

Javascript est requis pour visualiser cette carte.



Orsay Bures

Orsay / Bures-sur-Yvette

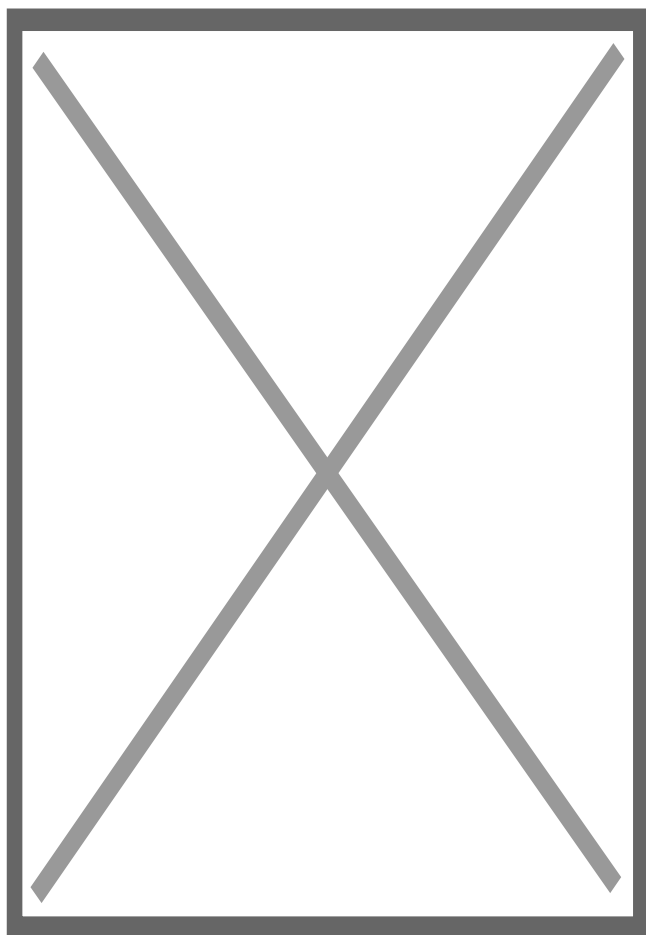
Bus 4607, 4626

RER B Orsay ville ou Bures-sur-Yvette

[Voir](#)

Library

Community center



Saclay Moulon

Saclay / Gif-sur-Yvette / Orsay

Bus 4606 / 4609 / 4611 / 5154

RER B Le guichet

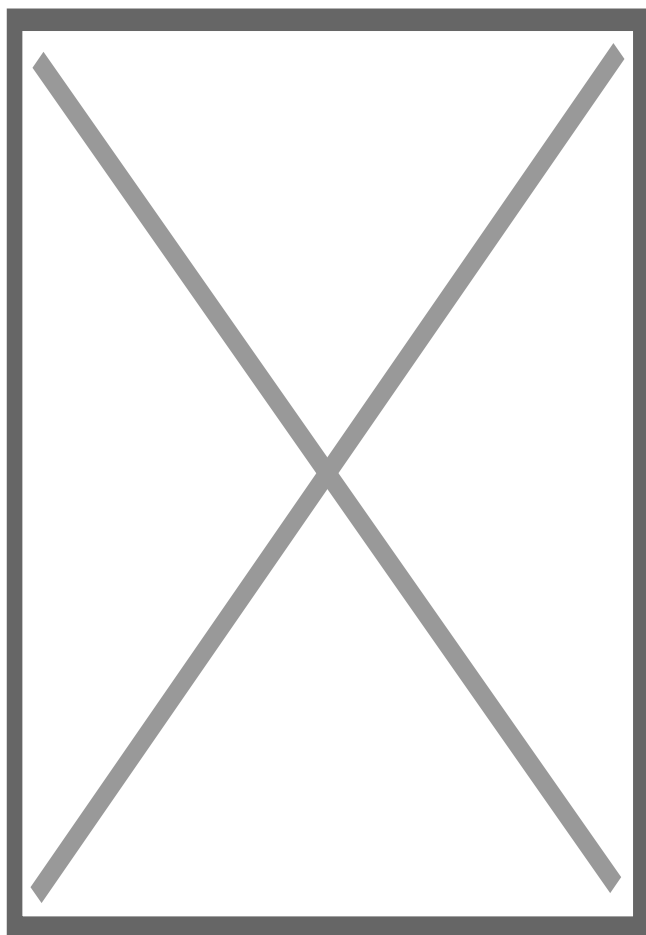
[Voir](#)

Student restaurant (CROUS)

Library

Sports facilities

Student residence



Saclay Corbeville

Saclay / Palaiseau

Bus 4606, 4627, 5154, 9105, 9108

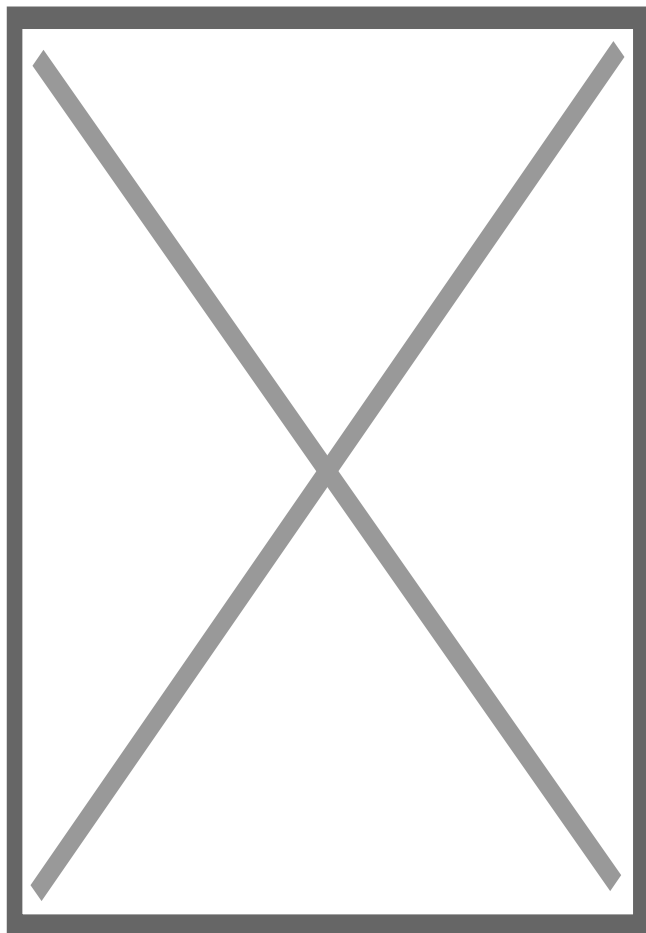
RER B Palaiseau, Palaiseau villebon ou Lozère

[Voir](#)

Student restaurant (CROUS)

Student residence

Sports facilities



Saint-Quentin-en-Yvelines

Saint-Quentin-en-Yvelines

Bus 5103, 5150, 5198, 7807

RER C Saint-Quentin-en-Yvelines

[Voir](#)

Student restaurant (CROUS)

Student residence

Library

Contact

- **Christophe COLIN**
- **Marielle SAUNOIS**

<http://www.universite-paris-saclay.fr/formation/master/sciences-de-la-terre-et-des-planetes-environnement/m2-etude-des-climats-de-la-terre>