



Laboratoire de Géologie de Lyon
Terre - Planètes - Environnement

OFFRES DE STAGE MASTER 2 (2024/2025)

(publiées au fil de l'eau)



LISTE DES STAGES PROPOSÉS :

LISTE DES STAGES PROPOSÉS :

Investigation of the rheological and seismological properties of Earth's asthenosphere

Supervisor: Maëlis Arnould (LGL, Lyon, maelis.arnould@univ-lyon1.fr) – Stéphanie Durand (LGL, Lyon, stephanie.durand@ens-lyon.fr)

Prerequisites: a solid training in seismology, geophysics and geodynamic modeling are necessary.

Keywords: Seismic anisotropy, attenuation, asthenosphere, mantle rheology, numerical modeling, mantle convection

Compositional heterogeneities as a potential source for Reunion hotspot short-period pulsations of activity: Insights from numerical models of mantle convection.

Supervisor: Maëlis Arnould (LGL, Lyon, maelis.arnould@univ-lyon1.fr), Jean-Philippe Perrillat (LGL, Lyon, jean-philippe.perrillat@univ-lyon1.fr), Vincent Famin (Géosciences Réunion, Univ. Réunion/IPGP, vincent.famin@univ-reunion.fr).

Prerequisites: a solid training in geophysics and numerical modeling is necessary.

Keywords: Numerical modeling, mantle plume, compositional heterogeneities, Réunion Island, hotspot magmatism

The North African margin: a field laboratory for future climate change. Reconstructing paleo-wind circulations using dust provenance

Supervisors: Sylvain Pichat (LGL-TPE, spichat@ens-lyon.fr), Christoph Zielhofer (Univ. Leipzig, Germany)

Keywords: Paleoclimatology, atmospheric circulation, Morocco, sediment, source-to-sink, lake

Investigation of the Miocene paleoclimate and paleoceanography in Baffin Bay

Supervisor: Sandrine Le Houedec (LGL-TPE, Lyon, sandrine.le-houedec@univ-lyon1.fr)

Prerequisites: a training in geochemistry is an asset.

Keywords: Miocene, Greenland, bivalves, traces elements, oxygen isotopes

Relations tectonique -volcanique- gravitaire par étude morphotectonique : Le cas de l'archipel de Milos, grèce

Superviseurs: M.Métois, (LGLTPE, marianne.metois@univ-lyon1.fr), C.Lasserre (LGLTPE, cecile.lasserre@univ-lyon1.fr)

Prérequis : bases de télédétection, python, unix, traitement du signal, tectonique, QGIS

Mots clefs : déformation, lithosphère, hydrologie, karst, GNSS, inSAR, Balkans, Croatie, Slovénie, failles actives, surcharge

The ecological response of early vertebrate to the climatic and oceanographic crisis of Late Devonian

Supervisors: Sandrine Le Houedec (LGL-TPE, Lyon, sandrine-le-houedec@univ-lyon1.fr) et Catherine Girard (ISEM, Montpellier, catherine.girard@umontpellier.fr)

Keywords: Conodont, 3D Topography, oxygen isotopes, Late Devonian

The Early Devonian diversification of anomalocystitid mitrates (Echinodermata, Stylophora)

Supervisors: Bertrand Lefebvre (LGL-TPE, Lyon, bertrand.lefebvre@univ-lyon1.fr) et Martina Nohejlová (Czech Geological Survey, Prague, martina.nohejlova@geology.cz)

Keywords: Early Devonian, echinoderms, heterochrony, palaeobiogeography, phylogeny

Etude sédimentologique et diagénétique du réservoir géothermique urgonien du synclinal de l'Arc

Supervisors : Simon Andrieu (LGL-TPE, Lyon, simon.andrieu@univ-lyon1.fr) et Renaud Coueffe (BRGM, Orléans, r.coueffe@brgm.fr)

Mots clés : sédimentologie, diagenèse, réservoir géothermique, Crétacé, géologie de terrain

Investigation of the rheological and seismological properties of Earth's asthenosphere

Supervisor: Maëlis Arnould (LGL, Lyon, maelis.arnould@univ-lyon1.fr) – Stéphanie

Durand (LGL, Lyon, stephanie.durand@ens-lyon.fr)

Prerequisites: a solid training in seismology, geophysics and geodynamic modeling are necessary.

Keywords: Seismic anisotropy, attenuation, asthenosphere, mantle rheology, numerical modeling, mantle convection

The asthenosphere, located at the interface between the lithosphere and the rest of the mantle, plays a key role in Earth's internal geodynamics. However, its nature, dynamics and geometry remain poorly constrained at present, limiting our understanding of the rheology and dynamics of the Earth's mantle, as well as the couplings between the lithosphere and the mantle. Seismological observables can provide information on the rheology of this layer: the low seismic velocities and high seismic attenuation of the asthenosphere would suggest the presence of partial melting, the high seismic anisotropy would show the existence of dislocation creep at the origin of the preferential orientation of olivine crystals, and variations in seismic attenuation could reveal the evolution of grain size in the asthenosphere.

Combining these seismological observations on asthenospheric rheology with geodynamic models of mantle convection would allow us to better constrain asthenospheric rheology, and to better understand its dynamics and its role in plate tectonic motions. The aim of this research internship is to jointly exploit seismological observables (velocities, anisotropy and attenuation) and geodynamic models of mantle convection with plate tectonics to explore the effects of different rheologies (linear or composite, with or without grain size evolution, with or without partial melting in the asthenosphere) on seismological characteristics and the dynamic consequences that such rheologies would produce.

We propose to use the StagYY code (Tackley et al., 2000), which allows to run fully-dynamic 2D numerical models of whole-mantle convection with plate tectonics and a complex rheology (Arnould et al., 2023, Manjón Cabeza-Córdoba et al., in rev.) in order to explore the effects of the amount of dislocation creep, of grain-size evolution, and of parameterized partial melt in such models, on the development of seismic anisotropy and attenuation. We will then be able to make quantitative comparisons between the spatial distribution of observed anisotropy and attenuation in the Earth's asthenosphere and the seismic properties predicted from geodynamic models, with the goal to better constrain Earth's asthenosphere rheology, and ultimately its dynamics.

[Revenir à la liste des stages proposés](#)

Compositional heterogeneities as a potential source for Reunion hotspot short-period pulsations of activity: Insights from numerical models of mantle convection.

Supervisor: Maëlis Arnould (LGL, Lyon, maelis.arnould@univ-lyon1.fr), Jean-Philippe Perrillat (LGL, Lyon, jean-philippe.perrillat@univ-lyon1.fr), Vincent Famin (Géosciences Réunion, Univ. Réunion/IPGP, vincent.famin@univ-reunion.fr).

Prerequisites: a solid training in geophysics and numerical modeling is necessary.

Keywords: Numerical modeling, mantle plume, compositional heterogeneities, Réunion Island, hotspot magmatism

Terrestrial hotspots exhibit fluctuations in magma emission rates over periods of 1 to 20 Ma, indicating changes in magma production within the underlying mantle plumes. The periodicity of these fluctuations indirectly helps to determine the mechanisms of magma production, and to better understand the interactions between the plumes and the adjacent mantle.

Recently, synchronous fluctuations in magmatic activity have been identified on two Reunion hotspot islands, Réunion and Mauritius, with a period of ~400 ka over the last three million years. This period is an order of magnitude shorter than those identified on other terrestrial hotspots. Given the distance between the two islands (~230 km), this short-period pulse from the Réunion hotspot cannot originate in the lithosphere (≤ 70 km), leading to our working hypothesis that it is produced in the asthenosphere or deeper. The philosophy of the ANR-funded Plum-BeatR project is to better constrain this Réunion hotspot pulsation, and to take advantage of it to better understand the mantle processes behind mantle plumes.

The aim of this research internship is to investigate whether compositional heterogeneities carried within mantle plumes can lead to such observed short-period pulsations of activity. We propose to use the StagYY code (Tackley et al., 2000), which allows to run fully-dynamic 3D-spherical-patch numerical models of whole-mantle convection with plate tectonics (e.g. Arnould et al., 2020) at an unprecedented high spatial (<25 km) and temporal (~25 kyr) resolution necessary to quantify short-period plume fluctuations. A systematic exploration of the compositional and rheological properties of potential heterogeneities entrained by mantle plumes will be carried. Automatic tracking of mantle plume characteristics (buoyancy and volume fluxes, amount of partial melt produced) will lead to the quantitative assessment of plume fluctuations of activity. The periodicity of model plume pulses will then be compared to the observed periodicity, amplitude, and chemical fluctuations of the Réunion hotspot. This internship will therefore provide valuable information on the ability of compositional heterogeneities entrained by a plume to generate the magmatic fluctuations observed at the Réunion hotspot.

[Revenir à la liste des stages proposés](#)

The North African margin: a field laboratory for future climate change. Reconstructing paleo-wind circulations using dust provenance

Supervisors: Sylvain Pichat (LGL-TPE, spichat@ens-lyon.fr), Christoph Zielhofer (Univ. Leipzig, Germany)

Keywords: Paleoclimatology, atmospheric circulation, Morocco, sediment, source-to-sink, lake

Models predict a decrease of precipitation leading to hyper-aridity around the Mediterranean basin in 2100. However, uncertainties remain large with a predicted precipitation decrease between -5 and -50% in the latest CMIP6 simulations (IPCC, AR6).

In this project, we use the North African desert margin, one of the regions most sensitive to the ongoing climate change, as a field laboratory for future climate change around the western Mediterranean basin. The studied area, the Moroccan Middle- and High-Atlas, are under the influence of three main air-masses: the dry Saharan winds, the wet Atlantic flux and Mediterranean storms. Better reconstructions and understanding of the mechanisms that drove past changes of air-mass trajectories under pre-industrial climate conditions will help reduce model uncertainties.

You will measure the radiogenic isotope compositions (Lead (Pb), Neodymium (Nd), and Strontium (Sr)) in two climate archives (sediment cores) from lakes Sidi Ali and Tislit as a proxy of dust provenance to reconstruct the atmospheric circulation variations above the North African desert margin. Lead, Nd and Sr isotopic compositions variations are overall coherent during the Holocene in Lake Sidi Ali core. Your task(s) could be either to work on the Holocene section of Lake Tislit, which was cored in September 2023, in order to compare it to that of Lake Sidi Ali and/or to focus on the onset and termination of the African Humid Period (ca. 15 - 5 kyr B.P.) on cores from both lakes.

You will acquire competences in clean-laboratory chemistry and ion-exchange chromatography and mass-spectrometry for the applied part, and knowledge on bibliographic research and interpretation, climate reconstruction, climate change and synthetic report writing.

This project is part of an international collaboration involving five Universities. You will be expected to travel and possibly spend several weeks in Germany to sample the sediment cores and/or do laboratory work in an English-speaking work environment, and interact with the colleagues from the Universities taking part in the project.

[Revenir à la liste des stages proposés](#)

Investigation of the Miocene paleoclimate and paleoceanography in Baffin Bay

Supervisor: Sandrine Le Houedec (LGL-TPE, Lyon, sandrine.le-houedec@univ-lyon1.fr)

Prerequisites: a training in geochemistry is an asset.

Keywords: Miocene, Greenland, bivalves, traces elements, oxygen isotopes

The Miocene is punctuated by a warming episode called the Mid-Miocene Optimum Climatic (MMCO) between 17 and 14 Ma. This warm period can provide an analogue for future climatic scenarios, as there are similar magnitudes of CO₂ reconstructed for the MMCO and projected for the future, where the estimation of global mean annual temperature during the MMCO is 5–10 °C warmer than present-day temperatures (Goldner et al., 2014; Hui et al., 2018), exceeding the 3.3–5.7 °C warming in the long-term (2081–2020) projection of SSP5–8.5 in the recent IPCC report (Allan et al., 2021).

Elucidating the geologic history of the Greenland Ice Sheet (GrIS) is essential for understanding glacial instability thresholds, identified as major climate system tipping points, and how the cryosphere will respond to anthropogenic greenhouse gas emissions. To address current knowledge gaps in the evolution and variability of the GrIS and its role in Earth's climate system, International Ocean Discovery Program (IODP) Expedition 400 obtained sedimentary records from the northwest Greenland margin into Baffin Bay where thick Cenozoic sedimentary successions can be directly linked to the evolution of the northern GrIS (NGrIS). The recovered sedimentary core U1607 is a stratigraphic succession recording the Miocene time period characterized by the presence of numerous well-preserved bivalves.

The candidate will analyse the bivalves of core U1607 using a combination of technique to explore the evolution of environmental parameters (climatic and oceanographic) throughout the Miocene:

- (i) The use of X-ray micro-tomography will allow the candidate to obtain 3D images of the bivalves in order to preserve the shape and position of the organisms within the sediment.*
- (ii) The analyses of trace elements (REE) by ICP-MS will assess the preservation of seawater geochemistry.*
- (iii) The analyses of major elements (Ca, Mg, Sr, Ba) by ICP-AES will be used to trace variability in seawater parameters (temperature, salinity, nutrients).*
- (iv) The analyses of d¹⁸O by IRMS will be used to infer the seawater temperature.*

The aim of this research internship is to jointly combine different analyses to better constrain the oceanic and climatic change of Baffin Bay throughout the MMCO.

[Revenir à la liste des stages proposés](#)

Relations tectonique -volcanique- gravitaire par étude morphotectonique : Le cas de l'archipel de Milos, Grèce.

Superviseurs: J.-E. Martelat, (LGLTPE, Lyon, jean-emmanuel.martelat@univ-lyon1.fr <http://martelat.free.fr>), T. Cavailhes (EPOC–OASU, Bordeaux thibault.cavailhes@u-bordeaux.fr)

Prérequis : tectonique, Système d'Information Géographique QGIS, pétrologie.

Mots clefs : Tectonique, volcanisme, Cartographie géologique à terre et en mer, multi-méthodes d'acquisitions (satellite, aérienne, drone, thermique)

L'archipel volcanique plio-quadernaire de Milos (Milos, Kimolos, Poliegos, Antimilos) est l'expression de l'arc volcanique de la subduction égéenne, son magmatisme s'injecte au sein d'une croûte continentale étirée où les aléas volcaniques, sismiques et gravitaires sont avérés. Les physiographies insulaires témoignent des interactions entre la tectonique cassante transtensive polyphasée et multi-directionnelle, le volcanisme calco-alcalin et l'hydrothermalisme. Ces structures tectoniques contrôlent les déplacements verticaux actuels (mm/an), l'activité phréatique passée et historique, les échappements de gaz (CO₂, SO₂) et l'hydrothermalisme terrestre et sous-marin (bathymétrie : 0 – 150 m). La distribution, l'intensité et les géométries associées à l'hydrothermalisme sont visibles régionalement (depuis 30 mètres de profondeur d'eau et à terre) car elles sont associées à des minéralisations colorées, des anomalies de T°C de surface ainsi qu'à des effets sur les écosystèmes, notamment sous-marins (absence de végétation ou d'algues).

Dans ce travail de master 2, et en préparation à la mission océanographique PGG Milos programmée en 2025, nous proposons de cartographier les failles et les fractures à différentes échelles dans le but de générer un schéma structural de l'archipel de Milos, dans un continuum terre-mer. Ce travail sera réalisé à partir d'images topographiques, bathymétriques, satellites et aériennes (obtenues par le pôle imagerie de Lyon <https://lgltpc.fr/tous-plateforme/drones/>). Ce cadre tectonique nous permettra de hiérarchiser les structures, d'établir leur chronologie et de comprendre l'évolution du régime des contraintes au cours du temps, leur rôle sur la localisation des centres volcaniques et de l'hydrothermalisme. Dans un second temps nous pourrions confronter à ce schéma structural 1) nos données structurales de terrain (e.g. Leroy et al., 2023 <https://doi.org/10.1016/j.jsg.2023.104982>) et 2) la position, l'intensité, la pérennité et le type (diffus, ponctuel, localisé) des hydrothermalismes sous-marin et terrestre actifs.

[**Revenir à la liste des stages proposés**](#)

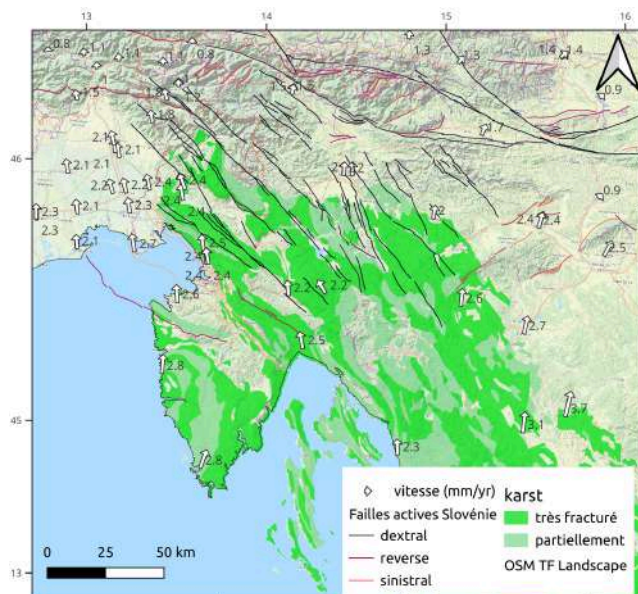
Signature hydrologique dans la déformation de surface actuelle du NE Adriatique (InSAR, GNSS)

Superviseurs: M.Métois, (LGLTPE, marianne.metois@univ-lyon1.fr), C.Lasserre (LGLTPE, cecile.lasserre@univ-lyon1.fr)

Prérequis : bases de télédétection, python, unix, traitement du signal, tectonique, QGIS

Mots clefs : déformation, hydrologie, karst, GNSS, inSAR, Croatie, Slovénie, faille, surcharge

Les dinarides externes forment une chaîne de montagne principalement calcaire et sismiquement active, à la frontière de la microplaque Adria et du domaine Pannonien sur la plaque Eurasiatique. La déformation actuelle accommodée au travers de la chaîne est faible, et à la limite de résolution des techniques de géodésie moderne (InSAR, GNSS) puisqu'on attend des taux de déformation de l'ordre de 10 nstrain/an. Les vitesses estimées sur les failles actives dans la zone sont généralement submillimétriques (Moulin et al. 2014, Atanackov et al. 2021). À ce faible signal de déformation peuvent se superposer des déformations non-tectoniques associées généralement aux chargement hydrologiques locaux et régionaux qui restent mal caractérisés du fait d'un réseau de stations GNSS relativement peu dense (Serpelloni et al. 2016). La majeure partie des aquifères des dinarides externes sont des systèmes karstiques plus ou moins évolués (<https://ggis.un-igrac.org/view/diktas/>) dont les cycles de charge/décharge mobilisent des volumes d'eau considérables. Dans les Apennins



centraux et sur le front Sud des Alpes italiennes, plusieurs études récentes ont montré une déformation de surface associée à ces cycles, mais l'amplitude de la déformation, et sa répartition géographique ne sont pas encore décrites pour la péninsule d'Istria et la côte croate. Les mécanismes physiques de déformation des aquifères karstiques sont par ailleurs débattus largement dans la communauté scientifique.

Nous avons accès depuis peu à des séries temporelles de déplacement du sol dans la ligne de visée des satellites radar Sentinel-1, sur l'ensemble de la façade ouest de la péninsule des Balkans dans le cadre du [service FLATSIM](#) de ForM@Ter, à raison

d'une mesure de déplacement tous les 6 à 12 jours sur la période 2016-2021 pour des pixels de 320m de côté. Ces nouvelles observations peuvent nous permettre de caractériser la déformation associée aux variations hydrologiques des systèmes karstiques afin de comprendre leur fonctionnement physique et de mieux extraire la déformation tectonique dans la zone. Le projet de stage vise à extraire des séries temporelles FLATSIM déjà calculées la déformation associée aux surcharges hydrologiques dans la zone restreinte contenant la péninsule d'Istria, de Trieste et de la côte croate (latitude 44.853). Plusieurs méthodes de fouille de données relativement classiques pourront être utilisées (PCA, MSSA) sur les séries temporelles InSAR et les quelques séries temporelles GNSS disponibles dans la zone.

L'étudiante ou l'étudiant pourra aussi interagir avec C.Pothier (INSA Lyon) qui appliquera une méthode de fouille de données innovante ([DFTS-P2Miner](#), Méger et al. 2019).

Les signaux détectés seront comparés aux enregistrements pluviométriques ou aux débits des sources et exutoires karstiques disponibles dans la zone afin de chercher une éventuelle corrélation. En fonction des résultats et du temps imparti, les signaux pourront éventuellement être modélisés via des formalismes simples de premier ordre.

[*Revenir à la liste des stages proposés*](#)

The ecological response of early vertebrate to the climatic and oceanographic crisis of Late Devonian

Supervisors: Sandrine Le Houedec (LGL-TPE, Lyon, sandrine-le-houedec@univ-lyon1.fr) et Catherine Girard (ISEM, Montpellier, catherine.girard@umontpellier.fr)

Keywords: Conodont, 3D Topography, oxygen isotopes, Late Devonian

The Kellwasser crisis, also known as the Late Devonian mass extinction, refers to a series of two anoxic events that occurred during the Late Devonian period, approximately 375-371 million years ago. This was one of the five major mass extinction events in Earth's history (e.g., Sepkoski, 1986; Copper, 1986; McGhee, 1989). The cause appears to have been a combination of factors including a global cooling and climate change (e.g., Joachimski et al., 2009), a widespread ocean anoxia associated with major transgression/regression couplets leading to widespread collapse of reefs.

The aim of the project is to interrogate the ecological response of marine early vertebrates (conodont's animals) to those environmental changes. The conodont's element are pieces of a buccal apparatus (Purnell, 1995) made of bio-apatites and are common paleontological archives for the Palaeozoic time period (e.g., Dong, 2000; Hartenfels, 2011; Orchard, 2010). Their chemistry was shown to record environmental changes such as temperature ($\delta^{18}\text{O}$, e.g., Joachimski et al., 2009; Le Houedec et al., 2013) or circulation changes (e_{Nd} , e.g., Dopieralska et al., 2016, Edward et al., 2024). The morphometry of conodont is species dependent and thus is commonly used for biostratigraphy purposes. Their highly diverse morphology was also shown to be indicative of various feeding strategies which, still, remain enigmatic (Assemat et al. 2023).

Recent studies on two contemporaneous genera, Palmatolepis and Ancyrodella, showed amazing results. In two contemporary Frasnian (Upper Devonian) conodont genera (Engel, 2024), Sr/Ca ratios show antagonistic variations between juvenile and adult stages. This observation does not seem to be supported by the morphological changes observed during their growth; the genus Ancyrodella showing a very significant change in shape during growth suggesting a change in the prey consumed, while the other genus, Palmatolepis, shows less marked ontogenetic variation and therefore possible stability of diet during growth. These ontogenic variations can be explained either from a (1) behavioral (differentiated feeding strategies according to age) or (2) environmental (species with different habitat: i.e., various depths and/or temperature) points of view.

The Master student will work to extract conodont's elements to obtain representative juvenile and adult populations of the two genera Palmatolepis and Ancyrodella. The candidate will characterize the shape of small and large specimens to decipher the diversity of feeding behavior among these two groups using 3D topography under the supervision of Dr. C. Girard. The candidate will be trained with Prof. M. Joachimski at the University of Erlangen (Germany) on the technique of the $\delta^{18}\text{O}$ analyses. One of the aims of the candidate will be to implement this technique at the University of Lyon under the supervision of Dr. S. Le Houedec. The $\delta^{18}\text{O}$ measurements obtained on both juveniles and adults from the two genera will be used to test if different temperatures can be observed between small and large specimens within and between each genus suggesting different habitats.

Reconstitutions paléoclimatiques du Caucase à l'Holocène à partir des variations du niveau du Lac Sevan (Arménie)

Superviseurs: C. Colombié, (LGLTPE, Lyon, claud.colombie@univ-lyon1.fr), S. Joannin (ISEM, Montpellier, sebastien.joannin@umontpellier.fr), V. Ollivier (LAMPEA, Aix en Provence, vincent.ollivier@univ-amu.fr)

Prérequis : Pétrographie sédimentaire, sédimentologie et stratigraphie séquentielle, R, Inskape

Mots clefs : dépôts silico-clastiques, modèle de faciès, paléoenvironnement, paléoclimat, Holocène

Les reconstitutions paléoclimatiques régionales/globales permettent de tester les modèles climatiques comme ceux utilisés/proposés par le GIEC et par les archéologues pour contextualiser l'évolution des sociétés humaines et des technologies. Elles reposent sur divers proxies (ex: pollen, BrBGDT, cernes d'arbres) qui présentent chacun leurs avantages et inconvénients. Les variations des niveaux des lacs en font partie et offrent l'avantage d'être indépendants du forçage humain/activités humaines sur la végétation pour le pollen, par exemple. Par contre, elles nécessitent des conditions hydrologiques particulières qui restreignent leur utilisation/usage.

Dans les zones semi-arides d'Eurasie, les archives sédimentaires sont moins nombreuses et peu propices aux reconstitutions paléoclimatiques. Le Lac Sevan de par sa taille est une des rares archives capable de rendre compte des changements climatiques holocènes à l'échelle régionale et sub-régionale du Caucase.

L'objectif de ce stage est donc de déterminer les variations du niveau du lac au cours de l'Holocène moyen et supérieur (i.e. derniers 8 ka). Ces variations seront utiles pour comprendre l'histoire des occupations humaines depuis l'âge du Bronze (5.5-3.5 ka) en lien avec les changements climatiques régionaux voire globaux.

Le stagiaire recourra à une étude sédimentologique de dépôts silicoclastiques d'environnements aquatiques et terrestres (intégration de données sédimentaires et interprétation sédimentologique d'observations de terrain ; corrélation stratigraphique de coupes sériées ; modèle d'âge à partir de données sédimentaires et radiochronologiques ; acquisition et traitement de mesures semi-quantitatives XRF ; analyse granulométrique et colorimétrie ; susceptibilité magnétique) à partir de coupes sédimentologiques, de photos d'affleurements et d'échantillons issus d'une mission qui sera réalisée en octobre 2024 dans des lits d'affluents du Sevan (Dzknaghet, Argichi, Masrik).

Le stage aura lieu au LGL-TPE avec 3 déplacements d'1 semaine à:
EDYTEM (Chambéry) pour mesures semi-quantitatives au XRF
LAMPEA (Aix-Marseille) pour granulomètre laser et XRF quantitatif
ISEM (Montpellier) pour susceptibilimètre

[**Revenir à la liste des stages proposés**](#)

Reconstitutions paléoclimatiques du Caucase à l'Holocène à partir des isotopes de l'oxygène des carbonates du Lac Sevan (Arménie)

Superviseurs: C. Colombié, (LGLTPE, Lyon, claud.colombie@univ-lyon1.fr), V. Gardien (LGTPE, Lyon, veronique.gardien@univ-lyon1.fr), V. Perrier (LGLTPE, Lyon, vincent.perrier@univ-lyon1.fr), S. Joannin (ISEM, Montpellier, sebastien.joannin@umontpellier.fr)

Prérequis : sédimentologie, micropaléontologie, géochimie, R, Inskape

Mots clefs : microbialite, isotopes de l'oxygène, paléoenvironnement, paléoclimat, Holocène

Les reconstitutions paléoclimatiques régionales/globales sont utilisées pour tester les modèles climatiques comme ceux utilisés/proposés par le GIEC et par les archéologues pour contextualiser l'évolution des sociétés humaines et des technologies. Elles reposent sur divers proxies (ex : pollen, BrBGDT, cernes d'arbres, variations du niveau des lacs, isotopes de l'oxygène) qui présentent chacun leurs avantages et inconvénients. Pour la température, l'utilisation des isotopes de l'oxygène reste soumise à de nombreuses incertitudes (ex : effets vitaux, diagenèse, écologie des eaux du lac, évaporation) et nécessite de contraindre au mieux le cadre paléoenvironnemental de leur application.

Dans les zones semi-arides d'Eurasie, les archives sédimentaires sont moins nombreuses et peu propices aux reconstitutions paléoclimatiques. Le Lac Sevan de par sa taille est une des rares archives capable de rendre compte des changements climatiques holocènes à l'échelle régionale et sub-régionale du Caucase. Par ailleurs, l'enregistrement sédimentaire est ponctué de dépôts carbonatés bioclastiques et microbialitiques qui permettent de tester localement l'utilisation des isotopes de l'oxygène comme proxy des températures.

L'objectif de ce stage est donc de déterminer les variations de température du lac au cours de l'Holocène moyen et supérieur (i.e. derniers 8 ka). Ces variations seront utiles pour comprendre l'histoire des occupations humaines depuis l'âge du Bronze (5.5-3.5 ka) en lien avec les changements climatiques régionaux voire globaux.

Ce sujet reposera sur l'étude sédimentologique, micropaléontologique et géochimique :

- d'un analogue de terrain et sa carotte associée (terrain en octobre 2024 + XRF + isotope de l'oxygène sur roches totales et coquilles)
- d'une carotte (forage en octobre 2024 + XRF + isotope de l'oxygène sur roche totale et coquilles)
- de microbialites (isotope de l'oxygène sur roche totale et inclusions fluides le long d'un transect à l'intérieur d'un échantillon couvrant les 5 derniers ka). Les mesures de T° sur les inclusions fluides seront faites à l'aide de la spectroscopie Brillouin.

Le stage aura lieu au LGL-TPE avec un déplacement d'une semaine à EDYTEM (Chambéry) pour les mesures semi-quantitatives au XRF des carottes.

Collaboration

Frederic Caupin, ILM Université Lyon 1 pour la spectroscopie Brillouin

Eric Bonjour / Patrick Jame : ISA université Lyon 1

[Revenir à la liste des stages proposés](#)

Development of a new protocol to separate Ca Sr and Nd element in an one step chemistry

Supervisors: Emmanuelle Albalat (LGL-TPE, Lyon, emmanuelle.albalat@ens-lyon.fr) and Sandrine Le Houedec (LGL-TPE, Lyon, sandrine.le-houedec@univ-lyon1.fr)

Prerequisites: a training in geochemistry/chemistry is an asset.

Keywords: ion exchange resin, chemistry, bio-apatite

"Unlike carbonate micropaleontological archives such as foraminifera, bio-apatites incorporate not only an oceanic environmental signal but also a biological/trophic signal (e.g., Tacail et al., Balter et al., 2019, Martin et al., 2015). The deconvolution of these signals therefore offers the possibility of studying simultaneously an adaptive biological response to specific environmental changes (e.g., climate crisis, eustatic crisis, carbonate crisis). The main scientific challenge for this type of study is the ability to carry out all the necessary measurements on the same organism to decouple biological and environmental signals due to the size of the archives. Indeed, in marine vertebrates (osteichthyans and chondrichthyans), enamel covers the dentin with only a thin crystalline layer a few millimeters thick (Amini et al., 2020; Sasagawa et al., 2009), and in mammals, enamel grows in dental increments (e.g., Hamilton and Evans, 2018).

Today, for the analysis of different environmental parameters such as Neodymium (ϵNd , oceanographic variability), Strontium ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$, environmental variability, erosion), and Calcium ($\delta^{44}\text{Ca}$, trophic variability), it is necessary to use three different chemical separation protocols (Caro et al., 2006; Guiserix et al., 2024). Therefore, it is not possible to obtain this information from the same sample, or it requires a substantial sample mass (> 5 mg). These limitations are the main obstacles to the optimal use of micro-phosphatic samples for addressing questions concerning the joint response of the environment and biology in macrofauna.

The aim of the project is to use a new ion-exchange resin (DGA resin) to separate in one step the three Sr, Nd and Ca elements from carbonated/phosphatic samples. The candidate will benefit from some preliminary results already obtained on this chemistry and will have to mainly work on the Ca and Sr separation.

The candidate will make tests using several concentrations and acids (HCl and HNO_3) to optimize the separation. The candidate will learn to use ICP AES and ICP-MS to measure elemental concentrations and build the elution curves for the separation. The candidate will work to adjust to the minimum the required amount of material needed using different types of material (carbonate, ash bone, bone powders).

Under the close supervision of Dre Emanuelle Albalat and Dre Sandrine Le Houedec, the candidate will participate in the isotopic measurements of the samples in order to control the quality, yield of the developed chemistry.

[Revenir à la liste des stages proposés](#)

Dating of alpine deformations in Belledonne, implications on the External Alps growth.

Supervisors: Philippe Hervé LELOUP (LGL-TPE Lyon) herve.loup@univ-lyon1.fr in collaboration with ; Emilie JANOTS (ISTerre, Grenoble) emilie.janots@univ-grenoble-alpes.fr; Philippe MUNCH (Géosciences Montpellier) philippe.munch@umontpellier.fr; Jocelyn BARBARAND (GEOPS Orsay) jocelyn.barbarand@universite-paris-saclay.fr

Keywords: Déformation ductile ; Tectonique Alpine ; Géochronologie ; Thermochronologie ; Belledonne.

Prerequisite: Structural geology, metamorphic petrology and geochronology notions.

The purpose of this internship is to date the alpine deformations of the Belledonne range. This range is part of the external crystalline massifs of the Alps and its alpine deformation is generally considered to be limited to an overall exhumation and brittle strike-slip movements. However, for several years we have been accumulating structural and petrographic evidence in favor of several episodes of alpine deformation with the establishment of nappes, thrusts and backthrusts. It is now a question of providing absolute ages to these episodes of deformation, which is not easy given the relatively low temperatures of the ductile alpine deformations ($\leq 450^\circ\text{C}$) which affect a structured basement during the Variscan orogeny (≥ 300 Ma). For this purpose we propose to apply different geochronological methods (thermochronology and Pecube modeling, $\text{Ar}^{39}/\text{Ar}^{40}$ on micas, Rb/Sr by LA-ICPMS on micas, U/Pb by LA-ICPMS on monazite and apatite) to see how they complement each other. Some of these methods are under development / validation. The first part of the internship will consist of a petro-structural study of the samples available at LGL-TPE (Lyon) to define the key samples, and which method(s) seem(s) the most appropriate for each sample. It will involve the analysis of thin sections under the optical microscope, the SEM and the microprobe. It will be completed by a field mission. The second part of the internship will consist in the realization of one or more of the geochronological methods ($\text{Ar}^{39}/\text{Ar}^{40}$ at Geosciences Montpellier, Rb/Sr by LA-ICPMS on micas at ISTerre Grenoble, U/Pb by LA-ICPMS at LMV Clermont-Ferrand). The third part will consist of a synthesis of the results and a comparison with those deduced from thermochronology (exhumation stories modeled by PeCube), to finally constrain the tectonic history of the area and therefore the evolution of the Alpine orogenic prism.

The subject is part of a call for funding from the INSU SYSTER program. It can be adapted according to the preferences of the candidate.

[Revenir à la liste des stages proposés](#)

Etude sédimentologique et diagénétique du réservoir géothermique urgonien du synclinal de l'Arc

PROFIL RECHERCHÉ

Le stagiaire devra avoir de solides bases en géologie sédimentaire, et plus particulièrement en sédimentologie des roches carbonatées. Une connaissance des méthodes d'analyses pétrophysiques réservoirs (mesures de porosité, perméabilité) et de la diagenèse des roches calcaires serait un plus.

Niveau d'études requis : étudiant de Master 2, 3^{ème} année d'école d'ingénieur.

Equipe encadrante : l'équipe encadrante sera composée de Renaud Couëffé, Simon Andrieu.

Contacts : simon.andrieu@univ-lyon1.fr ; r.coueffe@brgm.fr

Durée du stage : 6 mois

Période du stage : stage qui s'effectuera sur l'année 2025, entre janvier et septembre.

Déroulement du stage : Le stage est financé par le BRGM et prévu pour une durée de 6 mois. L'étudiant sera basé à l'université Claude Bernard Lyon 1, avec quelques visites sur le site orléanais du BRGM pour des réunions d'avancement et séances de travail avec l'encadrement. Sous supervision de l'équipe encadrante, il sera amené à :

- Organiser et effectuer une mission de terrain pour lever des coupes sédimentologiques et échantillonner les principaux faciès ;
- Préparer les échantillons pour analyses ;
- Réaliser l'étude des lames minces
- Mettre en forme et interpréter les données (analytiques, corrélations de coupes)
- Saisir ses observations de terrain, les observations et mesures sur échantillon dans les outils de saisie numérique déployés par le BRGM
- Participer et animer des réunions de travail avec l'équipe encadrante

Votre lettre de motivation en langue française et un CV sont à adresser jusqu'au 15/11/2024.

CONTEXTE SCIENTIFIQUE GÉNÉRAL ET PROBLÉMATIQUE

Le projet Géoscan Arc[1], financé par l'ADEME, le BRGM, la Région Sud, le Département des Bouches-du-Rhône et la Métropole Aix-Marseille-Provence, vise à caractériser la ressource géothermale autour de l'étang de Berre (Fig. 1), dans la perspective de faciliter le développement de nouveaux projets d'exploration géothermique.

Dans le cadre du projet, le BRGM conduit une étude géologique régionale centrée sur la partie occidentale du synclinal de l'Arc. Il est notamment en charge de coordonner l'acquisition et l'interprétation de données géophysiques nouvelles (campagne sismique 2D) afin de contraindre la géométrie en profondeur des réservoirs géothermiques potentiels.

En parallèle, le BRGM engage une étude à l'affleurement des formations réservoirs ciblées pour l'exploration, à savoir les calcaires du Crétacé inférieur à faciès urgoniens et les formations calcaréo-dolomitiques du Jurassique supérieur.

Dans la zone étudiée, il n'est pas connu de forage ayant reconnu ces formations en profondeur sous le remplissage crétacé supérieur à cénozoïque du synclinal de l'Arc et l'analogie avec les affleurements périphériques reste le seul moyen d'approcher leurs propriétés réservoir. En compléments de données (assez nombreuses) publiées sur l'Urgonien de Provence, le BRGM dispose de mesures pétrophysiques parcellaires acquises dans le cadre de projets récents, sur certains secteurs. Ces informations doivent être complétées par une étude sédimentologique focalisée sur l'emprise du projet GeoScan Arc, notamment pour évaluer les hétérogénéités de faciès à l'échelle de la zone d'étude.

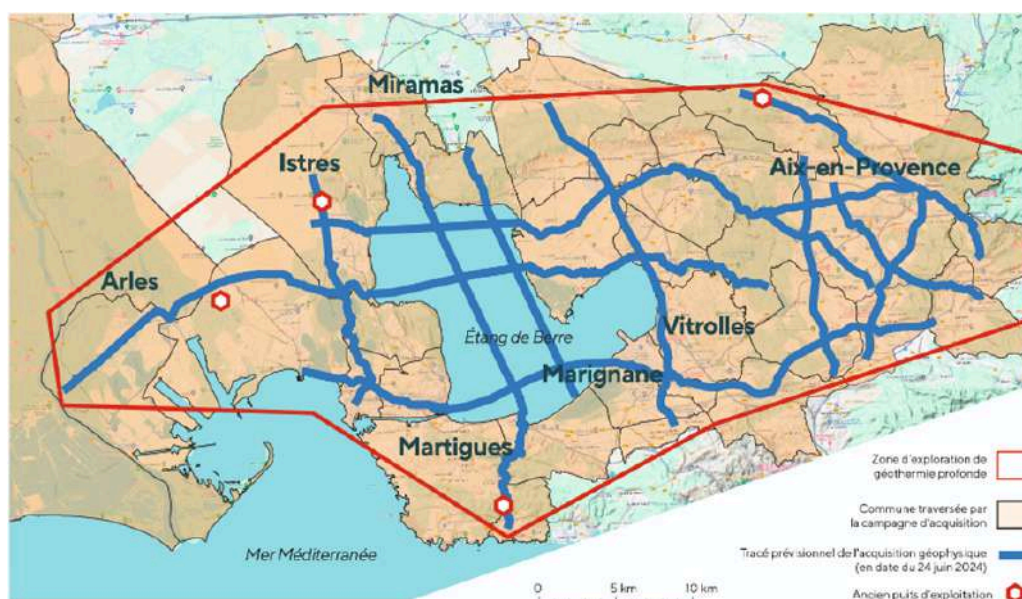


Figure 1: Zone d'étude du projet GeoScan Arc et tracé prévisionnel des futures lignes sismiques

OBJECTIFS DU STAGE ET MÉTHODES

L'objectif de ce stage est donc de réaliser une étude sédimentologique et diagénétique des calcaires du Crétacé inférieur du synclinal de l'Arc, intégrant les données disponibles (publiées par les universitaires et celles disponibles au BRGM) et amendée par de nouvelles acquisitions et terrain et d'observations complémentaires.

L'étudiant sera amené à :

- Faire un état des connaissances et un inventaire des données disponibles sur le Crétacé inférieur à faciès urgoniens (Hauterivien à Aptien) dans l'emprise de la zone d'étude et à proximité
- Réaliser une description sédimentologique de détail de quelques coupes sur le terrain et un échantillonnage des principaux faciès,
- Proposer un catalogue des différents faciès et microfaciès caractérisant le réservoir étudié,
- Déterminer la distribution des environnements de dépôt à l'échelle de la zone d'étude et l'existence d'une éventuelle tendance paléogéographique,
- Apporter des contraintes à l'histoire diagénétique du réservoir carbonaté (réalisation d'une paragenèse) et identifier l'influence des différentes phases diagénétiques sur l'évolution de la porosité

[1] <https://www.geothermies.fr/geoscan-arc>

Computing strain rates from diverse geodetic data set using the B-Strain transdimensional inversion tool

Supervisor: Thomas Bodin (ICM-CSIC tbodin@icm.csic.es), Cécile Lasserre, Marianne Métois (LGLTPE, cecile.lasserre@univ-lyon1.fr, marianne.metois@univ-lyon1.fr)

Prerequisites: The trainee should have a solid background in geosciences or computer science. He or she should be familiar with the B-Strain tools, mainly written in Fortran and available online at <https://forge.univ-lyon1.fr/marianne.metois/bayesianstrainrate>, as well as with the Bayesian transdimensional inversion method for theoretical aspects. The trainee will be required to work on cluster environments under UniX.

Keywords: Strain rates, InSAR, geodesy, bayesian inversion, transdimensional

GNSS observations can be used to measure the velocity of the earth's surface at a given geographical point. If these measurements are made on a network of stations, they can be spatially interpolated and a continuous velocity field reconstructed. This velocity field can then be differentiated to reconstruct a map of the rate of deformation in a given region. These deformation maps contain a wealth of information (expansion/compression rates, shear, etc.) and are useful for understanding the tectonic processes at play in the region process at play in the region, identify the most active structures and estimate the seismic hazard. However, the spatial distribution of GNSS stations is often irregular, leaving some areas undersampled, and standard techniques for calculating strain rates suffer from artifacts due to the uncertainties associated with interpolating velocities on a regular grid. At the LGL-TPE, we have developed an adaptive interpolation and differentiation method based on a transdimensional Bayesian approach, notably developed by Thomas Bodin for imaging the inner Earth. The B-Strain method has been successfully used in California [Pagani et al. 2021], in the Balkans [Métois et al., in prep], using GPS data sets assumed to be uniform.

Nevertheless, it is not uncommon to want to combine different datasets from different GNSS calculations, or from other geodetic techniques, in the same deformation rate calculation. For example, InSAR time series can now be used to extract interseismic velocities over vast regions with high spatial resolution (a few tens of meters for Sentinel 1A data). The B-Strain tool needs to be adapted to integrate different datasets in the same inversion.

The internship project aims to implement in the B-Strain tool the possibility of inverting several datasets simultaneously. This involves increasing the number of hyperparameters, as well as considering strategies for decimating InSAR data. The new version of B-Strain will be applied in mainland France and the Balkan area.

Scientific team and supervision :

The internship will take place at the Laboratoire de Géologie de Lyon (LGL-TPE) or the Institut de Ciències del Mar (Barcelona), under the supervision of Thomas Bodin (ICM), Marianne Métois (LGLTPE, Lyon) and Cécile Lasserre (LGLTPE, Lyon). The student will collaborate with Aimine Méridi, a PhD student on Balkan tectonics.

[***Revenir à la liste des stages proposés***](#)

