

Dossier d'évaluation  
De l'UMR 8148 GEOPS

Vague E : campagne d'évaluation 2018-2019



**Nom de l'unité :** Géosciences Paris Sud

**Acronyme :** GEOPS

**Nom du directeur pour le contrat en cours :** Eric Chassefière

**Nom du directeur pour le contrat à venir :** Christophe Colin (à compter du 1<sup>er</sup> janvier 2019)



GEOPS – UMR CNRS 8148 – Université Paris-Sud, Bâtiments 504 & 509, 91405 ORSAY Cedex, France  
Tél: +33 1 69 15 67 48 - Fax: +33 1 69 15 49 11 – mël : [direction.geops@u-psud.fr](mailto:direction.geops@u-psud.fr)

## Table des matières

<b>1. PRESENTATION DE L'UNITE</b>	<b>5</b>
<b>1.1 Introduction</b>	<b>5</b>
<b>1.2 Structuration scientifique et technique de l'unité</b>	<b>5</b>
<b>1.3 Dynamique scientifique d'ensemble</b>	<b>6</b>
<b>2. PRESENTATION DE L'ECOSYSTEME RECHERCHE DE L'UNITE</b>	<b>8</b>
<b>2.1 Contexte local</b>	<b>8</b>
2.1.1 Université Paris-Sud	8
2.1.2 OSU Paris Sud	8
2.1.3 Département SPU de l'UPSaclay	9
2.1.4 Plateforme analytique PANOPLY	9
<b>2.2 Contexte régional</b>	<b>9</b>
2.2.1 Institut Pierre Simon Laplace	9
2.2.2 GIS Géosciences Franciliennes	10
2.2.3 Domaines d'Intérêt Majeur (DIM) et moyens expérimentaux SESAME	10
2.2.4 Projet immobilier et scientifique GEODES	11
<b>2.3 Contexte national</b>	<b>11</b>
2.3.1 Communauté scientifique	11
2.3.2 CNRS/INSU	12
2.3.3 Agence Nationale de la Recherche	12
2.3.4 EPIC et industriels	13
2.3.5 Participation à la vie scientifique nationale	14
<b>2.4 Contexte international</b>	<b>14</b>
<b>3. PRODUITS ET ACTIVITES DE RECHERCHE</b>	<b>15</b>
<b>3.1 Bilan</b>	<b>15</b>
3.1.1 Interaction et Dynamique dans les Réservoirs d'Eau Continentaux	15
3.1.2 Géomorphologie Planétaire	19
3.1.3 Paléoclimats et Dynamique Sédimentaire	22
3.1.4 Géochronologie et Dynamique des Systèmes Volcanique	25
3.1.5 Relief, Bassin et Ressources	27
3.1.6 Axe transversal Milieux Arctiques	30
3.1.7 Axe transversal Téphrochronologie	32
<b>3.2 Données chiffrées</b>	<b>33</b>
<b>3.3 Sélection des produits et des activités de recherche</b>	<b>33</b>
<b>3.4 Faits marquants</b>	<b>33</b>
3.4.1 Faits marquants au niveau de l'unité	33
3.4.2 Faits marquants au niveau des équipes et des thèmes transversaux	35

<b>4. ORGANISATION ET VIE DE L'UNITE</b>	<b>38</b>
<b>4.1 Personnel et politique des ressources humaines</b>	<b>38</b>
<b>4.2 Moyens financiers</b>	<b>40</b>
<b>4.3 Prospective faite en 2013 et trajectoire ultérieure</b>	<b>42</b>
<b>4.4 Organisation de la vie de l'unité</b>	<b>43</b>
4.4.1 Pilotage	43
4.4.2 Organigramme et conditions de travail	44
4.4.3 Communication en interne	45
<b>5. ANALYSE SWOT</b>	<b>46</b>
<b>6. PROJET SCIENTIFIQUE A CINQ ANS / STRATEGIE ET PERSPECTIVES SCIENTIFIQUES POUR LE FUTUR CONTRAT</b>	<b>49</b>
<b>6.1 Projets scientifiques des équipes et axes transversaux</b>	<b>49</b>
6.1.1 HydroGéologie, HydroGéochimie, HydroGéophysique » - HYDRO3G	49
6.1.2 Géomorphologie Planétaire et Interactions Subsurface – atmosphère (GP)	52
6.1.3 Paléoclimat et Dynamique Sédimentaires (PDS)	54
6.1.4 Géochronologie et Dynamique des Systèmes Volcaniques (GDSV)	56
6.1.5 Relief, Bassin et Ressources (RBR)	58
6.1.6 Axes transversaux	60
Axe transversal « Milieux Arctiques »	60
Axe transversal « Téphrochronologie »	61
Axe transversal « ESCAPADE : Evolution des Surfaces Continentales : des Processus d'Altération actuels à la reconstruction Des Environnement passés »	62
<b>6.2 Partenariats et positionnements stratégiques du laboratoire pour le prochain quinquennal</b>	<b>63</b>
6.2.1 Département SPU de l'UPSaclay	63
6.2.2 Fédération IPSL	63
6.2.3 OSU Paris-Sud	64
6.2.4 GIS géosciences et collaborations avec l'IRSN	65
<b>6.3 Projet GEODES de réhabilitation des locaux</b>	<b>65</b>
<b>6.4. Evolution de l'organisation au cours du prochain quinquennal et vie du laboratoire</b>	<b>66</b>
<b>6.5 Demandes de moyens et mise œuvre du projet scientifique</b>	<b>68</b>
6.5.1 Moyens en instrumentation, en observation et bases de données	68
Plateforme PANOLY	68
Projets d'acquisition de nouveaux instruments	69
Nouveaux projets d'observatoire et de sites instrumentés	71
Projets de bases de données et capacité de calculs et de stockage des données	71
Traitements statistiques des données	72
6.5.2 Demandes de moyens humains	72
Plan de recrutements d'enseignants-chercheurs	72
Plan de recrutement des chercheurs CNRS	75
Plan de recrutements d'ingénieurs et techniciens	76
6.5.3 Hygiène et sécurité	78
Risques incendie	78
Chauffage des bâtiments 504 et 509	78
Risques électriques et mise aux normes de l'électricité des laboratoires	78
Risques Amiante	79
Risque radioactif	79

Risque laser	79
Travail Isolé	79

<b>ANNEXES</b>	<b>81</b>
----------------	-----------

<b>Annexe 1 : Lettre de mission contractuelle</b>	<b>81</b>
---	-----------

<b>Annexe 2 : Équipements, plateformes</b>	<b>81</b>
--	-----------

<b>Annexe 3 : Organigramme fonctionnel</b>	<b>81</b>
--	-----------

<b>Annexe 4 : Sélection des produits et des activités de recherche (voir page suivante)</b>	<b>82</b>
---	-----------

## 1. Présentation de l'unité

### 1.1 Introduction

Les Sciences de la Terre, à l'Université Paris-Sud (Orsay), sont étudiées au sein de l'UMR 8148 GEOPS (GEOsciences Paris Sud, <http://geops.geol.u-psud.fr/>), localisée dans les bâtiments 504 et 509 du campus d'Orsay. L'UMR s'insère dans le Département des Sciences de la Terre de la Faculté des Sciences d'Orsay (<http://geosciences.geol.u-psud.fr>). Le laboratoire a deux tutelles : l'Université Paris-Sud et le CNRS (Institut de rattachement principal : INSU, institut de rattachement secondaire : INEE). GEOPS héberge environ 110 permanents et non permanents (42 enseignants-chercheurs et chercheurs, 3 professeurs émérites, 20 IT/BIATSS, ≈25 doctorants, ≈2-4 CDD/ post-doctorants) et 30 étudiants en stages de L3 et Master.

Les recherches à GEOPS sont orientées vers l'étude des processus géologiques produits et/ou enregistrés de la lithosphère à la surface Terrestre et des planètes telluriques (Mars). Le laboratoire GEOPS aborde plusieurs grands domaines d'étude des enveloppes externes comme l'hydrologie continentale, la géomorphologie planétaire, la paléoclimatologie, la volcanologie, la sédimentologie. GEOPS est un laboratoire ayant une forte composante analytique orientée vers l'utilisation de géotraceurs, de méthodes de datation, de méthodes géophysiques et de modélisations analogiques et numériques permettant de mener une recherche sur la caractérisation, le traçage, la dynamique et la modélisation des interactions existantes dans de nombreux environnements de surface ou leurs reconstitutions dans le passé à différentes échelles de temps.

### 1.2 Structuration scientifique et technique de l'unité

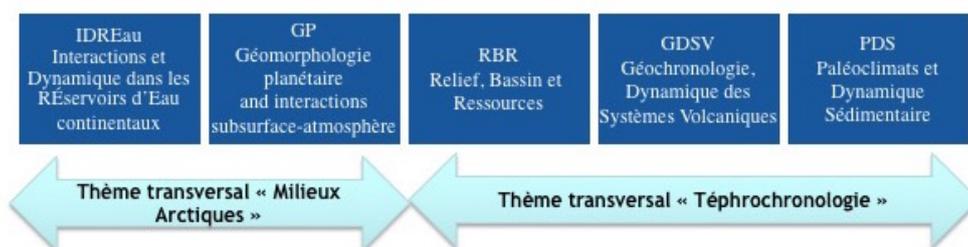
Nous avons fonctionné au cours des deux derniers quinquennaux suivant une organisation en 5 équipes scientifiques et 2 thèmes transversaux. La petite équipe travaillant sur les biominéraux a disparu en 2014 suite au départ à la retraite de ses deux membres actifs.

Les thématiques de recherche menées à GEOPS sont, au sein des équipes de recherche et des axes transversaux :

- *Interaction et Dynamique dans les Réservoirs d'Eau Continentaux* (IDREau) : l'étude de la partie continentale du cycle de l'eau, dans le cadre de la protection et de la gestion durable des hydrosystèmes et des écosystèmes (sols en particulier), et de la pollution des sols.
- *Géomorphologie Planétaire* (GP) : la caractérisation des pergélisols arctiques, péri-arctiques et martiens, des processus à l'interface subsurface-atmosphère sur Mars, la modélisation des processus d'érosion récents sur Terre et sur Mars sous environnements froids.
- *Paléoclimats et Dynamique Sédimentaire* (PDS) : la reconstitution de l'évolution des climats passés de la Terre et de leur impact sur les surfaces terrestres (érosion) et les écosystèmes marins.
- *Géochronologie et Dynamique des Systèmes Volcaniques* (GDSV) : l'étude du volcanisme comme marqueur de la géodynamique terrestre, la reconstruction de l'évolution des volcans récents/actifs et l'analyse des aléas naturels associés (processus éruptifs et non éruptifs),.
- *Relief, Bassin et Ressources* (RBR) : l'histoire d'enfouissement et de soulèvement de la croûte continentale (bassins sédimentaires, marges et orogènes), les interactions fluides-minéraux et les modifications diagénétiques incluant la modification des propriétés des réservoirs des bassins sédimentaires et la genèse de concentrations minérales.

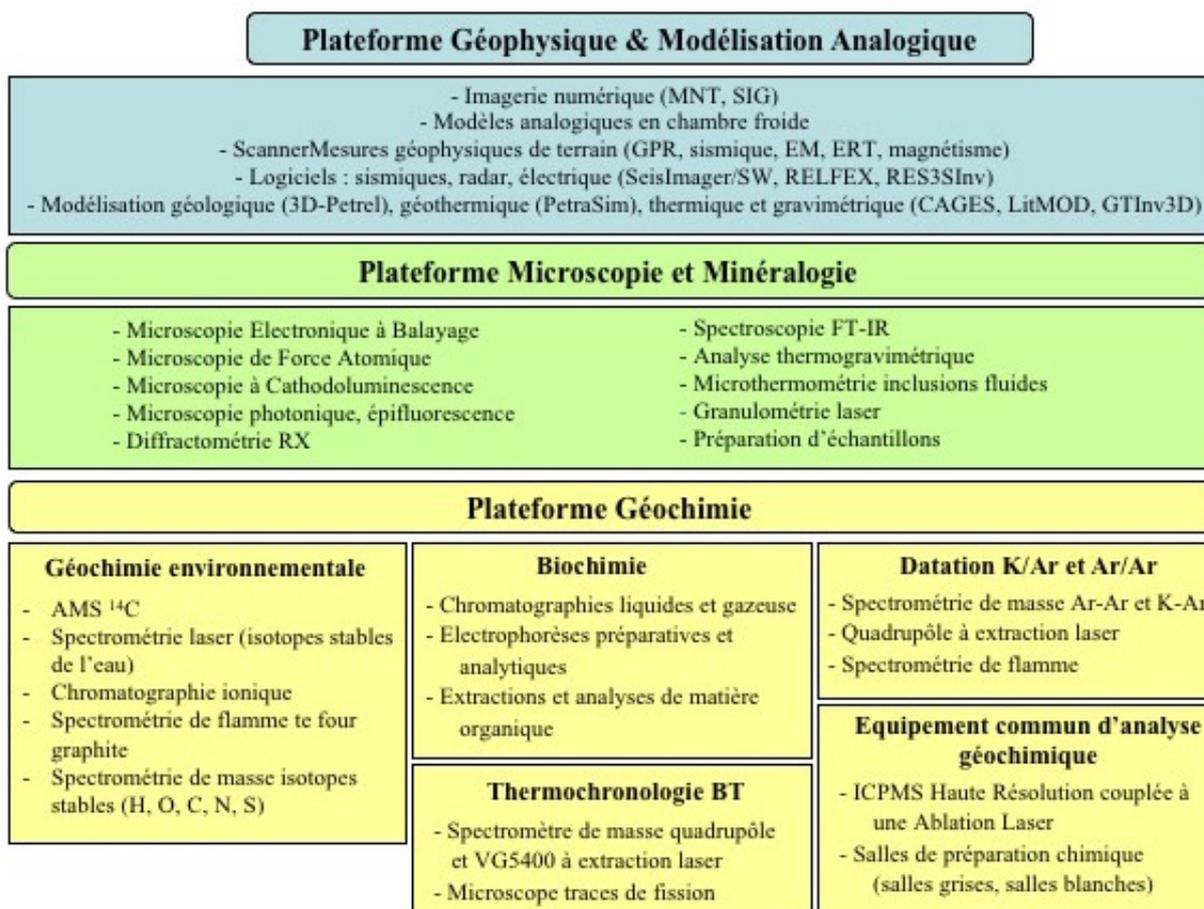
Aux interfaces entre les équipes, des recherches sont menées dans deux axes transversaux autour :

- *des Milieux arctiques* (GP-IDREau) : l'étude de l'impact du changement climatique sur le pergélisol et l'hydrologie en domaines glaciaire et périglaciaire (Spitsberg, Sibérie) et
- *de la Téphrochronologie* (RBR-GDSV-PDS) : l'utilisation de la téphrochronologie dans l'étude des climats passés et du risque volcanique.



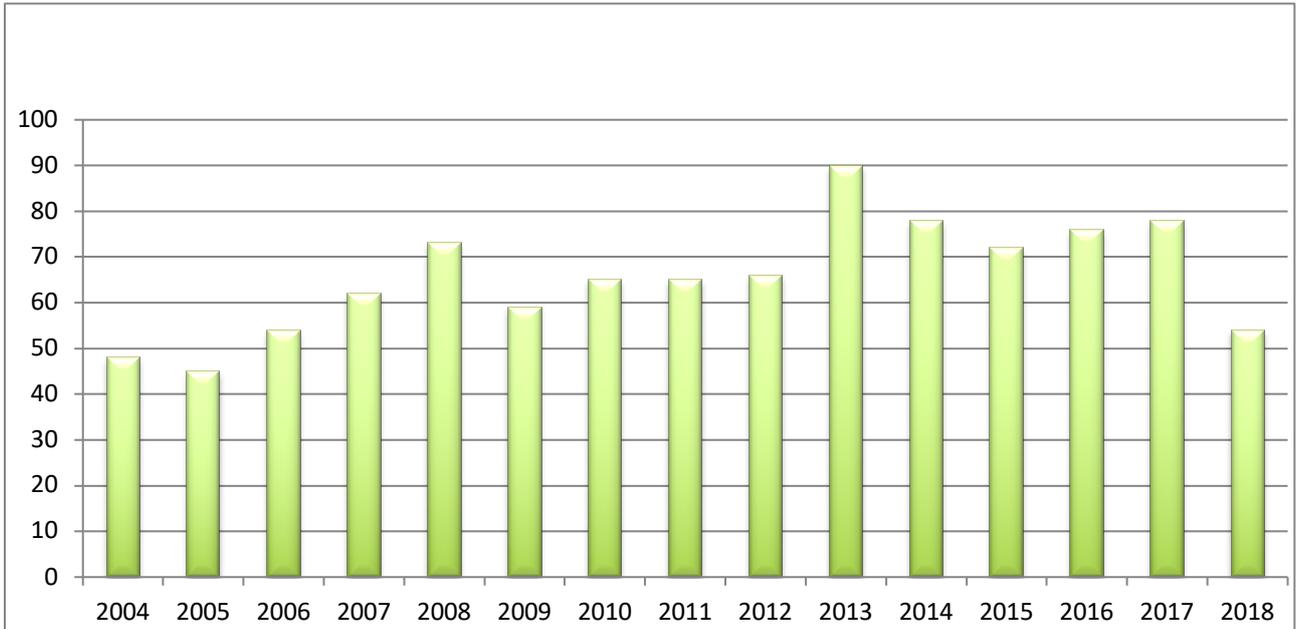
Les chercheurs du laboratoire développe par ailleurs des collaborations fortes avec de nombreuses sociétés publiques ou privées (ANDRA, AREVA, ENGIE, IFPEN, Total, CEA, IRSN, IFREMER...).

Le parc instrumental du laboratoire est structuré en 3 plateformes expérimentales.

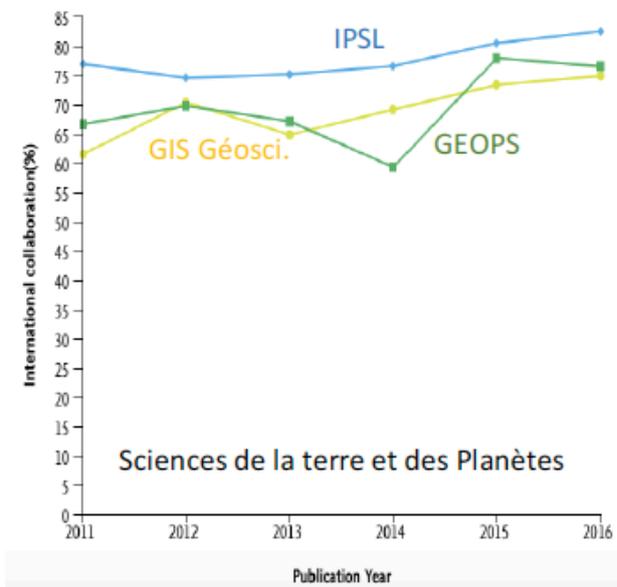
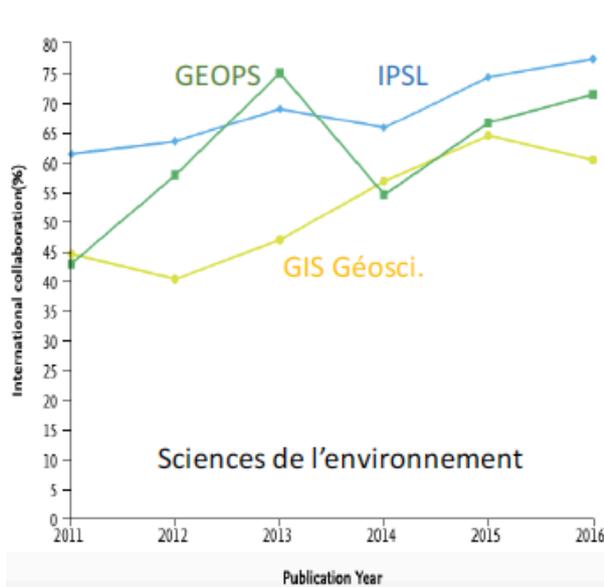


### 1. 3 Dynamique scientifique d'ensemble

Le nombre de publications dans des revues internationales à comité de lecture dépasse systématiquement, depuis 2013, 70 publications par an, ce qui rapporté au nombre de chercheurs ETP (1 pour un chercheur, 0,5 pour un enseignant-chercheur), soit 23,5, représente plus de 3 publications par chercheur ETP et par an. L'augmentation du nombre annuel de publications est régulière et ne fléchit pas ces dernières années, montrant une montée en puissance scientifique du laboratoire avec un quasi doublement en 15 ans du nombre de ses publications qui est passé de 40 à 80, à effectifs de chercheurs et enseignants-chercheurs quasiment constant.



Cette augmentation s'accompagne d'une internationalisation croissante des coopérations. Une analyse du taux de coopération internationale mesuré comme la proportion d'articles co-signés par des auteurs non-français (via la base Scopus, et l'outil SCIVAL) montre, aux fluctuations statistiques près, une croissance de la part internationale des publications de GEOPS dans des proportions similaires à celles de deux grands ensemble d'Ile-de-France : l'Institut Pierre Simon Laplace pour le climat et l'environnement, le GIS Géosciences Franciliennes pour les sciences de la Terre. Elle atteint ces dernières années une valeur de l'ordre de 70-75%.

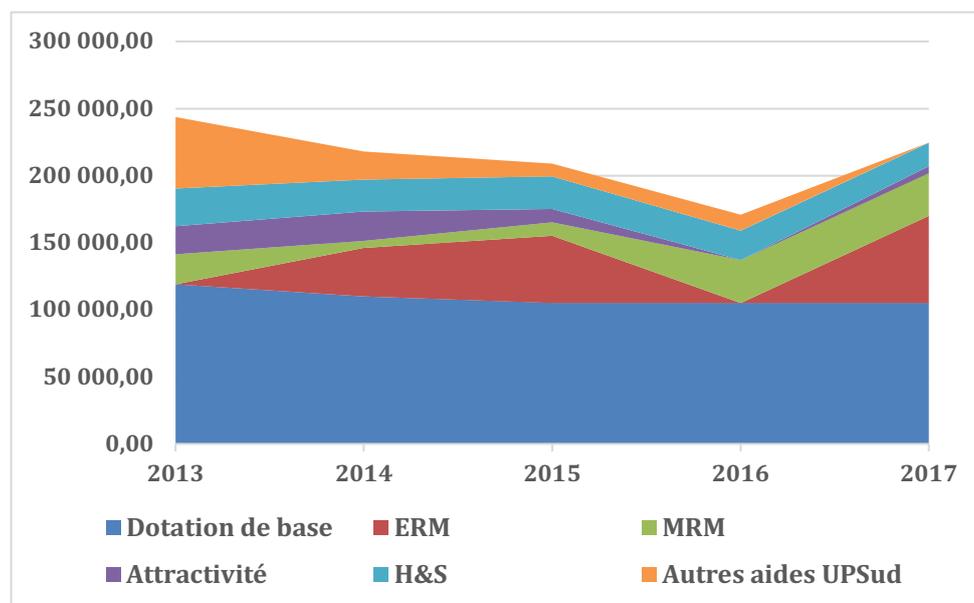


## 2. Présentation de l'écosystème recherche de l'unité

### 2.1 Contexte local

#### 2.1.1 Université Paris-Sud

L'UMR est rattachée à l'université Paris-Sud, qui lui apporte un fort soutien, tant en dotation de base que via des financements sur projet (ERM : Équipements de Recherche Mutualisés, MRM : Moyens de Recherche Mutualisés, Attractivité : crédits pour les nouveaux entrants). 3 financements ERM ont été obtenus durant le présent quinquennal, l'un pour un système analytique en support aux travaux sur la diffusion de He et Ne dans les minéraux avec l'[IPN](#) et le [CSNSM](#), les deux autres pour aider à l'acquisition de deux gros instruments (LA-ICPMS-HR et Spectromètre de masse Ar-Ar, cf section « Contexte régional ») financés par la Région, pour un total avoisinant 200 k€. 2 financements MRM sur 3 ans ont été obtenus pour, d'une part le fonctionnement d'un spectromètre de masse à isotopes stables acheté durant le quinquennal précédent, d'autre part le fonctionnement de la LA-ICPMS-HR, pour un total de l'ordre de 150 k€. Plusieurs financements Attractivité ont également été obtenus, mais l'UPSud a dû réduire depuis quelques années son budget alloué à cette ligne. Si l'on y ajoute les crédits de la Division de la Recherche de la Faculté des Sciences, de l'ordre de 20 k€ par an, le budget consacré par l'UPSud au développement du parc instrumental du laboratoire, au service de la recherche, n'est pas loin d'être équivalent à sa dotation de base ( $\approx 100$  k€/an). L'évolution des financements par l'UPSud est présentée ci-dessous.



#### 2.1.2 OSU Paris Sud

Au niveau de l'Université Paris Sud, outre des collaborations notamment avec l'Institut de Physique Nucléaire (IPN) et le Centre de Sciences Nucléaires et de Sciences de la Matière (CSNSM) dans le domaine de la thermochronologie U-Th/He-Ne et le Fluides, Automatique et Systèmes Thermiques ([FAST](#)) en géophysique et planétologie, GEOPS est membre de l'OSU Paris-Sud ([OSUPS](#)) avec l'autre laboratoire INSU de l'UPSud, à savoir l'Institut d'Astrophysique Spatiale ([IAS](#)). L'évolution de l'OSU IAS en OSU Paris-Sud a été pour GEOPS, laboratoire à fort caractère expérimental, riche de prolongements. En 2016, le Planetary Surface Portal [PSUP](#), réalisé en commun par l'IAS, GEOPS (GP) et le laboratoire de planétologie de Lyon et dédié à la diffusion de cartes géomorphologiques et de composition minéralogique de la surface de Mars, a été labélisé par l'INSU. Nous avons également avancé vers la labélisation souhaitée du réseau [FRIPON](#) de caméras d'observation de météoroïdes entrant dans le ciel français, qui a eu une cheffe de projet de GEOPS durant la phase de mise en place du réseau (GP), mais nous devons encore, pour obtenir la labélisation, démontrer la capacité du laboratoire à faire tourner le réseau en routine. Les activités de suivi du glacier Austre Lovénbreen au Svalbard que nous assurons (IDREau) ont été intégrées dans [Cryobsclim](#) au sein de l'IR OZCAR. Nous avons proposé (IDREau) à la labélisation un réseau d'observation de la composition isotopique des eaux de

pluie sur le territoire français, appelé RENOIR, pour l'instant sans succès. En 2016, nous avons entamé une réflexion sur un réseau de collecte d'aérosols sahariens destiné à reconstituer les paléocirculations atmosphériques et les rétroactions de l'émission des poussières sur le système climatique (PDS). Un petit budget de l'OSUPS a été obtenu pour des tests de dimensionnement du système de collecte. Il faut noter que les activités de l'équipe GP en Sibérie n'ont pas donné lieu à une demande de labélisation, du fait des incertitudes sur la pérennité des infrastructures, mais que cet axe, sur lequel nous venons de recruter pour 4 ans un candidat canadien du programme MOPGA, est très prometteur à l'échelle plus large du Plateau de Saclay. L'OSUPS a financé quelques actions dans le cadre des activités arctiques, et également aidé à la communication.

### 2.1.3 Département SPU de l'UPSaclay

Au niveau du site de la COMUE Paris-Saclay, GEOPS est membre du Département Scientifique Sciences de la Planète et de l'Univers (SPU), avec pour sa composante géosciences et environnement principalement le [LATMOS](#), le [LMD](#) et le [LSCE](#), et pour sa composante astrophysique principalement l'IAS et [AIM-Irfu](#). Ainsi, les deux laboratoires de l'OSUPS font partie du département SPU, l'autre observatoire des sciences de l'univers y émergeant étant l'[OVSQ](#). La stratégie de ce département, élaborée en 2014-2015, a été déclinée suivant 4 axes, dont un axe « Terre solide et transferts » porté par GEOPS, le LSCE et d'autres laboratoires du périmètre (FAST, [ESE](#), ...). En 2016, une Initiative de Recherche Stratégique ([IRS](#)) en environnement appelée [ACE-ICSEN](#) (Adaptation aux changements environnementaux: une approche multi-échelle et transdisciplinaire) et portée par l'OVSQ, avec une participation de GEOPS (IDREau) autour de l'impact des activités anthropiques sur la contamination des rivières urbaines, a été sélectionnée pour 3 ans (avec examen à mi-parcours) par l'UPSaclay. L'équipe IDREau est également impliquée dans l'institut Convergence [CLAND](#) porté par le LSCE et l'INRA autour des problématiques de l'atténuation du changement climatique par l'usage des terres, sélectionné pour 10 ans en 2017. En 2017 et 2018, la participation de GEOPS à SPU s'est traduite par l'obtention de plusieurs financements Émergence, pour un montant total de 40 k€, autour de 4 thèmes : (i) « Carbon Release from permafrost thaw in Siberia » (GEOPS/Milieux Arctiques-LSCE), (ii) Outils génériques de stéréoscopie pour la topographie des planètes (GEOPS/GP-LATMOS-CMLA/ENS Paris-Saclay), (iii) Circulation d'eau géothermale dans des aquifères hétérogènes (GEOPS/RBR-LSCE), (iv) Observatoire des interactions Nappe / Rivière sur l'Essonne (GEOPS/IDREau-LSCE). Par ailleurs, un travail de développement de l'analyse de l'Actinium-227 pour chronométrer le mélange dans l'océan profond porté par le LSCE en coopération avec GEOPS/PDS a été également financé en 2018.

### 2.1.4 Plateforme analytique PANOPLY

Au niveau Paris-Saclay, GEOPS a joué un rôle moteur dans le développement et la mise en place de la Plateforme ANalytique GéOsciences Paris saclay ([PANOPLY](#)) porté conjointement par GEOPS et le LSCE. La plateforme analytique PANOPLY, maintenant complètement opérationnelle, vise à acquérir une visibilité forte dans le périmètre local (Université Paris-Saclay), national et international. Elle est motivée par la complémentarité de savoir-faire en géochimie analytique et par une stratégie commune (LSCE et GEOPS) de développement d'un parc analytique au meilleur niveau international. Tous les instruments (ECHO MICADAS, ICPMS-HR, Spectromètre à multi-collection  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ ), demandé dans l'Equipex HYPAC<sup>3</sup> (non retenu en 2012), ont été acquis depuis avec divers financements (Région, UPSud, CEA, BNP ParisBas, ...).

## 2.2 Contexte régional

### 2.2.1 Institut Pierre Simon Laplace

GEOPS est membre depuis début 2015 de l'Institut Pierre Simon Laplace ([IPSL](#)) d'étude de l'environnement (IPSL), une fédération qui regroupe 8 laboratoires de la région parisienne, dont 4 dans le périmètre de Paris-Saclay (GEOPS, LATMOS, LMD, LSCE). Le [labex IPSL](#), que GEOPS a intégré dès le départ, a récemment donné naissance à l'EUR Climate Graduate School IPSL ([CGS-IPSL](#)), qui va jouer dans la prochaine décennie un rôle fédérateur essentiel en région Ile-de-France. Au plan recherche, GEOPS est lié à l'IPSL par essentiellement 4 grandes thématiques : la paléoclimatologie (PDS), l'hydrologie continentale et la pollution de l'environnement (IDREau), l'étude des milieux arctiques (IDREau, GP) qui passe également par le

Département SPU au niveau local, la planétologie (GP). Les équipes RBR et GDSV sont clairement plus loin des thématiques de l'IPSL, même si des liens pourraient se dessiner, par exemple sur l'influence du changement climatique sur l'altération des sols (RBR, IDREau) ou l'influence des variations du niveau des mers sur l'histoire des complexes volcaniques maritimes (GDSV), ces études portant néanmoins sur des échelles de temps très supérieures à celles qui intéressent directement les climatologues de l'IPSL. Au cours des 5 dernières années, quelques financements ont été obtenus pour l'enseignement, l'organisation de colloques, et une étude du rôle du climat sur l'érosion des îles Kerguelen. 1 année de post-doctorat autour de DATICE (calage temporel des archives climatiques) a été financée par l'IPSL en 2015 et 1 post-doctorat de 18 mois va être financé sur la restitution de la variabilité du climat de la dernière période glaciaire (PDS). Une action pourrait être également financée autour de la modélisation des pergélisols avec le LSCE. Pour l'instant limitée, l'insertion de GEOPS dans l'IPSL doit être développée, ce qui va notamment être discuté à l'occasion de l'évaluation HCERES en cours de l'IPSL.

### 2.2.2 GIS Géosciences Franciliennes

GEOPS est membre du Groupement d'Intérêt Scientifique (GIS) [Géosciences Franciliennes](#) qui comprend 10 laboratoires (Géol. ENS, LMS, IFP, INRIA, IPGP, Géos. Cergy, GEOPS, METIS, ISTEP, IMPMC). Ces laboratoires, qui représentent l'essentiel des forces de l'Ile-de-France en géosciences, collaborent à travers plusieurs axes de recherche : (1) Thermomécanique pour les bassins, (2) Failles, fractures, fluides, (3) Milieux faiblement perméables, (4) Interaction fluides-roches dans les bassins sédimentaires, (5) Imagerie géophysique du sous-sol (nouvel axe). Le thème 4 est placé sous la coordination d'un membre de l'équipe RBR de GEOPS. Nous participons également à l'axe 3, et avons vocation à participer à l'axe 5 (IDREau). Le GIS a candidaté en réponse à l'appel Domaines d'Intérêt Majoritaires de la Région, mais n'a pas été sélectionné en tant que DIM. Il candidatera à nouveau dans 2 ans. L'absence de ressources constitue en effet un frein à son développement. Ce GIS constitue un ancrage potentiellement important de GEOPS dans le contexte régional, notamment pour les équipes les plus « éloignées » des thématiques cœur de l'IPSL, notamment RBR.

### 2.2.3 Domaines d'Intérêt Majeur (DIM) et moyens expérimentaux SESAME

GEOPS émerge actuellement à 2 DIM : (1) [ACAV+](#) sur l'astrophysique et les conditions d'apparition de la vie, qui concerne essentiellement les équipes GP et GDSV (sur Karmars), (2) [MAP](#) pour Matériaux Anciens et Patrimoniaux dont l'axe « Fossiles et témoins de la vie ancienne » est coordonné par un membre du laboratoire (équipe GP).

Trois grosses acquisitions ont été faites ces dernières années avec des cofinancements substantiels de la Région (SESAME) :

- Une ICPMS haute résolution à ablation laser transversale à 3 équipes de GEOPS (RBR, IDREau, PDS) et à plusieurs équipes du LSCE implantées à GEOPS et dédiée à trois thématiques de recherche sur les domaines (1) des Sciences de l'Environnement avec la pollution des écosystèmes terrestres, afin de contraindre les transferts de polluants entre les sols, les rivières et la biosphère, et les transferts chimiques de divers éléments, notamment métaux ; (2) des Sciences du climat, dont l'un des objectifs est de restituer et dater les variations du climat dans le passé, préalable indispensable à une meilleure compréhension des processus agissant à différentes échelles de temps et des interactions entre les différentes composantes du système climatique; (3) des Sciences de la Terre, dans le contexte de la quantification des processus géologiques affectant la croûte continentale, que ce soit pour reconstruire l'histoire thermique des bassins sédimentaires et des socles, ou pour caractériser les interactions fluides-minéraux dans les bassins sédimentaires et leur datation. Cette acquisition, cofinancée par la région Ile-de-France, la fondation BNP Paribas (projet [FATES](#)), l'Université Paris-Sud et le CEA, et accompagnée du recrutement d'un IE CNRS en charge de l'instrument, a été particulièrement structurante pour le laboratoire.
- Un spectromètre multi-collection statique dédié à la datation  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  et aux mesures absolues des rapports isotopiques de l'argon, orienté notamment vers l'amélioration de la géochronologie des archives paléo-environnementales et de leurs synchronisations et vers les mécanismes et prédictibilités des aléas naturels (volcanisme, tsunami, séismes). Cet instrument, également financé par la Région avec un cofinancement de l'Université Paris-Sud (50 k€), va être utilisé essentiellement par l'équipe GDSV, à laquelle il apporte une capacité instrumentale essentielle en géochronologie, mais également par les équipes PDS et RBR. Il sera installé au LSCE et permettra ainsi de resserrer les liens entre les deux laboratoires en volcanologie.

- Un Compact Radiocarbon System (CRS) intitulé ECHoMICADAS (Environnement, Climat, Homme - Micro CARbon Dating System) permettant de mesurer à haute précision les rapports isotopiques du  $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$  d'échantillons solides ou gazeux pouvant aller jusqu'à 10 $\mu\text{g}$  de carbone. Cet instrument est dédié à des activités de recherche, de développement et de formation en géochimie et géochronologie  $^{14}\text{C}$  dans les domaines des Sciences de l'Environnement, du Climat et des Sciences Humaines. L'ECHoMICADAS a été acquis en partenariat LSCE, GEOPS et l'UMR 7209 « Archéozoologie, Archéobotanique : Sociétés, Pratiques Environnement » et en collaboration avec ETH Zürich. Il a été financé par le DIM Analytics (Région Île-de-France), le FEDER, la fondation BNP Paribas (projet FATES), le Labex BCDiv ainsi que les différentes tutelles des différents laboratoires (CEA, CNRS, MNHN, UPSud).

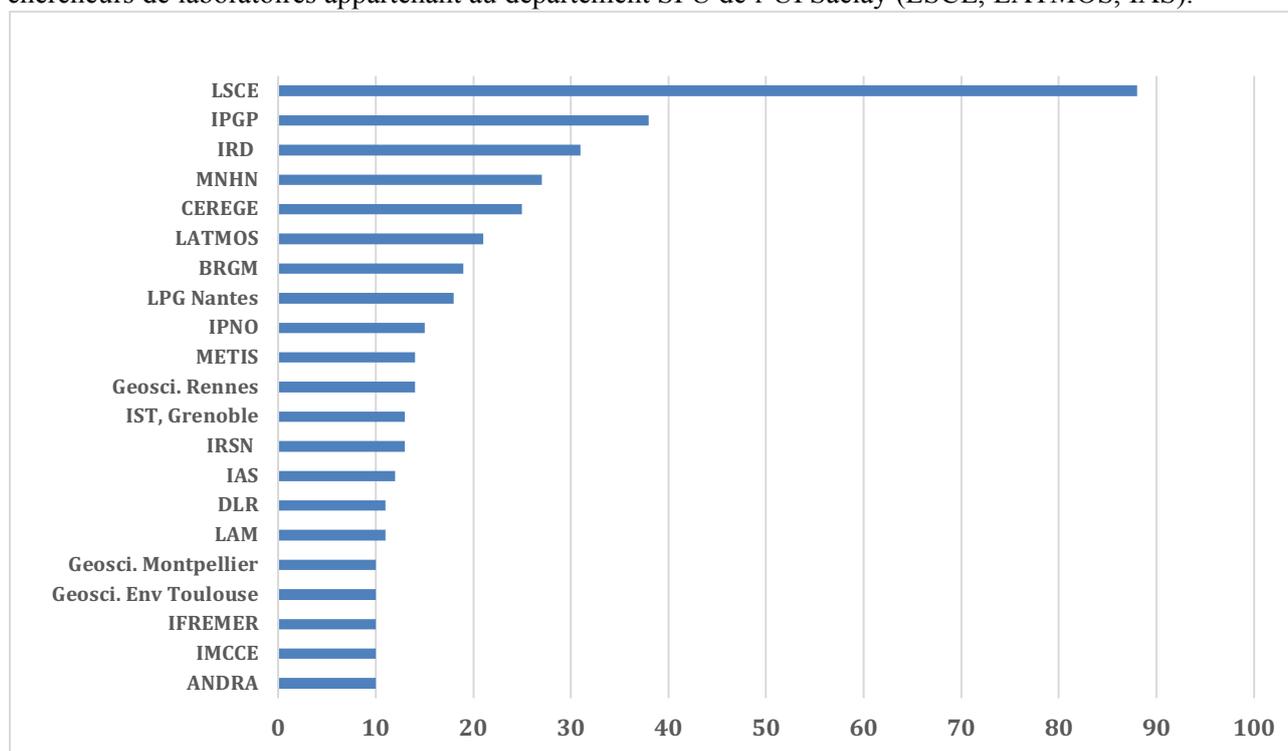
### 2.2.4 Projet immobilier et scientifique GEODES

Par ailleurs, c'est dans le cadre du Contrat de Programme Etat-Région 2015-2020 que nous avons obtenu des moyens, sur les crédits du Département de l'Essonne (3,8 M€), pour entamer la rénovation des bâtiments 504 et 509. Ce projet immobilier et scientifique GEODES (GÉologie Des Environnements de Surface), que nous portons depuis 2011, vise à réhabiliter les deux bâtiments, de façon à pouvoir accueillir les étudiants de licence dans nos locaux (bâtiment 509) et ainsi les rapprocher des chercheurs et des instruments, et à transformer nos locaux de recherche en les rendant plus fonctionnels et plus conviviaux. La première tranche de financement est dévolue à la réhabilitation des locaux instrumentaux. L'étude de programmation a démarré avec l'aide de l'EPAURIF, suite à une très forte mobilisation du laboratoire qui, à travers sa commission Bâtiment, a fourni un important travail de pré-dimensionnement du projet. La première tranche des travaux prendra un an, de mi-2019 à mi-2020. Une demande sera faite à la Région sur le CPER suivant pour réaliser la deuxième tranche.

## 2.3 Contexte national

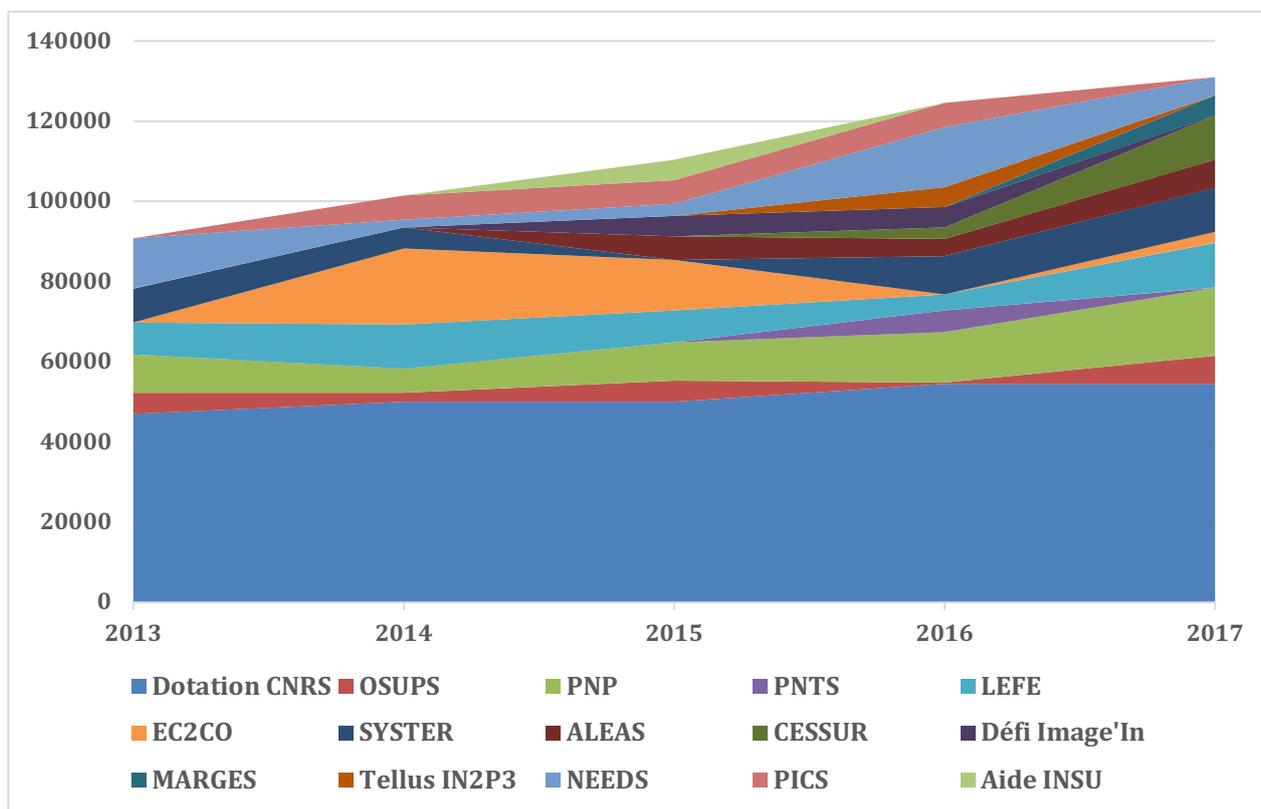
### 2.3.1 Communauté scientifique

Nous collaborons avec les laboratoires suivants, classés ci-dessous de haut en bas par ordre décroissant du nombre de publications co-signées entre 2010 et 2018. En région parisienne, les chercheurs des équipes IDREau et PDS collaborent beaucoup avec le LSCE, ceux des équipes GDSV et RBR avec l'IPGP, ceux de l'équipe GP avec le LATMOS et l'IAS. Près d'un quart des publications de GEOPS sont co-signées avec des chercheurs de laboratoires appartenant au département SPU de l'UPSaclay (LSCE, LATMOS, IAS).



### 2.3.2 CNRS/INSU

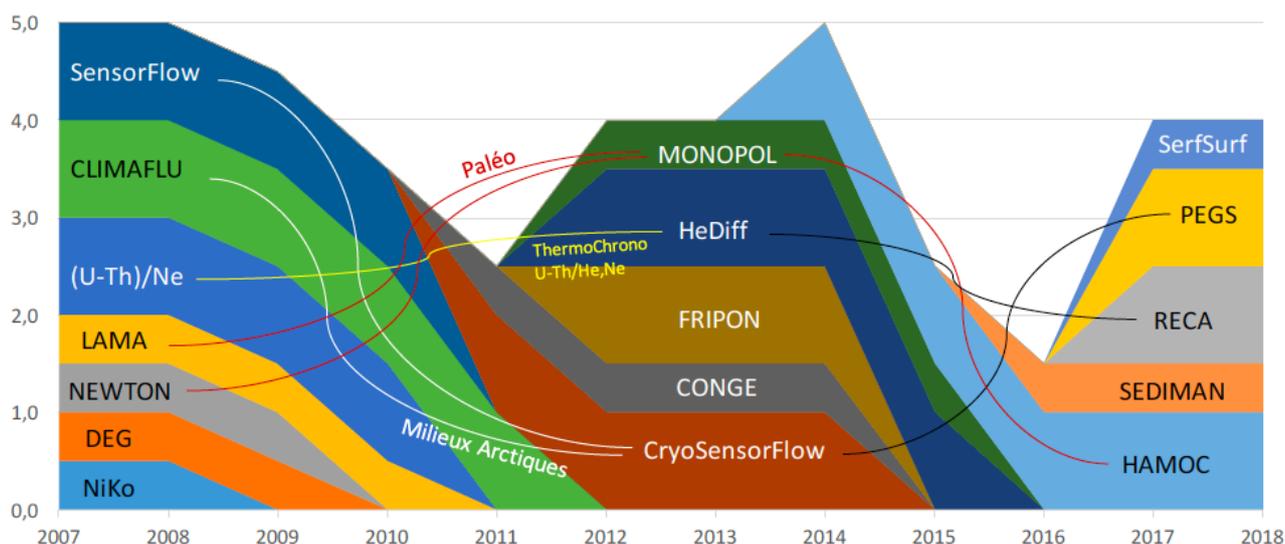
Le financement sur projet de nos équipes par l'INSU est conséquent, du même ordre que la dotation de base CNRS du laboratoire ( $\approx 50$  k€), voire légèrement plus sur les dernières années. La ventilation de la dotation annuelle du laboratoire (récurrents et programmes, incluant également les financements de l'OSUPS) est montrée sur la figure ci-dessous. L'équipe GP mobilise des ressources de Image'In, du PNP et du PNTS, l'équipe PDS de LEFE, l'équipe IDREau de EC2CO et de CESSUR, les équipes RBR et GDSV de SYSTER, ALEAS, NEEDS et CESSUR.



Ainsi, qu'il s'agisse de l'Université Paris-Sud ou du CNRS, les moyens alloués sur projets sont équivalents aux dotations de base, ce qui montre le dynamisme scientifique du laboratoire. On observe une croissance régulière de ces moyens depuis le début du quinquennal, la contribution du CNRS au financement de nos activités s'élevant actuellement à  $\approx 130\ 000$  € par an.

### 2.3.3 Agence Nationale de la Recherche

Notre recherche est également financée à un niveau substantiel par les contrats ANR que nous obtenons régulièrement. Le nombre cumulé de projets ANR sur les dix dernières années est représenté ci-dessous, en affectant les ANR portées par le laboratoire (par ex. [HeDiff](#) ou [Climafllu](#)) où à forte contribution du laboratoire (par ex. [FRIPON](#)) d'un coefficient 1 et celles menées en collaboration avec un porteur principal autre d'un coefficient 0,5.



Des lignes thématiques cohérentes se dégagent, notamment autour de l'étude des milieux arctiques, l'un des deux axes transversaux du laboratoire, autour de l'utilisation de la thermochronologie U-Th/He,Ne, l'un des domaines très forts du laboratoire au niveau mondial, et autour des reconstitutions des paléo-circulations océaniques.

Les projets ANR en cours, dont 3 sont portés par des chercheurs de GEOPS, sont :

- ANR [HAMOC](#) : Holocene North-Atlantic Gyres and Mediterranean Overturning dynamic through Climate Changes (portage PDS).
- ANR [MOPGA PEGS Permafrost and Greenhouse gas dynamics in Siberia](#) (portage axe *Milieux Arctiques*, en collaboration avec le LSCE). Un chercheur canadien est accueilli pour 4 ans à GEOPS dans le cadre de ce programme.
- ANR [RECA](#) : Relation entre le Changement climatique et l'Altération (portage RBR, IDREau, PDS).
- ANR PCRI franco-chinoise [SEDIMAN](#) : SEDiments in the largest rivers of China: Messengers from geologicAl processes and enviroNmental changes portée par l'IPGP (IDREau).
- ANR [SerSurf](#) Rupture : Sismique des Faille Normales Sous-marines portée par l'IPGP (GDSV).

Il faut également citer deux projets importants de dimensions équivalentes à des ANR :

- Le projet [FATES](#) de la Fondation BNP PariBas « FAsT climate changes, new tools to understand and simulate the evolution of the Earth System » porté par le LSCE, GEOPS (PDS) et ESE.
- Le projet [KRI-TERRES](#) mené en partenariat avec l'IRSN et ARMINES sur la caractérisation de panaches d'éléments radioactifs lors d'une contamination de sols (portage IDREau).

### 2.3.4 EPIC et industriels

GEOPS entretiens des partenariats de recherche au travers de collaboration avec des institutions publiques nationales (établissement public à caractère industriel et commercial, EPIC tels que l'IRSN, le BRGM, l'ANDRA, l'IFPEN, le CNES) et des entreprises nationales comme Total, ENGIE, AREVA, BNP Paribas.

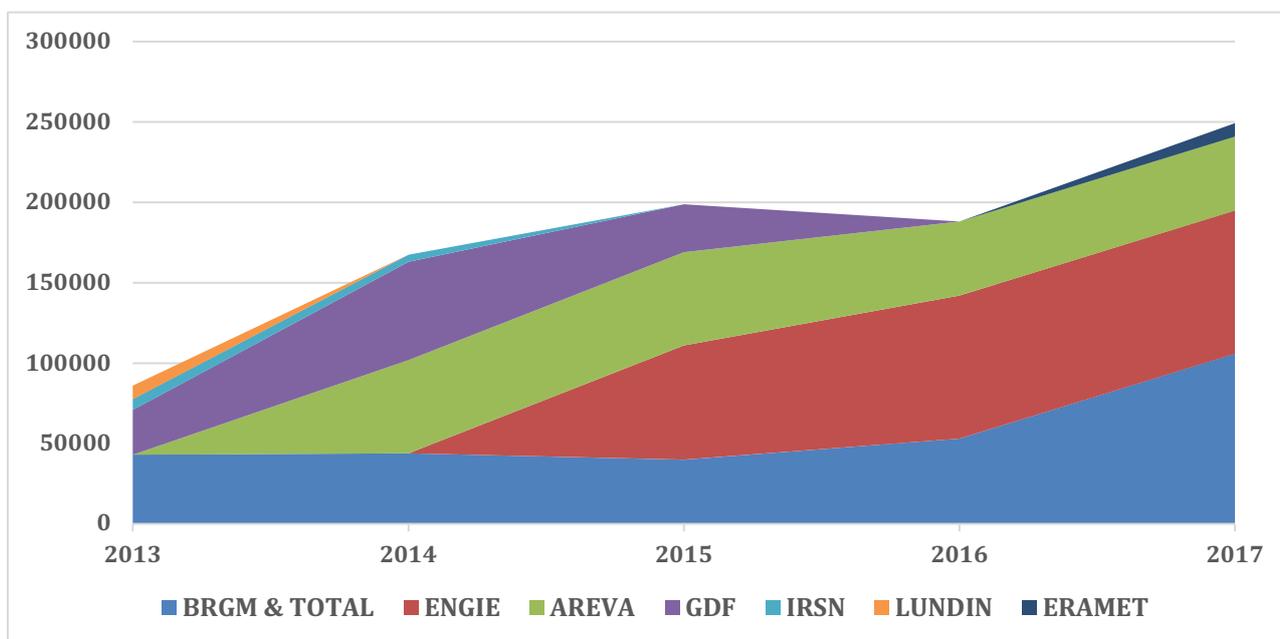
Avec l'IRSN, GEOPS étudie les relations entre la formation de la fracturation et la circulation de fluides dans les alternances argilo-calcaires, ou encore développe une approche pour anticiper, lors de la planification du démantèlement d'une installation nucléaire, la gestion des terres qui ont pu être contaminées par des rejets liquides radioactifs (projet KRI-TERRES). Avec le BRGM, GEOPS étudie la [diagenèse des carbonates](#) du Jurassique de l'ouest de la France, ainsi que les [minéralisations de fluorine](#) de la bordure sud-est du bassin de Paris. GEOPS a développé plusieurs collaborations avec l'ANDRA sur [le stockage des déchets nucléaires](#). GEOPS entretient une étroite collaboration depuis plusieurs années avec AREVA, [les conditions de formation des gisements d'uranium](#) étant étudiées à partir de nouvelles approches microscopiques concernant la source, le transport et le dépôt de l'uranium et des éléments associés. Chaque année, les Journées Uranium, rassemblant environ 150 personnes travaillant dans les différents domaines de l'amont du cycle de l'uranium sont organisées à Orsay. GEOPS est par ailleurs au comité de pilotage du programme [Source to Sink](#) de Total

et du BRGM qui vise à mieux comprendre les processus de création et d'érosion des reliefs qui conduisent à la formation des bassins sédimentaires. Il est également partie prenante du programme national [CLAYCOAT](#) de recherche et développement (R&D) en géologie sédimentaire, financé par ENGIE associant les Universités Paris-Sud, de Poitiers, l'Institut Polytechnique de Bordeaux et ENGIE.

Bien que n'étant pas un laboratoire spatial, GEOPS bénéficie de moyens conséquents du CNES à une hauteur moyenne de  $\approx 50$  k€ de fonctionnement et d'équipement par an sur 2 lignes d'actions :

- Le traitement des données de [3 expériences scientifiques montées sur la sonde Mars-Express](#), à savoir la caméra haute résolution HRSC, l'imagerie infra-rouge OMEGA et le spectromètre à transformée de Fourier PFS, ainsi bientôt que la coordination du traitement des données de la sonde Exomars TGO, dont l'un des Guest Investigator est à GEOPS, et d'ici 2020 la participation au radar du rover de la mission Exomars.
- Le développement de la [R&T Karmars](#) destinée au prototypage d'un instrument pour la datation in-situ des roches martiennes par la méthode potassium-argon. Cette R&T, pour laquelle le CNES a financé successivement deux thèses de doctorat, porte sur l'étude d'un dispositif combinant spectrométrie de masse et méthode LIBS pour la mesure simultanée de l'argon et du potassium et la mesure de la masse ablatée. Ce travail est le plus avancé au monde en la matière, mais demande maintenant à identifier un laboratoire intéressé à le spatialiser pour une éventuelle future mission vers Mars.

L'évolution des financements est représentée ci-dessous :



### 2.3.5 Participation à la vie scientifique nationale

En termes de management de la science et de la formation, quatre enseignants-chercheurs de GEOPS participent aux sections CNU 35 et 36, la vice-présidente de la section 35 étant au laboratoire. Nous participons à 3 comités de programme INSU (ALEAS, CESSUR, PNP), cette participation résultant d'une action volontariste de la Direction pour répondre au souhait du précédent comité AERES d'une meilleure implication des personnels aux instances nationales. La pilote du réseau national [THERMONET](#) des laboratoires de thermochronologie basse température (RÉGEF) est au laboratoire. Nous sommes également dans le conseil scientifique du Référentiel Géologique de la France.

## 2.4 Contexte international

Dans le cadre de l'Union Européenne, GEOPS est impliqué dans le réseau d'infrastructure Europlanet 2020 dédié à la planétologie à travers le projet [VESPA](#) : Virtual European Solar and Planetary Access (GP). Nous avons porté également l'action FP7-IRSES (n°318123) [NIDYFICS](#) : Nickel Dynamics in impacted ultramafic Soils (IDREau). Dans le cadre de l'International Space Sciences Institute (ISSI à Berne), nous pilotons un projet de [cartographie des plaines de l'hémisphère nord de Mars](#) (GP). D'autres collaborations sont

développées avec le Portugal sur les déstabilisations d'édifices volcaniques aux Açores ou la Hongrie sur l'érosion continentale contrainte par l'étude des volcans (GDSV), avec la Suède sur l'influence de l'océan austral sur le système climatique global (PDS), avec la Roumanie sur la contamination par les rivières (IDREau).

Hors Europe, on peut citer des collaborations avec les USA dans de nombreux domaines, par exemple en planétologie (LPL Houston) ou sur l'évaluation du risque volcanique (U. Southern Florida). On peut mentionner également, par exemple, en Amérique du Sud, celles avec le Chili autour de la reconstitution des paléo-circulations océaniques (PDS), avec l'Équateur sur la géochronologie du volcanisme quaternaire dans la région (GDSV), ou encore avec le Brésil sur l'altération des latérites ou la dynamique des métaux en environnement minier (RBR, IDREau). Beaucoup de collaborations sont également menées avec l'Afrique et le Moyen Orient, par exemple avec l'Université d'Alger sur l'évolution du massif du Hoggar ou avec le Liban sur des études géophysiques du Bassin du Levant (RBR), avec l'Iran en paléoclimatologie (PDS), ou encore avec l'Inde dans le domaine de la pollution des sols (IDREau). Des collaborations fortes ont été nouées avec le Permafrost Institute de Yakoutie autour des activités de l'axe Milieux Arctiques (GP, IDREau), et avec l'Université de Tongji à Shanghai dans le cadre du [LIA MONOCL](#) porté par le LSCE et GEOPS (PDS).

Cela ne sont que des exemples. L'ensemble des collaborations existantes, mesurées à travers le nombre d'articles co-signés avec des chercheurs de laboratoires étrangers, sont reportées sur la carte du monde dans la figure ci-dessous.



### 3. Produits et activités de recherche

#### 3.1 Bilan

##### 3.1.1 Interaction et Dynamique dans les Réservoirs d'Eau Continentaux

Afin de comprendre la dynamique des mélanges d'eau au sein de la zone hyporhéique, une méthodologie couplant imagerie géo-électrique en 4D, traçages géochimiques et mesures de pression a été mise au point (Mouhri et al. 2013, Houzé et al. 2017, Cucci et al. 2017). Elle a été expérimentée sur le bassin de l'Orgeval, et sur la rivière Essonne, et a montré la complémentarité de ces outils. Les mélanges d'eau ont pu être quantifiés et comparés au cours de deux expériences sur l'Essonne : une opération d'ouverture / fermeture des clapets d'un barrage, et un traçage au sel dans la rivière. Des simulations numériques à l'aide du logiciel *Hydrogéosphère* ont permis de caler des paramètres hydrodynamiques sur les résultats obtenus.

Plusieurs études hydrogéophysiques ont été menées sur des aquifères de socle. Dans le bassin amont du Bandama Blanc, au nord de la Côte d'Ivoire, des mesures par imagerie électromagnétique multi-fréquentielle ont permis de valider la structure géométrique de l'aquifère à l'échelle du bassin. D'autre part, suite à d'anciens travaux sur l'aquifère de Plancoët en Bretagne, les capacités de stockage (porosités de drainage) distinctes des

couches de saprolite et de gneiss fissuré ont pu être quantifiées à l'aide d'un modèle hydrogéologique bi-couche (Durand et al. 2017).

Toujours concernant l'axe "Interface eaux de surface / eaux souterraines", une méthode de terrain originale a été développée pour permettre la quantification de paramètres hydrodynamiques de sols sableux. Cette méthode utilise l'inversion de temps d'arrivées de réflexion radar acquises au long d'infiltration d'eau en anneau ou en forage pour permettre de retrouver des jeux de paramètres de Mualem-van Genuchten dans des sables (Léger et al. 2014, Léger et al. 2016, Léger 2015). Les paramètres ainsi estimés sont comparables à ceux obtenus par des mesures classiques de terrain ou de laboratoire mais la rapidité de la mesure (seules 5 minutes d'infiltration suffisent pour des sables) offre de nombreuses perspectives. Elle permet d'envisager des études de variabilité spatiale des paramètres hydrodynamiques à l'échelle parcellaire. Le projet KRI-TERRES, financé par l'ANDRA et démarré en octobre 2017, prévoit le déploiement de cette méthode pour fournir des valeurs typiques de paramètres hydrodynamiques dans des alluvions et permettre l'estimation par modélisations (code MELODIE de l'IRSN) et méthodes géostatistiques (Armines, Ecoles des mines Paris) du volume de sol pollué suite à des déversements accidentels de polluants radioactifs.

Les travaux menés dans l'axe « dynamique des éléments aux interfaces eau/sol/plante » visent à quantifier les flux d'éléments dans la zone critique, en s'intéressant aux paramètres de contrôle de la mobilité des métaux et en utilisant des méthodes permettant de tracer les sources et le processus affectant ces métaux. Le Pape et al. (2013) ont montré l'intérêt du couplage de traceurs isotopiques, i.e.  $^{34}\text{S}$  du sulfate dissous et  $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$  des matières en suspension, pour tracer les sources et les voies de transfert des métaux dans le bassin versant de l'Orge, sous bassin de la Seine. Ce couplage offre un indicateur puissant de l'influence urbaine, intégrant à la fois l'hydrodynamisme et les conditions physico-chimiques de la rivière. Par ailleurs, des observations en MET/MEB-EDS et des analyses EXAFS au seuil K du Zn ont montré que la spéciation solide de Zn dépend du régime hydrique (Le Pape et al. 2014).

De façon plus novatrice, les isotopes stables de Ni et Cr ont été utilisés pour tracer les sources et les processus affectant leur cycle, naturel et anthropique, en particulier dans les environnements ultrabasiques. Pendant l'altération, la phase solide est appauvrie en isotopes lourds de Ni en raison de la sorption préférentielle et de l'incorporation d'isotopes de Ni légers sur/dans les oxydes de Fe ; les mêmes mécanismes s'appliquant probablement à l'incorporation de Ni dans les phyllosilicates (Ratié et al. 2015, 2018). Par ailleurs, nous avons mesuré les signatures isotopiques  $^{60}\text{Ni}$  dans les différents matériaux de deux usines métallurgiques afin d'étudier le fractionnement isotopique de Ni se produisant au cours de la fonte et du raffinage du minerai latéritique (Ratié et al. 2016), ainsi qu'au cours de l'altération des déchets produits (Ettler et al. 2016). Les résultats soulignent que les isotopes du Ni peuvent contribuer à distinguer le Ni « anthropique » du Ni « naturel », mais montrent aussi que l'utilisation des isotopes du nickel pour tracer une contamination reste un challenge (Fig. 1). Enfin, l'absorption de nickel par des plantes (hyper)accumulatrices de Ni n'est pas négligeable et peut modifier à la fois la composition isotopique du Ni à l'interface sol-plantes et le cycle global du Ni en surface (Pędziwiatr et al. 2018, Ratié et al. soumis).

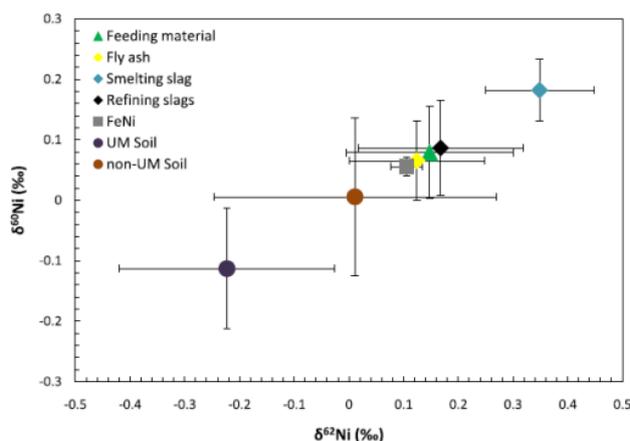


Fig. 1. Valeurs moyennes de  $^{60}\text{Ni}$  et  $^{62}\text{Ni}$  pour tous les échantillons étudiés (Ratié et al. 2016)

Dans le cadre de l'axe "Interface aquitard-aquifère", des méthodes spécifiques de traçage naturel géochimique et isotopique sur des échantillons de carottes (diffusion radiale, lixiviation, équilibration isotopique en phase vapeur) ont été développées. Ces méthodes permettent de mettre en évidence la nature des transferts (advection

vs diffusion), et de quantifier les paramètres qui régissent ces transferts (porosité efficace, coefficients de diffusion) dans les solutions porales, préalables nécessaires à une évaluation des flux d'eau et de solutés.

Appliquées à l'évaluation des sites de confinement de déchets nucléaires, des études ont été réalisées en collaboration avec l'IRSN et dans le cadre du GdR ForPro. Par exemple, dans le cadre du programme "TAPPS 2000" sur le forage au Trias Andra Est 433, un profil de 800 m de profondeur a été obtenu, montrant l'importance de la diffusion dans les transferts de chlorure dans les eaux porales de la couche du Callovo-Oxfordien, comme attendu, mais aussi dans les épaisses formations sous-jacentes du Lias et Dogger (Fig. 2), le chlorure diffusant vers le haut à partir d'un niveau riche en halite du Lias.

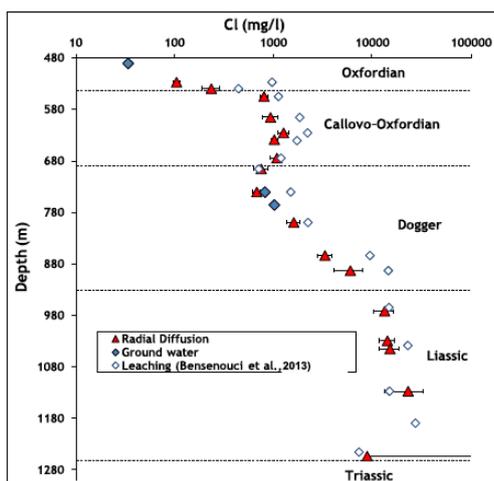


Fig. 2 : Teneurs en Cl des eaux porales (radial diffusion, leaching) et des eaux souterraines en fonction de la profondeur dans le forage Andra EST 433 - Programme TAPPS 2000 (Bencenouci et al. 2014)

L'axe de recherche « Interface temporelle : contraintes passées, expression actuelle » est centré sur la modélisation de la réponse des hydrosystèmes superficiels et souterrains aux changements climatiques et à l'impact des activités anthropiques, en se focalisant sur le Quaternaire récent. Cette modélisation est une étape essentielle pour comprendre l'impact des variations actuelles du climat sur la ressource en eau.

Cet axe s'est décliné selon trois grandes thématiques : (i) l'étude de nouveaux proxy carbonatés pour la compréhension de l'enregistrement géochimique des paramètres environnementaux ; (ii) l'étude des lacs, enregistreurs privilégiés des changements climatiques à l'échelle régionale et des changements de conditions de surface à l'échelle locale ; (iii) l'étude du fonctionnement hydrogéologique de bassins versants pour la caractérisation géochimique des relations eaux de surface/eaux souterraines dans divers contextes, que ce soient des vallées ouvertes, des aquifères côtiers, des grands fleuves ou des structures volcaniques. Cet axe de recherche a également intégré de façon plus nette les questions sociétales liées à la résilience des hydrosystèmes, à la pérennité et à la gestion des ressources en eaux ainsi qu'aux impacts des changements environnementaux actuels.

Les travaux de L. Fleurent (2015) ont confirmé le déséquilibre existant lors de l'enregistrement des signaux isotopiques dans les travertins et ont mis en évidence une réelle dépendance du fractionnement isotopique eau-carbonate avec le taux de précipitation des carbonates.

Il a été ainsi démontré que, dans des petits lacs reliés directement aux eaux souterraines, les modélisations des changements du bilan hydrique et de la qualité des eaux prévus dans les futurs scénarios de changement climatique RCP4.5 et RCP8.5 soulignent que les tendances futures de la géochimie lacustre et de la composition isotopique dépendront de quatre paramètres principaux : l'emplacement (et donc les conditions climatiques), la taille du bassin versant (qui influe sur l'intensité du changement de flux) et l'indice G du lac (i.e. le pourcentage d'eau souterraine qui constitue l'apport total des lacs), ce dernier étant le contrôle dominant des conditions hydrologiques (Fig.3, Arnoux et al. 2017).

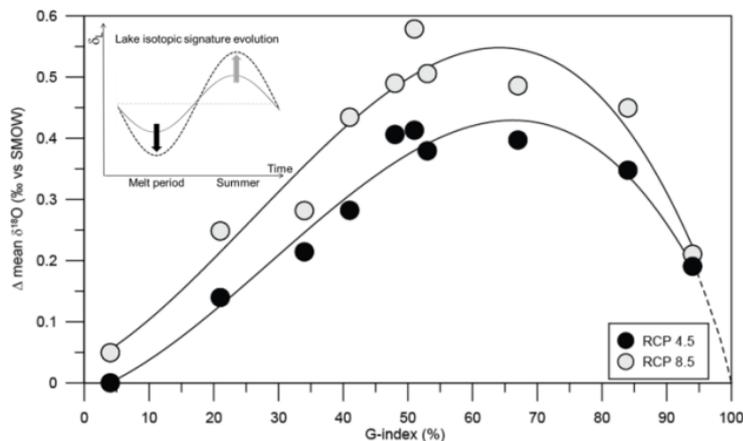


Fig. 3. Thèse M. Arnoux (2016) : Variation annuelle de la signature en  $^{18}\text{O}$  actuelle du lac (trait plein) et de son évolution possible, en fonction de la variation des paramètres (ligne pointillée), calculée en différences entre la période de référence (2010-2040) et la période future (2041-2071) pour les deux.

Sur de plus grands bassins versants comme celui de la Loire, le bilan des flux a pu être déterminé par l'application conjointe de méthodes telles que la quantification des flux nappe-rivière en 4D et par le suivi de l'évolution de la qualité des eaux de surface. Bien que 60% du flux d'eau se fasse depuis la nappe alluviale vers la Loire, le bilan montre, en périodes de hautes eaux, un flux de l'ordre 12% depuis la Loire vers la nappe alluviale, ce qui pourrait potentiellement permettre des transferts de polluants vers les eaux souterraines (Ramond 2015).

### Développements analytiques

Les mesures des isotopes du plomb ont été grandement améliorées avec l'acquisition de l'ICP-MS-HR en 2015, qui permet de quantifier des très faibles concentrations élémentaires et isotopiques. D'autre part, après des préparations minutieuses de blancs et de solutions étalons en salle blanche, nous pouvons quantifier les REE à concentrations minimales de l'ordre de la dizaine de ppq et pour les éléments en traces jusqu'à des concentrations inférieures à la cinquantaine de ppt pour la majorité des éléments.

Plusieurs développements analytiques ont été réalisés en absorption atomique :

- quantification de très faibles concentrations en fer ( $20\mu\text{g/l}$  en flamme) pour pouvoir faire les mesures en parallèle de mesures de Pt dans le cadre de suivis de cancers par l'utilisation de nanoparticules (Doctorat Céline Epaulé LPS),
- quantification de Sb de l'ordre de quelques  $\mu\text{g/L}$  dans des matrices complexes ( $1\mu\text{g/l}$  en solution et  $500\mu\text{g/kg}$  dans le sol). Des tests sont en cours pour tenter de descendre d'un facteur 10 en utilisant un générateur d'hydrures, en partenariat avec la société Agilent (Monvoisin et al. 2018)

Dans le cadre d'études menées sur des eaux interstitielles par chromatographie ionique, des tests sur des cartouches de filtration ont permis de mesurer des concentrations de l'ordre de la vingtaine de  $\mu\text{g/l}$  de  $\text{NO}_3^-$  dans des eaux de mer contenant  $2\text{ g/L}$  de  $\text{SO}_4^{2-}$  et de l'ordre de  $170\text{ g/L}$  de  $\text{Cl}^-$ .

Le recrutement d'Emilie Dassié en contrat post-doctoral (sept. 2014 à déc. 2016) a permis de mettre en place une ligne d'extraction et d'analyse d'inclusions fluides contenues dans des carbonates, dans un but de reconstitutions paléo-environnementales ou d'étude de l'évolution chimique d'anciennes eaux souterraines dans les bassins sédimentaires. Couplée à un analyseur par absorption laser en cavité résonante (CRDS Picarro), cette ligne, la première de ce type en France et la troisième au monde, permet la mesure de  $^{18}\text{O}$  et D dans les inclusions fluides des carbonates avec une très bonne productivité et une bonne précision (Dassié et al. 2017). Le système présente un fort potentiel de développement, en particulier en collaboration avec l'équipe RBR, par ex. pour l'analyse d'inclusions fluides dans des fluorites.

En 2015, un nouveau protocole a été développé pour l'analyse par EA-IRMS de  $^{34}\text{S}$  et  $^{18}\text{O}$  du sulfate dissous (échantillons correspondant à  $2\text{-}3\text{ mg}$  de  $\text{SO}_4^{2-}$ ), en particulier dans les eaux de mer interstitielles dans les carottes de sédiments côtiers (collaboration avec LSCE) afin d'analyser des échantillons de l'ordre de quelques mL (jusqu'à  $1\text{ mL}$  pour l'eau de mer contre plusieurs dizaines à centaines de mL avec la méthode classique). Suite à ces premiers essais, un nouveau protocole est en cours de validation afin d'analyser des eaux interstitielles non seulement de petit volume (=quelques mL) mais aussi de faible concentration (jusqu'à 10% de la concentration de l'eau de mer soit environ  $3\text{ mg.L}^{-1}$ ).

Un accélérateur à basse énergie couplé à un spectromètre de masse ultra-compact "MICADAS" (Mini Carbon Dating System) permettant de mesurer à haute précision les rapports isotopiques  $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$  a été acquis en collaboration entre 3 laboratoires : LSCE, GEOPS, AASPE (MNHN) et installé à Gif-sur-Yvette en juillet 2015. Ce système, dédié à des activités de recherche, de développement et de formation en géochimie et géochronologie  $^{14}\text{C}$  dans les domaines des Sciences de l'Environnement, du Climat et des Sciences Humaines a été baptisé « ECHOMICADAS » pour « Environnement Climat et Homme Mini Carbon Dating System ». Cet instrument est équipé d'une source hybride permettant d'analyser aussi bien du graphite que directement du  $\text{CO}_2$ , dans des échantillons contenant de très faibles quantités de carbone (10  $\mu\text{g}$  pour les plus faibles). Les tests et premières mesures de standards ont été réalisés grâce au banc de graphitisation semi-automatique développé à GEOPS, qui a démontré ses performances en permettant d'obtenir d'excellentes valeurs de bruit de fond ("blancs"). Ce banc de graphitisation a été "upgradé" en 2017 pour répondre aux fortes sollicitations générées par l'installation d'ECHOMICADAS.

Au cours du dernier quinquennal, l'équipe IDREau a été renforcée par l'arrivée de trois enseignants-chercheurs : Antoine Séjourné (hydrogéomorphologie, 2013), Damien Calmels (géochimiste isotopiste, spécialiste de l'altération, 2014) et Pascal Sailhac (géophysicien, spécialiste des méthodes électromagnétiques, 2016), l'intégration d'un ingénieur : Julius Nouet (biominéralisation, spécialiste d'imagerie, ..., 2016). Par ailleurs, deux enseignants-chercheurs sont totalement en disponibilité ou en détachement (Delphine Jouvin et Florent Barbecot).

### 3.1.2 Géomorphologie Planétaire

Au cours de ce quinquennal, nous avons poursuivi nos recherches en géomorphologie des surfaces planétaires, sur les thématiques spécifiques pour lesquelles notre équipe bénéficie d'une reconnaissance à l'échelle internationale. Nous avons diversifié nos objets d'étude : notre équipe n'étudie plus exclusivement la planète Mars, mais aussi la comète Churyumov Gerasimenko, et la Lune via l'étude des flashes lunaires. Les thématiques « phares » de notre équipe concernent (1) l'analyse des processus récents (voir actifs) sur Mars (gullies, RSL, distribution de la glace dans le pergélisol) et sur la comète Churyumov Gerasimenko, (2) la formation du dôme de Tharsis et la mise en évidence de méga-tsunamis liés à la présence d'un océan tardif (3) la modélisation de l'évolution du système couplé océan de magma/atmosphère des planètes telluriques.

L'équipe de Géomorphologie Planétaire est étroitement associée aux missions spatiales en cours (contrats CNES : HRSC, OMEGA, PFS et ExoMars), et à un niveau européen avec Europlanet2020. Nous sommes Co-I de OMEGA, de PFS, HRSC et de WISDOM et plus récemment scientifique associé à l'orbiteur TGO, de la mission ExoMars.

Nos recherches en géomorphologie des surfaces planétaire sont associées au développement méthodologique concernant l'analyse d'images hyperspectrales des instruments OMEGA et CRISM, l'étude de la microtexture de la surface par photométrie, l'analyse de la rugosité des surfaces planétaires par approche multi-fractales, mais aussi le développement du réseau de caméras FRIPON et le développement d'outils pour l'interopérabilité des données planétaires.

La structuration de l'équipe Géomorphologie Planétaire tient sa spécificité de sa forte coopération avec le proche voisinage, notamment avec les physiciens du FAST (modélisation de la convection dans un océan primitif), les climatologues et modélisateurs des hautes atmosphères planétaires de l'IPSL (LMD, LATMOS), les radaristes du LATMOS (radar Wisdom), et les planétologues de l'IAS (OSUPS, données OMEGA), le LESIA via le programme européen d'Observatoire Virtuel. Sur le plan national, des collaborations suivies existent avec Clermont-Ferrand pour la modélisation des tsunamis martiens, l'IRAP (Toulouse) concernant la photométrie de la surface de Mars l'IPAG (Grenoble) concernant la spectroscopie, le LPGN (Nantes) pour la géomorphologie des gullies martiens. Sur le plan international, nous travaillons avec S. Clifford du LPI (Houston) et J. Kargel et JAP Rodriguez (Univ Tucson) sur les thématiques des processus périglaciaires.

#### Processus planétaires récents et actuels

*Mars écoulement granulaire* : La dynamique de déstabilisation de versant dans le Système Solaire est un domaine en plein expansion. Grâce aux images à haute résolution spatiale (souvent proche du mètre, voir en deçà), nous avons maintenant la preuve de processus d'érosion actifs aujourd'hui sur Mars, notamment les ravines communément appelés « gullies ». Plus récemment encore, des écoulements actifs saisonnièrement,

appelé Recurring Slope Lineae (RSL), ont été découverts proche de l'équateur de Mars. Par analogie avec la Terre, les premiers modèles ont proposé la présence d'eau liquide pour expliquer ces phénomènes mais un examen approfondi exclue cette hypothèse. Notre équipe a proposé deux scénarios différents pour expliquer ces écoulements (RSL et gullies).

Le premier est un processus d'ébullition de l'eau liquide qui a été étudié en détail au gré des saisons martiennes permettant de définir une datation précise du fonctionnement des linear gullies sur certaines dunes gelées de Mars (Massé et al. 2016 ; Pasquon et al., 2016). Le second est un processus entièrement à sec, basé sur l'effet thermophorétique provoquant déstabilisation du matériau granulaire dû à un écoulement de gaz dans les pores du régolite. Une modélisation numérique du principe a été proposée par notre équipe et les résultats semblent être en accord avec la saisonnalité des activités des RSLs (Schmidt et al., 2017).

#### *- Mars échanges de volatils CO<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>O*

L'atmosphère de Mars, composée majoritairement de CO<sub>2</sub>, se condense pendant l'hiver sous forme de dépôts saisonniers. Au printemps, la calotte saisonnière se sublime et présente des particularités intéressantes, mises à jour en partie par nos analyses d'images hyperspectrales des instruments OMEGA et CRISM. Aujourd'hui, plusieurs modèles physiques ont été proposés pour expliquer les phénomènes microphysique d'échanges de volatils mais le manque de contraintes observationnelles ne permet pas d'identifier les processus à l'œuvre sur Mars. Nos travaux les plus récents consistent à établir un maximum d'informations quantitatives (spectroscopiques, géomorphologiques, ...). En particulier, la détection de traces de glace d'eau dans ces régions doit être prise en compte (Andrieu et al., 2016 ; 2016). Nous avons montré que la glace de CO<sub>2</sub> de la calotte sud est sous forme transparente et non sous forme de givre, corroborant le modèle des jets froids - modèle de Kieffer (Andrieu et al., 2018). Un programme de recherche en cours consiste à corriger numériquement les perturbations de l'instrument PFS / Mars Express pour avoir accès à la haute résolution spectrale (Schmidt et al., 2014). D'autre part, les nouvelles données de la mission ExoMars / Trace Gas Orbiter, notamment de spectroscopie à haute résolution grâce aux instruments NOMAD et ACS permettront d'étudier les échanges à différentes heures locales à moyenne et basse latitude, pour plusieurs saisons.

#### *- Cartographie des formations périglaciaires et distribution de la glace sur Mars*

Les plaines nord de Mars qui sont recouvertes de plusieurs dépôts sédimentaires présentent de la glace d'eau dans le sol à différentes profondeurs et en différentes concentrations (Séjourné et al., 2015 ; Costard et al., 2016). Cette présence de glace est attestée par les données du spectromètre gamma GRS, l'atterrisseur Phoenix mais aussi par l'observation de nombreux modelés périglaciaires et glaciaires. Toutefois, l'origine de cette cryosphère, et son lien avec des changements climatiques globaux récents restent toujours largement inconnus. Le projet "Northern plain mapping" a pour but de cartographier les plaines nord de Mars pour produire de nouvelles cartes géomorphologiques des modelés liés à la glace et des unités géomorphologiques associés (Ramsdale et al., 2017). Les objectifs sont de : (i) déterminer la distribution des modelés périglaciaires et glaciaires; (ii) identifier leur association avec des unités géomorphologiques et enfin; (iii) comprendre l'origine de la glace et le lien avec de potentiels changements climatiques globaux sur Mars (Séjourné et al., 2018). Nos travaux ont pu établir une distribution de la cryosphère et de son évolution au cours du temps. Nous avons produits des cartes géomorphologiques de 20°N à 80°N dans les principaux bassins (Acidalia, Utopia et Arcadia Planitiae) avec des images CTX (5-6 m/pixel) et HRSC (20 m/pixel). Ce projet regroupe plusieurs laboratoires reconnus à l'échelle européenne et a été financé par l'International Space Science Institut (Bern).

#### *- Processus actifs à la surface de la comète Churyumov Gerasimenko*

La mission Rosetta a été une opportunité pour lancer un programme pluridisciplinaire entre astronomes et géologues planétaires appliquée à étude sur la géomorphologie de la comète Churyumov-Gerasimenko. Un des résultats majeurs est la mise en évidence de polygones de contraction thermique dans la région Imhotep (Auger et al., 2015a et b, 2018). Avant le passage du périhélie (fin juillet 2015), de nombreuses formations circulaires ont été identifiées et ont été expliquées comme étant des sections de conduits formés par le dégazage.

#### *- Flashes lunaires*

Depuis 2010, le laboratoire GEOPS a développé des compétences dans la détection des flashes. Une station d'observation des flashes lunaires a été développée à l'observatoire de l'Oukeimden au Maroc avec la détection

de 5 flashes lunaires et le développement d'un protocole d'observation et de localisation des flashes (Ait Moulay et al., 2015).

#### - *FRIPON*

Le laboratoire GEOPS a participé au développement du réseau FRIPON (Fireball Recovery and Inter Planetary Observation Network). Notre équipe est co-responsable de ce réseau constitué de 100 caméras fish-eye distribuées sur le territoire français (Vaubaillon et al., 2015). Les deux objectifs du programme sont (1) décrire la trajectoire d'une météorite afin de déterminer sa source, son lieu de chute et la collecter (2) évaluer avec précision le flux d'impact de particules millimétriques à métriques. Le réseau est fonctionnel depuis juin 2016 et devrait donner ces premiers résultats en 2018.

### **Environnements anciens planétaires**

#### - *L'histoire précoce des planètes: évolution du système couplé océan de magma / atmosphère*

Le refroidissement des océans de magma sur les jeunes planètes telluriques conditionne les environnements primitifs, tant du point de vue des conditions initiales de la dynamique du manteau solide que de celui des cycles chimiques d'espèces volatiles et de l'éventuelle apparition des océans. Réunissant une équipe pluridisciplinaire (atmosphère – intérieur planétaires, chimie – physique), nous avons développé un modèle couplé océans de magma / atmosphère (Marcq et al., 2017). Nous avons ainsi montré que l'apparition d'un océan d'eau dépend non seulement de la taille de la planète et de sa distance au soleil, mais aussi des teneurs initiales en H<sub>2</sub>O et CO<sub>2</sub>, ce qui a été rapidement confirmé par une autre équipe pour une planète terrestre, au-delà d'une distance au soleil de 0.77 UA, ce sont les teneurs relatives en volatils qui conditionnent la formation d'eau liquide en surface (Salvador et al. 2017). Plus récemment, nous avons établi des lois d'échelles, calées sur notre étude systématique, permettant de prédire les limites de condensation d'un océan d'eau pour les exo-planètes et pour Vénus.

#### - *Formation et évolution du dôme de Tharsis*

Nous avons mis en évidence que le dôme volcanique de Tharsis, s'est non seulement formé en même temps que les réseaux de vallées fluviales mais qu'il est également à l'origine du basculement de la planète Mars entre 3 et 3.5 Ga (Bouley et al., 2016). Ce basculement bouleverse notre représentation de la surface de Mars telle qu'elle a dû être il y a 4 milliards d'années, et modifie aussi profondément la chronologie des événements. Dans le cadre d'une collaboration avec le LMD, il a été mis en évidence un climat froid à l'Hespérien inférieur et une atmosphère plus dense que celle d'aujourd'hui (0.2 bar), une accumulation de glaces autour de -25° Sud, dans les régions qui correspondent aux sources des vallées de rivières aujourd'hui asséchées. Une récente collaboration avec l'équipe Relief, Bassin, Ressources a permis de préciser que le dôme de Tharsis a eu un pic d'activité tectonique à l'Hespérien inférieur avec une formation du dôme se poursuivant jusqu'à l'Amazonien (Bouley et al., 2018).

#### - *Tsunamis sur Mars*

Récemment, nous avons pu mettre en évidence des dépôts lobés, marqueurs d'anciens tsunamis sur Mars produits par des impacts de météorites dans un océan (Costard et al., 2017). Cette étude repose sur une analyse de l'imagerie couplée à une modélisation de la propagation des vagues. Ces dernières années, plusieurs travaux avaient étudié la possibilité qu'un tel événement puisse se produire sur Mars. Nos travaux de 2016 et 2017 ont permis de préciser la dynamique de propagation de ces tsunamis martiens en associant observation et modélisation ainsi que les cratères d'impact potentiellement responsables.

### **Caractérisation des surfaces planétaires**

#### - *Etude de la microtexture de la surface par photométrie*

L'imagerie spectro-photométrique permet d'acquérir une même zone au sol, observé à la fois à différentes longueurs d'onde mais aussi à différentes géométries (angle d'émergence), échantillonnant ainsi la réflectance bidirectionnelle (BRDF). Nous avons développé un outil qui permet d'estimer les propriétés des surfaces granulaires (rugosité, albédo et forme des grains) à partir des BRDF en utilisant une approche bayésienne Monte Carlo, (Fernando et al., 2015a, Schmidt et al., 2015). Nous avons aussi développé un outil qui permet de corriger des effets des aérosols atmosphériques martien (Fernando et al., 2013, Ceamanos et al., 2013). Ces outils ont été validés grâce à une comparaison avec les données des rovers Martiens in situ (Fernando et al.,

2015b). Ils offrent la perspective d'une meilleure caractérisation des différentes unités géologiques martiennes. Nous avons pu montrer que Mars comporte des surfaces diffusantes vers l'avant, signant la présence de grains lisses à la surface (Fernando et al., 2016). La corrélation entre ce signal et la présence d'argile nous permet de dire qu'il s'agit probablement de grains émoussés, portés dans le passé par de l'eau liquide sur de longues distances.

#### - *Rugosité de la surface*

La topographie des surfaces planétaires enregistre la dynamique de plusieurs processus en compétition (tectonique, érosion, impact,...). Les analyses multi-échelles ont montré la présence de symétrie d'échelle fractale des surfaces planétaires. Cependant, depuis les années 1990, plusieurs études ont estimé des géométries fractales différentes et incohérentes. Plus récemment, la théorie multi-fractale a permis de rendre compte de l'intermittence (surface lisse et rugueuse) tout en préservant la symétrie d'échelle. Nous avons pu montrer que la surface de Mars, la Terre, la Lune et Mercure comportait une symétrie multi-fractale aux échelles plus grandes que 10 km, mais simplement fractale pour des échelles inférieures à 10 km, associé à une variation de l'exposant de Hurst (Landais et al., 2016 ; 2018). Nous avons interprété ces résultats par la présence d'une épaisseur élastique du même ordre de grandeur sur tous les corps. Une application sur des sites terrestres bien documentés est en cours, notamment à Taïwan. Cette thématique ouvre aussi de nouvelles perspectives sur la modélisation précise des effets de rugosité sur le climat et le transfert radiatif.

#### **Interopérabilité des données et outils de visualisation**

Les missions planétaires produisent une quantité impressionnante de données. Les méthodes d'analyse doivent évoluer d'une approche visuelle et essentiellement manuelle à une plus automatisée et quantitative. L'équipe Géomorphologie de GEOPS est à l'interface entre l'Astronomie et la Géologie Planétaire. Cela nous a permis de tisser de collaborations avec l'Observatoire de Paris et l'United States Geological Survey (USGS) en participant au projet européen EUROPLANETH2020, centrées sur l'élaboration et implémentation de standard communs entre l'Observatoire Virtuel (VO) et l'Open Geospatial Consortium (OGC) (Marmo et al 2016, Erard et al 2018, Hare et al. 2018). GEOPS a co-organisé un workshop sur ce thème en avril 2017 (<https://epn-vespa.github.io/mapping2017/>). L'accès efficace aux données est au centre du développement d'outils de visualisation sur le Web (Marmo 2012, Bertin et al. 2015) pour lequel EUROPLANET a financé un ingénieur entre 2016 et 2017. Récemment, un visualisateur d'imagerie planétaire a été adapté pour une base de données complète de cratères d'impact martiens, appliquée à la datation des surfaces martiennes, et distribuée à toute la communauté planétologique en 2018.

#### **3.1.3 Paléoclimats et Dynamique Sédimentaire**

L'équipe Paléoclimats et Dynamique Sédimentaire (PDS) vise à restituer les changements climatiques du Quaternaire à partir d'archives sédimentaires marines et lacustres. Elle s'attache, entre autres, à restituer les changements du cycle du carbone et du cycle de l'eau en lien avec les changements hydrologiques de l'océan (propriétés physico-chimiques des masses d'eau : T°C, fertilité, salinité, pH ...) et les conditions environnementales régnant sur les continents (précipitations, aridité) (ANR HAMOC, INSU-COFIMED, INSU-CHICO, INSU-SEPORA, INSU-CITRON GLACE). Les impacts de tels changements sur les modalités de formation (érosion/altération), de transferts (circulations océanique et atmosphérique, apports fluviatiles) et de dépôts des fractions organiques et inorganiques des sédiments lacustres et océaniques sont également abordés (ANR MONOPOL, LIA MONOCL, INSU-MADHO, PHC Gundishapour). En complémentarité de cette recherche, nous menons des études visant à mieux comprendre les modalités de l'acquisition du signal géochimique dans les archives sédimentaires bio-carbonatées (foraminifères et coraux) à des fins paléo-environnementales (INSU-GeoFoBe).

Au cours de ce quinquennal, l'équipe s'est attachée plus particulièrement à restituer la dynamique du climat de la période de temps couvrant la dernière déglaciation et l'Holocène en forts liens avec le Labex L-IPSL et un projet de la fondation BNP-Paribas (FATES). Cette période de temps est cruciale pour établir la variabilité naturelle du climat et mieux discerner la part de l'effet anthropique sur le réchauffement climatique actuel mais également de comprendre les changements climatiques rapides d'une ampleur comparable à celle pouvant se produire au cours des prochaines décennies.

C'est dans ce contexte que l'équipe développe une approche croisant la micropaléontologie

(coccolithophoridés et foraminifères) et la géochimie isotopique et élémentaire, permettant notamment de reconstruire la dynamique des pompes physique (circulation *vs* stratification des eaux) et biologique (pompe des tissus mous et contre pompe des carbonates) lors de la dernière déglaciation, et de comprendre leurs relations avec les changements de pCO<sub>2</sub> atmosphérique. Par ailleurs, l'équipe à continuer à développer l'analyse isotopique du Néodyme (Nd) de l'eau de mer, de coraux d'eau froide, de foraminifères et de sédiments terrigènes en vue de mieux contraindre à l'actuel, le cycle du Nd dans l'océan et de pouvoir appliquer dans le passé ce traceur classiquement utilisé pour restituer les variations passées hydrologiques des océans et des apports lithogéniques de Nd à l'océan. Les archives à forts taux de sédimentation telles que les sédiments des bassins intracontinentaux ont également fait l'objet d'une attention particulière (MADHO, PHC Gundishapour) permettant de restituer, entre autres, l'impact de la dernière déglaciation sur le bassin Ponto-Caspéen qui a été marqué par l'arrivée des eaux fluvioglaciales via la Volga et le Dniepr et de préciser le « timing », la nature et l'origine des sédiments transportés.

Les activités de recherche de l'équipe fédèrent ainsi plusieurs compétences, dans les domaines de la sédimentologie (granulométrie), de la minéralogie (cortèges argileux, minéraux magnétiques), de la micropaléontologie (coccolithophoridés, foraminifères), et de la géochimie isotopique ( $\delta^{18}\text{O}$  et  $\delta^{13}\text{C}$ ,  $\epsilon\text{Nd}$ ,  $^{14}\text{C}$ ,  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ) et élémentaire (Mg/Ca, B/Ca, éléments majeurs, traces et REE de la fraction inorganique). Dans le domaine des sciences du climat, les spécificités de l'équipe PDS, par rapport aux autres laboratoires franciliens, résident donc en une approche multi-traceurs originale où se complètent traceurs organiques et inorganiques.

### **Chantiers Atlantique Nord et Méditerranée : dynamique du climat et impacts de leurs connexions hydrologiques sur le climat de l'hémisphère Nord.**

Dans le cadre du projet ANR HAMOC (2014-2018) nous avons établi une base de données des enregistrements de SST et SSS Holocène de l'Atlantique Nord et restitué l'hydrologie des masses d'eau de surface et intermédiaire de l'Atlantique Nord et de la Méditerranée en mettant en œuvre les analyses de traceurs géochimiques de la circulation ( $\epsilon\text{Nd}$ ,  $^{14}\text{C}$ ,  $^{13}\text{C}$ ) sur des échantillons d'eau de mer, de coraux d'eau froide et de foraminifères (carottes marines). L'une des finalités de ces recherches est de quantifier à terme l'impact des changements hydrologiques Holocène drastiques de la Méditerranée sur la circulation thermohaline globale de l'Atlantique Nord. Cette approche a permis : 1/ de contraindre la distribution de l' $\epsilon\text{Nd}$  des masses d'eau circulant en Atlantique NE et en Méditerranée (Dubois-Dauphin et al., 2017a) ; 2/ de mettre en évidence au cours de l'Holocène une variabilité millénaire dans la récurrence des coraux profonds sur plusieurs monts carbonatés du Chenal de Rockall impliquant un étroit contrôle climatique (événements de délestage de débris d'iceberg - IRD) de la croissance des monts carbonatés ; 3/ de contraindre la variabilité de l'intensité du gyre sub-polaire et de son impact sur la circulation méridienne nord Atlantique (AMOC) et de réaliser une étude de sensibilité des apports d'eau douces à la méditerranée sur l'AMOC à partir du modèle de IPSL-CM5A-LR ; 4/ de donner de nouvelles contraintes sur les changements de la circulation thermohaline de la Méditerranée au moment du dépôt du Sapropel S1 (Dubois-Dauphin et al., 2017b). Le traceur  $\epsilon\text{Nd}$  a été ajouté récemment au modèle IPSL-CM5A-LR afin de réaliser des comparaisons avec les résultats obtenus dans l'Atlantique NE dans le contexte de cette ANR HAMOC.

L'étude des sédiments du prodelta du Rhône (MADHO), a permis, par ailleurs, de restituer les changements climatiques du bassin versant et du niveau de la mer de la période Holocène (Fanget et al., 2016). Au début de l'Holocène, les sédiments sont déposés dans le contexte de la montée du niveau de la mer. Entre ~8.3-4.5 ka cal. BP, le taux de sédimentation très faible et les profils sismiques indiquent la surface marquant la transition entre la rétrogradation et progradation du delta du Rhône. L'Holocène supérieur est marqué par les conditions prodeltaïques et la stabilisation du niveau d'eau. Plusieurs périodes de décharges fluviales accrues sont enregistrées, dont celles qui correspondent à des périodes humides identifiées en Europe (~2.8 ka, Little Ice Age). Les périodes sèches correspondent au refroidissement de « Migration Period Cooling » (~1.4 ka cal. BP) et à « Medieval Climate Anomaly » (~AD950–1250).

### **Variabilité climatique le long de la marge sud-chilienne - connexions inter-hémisphériques**

L'océan Austral et sa circulation jouent un rôle primordial sur le système climatique global. En effet, un élément clé de la circulation thermohaline, est le chemin retour des masses d'eau profondes vers la surface via la divergence antarctique. Ce mécanisme (c.a.d. la « pompe physique »), en partie contrôlé par la position latitudinale et l'intensité des vents d'ouest (westerlies), influe significativement sur les transferts de chaleur et de carbone depuis le réservoir océanique profond vers l'océan de surface et l'atmosphère, avec un impact

significatif à l'échelle du globe. Par ailleurs, à l'action de la pompe physique s'ajoute celle de la pompe biologique, i.e. le transfert du  $C_{\text{organique}}$  depuis l'océan de surface vers l'océan profond via l'activité des producteurs primaires, qui pourrait expliquer plus de la moitié des changements de  $pCO_2$  atmosphérique au cours des dernières déglaciations. Ainsi, l'étude des upwellings et des transferts de C entre l'atmosphère et l'Océan Austral dans le passé est primordiale pour mieux comprendre le système climatique.

Ainsi, au cours des dernières cinq années, dans le cadre du projet Franco-Suédois et des projets INSU CHICO et SEPORA, nous avons étudié les interactions pouvant exister entre ces deux pompes de  $CO_2$  au cours de la dernière déglaciation, en se basant sur l'analyse micropaléontologique (abondance et masse de coccolithes) et géochimique ( $\square^{14}C$ ,  $\square^{13}C$ , COT,  $CaCO_3$ , Br, Ca) d'archives sédimentaires prélevées dans la Zone Subantarctique de l'Océan Austral. Nous avons mis en évidence trois périodes de remontée d'eaux riches en carbone depuis le fond de l'océan Austral vers la surface (Siani et al., 2013), en phase avec une augmentation de la contre pompe des carbonates (Duchamp-Alphonse et al., 2018), et plus généralement avec les principales augmentations de  $CO_2$  atmosphérique de la dernière déglaciation. Nous montrons ainsi que les changements d'intensité des pompes physique et biologique dans l'océan Austral ont joué un rôle simultané et majeur dans l'augmentation du  $pCO_2$  atmosphérique pendant la dernière déglaciation.

### **Restitution de la dynamique de mousson (africaine, indienne et SE Asiatique) et impact sur l'érosion**

Les régions de mousson représentent des zones de convection atmosphérique des plus actives sur Terre localisées aux basses latitudes et sont responsables d'importants transports latitudinaux de chaleur et d'humidité. L'étude de la variabilité de ces systèmes de mousson dans le passé est primordiale pour améliorer notre compréhension des changements climatiques passés ayant affecté les basses latitudes ainsi que les téléconnexions climatiques existantes avec les hautes latitudes. Sur les continents, les variations passées du régime de précipitation déterminent le débit des fleuves, le type de végétation, les types de sol et leur vulnérabilité à l'érosion. La variabilité du régime de la mousson contrôle ainsi l'altération chimique, la mobilisation et le transfert des sédiments aux bassins océaniques. Dans les océans, les variations passées du régime des vents (et probablement des précipitations) associés aux systèmes de mousson affectent la profondeur de la zone de mélange, et ont un impact direct sur la productivité primaire.

Dans le cadre de l'ANR MONOPOL, nous avons menée plusieurs études visant à restituer l'érosion de bassins versants péri-himalayens (fleuves du Gange-Brahmapoutre et de l'Indus) et des transferts sédimentaires aux cônes sous-marins profonds au cours du Quaternaire (Joussain et al. 2016, 2017) (Leg IODP 355 en mer d'Arabie, mission MONOPOL). Dans le contexte du LIA MONOCL, le traçage des sources et des modalités de transport des sédiments à la mer de Chine du Sud et à la mer des Philippines a été étudié à partir de l'analyse des compositions minéralogiques et géochimiques ( $^{87}Sr/^{86}Sr$  et  $\square Nd$ ) d'échantillons prélevés au niveau de plusieurs traps à sédiments déployés au Nord de la mer de Chine du Sud et au niveau de la ride de Benham (Est de la mer des Philippines). Ce travail a été complété par l'étude de carottes marines de la ride de Benham afin de restituer au cours du Quaternaire la variabilité de la mousson Est asiatique et des relations existantes avec l'ENSO (Yu et al., 2016b ; Yu et al., 2018a). A plus large échelle du temps du Pliocène terminal et dans le cadre d'une Mission Archéologique Française en Inde, l'étude du site d'activité anthropique dans des Siwalik (la chaîne frontale de l'Himalaya, N-O de l'Inde ; Dambricourt Malassé et al., 2016) a été réalisée. L'analyse de la minéralogie des argiles des sédiments concernés a mis en évidence des changements du rapport d'altération chimique versus d'érosion physique. Ceci a été attribué à la variation de l'activité de la mousson indienne ou au changement des sources du matériel entre le bas et le haut Himalaya suite à la séparation dans le temps des bassins versants de l'Indus et de Ganges (Tudryn et al., 2016b). Avec le recrutement d'un nouvel enseignant-chercheur dans l'équipe en 2017, cette thématique de recherche centrée sur les moussons indienne et asiatique s'est étendue à la mousson africaine. Une première étude focalisée sur le Golfe de Guinée a permis d'apporter de nouveaux éléments de discussion sur les liens inter-hémisphériques existants lors de l'initiation et la terminaison de la période humide africaine Holocène, dernière période de végétalisation du Sahara aujourd'hui désertique (Collins et al., 2017).

### **Vers une meilleure compréhension et calibration de traceurs géochimiques clés du domaine de la paléocéanographie**

Il est impératif d'optimiser la calibration des traceurs et la compréhension des mécanismes d'enregistrement et de conservation du signal géochimique dans les bio-carbonates afin de parvenir à quantifier les paramètres environnementaux tels que la température, la salinité, le pH et le  $\Delta CO_3$  des eaux océaniques... à partir des

archives sédimentaires marines. Cet aspect d'amélioration de la quantification des traceurs constitue une priorité de plusieurs programmes internationaux tel que l'INQUA (ie. working group INTIMATE) et PAGES (IGBP). Dans ce contexte, l'équipe PDS s'est notamment spécialisée dans l'optimisation d'outils géochimiques mesurés dans les biocarbonates (foraminifères et coraux) et les eaux naturelles (colonne d'eau et eau interstitielle) modernes et passés. Nos recherches ont notamment visé à mieux comprendre les processus d'acquisition et de préservation des signaux géochimiques élémentaires mesurés dans les foraminifères benthiques. Ces travaux ont été menés sur différents chantiers (Océans Indien et Atlantique, ANR-MONOPOL et projet INSU-LEFE-GeoFoBe) et ont porté plus précisément sur les traceurs Mg/Ca et B/Ca permettant de reconstituer respectivement la T°C et la teneur en ions carbonates des eaux profondes. Des développements analytiques importants ont également pu être réalisés grâce à l'acquisition récente d'une ICP-MS-HR, ouvrant notamment nos recherches à la mesure d'éléments traces (Cd, U,...) comme nouveaux traceurs des caractéristiques hydrologiques.

Dans le cadre de l'ANR MONOPOL et du programme GEOTRACES, nous avons également cherché à améliorer notre connaissance du cycle du Nd dans l'océan en vue d'améliorer le traceur  $\epsilon\text{Nd}$  mesuré dans l'eau et les bio-carbonates en tant que traceur de la circulation océanique. Nous avons alors mené une étude des distributions spatiales des lanthanides et de l' $\epsilon\text{Nd}$  des masses d'eau du Golfe du Bengale le long d'un transect Nord-Sud (Mission MONOPOL) (Yu et al., 2017a et 2018b). Ces résultats ont permis de mettre en évidence, pour la première fois, une variabilité saisonnière de la distribution des valeurs de l' $\epsilon\text{Nd}$  des masses d'eau de surface et profonde (jusqu'à 2000 m) du Golfe du Bengale induit par une saisonnalité (mousson indienne) des apports dissous et particulaires du système fluvial Gange – Brahmapoutre. Les résultats impliquent une influence modérée des processus dit « d'échanges à la marge ».

### 3.1.4 Géochronologie et Dynamique des Systèmes Volcanique

Une grande partie des recherches de l'équipe GDSV est dédiée à la reconstruction de l'évolution temporelle des systèmes volcaniques en combinant différentes approches : géochronologie K/Ar et  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ , morphométrie et géomorphologie quantitative, géochimie des magmas et des fluides crustaux, modélisation analogique et numérique. En parallèle, nous poursuivons un développement instrumental original pour la datation K-Ar.

#### Aléas naturels (processus éruptifs et gravitaires)

La reconstruction détaillée de l'évolution passée des systèmes volcaniques est essentielle pour la caractérisation des aléas éruptifs et gravitaires. Nous nous appuyons pour cela sur des mesures d'âges radiométriques de haute précision, y compris vers les âges récents. Par exemple, nous obtenons un âge de  $20.2 \pm 1.0$  ka pour des roches de Santorin (Grèce) permettant de reconstruire la morphologie de l'île avant l'éruption minoenne de l'âge du bronze (Karatson et al., 2018).

Nos travaux sur l'archipel de la Guadeloupe ont permis grâce à une résolution temporelle unique de reconstruire en détail l'évolution de la Basse Terre sur le dernier Ma (Ricci et al., 2015a, b; 2017). Au cours des dernières années, nous avons initié l'étude de l'arc équatorial qui comprend une densité de volcans quaternaires exceptionnelle, dont certains comme le Tungurahua sont en activité, et caractérisés par une dynamique éruptive hautement explosive (Bablon et al., 2018). L'étude de l'intensité de l'activité volcanique de l'arc des Carpates a été entamée en 2016 et a déjà permis de préciser la mise en place de son édifice volcanique le plus récent (Ciomadul, 750 – 30 ka) par une approche géochronologique et volumétrique (Lahitte et al., soumis ; Karatson et al., soumis). Ces chantiers (Antilles, Andes et Carpates) ont donné lieu à des approches de géomorphologie quantitative visant à préciser l'évolution de la dynamique de construction des édifices volcaniques.

Nos travaux sur l'archipel volcanique des Açores ont permis de contraindre l'âge et la durée des principales phases de volcanisme pour les 7 îles majeures. Les nouvelles contraintes géochronologiques montrent pour chaque île une activité discontinue dans le temps mettant en jeu des phases de croissance rapide (quelques milliers d'années), séparées parfois par des périodes d'accalmie de plusieurs dizaines voire centaines de milliers d'années. La datation de niveaux pyroclastiques volumineux (ignimbrites, retombées ponceuses) montre en outre une recrudescence de l'activité explosive sur les derniers 100 ka (Sibrant et al. 2015).

Une part de nos recherches est consacrée à l'étude des effondrements sectoriels à fort potentiel tsunamogénique. Nos travaux aux Açores nous ont permis de proposer une douzaine d'effondrements

sectoriels catastrophiques ( $> 5 \text{ km}^3$ ) survenus durant le dernier Million d'années (Costa et al., 2014 ; 2015 ; Sibrant et al., 2015a,b ; 2016). Cette découverte a motivé la participation à une campagne océanographique (campagne M113, METEOR, 2014-2015) visant, entre autres, à étudier les relations entre effondrements et avalanches de débris sous-marines par une approche couplée terre-mer. L'analyse systématique des liens entre croissance volcanique, déformation régionale, et effondrements sectoriels montre un rôle important de la tectonique, qui fragilise les édifices et contrôle la localisation et l'amplitude des glissements majeurs. Depuis peu, nous examinons le potentiel tsunamogénique de ces effondrements par (1) l'étude de conglomérats chaotiques anciens perchés à terre, et (2) une collaboration avec des collègues physiciens visant à caractériser la physique de génération des vagues à partir d'une approche granulaire (thèse de M. Robbe-Saule).

Le volcanisme explosif impliquant un magma visqueux ( $\text{SiO}_2 > 60\%$ ) est l'un des styles éruptifs le plus dangereux. En effet, il peut passer rapidement d'un régime effusif (dôme) à une phase explosive, ce qui rend la prédiction de ces éruptions difficiles. Afin de contraindre les conditions physiques qui dictent la distribution de gaz et de pression dans les conduits volcaniques, un nouveau modèle d'éruption explosive à 2-D a été construit (Massol, 2018).

### **Erosion des surfaces volcaniques**

L'érosion est une composante majeure de l'évolution des reliefs volcaniques. Elle se développe de manière complexe, sous l'effet combiné de plusieurs facteurs: climat, lithologie, discontinuités volcano-structurales, mouvements verticaux, variations eustatiques, urbanisme et aménagements anthropiques. Les surfaces volcaniques offrent d'énormes atouts en matière de quantification des processus érosifs (datations et calculs de volume).

Des outils innovants de modélisation des surfaces volcaniques développés par notre équipe ont été appliqués à la quantification de l'intensité de l'éruption historique la plus importante (Lavigne et al., 2013). Ils ont par ailleurs permis de modéliser en Martinique l'évolution topographique des surfaces volcaniques en prenant en compte tant les phénomènes constructifs (coulée de laves, écoulement pyroclastiques) et destructifs (effondrement de flancs gravitaires et érosion superficielle) avec une résolution spatio-temporelle inédite (Germa et al., 2015).

Ces outils nous ont permis d'identifier les facteurs dominant de l'érosion en domaine tropical (Guadeloupe) et, grâce aux contraintes temporelles, de quantifier les taux d'érosion sur des échelles de temps variées (Ricci et al., 2015).

Une telle approche a aussi été appliquée en Equateur où un fort contraste de pluviométrie est actuellement observé, et où l'érosion a pu être dominée par la mise en place des glaciers lors des derniers maximums glaciaires (thèse de M. Bablon; en cours).

### **Volcanisme et géodynamique**

L'étude des provinces volcaniques en différents contextes géodynamiques apporte des contraintes essentielles sur les conditions de genèse, de transfert, et d'extraction des magmas, et par là-même sur la dynamique du globe.

L'analyse de la distribution des complexes éruptifs de Syrie (terrain, télédétection, SIG) couplée à la datation des phases éruptives et à la géochimie des magmas a permis de proposer un modèle d'évolution de la déformation de la bordure ouest de la plaque Arabique durant le Cénozoïque (Al Kwatli et al., 2015).

L'étude des relations entre volcanisme et tectonique le long de la branche est du point Triple des Açores nous a permis de caractériser l'évolution de la limite Eurasie-Nubie durant les derniers 6 Ma. Ces données confirment une migration vers le Nord du point-triple, et suggèrent une brusque reconfiguration de la frontière de plaque liée à la réactivation d'anciennes fracture zones, il y a 800 ka (Hildenbrand et al., 2014). Depuis, la déformation trans-tensive est distribuée le long de plusieurs structures tectoniques (Marques et al., 2013 ; 2014 ; Sibrant et al., 2016), favorisant la fusion partielle à faible degré du manteau sous-jacent enrichi en fluides (Hildenbrand et al., 2014 ; Métrich et al., 2014).

Nos travaux ont également portés sur la Ligne Volcanique du Cameroun pour mieux caractériser les processus magmatiques et la structure du manteau sous-jacent (Nkouandou et al., 2015, 2017; Fagny Mefire et al., 2016; Wotchoko et al., 2016).

En contexte de subduction, nous avons étudié l'effet de la variation de pendage du slab de la plaque de Nazca sur le magmatisme arrière-arc en Argentine. L'augmentation du pendage du slab a produit un épisode important de fusion partielle du manteau à partir de 2 Ma apportant une signature OIB caractéristique que l'on retrouve encore aujourd'hui dans l'arrière-arc (Pallares et al., 2016). Au nord de l'arc andin, nous avons observé que la flexure du slab de la plaque de Nazca contrôle la propagation du volcanisme équatorial vers le sud (Bablon et al., 2018). Cette flexure se matérialise en surface par un système de failles décrochantes le long desquelles se met en place un volcanisme important. La datation du volcanisme associé à la tectonique a permis de contraindre dans le temps l'activité de ces failles et même de quantifier le taux de déplacement de l'une d'entre elles (Baize et al., 2018). Plus au Nord, nos datations ont permis de confirmer l'existence de failles actives représentant un risque sismique important au niveau de la ville de Quito (Alvarado et al., 2004).

En domaine orogénique, la pétrologie du magmatisme iranien a permis de caractériser les processus mantellique à l'origine de ce volcanisme (Asiabanha et al., 2018), ainsi que de mieux comprendre les phénomènes d'exsolution des globules siliceux observés (Asiabanha et al., 2014).

Nous nous sommes également intéressés au volcanisme du Paléozoïque au Maroc (Poucllet et al., 2017; 2018), ainsi qu'au magmatisme Paléoproterozoïque de l'est du Sénégal en relation avec les orogénèses anciennes du craton ouest africain (Sagna et al., 2017).

L'étude des grandes provinces ignées permet de mettre en relation les grands épanchements intra-continentaux, les crises climatiques et l'évolution de la biodiversité. Nous avons poursuivi l'étude des trapps du Karoo afin d'établir la séquence éruptive au début du Jurassique (Moulin et al., 2017). La datation Ar/Ar des trapps de Viluy en Sibérie a montré l'existence de deux pulses volcaniques qui suggèrent une forte causalité entre leur mise en place et les extinctions de masse de la limite Frasnien-Fammenien, et dans une moindre mesure de celle de la limite Dévonien-Carbonifère (Ricci et al., 2013).

### **Développements méthodologiques et instrumentaux**

Le développement de la géochronologie Argon (techniques K/Ar et Ar/Ar) est une spécificité de notre équipe reconnue internationalement. Ces techniques nous permettent aujourd'hui de dater des roches et minéraux volcaniques couvrant l'essentiel de l'histoire de la Terre.

Ces dernières années, nous avons poursuivi nos efforts vers les âges jeunes par le développement d'une nouvelle ligne K-Ar automatisée et de son spectromètre à faible volume (ligne Pandore). Elle est actuellement en phase de test pour mise en œuvre opérationnelle au cours de l'année 2018.

En parallèle, nous avons finalisé l'instrument KArMars pour la datation in-situ des roches martiennes. Dans un premier temps le principe de la méthode, ainsi que la mesure du potassium par LIBS, ont été développés (Devismes et al., 2016). Puis, dans le cadre de la thèse de Fanny Cattani, la mesure de l'argon a été optimisée et l'ensemble validé par des mesures d'échantillons naturels de 300 Ma à 2 Ga, environ. Nous avons donc à présent un prototype de datation K-Ar in-situ dont les performances sont uniques au monde (Cattani, 2018, in prep). Cet instrument devra à présent être miniaturisé dans un laboratoire dédié à l'instrumentation spatiale pour son installation sur un rover embarqué dans une future mission martienne. A l'échelle du laboratoire, cet instrument offre à présent la possibilité unique de dater in-situ des roches précambriennes, sans séparation minéralogique, avec une résolution spatiale de 300 microns.

### **3.1.5 Relief, Bassin et Ressources**

Les déformations produites à la surface de la Terre traduisent son évolution au cours du temps et permettent de reconstituer les grands processus qui l'affectent. Ces déformations sont par ailleurs à l'origine de la remobilisation de fluides en surface ou en profondeur qui peuvent conduire à des minéralisations massives. L'équipe Relief, Bassin, Ressources se place dans cette thématique et focalise ses travaux sur la caractérisation et la compréhension des processus affectant la déformation de la lithosphère terrestre en lien avec l'évolution physico-chimique des roches des bassins sédimentaires. Cette histoire d'évolution des propriétés des roches est effectuée par l'étude quantitative des reliefs (érosion et périodes d'orogènes), l'accumulation dans les bassins des produits de l'érosion, l'évolution des marges passives et les phénomènes permettant la concentration de ressources (métallique ou énergétique). Ces approches nécessitent le développement de méthodes originales, notamment dans le domaine de la datation et de la thermicité. La recherche développée lors du dernier quinquennal a reçu un soutien important de nos tutelles (UPsud, CNRS), mais aussi de l'ANR,

région île de France, Labex IPSL et Idex Paris-Saclay et de nos partenaires socio-économiques (ENGIE, BRGM, AREVA, Eramet, Total), nous permettant de développer notre recherche et d'accueillir 4 post-doctorants, et d'avoir formé 9 doctorants.

### **Evolution géodynamique du manteau et les relations avec la lithosphère et la déformation grande longueur d'onde et relation surface-asthénosphère**

Les liens entre la géodynamique du manteau terrestre (asthénosphère et lithosphère) avec l'évolution de la croûte terrestre ont été appréhendés par des approches pétrologique, géochimique et géophysique. L'évolution pétrologique et géochimique des roches du manteau et des magmas permet de reconstituer les relations entre l'évolution géochimique du manteau et les liens avec la géodynamique mantellique (e.g., Wasilewski et al. 2017, Karmalkar et al. 2016). En particulier, une collaboration initiée avec l'IFPEN au cours d'un contrat doctoral a permis de quantifier la masse importante de CO<sub>2</sub> stockée dans le manteau supérieur du à l'aplomb du bassin pannonien à partir d'une étude pétrologique et géochimique fine de péridotites (Créon et al. 2017a, b). D'autres travaux sur l'interaction lithosphère-asthénosphère ont été réalisés en coopération avec le LSCE et l'Université de Brest sur l'évolution spatio-temporelle et magmatique des volcans boucliers intra-océaniques effondrés issus du point chaud atypique de la Société aux Marquises (Maury et al. 2013). De plus, la modélisation géophysique permet de déterminer la distribution des températures et des densités des roches, basées sur l'interprétation des anomalies gravimétriques, du géoïde, du flux de chaleur et des variations de la topographie. Ces méthodes ont été appliquées plus particulièrement à la reconstitution de la dynamique des cratons Sud-Indien (e.g. Kumar et al. 2014) et Nord-Chinois (Xu et al. 2016).

Nous avons étudié la quantification de l'érosion pour des régions orogéniques et situées à distance de celle-ci, afin de caractériser l'importance des différents processus à l'origine de formation de relief (déformation lithosphérique lors de l'extension ou de la compression, processus anorogénique en relation ou non avec l'asthénosphère). L'objectif était de mettre en évidence des mouvements significatifs (kilométriques) pour des périodes relativement courtes (dizaine de millions d'années). Ces mouvements sont par ailleurs enregistrés sur de grandes surfaces et traduisent des événements majeurs à l'échelle du globe. Afin de caractériser l'évolution verticale, les données issues de la thermochronologie basse température (traces de fission et (U-Th)/He sur apatite) ont été couplées à des données sédimentaires, tectoniques ou géophysiques. Six chantiers ont été principalement étudiés : la marge nord africaine (Hoggar, dorsale de Reguibat ; Rougier et al. 2013, Leprêtre et al. 2016, 2017, 2018) avec la mise en évidence d'événements thermiques majeurs au cours du Mésozoïque et du Cénozoïque, la marge ouest-européenne (Barbarand et al. 2013) avec la redéfinition des aires de bassin, la trace des événements géodynamiques au Mésozoïque et Cénozoïque dans le bassin de Paris (Missenard et al. 2017, Brigaud et al. 2018), et l'orogène andin avec la dynamique de son plan de subduction (e.g. Savignano et al. 2016). Enfin, un travail a été initié pour quantifier les processus d'érosion des roches en relation entre la géodynamique mantellique et les changements climatique, dans un contexte d'île intraplaque océanique où les contraintes tectoniques sont faibles (Iles Kerguelen).

### **Evolution des bassins sédimentaires vue par son architecture, sa structure thermique, son histoire diagenétique et tectonique.**

Les altérations diagénétiques affectent les roches sédimentaires souvent de manière très hétérogène et sont difficilement prévisibles. L'intégration des processus diagénétiques observés à petite échelle dans une architecture stratigraphique à l'échelle bassin est un enjeu important dans la prédiction des qualités réservoirs. Un effort important a été réalisé au cours du dernier quinquennal afin de caractériser la géométrie et les altérations diagénétiques des roches sédimentaires en reliant faciès sédimentaire, architecture stratigraphique avec les processus diagénétiques et leur qualité réservoir. Cette relation, effectuée en collaboration avec le BRGM et ENGIE, sur (1) les roches carbonatées des Bassin de Paris et Aquitain (e.g. Andrieu et al. 2017) ainsi que sur (2) les roches détritiques du Bassin Petrel (Australie) ont permis de définir des modèles conceptuels permettant la prédiction des propriétés réservoirs des roches en fonction d'une position dans les cycles de dépôt ou en fonction de la précocité de la diagenèse sous les discontinuités (Andrieu et al. 2018). Dans les carbonates du bassin Aquitain, les faciès de bordure de plate-forme sont très poreux, peu colmatés par la calcite de blocage lors de l'enfouissement, et forme d'excellent réservoir (Andrieu et al. 2017). Dans les grès, la terminaison des cortèges transgressifs en environnements marins peu profonds (domaine estuarien) est propice au développement de barres tidales sableuses formant des réservoirs de bonne qualité. Ces environnements estuariens ont favorisé la mise en place de minéraux argileux au moment du dépôt des sables

puis ont été transformés en chlorite au cours de l'enfouissement, empêchant les surcroissances de quartz d'obturer la porosité (Saiag et al. 2016). Dans les carbonates de l'Est du Bassin de Paris, en collaboration avec l'Andra, cette intégration a permis d'extrapoler dans un modèle 3D des processus diagénétiques (ciments en ménisque observés sous des discontinuités), contrôlant la position de lentilles poreuses dont les porosités/perméabilités ont été caractérisées depuis la carotte jusqu'au réservoir (Brigaud et al. 2014a). Dans cette même zone, le programme TAPSS 2000 « Transferts Actuels et Passés dans un Système Sédimentaire aquifère-aquitard: un forage de 2000 m dans le Mésozoïque du Bassin de Paris » a permis d'étudier dans le temps et dans l'espace les différents réservoirs (Pagel 2014, Brigaud et al. 2014b, Carpentier et al. 2014). Parmi ces travaux, l'utilisation de marqueurs thermiques variés montre que les températures dans le forage ont été 25°C plus importantes qu'actuellement et traduisent un épisode d'érosion significatif sur la bordure orientale du bassin (Blaise et al. 2014). Le couplage des méthodes thermochronologiques basses températures a été utilisé pour déterminer l'histoire thermique de bassins d'avant pays (Schwartz et al. 2012, Gautheron et al. 2013).

### Ressources: du modèle métallogénique à la valorisation

Depuis le démarrage du dernier contrat quinquennal le 1<sup>er</sup> janvier 2015, l'équipe a décidé d'orienter une partie de ses recherches vers la compréhension des minéralisations *stratabound*, hydrothermales et supergènes (F, Fe, Mn, Pb, Zn, U et V) et leur valorisation. Les réserves françaises de fluorine localisée à l'interface socle/couverture sédimentaire ont été examinées de près pour en caractériser leur origine de mise en place, jusque-là considérée comme syn-sédimentaire, par une approche couplée pétrographique, géochimique, et datation Sm/Nd dans le cadre d'un projet doctoral en collaboration avec le BRGM (e.g., Gigoux et al. 2015, 2016). L'âge isochrone à 130±15 Ma a permis d'établir un rapprochement avec les grands événements géodynamiques de cette période avec l'ouverture du Golfe de Gascogne et la zone de rifting qui était positionnée à la place des Pyrénées qui a pu mobiliser des fluides météoriques. Une approche similaire a été appliquée sur les gisements de Mn et Pb-Zn de type *stratabound* localisés dans les carbonates du Jurassique et Crétacé dans le Haut-Atlas marocain afin de déterminer un modèle métallogénique en relation avec l'évolution géodynamique de la chaîne Atlasique (Leprêtre et al. 2015, Deconinck et al. 2015). Une étude similaire sur les carbonates de Mn du Gabon, a été menée afin d'évaluer la faisabilité minière (Dubois et al. 2017). De plus, des études sur l'état d'oxydation et les propriétés physico-chimique-mécaniques ont été menées afin de caractériser la transformation des minéraux porteurs de fer des formations rubanées (Brésil, Iran ; Orberger et al. 2017).

### Développement d'outils de datation

Afin de caractériser l'évolution des phénomènes physico-chimique et thermique des bassins, des phases d'érosion et d'altération des orogènes, de formation des marges continentales et océaniques, un effort particulier a été effectué afin d'améliorer et d'utiliser de nouvelles méthodes de datation appliquées à l'apatite, aux oxydes de fer, et à la calcite. Dans le cadre des projets ANR HeDiff et du Domaine d'Intérêt Majeur (DIM) Oxymore (île de France), la compréhension et la quantification des mécanismes de diffusion de l'hélium, dans l'apatite, le zircon et l'hématite ont été étudiées par des approches pluridisciplinaires (utilisation des outils de la physique des matériaux, calcul quantique) et des calibrations à différentes échelles de temps et d'espace. Deux doctorants et trois post-doctorants ont travaillé sur ces projets, ce qui a permis d'apporter de nouvelles méthodes pour quantifier la diffusion de l'He dans les réseaux cristallins et de proposer de nouveaux modèles de diffusion de l'He (e.g., Djimbi et al. 2015, Gerin et al. 2017, Balout et al. 2017, Recanati et al. 2017). Le laboratoire de thermochronologie basse température, fait partie du réseau ThermoNET, a de plus participé à la formation de 14 doctorants et 5 master 2 au niveau national et international en plus des doctorants formés au sein de notre équipe RBR. En collaboration avec l'Andra et dans le cadre programme interdisciplinaire du CNRS PACEN (Programme sur l'Aval du Cycle et la production d'Énergie Nucléaire), deux méthodes de datation absolue sur calcites de faille ont été développées au sein du laboratoire GEOPS : (1) (U-Th)/He (Cros et al. 2014) et (2) U/Pb (Pagel et al. 2018). Pour la datation (U-Th)/He des calcites de la faille de Gondrecourt, la diffusion de l'He est interprétée comme une conséquence de la production de défauts dus aux phases successives de cristallisation de la calcite associées à l'histoire des déformations. Une collaboration internationale, avec la venue d'un professeur invité (David Schneider, Université d'Ottawa), a permis de coupler la datation U/Pb avec les températures 47 des calcites de veines et de brèches afin de reconstruire l'histoire diagénétique et paléohydrologique de l'Est du Bassin de Paris (Pagel et al. 2018).

### 3.1.6 Axe transversal Milieux Arctiques

#### Contexte de l'étude

Les simulations climatiques indiquent qu'à la fin du 21<sup>ème</sup> siècle, les régions à pergélisol de l'hémisphère Nord sont susceptibles de diminuer de 20 à 35% en surface, principalement en raison de la fonte du pergélisol. La dégradation du pergélisol entraîne de multiples effets sur les environnements péri-arctiques, en impactant les systèmes hydrologiques, la stabilité du sol, la qualité de l'air et de l'eau.

L'axe rassemble les compétences en hydrologie, géomorphologie, géochimie et géophysique des équipes « Géomorphologie Planétaire » et « IDRreau ». Les problématiques scientifiques abordées dans l'axe arctiques sont centrées autour de la compréhension des interactions entre pergélisol et hydrologie dans deux régions de l'Arctique sous pergélisol continu (Sibérie et Spitsberg). Nous concentrons nos études sur des objets « hydrologiques » comme des cours d'eau, des lacs, taliks ou des glaciers qui interagissent avec le pergélisol sous-jacent en contexte de changement climatique récent. Pour aborder ces thématiques, des approches pluridisciplinaires ont été développées dans l'axe en couplant études sur le terrain (mesures thermiques, hydrologiques, hydrogéologiques, géochimiques, géomorphologiques, climatiques), expérimentations en chambre froide, analyses hydrochimiques et isotopiques en laboratoire et modélisations numériques.

Les recherches de l'axe sont soutenues par l'IPEV, des ANR, le GDR-CNRS Mutations Polaires et le Labex L-IPSL, le département SPU de l'UPSaclay, la fédération IPSL via le LSCE, ainsi que l'OSUPS.

#### Etude à haute résolution spatiale et temporelle de la dégradation du pergélisol riche en glace de Sibérie centrale

La Yakoutie Centrale en Sibérie centrale possède un pergélisol riche en glace (40 à 80% de glace en volume) qui est particulièrement réactifs aux variations climatiques. A l'heure actuelle, en contexte d'augmentation des températures de l'air, le dégel du pergélisol a récemment augmenté. Toutefois, le contrôle de ce dégel par le climat et/ou les activités anthropiques est mal contraint. Nous avons étudié à haute résolution temporelle et spatiale le dégel du pergélisol près de Iakoutsk à partir de l'analyse couplée de plusieurs indicateurs du dégel du pergélisol (lacs thermokarstique, talik, glissement de terrain). Sur les pentes des lacs, la fonte du pergélisol peut entraîner la formation de glissements de terrains formant des cuvettes de 10-60 m de diamètre. Nos études précédentes montrent que la fonte de la glace en été a provoqué des coulées de boue et un recul de l'escarpement de la cuvette parallèle à lui-même. En collaborations avec A. Fedorov du Permafrost Institut (RAS Yakutsk), nos études de terrain et la photo-interprétation d'images satellites ont permis de quantifier un développement 5-10 m/an de 2011 à 2013 (Séjourné et al., 2015). Afin de mieux contraindre leur développement saisonnier et le climat depuis 1950, nous avons utilisé la dendrochronologie. L'évolution des cernes d'arbres perturbés par le développement du glissement de terrain permet de reconstruire l'évolution du glissement.

#### Modélisation expérimentale et numérique de l'évolution des îles dans la vallée de débâcle de la Léna (Sibérie centrale) en milieu périglaciaire

De nombreuses plaines d'inondation terrestres en contexte périglaciaire présentent des îles dont l'évolution morphologique dépend des épisodes successifs d'érosion thermo-mécanique affectant les berges des fleuves et des îles lors des débâcles de printemps (Costard et al., 2014; Gautier et al., 2017). Le nombre des facteurs influençant la morphologie finale de l'île étant important, l'analyse du système est complexe. L'approche proposée ici est d'étudier la façon dont certains paramètres (Température du pergélisol, Température de l'eau, nombre de Reynolds,...) influencent précisément l'évolution du système. Nous avons utilisé pour cela une approche couplant modélisation numérique et expérimentation de l'érosion thermo-mécanique d'une vingtaine de blocs de pergélisol dans un chenal hydraulique en chambre froide couplée à l'utilisation d'un scanner laser pour la numérisation. Les résultats numériques et expérimentaux démontrent que l'érosion frontale est toujours supérieure à l'érosion latérale, avec un rapport d'érosion qui diminue lorsque la température de l'eau augmente entre 5°C et 15°C. Les expériences ont par ailleurs permis de valider un modèle d'érosion thermique en 2D cylindrique développé à partir du modèle 1D précédent et de proposer une loi empirique de transfert thermique entre un écoulement d'eau turbulent et un cylindre incluant changement de phase et érosion (Dupeyrat et al., 2018).

### **Modélisation de l'évolution d'un talik sous un fleuve en présence d'un pergélisol**

Dans les milieux arctiques, la présence de lacs et de cours d'eau engendre généralement une dégradation thermique du pergélisol et la formation d'un talik (sous-sol dégélé). Ce dernier joue un rôle important dans la dynamique hydrologique, hydrogéologique et thermique du système. Ce programme de recherche fait appel aux diverses compétences de physiciens, géologues et géomorphologues dans le cadre d'une étroite coopération scientifique entre GEOPS, le LSCE (Ch. Grenier). Une étude des interfaces à travers le suivi d'un front de dégel sous le lit d'un écoulement en milieu froid et de celui entre le talik et le pergélisol a été proposée avec 3 approches : (1) des études de terrain faisant suite à des campagnes vers Yakoutsk via une collaboration avec le Permafrost Institute à Yakoutsk, (2) Une approche numérique utilisant un code aux éléments finis avec couplage thermo-hydraulique en 3D (Roux et al, 2016), (3) une simulation analogique avec un chenal hydraulique en chambre froide reproduisant les conditions de formations d'un talik en milieu périglaciaire et (4) une étude isotopique ( $^{18}\text{O}$  et  $^2\text{H}$ ) pour aider à comprendre et quantifier les flux entre masses d'eau (rivières, lacs), la neige et le pergélisol.

### **Impact du changement climatique sur l'hydrologie d'un bassin versant glaciaire au Spitzberg occidental (Bassin versant du glacier Austre Lovénbreen)**

Le projet GRAAL (soutenu par l'ANR Cryosensors [2011-2014], par l'IPEV sur la période 2013-2017 (projet 1111 et l'OSUPS) a eu pour objectif principal d'étudier le bilan hydrologique du bassin versant du glacier Austre Lovénbreen (Svalbard,  $79^\circ\text{N}$ ) et sa réponse hydrologique (flux d'eau et de solutés) au changement climatique. Parmi les bassins versants englacés à front terrestre (accessible à partir de la base AWIPEV de Ny-Alesund pour des investigations quotidiennes de terrain), le bassin du glacier Austre Lovénbreen a été choisi pour la configuration de ses exutoires car bien définis, faciles à équiper, invariants dans le temps et totalisateurs pour tous les écoulements provenant du glacier Autre Lovénbreen et plus largement de son bassin versant. Le bassin présente un pergélisol de plusieurs dizaines de mètres d'épaisseurs et dont le toit, à faible profondeur (de l'ordre de 2 à 2,5 m) a pu être instrumenté. Ce programme a été mené en collaboration avec l'UMR Théma (CNRS, Université de Franche Comté), l'UMR FEMTO-ST (CNRS, Université de Franche Comté), et le laboratoire KOPRI (Corée du Sud).

Le projet GRAAL s'est articulé autour de questions nécessitant une approche multidisciplinaire : hydrologie/hydrogéologie, hydrogéochimie (mesures *in situ* et en laboratoire, éléments majeurs et traces comme le strontium), géochimie isotopique, géophysique, glaciologie et géographie physique (géomatique). Parmi les enjeux du projet, il s'agissait de quantifier les différents termes du bilan en eau du bassin et leur suivi dans le temps en fonction de données climatiques. .

Le volume du glacier a pu être obtenu par une approche géophysique (GPR) couplée à des relevés par GPS différentiel (Saintenoy et al., 2013 ; Bernard et al., 2014). Ces travaux ont pu également montrer la présence de glace tempérée (à température de fusion), source d'eau potentielle, localement sous le glacier. Plus généralement, la géométrie du glacier et ses variations temporelles (longueur, surface, volume) a été obtenue annuellement depuis 2008 et a fait l'objet d'un suivi temporel depuis 1948 grâce à des archives photographiques, des cartes et des bilans glaciaires obtenus sur un glacier voisin. Les résultats ont permis la quantification de la perte en glace, en surface ( $-0.027 \pm 0.002 \text{ km}^2 \text{ a}^{-1}$  et en volume ( $-0.441 \pm 0.062 \text{ m w.e. a}^{-1}$  par DGPS équivalent à  $-0.451 \pm 0.007 \text{ m w.e. a}^{-1}$  par bilan de masse) du glacier en fonction du temps (Marlin et al., 2017). Une élévation de l'isotherme  $0^\circ\text{C}$  de 250 m a eu être obtenue entre 1948 et 2013. En 2014, la thèse de M. Quenet (2014) a montré l'importance de la quantification de la neige dans le bilan en eau du bassin. Bernard et al. (2017a et 2017 b) ont utilisé des données photogrammétriques acquises par un drone pour spatialiser la quantification des volumes de neige.

En matière de bilan hydrologique, les données acquises depuis 2009 montrent un flux croissant d'eaux douces s'écoulant à l'exutoire du bassin versant. Ce flux croissant est attribuable au réchauffement climatique ( $+0.05^\circ\text{C}$  par an) qui impact la fonte mais aussi pour une faible part à l'augmentation des hauteurs de précipitations (surtout la pluie) et la fonte du pergélisol (quantifié à quelques mm par an). Cette tendance doit être confirmée ou infirmée avec plus de données.

Ce projet actuellement, soutenu par l'IPEV, est poursuivi au sein de l'infrastructure de recherche nationale OZCAR (depuis 2017) dans lequel le bassin versant du glacier Austre Lovénbreen est le seul observatoire en Arctique du réseau Cryo-obsclim.

### 3.1.7 Axe transversal Téphrochronologie

Les recherches de l'axe transversal Téphrochronologie s'intéressent à l'analyse et à l'application des études des produits pyroclastiques et des cendres volcaniques déposés dans les séries d'âge Quaternaires et plus ancien. Les thématiques de recherche de ce thème transversal rassemblent les équipes « Paléoclimats et Dynamique Sédimentaire », « Géochronologie, Dynamique des systèmes volcaniques » et « Relief, Bassin et Ressources » et proposent une orientation essentiellement interdisciplinaire, combinant l'expertise de la volcanologie, de la géochimie, de la géochronologie (méthodes de datations  $^{14}\text{C}$ , K-Ar,  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ ), et de la stratigraphie. De plus, l'identification des niveaux de cendres volcaniques dans les zones distales continentales et/ou marines est aussi un outil puissant de corrélation stratigraphique et chronologique des événements climatiques permettant, par exemple, d'établir des chronologies précises entre les enregistrements marins, continentaux et cryosphériques du climat.

Ces thématiques de recherche s'inscrivent dans le cadre de collaborations à l'échelle internationale au sein du programme SHAPE (Southern Hemisphere Assessment of PalaeoEnvironments) et ont bénéficié de financements obtenus dans le cadre de l'Action INSU 2016, section océan-atmosphère, programme INSU LEFE « SEPORA » et du Projet Franco-Suedois (2013-2015) « Deciphering the role of the Southern Ocean in the global climate system ».

#### **Téphrochronologie marine du secteur sud-est Pacifique et activité volcanique de la SVZ.**

L'identification et la présence de niveaux de cendres dans l'environnement océanique permet i) une meilleure connaissance de la stratigraphie des dépôts pyroclastiques terrestres, ii) d'évaluer la nature explosive des différentes provinces volcaniques, et iii) de mieux connaître les zones affectées par les dépôts pyroclastiques dans le passé, ce qui est nécessaire dans le cadre d'une meilleure évaluation du risque volcanique. Nos activités de recherche se sont articulées principalement sur le repérage, l'origine et la datation des tephra marins à partir de l'étude de carottes sédimentaires marines et lacustres localisées essentiellement dans l'Hémisphère Sud (marge sud-est Pacifique) et Southern Volcanic Zone (SVZ). Ce chantier a été choisi en raison du rôle clé jouée par l'Océan Austral dans le "moteur climatique" mondial. Nous avons pu construire un modèle chronologique précis des carottes marines par une approche téphrochronologique et par des datations SMA  $^{14}\text{C}$  sur foraminifères planctoniques associés aux niveaux de cendres volcaniques permettant de prendre en compte les changements des âges  $^{14}\text{C}$  du réservoir océanique de surface et d'intégrer les enregistrements continentaux et marins dans un canevas temporel commun (Siani et al., 2013). D'autre part, ces études ont permis de reconstruire et préciser l'activité explosive des volcans patagoniens de la SVZ (Southern Volcanic Zone) à 46°S au cours de la dernière déglaciation qui demeure toujours mal contrainte (Van Daele et al., 2016 ; Wills et al., 2017). Cette thématique de recherche a bénéficié d'un financement obtenu dans le cadre de l'Action INSU 2016, section océan-atmosphère, Programme INSU LEFE SEPORA (2016-2018) et d'un projet d'action intégrée avec le Chili (Ecosud-Conycit).

#### **Développement analytique LA ICPMS HR sur mono esquille de verres volcaniques**

Les analyses des éléments en trace sur «mono-échantillons» de verre volcaniques par LA-ICPMS-HR (Thermo Element XR) dans notre laboratoire a constitué une des originalités de nos études téphrochronologiques. Cette analyse par éléments en trace est un outil plus robuste que les éléments majeurs car plus sensibles aux variations de sources, du fait de leur plus faible abondance dans les produits volcaniques. L'utilisation du LA-ICPMS-HR a permis de quantifier précisément les éléments en traces en faibles quantités, et assurer donc une meilleure discrimination des centres volcaniques émetteurs dans cette région. Par ailleurs, le système laser a permis d'analyser des zones de très petite dimension (10  $\mu\text{m}$ ), soit d'analyser des esquilles très petites en fonction de la qualité/quantité de matériel disponible par niveau. Cela a permis enfin de bien discriminer l'origine de tephra marins des séries sédimentaires au large de la marge sud-chilienne (41°S) et des lacs de la région du Parc National Nahuel Huapi (41°S) et de les attribuer à l'activité du volcan Michimahuida et du Cordon Caulle.

## Datation directe des téphras par K-Ar

La datation des téphras pourra s'effectuer en  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ , lorsque l'installation GRACE le permettant sera opérationnelle (début 2019), ou peut être faite par K-Ar, en suivant un protocole analytique spécifique.

Les analyses K-Ar et géochimiques d'une vingtaine d'édifices volcaniques en Équateur ont été effectuées dans le cadre de la thèse de Mathilde Bablon. En particulier, nous avons daté les ignimbrites de Chalupas et de Pifo à ca. 215 et 520 ka, respectivement, qui constituent des marqueurs stratigraphiques majeurs en Equateur. Ces deux éruptions ultra-pliniennes ont émis des volumes de cendres supérieurs à 100 km<sup>3</sup>. En l'absence de contenu en minéraux suffisant, nous avons réussi à obtenir des âges K-Ar sur la fraction de verre volcanique séparés par densité, afin d'éliminer les fractions vésiculées dont la contamination atmosphérique est trop importante. La qualité du matériel obtenu est attestée par la morphoscopie MEB, et la validité des âges par le control stratigraphique des dépôts.

Cette approche ouvre des perspectives importantes en téphrochronologie, notamment pour la datation des téphras distaux pour lesquels le contenu en minéraux présents ne se prête pas à la datation  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ .

Ces thématiques de recherche s'inscrivent dans le cadre de collaborations à l'échelle internationale au sein du programme SHAPE (Southern Hemisphere Assessment of PalaeoEnvironments), le projet d'Action Intégrée France/Chili ECOS « Impact des changements de circulation et de la fonte des calottes patagoniennes sur la régulation du CO<sub>2</sub> atmosphérique par l'Océan Austral », et le Projet internationale Franco-Suédois (2013-2015) : Deciphering the role of the Southern Ocean in the global climate System. Cette axe est également impliquée dans le projet de l'INSU (2016-2018) LEFE-SEPORA: (South-Est Pacific Ocean Reservoir Age) Estimation des âges <sup>14</sup>C du réservoir océanique dans le sud-est Pacifique depuis la dernier maximum glaciaire.

La datation des téphras en Equateur s'inscrit dans le cadre du programme INSU CNRS "TelluS Aléas" et du programme "Séismes et Volcans dans les Andes du Nord" du Laboratoire Mixte International (LMI) de l'IRD.

### 3.2 Données chiffrées

On se reportera au fichier Excel.

### 3.3 Sélection des produits et des activités de recherche

On se reportera à l'annexe 4.

### 3.4 Faits marquants

#### 3.4.1 Faits marquants au niveau de l'unité

Trois faits ont grandement influencé dans un sens positif le développement scientifique du laboratoire, à savoir : l'intégration à la fédération IPSL, la mise en place de la plateforme de géochimie analytique PANOPLY, et la mise en place d'une cellule de communication structurée et active.

#### Intégration à la fédération de recherche IPSL

A la mi-2013, l'UMR a candidaté pour rejoindre la fédération IPSL. De nombreuses collaborations scientifiques existaient en effet déjà entre GEOPS et les laboratoires de l'IPSL (LSCE, LOCEAN, LATMOS, METIS), notamment sur :

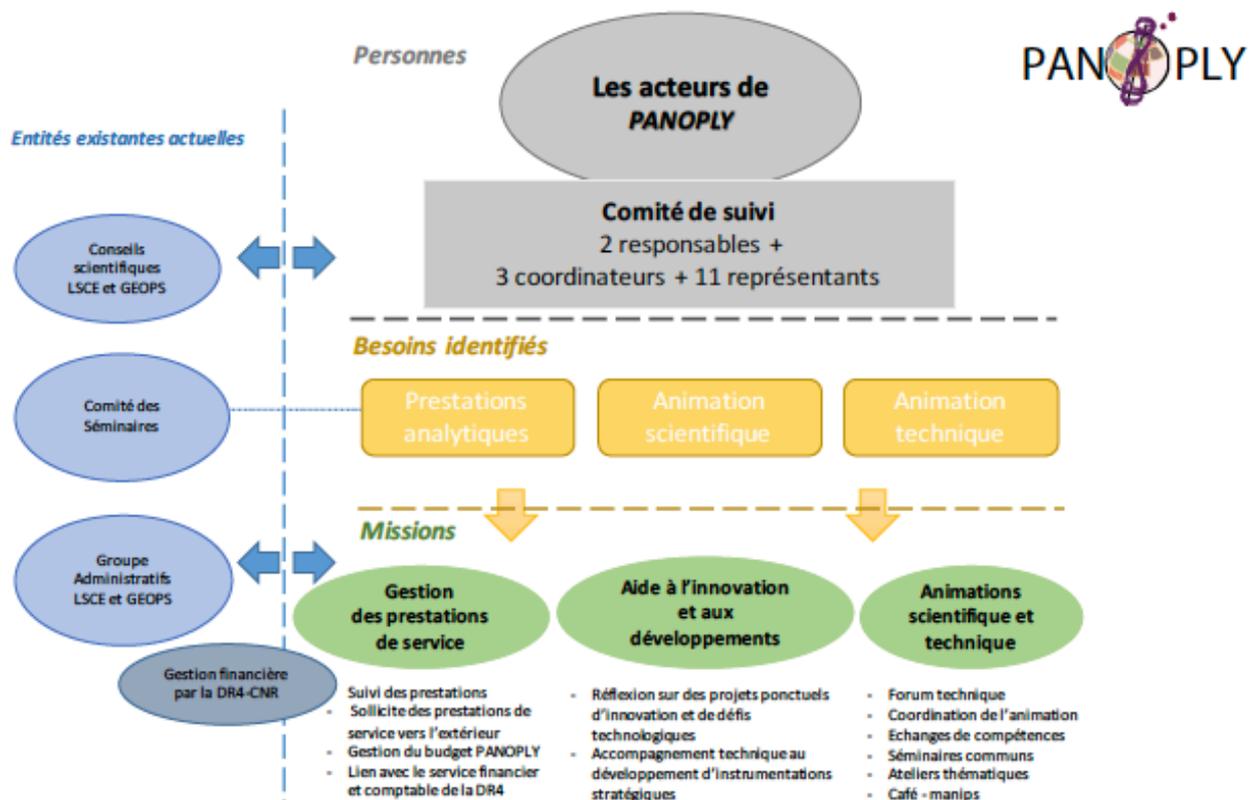
- la restitution de la variabilité des changements climatiques passés (paléoclimatologie), en particulier de l'hydrologie des océans (Atlantique Nord et Pacifique), en vue d'améliorer les comparaisons modèles-données et d'estimer et anticiper le forçage anthropique sur les changements climatiques en cours,
- l'impact des changements climatiques sur les surfaces terrestres (érosion), la dynamique des systèmes sédimentaires et les écosystèmes,
- l'implication sur les traceurs paléo-environnementaux de la physicochimie des biominéraux et le développement de nouveaux traceurs permettant de restituer la dynamique des climats et l'hydrologie continentale,

- l'étude des conditions bio-physico-chimiques de la mobilisation des métaux dans les rivières (matières en suspension versus phase dissoute issues du ruissellement urbain) en vue de mieux comprendre et quantifier le devenir dans l'environnement de ces contaminants à fort potentiel de toxicité,
- la datation multi-méthode des eaux souterraines,
- les modélisations analogiques et numériques du pergélisol et des systèmes hydro(géo)logiques et l'étude de l'impact du réchauffement anthropique sur les régions vulnérables que constituent les milieux périglaciaires (Sibérie).
- le sondage radar des subsurfaces planétaires, notamment martiennes, par l'emport d'instruments de type GPR sur des atterrisseurs ou rovers de missions spatiales.
- la modélisation couplée océans de magma- atmosphères denses sur les planètes telluriques primitives.

GEOPS est entré dans l'IPSL le 1<sup>er</sup> janvier 2015. L'intégration à l'IPSL a déjà porté ses fruits dans le domaine de la paléoclimatologie, où les liens entre GEOPS et le LSCE se sont resserrés dans le cadre d'un pôle « paléoclimats » reconnu et visible. La dynamique engagée autour de l'étude des milieux polaires par la création d'un axe transversal a également bénéficié de l'intégration à l'IPSL, les liens avec les équipes du LSCE s'étant resserrés, et un groupe de travail dédié étant actuellement à l'œuvre au niveau du département SPU de l'UPSaclay. Nous avons proposé la création d'un axe sur le cycle de l'eau, pour notamment renforcer les liens avec l'UMR METIS, et le LSCE, sur l'étude de son compartiment "eau souterraine", mais cette action n'a pour l'instant pas pris forme, malgré qu'elle soit régulièrement évoquée.

### Plateforme PANOPLY

La plateforme de géochimie analytique PANOPLY (cf section 2.1.4 ci-dessus) rassemble une quarantaine de techniciens, ingénieurs et chercheurs travaillant en géochimie élémentaire, géochimie isotopique, géochronologie, sédimentologie, (paléo)magnétisme environnemental et minéralogie. Elle inclut 50 instruments distribués entre les équipes de GEOPS (22) et du LSCE (28), implique 10 équipes de recherche de GEOPS (4) et du LSCE (6), et bénéficie au total à 135 permanents et non-permanents. Le travail mené pour mettre en place cet outil majeur du développement de notre parc instrumental dans le périmètre de Paris-Saclay a été de longue haleine, et a contribué à renforcer les liens entre les deux laboratoires. C'est une réalisation majeure, en grande partie menée sous l'impulsion de GEOPS en partenariat avec le LSCE, qui a permis de donner une forte visibilité aux niveaux Paris-Saclay et Ile-de-France



Dans un contexte budgétaire difficile, PANOPLY a pour rôle de faciliter l'utilisation de notre parc instrumental pour réaliser des prestations de services et dégager ainsi des recettes afin d'en améliorer le fonctionnement et la jouvence. Au-delà de ces prestations analytiques, une animation scientifique et technique est développée au sein de PANOPLY pour partager et renforcer les expertises techniques et expérimentales en favorisant les échanges entre les acteurs LSCE et GEOPS de la plateforme. Ces animations sont assurées grâce à des ateliers autour de thématiques à fortes connotations techniques, aux échanges et actions au sein du Forum Technique, et par un accompagnement technique à l'innovation et aux développements de défis technologiques.

### **Montage d'une cellule de communication**

L'une des actions marquantes et décisive du présent quinquennal, œuvrant dans le sens d'un décloisonnement du laboratoire en interne via une meilleure circulation de l'information scientifique, mais également vis-à-vis de l'extérieur, est le montage d'une cellule dédiée à la communication sous l'impulsion de deux jeunes enseignants-chercheurs. Le site web a été refondu, et rendu vivant par la publication régulière en ligne d'actualités, environ une trentaine par an depuis 2014. Depuis 2 ans, le site est consulté en moyenne 4000 fois par mois, jusqu'à 8000 fois certains mois. GEOPS est également présent sur les réseaux sociaux : Facebook ( $\approx 1000$  suiveurs), Twitter ( $\approx 200$  abonnés, dont CNRS, INSU, UPSud, etc...). GEOPS a aussi investi les médias de la recherche : le Journal du CNRS ( $\approx 1$  article par an), les site web de l'INSU et de l'UPSud avec une montée en puissance régulière de  $\approx 1$  news en 2013-2014 à 5-8 news en 2017. GEOPS est présent sur France Inter et France Culture, avec 6 heures de direct en 2017, ainsi qu'à la télévision avec plusieurs passages TV par an ces dernières années. Une dizaine de livres à destination du grand public et des étudiants ont été publiés depuis 2014, plusieurs expositions et conférence itinérantes ont été organisées (impact, minéraux, volcanisme, ...), et les enseignants-chercheurs du laboratoire sont fortement impliqués dans la Fête de la Science et différents projets de communication sous la houlette de BNP Paribas (projet FATES) ou de la Diagonale Paris-Saclay. Suite aux recommandations du précédent comité AERES, depuis 2015, une journée scientifique annuelle est organisée en juillet rassemblant tous les personnels de GEOPS. En 2017, cette journée estivale de GEOPS a été délocalisée à l'Uranoscope d'Ile-de-France à Gretz Armainvilliers. Suite au succès de cette journée délocalisée, la 4ème journée scientifique GEOPS de juin 2018 a été de nouveau délocalisée, cette fois au Museum d'Histoire Naturelle à Paris. Ces actions de communication vers l'extérieur, en parallèle avec le décloisonnement scientifique opéré en interne, joueront dans les années qui viennent un rôle essentiel dans le développement scientifique du laboratoire.

### **3.4.2 Faits marquants au niveau des équipes et des thèmes transversaux**

#### **Interaction et Dynamique dans les Réservoirs d'Eau Continentaux**

1/ Suite aux travaux de thèse de Marie Arnoux en cotutelle France-Canada (obtention d'une « Bourse Spéciale de la Présidence de l'Université Paris-Sud pour coopération internationale »), nous avons montré que les isotopes stables de l'eau et le radon-222 mettent clairement en évidence la dynamique interne des lacs lorsqu'on utilise des modèles multicouches couplant ces 2 traceurs. Cette approche est novatrice pour toutes les études utilisant les équilibres lacustres. Par la définition de l'indice G (=surface/profondeur moyenne) et par le suivi de la composition isotopique de l'eau des lacs, nous avons également montré que ces indicateurs sont précieux et démontrent la sensibilité des lacs face aux changements dans la recharge des eaux souterraines, aussi bien en qualité qu'en quantité. Ces travaux de recherche ainsi que le parcours universitaire de Marie Arnoux ont fait qu'elle a obtenu la médaille d'Honneur de l'UQAM.

2/ Les travaux de l'équipe sur la dynamique du nickel dans les milieux ultrabasiques impactés ont conduit à l'obtention d'un projet européen IRSES NIDYFICS (n°318123) Nickel Dynamics in impacted ultramaFIC Soils (2013-2017), ont été valorisés par 8 publications et l'organisation d'un workshop international « Environmental impacts of mining and smelting », en janvier 2015. Ce workshop a été valorisé par le numéro spécial d'Applied Geochemistry 64 en 2016.

3/ Nous avons mis en évidence les changements de géométrie sur la période 1948 à 2013 d'un glacier polaire (Austre Lovénébreen) sur la côte occidentale du Spitsberg, représentatif des glaciers de vallées de cette partie de l'Arctique (Marlin et al., 2017). Les différents documents et méthodes utilisés convergent vers les mêmes résultats moyens annuels (recul de -16,7 m, la perte en surface et en volume de  $-0,027 \text{ km}^2$  et  $-0,45 \text{ m}$

respectivement). Une accélération du taux de perte en glace a été mise en évidence à partir du milieu des années 1990. Et puis, nous avons pu quantifier la dynamique de changement de position de l'isotherme 0°C sur le glacier (élévation de 250 m en 65 ans).

4/ Nous avons lancé les premières investigations hydrogéologiques et géochimiques sur l'aquifère sous-jacent à la ville de Nouakchott, une métropole de près 1 millions d'habitants où 60% de la surface est inférieure à 1 m d'altitude. Cette étude est la première de ce type. Dans l'article Mohamed et al. (2017), nous avons mis en évidence une intrusion d'eaux marines significative, avec des solutions localement plus minéralisées que l'eau de l'océan atlantique. Les données montrent qu'un adoucissement des eaux se produit localement suite à la fuite des réseaux d'adduction en eau potable, notamment depuis la construction d'une canalisation venant du fleuve Sénégal. La conséquence est l'augmentation des cotes piézométriques (+1 à +2 m en 40 ans), une inondation de certains quartiers et à l'abandon même d'une partie d'entre eux.

### Géomorphologie Planétaire

1/ Nous avons mis en évidence que le dôme volcanique de Tharsis, à l'origine du basculement de la planète Mars, s'est formé en même temps que les réseaux de vallées fluviales entre 3 et 3.5 Ga. Ainsi, rivières et volcans actifs ont coexisté sur une longue période jusqu'à -3.5 milliards d'années dans une atmosphère froide mais plus dense que celle d'aujourd'hui. Ces travaux bouleversent notre représentation de la surface de Mars telle qu'elle a dû être il y a 4 milliards d'années, et modifie aussi profondément la chronologie des événements (Bouley et al., Nature, 2016).

2/ Grâce aux images à haute résolution spatiale, les scientifiques de la NASA ont pu mettre en évidence des écoulements actifs saisonnièrement, appelé Recurring Slope Lineae (RSL), initialement associés à la présence d'eau liquide. Notre équipe a rejeté cette hypothèse par la mise en évidence d'un processus entièrement à sec, basé sur l'effet thermophorétique qui provoque une déstabilisation du matériau granulaire dû à un écoulement de gaz dans les pores du régolite. Une modélisation numérique du principe a été proposée et les résultats sont en accord avec la saisonnalité des activités des RSLs (Schmidt et al., Nature Geoscience, 2017)

3/ Nous avons découvert des mega-tsunamis sur Mars produits par des impacts de météorites dans un océan grâce à une cartographie des dépôts lobés s'étendant à la limite de supposés paléo-rivages d'un ancien océan dans l'Hémisphère Nord de Mars. Avec le modèle numérique développé par K. Kelfoun (VolcFlow, Lab. Magmas et Volcans, Université Clermont, Auvergne), il a été possible de reconstituer précisément les propagations des vagues de tsunami à partir de trois cratères d'impact identifiés comme s'étant formés dans cet océan (Costard et al. JGR, 2017).

### Paléoclimats et Dynamique Sédimentaire

1/ Nous avons mis en évidence que le dégazage de CO<sub>2</sub> au niveau de l'Océan Austral via une diminution d'efficacité des pompes physique par la reprise des upwelling austraux (Siani et al., 2013, *Nature communication*) et biologique par la diminution de la pompe des tissus-mous et augmentation de la contre pompe des carbonates (Duchamp-Alphonse et al., 2018, *Nature Communication*) contribuait de manière significative, à l'augmentation de la pCO<sub>2</sub> atmosphérique au cours de la dernière déglaciation.

2/ Nous avons mis en évidence une évolution saisonnière de la composition isotopique en Nd (eNd) des masses d'eaux de surface et profonde de l'ensemble du Golfe du Bengale (GEOTRACE) induit par de forts contrastes saisonniers de la décharge des fleuves du Gange et Brahmapoutre (mousson indienne) permettant ainsi de réviser les processus de transfert du Nd lithogénique au Nord de l'Océan Indien et impliquant des processus dit « d'échange à la marge » négligeable (Yu, Colin et al., 2017, *EPSL*).

3/ Mise en place d'une nouvelle thématique de recherche centrée autour de l'étude du dépôt des poussières minérales actuelles et passées (archives climatiques) dans le but de contraindre la circulation atmosphérique passée (Collins [...] Skonieczny et al., 2017 - *Nature communications*) et l'impact de ces aérosols sur les paléoclimats (bilan radiatif terrestre passé, fertilisation d'écosystèmes...).

### Géochronologie et Dynamique des Systèmes Volcaniques

1/ Bardintzeff J.M., Chevalier de la Légion d'Honneur au titre du Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie (décret du 29/3/2013 de M. le Président de la République), médaille remise 29/11/2013 par Madame Sylvie Retailleau, Doyenne de la Faculté des Sciences d'Orsay.

2/ Mise au point du système de datation KArMars dont les performances uniques au monde ont démontrées la faisabilité de la datation K-Ar in-situ des roches basiques de la surface de Mars (Thèse CNES-UPSud F. Cattani).

3/ Identification du synchronisme entre la mise en place de la province magmatique de Viluy (Sibérie) et les grandes extinctions des espèces de la fin du Dévonien (Ricci et al., 2013).

4/ Le « point chaud » des Açores est en fait un point « humide ». Evidence d'après des analyses d'inclusions fluides et magmatique piégées dans des produits volcaniques récents de Pico (Hildenbrand et al., 2014 ; Métrich et al., 2014).

5/ Découverte d'effondrements de flanc catastrophiques sur l'île de Pico (Açores) d'après de nouvelles données structurales, bathymétriques et géochronologiques (Costa et al., 2014; 2015).

6/ Mise en évidence de pulses volcaniques marquant la ré-organisation de la frontière de plaques Eurasie/Nubie au niveau des Açores (Hildenbrand et al., 2013a; 2014 ; Sibrant et al., 2015, et poster récompensé à l'AGU par le prix « [Outstanding Student Paper Award \(Tectonophysics\)](#) »).

### Relief, Bassin et Ressources

1/ L'équipe RBR a été coordinatrice du programme TAPSS 2000 (Transferts Actuels et Passés dans un Système Sédimentaire aquifère-aquitard: un forage de 2000 m dans le Mésozoïque du Bassin de Paris : forage profond EST433). Plus de 30 laboratoires des Universités Françaises, du CNRS, du BRGM, de l'IFP et de l'IRSN ont collaboré sur ce projet scientifique autour d'un forage profond sur le sol français. L'objectif de ce programme a été de quantifier l'histoire diagénétique, sédimentologiques et thermique du bassin de Paris, associé au programme d'enfouissement des déchets radioactifs sur le site de Bure (laboratoire Andra de Meuse-Haute Marne). Le travail a été valorisé par l'édition du Volume 53 de *Marine and Petroleum Geology*, qu'un membre de l'équipe a spécialement édité, et la publication des articles de Brigaud et al., (2014), Blaise et al. (2014), Gautheron et al. (2013) et Pagel, (2014).

2/ Des avancées majeures sur la caractérisation fine des processus diagénétiques ont été réalisées au sein de l'équipe par l'analyse *in situ* de phases calcitiques. Nous avons été précurseurs sur les travaux couplant sur un même échantillon la mesure du Delta47 et de la datation U/Pb *in situ* sur lame mince (Pagel et al., 2018). Ces travaux permettent d'apporter des contraintes fortes sur les périodes de circulations de fluide associée à une faille dans l'Est du Bassin de Paris et précisent l'histoire hydro-géologique autour du site de Bure. Par ailleurs, l'utilisation de la microsonde ionique CAMECA 1280 a permis d'analyser *in situ* les signaux isotopiques  $\delta^{18}O$  et  $\delta^{13}C$  de ciments précoces associés à des discontinuités (Andrieu et al., 2018). Cette méthodologie permet de remonter à l'histoire des périodes de non-sédimentation et à proposer des modèles de formation des discontinuités sédimentaires.

3/ Une spécificité de recherche de l'équipe repose sur le développement de la méthode de datation (U-Th)/He et le travail sur la diffusion de l'He appliqués à plusieurs phases minérales. Au travers de projets multidisciplinaires financés par le CNRS, l'ANR et le DIM (région île de France), des avancées conséquentes ont été réalisées sur le comportement diffusif de l'He pour différent système cristallin. Afin de caractériser au mieux ce comportement, nous avons employé différentes méthodes telles que la diffusion sous ultravide, la DFT (théorie de la fonctionnel de la densité) et d'utilisation de méthode employée par la physique des matériaux (ERDA : Elastic Recoil Diffusion Analysis). Ces méthodes ont permis de déterminer le comportement diffusif dans l'apatite (Djimbi et al., 2015 ; Gerin et al., 2017), la calcite (Cros et al., 2014) et hématite (Balout et al., 2017a,b).

4/ L'activité scientifique et la notoriété de l'équipe se reflète aussi par l'organisation de conférences, de workshops (journée thématique ASF 2014, Journées U annuelles, conférence internationale de thermochronologie [www.thermo2014.fr](http://www.thermo2014.fr)), mais aussi par la publication d'ouvrages dédiés au public étudiant et scientifique (Bassins sédimentaires, Tectonique, Pétrographie et Environnement sédimentaire) et la mise en place du réseau des laboratoires de thermochronologie basse température ThermoNET qui fait partie de RÉGEF et le montage de l'école thématique <http://www.thermonet.u-psud.fr/>.

### Milieux arctiques

Dans le cadre d'une collaboration avec le Permafrost Institute à Yakoutsk et l'IPSL, les équipes GP et IDREau ont mis leurs compétences en commun pour la compréhension des effets directs et indirects de la dégradation

du pergélisol liés au réchauffement climatique récent. Le projet PEGS « PERgélisol et Gaz à effet de serre en Sibérie » vise à quantifier les flux, les sources et l'âge des gaz (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>) émis par le dégel du pergélisol, à haute résolution temporelle et spatiale dans un site représentatif du pergélisol riche en glace en dégradation. Ce projet est financé par l'ANR en 2018 dans le cadre du programme *Make Our Planet Great Again* avec le recrutement d'un post-doc pour 4 ans. 3 approches sont proposées : (1) un suivi hydrologique, thermique et topographique de sites instrumentés depuis 2014, (2) une approche numérique utilisant un code aux éléments finis avec couplage thermo-hydraulique en 3D et (3) une simulation analogique en chambre froide.

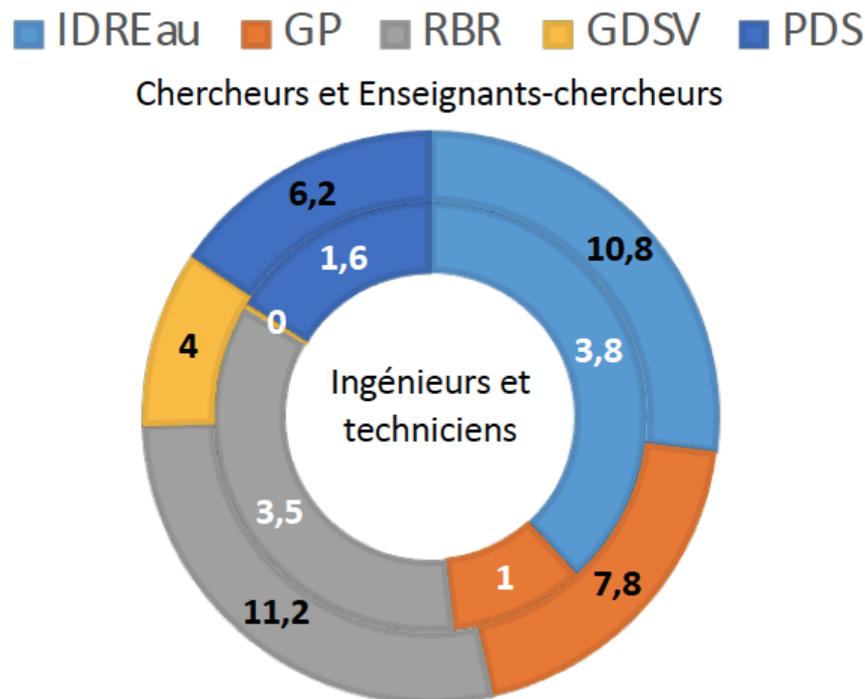
#### 4. Organisation et vie de l'unité

##### 4.1 Personnel et politique des ressources humaines

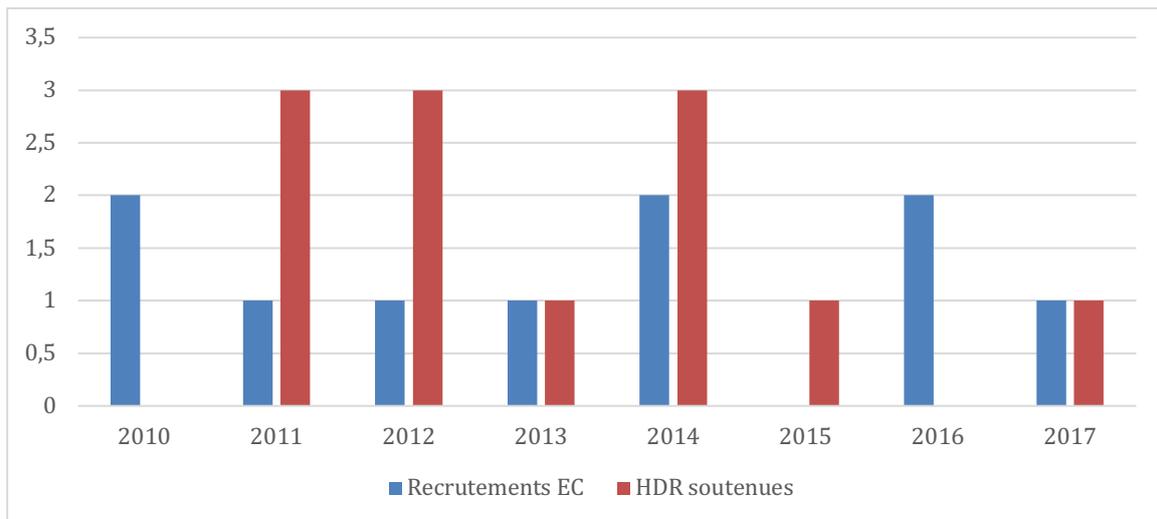
GEOPS héberge en régime de croisière une centaine de permanents, doctorants et post-doc/ATER :

- 42 EC/C :
  - o 37 enseignants-chercheurs de l'Université Paris-Sud
  - o 5 chercheurs CNRS
- 20 IT/BIATSS
  - o 7 IT du CNRS
  - o 12 BIATSS de l'Université Paris-Sud
- 41 non-permanents (hors stagiaires L3, M1, M2, au nombre de ≈30)
  - o ≈25-30 doctorants
  - o Quelques CDD ou Post-doctorants

Chercheurs/ Enseignants-chercheurs and Ingénieurs/ Techniciens se répartissent dans les équipes comme suit, schéma qui a significativement évolué au cours du présent quinquennal.



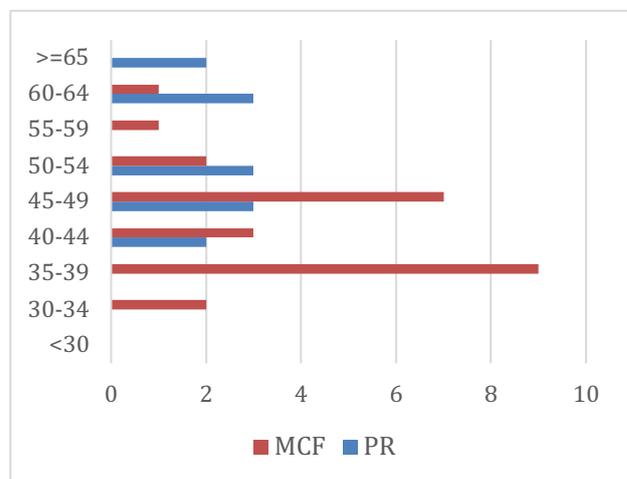
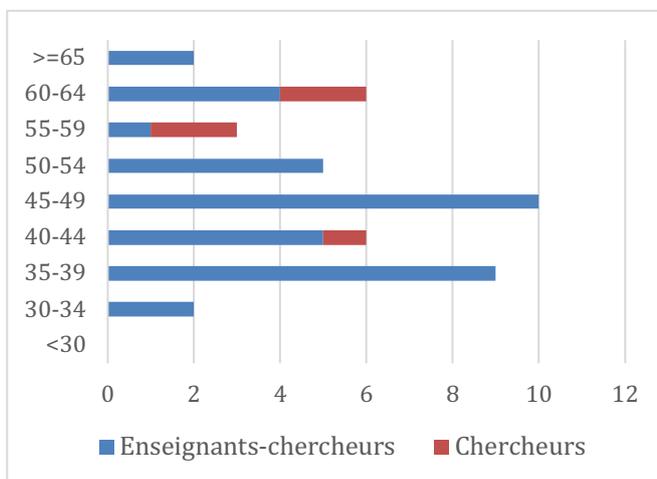
GEOPS est caractérisé par la jeunesse de ses effectifs d'enseignants-chercheurs dont l'âge médian se situe autour de 45 ans. Cette jeunesse est liée à un taux élevé de départ à la retraite depuis 2010, avec le recrutement de 10 enseignants-chercheurs extérieurs depuis cette date, 9 maîtres de conférence et 1 professeur (cf Figure ci-dessous). Dans le même temps, 11 HDR ont été soutenues, le laboratoire comptant actuellement 24 chercheurs ou enseignants-chercheurs titulaires de la HDR, soit 60% des effectifs recherche de l'UMR. Mis en regard de la jeunesse des effectifs, cette proportion est satisfaisante.

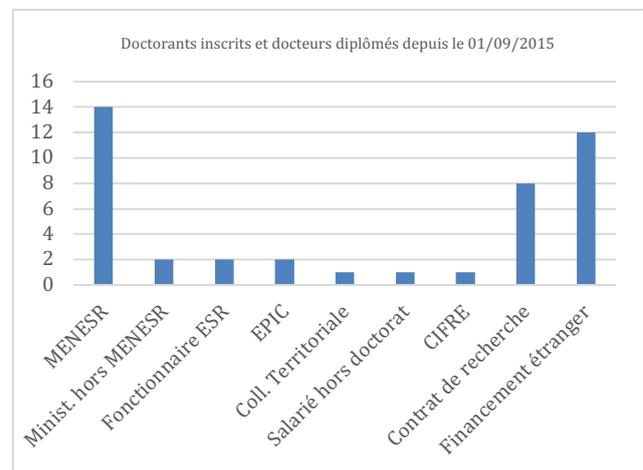
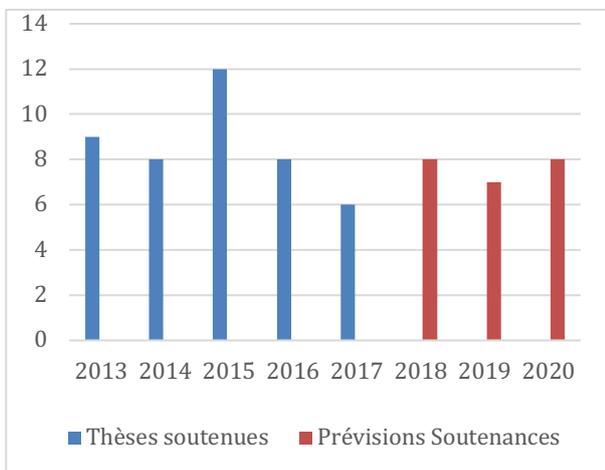
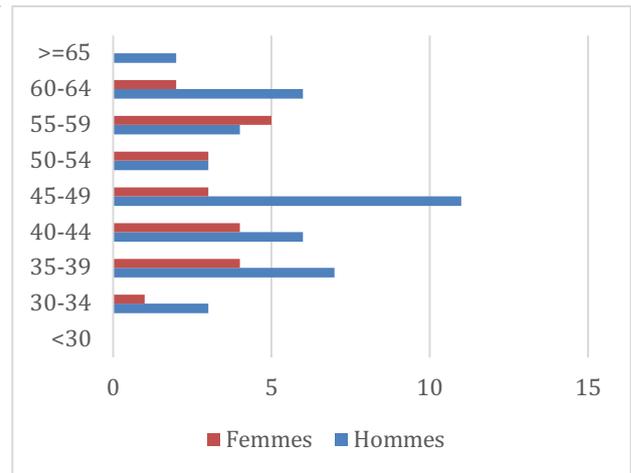
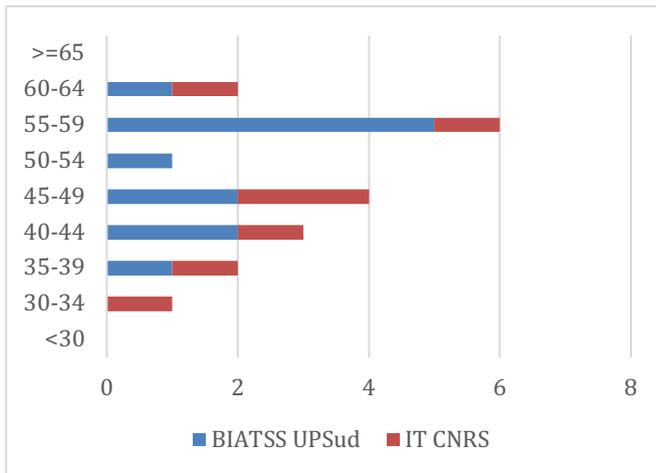


Il n’y a eu aucun recrutement de chercheur CNRS depuis 2006, et la petite population de chercheurs CNRS est vieillissante. Cela constitue un handicap certain pour la recherche, vu le niveau général élevé de responsabilité des enseignants-chercheurs dans les tâches d’enseignement au sein de la filière des Sciences de la Terre de l’UPSud. Le bon niveau de publication des enseignants-chercheurs compense pour partie la faiblesse persistante des effectifs de chercheurs CNRS, mais le handicap du manque de disponibilité des enseignants-chercheurs pour monter de gros projets de type H2020 ou ERC persiste.

La répartition du personnel technique du laboratoire est plus équilibrée entre le CNRS et l’Université, avec néanmoins un poids légèrement plus fort à l’université. La population des ingénieurs et techniciens est globalement moins jeune que celle des enseignants-chercheurs, avec un âge médian autour de 50 ans. Nous avons, depuis 2010, perdu 4 IT CNRS : 1 IE en informatique partie à la retraite en 2009, 1 IE en spectrométrie Ar parti par mutation en 2010, 1 IE travaillant sur le MEB parti en 2017, et 1 AI en infographie partie à la retraite en 2017. Dans le même temps, nous avons recruté 3 IT CNRS et 1 BIATSS : 1 AI sur l’analytique sur une NOEMI de compensation en 2010, 1 AI sur la diffraction des RX recruté en 2011 pour remplacer un ingénieur muté ailleurs en 2006, 1 IE CNRS sur la LA-ICPMS-HR en 2017, 1 T UPSud en instrumentation géophysique. Il y a donc eu un renouvellement du potentiel IT avec une inflexion marquée vers l’expérimental.

Les pyramides des âges des personnels enseignants-chercheurs et chercheurs, et des personnels IT et BIATSS, sont données ci-dessous, ainsi que le flux de thèses soutenues, qui s’établit autour de 8 en moyenne par an, et la provenance des financements de thèse, provenant pour l’essentiel du MENESR, de l’industrie et d’organismes étrangers. L’unité compte 34% de femmes, ce pourcentage étant de 31% chez les C-EC, et de 42% chez les IT-BIATSS.





Depuis 2010, nous avons eu 7 promotions de grade ou de corps d'ingénieurs et techniciens, toutes au CNRS :

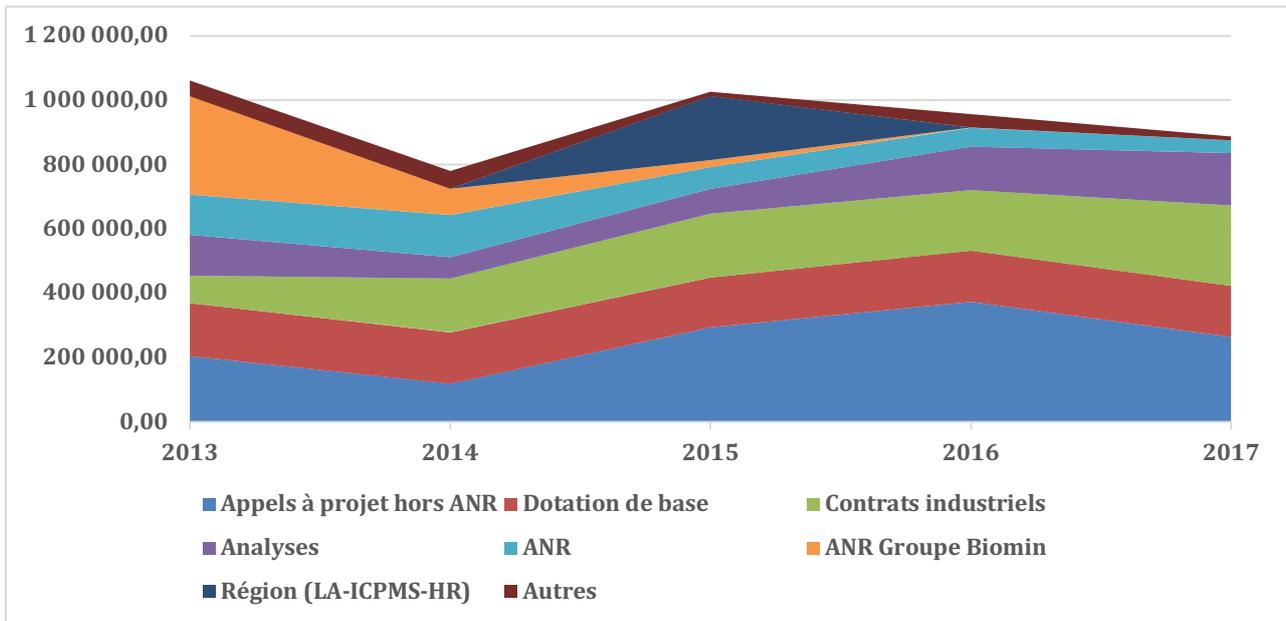
- 2 en 2010 : TCS → TCE, TCE → AI
- 2 en 2013 : TCN → TCS, AI → IE2
- 2 en 2015 : TCE → AI, AI → IE2 (concours interne)
- 1 en 2016 : IE2 → IE1

Parmi les 7 agents IT CNRS actuellement au laboratoire, tous ont, soit été recrutés, soit obtenu une promotion dans les 8 années écoulées, ce qui a certainement contribué à générer de la motivation.

La progression des agents à l'Université est par contre très limitée, malgré les efforts déployés. En 8 ans, nous n'avons qu'une seule promotion (en 2016 : IGR2 → IGR1). Autant il est possible de mener une politique RH efficace avec les outils du CNRS, autant un directeur de laboratoire est impuissant à favoriser la promotion de ses agents techniques de l'université. C'est un grave problème, auquel des réponses devront être apportées dans l'avenir.

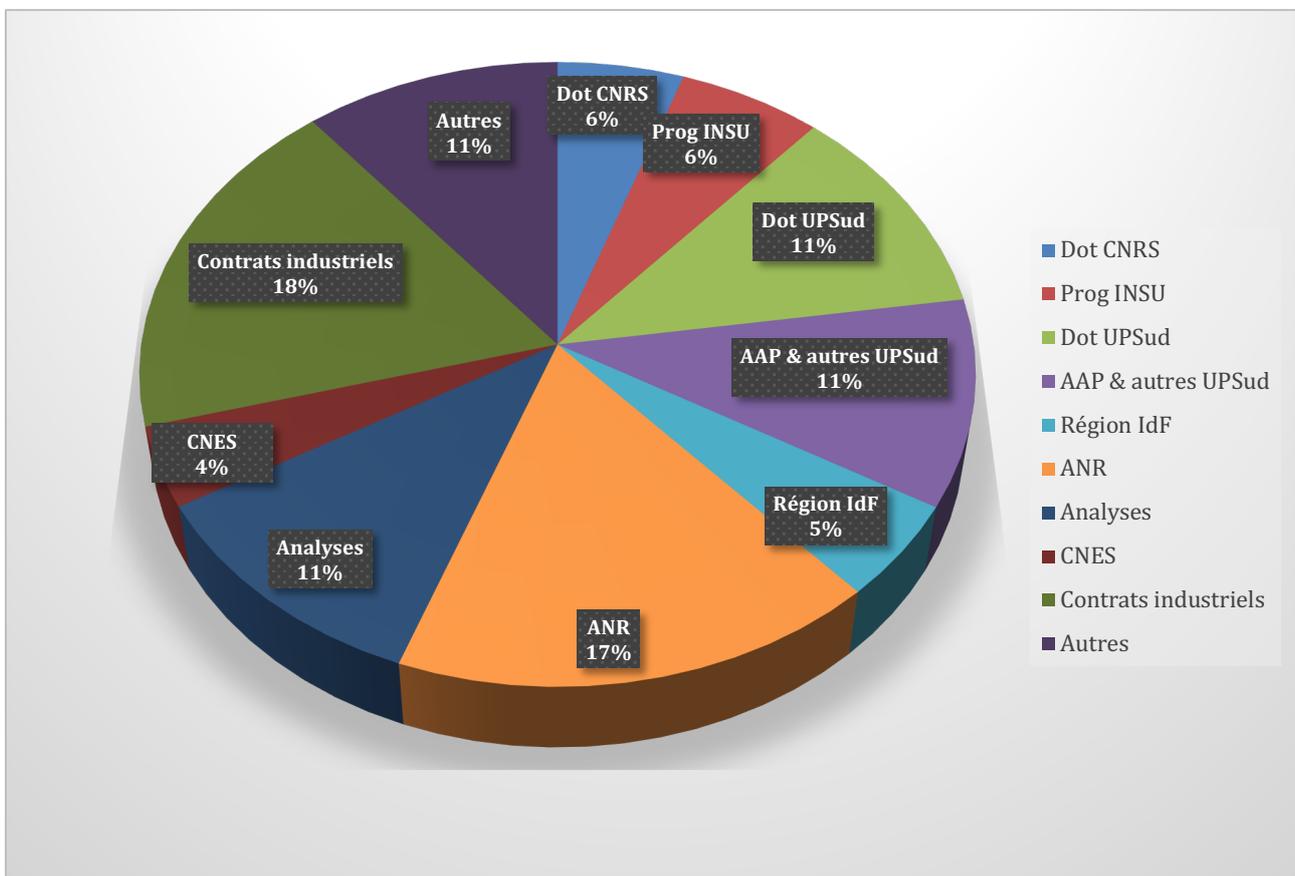
#### 4.2 Moyens financiers

Des éléments détaillés ont été fournis dans la partie 2. L'évolution de la ventilation du budget complet de l'unité est montrée ci-dessous :



Les appels à projets hors ANR regroupent les programmes de l'INSU, les appels à projets de l'université Paris Sud, les appels à projets du CNES, ... Dans le budget ANR, nous avons individualisé les ANR du groupe Biomin (PTYCCOBIO, CALMARO, MOMIE) dont les thématiques ont disparu en début de quinquennal pour cause de départ à la retraite de ses deux membres. Nous avons inclus le financement de 200 000 € de la région Ile-de-France pour la LA-ICPMS-HR.

Le budget global sur 2013-2017 est de 4,8 M€ (soit ≈1 M€ par an), qui se répartissent comme suit :



### 4.3 Prospective faite en 2013 et trajectoire ultérieure

Un certain nombre de priorités d'équipements, de plateformes instrumentales, de services d'observation, de bases de données, de postes (EC, C, IT-BIATSS) ont été affichées dans le document de prospective rédigé en 2013 pour préparer l'évaluation par l'AERES. Les suites données à ces priorités sont synthétisées dans le tableau suivant, les réalisations, ou éléments de réalisation, étant surlignés en vert. Le poste de Maître de Conférence ouvert en 2014 en hydrogéologie-géochimie n'avait pas été affiché dans la prospective. Le poste « Déstabilisation des reliefs planétaires » a été redéfini en « Fluides volcaniques en domaine actif ». On note l'absence de recrutement de chercheurs CNRS, mais l'accueil de Frédéric Bouchard sur l'ANR MOPGA PEGS permet de fait de bénéficier pendant quatre ans d'un chercheur sur la thématique des milieux polaires. Le fait que la première priorité pour les postes d'ingénieur en spectrométrie de masse et ultravide n'ait pas été satisfaite constitue un handicap pour l'équipe GDSV, et dans une moindre mesure RBR, et se retrouve parmi les demandes formulées dans la prospective ci-dessous. Le poste de technicien en préparation d'échantillons et également mis en avant de nouveau, sa pertinence s'étant accrue durant le quinquennal. Globalement, et mis à part l'absence de recrutement de chercheurs CNRS, on voit que le cap fixé lors de la dernière prospective a été tenu.

MISE EN OEUVRE DU PROJET 2015-2019 (DOCUMENT D'EVALUATION AERES, 2013)	REALISATION ET FINANCEURS	TEMPORALITE/ COMMENTAIRES
<b>Projets d'acquisition d'instruments</b>		
Priorité 1: Système radiocarbone compact ("Micadas")	Oui (Région, BNP Paribas, CEA, UPSud)	Installation en 2015 au LSCE
LA-ICPMS-HR	Oui (Région, CEA, UPSud)	Installation en 2016 à GEOPS
MEB	Non	
Spectromètre de masse multi-collecteur haute-sensibilité couplé à un laser CO <sub>2</sub>	Oui (Région, CEA, UPSud)	Installation en 2018 au LSCE
Scanner de terrain	Non	
XRF Core scanner	Oui (CEA-Idex)	Installation en 2018 au LSCE
<b>Projets en cours et/ou à développer de plateformes instrumentales mutualisées</b>		
Plateforme de géochimie analytique LSCE-IDES <sup>1</sup> (UPSay)	Oui	Formalisation de la plateforme PANOPLY en 2016
Plateforme PEPS IDES-FAST (UPSud)	N'existe plus	
Plateforme IDES-IBP (UPSud)	N'existe plus	
<b>Projets d'observatoire et de sites instrumentés</b>		
Observatoire des précipitations	Oui : RENOIR	Demande de labélisation en cours
Site instrumenté « Bassin versant du glacier Austre Lovénbreen (Spitsberg, 79°N) : dynamiques hydrologiques, hydrogéologiques, glaciologiques et pergélisol »	Oui : appartenance au réseau Cryo-obsclim au sein de l'IR OZCAR	Depuis 2017
Site instrumenté en Yakoutie Centrale (Sibérie)	Oui, non labélisé INSU, mais projet soutenu par l'IPSL et le département SPU	Financements SPU (Idex) en 2017 et 2018 + ANR MOPGA PEGS (Frédéric Bouchard)
<b>Projets de bases de données</b>		
Catalogues FRIPON	Oui : FRIPON	Demande de labélisation infructueuse, à renouveler.

<sup>1</sup> Nom précédent de l'UMR GEOPS

Catalogue vectoriel de données géomorphologiques planétaires	Oui : Portail PSUP de l'OSUPS à l'IAS	Labélisation en 2016
Base de données de géochimie	?	
<b>Plan de recrutements d'enseignants-chercheurs</b>		
MCF « Déstabilisation des reliefs planétaires »	Oui : Carlos Pallarès	2014 (profil modifié : Fluides volcaniques en domaine actif)
N/A	Damien Calmels	2014 (profil : hydrogéologie-géochimie)
MCF « Evénements climatiques extrêmes et impacts sur les environnements de surfaces »	Oui : Charlotte Skonieczny	2016
PR « géophysique de subsurface »	Oui : Pascal Sailhac	2016
MCF « Datation des interactions fluides roches dans les bassins sédimentaires »	Oui : Thomas Blaise	2017
PR « géomorphologie planétaire »	Oui : Frédéric Schmidt	2018
PR « minéralogie environnementale »	Oui	2019
PR « Modélisation des processus de surface »	Non	
<b>Plan de recrutement de chercheurs CNRS</b>		
CR IDREau « Comportement du carbone organique dissous (COD) dans le continuum sol – eau de surface – eau souterraine »	Non	
CR Milieux Froids (GPIS-IDREau) « Dynamique des milieux périglaciaires »	Non	Recrutement de Frédéric Bouchard sur contrat MOPGA (2018-2021)
CR RBR « Thermochronomètres basse température »	Non	
CR PDS - Section 19 « Modalité de l'acquisition du signal environnemental des archives climatiques continentales et marines »	Non	
CR GDSV « Interactions volcanisme-climat à différentes échelles de temps »	Non	
<b>Plan de recrutements d'ingénieurs et techniciens au CNRS</b>		
1ère priorité : IE CNRS en spectrométrie de masse et ultravide	Non	
IE ou IR en informatique (CNRS ou UPSud)	Non	Demande OSUPS à l'UPSud en 2018 : non retenu, mais en mémoire pour 2019
T en préparation des échantillons (CNRS ou UPSud)	Non	
En cas d'acquisition de l'ICPMS (CNRS ou UPSud), IE Analyses chimiques	Oui : Frédéric Haurine	2017
Poste ATRF agent d'accueil, courrier (UPSud)	Non	Décision de ne pas repourvoir ce poste.
Poste ou demi-poste T en médiation scientifique (UPSud)	Non	Cellule de communication efficace montée depuis, sans nécessité d'un poste

#### 4.4 Organisation de la vie de l'unité

##### 4.4.1 Pilotage

Le directeur a été assisté durant les deux derniers quinquennaux d'un directeur adjoint, également vice-président recherche du département des Sciences de la Terre, ce qui permet d'assurer de façon optimale le lien

Recherche entre la Faculté des Sciences et le laboratoire, notamment dans les réponses aux appels à projets ERM, MRM et Attractivités de l'UPSud. Le laboratoire est doté d'un Conseil de Laboratoire statutaire, et d'un Conseil Scientifique, constitué du directeur, du directeur adjoint et des responsables d'équipe, auquel sont invités le responsable du Département des Sciences de la Terre et la responsable administrative et financière de l'unité. Ce conseil scientifique est donc de fait une Direction élargie. Durant le dernier quinquennal, il n'a été mobilisé de façon régulière que depuis la mi-2017 pour préparer le renouvellement de l'unité et son exercice d'auto-évaluation. Il s'est peu réuni entre 2015 et 2017 du fait du taux d'occupation élevé des enseignants-chercheurs. Le conseil de laboratoire s'est réuni 4 fois en 2015, 4 fois en 2016, 2 fois en 2017, et pour l'instant 3 fois en 2018. Le rythme des réunions du conseil de laboratoire a donc diminué depuis la fin du précédent quinquennal, durant lequel il a avait été de 5 réunions par an, ceci étant dû à l'inévitable effet d'érosion de la vigilance d'un DU sur le temps long de 2 mandats. Nous avons suivi les recommandations du précédent comité AERES, à savoir une diffusion à tous les personnels des comptes rendus des réunions du conseil de laboratoire.

Le directeur et le directeur adjoint se sont partagé les tâches au mieux des intérêts du laboratoire. Le directeur adjoint a de fait joué un rôle majeur, voire moteur, dans la participation du laboratoire au Labex L-IPSL, dans le montage de la plateforme PANOPLY et dans la prise en main récente du projet immobilier GEODES. Le directeur a géré la participation du laboratoire à l'OSUPS, ainsi que le positionnement du laboratoire dans le département scientifique SPU de l'Université Paris-Saclay. Le DU et le directeur adjoint, avec l'aide, depuis la révision de l'organigramme, de la responsable administrative et financière, se sont partagés les entretiens annuels et d'avancement de carrière des agents ingénieurs et techniciens. Par ailleurs, depuis mi-2017, le directeur adjoint a pris l'initiative d'organiser des réunions régulières du conseil scientifique. La responsable administrative et financière du laboratoire a pris durant l'actuel quinquennal en charge avec son équipe la quasi-totalité des tâches d'administration, déchargeant d'autant le directeur du laboratoire. Le trio constituant l'équipe de direction du laboratoire a ainsi fonctionné de façon a priori optimale.

Un appel à candidatures pour la direction du laboratoire à partir du 1<sup>er</sup> janvier 2019 (date à laquelle le directeur actuel souhaite transmettre le relai, dans la foulée du comité HCERES) a été préalablement ouvert en interne. Une seule candidature, celle de l'actuel directeur adjoint, a été reçue. Un vote du laboratoire a été organisé à l'automne 2017 sur cette candidature, et une majorité des suffrages se sont portés sur le nom de Christophe Colin, qui prendra donc le relai en tant que directeur de l'unité au 1<sup>er</sup> janvier 2019. Le futur directeur adjoint n'est pas identifié pour l'instant.

#### *4.4.2 Organigramme et conditions de travail*

Le quinquennal qui s'achève a été marqué par une révision significative de l'organigramme du laboratoire destinée à mieux mettre en valeur les fonctions des uns et des autres. Un travail en profondeur a été mené en 2015 avec la Délégation régionale Ile-de-France Sud pour restructurer l'organisation administrative du laboratoire, passant par la réécriture de plusieurs fiches de postes. La gestionnaire des crédits CNRS est devenue Responsable Administrative et Financière de l'UMR et a été intégrée à la cellule de direction. La gestionnaire des crédits universitaire, la secrétaire de l'UMR, l'agent en charge de l'entretien électrique des bâtiments, ainsi que plus récemment le responsable de l'infographie sont passés sous sa responsabilité. Les ateliers (mécanique, litholamellage), l'informatique et la bibliothèque sont par contre restés sous la responsabilité du directeur d'unité. L'organigramme des plateformes a également été revu, compte tenu des acquisitions et reprises d'instruments qui ont eu lieu depuis le précédent quinquennal, et pour faire apparaître de façon la plus exacte possible les responsabilités des ingénieurs et techniciens en charge des instruments.

En 2015-2016, des discussions ont été menées au laboratoire au sujet des conditions de travail des ingénieurs et techniciens, suite à l'expression d'un mal être de certains d'entre eux à propos de leur implication dans la vie scientifique de leur équipe qu'ils jugeaient insuffisante. Une difficulté était déjà perceptible lors de la dernière évaluation, qui avait conduit le comité AERES à recommander une plus grande « implication du personnel technique dans les discussions relatives au développement/ renouvellement analytique et de respecter leur fonction ». Les responsabilités des IT ont été précisées. Il est apparu aussi que certains IT jugeaient qu'ils n'étaient pas assez cités et/ou pas suffisamment souvent co-auteurs des articles publiés par les scientifiques à partir de travaux auxquels ils avaient pourtant participé. Ces débats ont amené à la rédaction d'une charte précisant les conditions dans lesquelles un IT devrait être associé à une publication scientifique. Les chercheurs concernés ont été pleinement responsabilisés quant à la nature des difficultés rencontrées par le personnel technique travaillant sous leur responsabilité. A cette occasion, certains IT du laboratoire ont vu

leurs activités étendues à plusieurs équipes, dans une optique de meilleur partage des compétences et des personnes, ouvrant pour eux de nouvelles perspectives.

Nous avons consacré une part significative des moyens de l'université à l'amélioration de la sécurité des personnels. L'assistant de prévention du laboratoire a insufflé depuis maintenant 8 ans une dynamique, et un esprit de veille permanente, qui ont beaucoup aidé la direction du laboratoire. Nous avons reçu au total, entre 2014 et aujourd'hui, et sur les demandes précises formulées par l'assistant de prévention,  $\approx 100$  k€ de la Faculté des Sciences pour la mise en sécurité du laboratoire, notamment, mais pas uniquement, pour accompagner l'installation du LA-ICPMS-HR. Cet argent a aussi été utilisé pour mettre aux normes une partie du système électrique, et pour désamianter et renouveler des sorbonnes. L'UMR a affecté ces dernières années une somme de  $\approx 5000$  € par an sur sa dotation de base aux questions relatives à l'hygiène et à la sécurité.

#### 4.4.3 Communication en interne

Nous n'avons pas instauré de réunions annuelles en Assemblée Générale. Nous tenons néanmoins tous les mois de janvier une AG courte de présentation des faits marquants de l'année précédente, suivie d'un événement convivial (galette). Nous avons convoqué à plusieurs reprises des AG des personnels sur des questions particulières, notamment : l'information autour de la plateforme PANOPLY en janvier 2015 (AG commune GEOPS-LSCE), l'inauguration de PANOPLY en avril 2016 ; la discussion du projet GEODES en février 2017, la présentation du programme de C. Colin en amont du vote du laboratoire en octobre 2017, des échanges autour de la prospective scientifique en avril 2018, le bilan de la plateforme PANOPLY en mai 2018.

Des séminaires scientifiques sont régulièrement donnés par des extérieurs, sur une base hebdomadaire ou bimensuelle suivant les périodes, et l'assistance y est souvent fournie. L'animation scientifique se fait également dans les équipes et au travers des axes transversaux (milieux arctique et téphrochronologie), et plus généralement de nouvelles collaborations ont émergé, par exemple entre les équipes GP et RBR, et IDREau et RBR.

A plus grande échelle, des journées scientifiques nationales voire internationales ont été organisées par des membres du laboratoire à Orsay. Nous pouvons citer les journées Climat et Impact qui se tiennent tous les 2 ans et rassemblent une centaine de participants (PDS), dont certains étrangers, les journées annuelles Uranium (RBR), la Journée thématique de l'Association des Sédimentologistes Français «Diagenèse : avancées récentes et perspectives» en juillet 2014 (RBR), le Workshop Environmental impacts of mining and smelting organisé en janvier 2015 (IDREau) et le Congrès de Géophysique « GEOFCAN » organisé en Novembre 2014 (IDREau).

Le principe d'une journée annuelle des doctorants, introduit lors du quinquennal précédent, a été repris par les doctorants, qui organisent chaque année depuis 2014 leur journée destinée à échanger sur leurs travaux scientifiques en présence des chercheurs.

La mise en place d'une politique de communication volontariste du laboratoire (cf § 3.4.1 ci-dessus) joue également un rôle dans le décloisonnement en interne, favorisant la circulation horizontale de l'information scientifique.

Par ailleurs, et c'est également une source de communication entre les personnels, une ingénieure du laboratoire a pris l'initiative d'organiser sur une base bimensuelle, une pause-café-gâteaux le vendredi après le déjeuner, événement purement convivial très apprécié des collègues.

Le mouvement de décloisonnement du laboratoire, qui n'avait pas été très marqué au quinquennal précédent, est indiscutablement rentré dans une phase active. Cela tient à au moins trois facteurs : (i) le développement dans la durée d'axes transversaux, politique que nous devons poursuivre, en parallèle avec le maintien d'une activité de séminaire soutenue, (ii) l'arrivée de nombreux jeunes enseignants-chercheurs et ingénieurs, de fait plus curieux de ce qui se fait hors de leur équipe, (iii) la culture de communication insufflée récemment par les promoteurs de la cellule de communication du laboratoire. Le fort niveau d'adhésion rencontré par le projet GEODES, dont l'un des objectifs est de décloisonner physiquement le laboratoire, est d'excellent augure pour l'avenir. La faiblesse notée par le précédent comité AERES, à savoir un trop grand cloisonnement en interne, devrait être résolue définitivement au cours du prochain quinquennal.

Le chemin sur lequel nous nous sommes engagé de mieux faire connaître le laboratoire à l'extérieur combiné au projet de réhabilitation des Bât 504 et 509 (GEODES) devrait logiquement déboucher sur une augmentation

des candidatures au concours CNRS. Cette question, identifiée comme un point faible par le précédent comité AERES, n'a pas trouvé de réponse pour l'instant, aucune embauche de chercheur CNRS n'ayant eu lieu. Nous espérons que notre politique de communication, alliée à la montée en puissance scientifique du laboratoire, nous permettra d'enclencher le cercle vertueux de l'embauche de chercheurs CNRS, disponibles pour piloter de gros projets européens de type H2020 ou ERC., de façon à répondre à la constatation par le précédent comité AERES d'un rayonnement international encore trop ponctuel.

## 5. Analyse SWOT

		S	W	O	T
Stratégie scientifique et activités de recherche					
Production scientifique	Niveau de publication	X			
	Thèses encadrées	X			
	Commentaires : Avec plus de 70 articles par an, soit plus de 3 articles de rang A par chercheur ETP et par an, ainsi que l'entrée en thèse d'une dizaine de doctorants par an, le dynamisme scientifique de GEOPS est bon.				
Partenariats, interdisciplinarité	Labex L-IPSL et fédération IPSL	X		X	
	OSU Paris Sud	X		X	
	UPSaclay, Actuel département SPU (disparition fin 2019)	X			X
	Plateforme PANOPLY LSCE-GEOPS	X		X	
	DIM (ACAV+, MAP)	X		X	
	GIS Géosciences Franciliennes	X		X	
	Commentaires : Le positionnement de GEOPS au niveau local et régional est dans l'ensemble bon, mais mérite d'être renforcé, notamment dans l'IPSL qui est une structure dont GEOPS a relativement peu profité jusqu'à présent. Aucun DIM n'a été sélectionné dans le domaine du climat et de l'environnement, et l'émergence à MAP est relativement marginal, seule l'équipe GP pouvant s'appuyer sur un DIM (ACAV+). Le GIS est encore une structure faible (sans financement). La disparition des départements scientifiques dans l'UPSaclay 2020 (en l'occurrence SPU pour les Sciences de la Terre), et le flou qui règne sur la structuration transverse de la future université en quelques gros pôles et graduate schools, constituent une menace significative pour le positionnement futur de GEOPS.				
Ressources et moyens	CNRS	X		X	
	UPSud	X		X	
	Contrats nationaux (ANR, CNES, ...)	X		X	
	Contrats européens		X	X	
	Commentaires : Nous sommes fortement soutenus par l'université Paris-Sud, et le soutien reçu du CNRS, en postes et en moyens, s'avère de plus en plus significatif. Par rapport à la précédente évaluation, nous sommes tout-à-fait rassurés sur le soutien qui nous est apporté par le CNRS, même si aucun chercheur CNRS n'a encore été embauché à cause d'une quasi-absence de candidat. Bien qu'il y ait quelques projets européens, le montant des financements européens reste modeste, ce qui est dû notamment au faible effectif de chercheurs CNRS ayant le temps de monter des projets ERC ou H2020, les EC ayant par ailleurs de grosses responsabilités d'enseignement. Mais nous compensons par un bon taux de succès à l'ANR.				
Rayonnement et attractivité académiques					
Activités nationales	Implications dans des projets ou réseaux nationaux				
	Participation au CNU	X		X	
	Participation aux instances du CNRS et de l'INSU	X		X	
	Organisation de colloques nationaux	X		X	
	Expertises (programmes, agences, CCSU, ...)	X		X	

	Commentaires : Nous sommes présents au CNU et dans plusieurs comités de programme de l'INSU. Nous devons renforcer notre présence au CNRS, notamment au Comité National. Nous organisons quelques colloques nationaux, mais devons encore renforcer ce type d'activité.				
Activités internationales	Collaborations internationales	X			
	Thèses en cotutelle	X			
	Participation à des comités internationaux (AIEA, ESA, ...)	X			
	Organisation de colloques internationaux	X			
	Présentation de communications invitées dans les colloques internationaux		X		
	Expertises (revues, agences,...)	X			
	Commentaires : Nous avons toujours relativement peu de communications invitées dans les colloques internationaux. Peut-être est-ce dû en partie au fait que nos enseignants-chercheurs sont jeunes, et encore insuffisamment insérés dans des réseaux de scientifiques. Nous avons néanmoins quelques publications récentes dans Nature et Nature Géosciences. La montée en maturité et productivité scientifique attendue de nos jeunes, dans un contexte local et régional porteur, devrait nous aider à améliorer notre visibilité. Le chemin accompli depuis la dernière évaluation est insuffisant.				
Accueil	Doctorants étrangers	X			
	Postdoc		X		
	Chercheurs ou professeurs invités	X			
	Commentaires : Une faiblesse du laboratoire est le relativement petit nombre de ses postdoc (1 ou 2 par an en moyenne). Cela tient pour l'essentiel à notre accès limité aux sources de financement, les allocations postdoctorales étant peu nombreuses.				
Communication	Communiqués de presse	X			
	Articles et livres de vulgarisation	X			
	Interviews presse écrite et audiovisuelle	X			
	Journées portes ouvertes, manifestations grand public	X			
	Site web du laboratoire	X			
	Commentaires : C'est probablement dans ce domaine que le laboratoire a le plus progressé depuis la dernière évaluation.				
Interactions avec l'environnement social, économique et culturel					
	Partenariats avec le monde non-académique	X			
	Diffusion de la culture scientifique	X			
	Brevets		X		
	Commentaires : Globalement, nous communiquons significativement avec l'environnement social et économique, peut-être moins avec l'environnement culturel. Nous ne déposons pas de brevets, ce qui est le cas de nombreux laboratoires de recherche « fondamentale ».				
Organisation et vie de l'entité de recherche					
Pilotage de l'unité	Direction	X			
	Conseil de Laboratoire	X			
	Conseil Scientifique		X		
	Commentaires : le Conseil Scientifique (en fait la direction élargie aux responsables d'équipe) n'a que peu fonctionné durant ce quinquennal. Il a néanmoins été réactivé à l'automne 2017 pour entamer la préparation de l'exercice d'évaluation.				
Vie de l'unité	Assemblées générales, journées des doctorants	X			
	Séminaires UMR et ED SMEMAG	X			
	Evénements conviviaux	X			

	Organisation spatiale des locaux		X		X
	Répartition du laboratoire sur 2 bâtiments		X		X
	Commentaires : Le projet GEODES qui démarre va permettre de résoudre les problèmes d'organisation des locaux et de convivialité insuffisante.				
Hygiène et sécurité	Assistant de prévention	X			
	Groupe d'évacuation incendie (14 pers.)	X			
	Sauveteurs et Secouristes du travail (5 pers.)	X			
	Personnes Compétentes en Radioprotection (3 pers.)	X			
	CHSCT	X			
	Etat des locaux		X		X
	Commentaires : la présence d'un Assistant de Prévention dynamique est un atout fort pour le laboratoire. Un CHSCT a été mis en place en 2014 et s'est réuni quelques fois. La réhabilitation des locaux va résoudre les problèmes de vétusté.				
Ressources humaines	Recrutements chercheurs CNRS		X		X
	Recrutements Enseignants-Chercheurs	X		X	
	Recrutements IT	X		X	
	Recrutements BIATSS	X		X	
	Plan de formation annuel		X	X	
	Commentaires : Le départ de nombreux professeurs à la retraite durant les deux derniers quinquennaux a généré l'embauche de nombreux jeunes enseignants-chercheurs (1 à 2 par an). Nos besoins en IT-BIATSS ont été correctement pris en compte par nos deux tutelles. Nous n'avons par contre recruté aucun chercheur CNRS au cours des deux derniers quinquennaux, ce qui constitue un handicap pour notre développement scientifique.				
Formation					
	Encadrement doctorants	X			
	Encadrement de stages de master	X			
	Encadrement de stages de L3	X			
	Participation à l'enseignement	X			
	Commentaires : Le fait que les formations de L et M en STU soient placées sous la responsabilité d'enseignants-chercheurs de GEOPS fait de la formation un atout essentiel du laboratoire.				

SYNTHÈSE DE L'ANALYSE SWOT		
Interne à l'unité	Positif	Négatif
	Forces	Faiblesses
	Bon niveau confirmé de la production scientifique	Pas de recrutement de CR au CNRS durant les deux derniers quinquennaux
	Bon taux de succès à l'ANR	Implications dans les instances CNRS/INSU en progression, mais encore à renforcer
	Bonne insertion aux niveaux local et régional	Décloisonnement entre équipes bien amorcé, mais encore à renforcer
	Flux de doctorants important, y compris étrangers	Nombre insuffisant des communications invitées dans les colloques internationaux
	Jeunesse des enseignants-chercheurs induisant une forte capacité à évoluer et innover	

	Démarche proactive de communication	
	Politique affirmée en hygiène et sécurité	
	Enseignement et encadrement de très nombreux étudiants en L et M.	
Externe à l'unité	Opportunités	Menaces
	Soutien (financier et en postes) affirmé des 2 tutelles (UPSud, CNRS)	Disparition du département SPU de l'UPSaclay et structuration en quelques grands pôles constituant une menace pour l'identification des Sciences de la Terre dans l'UPSaclay de 2020
	Bonne insertion scientifique dans l'UPSud et au niveau régional Région (IPSL, GIS Géosciences)	
	Financement CPER pour la réhabilitation des locaux	

## 6. Projet scientifique à cinq ans / Stratégie et perspectives scientifiques pour le futur contrat

### 6.1 Projets scientifiques des équipes et axes transversaux

Lors du prochain quinquennal les équipes du laboratoire conserveront une géométrie et des contours scientifiques globalement similaires. L'équipe IDREau a été renommée HYDRO3G afin de mieux faire apparaître dans le nom de l'équipe les approches géophysiques de sub-surface. Un nouvel axe transversal « altération » élaboré durant la phase de prospective du laboratoire entre les trois équipes HYDRO3G, PDS et RBR a été proposé. Cet axe de recherche pourrait évoluer en une nouvelle équipe de recherche propre au cours du quinquennal.

#### 6.1.1 HydroGéologie, HydroGéochimie, HydroGéophysique » - HYDRO3G

Basées sur un socle riche aussi bien technique que méthodologique, les thématiques de recherche développées par l'équipe HYDRO3G sont centrées, au sein de la zone critique, sur le cycle de l'eau continentale et des éléments, notamment sur la dynamique des transferts dans et entre les compartiments de surface et souterrains impliqués et leurs interactions, à différentes échelles spatiales (du mm à l'échelle du bassin versant ou de l'aquifère) et temporelles (temps de la réaction chimique jusqu'au Quaternaire récent) .

L'originalité de l'équipe HYDRO3G réside dans la mise en œuvre d'approches couplées entre hydrologie, hydrogéologie, géochimie et géophysique. La palette des traceurs pouvant être mesurés au sein du laboratoire s'étend de la géochimie élémentaire (majeurs et traces), des isotopes stables des éléments légers ( $^2\text{H}$ ,  $^{13}\text{C}$ ,  $^{18}\text{O}$ ,  $^{15}\text{N}$ ,  $^{34}\text{S}$ ) aux isotopes stables des métaux (Pb, Ni) et au carbone-14. Des outils d'interprétation des mesures géophysiques obtenues par une large gamme de méthodes (résistivité électrique, sismique, radar de sol, électromagnétisme multi-fréquentiel, paléo- et géomagnétique) sont développés pour la caractérisation des propriétés physiques et hydrodynamiques des milieux et des interfaces complexes à des fins de modélisations intégrées.

En s'appuyant sur son savoir-faire et son parc analytique récemment « upgrader » par l'acquisition de l'accélérateur miniaturisé ECHoMICADAS (en commun avec les équipes du LSCE et du MNHNP), l'équipe HYDRO3G a le potentiel pour aborder avec efficacité l'étude de la partie continentale du cycle de l'eau et du carbone (identification, quantification et modélisation des sources et des interactions) mais également, au-delà de la datation, pour envisager de continuer le développement des recherches sur le traçage de processus naturels à l'aide du  $^{14}\text{C}$ .

Au-delà du parc analytique indispensable aux mesures géochimiques et géophysiques, les recherches conduites au sein de l'équipe s'ancrent sur l'expertise instrumentale reconnue des ingénieurs et techniciens du laboratoire pour concevoir, mettre en place et exploiter des développements expérimentaux originaux.

Les projets de l'équipe HYDRO3G sont conduits en collaboration avec de nombreux laboratoires, franciliens (LCSE, METIS, IGP, LOCEAN, etc.), nationaux (EMMAH, CHROME, Strasbourg, FEMTO-ST, THEMA, etc.) et internationaux (Canada, Chine, Mauritanie, Iran, Côte d'Ivoire, Algérie, Maroc, Brésil, Royaume-Uni, Allemagne, etc.).

Pour le prochain quinquennal, trois grandes thématiques ont été identifiées :

- Dynamique des hydrosystèmes continentaux et archives continentales, en relation avec des contraintes anthropiques et/ou climatiques ;
- Cycles géochimiques et minéralogie environnementale ;
- Développements méthodologiques en géophysique et en géochimie.

Enfin, les recherches de l'équipe HYDRO3G s'inscrivent le cadre de la connaissance du fonctionnement des hydro-éco-systèmes, avec pour but in fine, d'apporter des éléments pour la préservation et la gestion durable des ressources naturelles et des ressources en eau, tant en France qu'à l'étranger. Plusieurs de nos projets, co-construits avec des partenaires sociétaux, se situent à l'interface décideurs-gestionnaires/utilisateurs et scientifiques, pour associer recherche fondamentale et retombées appliquées dans un cadre de protection des ressources et des milieux.

### **(1) Dynamique des hydrosystèmes continentaux et archives continentales, en relation avec des contraintes anthropiques et/ou climatiques**

Dans cette thématique, l'objectif est d'étudier, par des approches interdisciplinaires et à différentes échelles spatiales (du local à l'échelle du bassin versant ou de l'aquifère) et temporelles (de l'actuel au Quaternaire récent), la dynamique à court ou long termes d'hydrosystèmes variés (cours d'eau, nappes souterraines, lacs). Il s'agit de fournir des connaissances fondamentales sur les ressources en eaux de surface et souterraines pour en comprendre l'état actuel et leur vulnérabilité face aux activités humaines et/ou aux changements environnementaux (dont le climat). Les études seront conduites sur trois grands types d'hydrosystèmes vulnérables, en raison de leur faible profondeur ou du secteur géographique ou climatique où ils se situent : la Zone Hyporhéique (ZH), les aquifères libres et les lacs.

L'étude des relations nappe-rivière et des mélanges d'eau au sein de la ZH est essentielle pour comprendre la dynamique et la qualité des eaux de surface. Par une approche multi-échelle « bassin versant/bordure de rivière/ZH », nous continuerons le couplage des méthodes de l'hydrogéologie, la géophysique, la géochimie, l'écologie et la modélisation pour décrire très précisément les processus à l'échelle locale (traçages, imagerie géo-électrique). Le chantier principal de cet axe, initié au cours du quinquennal précédent, est celui de la rivière Essonne (91) avec pour objectif de proposer des solutions pour optimiser son fonctionnement hydrologique - quantification des flux en 4D- et écologique -qualité des eaux-, en partenariat avec des biologistes. Cette thématique est également développée sur un site au Spitsberg occidental (cf. axe transversal « milieux arctiques ») où l'étude des relations nappes-rivières est essentielle pour comprendre la dynamique et les caractéristiques chimiques d'un cours d'eau en aval d'un glacier. Nous consoliderons les processus mis en évidence par des approches plus quantitatives et de la modélisation.

L'étude de la recharge des aquifères est cruciale pour la gestion des ressources en eau, que ce soit en quantité, qualité ou pour l'estimation de leur vulnérabilité face aux changements climatiques et/ou anthropiques. Suite aux résultats obtenus par imagerie électromagnétique multi-fréquentielle qui ont permis de valider la géométrie de l'aquifère à l'échelle du bassin, le projet sur l'aquifère du Bandama Blanc (Côte d'Ivoire) situé en zone de socle va être poursuivi afin d'affiner les relations entre sa structure géométrique et son fonctionnement hydrogéologique. En zone aride ou semi-aride, la connaissance de l'origine des eaux souterraines et de leurs modes de renouvellement est essentielle à la gestion raisonnée des ressources en eau. Les approches chimiques et isotopiques sont indispensables pour apporter des informations sur les modalités de recharge des eaux souterraines, les taux de renouvellement des nappes et pour identifier les relations entre les masses d'eau. Dans cet objectif, deux projets ont débuté en 2018 sur l'étude des aquifères côtiers soumis à des impacts anthropiques croissants : la nappe du Trarza (Sud-Ouest Mauritanie) et la nappe de socle du SO de la Côte d'Ivoire.

D'une importance sociétale capitale, les lacs, enregistreurs privilégiés des changements environnementaux aux échelles régionales à locales, sont largement utilisés pour les reconstitutions environnementales et paléoenvironnementales. Notre objectif est d'évaluer le fonctionnement «moyen» du système lacustre actuel (« système de référence » pour le passé) et d'identifier les facteurs responsables de sa variabilité. Chaque

composante du bilan est caractérisée à l'aide des méthodes de la géochimie isotopique, pour établir les cycles et bilans des facteurs physico-chimiques caractérisant le système, mettre en évidence des processus particuliers (effets-réservoirs, interactions, etc.), dans un cadre chronologique certifié ( $^{14}\text{C}$ , U/Th), et identifier les facteurs de forçage environnementaux sur ces hydrosystèmes. In fine, les paramètres qui régissent le fonctionnement des bassins à toutes échelles fournissent des données qui seront intégrées à la fois dans des scénarios de gestion des ressources en eau et dans des modèles de reconstitutions paléo-environnementales globales. Cet axe, renforcé par l'arrivée, pour le prochain quinquennal, d'A. Tudryn (50%), verra notamment la poursuite des projets en Iran (Lac Urmia) et en Turquie (lac Burdur).

## **(2) Cycles biogéochimiques**

Dans cet axe, nous chercherons à comprendre quels sont les paramètres clés qui contrôlent les cycles des éléments, majeurs (carbone azote, soufre et calcium) et en traces (métaux) au sein de la ZC, de la parcelle de sol aux grands bassins versants, afin de quantifier les impacts des forçages anthropiques (activités extractive, industrielle, agricole, urbaine essentiellement, changement global). Le but est de déterminer les origines, mélanges et transferts de ces éléments afin de quantifier l'ampleur de la perturbation de leur cycle.

Les éléments en traces métalliques peuvent migrer au sein de la ZC, depuis les sols vers les rivières via les nappes ou le ruissellement, et être mobilisés par les organismes vivants. La compréhension du cycle du (ou des) élément(s) considéré(s) repose sur l'étude conjointe de la partition de ces métaux entre phases dissoute et solide sur l'étude fine de leur spéciation et sur la détermination des signatures isotopiques qui peuvent permettre de tracer l'origine de ces ETM mais aussi les processus les affectant. Cet axe s'appuiera sur des études menées en contexte de forte perturbation, minière ou urbaine.

La compréhension du cycle actuel du carbone est nécessaire pour aborder la question fondamentale de l'évolution des conditions environnementales de notre planète aussi bien dans le passé que dans un futur proche. La période de « l'anthropocène » offre l'opportunité sans précédent dans l'histoire de la Terre d'étudier la réponse des hydrosystèmes (vecteurs clés dans les transferts de carbone) à des perturbations majeures et surtout brutales. Cet axe s'intéressera donc à l'évolution pluri-décennale de la chimie des cours d'eau carbonatés qui sont susceptibles de répondre rapidement aux perturbations environnementales et qui représentent des flux majeurs de carbone des continents aux océans. Les travaux développés dans cet axe s'appuieront à la fois sur des analyses géochimiques élémentaires et isotopiques, et sur l'outil de modélisation des écosystèmes et du cycle du carbone.

## **(3) Développements méthodologiques en géophysique et en géochimie.**

### ***Développements méthodologiques en géophysique***

L'équipe HYDRO3G s'investit dans le développement d'outils de mesure et modélisation hydro-géophysiques des questions liées à la caractérisation des flux d'eau dans des roches poreuses et fracturées. Un premier volet consiste en une caractérisation multi-méthodes des roches en termes de variations spatiales et temporelles des propriétés physiques (conductivité électrique, diélectricité, vitesse sismique, aimantation, etc.) et d'anisotropie éventuelle. La modélisation numérique combinée aux variations d'humidité du sol, du niveau phréatique et de température permettra de quantifier les paramètres de porosité et de perméabilité. Cette approche sera mise en œuvre au Laboratoire Souterrain à Bas Bruit et sur une parcelle du Plateau de Saclay au sein du projet ASSETS.

Un second volet concernera le développement d'une méthode de terrain pour estimer les paramètres hydrodynamiques des sols sableux par inversion des temps d'arrivée de réflexions radar acquises au long d'infiltration en anneau ou en forage. Cette méthodologie novatrice sera appliquée via deux études emblématiques : (i) l'étude du site pilote de l'IRSN à Tchernobyl, et (ii) le projet KRI-TERRE avec ARMINES et l'IRSN (financement ANDRA) pour l'estimation du volume de sols pollués en prévision du démantèlement de centrales nucléaires.

L'imagerie électromagnétique de bassin versant sera développée au travers du projet Equipex CRITEX (Zone Critique - WP6.5). Dans le cadre du développement de la méthode CSAMT (Controlled Source Audio-frequency Magneto-Telluric), cet axe permettra la définition détaillée du spectre de l'activité électromagnétique naturelle.

### **Développements méthodologiques en géochimie**

Concernant le volet « Géochimie », l'accent sera porté : (i) sur le développement analyses haute fréquence/résolution (traçage) et la modélisation des processus naturels par le  $^{14}\text{C}$ , développement rendu possible par l'acquisition de l'ECHOMICADAS, et (ii) outre la mesure conventionnelle du  $\delta^{18}\text{O}$  de la molécule d'eau, sur la mise au point de la mesure et l'interprétation des teneurs en  $^{17}\text{O}$  (acquisition d'un spectromètre laser) afin de fournir une contrainte supplémentaire sur l'origine des vapeurs et sur les processus de condensation à l'origine des précipitations, fonction « Entrée » des hydrosystèmes.

Dans le cadre de l'axe 1, le traçage  $^{14}\text{C}$  appliqué sur des bassins lacustres permettrait de corriger le bilan hydro géochimique actuel des effets réservoirs ou de mélange mais également de « tracer » les différentes phases minérales et organiques présentes dans les sondages lacustres. Ceci serait d'autant plus pertinent que nous pourrions accéder à des informations essentielles sur les bilans lacustres passés et ne plus avoir à considérer le bilan actuel comme seule référence pour la validation des échelles chronologiques. Le traçage du carbone dissous (inorganique ou organique) dans les eaux continentales en région arctique est également primordial pour l'identification des pôles/sources de carbone et la déconvolution des signaux hydrologiques en lien avec la fonte du pergélisol et, le cas échéant, la fonte des glaciers.

#### **6.1.2 Géomorphologie Planétaire et Interactions Subsurface – atmosphère (GP)**

Pour le prochain quinquennal, nous prévoyons d'étendre l'étude comparée Terre/Mars à d'autres corps du système solaire (Lune, Europe ...) et de diversifier nos approches méthodologiques (station de détection des flashs lunaires, algorithme de détection de cratère par deep learning, adaptation de métadonnées aux formats astronomiques, modélisation du cryovolcanisme). L'ensemble des projets de recherche se concentre essentiellement sur les processus planétaires très récents et très anciens avec des collaborations nationales (FAST, LATMOS, LPN Nantes, Observatoire de la Côte d'Azur, Université technique de Sofia, GET) et internationales (LPI, Houston, University of Arizona, USGS).

#### **Processus planétaires récents et actuels**

*Mars écoulement granulaire sec* : Notre équipe a proposé que les écoulements des RSLs soient liés à l'effet thermophorétique à sec (Schmidt et al., 2017), du aux mouvements de gaz sous éclairage solaire, dans un environnement à faible pression. Les premières modélisations de cette déstabilisation montrent que la saisonnalité prédite est bien compatible avec les observations. Bien que le mécanisme semble très prometteur, il n'a jamais été validé en laboratoire et il n'existe pas d'analogie terrestre. Un des enjeux de ce projet de recherche concerne la présence d'eau liquide, même sous forme de saumure, qui a de forte implication sur l'habitabilité actuelle de Mars. Il est donc capital de distinguer un écoulement à sec, d'un écoulement comportant de l'eau liquide. D'autre part, modéliser cet effet permettra de mieux comprendre la dynamique de resurfaçage par érosion des pentes pour les corps ayant une atmosphère ténue. En tant que Scientifique Invité, Frédéric Schmidt aura accès aux données ExoMars/TGO dont la phase scientifique commence en 2018 et qui devrait permettre une détermination de l'heure locale d'activité des RSLs.

*Surface d'Europe* : Modélisation du cryovolcanisme et micro-texture de la surface Europe, satellite de Jupiter, possède une des surfaces les plus intrigantes du Système Solaire avec une surface très jeune (Schenk et al., 2003) témoin d'une activité malgré sa faible taille ( $R \sim 1560$  km). Par ailleurs, de récentes observations télescopiques ont montré l'existence de panaches d'eau atteignant des centaines de kilomètres d'altitude (Roth et al., 2014, Sparks et al. 2016), signes d'activité géologique actuelle. Nous proposons d'étudier la surface ainsi que les interactions surface - subsurface d'Europe en utilisant deux approches : la modélisation physique du cryovolcanisme de la proche subsurface et l'analyse de la photométrie de la surface. Le premier volet permettra de proposer et de tester des mécanismes de cryovolcanisme, réalistes d'un point de vue de la mécanique et de la rhéologie. Le second volet permettra de donner des informations sur la micro-texture de la surface d'Europe. Nous espérons que les résultats de ce projet, combinés aux récentes observations pourront permettre de contribuer à la connaissance des mécanismes éruptifs et donc des dépôts associés et des produits émis.

## Petits corps et flux d'impact

*Détection des flashes lunaires* : Afin d'optimiser la détection des flashes lunaires, Sylvain Bouley est en train de mettre en place une station de détection des flashes lunaires qui sera opérationnelle fin 2018 à l'observatoire de Calern. Ce projet se propose de réaliser cette station en développant un partenariat avec la plate-forme d'observation Méo (Métrologie Optique) de l'Observatoire de la Côte d'Azur. La nouvelle station sera composée d'un télescope de 20 cm monté en parallèle du laser Lune et d'une caméra rapide (100 im/s) capable d'optimiser le nombre de détection. En fonction du nombre de détection, il sera possible de déterminer un premier flux à l'horizon 2020-22.

*Détection automatique de cratères* : Dans le cadre d'une thèse (Co-encadrée par Sylvain Bouley) (Université technique de Sofia et le Laboratoire des Sciences de l'Information et des Systèmes), un algorithme de détection de cratère a été développé et est basé sur la reconnaissance des courbures des fonds de cratères qui sont injectées par la suite dans un réseau de neurones permettant ainsi d'apprendre à reconnaître les différentes morphologies de cratères. Les premiers résultats ont été soumis dans *Planetary and Space Science* (Christoff et al., soumis) et la collaboration continuera afin de proposer à terme un programme de détection semi-automatique de cratère en ligne. Un autre projet de détection par deep learning est en cours, basée sur les images THEMIS, dans le cadre du Center of Data Science. Il permettra de comparer les algorithmes entre eux mais aussi de sélectionner les meilleurs algorithmes.

## Environnements anciens planétaires

*Origine de la dichotomie martienne* : Dans le cadre de l'étude du basculement de la planète Mars (Bouley et al., 2016), la topographie martienne avant le basculement et la formation de Tharsis a été calculée. Une anomalie topographique existait à l'époque prénoachienne/Noachienne dans la région de Terra Sirenum/Cimmeria. Cette anomalie relance le débat sur la nature des terrains de l'hémisphère sud. Dans ce projet, nous proposons de comprendre l'origine de cette anomalie à partir de différentes données (chimie, magnétisme, gravimétrie, épaisseur crustale) et d'évaluer quelles sont les conséquences de la formation des bassins d'Hellas et Argyre sur la croûte de l'hémisphère sud. Les enjeux de cet axe sont primordiaux car il a pour objectif de proposer une nouvelle hypothèse pour l'origine de la dichotomie martienne.

*Formations des vallées martiennes* : La formation du dôme de Tharsis a déformé la croûte martienne sous l'effet de son poids. Une zone périphérique au dôme a connu une forte subsidence d'environ 1 km. Ces zones correspondent aux régions martiennes où l'on observe les principales vallées de débâcle et les terrains chaotiques. Nous proposons donc de voir si la formation du dôme de Tharsis est à l'origine de ces vallées et de ces terrains chaotiques en modélisant numériquement l'effet d'une charge (dôme de Tharsis) sur une nappe souterraine sous pression (croûte martienne riche en eau ou en glace) et corrélant l'âge de formation des vallées de débâcle avec les différentes phases de formation de Tharsis.

*Cortèges glaciaires/paraglaciaires et glaciation Hespérienne* : La vision du climat martien chaud et humide au Noachien-Hespérien est aujourd'hui remise en question. En effet depuis quelques années des études de géodynamiques planétaires et des modélisations climatiques tendent vers un nouveau modèle plus froid sur les hauts plateaux du sud. Des vallées ramifiées sur les hauts plateaux jusque-là interprétées comme fluviales, peuvent avoir été formées par des processus glaciaires ou fluvio-glaciaires. Dans ce contexte de nouveau modèle climatique, l'objectif de la thèse d'Axel Bouquety est de réétudier ces vallées martiennes anciennes afin de (1) déterminer si des réseaux de vallées martiennes anciennes (3,7 Ga) ont des caractéristiques morphométriques similaires aux vallées glaciaires qui témoigneraient d'une activité glaciaire ancienne ; (2) Définir le type de glacier à leur origine, à savoir à base froide ou base chaude ; (3) Reconstruire le paléo-environnement froid (type de glace, altitude et température de stabilité de la glace, distribution géographique, contexte géologique et climatique...).

*Tsunamis* : implications paléo-climatiques Nous avons débuté une étude morphométrique du cratère Lomonosov (un des candidats à l'origine des tsunamis dans l'HN de Mars). Parallèlement, nous allons étendre la cartographie des dépôts de tsunamis (dépôts lobés avec runups) à l'ensemble de l'HN de Mars. Les tsunamis identifiés dans la région de Terra Arabia sont-ils uniques ou au contraire relèvent d'évènements multiples comme on pourrait s'y attendre ? En contraignant la géométrie et distribution de ces dépôts, la finalité de projet sera de reconsidérer les implications paléoclimatiques de Mars et sur le problème non résolu de la stabilité d'un océan sur Mars lors de la période inconnue de transition Hespérien/Amazonien. Ce projet est réalisé en

collaboration avec JAP. Rodriguez (Univ. Arizona, Tucson), S. Clifford (LPI, Houston) et K. Kelfoun (Clermont-Ferrand).

*Influence des différents régimes de convection dans un manteau planétaire à la fin de la solidification de l'océan de magma sur l'évolution précoce des planètes telluriques* : Deux espèces de volatils en particulier, CO<sub>2</sub> et H<sub>2</sub>O, affectent les environnements primitifs, aussi bien les surfaces solides que les atmosphères. La température à la surface de la couche limite thermique en croissance à la fin de la phase océan de magma, ainsi que la pression atmosphérique causée notamment par les volatils exsolvés, résultent de l'évolution thermique couplée entre océan de magma et atmosphère. L'objectif de ce projet est de modéliser l'évolution thermique des premiers âges des planètes telluriques et notamment de la phase suivant le refroidissement rapide (ERCS) étudiée dans notre précédent projet (voir partie Bilan). Pour cela, des lois d'échelle pour le flux de chaleur associé aux différents régimes de convections (résultats qui seront issus des expériences analogiques menées au FAST par A. Davaille et son équipe) seront introduites dans le code numérique 1D d'évolution couplée de l'océan de magma (puis manteau terrestre) et de l'atmosphère que nous avons développé. D'autres effets, tels que par exemple, les effets de chauffage dus aux effets de marée dans l'océan de magma seront également étudiés et pris en compte.

### **Interopérabilité des données et outils de visualisation**

Une revue des archives de données de surfaces planétaires est en cours, dans le cadre du volet VESPA (<http://www.europlanet-vespa.eu/>) d'EUROPLANETH2020 pour intégration dans l'Observatoire Virtuel planétaire (conversion des données HRSC et VIRTIS-VEX). Le travail de standardisation continue sur les données de bas niveau avec l'adaptation des métadonnées du modèle de caméra aux formats astronomiques (en collaboration avec l'USGS). Côté visualisation, nous poursuivons l'effort de généraliser les outils développés aux applications scientifiques et de communication propre du laboratoire.

### **6.1.3 Paléoclimat et Dynamique Sédimentaires (PDS)**

Au cours du prochain quinquennal, l'équipe PDS va poursuivre ses activités de recherche autour de l'étude des archives sédimentaires marines et lacustres du Quaternaire dans le but d'améliorer notre capacité à comprendre la dynamique du climat et les impacts de sa variabilité sur l'environnement (érosion, écosystèmes, événements extrêmes). Les travaux de recherche de l'équipe se focaliseront sur 5 défis scientifiques majeurs de la paléoclimatologie: 1/ caractériser la variabilité climatique naturelle autour d'états moyens et extrêmes avec une meilleure identification des forçages (solaire/astronomique – volcanique); 2/ reconstruire la variabilité climatique rapide afin d'explorer les téléconnexions climatiques inter-hémisphériques et inter-latitudes – en incluant un focus particulier sur la synchronisation temporelle entre les archives continentales et marines (lien avec l'axe transversal téphrochronologie); 3/ comprendre la variabilité et le rôle des masses d'eau intermédiaire et profonde sur la circulation océanique méridienne et sur le cycle du CO<sub>2</sub>; 4/ caractériser les liens existant entre les cycles biogéochimiques et le climat, en concentrant nos efforts sur le rôle qu'a pu jouer la biosphère sur le cycle du carbone; et enfin 5/ mieux contraindre la variabilité de la circulation atmosphérique passée à partir de l'étude du dépôt de poussières minérales. Ces grands défis scientifiques seront abordés dans le cadre de trois chantiers d'études. Conjointement à ces chantiers, les modalités d'acquisition et de préservation des signaux chimiques et isotopiques dans les biocarbonates et phases authigéniques seront étudiées afin d'améliorer la calibration des différents traceurs organiques et inorganiques du climat.

### **Compréhension et variabilité des systèmes de mousson (africaine, indienne, SE asiatique)**

Les périodes humides africaines (AHPs) se caractérisent par une transformation majeure du cycle hydrologique du Sahara favorisant ainsi le développement de vastes réseaux fluviaux, de la faune et de la flore tropicales dans une région actuellement hyperaride. Peu d'études ont été consacrées aux AHPs plus anciennes que la dernière AHP daté du début de l'Holocène qui est relativement bien contrainte à ce jour. Nous proposons d'étudier les poussières éoliennes apportées depuis le Sahara et le Sahel, et plus particulièrement ses variations temporelles de flux et de composition. Ceci permettra d'apporter, en plus des informations sur la circulation atmosphérique, des informations précieuses sur sa provenance et les changements de conditions environnementales régnant au niveau de ces sources. Cette caractérisation des poussières sahariennes déposées au cours des AHPs au niveau de la marge Ouest Africaine ou lors des dernières périodes glaciaires le long de la marge amazonienne (Mission océanographique AMARYLLIS prévu en 2019 ou 2020) permettra, de façon

indirecte mais inédite, des reconstructions du cycle hydrologique saharien associé à la mousson ouest-africaine.

En Asie du SE, les évolutions à long terme de l'intensité de la mousson Est Asiatique durant le Quaternaire restent toujours mal contraintes à cause de fortes disparités existant entre les enregistrements disponibles à ce jour entre les hautes et basses latitudes de l'Asie du SE. Il est actuellement difficile d'avoir un canevas précis de l'évolution spatiale et temporelle du régime des pluies et du régime des vents de mousson sur le domaine SE asiatique et ainsi de déterminer les mécanismes contrôlant l'évolution à long terme de la mousson. En effet, il est difficile de déterminer si la variabilité de la mousson est contrôlée par l'insolation reçue par la Terre aux basses latitudes ou si elle est dynamiquement liée à des interactions couplant hautes et basses latitudes impliquant l'extension de la calotte de l'hémisphère Nord, des interactions océan-atmosphère liées à l'ENSO ou bien une combinaison de l'ensemble de ces processus. Dans ce contexte, nous allons poursuivre des études visant à restituer, à différentes échelles de temps et à forte résolution temporelle, l'intensité des moussons d'été et d'hiver de la région SE asiatique durant le Quaternaire via différents traceurs minéralogiques et biogéochimiques permettant de retracer les changements de productivité de surface (coccolithophoridés) et de flux terrigène (minéralogie des argiles,  $\epsilon\text{Nd}$ , ...). Par ailleurs, nous nous attacherons également à reconstituer depuis la dernière période glaciaire les variations de la circulation des masses d'eaux intermédiaires du Golfe du Bengale jouant un rôle prépondérant dans les transferts de sel et de chaleur et les échanges de carbone océan - atmosphère, à partir d'une étude multi-traceurs ( $\delta^{13}\text{C}$ ,  $^{14}\text{C}$ ,  $\epsilon\text{Nd}$ , Mg/Ca, Sr/Ca...) analysés sur plusieurs carottes marines.

Nos activités de recherche viseront, par ailleurs, à comprendre le rôle que le climat (précipitation à terre, et niveau marin) a pu jouer sur la dynamique de transfert terre – mer des sédiments par les systèmes turbiditiques du Sud de Taiwan (Mission HydroSed, juin 2018). Nous nous attacherons plus particulièrement à restituer la récurrence passée des événements extrêmes tels que les paléo-typhons qui induisent des écoulements sédimentaires dans le chenal de Gaoping et des liens potentiels existants avec les changements de la T°C des eaux de la warm pool du Pacifique.

### **Dynamique du climat européen et du pourtour Méditerranéen : couplage hydrologie Méditerranée et en Atlantique**

Nous souhaitons tester les différents scénarii hydrologiques ayant conduit à des modifications de la circulation thermohaline en Méditerranée au cours des événements humides du dernier cycle climatique. Notre objectif est de mieux contraindre les mécanismes à l'origine des modifications hydrologiques lors des événements climatiques rapides de la dernière période glaciaire et leurs éventuels impacts sur la mise en place des dépôts riches en matière organique (i.e. ORL, sapropèles). Pour cela, nous proposons de restituer les variations hydrologiques des masses d'eaux intermédiaires et profondes en Mer Méditerranée centrale. Nous utiliserons la différence d'âge 14C entre les eaux du fond, de la zone intermédiaire et la surface afin de déterminer les changements de ventilation des masses d'eaux intermédiaires et profondes combinées au traçage de l'origine des masses d'eau à partir de la valeur de l' $\epsilon\text{Nd}$  des foraminifères. L'analyse de l' $\epsilon\text{Nd}$  sera également réalisée autour des sapropels S3 et S5 (au-delà de 30 ka) afin de contraindre l'hydrologie à l'origine de ces événements anoxiques sous des conditions environnementales différentes. En parallèle, nous allons mener des études dans les bassins intracontinentaux (lacustres et marins) de l'Eurasie – (mer de Marmara – Noire – Caspienne – Aral) et leurs pourtours en vue de restituer les paléoclimat et paléoenvironnement de la bordure Nord et Sud-Est de la Méditerranée à une échelle temporelle séculaire et de spécifier le rôle des hautes et basses latitudes sur le climat en Méditerranée.

### **Variabilité du climat des hautes latitudes de l'hémisphère Sud (secteurs Pacifique et Indien)**

Les changements climatiques enregistrés au cours du Quaternaire à partir des archives cryosphériques montrent une bonne corrélation entre les variations de la pCO<sub>2</sub> atmosphérique (~80-150 ppm), les températures globales de la terre (~4-5°C), et le volume des glaces à l'échelle des cycles Glaciaires/Interglaciaires (G/IG). Ces changements peuvent être totalement expliqués par des variations dans les échanges de CO<sub>2</sub> entre l'Océan Austral et l'atmosphère, via des modifications de la circulation océanique, de la productivité biologique et de la couverture de glace. Nous avons montré au cours du précédent quinquennal que le dégazage de CO<sub>2</sub> au niveau de l'Océan Austral via une diminution d'efficacité des pompes physique (reprise des upwelling austraux) et biologique contribuait de manière significative, à l'augmentation de la pCO<sub>2</sub> atmosphérique au cours de la dernière déglaciation. Or, chaque déglaciation présente sa propre configuration, et une meilleure

caractérisation des mécanismes à l'origine des augmentations de pCO<sub>2</sub> atmosphériques permettrait une meilleure compréhension de la dynamique du cycle du carbone au Quaternaire. Nous proposons d'explorer la dynamique des pompes biologiques marines et continentales au cours des 800 derniers ka, en comparant plus particulièrement les Terminaisons 5 et 1 via des analyses géochimiques (COT, CaCO<sub>3</sub>, δ<sup>13</sup>C...) et micropaléontologiques (coccolithophoridés) de carottes marines australes. Une diminution de la pompe biologique en lien direct avec des changements de circulation dans le système océan-atmosphère, pourrait expliquer les augmentations globales du CO<sub>2</sub> atmosphérique pendant les dernières déglaciations. Nous proposons aussi, dans le cadre du projet INSU-SEPORA et de la thèse de Consuelo Martinez Fontaine (2018-2021) de construire un modèle chronologique précis de la terminaison 1 des carottes marines baignées par les eaux intermédiaires et profondes par une approche téphrochronologique et par des datations <sup>14</sup>C sur foraminifère (EchoMicadas) permettant de prendre en compte les changements des âges <sup>14</sup>C du réservoir océanique de surface (R<sub>surf</sub>) et d'intégrer les enregistrements continentaux et marins dans un canevas temporel commun. Nous proposons de compléter cette approche "multi-traceur" par l'analyse d'indicateurs géochimiques (δ<sup>13</sup>C et Δ<sup>14</sup>C) sur foraminifères benthiques.

### **Optimisation des mesures de traceurs géochimiques : modalités d'acquisition et de préservation des signaux chimiques et isotopiques**

La restitution des variations des conditions paléo-environnementales dans le passé peuvent se réaliser via l'utilisation de traceurs géochimiques. Néanmoins, l'utilisation de ces traceurs peut être difficile en l'absence d'informations sur les modalités de leur acquisition, en particulier dans les biominéraux, et de leur préservation dans des archives sédimentaires. Afin de mieux comprendre ces modalités d'acquisition, l'équipe PDS est focalisée sur plusieurs types de biominéraux et différents traceurs géochimiques, avec en particulier les coraux (εNd et Δ<sup>14</sup>C) et les foraminifères (benthiques et planctoniques, rapports élémentaires). L'approche adoptée consiste notamment à récupérer des échantillons modernes (spécimens vivants ou récemment morts) ainsi que l'eau dans lesquels ils ont effectué leur croissance (eau de fond et eau interstitielle) grâce aux différentes campagnes océanographiques dans lesquelles l'équipe est impliquée pour comparer les signaux géochimiques mesurés dans les biominéraux avec les valeurs obtenues dans les eaux. Par ailleurs, pour une meilleure compréhension des processus de biominéralisation, nous développons également des analyses géochimiques et minéralogiques à très petite échelle pour mieux comprendre la variabilité intra- et interspécifique. Cette approche est notamment rendue possible grâce aux instruments récemment acquis dans PANOPLY. Enfin, nous développons actuellement une étude sur l'impact des différents protocoles de nettoyage avant analyse sur les signaux élémentaires mesurés dans différentes espèces de foraminifères planctoniques d'archives sédimentaires de la warm-pool du Pacifique Ouest.

#### **6.1.4 Géochronologie et Dynamique des Systèmes Volcaniques (GDSV)**

Les thématiques de recherche actuelles de l'équipe seront développées afin de mieux contraindre le fonctionnement des systèmes volcaniques et leur évolution temporelle. Les efforts pour les 5 années à venir porteront plus spécifiquement sur l'étude des systèmes volcaniques actifs, des processus d'instabilités gravitaires, la dynamique des processus érosifs, et les développements méthodologiques en géochronologie.

##### **Développements méthodologiques et instrumentaux**

Un des projets majeurs de l'équipe GDSV sera l'installation et la mise en œuvre d'un nouvel instrument (GRACE) dédié à la datation haute-sensibilité <sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar. Ce projet, porté conjointement avec nos collègues du LSCE, a été financé par la région IdF, la Faculté des Sciences d'Orsay, le LSCE et GEOPS. Nos deux équipes ont une expertise reconnue au niveau national et international pour la datation K-Ar et <sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar.

Cette installation repose sur un spectromètre multi-collection nouvelle génération Isotopix, dont la sensibilité et la dynamique de mesure nous permettront d'aborder des thématiques jusque-là inaccessibles. Couplé à un laser CO<sub>2</sub> et à sa ligne d'extraction et de purification automatisée, il permettra la datation sur mono-cristaux, par exemple des feldspaths dans les téphras volcaniques.

En parallèle, nous poursuivons le développement de la datation K-Ar in-situ. L'instrument KARMARS (Cattani et al., in prep.) a permis de démontrer la faisabilité de la datation K-Ar in-situ appliquée aux roches martiennes, avec des compositions basaltiques et des âges jusqu'à 400 Ma. Nous envisageons d'améliorer cet

instrument par l'acquisition d'un nouveau spectromètre quadrupolaire et un laser infrarouge, notamment, pour étendre l'applicabilité de cet instrument vers les âges plus jeunes.

### **Aléas naturels (processus éruptifs et gravitaires)**

L'aléa volcanique est l'un des risques telluriques majeurs dans les Andes, particulièrement en Equateur où la densité de volcans actifs ou potentiellement actifs est très importante. Nous poursuivons la collaboration engagée il y a quelques années dans le cadre du Laboratoire Mixte International « Séismes et Volcans dans les Andes du Nord » entre le laboratoire GEOPS, l'IRD et l'IG-EPN (Quito), pour l'étude des volcans potentiellement actifs d'âge quaternaire en Equateur. Après avoir étudié des volcans du nord et de sud de l'arc équatorien dans le cadre de la thèse de M. Bablon, nous nous focaliserons sur la partie centrale de l'arc, la région la plus densément peuplée où se situe Quito.

L'évolution géologique des îles océaniques est le plus souvent marquée par des effondrements sectoriels catastrophiques, qui produisent des avalanches de débris volumineuses capables de générer des tsunamis géants. Nos recherches récentes ont permis des avancées significatives sur les âges, les causes, les mécanismes, et les conséquences des effondrements géants. La datation K-Ar des événements les plus volumineux reconnus à ce jour ( $> 10 \text{ km}^3$ ) suggèrent notamment que la plupart des déstabilisations durant le Quaternaire sont corrélées aux changements paléoclimatiques (Quidelleur et al., 2008). En outre, les travaux récents sur les Canaries plaident en faveur du déclenchement parfois synchrone de plusieurs événements à l'échelle d'un archipel (Boulesteix et al., 2013). Ce qui suggère un processus en cascade, par exemple lorsque le tsunami généré par un effondrement impacte les îles voisines instables et engendre leur déstabilisation soudaine.

Cependant, les âges mesurés demeurent à ce jour insuffisamment précis pour pouvoir confirmer cette hypothèse et envisager la recherche systématique de cas similaires. De fait, nous avons identifié un nombre croissant d'effondrements sectoriels et de dépôts potentiellement générés par des mega-tsunamis passés, mais l'âge, la géométrie et la récurrence de ces déstabilisations, critiques pour une meilleure caractérisation de l'aléa lié aux tsunamis, demeurent à ce jour insuffisamment bien contraints.

La mise en œuvre du nouveau spectromètre de masse haute-sensibilité offre des perspectives extrêmement intéressantes, notamment pour la datation  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  précise sur mono-grains des dépôts de blasts (éruptions explosives dirigées) engendrés par la décompression du système d'alimentation lors des effondrements. La datation des avalanches de débris et des dépôts de paléo-tsunamis demeure également un enjeu majeur, afin de progresser davantage sur les liens génétiques entre effondrements sectoriels et nucléation de vagues, car elle-seule permettra de relier un effondrement donné à un dépôt, parfois très éloigné. Ces dépôts sont par nature très hétérogènes, incluant des blocs de provenance, et donc d'âges parfois divers. La possibilité de réaliser un grand nombre d'analyses géochronologiques précises sur ces dépôts ou les unités qui les encadrent constitueront un atout important. Nous appliquerons cette approche à des chantiers d'études déjà engagés comme les îles du Cap-Vert, les Açores et les Canaries.

Enfin, nous poursuivons la modélisation à 2-D des conditions physiques qui dictent la distribution de gaz et de pression dans les conduits volcaniques (Massol, 2018). Nos futurs modèles seront développés pour rendre compte des diversités de géométrie observées dans les systèmes naturels.

### **Etude des processus érosifs**

Grâce à la mise en œuvre de ce nouvel outil de datation GRACE, nous poursuivons la caractérisation des conditions et mécanismes d'érosion des édifices volcaniques sur le long, le moyen et le court terme, l'étude des relations entre altération, érosion chimique et érosion mécanique, et l'évaluation de l'aléa lié aux mouvements de terrain et aux écoulements denses (lahars, écoulements concentrés). Les chantiers ciblés pourront être, par exemple, les Antilles, les Canaries, les Carpates, le Cap Vert, sites pour lesquels nous disposons déjà d'une expertise reconnue. Une attention particulière sera portée à la comparaison des processus d'érosion des régions tropicales, pour lesquelles nous avons acquis de nombreuses données, avec les zones tempérées, comme les Carpates (thèse de S. Dibacto).

Nos travaux sur la thématique érosion incluent également l'étude des dépôts et débris associés. La cartographie des brèches indurées sur Tahiti permet notamment de reconstruire les phases d'érosion-comblement du relief à différentes époques. Cette approche permet de discuter la contribution d'événements soudains à la dynamique graduelle d'évolution sur le plus long terme, et de prendre en compte le caractère potentiellement

très destructeur des événements érosifs extrêmes (flash-floods, lahars, debris-flows et écoulements hyper-concentrés).

### **Volcanisme et dynamique du globe**

Un nouveau chantier a débuté avec l'étude du volcanisme sous-marin aux Antilles en relation avec l'activité tectonique. Dans le cadre de l'ANR SerSurf (Escartin, IPGP), la datation des édifices volcaniques sous-marins mis en place à l'aplomb des systèmes de failles normales présents entre la Guadeloupe et la Dominique permettra de reconstruire l'activité sismique passée de cette région. Par ailleurs, l'étude des relations entre volcanisme et tectonique en contexte de point-triple sera poursuivie par l'étude du volcanisme de la région des Açores. Les études menées sur la ligne volcanique du Cameroun seront également poursuivies afin de mieux caractériser les relations entre les sources magmatiques et les activités éruptives.

#### **6.1.5 Relief, Bassin et Ressources (RBR)**

L'équipe RBR est constituée de pétrologues, de géochimistes, de structuralistes, de sédimentologues et d'un géophysicien. Nos compétences nous permettent d'appréhender la diversité des processus de création des reliefs, de transferts / dépôts des sédiments et des interactions fluides/minéraux de manière à mieux comprendre la formation des ressources énergétiques (fossiles, métaux ou géothermie) dans leur globalité et de les contraindre à partir d'approches quantitatives croisées. L'équipe souhaite au cours du prochain quinquennat :

- 1) poursuivre les travaux en cours concernant les mouvements verticaux de la lithosphère, l'évolution de la croûte continentale (quantification et datation des épisodes d'érosion, définition des mécanismes à l'origine), et la caractérisation des processus diagenétiques dans les bassins sédimentaires,
- 2) accentuer les efforts sur la problématique « ressources » en développant de nouvelles méthodologies comme la datation et le traçage géochimique sur minéraux et inclusions fluides, tout en intégrant l'empreinte structurale, notamment dans les gisements d'uranium,
- 3) développer de nouvelles thématiques comme l'altération et le transport de sédiments – approche « source to sink » et à mieux appréhender le changement d'échelle dans l'étude des réservoirs avec une application en géothermie,
- 4) et enfin, augmenter son potentiel analytique et méthodologique via le développement de méthodes d'analyse innovantes au niveau international comme la géochronologie (U-Th)<sup>4</sup>He et <sup>21</sup>Ne sur (hydr)-oxydes de fer; la datation U/Pb sur phases minérales variées : apatite, zircon, calcite, minéraux diagenétiques..., et des analyses élémentaires in situ par ablation laser des phases minérales et inclusions fluides. Un fort développement autour des inversions conjointes de données sismiques et électriques en présence d'anisotropie sera entrepris pour la quantification de la fracturation et de la problématique « géothermie ».

Nos axes de recherches futures s'articuleront autour de 4 grands thèmes :

#### **Évolution géodynamique de la lithosphère et la construction et évolution des reliefs**

Durant ce futur quinquennat, nous souhaitons poursuivre les travaux en cours concernant les mouvements verticaux de la lithosphère et l'évolution des reliefs de la croûte continentale, à l'aide de la quantification et datation des épisodes d'érosion et de la définition des mécanismes à l'origine de ces mouvements. Pour cela, nous travaillerons sur l'étude de la construction et de l'évolution des reliefs des marges continentales (Algérie en particulier) et des domaines intraplaques (Maroc, France). Un des sujets de recherche sera spécifiquement consacré à la compréhension des relations entre la dynamique lithosphérique, la tectonique et le climat sur la construction et l'évolution des reliefs terrestres (Kerguelen, Alpes Japonaises, Andes, ...).

#### **Évolution de la croûte continentale : le système « source to sink »**

Depuis de nombreuses années, l'équipe s'attache à décrire les mouvements verticaux essentiellement positifs (épisodes de surrection et dénudation) de la croûte continentale. Nous souhaitons élargir cette approche en intégrant le système depuis la source jusqu'au dépôt, notamment dans le contexte des marges passives, qui constituent des réservoirs significatifs en termes de ressources. Nos chantiers principaux seront les marges Guyanaise et sud-est Africaine (onshore et offshore) et le bassin d'avant-pays Pyrénéen, via les projets ANR RECA, Convergence STS (Brgm-Total), Total et CLAYCOAT (ENGIE). Les méthodes de thermochronologie

basse température et de géochronologie sur (hydr)-oxydes de fer, nous permettront de quantifier les phases d'érosion et d'altération dans le temps et d'établir des volumes de roches érodés. L'analyse des bilans sédimentaires sur les marges permettra d'établir le lien avec les phases d'érosion et d'élaborer un modèle complet et équilibré « source to sink ». Il sera ainsi possible de définir le temps de réponse des systèmes et l'évolution dans le temps de la géométrie des systèmes continentaux. Cet axe de recherche est en lien avec l'axe transversal «ESCAPADE» qui démarrera lors de ce nouveau quinquennat.

### **Couplage stratigraphie/diagenèse : implication sur les simulations numériques des écoulements dans les réservoirs et application en géothermie**

Cet axe s'attèle à caractériser les paramètres contrôlant l'évolution du sédiment au cours de la diagenèse. En particulier, les conditions environnementales initiales lors du dépôt seront reliées avec les géométries stratigraphiques, les processus diagénétiques et les propriétés physiques comme la perméabilité hydrique. Dans les séries gréseuses, par exemple, les tapissages argileux ont un rôle prépondérant sur la préservation des perméabilités pendant l'enfouissement et leur localisation spatiale dans les grès, replacée dans un schéma environnemental et sédimentaire, permettra d'améliorer les prédictions des qualités réservoirs d'hydrocarbures ou géothermiques (projet CLAYCOAT). Afin d'optimiser l'exploitation croisées des géo-ressources (géothermie, stockage de gaz et eau potable) et afin d'améliorer la prédiction de l'évolution de la qualité des réservoirs, nous souhaitons pouvoir développer une modélisation hydrodynamique de deux aquifères de la région parisienne (Crétacé inférieur et Dogger), en lien avec le projet IDEX Paris Saclay. Dans ce contexte, le problème principal est l'intégration du changement des échelles entre les observations sur carottes voire de lames minces et les modèles à l'échelle kilométrique. A l'échelle de la carotte, échelle millimétrique à métrique, la modélisation visera à déterminer, sur la base des observations, les paramètres locaux du réservoir (perméabilité absolue et relative et porosité). À l'échelle du réservoir, la variabilité spatiale des mesures locales sera abordée de façon géostatistique afin d'établir les modèles de réservoir pour les simulations géothermiques. Ces approches sont un prérequis à toute amélioration de la prédiction des écoulements (hydrodynamique et thermique) dans les réservoirs en général.

### **Ressources minérales stratégiques et énergétiques**

L'objectif de cet axe vise une meilleure caractérisation de l'origine des fluides minéralisateurs, qui permettra de mieux comprendre les processus opérant lors de la concentration et le dépôt de certains éléments en masse (associés aux ressources de base, critiques/stratégiques, ou énergétiques), que ce soit dans les bassins sédimentaires, les zones orogéniques, les zones cratoniques ou en contexte magmatique. Afin de comprendre les concentrations en masse d'éléments, des études pétrologiques et géochimiques seront conduites au préalable sur les roches encaissantes des minéralisations (sédimentaires, magmatiques). Un autre objectif de cet axe concernera la caractérisation du potentiel de revalorisation des déchets de gisements exploités comme les poussières industrielles générées lors de la fabrication des minerais. Nous utiliserons les approches nouvelles comme la datation et le traçage géochimique sur minéraux et inclusions fluides pour quantifier : i) l'origine des fluides ; ii) la datation des minéralisations de fluorine ou calcite ; iii) l'étude macro et microstructurale des fractures et failles des fluides minéralisateurs ; Des études dans divers contextes géodynamiques seront réalisées pour contraindre les transports (mécanismes) de fluides minéralisateurs en relation avec l'évolution géodynamique. Les exemples de minéralisations suivants seront étudiés :

- 1) Dans les bassins d'avant pays avec les calcites, oxydes de fer et fluorine comme indices de la mise en place des fluides (Pyrénées nord et sud, Argentine).
- 2) A l'interface socle-couverture afin d'utiliser ces minéralisations comme des marqueurs de la structuration et des circulations de fluides dans les bassins (exemple des minéralisations de fluorine du Bassin de Paris et leur lien avec l'activité géodynamique au Crétacé inférieur sera poursuivie/approfondie, programmes CESSUR),
- 3) La compréhension des chemins de migration de fluides et des minéralisations dans le socle en lien avec le contexte structural (les gisements d'uranium de l'Athabasca, Canada, ayant de plus haute teneur au monde, en sont un exemple idéal, et est soutenu via un contrat de collaboration AREVA).
- 4) L'origine des fluides riches en CO<sub>2</sub> circulant dans un bassin en extension (bassin pannonien, Hongrie), à travers l'étude de la concentration en carbone dans le manteau supérieur grâce à la micro-tomographie X (ANR MANTLEDIOX 3D soumis).
- 5) L'origine des concentrations en éléments stratégiques dans les contextes magmatiques et les processus associés à l'hydrothermalisme (exemple des îles magmatiques des Canaries).

- 6) La caractérisation de la revalorisation des déchets avec l'exemple des poussières industrielles du minerai de Mn et de Ni (Gabon, Afrique du Sud et Nouvelle Calédonie) et des gisements de Pb-Zn (projet EU H2020 en cours de demande).

### 6.1.6 Axes transversaux

#### Axe transversal « Milieux Arctiques »

Cet axe de recherche, transversal aux équipes « Géomorphologie Planétaire » et « HYDRO3G » fédère au sein de GEOPS, depuis une dizaine d'années, les activités des deux équipes sur les milieux arctiques, principalement en Sibérie (Yakoutie centrale) et au Svalbard. La recherche se focalise sur les conséquences du changement climatique sur les dynamiques des flux de matières (sédiments, eau, carbone) au sein de et entre différents compartiments des surfaces et interfaces continentales (sol, couche active et pergélisol, lacs, glaciers, nappes souterraines) par des approches de terrain (mesures in-situ sur des sites instrumentés dont un site de l'IR nationale OZCAR au Spitsberg), des expérimentations en chambres froides, des mesures géochimiques en laboratoire, et de la modélisation. Au-delà du réseau de collaborations mis en place à l'échelle locale (LSCE), nationale (IPAG, Thema, FEMTO-ST) et internationale (Russie, Canada, Corée du Sud), les activités scientifiques de l'axe s'appuient également sur l'arrivée en 2018 d'un lauréat de l'appel à projet MOPGA (F. Bouchard) pour une période de 4 ans.

#### Projet « Retrogressive thaw slumps » ou étude de deux indicateurs du dégel du pergélisol

GEOPS : A. Séjourné, F. Costard, F. Bouchard, L. Dupeyrat, A. Saintenoy, Ch. Marmo ; Collaborations externes : A. Decaulne (IPAG), A. Fedorov (Melnikov Permafrost Institute, Russie), : D. Fortier (Montréal) ; C. Grenier, V. Daux (LSCE),

Pour mieux quantifier et comprendre les processus en jeu lors du dégel du pergélisol en Yakoutie Centrale, nous allons suivre chaque année le développement de deux indicateurs : les « retrogressive thaw slumps » et les lacs thermokarstiques dans deux sites. Pour cela, deux sites sont instrumentés pour suivre l'évolution thermique du pergélisol et des échanges d'eaux en subsurface dans la couche active (sondes) ainsi que l'évolution topographique en surface (drone et GNSS). Nous remonterons jusqu'à 150 ans grâce à la dendrochronologie des arbres perturbés par le dégel et des images aériennes anciennes (1945). Un des objectifs est de mieux contraindre l'initiation de la fonte en relation avec le climat et le contenu en glace du pergélisol (forages et radar). La compréhension de ces changements peut aider à mieux prédire l'impact du dégel futur du pergélisol.

Le pergélisol sibérien présente de fortes hétérogénéités qui influencent le taux de recul des retrogressive thaw slumps (Séjourné et al., 2014). Nous avons débuté une série d'expériences en chambre froide sur le comportement d'un pergélisol (1 tonne) présentant diverses discontinuités verticales (coins de glace) et horizontales (couche de glace). L'objectif ici est de hiérarchiser les principaux paramètres à l'origine de la dégradation du pergélisol et de quantifier l'affaissement et/ou le recul par une approche morphométrique (Costard et al., 2018). En collaboration avec l'Université de Montréal (D. Fortier) des protocoles expérimentaux communs et un système partagé de stockage et d'analyse des données avec l'IPSL (Ch. Marmo) seront mis en place.

#### Projet « PEGS » : PErgélisol et Gaz à effet de serre en Sibérie

GEOPS : F. Bouchard, A. Séjourné, Ch. Marlin, F. Costard, A. Noret ; Collaborations externes : C. Grenier, C. Hatté (LSCE), A. Fedorov (Melnikov Permafrost Institute à Yakutsk – Russie, Alfred-Wegener Institute à Potsdam, Université du Québec à Montréal (Canada).

Le projet PEGS vise entre autres à quantifier les flux, les sources et l'âge des gaz (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>) émis par le dégel du pergélisol au sein de lacs thermokarstiques en Yakoutie, à haute résolution temporelle et spatiale dans un site représentatif. Ce projet, complémentaire à l'étude déjà en cours sur la quantification de la dégradation du pergélisol permettra de connaître le relargage de carbone due aux sites de fonte localisée (cf. partie précédente). Les travaux qui seront entrepris au cours des quatre prochaines années (2018-2022) incluent : la caractérisation des gaz par géochimie isotopique, les simulations en chambre froide et des analyses paléoenvironnementales (sédiments lacustres et stratigraphie du pergélisol). Ce projet est financé par l'ANR dans le cadre du

programme 'Make Our Planet Great Again' de la Présidence française et implique de nombreuses collaborations.

### **Impact du changement climatique sur un bassin versant englacé au Spitsberg occidental (Svalbard)**

GEOPS : C. Marlin, A. Saintenoy, M. Pessel, A. Noret, G. Monvoisin, M. Massault ; Collaborations externes : M. Griselin, F. Tolle, E. Bernard (Thema), J.M. Friedt (FEMTO-ST), J.Y. Jung (KOPRI, South Korea)

Le projet ALWA (Austre Lovénbreen – WATER) vise à étudier, à long terme, les réponses hydrologique, hydrogéologique et géochimique d'un petit bassin versant glaciaire au Spitsberg (bassin versant du glacier Austre Lovénbreen). Pour ce faire, le bassin versant a été équipé pour le suivi annuel et/ou saisonnier des différentes composantes du bilan hydro-glaciologique (précipitations, cours d'eau, pergélisol, couche active, glacier) grâce aux soutiens de 2 projets ANR, du CNRS et de l'IPEV. Durant le quinquennal précédent, le bassin a été intégré dans l'IR national OZCAR au sein du réseau Cryo-obsclim coordonné par l'IGE-Grenoble. C'est le seul système suivi en Arctique dans l'infrastructure. Les résultats acquis ont montré que les flux d'eau douces annuels à l'exutoire du bassin avaient tendance à augmenter dans le temps (+95 mm/a sur ~1 à 1,5 m d'écoulement annuel) en lien avec l'augmentation de la température (donc de la fonte) et l'augmentation des hauteurs de précipitations liquides. L'objectif du prochain quinquennal sera (1) de confirmer ou d'infirmer les relations observées entre les flux d'eau et la température et (2) d'étudier plus particulièrement l'évolution saisonnière des flux de solutés majeurs comme le C et le S. Il s'agira d'identifier les sources et puits de ces éléments dans le glacio-hydrosystème afin d'en comprendre les dynamiques temporelles à l'exutoire du bassin.

### **Axe transversal « Téphrochronologie »**

Au cours du prochain quinquennal les travaux de recherche du thème transversale « téphrochronologie » se recentreront essentiellement sur deux défis majeurs : i) Synchronisation des archives climatiques marines et terrestres par téphrochronologie et calibration de l'échelle radiocarbone et ii) Téphrochronologie de la NVZ et calibration de l'échelle d'âge Quaternaire. Conjointement à ces chantiers, le développement analytique LA-ICPMS-HR sur mono esquille de verres volcaniques représentera une part importante des activités de recherche de l'axe transversal téphrochronologie afin de retracer les processus pétrogénétiques (cristallisation, mélange) liés à la mise en place des éruptions explosives. En parallèle, la datation directe des téphras par  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  sur mono-cristal sera développée grâce à l'installation du nouveau spectromètre de masse multicollection GRACE, qui sera opérationnel au début de l'année 2019.

### ***Synchronisation des archives climatiques marines et terrestres par téphrochronologie et calibration de l'échelle radiocarbone***

Ce volet se focalisera essentiellement sur l'Hémisphère Sud (marge sud-est Pacifique). Nous proposons d'étendre et construire un modèle chronologique précis des carottes marines de la SVZ (40-49°S) par une approche téphrochronologie et par de datations SMA  $^{14}\text{C}$  sur foraminifères planctoniques associés aux niveaux de cendres volcaniques permettant de prendre en compte les changements des âges  $^{14}\text{C}$  du réservoir océanique de surface et d'intégrer les enregistrements continentaux et marins dans un canevas temporel commun. D'autre part, cette étude permettra de reconstruire l'activité explosive des volcans patagoniens qui demeure toujours mal connu grâce à l'étude de séries sédimentaires lacustres localisés en zone distale par rapport aux principaux centre éruptifs de la SVZ (40-42°S). Un point fort à la réalisation de ce projet porte sur la récente acquisition d'un système compact radiocarbone (CRS) EchoMicadas qui permettra d'effectuer un grand nombre d'analyses sur de petits échantillons (1 mg) de carbonates biogéniques (foraminifères).

En perspective, EchoMicadas permettra aussi de dater directement les pollens extraits des carottes sédimentaires marines et continentales. L'enjeu scientifique est très important car, si les mesures radiocarbone effectués à la fois sur les pollens et sur les niveaux de cendres (bien datés par  $^{14}\text{C}$  sur foraminifères et/ou charbon sur les séries continentales) sont statistiquement significatives (1  $\sigma$  d'erreur), nous serons en mesure pour la première fois de bien quantifier les âges  $^{14}\text{C}$  réservoir de l'océan de surface sur tout l'enregistrement climatique permettant ainsi l'établissement de modèles d'âge très précis. La validation de cette nouvelle méthode pourra aussi avoir un impact considérable pour résoudre les problématiques de calibration de l'échelle d'âge radiocarbone, qui restent toujours mal établis en continu au-delà de 15,000 ans. Cette thématique de recherche s'inscrit dans le cadre de collaborations à l'échelle internationale au sein du programme SHAPE (Southern Hemisphere Assessment of PalaeoEnvironments), du programme d'Action Intégrée France/Chili ECOS « Impact des changements de circulation et de la fonte des calottes patagoniennes sur la régulation du

CO<sub>2</sub> atmosphérique par l'Océan Austral », et bénéficie de financements obtenus dans le cadre de l'Action INSU (2016-2018) LEFE-SEPORA: (South-East Pacific Ocean Reservoir Age).

### ***Tephrochronologie et calibration de l'échelle d'âge Quaternaire.***

Dans un premier temps, nous nous focaliserons sur la partie nord de l'arc andin (NVZ) qui présente un volcanisme dense très actif depuis ca. 1 Ma. Nous proposons de préciser et reconstruire l'activité de ces volcans par l'étude des sites ODP 1239 et 1240 du Leg 202 localisé au large de la marge équatorienne et qui contiennent un grand nombre de niveaux de cendres couvrant le Quaternaire moyen à supérieur.

Combinée aux études menées à terre, la datation directe de ces téphras sur la fraction saine des verres volcaniques des carottes marines sera envisagée afin de développer cette approche pour les nombreux téphras sur lesquelles la datation <sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar ne peut être envisagée, faute de cristaux favorables. En effet, à cause de l'important recul de <sup>39</sup>Ar produit pendant l'irradiation neutronique, cette technique ne peut pas être appliquée sur les petits cristaux, ni sur les verres volcaniques. La datation directe K-Ar sur verres volcaniques présente donc un intérêt particulier pour les téphras distaux dont le contenu en minéraux magmatiques est très limité, et dont les tailles sont souvent que quelques dizaines de microns seulement.

Cette datation directe, couplée à la morphoscopie et les analyses d'éléments majeurs et traces des verres volcaniques présents dans les carottes marines et leurs comparaisons aux échantillons terrestres, nous permettra d'améliorer d'une part i) les modèles d'âge des carottes marines en fournissant de nouvelles contraintes radiométriques à la stratigraphie isotopique quaternaire et d'autre part ii) de déterminer avec plus de précision la dispersion des cendres volcanique et la construction de cartes isopaches afin de mieux estimer le volume et l'impact de telles éruptions majeures sur le climat global terrestre.

Cette approche, qui sera d'abord abordée pour la NVZ, sera transposée dans d'autres régions volcaniques, comme le Cap-Vert ou les Açores, par exemple.

### **Axe transversal « ESCAPADE : Evolution des Surfaces Continentales : des Processus d'Altération actuels à la reconstruction Des Environnement passés »**

La création de ce nouvel axe transversal vise à faire émerger des recherches transdisciplinaires et inter-équipes innovantes sur la compréhension des mécanismes et des forçages responsables du façonnement des surfaces continentales à l'actuel et/ou à l'échelle des temps géologiques. Les thématiques abordées s'articuleront autour de l'identification, la quantification et la modélisation des interactions entre la lithosphère, l'hydrosphère, l'atmosphère et la biosphère, et des rétroactions possibles sur chacune de ces enveloppes, sur les cycles géochimiques et sur l'évolution climatique de la Terre.

Les recherches porteront sur l'ensemble du continuum continent – milieu côtier – talus continental – bassin océanique. Cet axe pourra initialement s'ancrer sur des recherches en cours de développement ou dont le développement est envisagé à GEOPS :

- Les vitesses et mécanismes de destruction des reliefs par altération, notamment des réservoirs carbonatés, et des flux de carbone associés,
- La compréhension et la quantification des flux de C org (moderne vs. pétrogénique) érodés du continent et transférés à l'océan par les grands systèmes fluviaux
- La compréhension des mécanismes de formation et de préservation des profils d'altération, notamment latéritiques, ainsi que leur structuration verticale
- La compréhension fine du transfert des produits de l'altération et de l'érosion continentale (matériel organique et inorganique ; flux éolien, fluvial, gravitaire) dans les milieux côtiers peu profonds et marins profonds (notamment les systèmes turbiditiques pour les transferts rivières - océan).
- Les rétroactions érosion – climat – cycle du carbone long-terme.

Cet axe permettra de mettre en synergie les compétences et connaissances existantes au laboratoire GEOPS dans des domaines aussi variés que la datation (toutes les échelles de temps), la géochimie isotopique et élémentaire des processus basse température, la minéralogie environnementale, le traçage et la quantification des sources et flux de matière du continent à l'océan, la géomorphologie, les reconstructions paléoenvironnementales et paléoclimatiques ou encore l'imagerie et la modélisation géophysique, sur des objets géologiques variés caractéristiques des différents environnements de surface étudiés. Ce nouvel axe transversal permettra de faire interagir au moins une dizaine d'enseignant-chercheurs et ingénieurs des équipes

RBR, IDREau et PDS et 5-10 étudiants en thèse et post-doctorants, garantissant une dynamique scientifique forte.

## 6.2 Partenariats et positionnements stratégiques du laboratoire pour le prochain quinquennal

### 6.2.1 Département SPU de l'UPSaclay

L'insertion de GEOPS dans SPU est satisfaisante. GEOPS a su s'intégrer dans un ensemble numériquement dominé par les sciences de l'atmosphère, et mettre en avant ses synergies avec le LSCE, dans les domaines de l'environnement ou de l'hydrologie par exemple, pour faire exister les Sciences de la Terre sur Paris-Saclay. La double dynamique d'intégration à l'IPSL, et de participation à SPU, a permis à nos équipes d'obtenir une certaine visibilité sur le plateau de Saclay. Le maintien de ces acquis, et la poursuite de la dynamique de développement entamée, ne vont cependant pas de soi.

Avec la disparition des départements scientifiques fin 2019, au profit d'une structuration en grands pôles, typiquement 4 ou 5, et en Graduate Schools, la visibilité acquise de GEOPS risque d'être remise en question. Il paraît peu réaliste d'envisager de monter une graduate school SPU, comme le feront d'autres départements (mathématiques, chimie, ...), puisque la partie climat de SPU a déjà sa graduate school (EUR CGS régionale), les astrophysiciens ayant par ailleurs vocation à rejoindre une graduate school de physique. En l'absence d'une logique de regroupement scientifique, au profit d'un regroupement par entités de formation, il peut être difficile de maintenir des liens forts dans un périmètre recherche de type INSU.

Il faut remarquer que les deux OSU, OSUPS et OVSQ, regroupent une grande partie des forces de SPU, à l'exception néanmoins de AIM-Irfu, et de quelques autres laboratoires associés comme FAST, ESE, IPhT, .... Les OSU sont axés sur l'observation, le partage des outils de l'observation constituant précisément l'argument sur lequel le département SPU a été bâti. L'IRS [SpaceObs](#), qui regroupe les forces spatiales en environnement et en astrophysique, est emblématique de la démarche qui a sous-tendu la construction de SPU. Un futur OSU de l'UPSaclay regroupant l'OSUPS et l'OVSQ, et associant les laboratoires de SPU qui ne font partie d'aucun des 2 OSU au jour d'aujourd'hui, constituerait un cercle similaire à celui de l'actuel département SPU, permettant donc de le perpétuer et de continuer à cultiver les liens créés. Quelles que soient les modalités de la structuration transverse de l'UPSaclay 2020, le positionnement de GEOPS ne pourra être établi, pour des raisons évidentes de masse critique, qu'en relation étroite avec ses laboratoires partenaires actuels de SPU. De ce point de vue l'ancrage de GEOPS dans SPU est une force face à la menace que constitue la disparition des départements scientifiques, mais cela suppose que SPU soit capable de résoudre collectivement la question de sa visibilité sur le plateau de Saclay.

### 6.2.2 Fédération IPSL

L'insertion de GEOPS dans la fédération IPSL monte progressivement en puissance mais ne concerne pas à toutes les équipes compte-tenu de leurs activités de recherche. GEOPS souhaite dans les années à venir accroître ses interactions avec l'IPSL autour des trois axes scientifiques suivants :

**Étude de l'évolution des climats passés, de leurs variabilités et de leurs impacts sur l'environnement :** Le principal défi à relever par la communauté scientifique d'Ile de France étudiant ces aspects au cours des 5 prochaines années, sera de documenter et quantifier à haute résolution spatio-temporelle, les changements climatiques et leurs liens avec les cycles biogéochimiques. Il est nécessaire de quantifier plusieurs paramètres du système océan - atmosphère - biosphère (température, précipitation, salinité, pH), avec des implications pour la modélisation des circulations océaniques et atmosphériques. Par ailleurs, il sera important de décrire les interactions existantes entre les forçages externes (volcanisme, variations orbitales...), le climat, les cycles biogéochimiques et les écosystèmes. Ces activités de recherche couvriront principalement les déglaciations du Quaternaire, la variabilité au cours des périodes glaciaires et interglaciaires, et l'Holocène (en particulier les 2 derniers ka). Au sein de GEOPS, l'équipe PDS va concentrer ces efforts, dans le contexte de la prospective IPSL (EUR CGS), sur les problématiques suivantes :

- caractériser les liens entre les cycles biogéochimiques et le climat, en focalisant nos recherches sur les relations existantes entre la biosphère et les changements de pCO<sub>2</sub> et O<sub>2</sub> atmosphériques au cours des dernières déglaciations ;

- déterminer la séquence des événements et des mécanismes associés aux changements climatiques rapides et/ou de forte amplitude (comparaison modèles/données pour la formation des sapropèles, variabilité glaciaire rapide pendant MIS3 ...).
- comprendre les changements préindustriels du climat et sa variabilité interannuelle à décennale pendant l'Holocène ; puis déterminer les seuils de réponses environnementales aux changements climatiques, leur expression régionale et leur chronologie.

**Étude des milieux Arctiques :** Le pergélisol riche en glace et les lacs de thermokarst en Yakoutie Centrale sont propices aux études pluridisciplinaires (géomorphologiques, hydrologiques, thermiques, géochimiques) déjà en cours à GEOPS et en lien avec l'IPSL via le LSCE. Dans ce contexte une collaboration a déjà été financée par le labex L-IPSL depuis 3 années avec le développement d'un benchmark de codes Thermo-Hydrologiques (porteur C. Grenier, LSCE). Il s'agit d'un programme de validation de codes couplés impliquant une confrontation entre modélisation numérique et modélisation expérimentale en chambre froide (F. Costard) pour la compréhension et la quantification des différents processus thermiques et mécaniques entre un écoulement, un pergélisol et un talik (partie dégelée). Au sein de GEOPS, l'axe milieux arctiques concentrera ses efforts au cours des 5 prochaines années, dans le contexte de la prospective IPSL sur les problématiques suivantes :

- La quantification des flux, sources et âges des gaz (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>) émis par le dégel du pergélisol au sein de lacs thermokarstiques en Yakoutie, avec une analyse à haute résolution temporelle et spatiale dans un site représentatif en Yakoutie (ANR 2018 « PEGS » : PERgélisol et Gaz à effet de serre en Sibérie).
- La quantification et la compréhension des processus en jeu lors du dégel du pergélisol sur sites instrumentés en Yakoutie Centrale et en chambres froides à GEOPS. Il s'agira de contraindre l'initiation du dégel en relation avec le climat et le contenu en glace du pergélisol (prenant en compte l'hétérogénéité du pergélisol) à l'aide de différentes techniques (SIG, dendrochronologie, modélisation thermique, caractérisation des gaz par géochimie isotopique).

Les données d'observations issues des campagnes sur le terrain en Yakoutie (axe transversal arctique), ainsi que les données d'observation satellites, et les données issues de simulation numériques (benchmark) seront gérées par le MESOCENTRE ESPRI à l'IPSL.

**Domaine de la planétologie :** L'équipe GP a aussi des collaborations en cours avec les radaristes, climatologues et modélisateurs des hautes atmosphères planétaires de l'IPSL (LMD, LATMOS), notamment dans le cadre du développement du radar Wisdom pour la mission Exomars et dont F. Costard est co-investigateur. Dans le contexte de l'étude du True Polar Wandering de Mars (Bouley et al., 2016), nous avons aussi des travaux en cours avec le LMD (F. Forget) sur la mise en évidence d'un climat froid à l'Hespérien inférieur avec une accumulation de glaces autour de -25° Sud, dans les régions qui correspondent aux sources des vallées de rivières aujourd'hui asséchées. Les données du projet « Evolution thermique des océans de magma primitifs en interaction avec l'atmosphère / démarrage de la tectonique des plaques (GEOPS/FAST/LATMOS) » seront gérées par le MESOCENTRE ESPRI à l'IPSL Collaboration.

Ces deux premiers axes scientifiques listé ci-dessus ont pour vocation, de part leur thématique, à être renforcés dans le cadre de l'EUR CGS.

### 6.2.3 OSU Paris-Sud

Nous avons trouvé notre place dans l'OSU, et certains projets de service d'observation comme FRIPON ou RENOIR, bien qu'ayant échoué à obtenir leur labélisation par l'INSU, seront probablement labélisés dans le futur.

L'une des difficultés que nous rencontrons est le manque de temps des chercheurs de GEOPS, pour la plupart enseignants-chercheurs avec des responsabilités chronophages dans la gestion des formations du département des sciences de la Terre de Paris-Sud, qui ne facilite pas la conception et la mise en route de nouveaux projets de services d'observation. Un projet de réseau de collecte d'aérosols sahariens destiné à reconstituer les paléo-circulations atmosphériques et les rétroactions de l'émission des poussières sur le système climatique a malgré tout été proposé, mais il ne concerne qu'une petite partie du laboratoire.

Une autre difficulté est un manque d'accroches scientifiques entre les deux laboratoires de l'OSUPS, les collaborations IAS-GEOPS en planétologie étant quasi-inexistantes. Cette situation pourrait évoluer avec

l'arrivée de jeunes chercheurs en planétologie des deux côtés, mais le développement de collaborations pourrait prendre un certain temps. Nous avons beaucoup plus de collaborations avec le LSCE, et à un moindre niveau avec le LATMOS, tous deux membres de l'Observatoire des Sciences de l'Univers de Saint Quentin en Yvelines (OVSQ). La fusion à l'échéance 2025 de l'UVSQ et de l'UPSaclay va dans le sens d'un rapprochement des deux OSU, et de leur fusion au-delà de cette date.

Le cumul de ces deux difficultés rend notre insertion dans l'OSU Paris-Sud relativement peu productive jusqu'à présent, même si les démarches de labélisation en cours sont des éléments essentiels de notre évolution. Scientifiquement, nous sommes plus proche des laboratoires de l'OVSQ, et une possible fusion des deux OSU ira dans le bon sens. Nos participations au pôle Paléoclimats de l'IPSL (LSCE-GEOPS), à l'IRS ACE-ICSEN piloté par l'OVSQ et à l'IC CLAND dans le domaine de l'hydrologie continentale, au radar WISDOM d'Exomars ou à la modélisation des océans de magma avec le LATMOS, autant de collaborations qui nous tirent plutôt vers l'OVSQ.

Le contexte Paris-Saclay, avec le département SPU, nous permet néanmoins de concrétiser et développer les collaborations avec les laboratoires de l'OVSQ, comme le montrent nos succès récents à obtenir des financements « Émergence » de SPU autour des thématiques des milieux polaires, de la géothermie, ou de l'étude de la zone hyporhéique.

#### **6.2.4 GIS géosciences et collaborations avec l'IRSN**

Plusieurs équipes de GEOPS ne peuvent thématiquement pas s'insérer pleinement dans l'IPSL et OSUPS (RBR et dans une moindre mesure HYDRO3G et GDSV).

Depuis sa création en décembre 2015, le groupement d'intérêt scientifique Géosciences Franciliennes fédère pour certaines thématiques de recherche une dizaine de laboratoires dont le laboratoire GEOPS. L'objectif est de structurer une communauté pour développer des axes de recherche originaux et être force de proposition pour répondre à des appels scientifiques. Le laboratoire GEOPS s'investit et s'investira plus particulièrement autour de deux thématiques : (1) imagerie géophysique de la structure et des écoulements du proche sous-sol et (2) interactions fluides roches dans les bassins sédimentaires. L'axe imagerie géophysique auquel participeront des chercheurs de l'équipe HYDRO3G s'appuiera sur des développements techniques et méthodologiques (inversion des données) pour étudier des domaines difficiles d'accès (par exemple le domaine urbain) pour lesquels des problématiques sociétales très fortes existent (conflits d'usage, hydrodynamique, géothermie, ...). L'axe interactions fluides roches, dans lequel des membres de l'équipe RBR participent, vise à proposer des solutions à la transition vers des énergies décarbonées en évaluant les propriétés de stockage des réservoirs géologiques, en caractérisant l'histoire de la formation de la roche depuis son dépôt jusqu'à son état actuel en identifiant les étapes de dissolution et de cimentation et en étudiant les transferts de fluides profonds. L'objectif de ces études est de renforcer les dynamiques de recherche présentes à GEOPS et de développer des synergies permettant de proposer des projets plus ambitieux.

Au cours des deux dernières années, nous avons également œuvré à développer une collaboration entre les équipes de l'IRSN Fontenay-aux-Roses et GEOPS. Plusieurs réunions et visites de laboratoire ont eu lieu pour rapprocher nos équipes de recherche. Ceci s'est traduit par une augmentation des collaborations scientifiques et la volonté dans les prochaines années de formaliser les liens avec l'IRSN autour de 3 aspects : recherche via le constat de l'existence d'expertises scientifiques complémentaires ; analytiques via le partage d'instruments complémentaires ; l'enseignement via une participation accrue de l'IRSN aux enseignements de nos parcours de M2 H2S et BSRP. Une réunion sera organisée en septembre 2018 pour établir les liens plus formels pouvant émerger à moyen terme entre GEOPS et l'IRSN. La conclusion de cette réunion sera présentée lors de la visite de l'HCERES.

### **6.3 Projet GEODES de réhabilitation des locaux**

Un fait majeur et déterminant du présent quinquennal est l'obtention de crédits pour une première tranche de travaux de réhabilitation des bâtiments 504 et 509. Ce projet (GEODES, cf § 2.2.4 ci-dessus), initié dès le début du précédent quinquennal, a pour objectifs de :

1/ Valoriser un vaste parc instrumental, qui a vocation à s'enrichir dans le cadre de nos nouvelles coopérations (PANOPLY), en regroupant et installant les instruments dans des locaux neufs, optimisés et respectant

toutes les règles d'hygiène et de sécurité. Nous souhaitons également réorganiser l'agencement des salles instrumentales et de préparations chimiques en vue d'optimiser les surfaces et de rationaliser les coûts d'installation et de fonctionnement (fluides, climatisations, suppressions...).

- 2/ Créer les salles d'enseignement permettant d'accueillir les étudiants du L2 au M2, dans le même bâtiment que les chercheurs, et au contact des plateformes expérimentales. Actuellement, la plupart des enseignements de licence et de master (à l'exception des enseignements de M2) ont lieu au bâtiment 336, dans la vallée.
- 3/ Décloisonner les équipes scientifiques du laboratoire GEOPS en rassemblant et redistribuant toutes les équipes dans le bât. 504, et en créant une configuration spatiale permettant de réaliser des points de rencontres entre les différents personnels de GEOPS. Les équipes sont actuellement situées dans des bâtiments et sur des étages différents favorisant peu les échanges inter-équipes. Par ailleurs, une équipe de recherche est actuellement localisée dans le bât. 509 et devra à terme déménager au bât. 504.
- 4/ Créer des conditions de travail optimisées, conviviales et agréables à vivre au quotidien en réorganisant des lieux de convivialité et de travail où se croiseront chercheurs, ingénieurs/techniciens et étudiants.

Son volet immobilier consiste en la réhabilitation des bâtiments 504 et 509 permettant de regrouper l'ensemble des personnels du Département des Sciences de la Terre dans un seul bâtiment (au lieu de deux actuellement : 504 et 509), au niveau de qualité, de fonctionnalité et de convivialité scientifique requis (les bâtiments actuels sont vétustes), comparable à celui des bâtiments des laboratoires partenaires (LSCE, LATMOS, IAS, FAST...), dont la majorité sont neufs, ou vont être bientôt reconstruits et/ou réhabilités.

Le laboratoire dans son ensemble s'est mobilisé en amont du démarrage de l'étude de programmation. Une « commission bâtiment », constituée d'une vingtaine de chercheurs, enseignants-chercheurs et IT-BIATSS a été mise en place en mars 2017. Un document de 40 pages (Document de cadrage du projet GEODES : Réhabilitation des bâtiments 504 et 509) a été finalisé début juillet 2017. Ce document, très complet, présentait le résultat des réflexions sur la réorganisation des locaux d'enseignement, un recensement exhaustif des besoins et contraintes induites par les instrumentations, ainsi qu'un état des réflexions sur l'agencement analytique des plateformes, les souhaits en matière d'espaces de bureaux et de convivialité, et pour le centre de documentation, les souhaits en termes d'espaces de stockage, de local technique informatique et de réseau informatiques, plans et cahiers des charges à l'appui. La mobilisation pour ce projet a été très forte, montrant la cohésion du laboratoire et un sens du collectif remarquable.

Le projet a débuté concrètement en janvier 2018 avec l'EPAURIF et l'université de Paris-Sud. Le projet en cours d'élaboration prend en compte la totalité du projet GEODES afin d'établir un scénario de réhabilitation global permettant de dégager une première tranche de travaux prévu en 2020-2021. Le laboratoire GEOPS souhaite vivement rénover lors de cette première tranche les espaces laboratoires de GEOPS. Cette phase de travaux impactera donc les activités scientifiques du laboratoire GEOPS lors du prochain quinquennal aussi bien dans la phase de programmation (déjà initiée) que lors des travaux. Idéalement et pour limiter cette nuisance au maximum, les personnels de GEOPS souhaitent vivement que la deuxième tranche de travaux puisse se faire en même temps ou peu de temps après la première tranche. Un soutien fort de l'Université est indispensable pour le succès de ce projet GEODES.

#### 6.4. Evolution de l'organisation au cours du prochain quinquennal et vie du laboratoire

Les discussions dans trois groupes de travail (GT « IT-BIATSS », GT « enseignement-chercheurs et chercheurs » et GT « Doctorant et post-doctorant ») ainsi que celles menées par les responsables d'équipe ont permis de dégager des améliorations à apporter à l'organisation et à la vie du laboratoire GEOPS. Un certain nombre de suggestions ont été actées et seront mises en application lors du prochain quinquennal. Nous avons reporté ici quelques grandes orientations et souhaits des personnels actés pour le prochain quinquennal :

**Le conseil de laboratoire** a été jugé dans le passé comme étant redondant avec le conseil scientifique, constitué des directions du laboratoire et des équipes, ce qui s'est soldé par une participation très faible de ses membres à ce dernier conseil. Le rôle et la géométrie du conseil scientifique ont été modifiés et les responsables d'équipe seront systématiquement invités aux CL. Par ailleurs, il sera mis en place lors de chacun des CL une courte présentation illustrant un fait marquant du laboratoire.

**Un conseil scientifique** restreint constitué des responsables d'équipe, de la direction et du président du département des Sciences de la Terre a été mis en place en décembre 2017 en vue de préparer le prochain

quinquennal. Ce conseil scientifique sera maintenu tout au long du prochain quinquennal et se réunira avec une fréquence mensuelle. Ce conseil scientifique à pour objectif :

- 1/ d'améliorer la communication et organiser la vie scientifique du laboratoire au mieux et de régler les problèmes divers pouvant survenir au sein de l'unité ;
- 2/ d'animer la vie scientifique et d'accroître la réactivité du laboratoire aux différents appels à projets ;
- 3/ de partager une vision commune du fonctionnement des équipes actuelles, des orientations scientifiques et positionnement que doit prendre le laboratoire dans les années à venir ;
- 4/ d'établir une politique de recrutements et d'équipements la plus fédératrice possible afin de consolider la politique de décloisonnement des équipes mise en œuvre lors des quinquennaux précédents. Cette politique de recrutement se doit de renforcer les thématiques d'avenir du laboratoire impulsées depuis quelques années par de jeunes MCF et d'ouvrir de nouvelles directions scientifiques (nouvelles équipes) sur des enjeux scientifiques majeurs.

**Une commission « locaux »** sera également mise en place au cours du quinquennal. Le projet de réhabilitation des bâtiments 504 et 509 va entraîner un réarrangement de tous les espaces du laboratoire (bureaux des personnels, espaces laboratoires, centre de documentation, espaces de stockages,...). La commission locaux sera dans premier temps adossée à la commission bâtiment par souci d'efficacité. Lorsque la commission bâtiment n'aura plus lieu d'être, la commission bâtiment prendra le relais afin de rationaliser les demandes d'espaces émanant des équipes (bureaux, espaces laboratoires, stockages, ...). La commission locaux aura pour rôle également d'installer rapidement des nouveaux arrivants (EC-C, thésards et post-doctorants). Le laboratoire GEOPS attribue actuellement aux EC un budget d'installation permettant l'acquisition d'un ordinateur et du mobilier nécessaire à leurs installations. Le laboratoire prendra également en charge les frais d'installation des thésards et post-doctorants (principalement mobilier) arrivant à GEOPS afin d'atténuer les disparités pouvant exister entre les différentes équipes.

**Les doctorants** souhaitent la mise en place d'un comité de suivi annuel sur toute la durée de leur thèse. Actuellement, l'ED 579 SMEMaG impose un comité de suivi en fin de première année composé à minima d'un représentant de l'ED, d'un collègue extérieur à GEOPS et des directeurs de thèse. Ce comité de thèse très formel est important pour faire le point sur la thèse et amorcer une réorientation du sujet en cas de problèmes majeurs. Un comité moins formel, mais œuvrant sur un rythme annuel, permettrait d'adapter en temps réel les ambitions du sujet de la thèse afin de doser le travail devant être fourni par l'étudiant. Par ailleurs, il sera nommé pour chaque nouvel étudiant arrivant en thèse au laboratoire à partir de 2018 un tuteur d'une autre équipe pouvant jouer, si nécessaire, un rôle de médiateur entre le doctorant et le directeur de thèse. Le collègue jouant ce rôle de tuteur sera invité au comité de suivi de l'étudiant. Les doctorants souhaitent déclarer leurs jours de congés dans un logiciel pour que leur droit aux congés soient respecté, notamment dans la dernière année de thèse où certains encadrants exercent une pression excessive sur leur temps de travail.

Les thésards soulignent également le manque d'interaction avec les autres chercheurs et enseignants chercheurs du laboratoire. Cela se matérialise, entre autres, par une faible participation des permanents à la journée des doctorants GEOPS organisée par les doctorants. Pour pallier ce déficit de communication, les étudiants en thèse doivent être invités à participer aux réunions mensuelles de leur équipe, ce qui n'est pas toujours le cas. Par ailleurs, des « cafés sciences » seront organisés tous les deux mois par un permanent et un thésard du laboratoire afin de présenter les faits marquants (nouvelles expérimentations, résultats scientifiques majeurs, retours de mission...). Ces événements s'intercaleront entre les séminaires donnés par des collègues extérieurs. Enfin, la rédaction d'une charte à usage interne de « Bonne conduite de la thèse » va être mise en chantier sous la responsabilité des doctorants. Cette charte sera placée sur l'intranet du laboratoire et systématiquement communiquée aux nouveaux entrants. La direction du laboratoire rencontrera également tous les ans les non-permanents du laboratoire afin de faire le point sur toutes ces questions et corriger ce qui peut l'être pour améliorer l'intégration des étudiants dans le laboratoire.

**Les IT-BIATSS** ne sont actuellement que trop peu souvent co-signataires des publications de l'unité ou bien encore mentionné dans les remerciements. Une charte de « Bonnes pratiques en matière d'association des ingénieurs et techniciens aux publications » a pourtant été rédigée durant le quinquennal. Outre ce problème de publications, les IT-BIATSS ne sont parfois pas assez impliqués dans les projets nécessitant des analyses. Il est impératif que les IT-BIATSS soient associés dès les premières réunions d'un projet scientifique. Le lien entre IT-BIATSS et enseignants-chercheurs doit être accentué dans les années à venir via les réunions d'équipe, qui doivent absolument inclure des discussions scientifiques à une fréquence au moins mensuelle et

dans la création de comités utilisateurs autour des instruments. Plusieurs comités d'utilisateurs ont été récemment mis en place (LA-ICPMS-HR, EchoMICADAS) ou sont en voie de l'être (plateforme interne de minéralogie et microscopie), permettant d'accentuer ces interactions. La future direction aura à cœur d'améliorer ce problème récurrent dans le laboratoire en impliquant les responsables d'équipes dans cette démarche. Par ailleurs, les équipes seront sollicitées pour faire circuler de manière régulière des listes de publications soumises et en cours de rédaction afin que tous les personnels aient une visibilité du devenir des résultats produits pas les IT-BIATSS. Il serait souhaitable également que l'Université de Paris-Sud puisse faire un retour à ses agents de l'évaluation de leurs dossiers de suivi de carrière (dossiers d'entretien annuel).

## 6.5 Demandes de moyens et mise œuvre du projet scientifique

### 6.5.1 Moyens en instrumentation, en observation et bases de données

#### Plateforme PANOPLY

La plateforme PANOPLY est gérée par un comité de suivi constitué de 16 membres de GEOPS et du LSCE (acteurs de PANOPLY) afin de couvrir une bonne représentation des thématiques scientifiques, des technologies de PANOPLY et des personnels (équilibre du nombre d'ITA et chercheur) et de pourvoir aux différentes fonctions et rôles définis pour la plateforme PANOPLY (cf. *partie 3.5.1*) (2 responsables plateformes, un coordinateur animation scientifique, un coordinateur cellule d'innovation et développements, un représentant du forum technique).

La plateforme PANOPLY aura pour rôle dans les années à venir de renforcer notre stratégie d'équipement en partenariat LSCE – GEOPS afin d'acquérir de nouveaux instruments ou remplacer les anciens (jouvence). Le comité de suivi devra jouer un rôle important dans l'émergence de nouveaux projets instrumentaux communs et dans le développement d'une politique d'acquisition de ces instruments en concertation avec les directions de GEOPS et du LSCE. En effet, PANOPLY est devenue un outil de labellisation des nouvelles demandes instrumentales des deux laboratoires. Ceci permet d'intégrer les nouveaux instruments acquis dans un environnement scientifique et technique rationalisé. PANOPLY, au travers de son comité, devra jouer également un rôle consultatif lors de potentiels arbitrages. Le comité de suivi de PANOPLY devra être informé du montage financier du projet d'achat, de la synergie affichée, des besoins nécessaires en personnels techniques, des coûts de fonctionnement et de maintenance, du modèle de fonctionnement, des ouvertures sur l'interdisciplinarité, des possibilités de prestations de service et de l'éventuel volet formation. Ces éléments doivent contribuer à assurer une stratégie commune (et sereine) de notre parc instrumental dans les années à venir.

L'animation scientifique et technique sera également renforcée au sein de PANOPLY au cours du prochain quinquennal afin d'accroître les synergies et partager les expertises techniques et expérimentales entre les acteurs LSCE et GEOPS de la plateforme. Cette animation sera irriguée en partie par la coordination des séminaires des deux laboratoires et la tenue de demi-journées d'animation « techniques et instrumentales » qui seront lors du prochain quinquennal élargies à des présentations de résultats scientifiques en mettant en avant les aspects mesures. Un forum technique a également été mis en place afin de créer des synergies autour des aspects instrumentaux et de réaliser des partages de savoir-faire et de compétences entre les acteurs techniques du LSCE et de GEOPS. Il sera également réalisé un travail afin de croiser les comités utilisateurs mis en place dans chacun des laboratoires pour rationaliser l'utilisation de certains instruments similaires dans chacun des laboratoires (ex. IPCMS).

En parallèle, une cellule « d'innovation et développements » a réalisé au cours de ces deux dernières années un recensement des développements déjà opérationnels dans chaque équipe ainsi qu'un inventaire des besoins en développements technologiques et en instrumentation des équipes de PANOPLY. Un accompagnement technique aux projets de développement d'instrumentation stratégique est actuellement en cours de structuration au sein de PANOPLY. Il sera proposé aux acteurs techniques volontaires issus de PANOPLY de travailler collectivement en mode projet pour réaliser des études techniques d'un développement instrumental ou l'accompagnement d'une innovation. Par ailleurs, une réflexion est également en cours sur l'achat de matériels commun sur les recettes réalisées dans le cadre de PANOPLY pour l'instrumentation ou le prototypage (FabLab PANOPLY).

Dans un contexte budgétaire difficile, la plateforme PANOPLY a également pour rôle d'accroître notre potentiel à réaliser des prestations de services via un affichage web permettant une meilleure visibilité de notre parc instrumental ainsi que des prestations analytiques et des expertises scientifiques pouvant être proposées par nos laboratoires. Ce site Web est opérationnel (<http://panoply-geops.lsce.ipsl.fr>). Une stratégie collective de promotion de PANOPLY vers l'extérieur devra être renforcée dans les années à venir via des opérations de communication dans les colloques internationaux et les entreprises du monde industriel. Ces prestations de services permettent de dégager ainsi des recettes qui retourneront en majeure partie aux plateformes internes ou équipes ayant réalisées la prestation de service. Un prélèvement de 5% est reversé au laboratoire GEOPS et 10% supplémentaires sont mis en commun et gérés par le comité de suivi de PANOPLY.

Plusieurs acteurs de la plateforme PANOPLY assurent actuellement l'articulation avec RéGEF (Réseau Géochimique et Expérimental Français) aussi bien au niveau du Réseau transverses d'utilisateur (ThermoNet) que des réseaux d'instruments.

### Projets d'acquisition de nouveaux instruments

GEOPS a acquis au cours du quinquennal précédent, en partenariat avec le LSCE, trois instruments majeurs dans la mise en œuvre de la politique scientifique de l'unité (ECHO MICADAS ; ICPMS haute résolution couplé à une ablation laser ; Spectromètre à multi-collection  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ ). Ces instruments sont actuellement gérés autour de comités utilisateurs commun LSCE-GEOPS et par la plateforme PANOPLY. Le départ à la retraite de deux collègues du groupe de recherche en « bio-minéralogie » a laissé un parc instrumental constitué principalement d'un spectromètre IRTF, d'une ATG, d'un mini MEB et d'une AFM. Ces instruments ont été rassemblés avec les autres instruments du laboratoire dans une plateforme interne de « minéralogie et de microscopie » sous l'impulsion de trois collègues (IE, AI et AJT). Un comité d'utilisateurs sera mis en place pour gérer ces instruments qui à terme se retrouveront réunis dans un même espace du bât. 504 (projet GEODES).

Les projets d'acquisition instruments de l'unité seront discutés dans le cadre de la plateforme PANOPLY et classés lors du prochain quinquennal en fonction des opportunités de financement qui apparaîtront dans les prochaines années.

- **Spectromètre de masse ou spectromètre d'absorption laser  $\text{CO}_2$**  : Au cours du prochain quinquennal, le remplacement de notre IRMS SIRA 10 sera absolument nécessaire à la poursuite des objectifs scientifiques de l'équipe HYDRO3G et nous présentons donc ce remplacement en 1<sup>ère</sup> priorité. En effet, ce spectromètre de masse, installé en 1989 et qui compte plus de 17600 mesures effectuées, donne accès aux rapports isotopiques  $\delta^{13}\text{C}$  et  $\delta^{18}\text{O}$  du  $\text{CO}_2$ . Ces données, obtenues à partir d'échantillons d'eau, de gaz ou de sédiments (organiques et inorganiques), sont indispensables aux projets de recherche développés dans l'équipe : détermination des pôles de mélange de masses d'eau, traçage de l'origine du carbone des eaux et des gaz, bilan lacustre, interaction eau/roche et modèles géochimiques, etc. La détermination des teneurs en  $^{13}\text{C}$  est également nécessaire à la correction des résultats des teneurs en  $^{14}\text{C}$  des échantillons d'eau pour appliquer les modèles de correction hydrogéologiques et géochimiques. Dans ce cadre, notre spectromètre de masse en fin de vie pourra être remplacé par un IRMS ou par un spectromètre d'absorption laser. L'acquisition complémentaire d'une interface permettant l'automatisation de certaines analyses (ex.  $^{13}\text{C}$  des carbonates ou d'eaux) autoriserait également le développement de certains axes de recherche, par exemple pour l'analyse haute fréquence/haute définition des carbonates de séries sédimentaires ou encore le traçages de l'origine des eaux (via le CITD) et des interactions eau/roche.

- **Diffraction de RX** : Le diffractomètre de RX du laboratoire GEOPS a été acquis en 2004. Il est principalement utilisé par les équipes PDS et RBR mais permet également des analyses pour toutes les autres équipes de GEOPS (plateforme de minéralogie et microscopie). Cet instrument est considéré comme obsolète par PANalytical qui n'assurera plus la réparation de certaines pannes pouvant survenir sur cet instrument. Une réflexion est en cours à GEOPS pour remplacer cet instrument dans les 5 prochaines années. Plus particulièrement, GEOPS a au cours de ces 10 dernières années développé l'analyse de la minéralogie des argiles qui intègre l'ensemble des processus intervenant au cours du cycle sédimentaire. Ces minéraux sont sensibles aux conditions d'hydrolyse (humidité) et d'érosion physique qui sont à l'origine de leur production sur les continents ainsi qu'à la dynamique de leur transport (éolien, fluviatile et courants marins) jusqu'aux bassins de sédimentation. Par conséquent, les argiles sont pour l'équipe PDS des traceurs terrigènes de choix pour reconstruire les changements paléo-environnementaux affectant les continents et les océans au cours des

temps géologiques. GEOPS est reconnu à l'international pour ces travaux portant sur la minéralogie des argiles dans les séquences marines quaternaires. L'acquisition d'un nouveau diffractomètre des rayons X avec un passeur automatique et un détecteur de dernière génération permettra d'acquérir des enregistrements minéralogiques à très haute résolution temporelle et ainsi d'établir la rythmicité et l'origine des cyclicités sédimentaires à différentes échelles de temps géologiques. De telles reconstitutions ont des implications : (1) dans la reconstitution de l'évolution des paléo-environnements anciens ; (2) dans la restitution des processus d'érosion et de transferts des sédiments à la surface de la terre (terre-mer) apportant des informations indirectes sur les circulations atmosphérique et océanique dans le passé ou bien encore sur la dynamique des calottes de glaces ; (3) dans l'estimation de l'ampleur des mouvements verticaux à l'origine des reliefs terrestres ; (4) dans l'estimation des processus de diagenèse précoce ou tardif affectant les séquences sédimentaires...

- **MEB** : Au sein de GEOPS, l'étude de matériaux complexes, hétérogènes à l'échelle microscopique et variés, nécessite l'acquisition d'un MEB à effet de champ (FEG), couplé à un spectromètre de dispersion d'énergie (EDS), qui permettra d'atteindre une haute résolution analytique. Cette caractérisation fine est un préalable indispensable à la réussite des analyses élémentaires et isotopiques spatialisées ultérieures sur ces matériaux. Cet outil est transverse à GEOPS et permettra la caractérisation des minéraux et roches étudiées.

- **Laser et QMS pour datation K-Ar in-situ** : Cette installation de niveau mondial a permis de démontrer la faisabilité de la datation K-Ar in-situ sur les roches martiennes. Cependant elle repose sur un laser UV Nd-YAG de plus de 20 ans, et sur un spectromètre quadripolaire VG plus vieux encore. Afin de pérenniser cette installation et poursuivre son développement pour des applications futures vers le Quaternaire, il apparaît important de remplacer le quadripôle par un instrument de nouvelle génération, et de changer le laser par un double système de diodes laser opérant dans l'IR et dans l'UV.

- **Spectromètre de flamme** : La datation K-Ar repose sur une mesure juste et précise du potassium. Le spectromètre de flamme utilisé par l'équipe GDSV ayant déjà une dizaine d'année, il devra être remplacé au cours du prochain quadriennal.

- **ICPMS-Quad** : Le développement actuel et futur des activités de datation et de traçage géochimique sur minéraux et inclusions fluides au sein de l'équipe RBR nécessite du temps d'analyse considérable. Celui-ci se fait actuellement avec le couplage de l'ablation Laser et de l'ICPMS-HR dont le planning d'analyses est très chargé et ne permet pas d'accorder suffisamment de temps pour le développement d'application, que ce soit par voie solide ou liquide. Parmi les applications utilisant le couplage avec l'ablation Laser, une grande partie ne nécessite pas la précision d'un ICPMS-HR mais pourrait se faire sur un ICP-Q-MS, tout comme certaines applications par voie liquide. L'achat d'un ICP-Q-MS permettra donc de :

- disposer de temps de développement d'analyses par voie solide par le couplage la plupart du temps avec l'ablation laser ;
- réaliser les analyses en routine par voie solide ne nécessitant pas la précision d'un ICPMS-HR (par exemple U-Pb sur zircon)
- optimiser l'utilisation de l'ICPMS-HR sur des applications nécessitant sa précision
- réaliser les analyses (celles qui sont possibles avec un ICP-Q-MS, pré-concentration de Nd et Sr en amont d'analyses isotopiques par exemple) par voie liquide lorsque les applications par voie solide nécessitent le couplage de l'ablation laser avec l'ICPMS-HR (par exemple U-Pb sur calcite).

- **MicroCT/XRFScan** : un tel instrument permettrait d'obtenir (i) une distribution spatiale 3D de la composition chimique et donc minéralogique, et également (ii) la géométrie de l'espace poreux des échantillons (carottes, plug...). Dans l'optique de mieux comprendre les facteurs influençant les qualités des réservoirs géologiques, reporter quantitativement la minéralogie et l'espace poreux des roches réservoirs est un point très important. Les sources de financement restent à identifier.

- **Granulomètre laser** : en complément de la minéralogie des argiles, l'équipe PDS réalise des analyses de la distribution granulométrique des sédiments à partir d'un granulomètre laser Malvern 2000 afin notamment de remonter aux processus de transport (éolien, fluviatile, gravitaire) des sédiments et à leur intensité (e.g., vitesse de courant). Le granulomètre âgé de 18 années est également reconnu obsolète par Malvern, les Malvern 3000 ayant fait leur apparition. Au-delà du souci d'actualisation des logiciels ou de remplacement de pièces, ce granulomètre laser qui peut fournir la distribution en taille de particules inférieures à 2 mm nécessite une quantité de matériel minimum pour obtenir un résultat statistiquement représentatif, quantité de matériel la plupart du temps disponible dans les archives sédimentaires étudiées. Or, avec la mise en place de la nouvelle

thématique de recherche centrée sur l'étude du dépôt de poussières minérales dans les archives climatiques, la quantité de matière minimum ne sera pas atteinte pour ces types de sédiments éoliens. Pour pallier cela, un module adaptable aux granulomètres Malvern 2000 et 3000, permet de mesurer des quantités d'échantillons beaucoup plus faibles permettant de répondre au besoin de cette nouvelle thématique. Au cours des 5 prochaines années, l'achat de ce module est donc fortement envisagé. Par ailleurs, le renouvellement du granulomètre Malvern 2000 actuel par un Malvern 3000 est également en cours de réflexion.

### Nouveaux projets d'observatoire et de sites instrumentés

Au niveau des projets d'observatoires et de sites instrumentés, outre les activités de suivi du glacier Austre Lovénbreen au Svalbard intégrées dans [Cryobsclim](#) au sein de l'IR OZCAR et les demandes de labélisation en cours des réseaux [FRIPON](#) et RENOIR, nous avons entamé une réflexion sur la création d'un réseau de collecte d'aérosols sahariens (PDS). L'objectif principal de ce réseau de collecte d'aérosols sahariens sera, en plus de constituer un système d'observation de l'atmosphère, de mieux contraindre la signature terrigène des sources actuelles de poussières sahariennes apportées à la marge Ouest africaine afin d'améliorer l'interprétation de leurs dépôts passés enregistrés dans les sédiments marins. En effet, ces accumulations de poussières minérales dans les archives climatiques et plus particulièrement leurs propriétés sédimentologiques (distribution granulométrique), minéralogique (cortège argileux, quartz éoliens) et géochimiques (composition élémentaire et isotopiques) représentent des traceurs privilégiés et inédits de la circulation atmosphérique passée (Skonieczny et al., 2013). Par ailleurs, l'émission de ces particules étant en grande partie fonction des conditions environnementales régnant au niveau des zones sources (e.g., hydrolyse), l'étude de ces dépôts éoliens permet également de documenter les changements hydrologiques au niveau du continent Nord-africain passés (cycle hydrologique saharien ; Skonieczny et al., 2015). Toutefois, proposer des reconstructions paléoclimatiques robustes nécessite au préalable de bien contraindre l'actuel. Ce projet de mise en place à l'actuel de collecteurs de poussières sahariennes est en cours de construction (prise de contacts avec de potentiels partenaires français et africains, choix stratégiques de localisations des futurs systèmes de collectes). Ce déploiement de collecteurs à vocation à être pérennisé afin d'obtenir des séries temporelles les plus longues possibles pour pouvoir discuter les variations inter- et intra-annuelles des dépôts éoliens sahariens dans un contexte de réchauffement climatique. Ce projet pourrait parfaitement se rattacher au SNO « Océan-Atmosphère » et serait à la charnière entre les services de surveillances de l'atmosphère labellisés INDAF (International Network of Deposition and Atmospheric chemistry in Africa) et PHOTONS/AERONET (Observatoire de Recherche sur les Aérosols). Notons que dans le cadre de l'appel à propositions « moyens » de 2017, un financement préliminaire de l'OSUPS a été obtenu par pour initier la mise en place du projet démontrant le soutien de l'OSUPS pour le développement de ce futur système d'observation.

### Projets de bases de données et capacité de calculs et de stockage des données

Les géosciences faites à GEOPS, comme toutes les disciplines, sont profondément bouleversées par l'arrivée des nouvelles technologies. Nous souhaitons nous doter de plusieurs outils pour l'utilisation optimale des technologies informatiques concernant plusieurs volets : la sauvegarde des contenus des ordinateurs personnels, la sauvegarde des données scientifiques, les serveurs de données scientifiques et les serveurs de calcul.

Les contenus de nos ordinateurs personnels ne sont pour l'instant pas sauvegardés de manière pérenne par le laboratoire GEOPS. Plusieurs équipes se sont dotées de disques durs externes ou de service ad-hoc mais ces solutions posent des problèmes de fiabilité et de coût. Après réflexion, nous avons opté pour la solution proposée par le CNRS « MyCore » parfaitement adapté à cette problématique, pouvant sauvegarder jusqu'à 100 Go les documents de travail, sur toutes les stations de travail Windows, Linux et Mac. Des réunions d'explication de l'outil seront organisées pour encourager les personnels à utiliser ce service du CNRS. Par ailleurs, les responsables d'équipe ont souhaité également avoir en interne à GEOPS un serveur permettant l'archivage des données.

Concernant la sauvegarde des données scientifiques, notamment celles produites par les machines de calculs et les machines analytiques (plateforme PANOPLY, géochimie, minéralogie et spectroscopie,...), nous avons proposé plusieurs pistes : ESPRI de l'IPSL, ou [Datacenter@UPSUD](mailto:Datacenter@UPSUD) dans les services centraux de l'Université ou encore PSUP à l'Observatoire de Paris Sud (en commun avec l'IAS). Il semblerait opportun d'utiliser un ou plusieurs de ces services en fonction des projets et de leurs thématiques. Lors du prochain quinquennal,

nous souhaitons tester, utiliser et valider ces approches de manière systématique sur les productions scientifiques du laboratoire pour lesquelles une telle archive serait pertinente. Des réflexions sont à mener concernant les métadonnées, aussi importante que les données brutes, et les droits d'accès à ces données.

Les serveurs de mise à disposition de nos données à l'extérieur sont aussi à développer. Cet aspect est clairement relié à la sauvegarde des données scientifiques, décrit précédemment. Des outils de visualisation 3D et de service web SIG ont été développés et devraient prendre plus d'ampleur à l'avenir. Une réflexion est en cours mais il semble aujourd'hui plus urgent de réaliser une sauvegarde avant de passer à l'étape de mise à disposition des données.

Plusieurs serveurs de calculs, gérés par le personnel de GEOPS, sont disponibles, essentiellement dans l'équipe GP et en géophysique. Les serveurs achetés en commun avec l'IAS (via l'ERM) ou avec le L2S (serveur GPU) posent des problèmes de pérennité. Ces serveurs sont pourtant très utilisés pour les collègues permanents et les étudiants (thèse, master) afin de faire du développement et de la production pour des calculs usuels. Il n'est clairement pas possible de continuer à acheter, administrer et gérer la maintenance des serveurs de calculs en interne, sans recrutement en interne d'un informaticien dédié au calcul scientifique. Le prochain quadriennal devra s'atteler à essayer de résoudre ce problème.

### Traitements statistiques des données

Les nouveaux outils de traitement de données de masse (réseau de neurone « deep learning », apprentissage profond, « machine learning », classification supervisée, séparation de source en aveugle...) ouvrent des perspectives révolutionnaires en géosciences pour faire face au déluge de données. GEOPS est un producteur de données avec un parc analytique exceptionnel, mais le traitement de données associé n'est pas pour l'instant à la hauteur des enjeux. Nous souhaitons développer des outils innovants pour répondre aux différentes problématiques des géosciences en améliorant les traitements des données en granulométrie, hydrologie, géochimie des éléments majeurs et traces, spectroscopie...

Deux classes majeures de traitement sont possibles : supervisée et non supervisée. Dans le premier cas, il s'agit de combiner au mieux les informations de référence (par exemple des spectres de laboratoire de minéraux purs) avec des données réelles (par exemple des spectres de matériaux composites naturels). L'enjeu du traitement consiste à déterminer les caractéristiques des composants naturels (par exemple la composition chimique) en prenant en compte les contraintes mathématiques adaptées (par exemple positivité, parcimonie, somme à un, ...). Dans le cas dit « non-supervisée », il s'agit de laisser parler les données elle-même car aucune donnée de référence n'est nécessaire. Ce type d'approche permet par exemple de réduire la complexité d'un enregistrement granulométrique dans une carotte sédimentaire à un mélange entre quelques pôles. A la fois les pôles « purs » et les abondances des mélanges sont pertinents pour l'interprétation géologique. A nouveau, ce type d'outil devra prendre en compte les contraintes mathématiques les plus adaptés au signal (par exemple positivité, parcimonie, somme à un, ...).

Au cours du prochain quinquennal, une animation scientifique sera mise en place pour à la fois poser des questions du côté des utilisateurs mais aussi proposer des outils du point de vue des mathématiques appliqués. Nous avons déjà eu ce type d'action sur l'« inversion de données » ou sur la « déconvolution » au cours du quinquennal précédent, qui ont été généralement couronnés de succès (une dizaine de participants aux ateliers de travail). A plus long terme, il est envisagé que ce type d'outil puisse être directement relié aux bases de données et être appliqué en ligne.

### 6.5.2 Demandes de moyens humains

#### Plan de recrutements d'enseignants-chercheurs

Au cours du prochain quinquennal, 5 Professeurs et 1 Maitres de Conférences de l'UMR et/ou du département des Sciences de la Terre vont prendre leur retraite. Au moins 2 de nos MCF en disponibilité de longue durée pourraient ne pas réintégrer le laboratoire, ce qui permettrait l'ouverture de 3 postes de MCF. Si certains des postes de PR sont pourvus par des MCF du laboratoire, et/ou si certains MCF migrent vers des postes de professeurs d'autres universités (le nombre d'HDR soutenu ayant fortement augmenté ces dernières années), le nombre de postes de MCF ouverts pourrait même être supérieur à 3. Nous avons identifié 6 à 8 profils de professeur et 5 à 7 profils de Maître de Conférence (nombre de demandes supérieures au nombre d'ouvertures

de postes prévus d'ici 2025), sans souhaiter définir dès à présent des priorités. Plusieurs de ces postes présentent un caractère transversal aux équipes, conformément au souhait de renforcer la cohérence entre équipes. Un travail de discussion sera effectué dès le début du quinquennal afin de rationaliser les demandes de poste et d'avoir une politique de recrutement à long terme. Cette politique sera menée au sein du conseil scientifique et par l'organisation de journées scientifiques thématiques.

### Profils de postes de professeur

#### Poste PR « Caractérisation minérale des processus géologiques » (axe ESCAPADE, poste ouvert en 2019) :

Le professeur développera une activité de recherche autour des mécanismes et conditions de formation/altération des minéraux dans les environnements naturels (sédiments, sols, roches) sous contraintes anthropiques et/ou climatiques. Ces phases enregistrent les conditions physico-chimiques prévalant lors de leur formation et peuvent inclure des éléments à fort intérêt économique. Leur caractérisation fine, à l'échelle subatomique notamment par utilisation du rayonnement synchrotron, est indispensable pour comprendre et modéliser le comportement des éléments chimiques qu'ils renferment dans les écosystèmes, la signification et les implications environnementales des biominéralisations, l'origine des minéraux extraterrestres, etc.

#### Poste PR « Hydrogéologie et Géochimie » (HYDRO3G) :

Le/La professeur(e) recruté(e) viendra renforcer le laboratoire en développant de nouveaux projets de recherche nationaux et internationaux, en hydrogéologie. Il/Elle contribuera à la connaissance du fonctionnement des aquifères et à l'évaluation des ressources en eau associées à l'aide de la géochimie (chimie, isotopes stables et radioactifs) mais aussi de l'hydrogéologie et de l'hydrodynamique. Cela concernera les aquifères poreux, fracturés ou non, libres ou captifs profonds, sur une large gamme d'échelles spatio-temporelles et sous des contraintes variées. Il/Elle abordera, par des approches essentiellement hydrochimiques et/ou isotopiques et la modélisation, une ou plusieurs des questions relatives à la dynamique des eaux souterraines, à leur datation (en particulier par  $^{14}\text{C}$ ), à l'acquisition de leur minéralisation et à leur vulnérabilité dans un contexte de pressions anthropiques et climatiques croissantes. Il/Elle permettra de poursuivre les liens historiques de l'équipe avec des acteurs aussi bien académiques que privés ou institutionnels, ainsi qu'avec la société civile.

#### Poste PR « Géophysique » (HYDRO3G) :

Le(la) professeur(e) recruté(e) viendra renforcer le laboratoire en développant de nouveaux projets de recherche nationaux et internationaux, en hydrogéophysique. Il (elle) abordera, par des méthodes de géophysiques appliquées, la quantification de processus hydrodynamiques, en s'insérant dans les thèmes développés au sein de l'équipe. Il (elle) renforcera les approches multi-méthodologiques et multi-échelles permettant la caractérisation des propriétés du sous-sol pour la compréhension globale de la dynamique des eaux souterraines.

#### Poste PR « Changement climatique planétaire et histoire des volatils » (GP) :

La Terre n'est pas la seule planète qui a vu au cours de son histoire des changements climatiques. D'autres corps comme Mars ou Titan ont connu des évolutions climatiques importantes, parfois sous forme de crise (impact, volcanisme, tsunamis, formation crustale ...). La compréhension des changements qui affectent les surfaces est fondamentale pour comprendre les environnements passés et présents, et notamment leur habitabilité, mais aussi pour aborder la prévision des évolutions futurs. L'équipe de Géomorphologie planétaire, qui s'est focalisé sur l'étude comparative entre la Terre et Mars souhaite recruter un Professeur pour développer des nouveaux projets d'analyse de données spatiales de télédétection et/ou de modélisation numérique, et/ou d'expérimentation en laboratoire afin de créer une nouvelle dynamique sur l'impact géomorphologique et climatique des volatils sur les corps planétaires dans le Système Solaire.

#### Poste PR « Géochronologie K-Ar et Ar/Ar » (GDSV) :

Suite au départ à la retraite du Professeur Pierre-Yves Gillot en 2016, dont la renommée pour le développement et l'application de la datation K-Ar en volcanologie dépasse largement le niveau national, l'équipe GDSV a vu son potentiel d'enseignants chercheurs diminuer significativement. Nous souhaitons renforcer l'équipe avec un chercheur expérimenté sur un profil scientifique large autour de la géochronologie K-Ar et  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ . Un des objectifs pédagogiques de ce professeur sera de mettre en place une voie de Master en Volcanologie au niveau européen. L'enjeu est de proposer entre différentes universités et instituts européens un master dédié à l'étude des systèmes volcaniques et la gestion des risques naturels induits.

Poste PR « bassin sédimentaire et ressources » (RBR) : Le professeur développera son activité de recherche dans l'étude des bassins sédimentaires et/ou de la mise en place des ressources minérales ou d'éléments stratégiques. Le professeur viendra renforcer la recherche de l'équipe Relief, Bassin, Ressources de l'UMR GEOPS, en développant des liens forts avec le monde socio-économique.

Poste PR « Paléoclimatologie et micropaléontologie : approches croisées bio-indicateurs, sédimentologie et géochimie » (PDS) : Le/la Professeur(e) développera une recherche centrée sur les reconstitutions paléoenvironnementales et paléoclimatiques à partir de l'étude de bio-indicateurs présents dans les archives sédimentaires marines et/ou continentales. Il s'agira de s'intéresser aux cycles biogéochimiques affectant de manière significative le système climatique passé (cycle du carbone, cycle de l'eau et/ou cycle de l'oxygène). Les périodes étudiées pourront couvrir les transitions climatiques clés du Quaternaire (transition glaciaires/interglaciaires, déglaciations) et/ou des périodes récentes présentant des variations climatiques rapides (Holocène, périodes historiques), dans tous les cas, des transitions climatiques importantes pour les projections climatiques. L'approche proposée devra être pluridisciplinaire et combiner des analyses sédimentologiques et géochimiques complémentaires aux analyses micropaléontologiques proposées, dans l'objectif de reconstruire les conditions biogéochimiques des écosystèmes marins (températures, fertilité, salinité, productivité...) et/ou terrestres (précipitations, températures, aridité...). Des synthèses multi-archives aux échelles régionales et/ou globales pourront être envisagées en vue de réaliser des comparaisons entre modèles et données.

### **Profils de postes de maître de conférence**

Poste MCF « Hydrologie des Bassins Versants » (HYDRO3G) : Le(la) maître de conférences recherché(e) développera sa recherche sur les systèmes hydrologiques à l'échelle de bassins versants, par des approches de modélisation hydrologique et/ou des approches géochimiques pour apporter de nouvelles connaissances sur le fonctionnement des cours d'eau et des bassins versants associés. Il s'agit de pouvoir répondre à des questions relatives à la gestion des eaux de surface (quantité, qualité) et au risque hydrologique (crues, étiages) dans le contexte des changements environnementaux.

Poste MCF « Étude des cratères d'impact » (GP) : L'étude des cratères d'impact est une discipline en plein essor en France. L'équipe de Géomorphologie Planétaire souhaite recruter un Maître de conférences spécialiste des impacts terrestres et planétaires. Il devra développer des recherches originales en géomorphologie, géophysique, pétrologie ou géochronologie pour la compréhension des structures d'impact sur Terre et sur d'autres corps du Système Solaire. Il pourra aussi mener des études sur le terrain, en s'intégrant notamment dans les programmes de recherches développés par le CIRIR (Centre International de Recherche sur les Impacts et sur Rochechouart).

Poste MCF « Analyse du déluge de données planétaires » (GP) : Les nouveaux outils de traitement de données de masse (réseau de neurone « deep learning », apprentissage profond, « machine learning », classification supervisée, séparation de source en aveugle...) ouvrent des perspectives révolutionnaires en Sciences de la Terre et des Planètes. L'équipe de Géomorphologie Planétaire souhaite recruter un Maître de Conférence qui développera des outils innovants pour répondre aux problématiques de l'évolution géologiques des planètes en combinant plusieurs jeux de données (image, spectroscopie...) de télédétection ou in situ et/ou des sorties de modèles numériques (modèle de climat GCM, tsunami...). Ces travaux auront pour but d'apporter un point de vue original par la synthèse du déluge de données actuel.

Poste MCF « Géochronologie K-Ar in-situ » (GDSV) : Avec le développement récent au laboratoire de la datation K-Ar in-situ par ablation laser UV, mesure LIBS et spectrométrie quadrupolaire, l'équipe est devenue un des leaders mondiaux sur cette technique nouvelle. Le ou la MCF sera chargé de développer et mettre en œuvre cette approche, qui pourra également être associée à la datation  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  appliquée aux mono-grains sur le nouvel instrument GRACE. La datation K-Ar in-situ ouvre des perspectives prometteuses pour la datation des inclusions, des minéralisations secondaires, et pour effectuer des profils d'âge à l'échelle du minéral. De nombreuses applications peuvent être envisagées autour de la thermochronologie, des circulations hydrothermales dans les systèmes volcaniques en relation avec l'activité éruptive, et des mesures des temps de résidence dans les réservoirs magmatiques.

Poste MCF « géochronologie/thermochronologie » (RBR) : La quantification en termes de temps et des vitesses des processus géologiques affectant la surface terrestre repose entre autres sur l'utilisation d'outils de

géochronologie et de thermochronologie. Afin de renforcer une force de l'équipe Relief, Bassin, Ressources de l'UMR GEOPS, le maître de conférences devra mener sa recherche dans les domaines de la formation des marges et/ou orogènes, les bassins sédimentaires, des transferts de sédiments (source to sink) et/ou la mise en place des minéralisations. Il ou elle sera spécialiste de la thermochronologie basse température (traces de fission, (U-Th)/He) et/ou de la datation U/Pb.

Poste MCF « Géochronologie du Quaternaire » (PDS) : Le/la Maître de Conférence développera une recherche centrée sur la géochronologie des archives sédimentaires marines et/ou continentales du Quaternaire et les applications qui en découlent pour les reconstitutions paléoenvironnementales et paléoclimatiques. Il s'agira de s'intéresser aux différentes méthodes applicables à la datation et à l'établissement de modèles d'âge dans les archives sédimentaires (U/Th, et radiocarbone,  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  et K/Ar appliqués à la tephrochronologie). Les périodes étudiées pourront couvrir les transitions climatiques clés du Quaternaire (transition glaciaires/interglaciaires, déglaciations) et/ou des périodes récentes présentant des variations climatiques rapides (Holocène, périodes historiques). Une approche multidisciplinaire avec les différentes techniques de datation absolue (U/Th sur spéléothèmes et/ou coraux et  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  et K/Ar sur tephra) devra inclure entre autre une meilleure calibration de l'échelle de temps radiocarbone. Le futur maître de conférence bénéficiera de l'existence d'une plateforme analytique unique dans le paysage français (PANOPLY) regroupant des instruments de grande performance récemment acquis comme une MC-ICPMS, ICPMS-HR couplés à l'ablation laser, un Spectromètre à multi-collection  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  (projet GRACE) et un Compact radiocarbone AMS système (EchoMICADAS).

### Plan de recrutement des chercheurs CNRS

Un profil de chargé de recherche a été identifié par chacune des 5 équipes, ainsi que par l'axe transversal Milieux Arctiques.

Poste CR : « Comportement du carbone organique dissous (COD) dans la Zone Critique eau de surface eau souterraine » (HYDRO3G) : Utilisant les méthodes de la géochimie et de la géochimie isotopique, le CR s'attachera en priorité à étudier les liens (i) entre COD et composés du soufre et de l'azote (oxydo-réduction) et (ii) entre COD et CID. Il/Elle replacera ces évolutions dans un cadre chronologique contraint, en particulier par le carbone-14, et s'attachera à comparer les datations établies sur COD et CID dans les eaux souterraines.

Poste CR « Profil Géomorphologie Planétaire » (GP) : L'équipe de Géomorphologie Planétaire développe une approche originale centrée sur l'étude des surfaces de la Terre et des planètes. Cette recherche se base essentiellement sur l'analyse des images des sondes spatiales par photo-interprétation couplée à des méthodes quantitatives de télédétection, par des études de terrain, par une approche expérimentale, et par la modélisation numérique des processus. Nous souhaitons recruter un Chargé de recherche en géomorphologie des surfaces planétaire en lien avec les missions spatiales terrestres et les programmes d'exploration du Système Solaire. Le profil scientifique concerne l'étude des processus géomorphologiques planétaires avec une approche en télédétection (analyse morphologique des images, analyse des données topographiques, analyse des images hyperspectrales, ...). Une approche de terrain et/ou expérimentale et/ou numérique complémentaire est/sont souhaitables afin de valider les analyses de télédétection. Une solide connaissance du domaine des Géosciences sera considérée comme un atout pour réaliser des interprétations thématiques dans divers contextes géologiques/géomorphologiques. Son profil recherche sera transversal pour assurer les liens entre diverses disciplines comme la géomorphologie, la géologie, la physique.

Poste CR « Reconstitution des variations paléocéanographiques et développement de nouveaux traceurs dans les biocarbonates marins » (PDS) : Le chargé de recherche intégrera l'équipe PDS et réalisera une recherche sur les reconstitutions paléoclimatiques à partir de l'étude des sédiments marins. Il s'attachera à identifier et à évaluer les forçages en jeu (solaires, volcaniques...) et l'impact de la dynamique des calottes glaciaires, des apports d'eaux d'eau douce et autres processus sur les conditions hydrologiques des océans passés au cours de périodes clés récentes (Quaternaire) permettant d'apporter des contraintes sur la prévisibilité du climat des prochaines décennies. Outre une meilleure connaissance de l'évolution des océans dans le passé, le chargé de recherche s'appuiera plus particulièrement sur le développement des traceurs et des modalités de l'enregistrement des paramètres environnementaux dans les biocarbonates (coraux, foraminifères, mollusques et autres) permettant de restituer des paramètres clés tels que la  $p\text{CO}_2$  (Paléo-pH), la  $T^\circ\text{C}$ , la salinité, la productivité... La finalité de cette recherche résidera dans une meilleure connaissance des processus de

biominéralisation et de fossilisation, afin de permettre une amélioration de la calibration des traceurs géochimiques pour une restitution plus fiable de la variabilité naturelle des changements climatiques. L'approche envisagée devra croiser géochimie, microstructure à des analyses à micro-échelles afin d'améliorer notre connaissance des traceurs géochimiques et de restituer des enregistrements climatiques pertinents. Le chargé de recherche pourra s'appuyer sur les moyens analytiques récents de GEOPS (Compact Radiocarbon Systems, LA-ICPMS-XR, MC-ICPMS, DRX, MEB...) permettant de réaliser des développements analytiques innovants dans les domaines considérés.

Poste CR « Interactions volcanisme - climat sur différentes échelles de temps » (GDSV) : Les éruptions volcaniques peuvent injecter de grandes quantités de particules (cendres, poussières) et de gaz (CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> ...) dans l'atmosphère, susceptibles de causer des perturbations importantes du climat terrestre et d'engendrer des bouleversements environnementaux majeurs (crises de la biodiversité et extinctions de masse, acidification de l'atmosphère et accélération des processus d'altération ...). Réciproquement, les forçages climatiques peuvent avoir des effets significatifs sur l'évolution des systèmes volcaniques à grande échelle. Des travaux récents ont en effet montré que les variations eustatiques liées aux changements paléoclimatiques quaternaires avaient influencé le développement d'instabilités de flanc catastrophiques induisant une recrudescence de l'activité éruptive sur de nombreuses îles volcaniques distribuées sur toute la surface du globe. La compréhension des relations entre volcanisme et climat requiert une bonne connaissance des événements passés, préalable indispensable pour discriminer et hiérarchiser les facteurs et les mécanismes d'interaction prépondérants et permettre in fine l'élaboration de modèles réalistes. La présente demande concerne le recrutement d'un CR au Laboratoire GEOPS. La personne recrutée sera en charge de développer une recherche pluridisciplinaire, en partenariat avec des chercheurs spécialisés dans les domaines de la géochronologie, de la volcanologie, de la géochimie des processus magmatiques et des enveloppes superficielles (sédiments, hydrosphère, atmosphère), et de la modélisation analogique et numérique.

Poste CR « Thermochronologie des bassins » (RBR) : De par ses thématiques scientifiques, RBR est axé autour de la thermochronologie/chronologie utilisant les traces de fission sur apatite et (U-Th)/He sur divers minéraux ou le couplage mesure Delta47 / U-Pb in situ sur calcites. L'originalité de l'équipe s'appuie, en outre de l'utilisation classique de ces méthodes, sur un fort développement analytique et méthodologique. Les processus physiques affectant les âges (U-Th)/He sur apatite sont mieux contraint via le projet ANR HeDiff mais aussi de nouveaux outils de datation sont développés : U-Pb sur calcite, (U-Th)/He sur hématite et goéthite ; (et de détermination de température de cristallisation (D47). L'insertion au sein de cette équipe d'un chercheur CR spécialiste des thermochronomètres basse température, pourra immédiatement utiliser l'ensemble de ces méthodes et apporter des contraintes fortes sur des questions géologiques, mais permettra le renforcement de celle-ci.

Poste CR « Milieux arctiques » : Les régions froides (arctiques et sub-arctiques) ont été mises en avant du fait de leur sensibilité face au réchauffement climatique et du relargage de carbone précédemment stocké dans le pergélisol. Dans le contexte du financement d'une ANR « Make Our Planet Great Again » et du rôle actif joué par GEOPS à l'échelle nationale et internationale, nous souhaitons conforter notre positionnement sur cette thématique en demandant un CR qui viendra appuyer notre spécificité en géomorphologie et hydrologie des milieux à pergélisol. Celui-ci s'intéressera à l'analyse de la dynamique des processus géomorphologiques et hydrologiques, en particulier dans les milieux à pergélisol, *hotspots* biogéochimiques. Plus particulièrement, il se focalisera sur les effets directs et indirects de la dégradation de pergélisol (et/ou tourbières arctiques/sub-arctiques) liés au réchauffement climatique récent en quantifiant les flux, les sources et l'âge des gaz (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>) émis lors du dégel. Il fondera son approche sur une analyse multi-échelles et pluri-méthodes essentiellement focalisée sur le suivi hydrologique, thermique, géochimique et topographique de sites instrumentés, avec des simulations analogiques ou numériques.

### Plan de recrutements d'ingénieurs et techniciens

Un effort de mutualisation inter-équipe a été fait pour définir les besoins exprimés ci-dessous.

Poste IE « datation et thermochronologie gaz rares » (GDSV & RBR) : Les équipes GDSV et RBR de GEOPS ont mis en œuvre une large palette de techniques (<sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar, K-Ar, (U-Th)/He et (U-Th)/Ne) dans le domaine de la géochronologie et thermochronologie par les gaz rares. Ce parc analytique unique en France comprend 6 spectromètres et leur ligne d'extraction et purification, ainsi qu'une nouvelle installation <sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar en cours

d'acquisition. Ces équipements intégrés à la plateforme analytique Panoply (GEOPS-LSCE) n'ont pas de personnel technique dédié pour leur maintenance et développement. Cette situation constitue un handicap majeur qui risque à terme de compromettre le rayonnement national et international de ces équipes, tant en matière de production scientifique que d'innovation technologique. Le fonctionnement de ces installations repose actuellement sur l'implication des chercheurs et enseignant-chercheurs alors que les besoins en entretien nécessitent en temps croissant chaque année. Le recrutement d'un IE, mutualisé à environ 1/3 dans RBR et 2/3 dans GDSV, est donc vital pour ces deux équipes. Il assurera la pérennisation de ces instruments, qui permettent actuellement de satisfaire une partie des besoins en datation et thermochronologie basse-température exprimés par la communauté nationale des Géosciences.

Poste AI « préparations d'échantillons et chimie en salle blanche » (PDS & RBR) : Le laboratoire GEOPS (PDS et RBR) réalise de nombreuses analyses sédimentologiques, minéralogiques et géochimiques sur des supports variés (roches, carottes sédimentaires, microfossiles, eau de mer, coraux) à la fois en laboratoire (salles grise et blanche) ou sur le terrain (missions océanographiques). Dans le cadre du développement de l'activité de recherche de l'équipe RBR, l'AI viendra renforcer et aider le pôle de préparation d'échantillons. Le développement de la recherche de l'équipe est actuellement limité par le volume important d'échantillons à préparer, selon des protocoles spécifiques aux différentes méthodes d'analyses utilisées (sélection des zones d'intérêt, inclusion, polissage, broyage, séparations minérales). L'équipe PDS souhaite un support technique visant principalement à réaliser les préparations chimiques en salles grise et/ou blanche en vue d'analyses géochimiques élémentaires (ICPMS) et isotopiques (Sr, Nd et Pb sur NEPTUNE et 14C sur CRS-EchoMICADAS). AI devra également prendre en charge la gestion de la salle blanche de l'équipe PDS (entretien, gestion des consommables, accueil et formation des utilisateurs) et participer à la réalisation d'analyses géochimiques (depuis l'échantillonnage (tri, pesées) à la préparation de l'échantillon pour analyses (dissolution, séparation isotopiques...)), assuré la formation des nouveaux utilisateurs (permanent et non permanents) et assurer le contrôle qualité des analyses, participer et organiser les missions de terrain et océanographique.

Poste AI (IE) « C-14 – Datations et Traçages » (HYDRO3G) : Au sein de l'UMR8148 et depuis la création du laboratoire, l'équipe HYDRO3G est pionnière dans la datation des eaux, l'automatisation des préparations ainsi que pour la très grande précision des mesures (incluant les échantillons et les références). La pression croissante de la communauté ainsi que le développement dans le prochain quinquennal d'un thème de recherche « Datations et Traçage » nécessite la demande d'un poste d'ingénieur, en lien avec l'acquisition du nouvel instrument d'analyse «ECHOMICADAS» (LSCE/GEOPS/MNHN-UMR7209). L'AI/IE recruté(e) participera au développement du carbone-14 Dans le cadre d'applications en géosciences à la fois pour la datation d'objets carbonés naturels de nature très variable (eaux, minéraux, matières organiques, gaz) que pour le traçage de processus géologiques et environnementaux. Il/Elle participera donc, sous l'encadrement du Responsable du laboratoire Radiocarbone de l'équipe HYDRO3G, à la en place des protocoles, fiables et reproductibles, allant du prélèvement, à la préparations d'échantillons carbonés, à l'entretien des lignes de graphitisation, à la mise en routine d'analyses haute fréquence et haute résolution ainsi qu'à la préparation des standards et blancs nécessaires aux mesures. Il/Elle renforcera les activités scientifiques de l'équipe hydro3G en participant notamment au développement des protocoles analytiques et de graphitisation en lien avec l'«ECHOMICADAS».

Poste IE « plateforme de minéralogie » (Transversal) : Afin de renforcer le pôle de minéralogie de l'UMR, un IE est demandé afin d'assister le personnel de la plateforme de minéralogie pour le développement de protocoles de préparation spécifiques et d'analyses de données, assurer la gestion, l'entretien et les prestations sur les équipements actuels (microscopie électronique et de force atomique, diffraction RX, spectroscopie IR, cathodoluminescence, granulométrie) et futurs.

Poste IR « analyse élémentaire et les datations U/Pb in-situ avec le LA-ICPMS » (RBR) : IR LA-ICPMS pour l'analyse élémentaire et les datations U/Pb in-situ. La datation et le traçage géochimique sur minéraux et inclusions fluides est une activité en plein essor au sein de l'équipe RBR. Cette activité nécessite un coordinateur technique ET scientifique pour la réalisation des nombreuses analyses ainsi que le traitement des données, leur interprétation et leur valorisation. L'IR développera une expertise sur les analyses élémentaires et de datation par ablation laser au sein du laboratoire et des activités de conseil et de formation des utilisateurs.

### 6.5.3 Hygiène et sécurité

Les actions à mener, identifiées lors du dernier quinquennal, ont pour bonne partie été prises en charge mais il reste encore des améliorations à prévoir. Elles sont présentées après bilan dans l'ordre décroissant des priorités:

#### Risques incendie

La centrale d'alarme incendie précédente présentant de nombreux défauts a été déposée et une nouvelle a été mise en place fin 2014. Pourtant, lors des exercices d'évacuation incendie de ces 4 dernières années ont été mis en évidence plusieurs dysfonctionnements. Les transmetteurs de reports d'alarme, qui doivent communiquer avec le poste de garde de l'Université et les avertir en cas d'incendie, ne sont toujours pas connectés, depuis plus de 4 ans (remarque récurrente dans les rapports d'exercice d'évacuation depuis 2014). La transmission de l'alarme générale du bâtiment 504, lorsqu'elle est sur batterie en cas de coupure électrique du bâtiment, ne fonctionne pas. Au bâtiment 504, il manque une barrière sur les escaliers des ailes pour empêcher le personnel de descendre plus bas que les issues de secours (vers la cave) en cas d'évacuation sans visibilité. Au bâtiment 509, il n'y a pas de panneau de signalisation d'un point de rassemblement en extérieur. De plus, dans le bâtiment 509 (mais cette situation se retrouve dans certaines salles de cours ou de conférence du bâtiment 504), il n'y a qu'une issue de secours (la porte d'entrée) et cette situation est contraire aux normes de sécurité en cas d'incendie dans des ERP (Établissements Recevant du Public). Le coût estimé n'a pas été chiffré mais il nécessiterait la création d'issues de secours en extérieur dans le cas du 504 et la réparation de la porte arrière du 509 après débarrasage de la salle attenante. Ces points seront identifiés et évalués dans le cadre du projet GEODES de réhabilitation du laboratoire GEOPS. Notre laboratoire n'est actuellement pas un ERP de catégorie demandant des portes de désenfumage et de confinement. Mais si tous les étudiants qui suivent des enseignements dans la vallée montent sur le plateau comme cela est prévu pour les L3 aux M2, il serait possible que ce classement change. Il faudra alors réfléchir à avoir des installations adéquates.

#### Chauffage des bâtiments 504 et 509

Une seule pompe de chauffage a été changée lors de ce dernier quinquennal, pour cause de budgets de l'Université, ne nous mettant pas à l'abri d'une nouvelle interruption du chauffage l'hiver comme cela est arrivé en 2012. La pompe de secours doit être impérativement changée dans les années à venir. Par contre la régulation du chauffage pose désormais moins de problèmes. Cependant un problème plus général subsiste qui est que le chauffage commun de l'Université est allumé à des dates pré-fixées par un calendrier universitaire (après les vacances de la Toussaint et jusqu'aux vacances de Pâques généralement). Or cette situation mène à des défauts de chauffage dans les bureaux lorsqu'il y a des hivers précoces ou tardifs. De ce fait de nombreux personnels mettent en route des chauffages individuels dans leur bureau, augmentant les risques incendie dans les bâtiments. Il serait préférable que l'Université gère les périodes de chauffage en fonction des températures extérieures et non d'un calendrier. Nous avons connu régulièrement des températures de l'ordre de 10°C dans les bureaux presque tous les ans. Coût estimé de la pompe environ 100 keuros. D'autre part, le coût énergétique par manque d'isolation (la perte de chaleur dû à l'état de délabrement avancé des huisseries des deux bâtiments) demanderait de faire changer toutes les fenêtres des deux bâtiments. Le coût estimé est de plusieurs centaines de keuros et est difficilement envisageable dans le cadre de réhabilitation du laboratoire actuel, cela réduirait considérablement les modifications possibles à apporter. Il va falloir trouver d'autres sources de financement.

#### Risques électriques et mise aux normes de l'électricité des laboratoires

Ce chantier a bien avancé durant le précédent quinquennal, notamment grâce au soutien financier de la Division de la Recherche de la Faculté des Sciences et aux travaux de l'électricien du laboratoire. Cependant, le transformateur général du laboratoire (TGBT) et les points de délivrance électriques de puissance (Sous-sol, 2ème étage et 4ème étage) sont des installations vieilles et sans protections. Les portes des placards électriques des étages ne ferment pas toujours et laissent l'accès libre à des armoires électriques délivrant du courant de 380 V en triphasé, sans protection. Et il reste encore de nombreux travaux électriques à faire pour mettre tout le laboratoire aux normes (un collègue a été électrisé – heureusement sans dommages – en 2017 et a été projeté à travers la pièce par le court-circuit sur un disjoncteur défectueux). Le projet GEODES de réhabilitation du laboratoire devrait pouvoir répondre au moins en partie à ces problèmes et mettre toute l'installation à jour et aux normes. C'est en tous cas un des points clef du dossier. Coût estimé de changement de toute l'installation électrique environ 150 à 300 keuros. L'augmentation croissante du nombre de gros instruments au laboratoire

pose également la question d'un système d'onduleur général permettant d'avoir du courant secouru sur ces instruments. Le laboratoire dispose actuellement de 5 onduleurs individuels pour des salles ou des instruments dédiés (coût installations électriques et onduleurs cumulés actuels environ 50 keuros).

### Risques Amiante

Plusieurs sorbonnes datent de la création du laboratoire et elles présentent des plénums en fibro-ciment sur les faces intérieures du bâti. Ce fibro-ciment est répertorié comme contenant de l'amiante. Les normes et spécifications légales de désamiantage ont changé depuis 2015 et le démontage de ces sorbonnes est devenu très cher (compter en gros 5 à 7 000 euros par sorbonne). Nous avons été largement aidés par la Faculté des Sciences et la Division de la Recherche ces dernières années et avons pu en faire démonter plusieurs. Au moins toutes celles qui ne servaient plus régulièrement. Elles sont périodiquement vérifiées par un organisme agréé. Plusieurs sorbonnes sont non-conformes (aspiration insuffisante ou circulation des gaz non-conformes avec retours vers l'extérieur) et demanderaient à être mises aux normes (remplacement des moteurs en général). De plus les vieilles sorbonnes ont encore des paillasse en carrelage, difficilement décontaminables en cas de problème. Il ne reste plus que 3 sorbonnes contenant de l'amiante sur les 14 restantes. Les autres sont neuves ou en bon état. Dans le projet de réhabilitation du laboratoire, la mutualisation des installations de protections collectives de chimie sont réfléchies et des salles blanches ou propres sont envisagées pour remplacer les 3 existantes qui seront probablement déplacées. Coût d'enlèvement des 3 dernières sorbonnes contenant de l'amiante environ 20 keuros. Le coût de l'installation de sorbonnes neuves et des salles blanches neuves dans les nouveaux laboratoires lors de la réhabilitation du bâtiment 504 est estimé entre 300 et 500 keuros.

### Risque radioactif

Les sources radioactives naturelles ou « perdues » qui avaient été identifiées dans les caves et/ou les laboratoires ont été enlevées par l'ANDRA en 2015. Le dossier d'autorisation de détenir, manipuler et stocker des sources de rayonnements ionisants du laboratoire a été mis à plat et amélioré ces deux dernières années (un contrôle inopiné de l'ASN en 2016 a permis de remettre au propre toute la traçabilité du laboratoire). Notre autorisation actuelle arrivera à terme en 2019. Nous devons donc faire une demande de renouvellement courant 2018 pour pouvoir continuer à travailler. C'est un gros dossier qui peut prendre du temps. Celui-ci est en cours de préparation. Il sera à remettre complètement à jour lorsque les sources scellées ou non scellées et les générateurs de rayonnements X du laboratoire vont changer de place lors de la réhabilitation et il faudra faire bon nombre de modifications dans le dossier. Le dossier du laboratoire fait actuellement 500 pages avec les annexes. Du matériel de mesure a été acheté au laboratoire et doit être vérifié et étalonné par des organismes certifiés tous les ans. De plus, une visite de contrôle par une entreprise extérieure certifiée doit être réalisée également tous les ans. Coût annuel de ces contrôles et visites, environ 2 000 euros par an.

### Risque laser

Le laboratoire utilise de plus en plus de sources laser (notamment pour de l'ablation de roches). Ce nombre a fortement augmenté depuis les 5 dernières années. Il va falloir désigner un référent laser du laboratoire et mettre au point toutes les procédures de sécurité qui vont avec la manipulation de laser. Des systèmes de prévention et de sécurité seront à mettre sur les salles qui n'en sont pas équipées soit environ 5 à 10 keuros.

### Travail Isolé

Le laboratoire comporte des postes de travail qui peuvent être assimilés à des postes de travail isolé. Ce sont des postes de travail dans des pièces aveugles où personne ne peut voir ou entendre une personne qui serait en difficulté, même pendant les horaires de bureau. Avec le nombre croissant de salles de préparations chimiques (3 salles propres) et les deux salles d'expérimentation au sous-sol (Ar/Ar et chambres froides), 5 systèmes autonomes de (Protection de Travailleurs Isolés – PTI) ont été achetés. Ils seront mis en place courant 2018 avec des systèmes de relai vers le service de sécurité de l'Université pour prévenir tout incident pour les personnels travaillant sur des postes de travail isolé. Des discussions avec la Division Informatique de l'Université sont en cours pour leur mise en route.

Lors de la réhabilitation du laboratoire, le budget ne permettra pas d'acheter le mobilier qui ira dans les salles qui auront été refaites, il faudra trouver d'autres sources de financement pour ce poste qui pourra être conséquent.

Un gros travail de tri et de nettoyage des caves du laboratoire sera également à faire pour évacuer tous les échantillons non identifiés ou trop vieux, tout ce qui est entreposé à la cave en attendant ou qui ne marche plus mais on le garde au cas où. Cet espace sera nécessaire pour pouvoir faire du stockage propre d'échantillons nouveaux (carottes, roches et eaux). Le système obsolète et inutilisé/inutilisable de désenfumage du laboratoire nécessitait d'énormes tuyaux qui encombrent aujourd'hui la cave.

Par ailleurs, pour faire remonter efficacement et rapidement l'ensemble des problèmes d'hygiène et sécurité à l'Université, nous avons créé fin 2013 un Comité local d'Hygiène et de Sécurité des Conditions de Travail (CHSCT d'unité) qui se réunit périodiquement (annuellement au moins) pour faire un état des lieux et des problèmes du laboratoire. Diverses personnes y sont invitées : les représentants H et S du laboratoire, la direction, le Service H et S de l'Université, les médecins de prévention et les représentants des services centraux de l'Université. Ces réunions sont suivies de comptes rendus et les remarques sont notées et discutées lors des CHS de l'Université.

## ANNEXES

### Annexe 1 : Lettre de mission contractuelle

N/A

### Annexe 2 : Équipements, plateformes

Une description très détaillée des plateformes est accessible sur le site web du laboratoire :

- [Plateforme PANOPLY](#)
- [Plateforme Géochimie](#)
- [Plateforme Minéralogie](#)
- [Plateforme Géophysique Géomorphologie](#)
- [Plateforme de modélisation physique de processus de sciences de la Terre](#)
- [Modélisation géologique 3D](#)
- [Ateliers communs](#)

### Annexe 3 : Organigramme fonctionnel

L'organigramme scientifique est donné ci-dessous :

Organigramme Géosciences Paris Sud (GEOPS) UMR 8148					
		<b>Eric Chassefière DR</b> Directeur <b>Christophe Colin Pr</b> Directeur-adjoint <b>Chantal Rock AI</b> Responsable administrative et financière		<b>Conseil de Laboratoire</b>  <b>Conseil Scientifique</b>	
<b>Equipes de Recherche</b>					
<b>Interactions &amp; Dynamique dans les réservoirs d'eau continentaux (IDREau)</b>	<b>Géomorphologie Planétaire &amp; Interactions Subsurface-Atmosphère (Géomorpho)</b>	<b>Relief, Bassin, Ressources (RBR)</b>	<b>Géochronologie, Dynamique des Systèmes Volcaniques (GDSV)</b>	<b>Paléoclimats &amp; Dynamique Sédimentaires (PaléoSed)</b>	Assistant de Prévention Monvoisin G.  Responsable séminaires Gargani J.  Cellule de communication Bouley S., Brigaud B., Durand V., Ho K., Naudin J., Rock C.  Secrétariat ED 579 SMEMaG, pôle « Géosciences » : Ho K.
<b>Quantin C. (Resp.)</b> Calmels O. MCF Durand V. MCF Gilbert-Brunet E. DR Marlin C. Pr Michélot J.L. DR Pessel M. MCF  Sailliac P. Pr Saintenoy A. MCF Séjourné A. (50%) MCF Tucholka P. (50%) Pr E Zeyen H. (50%) Pr  <b>IT-BIATSS</b> Haurine F. (33%) IE Massault M. IE Monvoisin G. IE Noret A. IE Nouet J. (50%) IE  <b>Post-Doc</b> Houzé C.  <b>Doctorant(e)s</b> Froger C. (LSC 50%), Hassan Saley A.K., Ke Y.  <b>CDD</b> Ouedraogo M.	<b>Costard F. (Resp.)</b> DR Bardintzeff J.M. (50%) Pr Bonin B. Pr E Bouley S. MCF Chassefière E. DR Dupeyrat L. MCF Gargani J. MCF  Massol H. (50%) MCF Sarda P. (30%) Pr Schmidt F. MCF Séjourné A. (50%) MCF  <b>IT-BIATSS</b> Marmo C. IR  <b>Doctorant(e)s</b> Belgacem I. Bouquety A. Lesage E. Mieresescu A.G. Salvador A. (FAST 50%) Zhao J.  <b>CDD</b> Bouchard F.	<b>Gautheron C. (Resp.)</b> Pr Barbarand J. Pr Benedicto A. MCF Blaise Th. MCF Brigaud B. MCF Delpech G. MCF Missenard Y. MCF  Orberger B. MCF Pagel M. Pr E Pallarès, C. MCF Saint-Bézar B. MCF Sarda P. (70%) Pr Zeyen H. (50%) Pr  <b>IT-BIATSS</b> Boukari C. IE Dufaire O. (50%) ATRF Haurine F. (33%) IE Miska S. (30%) AI Nouet J. (40%) IE Pinna-Jamme R. IE  <b>Post-doc</b> François T.  <b>Doctorant(e)s</b> Aladi F., Al Resta M., Dericke A., Dubos J.-L., Thomas H. Abdelrazek MA, Virolie M.	<b>Quidelleur X. (Resp.)</b> Pr Bardintzeff J.M. (50%) Pr Gillot P.Y. Pr E Hildenbrand A. CR Lahitte P. MCF Massol H. (50%) MCF  <b>Doctorant(e)s</b> Bablon M. Dibacto-Kamwa S. Robbe-Saule M. (30%)  <b>IT-BIATSS</b> Dufaire O. (50%) ATRF Haurine F. (33%) IE Miska S. (70%) AI Nouet J. (10%) IE  <b>Doctorant(e)s</b> Brandon M. Duhamel M. Ma R. Martinez-Fontaine C. (LSC 50%) Pang X. (LSC 50%) Zhou X. Zouari S.	<b>Colin C. (Resp.)</b> Pr Bergonzini L. (20%) MCF Duchamp-Alphonse S. MCF Sépulcre S. CR Siani G. Pr Skonieczny C. MCF Tucholka P. (50%) Pr E Tudryn A. MCF  <b>IT-BIATSS</b> Dufaire O. (50%) ATRF Haurine F. (33%) IE Miska S. (70%) AI Nouet J. (10%) IE  <b>Doctorant(e)s</b> Brandon M. Duhamel M. Ma R. Martinez-Fontaine C. (LSC 50%) Pang X. (LSC 50%) Zhou X. Zouari S.	<b>Service administratif et logistique</b>  <b>Gestionnaire crédits</b> Raboux G. ATRF  <b>Secrétariat &amp; correspondante formation</b> Ho K. TCS  <b>Electricité</b> Joniot J.P. ATRF  <b>Infographie</b> Laurent Daumas TCN  <b>Services communs</b>  <b>Atelier mécanique</b> Lanoé C. TCN  <b>Bibliothèque, cartotheque</b> Crinon E. AENES  <b>Photothèque planétaire</b> Costard F. DR  <b>Informatic</b> Naudin J. TCN  <b>Litholamellage</b> Godard V. TCE  21/02/2018
<b>Thèmes Transversaux</b>					<b>Chercheurs affiliés</b>
<b>Milieux arctiques</b> Géomorphologie planétaire (Costard F., Séjourné A., Dupeyrat L., Gargani J.) et IDREau (Marlin C., Saintenoy A., Pessel M.)			<b>Téphrochronologie</b> Géochronologie, Dynamique des Systèmes Volcaniques (Quidelleur X., Hildenbrand A.), Paléoclimats et Dynamique Sédimentaire (Alphonse-Duchamp S., Colin C., Siani G.) et RBR (Delpech G.)		Platevoët B. MCF Honoraire

Les IT-BIATSS du laboratoire rattachés aux équipes scientifiques, sont également rattachés aux plateformes expérimentales, comme indiqué sur l'organigramme technique ci-dessous.

## Instrumentation UMR 8148 GEOPS



### Géochimie

#### Géochimie environnementale

**Massault M. (IE), Monvoisin G. (IE), Noret A. (IE)**

- AMS <sup>14</sup>C
- Spectrométrie laser (isotopes stables de l'eau)
- Chromatographie ionique
- Spectrométrie de flamme et four graphite
- Spectrométrie de masse isotopes stables (H, O, C, N, S)

#### Biochimie

**Nouet J. (IE)**

- Chromatographies liquides et gazeuse
- Electrophorèses préparatives et analytiques
- Extractions et analyses de matière organique

#### Datation K/Ar et Ar/Ar

**Quidelleur X. (Pr)**

- Spectrométrie de masse Ar-Ar et K-Ar
- Quadropôle à extraction laser
- Spectrométrie de flamme

#### Thermochronologie BT

**Boukari C. (IE), Pinna-Jamme R. (IE)**

- Spectromètre de masse quadropôle et VG5400 à extraction laser
- Microscope traces de fission

#### Equipement commun d'analyse géochimique

**Haurine F. (IE), Monvoisin G. (IE), Pinna-Jamme R. (IE)**

- ICPMS Haute Résolution couplée à une Ablation Laser
- Salles de préparation chimique (salles grises, salles blanches)

### Plateforme microscopie et minéralogie

**Miska S. (AI), Nouet J. (IE)**

- Microscopie Electronique à Balayage
- Microscopie de Force Atomique
- Microscopie à Cathodoluminescence
- Microscopie photonique, épifluorescence
- Diffractométrie RX
- Spectroscopie FT-IR
- Analyse thermogravimétrique
- Microthermométrie inclusions fluides

**Dufaure O. (ATRF), Miska S. (AI)**

- Granulométrie laser
- Préparation d'échantillons

### Plateforme mesures géophysiques et modélisation analogique

**Marmo C. (IR)**

- Imagerie numérique (MNT, SIG)
- Scanner laser

**Costard F. (DR)**

- Modèles analogiques en chambre froide

**Pessel M. (MCF)**

- Mesures géophysiques de terrain (GPR, sismique, EM, ERT, magnétisme)
- Logiciels : sismiques, radar, électrique (SeisImager/SW, RELFEX, RES3SInv)

**Saint-Bézar B. (MCF)**

- Modélisation géologique (3D-Petrel), géothermique (PetraSim), thermique et gravimétrique (CAGES, LitMOD, GTInv3D)

### Equipement mutualisé

**Lanoé C. (TCN)**

- Atelier mécanique

**Godard V. (TCE)**

- Litholamellage

## Annexe 4 : Sélection des produits et des activités de recherche (voir page suivante)

ANNEXE 4 – Sélection des produits et activités de la recherche

**CAMPAGNE D'ÉVALUATION 2018-2019**

**VAGUE E**

TABLE DES MATIÈRES

<b>IDREAU : INTERACTIONS &amp; DYNAMIQUE DANS LES RESERVOIRS D'EAU CONTINENTAUX</b>	<b>1</b>
I - Production de connaissances et activités concourant au rayonnement et à l'attractivité scientifique	1
II - Interaction avec l'environnement, impacts sur l'économie, la société, la culture, la santé	8
III - Implication dans la formation par la recherche	10
<b>GP : GEOMORPHOLOGIE PLANETAIRE</b>	<b>19</b>
I - Production de connaissances et activités concourant au rayonnement et à l'attractivité scientifique	19
II - Interaction avec l'environnement, impacts sur l'économie, la société, la culture, la santé	25
III - Implication dans la formation par la recherche	28
<b>RBR : RELIEF, BASSIN, RESSOURCES</b>	<b>37</b>
I - Production de connaissances et activités concourant au rayonnement et à l'attractivité scientifique	37
II - Interaction avec l'environnement, impacts sur l'économie, la société, la culture, la santé	45
III - Implication dans la formation par la recherche	47
<b>GDSV : GEOCHRONOLOGIE DYNAMIQUE DES SYSTEMES VOLCANIQUES</b>	<b>56</b>
I - Production de connaissances et activités concourant au rayonnement et à l'attractivité scientifique	56
II - Interaction avec l'environnement, impacts sur l'économie, la société, la culture, la santé	62
III - Implication dans la formation par la recherche	63
<b>PDS : PALEOCLIMATS &amp; DYNAMIQUE SEDIMENTAIRES</b>	<b>68</b>
I - Production de connaissances et activités concourant au rayonnement et à l'attractivité scientifique	68
II - Interaction avec l'environnement, impacts sur l'économie, la société, la culture, la santé	77
III - Implication dans la formation par la recherche	78

Nom de l'unité / de l'équipe / du thème : LABORATOIRE GEOPS, UMR 8148, Equipe n°1

Acronyme :

IDREAU : Interactions & Dynamique dans les réservoirs d'eau continentaux

Directeur.rice / Responsable d'équipe /de thème pour le contrat en cours : Professeure Cécile QUANTIN

Directeur.rice / Responsable d'équipe /de thème pour le contrat à venir :

## I - PRODUCTION DE CONNAISSANCES ET ACTIVITES CONCOURANT AU RAYONNEMENT ET A L'ATTRACTIVITE SCIENTIFIQUE

### 1- Journaux / Revues

1. Dassié E.P., Genty D., Noret A., Mangenot X., Massault M., Lebas N., Duhamel M., Bonifacie M., Gasparrini M., Minster B., Michelot J.L. (2018). A newly designed analytical line to examine fluid inclusion isotopic compositions in a variety of carbonate samples. *Geochem. Geophys. Geosyst.*, in press.
2. Nivet F., Bergonzini L., Mathé P.E., Noret A., Monvoisin G., Majule A., Williamson D. (2018) Influence of the balance of the Intertropical Front on seasonal variations of rainfall isotopic compositions at Kisiba Masoko (Rungwe Volcanic Province, SW, Tanzania). *Isotopes in Environmental & Health Studies*, 2:1-18.
3. Petersen J.O., Deschamps P., Hamelin B., Fourre E., Gonçalves J., Zouari K., Guendouz A., Michelot J.L., Massault M., Dapoigny A., Aster Team. (2018). Groundwater flowpaths and residence times inferred by  $^{14}\text{C}$ ,  $^{36}\text{Cl}$  and  $^4\text{He}$  isotopes in the Continental Intercalaire aquifer (North-Western Africa). *J. Hydrol.*, in press.
4. Pons-Branchu E., Bergonzini L., Tisnérat-Laborde N, Branchu P, Dumont E, Massault M., Bultez G, Malnar D, Kaltnecker E, Dumoulin J.P, Noret A., Pelletier N , Roy-Barman M. (2018).  $^{14}\text{C}$  in urban speleothem-like deposits: a new tool for environmental study. *Radiocarbon* accepté
5. Ratié G., C. Quantin, D. Jouvin, D. Calmels, V. Ettler, Y. Sivry, L.C. Vieira, E. Ponzevera, J. Garnier (2016) Nickel isotope fractionation during laterite Ni ore smelting and refining: Implications for tracing the sources of Ni in smelter-affected soils, *Appl. Geochem.*, V. 64, p. 136-145.
6. Ratié G., J. Garnier, Calmels D., D. Vantelon, E. Guimaraes, G. Monvoisin, J. Nouet, E. Ponzevera, Quantin C. (2018). Nickel distribution and isotopic fractionation in a Brazilian lateritic regolith: coupling Ni isotopes and Ni K-edge XANES., *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 230:137-154
7. Arnoux, M., Barbecot F., Gibert-Brunet E., Gibson, J., Noret A., 2017. Impacts of changes in groundwater recharge on the isotopic composition and geochemistry of seasonally ice-covered lakes: insights for sustainable management. *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 21(11):5875-5889 .

8. Arnoux M., Barbecot F., Gibert-Brunet E., Gibson J., Rosa, E., Noret A., Monvoisin G., 2017. Geochemical mass balances of kettle lakes in southern Quebec (Canada) as a tool for documenting spatiotemporal variations in groundwater quality. *Environmental Earth Sciences*, *Environmental Earth Sciences* 76 (3), 106.
9. Durand V., Léonardi V., de Marsily G., Lachassagne P., 2017. Quantification of the specific yield in a two-layer hard-rock aquifer model. *Journal of Hydrology*, 551, 328–339.
10. Houzé C., Pessel M., Durand V., Toihir A. (2017). Monitoring an artificial tracer test within streambed sediments with time lapse underwater 3D ERT. *Journal of Applied Geophysics*, 139:158-169
11. Lekmine G., Auradou H., Pessel M., Rayner J.L. (2017). Quantification of tracer plume transport parameters in saturated 2D porous media from cross-borehole ERT imaging. *Journal of Applied Geophysics*, 139:291-305
12. Marlin C., Tolle F., Griselin M., Bernard E., Saintenoy A., Quenet M., Friedt J.M. (2017). Change in geometry of a high Arctic glacier from 1948 to 2013 (Austre Lovenbreen, Svalbard). *Geografiska Annaler Series A – physical geography*. Volume: 99 Issue: 2 Pages: 115-138
13. Arnoux M., Gibert-Brunet E., Barbecot F., Guillon, S., Gibson J., (2016). Groundwater-surface water interactions: the behaviour of a small lake connected to groundwater. *Hydrological Processes*, Vol. 31(14) : 2497–2666.
14. Ratié G., C. Quantin, D. Jouvin, D. Calmels, V. Ettler, Y. Sivry, L.C. Vieira, E. Ponzevera, J. Garnier (2016) Nickel isotope fractionation during laterite Ni ore smelting and refining: Implications for tracing the sources of Ni in smelter-affected soils, *Appl. Geochem.*, V. 64, p. 136-145.
15. Delalande-Le Mouëllic M., Gherardi F., Williamson D., Kajula S., Kraml M., Noret A., Abdallah I., Mwandapile E., Massault M., Majule A., Bergonzini L. (2015). Hydrogeochemical features of Lake Ngozi (SW Tanzania). *Journal of African Earth Sciences*, 103:153-167
16. Ratié G., Jouvin D., Garnier J., Rouxel O., Miska S., Guimaraes E., Cruz Vieira L., Sivry Y., Zelano I., Montarges Pelletier E., Thil F., Quantin C. (2015). Nickel isotope fractionation during tropical weathering of ultramafic rocks, *Chemical Geology*, 402, 68-76
17. Le Pape P., Quantin C., Morin G., Jouvin D., Kieffer I., Proux O., Ghanbaja J., Ayrault S., 2014. Zinc Speciation in the Suspended Particulate Matter of an Urban River (Orge, France): Influence of Seasonality and Urbanization Gradient. *Environmental Science Technology*, 48, 11901–11909
18. Léger E., Saintenoy A., Coquet Y. (2014) Hydrodynamic parameters of a sandy soil determined by Ground Penetrating Radar inside a single ring infiltrometer. *Water Resources Research*, 50 :1–16
19. Bensenouci F., Michelot J.L., Matray J.M., Savoye S., Tremosa J., Gaboreau S. (2013). Profiles of chloride and stable isotopes in pore-water obtained from a 2000m-deep borehole through the Mesozoic sedimentary series in the eastern Paris Basin. *Phys. Chem. Earth*, 65, 1-10, 2013.
20. Bereš J., Zeyen H., Sénéchal G., Rousset D., Gaffet S. (2013): Seismic anisotropy analysis at the Low-Noise Underground Laboratory (LSBB) of Rustrel (France). *J. Appl. Geophys.*, 94, 59-71.
21. Le Pape P., Ayrault S., Michelot J.-L., Monvoisin G., Noret A., Quantin C., 2013. Building an isotopic hydrogeochemical indicator of anthropogenic pressure on urban rivers. *Chemical Geology*, 344, 63-72
22. Tudryn A., Tucholka P., Nevzat Ozgür N., Gibert-Brunet E., Elitok O., Kamaci Z., Massault M., Poisson A., Platevoet B., 2013. A 2300-year record of environmental change from SW Anatolia, Lake Burdur, Turkey. *J. Paleolimnology*, 49(4) :647-662.

## 2- Colloques / congrès, séminaires de recherche

1. Hatté C., Séjourné A., Grenier C., Marlin C., Pohl E., Noret A., Gauthier C., Gandois L., Costard F., Ciais P., Ottilé C., Saintenoy A., Fedorov A., Konstantinov P., 2018. Preliminary results of lateral transport of carbon in relation to active thermokarst sources in Central Yakutia (Eastern Siberia), EUCOP5, Chamonix, Juin 2018
2. Léger E., A. Saintenoy, P. Tucholka, Y. Coquet. (2015). Inverting surface GPR data to estimate wetting and drainage water retention curves in laboratory. In *Proceedings of the 8th International Workshop on*

- Advanced Ground Penetrating Radar (IWAGPR), Florence, Italy, pages 1–5. 2015. ORAL Best Student Communication Award.
3. Quantin C., Ratié G., Calmels D., Monvoisin G., Vantelon D., Garnier J., Cloquet C., Montargès-Pelletier E., Sivry S., Ettler V., 2017. Nickel Isotopic fractionation in the surficial cycle of nickel. International workshop Geochemical cycle of Ni, Co and Sc: from mining exploration to ecotoxicity, Nancy, October 17-19, 2017 (keynote, invited speaker)
  4. Saintenoy A., Sénéchal G., Rousset D., Brigaud B., Pessel M., Zeyen H., 2017. Detecting faults and stratigraphy in limestone with Ground-Penetrating Radar: a case study in Rustrel. 9th International Workshop on Advanced Ground Penetrating Radar - IWAGPR 2017.
  5. Arnoux M., Barbecot F., Gibert-Brunet E., 2016. Control parameters, sensitivity and assessment of hydrological budgets of kettle lakes. AIH Congress, Montpellier (France), septembre 2016. Abstract and Oral presentation
  6. Fleurent L., Gibert-Brunet E., Barbecot F., Noret A., 2013. Isotopes fractionation related to kinetic effect during travertine growth -Experimental study-. Congrès AIH 2014 (Association internationale en Hydrogéologie), Montréal, Canada, septembre 2013. Présentation orale.
  7. Tudryn A., Tucholka P., Gibert-Brunet E., Motavallianbaran H., Lankarani M., Ahmady-Birgani H., 2017. Lake Urmia (NW Iran) environmental and climate changes during the Holocene inferred from the lake deposits: preliminary results. PAGES International Conference, Saragoza (Spain), May 2017, Abstract and poster presentation.
  8. Tisnerat-Laborde N., Thil F., Synal H.-A., Cersoy S., Hatte C., Gauthier C., Kaltnecker E., Massault M., Michelot J.L., Noret A., Noury C., Siani G., Tombret O., Vigne J.D., Wacker L., Zazzo A. (2015). ECHOMICADAS: A new compact AMS facility measuring  $^{14}\text{C}$  dedicated to Environment, Climate and Human Sciences. 22<sup>nd</sup> Int. Radiocarbon Conf., Dakar, November 2015.
  9. Grizard P., Schmitt J.M., Goblet P., Michelot J.L. (2017). Regional groundwater model constrained with  $^{14}\text{C}$  dating: A case study in the endorheic Cretaceous basin of Tsagaan Els, Mongolia. 44<sup>th</sup> IAH Int. Cong. "Groundwater Heritage and Sustainability", Dubrovnik, Croatia, September 2017.
  10. Le Gal La Salle C., Simonucci C., Roux C., Bugai D., Aquilina L., Fourre E., Jean-Baptiste P., Labasque T., Michelot J.L., Fifield K., Aster Team, Van Meir N., Kashparov V., Diez O., Bassot S., Lancelot J. (2013). Investigation of radionuclides and anthropic tracer migration in groundwater at the Chernobyl site. EGU 2013, *Geophys. Res. Abs.* 15, 8236-3, 2013.
  11. Lajaunie, M., P. Sailhac, J.-P., Malet, D. Viville, M.-C. Pierret. (2017). Identification of weathered structures and aquifers from resistivity observations in the Strengbach catchment (Vosges, France). EGU (European Geoscience Union), 2017, 12-17 April (Vienna, Austria) (ORAL)
  12. Sailhac P., Larnier H., Bano M., Bollinger L., Taponnier P., Lok Bijaya A., Perrier F., (2016). Magnetotelluric survey in the quest for crustal conductivities in Nepal after the Mw 7.8 Gorkha earthquake of April 25, 2015. AGU, 2016, 12-16 Dec. (San Francisco, USA) (ORAL)
  13. Warden, S., Sailhac, P., Garambois S., 2017. Microseismoelectric monitoring: a new technique to monitor hydraulic stimulation processes. Ext. abstract id42482, EAGE (79th EAGE Conference & Exhibition), 2017, 11-15 June (Paris) (e-POSTER)
  14. Quenet M., C. Marlin, M. Griselin, A. Noret, G. Monvoisin, C. Le Gal La Salle, P. Verdoux, J.-M. Friedt, A. Saintenoy, F. Tolle. (2013). Hydro (geo) logical and geochemical approach to investigate the impact of active layer groundwater on runoff in the Austre Lovénbreen watershed (Western Spitsbergen- 79° N). In Geophysical Research Abstracts of the European Geosciences Union General Assembly, 2013. ORAL.
  15. Maugis P., Béguinél Ph., Saint-Jalmes M., Berthier E., Li Y., Ramier D., Dumont E., Marlin Ch., Pessel M., Quantin C., Durand V., Gibert E., Personne C., Petit C., Aubry B., Lemaire A., Ducharme A., 2015. Caractérisation hydrologique de l'interface Sol-Végétation-Atmosphère - Groupe de travail sur l'hydrologie du Plateau de Saclay. Journées SIRTAs, Ecole Polytechnique, 22/06/2015, Poster.

16. Zeyen H., 2014. Geothermal energy - prospection and prospects. 16th National Iranian Geophysical Conference (13-15 May 2014). Invited Keynote talk.

### 3- Ouvrages

1. Jézéquel D., Gil Michard, Eric Viollier, Pierre Agrinier, Patrick Albéric, Filipa Lopes, Gwenaël Abril & Laurent Bergonzini, 2016. « Carbon cycle in a meromictic crater lake: Lake Pavin, France ». pp 185-203 chap 11 in : Lake Pavin: History, Geology, Biogeochemistry, and Sedimentology of a Deep Meromictic Maar Lake, Editors: Sime-Ngando, T., Boivin, P., Chapron, E., Jezequel, D., Meybeck, M. Springer 2016, 406 p.
2. Bergonzini L., David Williamson & Jean Albergel, 2015. « L'hydrologie et la limnologie autour du lac Tanganyika ». planche 2, pp 24-27 in : Atlas des pays du Nord-Tanganyika, Cazenave-Parrot A., Ndayirukiye S. & Valton C. Ed. Marseille, IRD Editions, 144p.
3. Gibert-Brunet E. (2016). Publication dans le cadre du SE AllEnvi - participation au Comité Scientifique et Editorial de l'ouvrage "The Mediterranean Region under Climate Change. A scientific Update" pour la COP22 (IRD Éditions, 2016, 736 pages)
4. Griselin M., C Marlin, JM Friedt, 2016. Fluctuations climatiques récentes en Arctique: l'exemple au Spitsberg occidental. In L'Arctique en mutation. Les mémoires du laboratoire de Géomorphologie, EPHE, volume 46, p9-24.

### 4- Organisation de colloques / congrès

1. Quantin C., organisation du workshop « Environmental impacts of mining and smelting », 8-9/01/2015, Orsay et co-éditrice invitée avec Dr V. Ettler (Univ. Prague) du numéro spécial d'Applied Geochemistry dédié au workshop.
2. Quantin C., membre du comité scientifique de la réunion « ENVIronnemEnt @ SOLEIL 2014 : Résultats et nouveaux défis », 13 et 14/05/2014, St-Aubin
3. Saintenoy A., Membre du comité scientifique du 7e International Workshop on Advanced Ground Penetrating Radar - IWAGPR2013, Nantes, France, du 2 au 5 juillet 2013.
4. Saintenoy A., Membre du comité scientifique de International Geoscience and Remote Sensing Symposium, IGARSS2013, Melbourne, Australia, du 21 au 26 juillet 2013
5. Saintenoy A., Membre du comité scientifique de International Conference on Ground Penetrating Radar - GPR2016, Hong-Kong, du 13 au 16 juin 2016.
6. Saintenoy A., Organisatrice de la session AGU 2016 NS43B, «Geophysics in Laboratory Meter-Scale Experiments Posters», San Fransisco, USA, 15 décembre 2016.
7. Saintenoy A., Membre du comité scientifique du 9e International Workshop on Advanced Ground Penetrating Radar - IWAGPR2017, Edinburgh, Scotland, du 28 au 30 juin 2017.

### 5- Produits et outils informatiques

Logiciels

Bases de données

Outils d'aide à la décision

Outils présentés dans le cadre de compétitions de solveurs

### 6- Développements instrumentaux et méthodologiques

Prototypes et démonstrateurs

Plateformes et observatoires

1. Equipement CRITEX WP6.5 « Controlled Source Audio-Magneto-telluric (CSAMT) », en lien avec d'autres WP de CRITEX, programme Equipex coordonné à l'échelle nationale par Jérôme Gaillardet (IPGP) et Laurent Longuergne (Géosciences Rennes).
2. Note d'application : Gaël Monvoisin, Marion Legall, Maud Coastedoat, 2018. Determination of Sb in sediment and road soil: using the Agilent 240 Zeeman graphite furnace atomic absorption spectrometer.

Autres produits propres à une discipline

Créations artistiques théorisées

Mises en scènes

Films

## 7- Activités éditoriales

**Participation à des comités éditoriaux (journaux scientifiques, revues, collections, etc) :**

1. Zeyen H., editorial board des revues Tectonophysics (depuis 2000), Geologica Acta (depuis 2004), et Estudios Geologicos (depuis 2010).
2. Michelot J.L., associated guest editor, vol. 65 (2013), Physics and Chemistry of the Earth.
3. Michelot J.L., member du comité de rédaction (2001-2013) : Sécheresse.
4. Quantin C., éditrice associée de la revue Geochemical Journal (2010-2014).
5. Quantin C., co-éditrice invitée avec le Dr. V. Ettler (Université de Prague) du n° spécial d'Applied Geochemistry dédié au workshop « Environmental impacts of mining and smelting », 1<sup>er</sup> numéro d'Applied Geochemistry 2016.

Direction de collections et de séries

## 8- Activités d'évaluation

**Évaluation d'articles et d'ouvrages scientifiques (relecture d'articles / reviewing)**

Quantin C., 7-10 reviews par an : Geoderma, Pedosphere, Environmental Science & Technology, Applied Geochemistry, Geochimica Cosmochimica Acta, Chemical Geology, Geostandards and geoanalytical research, Journal of African Earth Sciences, Journal of Hydrology, Applied Geophysics, et autres revues de géophysique appliquée ...

Zeyen H., >10 reviews par an pour différents journaux

Marlin C. : 2-3 reviews par an en moyenne pour J. of Hydrology, Hydro Sc. J

**Évaluation de projets de recherche**

Expertises pour des projets de coopération France – Afrique du Sud (PHC), de recherche tchèque, pour l'ANR, Fondation canadienne pour l'innovation (C. Quantin)

Zeyen H., Expertise pour des projets de l'Académie Slovaque des Sciences (membre de l'International Advisory Board)

Marlin C. : expertises pour la région Centre et le CNRS (Canada).

**Évaluation de laboratoires (type Hcéres) :**

- 2013 : Tours (C. Marlin, présidente du comité AERES)

- 2015, unité Géoressources et Environnement (G&E), Université de Bordeaux-Montaigne - Institut Polytechnique de Bordeaux (C. Quantin, représentante CNU35)

- 2017, unité Lhyges, Strasbourg (C. Quantin, représentante CNU35)
- 2017, OSUC, Orléans (C. Marlin, présidente du comité HCERES)

### **Responsabilités au sein d'instances d'évaluation**

#### Gibert-Brunet E. :

2012-2014 : Membre du Comité Scientifique ANR-ASTRID.

2013-2016 : Directrice-Adjointe de l'OSUPS (Observatoire des Sciences de l'Université Paris Sud)

10-2015 à 10-2017 : Secrétariat exécutif de l'Alliance ALLENI « Alliance Nationale de Recherche pour l'Environnement » (60%) pour le CNRS (Attachée Scientifique).

#### Marlin C. :

Chargée de Mission « Surfaces et Interfaces continentales » & « polaire » de 2012 à 2017 au MESRI, Direction Général Recherche & Innovation, Service de la Stratégie scientifique et innovation, secteur « environnement-univers » : nombreuses évaluations pour le Ministère dans ce cadre.

Membre des CA de l'AFB (Agence Française pour la Biodiversité), IGN du Conseil Consultatif des TAAF et du CIFEG.

Membre du comité du Prix. H. Milon (Prix d'Hydrologie) depuis 2017

#### Quantin C. :

Vice-présidente de la section 35 du CNU pour 2015-2019

## **9- Contrats de recherche financés par des institutions publiques ou caritatives**

### **Contrats européens (ERC, H2020, etc.) et internationaux (NSF, JSPS, NIH, Banque mondiale, FAO , etc.)**

- 2013-2015 : Projet FP7-International Research Staff Exchange Scheme (IRSES): NIDYFICS n° 318123) Nickel Dynamics in impacted ultramafic Soils
- 2013-2015 : Projet de recherche Ciências sem Fronteiras, bourse « Pesquisador Visitante Especial » Comprendre o destino de metal em ambientes ultramáficas sob pressão antrópica (Understanding the metal fate in ultramafic environments under anthropogenic pressure)
- 2015-2016 : Projet PHC POLONIUM : « Travertine Reconstruction for Environmental Issue \_Southern Poland » (TRET\_SP)
- 2015-2018 : Projet ReSiPOL-ETM Réhabilitation des Sites Pollués en ETM - Partenariat renouvelé pour la Recherche au Service du Développement de la Côte d'Ivoire (PRESeD-CI) – financement IRD – états français et ivoirien.
- 2016-2017 : Participation au PHC Gandashipur (Iran ; responsable : A. Turdyn).
- 2017-2018 : Projet PHC Brancusi (38346PB) « Assessment of the impact of anthropogenic activities (mine, traffic, urban, land use changes) on river contamination in France and Romania
- 2017-2019 : Projet PHC Tassili (17MDU985) "Caractérisation géochimique et isotopique des sources thermo-minérales de l'ouest algérien"

### **Contrats nationaux (ANR, PHRC, FUI, INCA, etc.) :**

- 2014-2015 : projet EC2CO : Contribution des sols à la contamination en métaux et HAP des rivières : approche multi-traceurs
- 2014-2015 : projet EC2CO : Dynamique des mélanges au sein de la zone hyporhéique

- 2015-2016 : Projet MISTRALS-ENVIMED « Mediterranean Network of Environmental Forcing Records in Travertine », création d'un réseau à l'échelle européenne (Pologne, Espagne, Turquie, France), continuation des recherches en cours.
- 2016-2017 : projet INSU-TelluS-CESSUR : Etude expérimentale du fractionnement isotopique du nickel : contribution à l'étude du cycle géochimique de surface
- 2017-2018 : projet INSU-TelluS-Alea CT3 : projet "Népal-CSAMT-SIP" visant à préciser la signature électrique (conductivité et polarisation) des schistes noirs présents dans la zone de "Main Central Thrust" (MCT) de la collision Inde-Asie au Népal.
- 2010-2014 : projet ANR "Congé" (Confinement géochimique de solutions aqueuses et transitions de phase dans les milieux finement poreux )
- 2010-2014 Cryosensor (programme blanc de l'ANR) –Impact du réchauffement climatique sur la cryosphère polaire arctique : bassin du glacier Loven Est, 79°N, Spitsberg. Coord. M. Griselin (UFC). Participante : C. Marlin
- 2014-2018 : projet IPEV- 1111 GRAAL (groundwater active layer relationship in the Austre Lovén catchment). Coord. C. Marlin
- 2018-2019 : Projet CARPE : Chalk Aquifer Recharge ProcEsses. Coord. D. Valdès-Lao (UPMC). Participante : C. Marlin

### Contrats avec les collectivités territoriales

2016-2018 : Projet « Port Royal » (Université de Tours, Université Paris-Sud et PNR-Haute Vallée de Chevreuse) – Financement PNR-HVC

Contrats financés dans le cadre du PIA

Contrats financés par des associations caritatives et des fondations (ARC, FMR, FRM, etc.)

## 10- Post-doctorants et chercheurs seniors accueillis

### Post-doctorants

Zeyen H. : 2013-2014 : Paul BAUDRON : Développement d'un modèle de veille pour le suivi de la portance des sols en cours de dégel basé sur la propagation des ondes de chaleur. Financement Ministère de la Défense.

Saintenoy A. : 2018-2019 : Clémence HOUZE

### Chercheurs seniors accueillis

Jakub Kierczak. Univ. Wroclav, Pologne, septembre 2015.

## 11- Indices de reconnaissance

Prix

Distinctions

Appartenance à l'IUF

Responsabilités dans des sociétés savantes

### Invitations à des colloques / congrès à l'étranger

1. Quantin C., Ratié G., Calmels D., Monvoisin G., Vantelon D., Garnier J., Cloquet C., Montargès-Pelletier E., Sivry S., Ettlér V., 2017. Nickel Isotopic fractionation in the surficial cycle of nickel. International workshop Geochemical cycle of Ni, Co and Sc: from mining exploration to ecotoxicity, Nancy, October 17-19, 2017 (keynote, invited speaker)
2. Quantin C., 2017. Quels sont les impacts des forçages anthropiques et climatiques sur le fonctionnement des sols ? Séminaire de recherche, Plan National Dépérissement du Vignoble, Château Smith Haut Lafitte, 21-22 novembre 2017 (conférence invitée)
3. Sailhac P., 2016. Electromagnetic Imaging by using man-made transmitters or natural magnetic activity. IPGP-Séminaire GPX, 2016, 30 Nov. (Paris) (invité)
4. Saintenoy A., 2015. Determination of soil hydrodynamic parameters using surface Ground Penetrating Radar measurements, Séminaire au Research Center Juelich, Allemagne.
5. Zeyen H., 2014. Geothermal energy - prospection and prospects. 16th National Iranian Geophysical Conference (13-15 May). Invited key note talk.
6. Michelot J.L., 2014. Diffusion de traceurs naturels : de l'échantillon à la formation géologique. Journées NEEDS-MIPOR, Paris, 2014.
7. Marlin, M., M Quenet, M Griselin, C Grenier, N Roux, F Tolle, E Bernard, 2013. Relations entre eaux souterraines, cours d'eau et pergélisol au Spitsberg occidental: exemple du bassin versant du glacier Austre Lovén (79° N, Svalbard). Colloque Arctique, les grands enjeux scientifiques, Jun 2013, college de France, Paris, Invitée
8. Zeyen H., 2013. Investigation d'un karst par anisotropie sismique et électrique. Seminar University of Montreal, Canada

### Séjours dans des laboratoires étrangers

Quantin C., chercheuse invitée à l'Université de Brasilia (3 mois en 2016), bourse CNPq

Saintenoy S., Chercheuse invitée à l'école Polytechnique de Montréal, Canada, au département des génies Civil, Géologique et Minière (01/04/2017-15/07/2017)

## II - INTERACTION AVEC L'ENVIRONNEMENT, IMPACTS SUR L'ECONOMIE, LA SOCIETE, LA CULTURE, LA SANTE

### 1- Brevets, licences et déclarations d'invention

Brevets déposés

Brevets acceptés

Brevets licenciés

Déclaration d'invention

### 2- Interactions avec les acteurs socio-économiques

#### Contrats de R&D avec des industriels

1. Zeyen H. : Suivi de l'infiltration de l'eau de pluie dans un karst par des méthodes géophysiques. Étude pour le CEA.
2. TOTAL : Evaluation d'outils de traitement de données magnétotelluriques (mesures électromagnétiques), en collaboration avec l'IPGS (CNRS UMR7516 Strasbourg) : 30k€ en 2017-2018.

3. Saintenoy A., responsable partenaire GEOPS pour le projet KRI-Terres (01/10/2017-31/3/2021), Coupling Kriging with Reactive Transport Simulations for Improving the Management of Contaminated Soils, projet financé par l'ANDRA sur des financements "Investissement d'avenir". Partenariat avec Mines-Paris-Tech et l'IRSN. Part GEOPS : 122 k€.
4. Saintenoy A., responsable contrat de recherche avec IRSN (2015), Détermination emplacement des tranchées d'enfouissement et détermination des propriétés hydrodynamiques à Tchernobyl : 2,45 k€.
5. Saintenoy A., responsable contrat de recherche avec Rincent BTP (2015) Détection de l'emplacement d'un vestige de la seconde guerre mondiale sous une départementale des Yvelynes : 1,25 k€.
6. Saintenoy A., responsable contrat de recherche avec EDF (2013), Caractérisation des zones d'écoulements préférentiels du sous-sol d'une centrale nucléaire : 7 k€.

### Bourses Cifre

Bourse CIFRE (ANRT/Parc Naturel de la Haute Vallée de Chevreuse) : K. LEFEBVRE. Thèse soutenue en décembre 2015. Sujet : « Diagnostic et quantification des flux d'eau de nappe en rivière; Apport des zones humides à l'autoépuration à l'échelle de la zone hyporhéique ». Cotutelle de thèse France/Canada ; codirection (50/50) avec F. Barbecot, Professeur au GEOTOP (UQAM, Montréal, Canada).

Créations de laboratoires communs avec une / des entreprise(s)

Création de réseaux ou d'unités mixtes technologiques

Créations d'entreprises, de *start-up*

### 3- Activités d'expertise scientifique

#### Activités de consultant

Véronique Durand, Appel d'offre 2016 du Syndicat Intercommunal d'Aménagement de Réseaux et de Cours d'Eau : « Expertise hydrogéologique relative au fonctionnement des marais sur le bief du moulin de la Grande Roue » dans le cadre du test long de rétablissement de la continuité écologique

#### Participation à des instances d'expertise (type Anses) ou de normalisation

Cécile Quantin, experte ANSES, CES Substances chimiques visées par les règlements REACH et CLP, 2017-2020

Expertise juridique

### 4- Rapports d'expertises techniques, produits des instances de normalisation

### 5- Produits destinés au grand public

#### Émissions radio, TV, presse écrite :

1. Christelle Marlin : accompagnement du président de la république F. Hollande lors de son déplacement en Islande (16 octobre 2015) pour la visite du glacier Solheimajökull et la conférence du Cercle Arctique à Reykjavik. Nombreuses interviews (Presse de l'Elysée, RFI, France Info, RTL,...) et articles de presse. Cf par exemple <http://www.rfi.fr/france/20151017-hollande-glacier-solheimajoekull-visite-islande-cop21-climat> ou la vidéo <https://www.youtube.com/watch?v=t5vw9ldD-n4>
2. Christelle Marlin : interview La tête au Carré sur le Pergélisol – 2016.
3. Christelle Marlin : interview et photo par le photographe du Quai d'Orsay pour la préparation de la COP 21 à Paris. - Septembre 2015.

4. Christelle Marlin et Aurélié Noret : présentations devant la presse de ses travaux sur les glaciers du Spitsberg lors de la visite du Ministre des Affaires étrangères L. Fabius au Spitsberg, Juillet 2014
5. Christelle Marlin et Aurélié Noret : Interview pour Science en 2014  
(<http://www.sciencemag.org/careers/2014/09/joys-and-hazards-fieldwork>)  
Christelle Marlin: interview pour la revue XXI en 2014.

### Produits de vulgarisation : articles, interviews, éditions, vidéos, etc.

1. Interview C. Quantin, par Claire Rush, Deutche Welle « Living Planet: Paris submerged » 1/02/2018 :
2. Sailhac P. : participation à la vidéo du vendredi du CNRS intitulée "Zone critique sous haute surveillance ", avec présentation de mesures électromagnétiques (CRITEX CS6.5) sur le site observatoire du Strengbach (OHGE). Vidéo publiée le 29/09/2017 et visible à <http://www.cnrs.fr/fr/science-direct/video/video.php>

### Produits de médiation scientifique

#### Débats science et société

1. Table ronde dans le cadre du festival La Science de l'Art 2017, 9/12/2017, Le Plessis Paté, « Terre Inquiète », Anabell Guerrero, Cécile Quantin, J.M. Bortheirie.
2. Conférence grand public sur le réchauffement climatique, la fonte des glaciers et le niveau des océans. Cycle de conférence de l'Université du Temps Libre de Vendôme. Présentation et débat. 200 personnes. Christelle Marlin.

## III - IMPLICATION DANS LA FORMATION PAR LA RECHERCHE

### 1- Produits des activités pédagogiques et didactiques

#### Ouvrages

*E-learning, moocs, cours multimedia, etc.*

### 2- Productions scientifiques (articles, ouvrages, etc.) issues des thèses

#### Articles

1. Van Nuffel S., Elie N., Yang E., Nouet J., Touboul, Chaurand P., Brunelle A. (2018). 2018. Insights into the MALDI Process after Matrix Deposition by Sublimation using 3D ToF-SIMS Imaging. *Analytical Chem.*, 90(3):1907-1914
2. Pędziwiatr A., Kierczak J., Waroszewski J., Ratié G., Quantin C., Ponzevera E. (2018). Rock-type control of Ni, Cr, and Co phytoavailability in ultramafic soils. *Plant Soil*, 423(1-2):339-362
3. Petersen J.O., Deschamps P., Hamelin B., Fourre E., Gonçalves J., Zouari K., Guendouz A., Michelot J.L., Massault M., Dapoigny A., Aster Team. (2018). Groundwater flowpaths and residence times inferred by <sup>14</sup>C, <sup>36</sup>Cl and <sup>4</sup>He isotopes in the Continental Intercalaire aquifer (North-Western Africa). *J. Hydrol.*, in press.
4. Ratié G., J. Garnier, Calmels D., D. Vantelon, E. Guimaraes, G. Monvoisin, J. Nouet, E. Ponzevera, Quantin C. (2018). Nickel distribution and isotopic fractionation in a Brazilian lateritic regolith: coupling Ni isotopes and Ni K-edge XANES., *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 230:137-154
5. Arnoux, M., Barbecot F., Gibert-Brunet E., Gibson, J., Noret, A., 2017. Impacts of changes in groundwater recharge on the isotopic composition and geochemistry of seasonally ice-covered lakes: insights for sustainable management. *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 21(11):5875-5889 .

6. Arnoux, M., Barbecot F., Gibert-Brunet E., Gibson, J., Rosa, E., Noret, A., Monvoisin, G., 2017. Geochemical mass balances of kettle lakes in southern Quebec (Canada) as a tool for documenting spatiotemporal variations in groundwater quality. *Environmental Earth Sciences*, Environmental Earth Sciences 76 (3), 106.
7. Houzé C., Pessel M., Durand V., Toihir A. (2017). Monitoring an artificial tracer test within streambed sediments with time lapse underwater 3D ERT. *Journal of Applied Geophysics*, 139:158-169
8. Lekmine G., Auradou H., Pessel M., Rayner J.L. (2017). Quantification of tracer plume transport parameters in saturated 2D porous media from cross-borehole ERT imaging. *Journal of Applied Geophysics*, 139:291-305
9. Marlin C.; Tolle, F; Griselin, M; Bernard, E; Saintenoy A.; Quenet, M; Friedt, JM (2017). Change in geometry of a high Arctic glacier from 1948 to 2013 (Austre Lovenbreen, Svalbard). *Geografiska Annaler Series A – physical geography*. Volume: 99 Issue: 2 Pages: 115-138
10. Mastropietro F., Godard P., Burghammer M., Chevallard C., Daillant J., Duboisset J., Allain M., Genoun P., Nouet J., Chamard V. (2017). Revealing crystalline domains in a mollusk shell single-crystalline prism. *Nature Materials*, 16(9):946-952
11. Arnoux M., Gibert-Brunet E., Barbecot, F., Guillon, S., Gibson, J., **2016**. Groundwater-surface water interactions: the behaviour of a small lake connected to groundwater. *Hydrological Processes*, Vol. 31(14) : 2497–2666.
12. Delbart C., Valdès D., Barbecot F., Tognelli A., Couchoux L. (2016). Spatial organization of the impulse response in a karst aquifer. *Journal of Hydrology*, 537:18-26
13. Ettler V., Kvapil J., Sebek O., Johan Z., Mihaljevic M., Ratié G., Garnier. J., Quantin C., 2016. Leaching behaviour of slag and fly ash from laterite nickel ore smelting (Niquelandia, Brazil). *Applied Geochemistry*, 64, 118-127.
14. Ettler V., Polák L., Mihaljevič M., Ratié G., Garnier. J., Quantin C., 2016. Oral bioaccessibility of inorganic contaminants in waste dusts generated by laterite Ni ore smelting. *Environmental Geochemistry and Health*, 1-14.
15. Gaspard D., Nouet J., 2016. Hierarchical architecture of the inner layers of selected extant rhynchonelliform brachiopods, *Journal of Structural Biology* 196 (2016), 197–205.
16. Nouet J., Chevallard C, Farre B, Nehrke G., Campmas E., Stoetzel E., El Hajraoui MA, Nespoulet R., 2015. Limpet shells from the Aterian level 8 of El Harhoura 2 Cave (Témara, Morocco): Preservation state of crossed-foliated layers. *Plos One*, DOI:10.1371/journal.pone.0137162
17. Ratié G., C. Quantin, D. Jouvin, D. Calmels, V. Ettler, Y. Sivry, L.C. Vieira, E. Ponzevera, J. Garnier (2016) Nickel isotope fractionation during laterite Ni ore smelting and refining: Implications for tracing the sources of Ni in smelter-affected soils, *Appl. Geochem.*, V. 64, p. 136-145.
18. Ruan J., Kherbouche F., Genty D., Blamart D., Cheng H., Dewilde F., Hachi S., Edwards R. L., Regnier E., Michelot J.L. (2016). Evidence of a prolonged drought ca. 4200 yr BP correlated with prehistoric settlement abandonment from the Gueldaman GLD1 Cave, Northern Algeria. *Clim. Past*, 12, 1-14
19. Ratié G., Jouvin D., Garnier J., Rouxel O., Miska S., Guimaraes E., Cruz Vieira L., Sivry Y., Zelano I., Montarges Pelletier E., Thil F., Quantin C. (2015). Nickel isotope fractionation during tropical weathering of ultramafic rocks, *Chemical Geology*, 402, 68-7
20. Bernard, E, Friedt, JM, Saintenoy, A, Tolle, F, Griselin, M., Marlin, C (2014). Where does a glacier end? GPR measurements to identify the limits between valley slopes and actual glacier body. Application to the Austre Lovenbreen, Spitsbergen. *International Journal of Applied Earth Observation and Geo-Information*, Volume: 27 Special Issue: SI Pages: 100-108 DOI: 10.1016/j.jag.2013.07.006 Part: A
21. Delbart C., Barbecot F., Valdès D., Tognelli A., Fourre E., Purschert R., Couchoux L., Jean-Baptiste P. (2014). Investigation of young water inflow in karst aquifers using SF<sub>6</sub>-CFC-<sup>3</sup>H/He-<sup>85</sup>Kr-<sup>39</sup>Ar and stable isotope components. *Applied Geochemistry*, 50:164-176
22. Delbart C., Valdès D., Barbecot F., Tognelli A., Richon P., Couchoux L. (2014). Temporal variability of karst aquifer response time established by the sliding-windows cross-correlation method. *Journal of Hydrology*, 511:580-588

23. Farre B., Massard P., Nouet J., Boudad L., Dauphin Y., 2014. Preservation of rodent bones from El Harhoura 2 cave (Morocco, Neolithic-Middle Palaeolithic) : microstructure, mineralogy, crystallinity and composition, *Journal of African Earth Sciences* 92, 1–13.
24. Lefebvre K., Barbecot F., Larocque M., Gillon M. (2014). Combining isotopic tracers ( $^{222}\text{Rn}$  and  $\delta^{13}\text{C}$ ) for improved modeling of groundwater discharge to small rivers. *Hydrological Processes*, 29(12):2814-2822
25. Valdes D., Dupont J.P., Laignel B., Slimani S., Delbart C. (2014). Infiltration processes in karstic chalk investigated through a spatial analysis of the geochemical properties of the groundwater : the effect of the superficial layer of clay-with-flints. *Journal of Hydrology*, 519(partA):23-33
26. Bereš, J., Zeyen, H., Sénéchal, G., Rousset, D., Gaffet, S. (2013): Seismic anisotropy analysis at the Low-Noise Underground Laboratory (LSBB) of Rustrel (France). *J. Appl. Geophys.*, 94, 59-71.
27. Cuif J.P., Bendounan A., Dauphin Y., Nouet J., Sirotti F., 2013. Synchrotron-based photoelectron spectroscopy provides evidence for a molecular bond between calcium and mineralizing organic phases in invertebrate calcareous skeletons. *Anal. Bioanal. Chem.* 405 : 8739-8748
28. Lefebvre K., Barbecot F., Ghaleb B., Larocque M., Gagne S. (2013). Full range determination of  $^{222}\text{Rn}$  at the watershed scale by liquid scintillation counting. *Applied Radiation & Isotopes*, 75:71-76
29. Saintenoy A., Friedt JM., Booth AD, Tolle F., Bernard E, Laffly, D., Marlin C., Griselin M (2013). Deriving ice thickness, glacier volume and bedrock morphology of Austre Lovénbreen (Svalbard) using GPR. *NEAR SURFACE GEOPHYSICS* Volume: 11 Issue: 2. Pages: 253-261 DOI: 10.3997/1873-0604.2012040
30. Léger, E., Saintenoy, A., Coquet, Y. (2014) Hydrodynamic parameters of a sandy soil determined by Ground Penetrating Radar inside a single ring infiltrometer. *Water Resources Research*, 50 :1–16
31. Léger E., Saintenoy A., Tucholka P., Coquet, Y. (2016) Hydrodynamic parameters of a sandy soil determined by Ground Penetrating Radar monitoring of Porchet infiltrations. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 9(1) :188–200

### Congrès

1. Arnoux M., Barbecot, F., Gibert-Brunet E., 2014. Les lacs de kettle, des systèmes géochimiques à l'écoute du climat. Poster presentation, Congrès Ouranos, Montréal (Canada).
2. Arnoux M., Barbecot, F., Gibert-Brunet E., 2015. Are kettle lakes good objects to observe groundwater recharge? Poster presentation, AGU-GAC-MAC-CGU spring congress 2015 Montreal, Canada, 3-7 May, abstract.
3. Arnoux M., Barbecot, F., Gibert-Brunet E., 2015. Are kettle lakes good systems to observe groundwater sensitivity? Oral presentation, SFIS 2015.
4. Arnoux M., Barbecot, F., Gibert-Brunet E., 2016. Groundwater-surface water interactions: the behavior of a small lake connected to groundwater. EGU, Vienna (Austria), Abstract and Oral presentation.
5. Arnoux M., Barbecot, F., Gibert-Brunet E., Gibson, J., Rosa, E., 2016. Are kettle lakes good indicators of groundwater changes? The Quebec case. Poster presentation, CWRA-ACRH 2016.
6. Arnoux, M., Barbecot, F., Gibert-Brunet E., 2016. Control parameters, sensitivity and assessment of hydrological budgets of kettle lakes. AIH Congress, Montpellier (France), septembre 2016. Abstract and Oral presentation
7. Arnoux, M., Gibert-Brunet E., Barbecot, F., 2014. Les lacs de Kettle, précurseurs de l'impact des changements environnementaux sur les ressources en eau. Congrès ACFAS, Rimouski, Canada, septembre 2014, poster.
8. Ayrault S., C. Froger, M. Le Gall, C. Quantin, 2017. Insights in the Antimony pathways and behaviour in urban environment. ICOBTE, ETH Zurich, Switzerland, July 16-20, 2017

9. Bereš, J., Zeyen, H., Sénéchal, G., Rousset, D. and Gaffet, S. (2013): Investigation of carst by combined analysis of seismic and electrical resistivity anisotropy. EGU, Vienna, 2013; Geophysical Research Abstracts, 15, EGU2013-
10. Biancheri-Astier, M., A. Saintenoy, V. Ciarletti. Development of an Agile beam Georadar prototype for the Investigation of pLanetary Environment (AGILE). In Proceedings of the 15th International Conference on GPR, Bruxelles, Belgium, pages 1–4, 2014. POSTER.
11. Boubaki, N., E. Léger, A. Saintenoy. The discovery of a forgotten vault in the church of Sainte-Mesme (Les Yvelines). In Proceedings of the 7th International Workshop on Advanced Ground Penetrating Radar (IWAGPR), Nantes, France, pages 1–5, 2013. POSTER.
12. Brigaud, B., H. Zeyen, M. Pessel, A. Saintenoy, J. Saïag, and M. Hayet. Origine de la structuration de la plate-forme carbonatée de l'est du bassin de Paris : apport du couplage sédimentologie/géophysique de surface. In Actes du 9e Colloque de Géophysique des Sols et des Formations Superficielles, GEOFCAN, Orsay, pages 1–6, 2014. POSTER.
13. Brigaud, B., H. Zeyen, M. Pessel, A. Saintenoy, J. Saïag, and M. Hayet. Origine de la structuration de la plate-forme carbonatée de l'est du bassin de Paris : apport du couplage sédimentologie/géophysique de surface. In Actes du 9e Colloque de Géophysique des Sols et des Formations Superficielles, GEOFCAN, Orsay, pages 1–6, 2014. POSTER.
14. Chevallard C., Cuif J.P., Dauphin Y., Nouet J., Bendounan A., Sirotti F., 2013 - XPS measurements of Ca-binding energies in macromolecular compounds involved in crystallization of biocarbonates. SOLEIL users' meeting 2013, 23/24 jan., abstract (PO20) and poster
15. Coquet Y, M Pessel and A. Saintenoy. (2015) Geophysical methods for monitoring infiltration in soil. Geophysical Research Abstracts Vol. 17, EGU2015-2899, 2015
16. Cuif J.P., Bendounan A., Chevallard C., Dauphin Y., Nouet J., Sirotti F., 2013. Evidence for physical bonding between calcium and mineralizing matrices through synchrotron-based photoemission spectroscopy. BIOMIN12, abstract ATM-T08, p. 4 and talk
17. Cuif J.P., Bendounan A., Chevallard C., Dauphin Y., Nouet J., Sirotti F., 2013. Evidence for physical bonding between calcium and mineralizing matrices through synchrotron-based photoemission spectroscopy. BIOMIN12, abstract ATM-T08, p. 4 and talk
18. Dauphin Y., Cuif J.P., Nouet J., Salomé M., Farre B., Brunelle A., Meibom A., Williams C.T., 2013. Chemical mapping of calcareous biominerals: implication on their growth mode. BIOMIN12, abstract ATM-T11, p. 5 and talk
19. Fleurent L., Gibert-Brunet E., Barbecot F., Gillon M. (2014). « Les travertins de sources carbogazeuses, archives de la réponse des ressources en eau souterraine aux forçages pollen-dinokystes ». Atelier « Climat & Impacts », 17-18 novembre 2014, Université Paris Sud Orsay, présentation Poster
20. Fleurent, L., Gibert-Brunet E., Barbecot, F., Ghaleb, B., 2013. Les travertins issus de sources carbogazeuses, témoins de l'impact anthropique – Hydrogéochimie et reconstitutions environnementales à court terme –. Congrès GéoMontréal 2013 (the 66th Canadian Geotechnical Conference and the 11th Joint CGS/IAH-CNC Groundwater Conference) entitled “Geoscience for Sustainability”, September 29 - October 3, 2013, Montréal (PQ, CA), Poster.
21. Fleurent, L., Gibert-Brunet E., Barbecot, F., Noret, A., 2013. Experimental approach of carbonate isotopes fractionation related to kinetic effect during travertine growth. Goldsmith Conference, 25-30 August 2013, Firenze (IT), abstract and poster.
22. Fleurent, L., Gibert-Brunet E., Barbecot, F., Noret, A., 2013. Isotopes fractionation related to kinetic effect during travertine growth -Experimental study-. Congrès AIH 2014 (Association internationale en Hydrogéologie), Montréal, Canada, septembre 2013. Présentation orale.
23. Fleurent, L., Gibert-Brunet, E., Barbecot, F., Gillon, M., Van Hinsberg, V., 2015. Mécanismes d'enregistrement géochimique liés à des processus cinétiques au moment de la précipitation des

- travertins. International SFIS Congress (French Society of Stable isotopes), Montréal, Canada, April 27-2 May 2015. Oral presentation.
24. Fleurent, L., Gibert-Brunet, E., Barbecot, F., Gillon, M., Vincent Van Hinsberg, V., Gillon, M., Noret, A., 2015. Chemical and stable isotope composition of recent travertine and associated water: identification of processes leading to carbonate deposits. AGU Spring Meeting, Montreal, Canada, 3-7 May, abstract and poster.
  25. Froger C, Ayrault S, Quantin C, Evrard O, Monvoisin G & Bordier L., 2017. Contamination Sources and Dynamics in an Urban Catchment Using Metal Isotopes and Radionuclide Measurements. Goldschmidt 2017, Paris, August 13-18
  26. Froger C., S. Ayrault, C. Quantin, O. Evrard, G. Monvoisin, L. Bordier, 2017. Spatial and temporal dynamic of the contamination in an urban catchment: combining metal isotope geochemistry and radionuclide chronometers. ICOBTE, ETH Zurich, Switzerland, July 16-20, 2017
  27. Gaspard D., Nouet J., 2016. Levels of hierarchy in the organization of calcite secondary shell layers. A modern rhynchonelliform brachiopod: *Aerothyris kerguelenensis* (Davidson) BIOMIN13, abstract-619.
  28. Gibert-Brunet E., Fleurent L., Barbecot F., Gillon M., Tudryn A., Nitychoruk J., Kosun E., Benavente J., Ghaleb B. 2015. Mediterranean Network of Environmental Forcing Records In Travertines Med-NEFRIT Project: preliminary results, AGU-GAC-MAC-CGU, May 3-7, Montréal, Canada
  29. Gibert-Brunet E., Fleurent L., Barbecot F., Gillon M., Tudryn A., Nitychokuk J., Kosun E., Benavente J., Ghaleb B. 2015. Mediterranean Network of Environmental Forcing Records In Travertines Med-NEFRIT Project: preliminary results, AGU-GAC-MAC-CGU, May 3-7, Montréal, Canada.
  30. Guimaraes E.M., Ratié G., Garnier J., Jouvin D., Montargès-Pelletier E., Gélabert A., Nouet J., Quantin C., 2015. Minéralogie des argiles dans les minerais latéritiques de nickel développés dans le massif ultrabasique de Barro Alto (Etat du Goiás, Brésil) – conséquences sur la dynamique du nickel. 13ème Colloque du Groupe Français des Argiles, Clermont-Ferrand, 19-21/05/2015
  31. Guimaraes E.M., Ratié G., Garnier J., Jouvin D., Montargès-Pelletier E., Gélabert A., Nouet J., Quantin C., 2015. Minéralogie des argiles dans les minerais latéritiques de nickel développés dans le massif ultrabasique de Barro Alto (Etat du Goiás, Brésil) – conséquences sur la dynamique du nickel. 13ème Colloque du Groupe Français des Argiles, Clermont-Ferrand, 19-21/05/2015
  32. Houzé C., C. Mügler, V. Durand, M. Pessel, and E. Mouche (2017). Experimental and modelling approaches for characterizing stream water-groundwater mixing and dynamic in the hyporheic zone . EGU. EGU2017-19567, 2017.
  33. Houzé C., L. Varnède, V. Durand, and M. Pessel. (2016). Monitoring hyporheic exchanges during a dam controlled experiment. Geophysical Research Abstracts Vol. 18, EGU2016-17341.
  34. Houzé C., M. Pessel and E. Dumond. (2013). Characterization and monitoring of perched aquifer (Saclay, France), Second International Conference on Engineering Geophysics, Al Ain. EAGE.
  35. Houzé C., M. Pessel, V. Durand, L. Varnède, E. Mouche and C. Mügler. (2016) Suivi de la dynamique de la zone hyporhéique par des méthodes géophysiques et géochimiques. Exemple sur la rivière Essonne. 10ème Colloque GEOFCAN. Orléans.
  36. Houzé C., M. Pessel, V. Durand. (2016). 3D Electrical resistivity tomography monitoring of an artificial tracer injected within the hyporheic zone. Geophysical Research Abstracts Vol. 18, EGU2016-17369.
  37. Houzé C., V. Durand, T. Ali, M. Pessel (2014) Etude à l'interface nappe-rivière par tomographie de résistivité 3D et traçage au sel. RST 2014, Pau.
  38. Houzé C., V. Durand, T. Ali, M. Pessel. (2014) Etude à l'interface nappe-rivière par tomographie de résistivité 3D et traçage au sel. 9ème Colloque GEOFCAN, Orsay.

39. Kvapil J., Ettler V., Sebek O., Mihaljevic M., Johan Z., Quantin C., Garnier J., Jouvin D., Ratié G., 2015. Leaching behaviour of slags and fly ash from laterite nickel ore smelting (Niquelândia and Barro Alto, Brazil). Environmental Impacts of Mining and Smelting, Orsay, 8-9 January 2015.
40. Lefebvre, K., Barbecot, F., Larocque, M., Gillon, M., Gibert-Brunet E., Hardy, F., 2013. Diagnostic et quantification des flux de décharge de nappe en rivière. Congrès GéoMontréal, 2013 (the 66th Canadian Geotechnical Conference and the 11th Joint CGS/IAH-CNC Groundwater Conference) entitled “Geoscience for Sustainability”, September 29 - October 3, 2013, Montréal (PQ, CA), Poster.
41. Lefebvre, K., Barbecot, F., Larocque, M., Gillon, M., Gibert-Brunet E., Hardy, F., 2013. Comparison of  $^{222}\text{Rn}$ - $^{13}\text{C}$  investigations to calibrate groundwater discharge in rivers. Congrès AIH 2014 (Association internationale en Hydrogéologie), Montréal, Canada, septembre 2013. Présentation orale.
42. Léger, E., A. Saintenoy, and Y. Coquet (2013). Inverting saturated hydraulic conductivity from surface Ground Penetrating Radar monitoring of infiltration. In Proceedings of the 4th International Conference on HYDRUS Software Applications, Prague, République tchèque, pages 1–10, 2013. ORAL.
43. Léger, E., A. Saintenoy, P. Tucholka, Y. Coquet. (2015). Inverting surface GPR data to estimate wetting and drainage water retention curves in laboratory. In Proceedings of the 8th International Workshop on Advanced Ground Penetrating Radar (IWAGPR), Florence, Italy, pages 1–5. 2015. ORAL Best Student Communication Award.
44. Léger, E., A. Saintenoy, Y. Coquet. (2013). Getting saturated hydraulic conductivity from surface Ground Penetrating Radar measurements inside a ring infiltrometer. In AGU Fall meetings, San Fransisco, 2013. POSTER.
45. Léger, E., A. Saintenoy, Y. Coquet. (2014). Estimating hydraulic conductivity from ground-based GPR monitoring Porchet infiltration in sandy soil. In Proceedings of the 15th International Conference on GPR, Bruxelles, Belgium, pages 1–6, 2014. ORAL.
46. Léger, E., A. Saintenoy, Y. Coquet. (2014). Inversion de données GPR acquises lors d’une infiltration type Porchet. In Actes du 9e Colloque de Géophysique des Sols et des Formations Superficielles, GEOFCAN, Orsay, pages 1–6, 2014. ORAL.
47. Léger, E., A. Saintenoy, Y. Coquet. (2014). Soil water retention function hysteresis determined by Ground Penetrating Radar. In AGU Fall meetings, San Fransisco, 2014. ORAL.
48. Maestropietro F., Godard P., Allain M., Cuif J.P., Dauphin Y., Nouet J., Chevallard C., Daillant J., Burghammer M., Chamard V., 2014. Reticulated nanostructures in calcareous biocrystals imaged by 3D Bragg ptychography. Coherence 2014, Evanston IL 60208; 08/2014
49. Nouet J., Chevallard C., Farre B., Nehrke G., Stoetzel E. Nespoulet R. (2013) Evolution diagénétique de coquilles de Mollusques en contexte archéologique : les patelles de la grotte El Harhoura 2 (Témara, Maroc). 14<sup>e</sup> cong. français sédim., Paris 4-8 nov, résumé p. 303
50. Ouédraogo M., M. Pessel, V. Durand, C. Marlin, I. Savané. (2016). Multifrequency electromagnetic method for the hydrogeophysical characterization of hard-rock aquifers: the case of the upstream watershed of White Bandama (northern Ivory Coast). 43rd IAH Congress, Montpellier, France.
51. Ouédraogo M., V. Durand, M. Pessel, C. Marlin, I. Savané. (2014) Caractérisation des aquifères de socle et modélisation de l’écoulement souterrain : Amélioration de la productivité des forages d’hydraulique villageoise du bassin versant du Bandama blanc amont. 9<sup>ème</sup> Colloque GEOFCAN, Orsay.
52. Ouédraogo M., V. Durand, M. Pessel, C. Marlin, I. Savané. (2014) Caractérisation des aquifères de socle et modélisation de l’écoulement souterrain : Amélioration de la productivité des forages d’hydraulique villageoise du bassin versant du Bandama blanc amont. RST 2014, Pau.
53. Quantin C., Nouet J., Massard P., Dauphin Y. (2013) Préservation des phases minérales des os dans les sites archéologiques. 14<sup>e</sup> cong. français sédim., Paris 4-8 nov, résumé p. 340
54. Quenet M., C. Marlin, M. Griselin, A. Noret, G. Monvoisin, C. Le Gal La Salle, P. Verdoux, J.-M. Friedt, A. Saintenoy, F. Tolle. (2013). Hydro (geo) logical and geochemical approach to investigate the

- impact of active layer groundwater on runoff in the Austre Lovénbreen watershed (Western Spitsbergen- 79° N). In Geophysical Research Abstracts of the European Geosciences Union General Assembly, 2013. ORAL.
55. Saintenoy, A., C. Courbet, L. Nguyen, E. Léger, D. Bugai.(2017). Results from two GPR surveys (2002 and 2015) in the Chernobyl Exclusion Zone. In Proceedings of the 9th International Workshop on Advanced Ground Penetrating Radar (IWAGPR), Edinburgh, UK, pages 1–5. 2017. POSTER.
56. Saintenoy, A., E. Léger, F. Diemer, S. Arcone. (2015). Experimental and numerical demonstration of anomalous enhanced backscatter by subsurface spherical dielectric anomalies. In AGU Fall meetings, San Francisco, 2015. POSTER.
57. Saintenoy, A., E. Léger, F. Rejiba, R. Jarre, S. Pellevrault, J.-M. Friedt, M. Biancheri- Astier, P. Tucholka, S. Bonde, C. Maines. (2014). Prospection géophysique au monastère de Bourfontaine (Aisne, France). In Actes du 9e Colloque de Géophysique des Sols et des Formations Superficielles, GEOFCAN, Orsay, pages 1–6, 2014. POSTER.
58. Saintenoy, A., F. Rejiba, E. Léger, S. Bonde, C. Maines. (2014). Ground Penetrating Radar prospection at the charterhouse of Bourfontaine. In Proceedings of the 15th International Conference on GPR, Bruxelles, Belgium, pages 1–5, 2014. POSTER.

### 3- Efficacité de l'accompagnement des étudiants et qualité de leur encadrement (financement, durée des thèses, taux d'abandon)

#### *Financement des thèses soutenues :*

- 1 Campus France
- 1 CEA
- 1 cie privée France
- 1 CIFRE
- 1 DGA
- 1 IDEX
- 1 CSC
- 4 MESR
- 1 salarié Université Paris Sud
- 2 HDR : salariés

*Durée moyenne des thèses soutenues : 3,37 ans.*

#### *Taux d'abandon :*

1. DELANGLE Emerick, 1<sup>ère</sup> inscription : 2008-2009, ne s'était pas réinscrit en 2014-2015 : « Origine des écoulements d'eau d'un bassin versant glaciaire au Spitsberg (79°N) : exemple du bassin versant du glacier Austrelovenbreen, approches hydrologiques et géochimiques ». Directrice : C. Marlin. Financement : MESR.
2. DMITRIEVA Olga, 1<sup>ère</sup> inscription : 2013-2014, ne s'était pas réinscrite en 2015-2016 : « Contamination of rivers and soils of the Tomsk River catchment ». Directrice : C. Quantin (Geops) & E. YAZIKOV (Université Polytechnique de Tomsk, Russie). Financement : Université Polytechnique de Tomsk, Russie & Campus France. Thèse en cotutelle.

### 4- Suivi des doctorants en liaison avec les écoles doctorales et attention portée à l'insertion professionnelle des docteurs

1. Le 5 juillet 2013 : BOUBAKI Nerouz, M2 Sciences de l'ingénieur Ecole Centrale Paris en mai 2008 : « Détection de cavités par deux méthodes géophysiques : radar de sol et mesures de résistivité électriques ». Directeur : P. Tucholka & Encadrante : A. Saintenoy. Financement : SOFALI Consulting. Thèse en cotutelle avec la Syrie. Durée : 4,43 ans. Devenir : Ingénieure en géotechnique dans une entreprise aux Emirats Arabes puis ingénieure géophysique à Semofi en France.
2. Le 11 octobre 2013 en 4<sup>ème</sup> année : BERES Jan (Slovaquie), validation des acquis le 12 juillet 2010 : « Investigation of karst by joined analyses of seismic and electrical anisotropies ». Directeur : Hermann ZEYEN (IDES). Financement : MESR. Durée : 3,03 ans. Devenir : de septembre 2014, Junior Geophysicist at CGG en Angleterre, puis Prof de langues à Brainy, SK, d'avril 2017 à avril 2018
3. Le 02 décembre 2013 : DELBART Célestine, M2 SDU Env. Ecologie : Hydro, Jussieu UPMC obtenu en juin 2010 : « Etude de l'hydrodynamique des milieux souterrains fracturés par couplage de mesures physiques et géochimiques ». Directeur : Florent BARBECOT. Financement : CEA. Durée : 3,17 ans. Devenir : ATER à IDES du 1<sup>er</sup> octobre 2013 au 31 août 2014, puis du 1<sup>er</sup> septembre 2014 à 31 août 2015, puis à partir du 1<sup>er</sup> septembre 2014, post-doc à l'ENSEGID à Bordeaux, puis MCF à Université de Tours.
4. Le 09 avril 2014 : NOUET Julius, M2 ESV P11 en juin 2005 : « Caractérisation physico-chimiques des biominéraux carbonatés des Mollusques actuels et fossiles : le cas des structures entrecroisées ». Durée : 4,52 ans. Directrice : Yannicke DAUPHIN. Financement : salarié-ingénieur à UPSud.
5. Le 8 décembre 2014 : QUENET Mélanie, M2 STU, spécialité Hydro, juin 2011 : « Rôle des eaux souterraines dans l'hydrologie et la géochimie d'un bassin-versant glaciaire sous condition de pergélisol continu au Spitzberg (Austre Lovenbreen, 79°N) ». Directrice : Christelle MARLIN. Financement : MRT. Durée : 3,19 ans. Devenir : post-doc au laboratoire ChronoEnvironnement, Université de Besançon.
6. Le 18 septembre 2015 : LEGER Emmanuel, M2 H2S Paris Sud Orsay juin 2012 : « Détermination des propriétés hydrodynamiques des sols par mesures radar de surface ». Directeurs : Yves COQUET (INAPG-Grignon) & Albane SAINTENOY (GEOPS). Financement : IDEX EGD UMR 1091 AgroParisTech. Durée : 2,96 ans. Devenir : post-doc de 2 ans à partir du 1<sup>er</sup> novembre 2015 à l'Université de Berkeley, California, USA.
7. Le 29 septembre 2015 à Orsay - Ratié Gildas, M2 SGE « Systèmes Aquatiques & gestion de l'eau 2A Recherche », septembre 2012 : « Fractionnement isotopique naturel et anthropique du nickel en contexte ultramafique : le cas des massifs de Niquelandia et Barro Alto, Brésil ». Thèse en cotutelle. Directrice : Cécile QUANTIN (GEOPS) & co-encadrant : Jérémie GARNIER (Université de Sao Paulo, Brésil). Financement : MRT & AAP PSud Orsay. Durée : 2,99 ans. Devenir : 18 mois post-doc à Soleil Synchrotron de novembre 2016.
8. Le 10 décembre 2015 - LEFEBVRE Karine, M2 LAST Catherine, M2 Hydro Orsay, juin 2011 : « Diagnostic et quantification des flux d'eau de nappe en rivière : apport en zone humide, l'auto-épuration à l'échelle de la zone hyporhéique ». Directrice : Elisabeth GIBERT-BRUNET (GEOPS) & Florent BARBECOT (UQAM, Montréal, Canada). Financement : CIFRE. Durée : 3,19 ans. Devenir : chargée d'étude en Hydrologie au parc naturel régional de la Haute Vallée de Chevreuse d'avril 2016 pour 25 mois.
9. Le 14 décembre 2015 - FLEURENT Léonora, M2 Hydro Psud Orsay juin 2012 : « Hydrogéochimie et reconstitutions environnementales à court terme de dépôts carbonatés : les travertins de sources carbonatées, archives de l'impact anthropique ». Thèse en cotutelle. Directrice : Elisabeth GIBERT-BRUNET (GEOPS) & Florent BARBECOT (GEOPS & UQAM, Montréal, Canada). Financement : DGA. Durée : 3,20 ans. Devenir : chargée d'affaire hydrogéologue chez Ginger CEBPT de juin 2017.
10. Le 16 septembre 2016 - RUAN Jiaoyang (Chine), VAE : « Characterization of Holocene climate variability in Western Europe with stalagmites ». Directeurs : Jean-Luc MICHELOT (IDES) & Dominique GENTY (LSCE). Financement : CSC (Chinese Scholarship Council Chine). Durée : 3,87 ans. Devenir : Maître-Assistant à Sun Yat-Sen University, en Chine à partir du 1<sup>er</sup> novembre 2016.
11. Le 13 décembre 2016 - ARNOUX Marie, M2 SDUEE Univ. Paris 6, 2012-2013. « Interdépendance de la signature isotopique des cycles de nutriments et des bilans hydriques dans le cas de lacs endoréiques de type Kettle. Etude de la sensibilité de ces systèmes aux forçages anthropiques directs et indirects ». Thèse en cotutelle. Directeurs : Elisabeth GIBERT-BRUNET (IDES) & Florent BARBECOT (UQAM,

Montréal, Canada). Financement : MESR Alloc. Supplémentaire, UPSUD. Durée : 3,20 ans. Devenir : d'avril à décembre 2017 : Ingénieur hydrogéologue SA Eaux minérales Evian, à Evian les Bains. ; ; 2018 : post-doctorat, Neuchâtel (Suisse) Soutenance HDR :

12. Le 15 octobre 2014 – PESSEL Marc : « Hydrogéophysique et imagerie géo-électrique : développements méthodologiques, expérimentations et applications ». MCF au laboratoire GEOPS.
13. Le 7 novembre 2014 – SAINTENOY Albane : « Radar de sol : imagerie du sous-sol et quantification de paramètres physiques ». MCF au laboratoire GEOPS

### Soutenances à venir : 5

#### Financement :

- 1 cie privée étrangère
- 1 MESR
- 1 Campus France + 1 DRI de l'Université Paris Sud Orsay
- 1 PHC Campus France
- 1 CSC

1. AHMED MAELOUM Noura : M2 Hydro Paris 11, 2014 & M2 STPE, Paris Saclay, 2016, 1<sup>ère</sup> inscription : 2017-2018 : « Etude de l'équilibre de la nappe Trarza et de l'Océan Atlantique entre Nouakchott et le Fleuve du Sénégal ». Directrice : C. Marlin. Financement : Cie de Géologie Mauritanienne, Mauritanie.
2. FROGER Claire : M2 Rech & Ing agronome obtenus en 2015 à INP-ENSAT Toulouse, 1<sup>ère</sup> inscription : 2015-2016 : « Evolution spatio-temporelle d'une pollution mixte dans le continuum sol-rivière d'un bassin-versant urbanisé : une approche multi-traceurs ». Directrices : C. Quantin (GEOPS) & S. Ayrault (LSCE). Financement : MESR.
3. HASSAN-SALEY Abdel Kader : M2 Géosciences & environnement, géologie obtenu en 2013 à Université Abdou Moumouni, Niamey, Niger-VAE : « Evaluation des ressources en eau de l'aquifère du continental intercalaire/Hamadien de la région de Tahoua, partie sud du bassin des Iullemden au Niger : impacts de la variabilité climatique et des actions anthropiques ». Thèse en cotutelle. Directeurs : B. Ousmane (Université Abdou Moumouni, Niamey, Niger) & J.L. Michelot (GEOPS). Financement : Campus France & DRI UPSud.
4. KE Yutian : M2 Geochemistry, Geohazards and GIS obtenu en 2017 à Lanzhou University, Chine-VAE, 1<sup>ère</sup> inscription : 2017-2018 : « Origine et devenir du carbone organique particulaire transporté par les plus grands fleuves de Chine ». Directrice : C. Quantin & co-encadrant : D. Calmels (GEOPS). Financement : CSC (Chinse Scholarship Council).
5. MEKEBRET Imane : M2 RSTU, Université d'Oran, Algérie en 2017-VAE, 1<sup>ère</sup> inscription : 2017-2018 : « Hydrogéochimie des eaux thermo-minérales de l'Ouest Algérien : origine et implication des halogénures ». Thèse en cotutelle : directeur : J.L. Michelot (GEOPS) & N. Mebrouk (GEOREN, Oran, Algérie). Financement : PHC Campus France

### 5- Labellisation nationale ou internationale des formations (Erasmus mundus p. ex.)

### 6- Accompagnement des séminaires de doctorants par des chercheurs ; degré de participation des doctorants à la vie de l'entité de recherche

### 7- Mobilisation des chercheurs dans le montage de formation de niveau master

Nom de l'unité / de l'équipe / du thème : LABORATOIRE GEOPS, UMR 8148, Equipe n° 2

Acronyme :

GP : Géomorphologie Planétaire

Directeur.rice / Responsable d'équipe /de thème pour le contrat en cours : Dr. François COSTARD

Directeur.rice / Responsable d'équipe /de thème pour le contrat à venir :

## I - PRODUCTION DE CONNAISSANCES ET ACTIVITES CONCOURANT AU RAYONNEMENT ET A L'ATTRACTIVITE SCIENTIFIQUE

### 1- Journaux / Revues

#### Articles scientifiques

1. Andrieu F., Schmidt F., Schmitt B., Douté S., Brissaud O. (2016). Retrieving the characteristics of slab ice covering snow by remote sensing. *Cryosphere*, 10(5):2113-2128.
2. Auger A.T., Bouley S., Jorda L., Groussin O., Lamy P., Baratoux D. (2015). Properties of craters on the Achaia region of asteroid (21) Lutetia. *Icarus*, 247:137-149.
3. Bouley S., Baratoux D., Matsuyama I., Forget F., Séjourné A., Turbet M., Costard F. (2016). Late Tharsis formation and implications for early Mars. *Nature*, 531(7594):344.
4. Bouley S., Baratoux D., Paulien N., Missenard Y., Saint-Bezar B. (2018). The revised tectonic history of Tharsis. *Earth and Planetary Science Letters*, 488:126-133.
5. Bouley S., Craddock R.A. (2014). "Age dates of valley network drainage basins and subbasins within Sabae and Arabia Terrae, Mars". *Journal of Geophysical Research Planets*, 119(6):1302-1310.
6. Chassefière E., Lasue J., Langlais B., Quesnel Y. (2016). Early Mars serpentinization-derived CH<sub>4</sub> reservoirs, H<sub>2</sub>-induced warming and paleopressure evolution. *Meteoritics & Planetary Science*, 51(11):2234-2245.
7. Costard F., Séjourné A., Kargel J., Godin E. (2016). Modeling and observational occurrences of near-surface drainage in Utopia Planitia, Mars. *Geomorphology*, 275:80-89.
8. Costard F., Séjourné A., Kelfoun K., Clifford S., Lavigne F., Di Pietro I., Bouley S. (2017). Modeling tsunami propagation and the emplacement of thumbprint in an early Mars ocean. *Journal of Geophysical Research-Planets*, 122(3):633-649 (IF 3,11).
9. Dupeyrat L., Hurault B., Costard F., Marmo Ch., Gautier E. (2018). Comparison of thermal erosion at the front and the lateral sides of periglacial fluvial islands. Application to the Lena River's islands

- (Siberia) and quantification by an experimental approach and modelling. *Permafrost and Periglacial Processes*, 29(2): 100-111.
10. Fernando J., Schmidt F., Douté S. (2016). Martian surface microtexture from orbital CRISM multi-angular observations : a new perspective for the characterization of the geological processes. *Planetary and Space Science*, 128:30-51.
  11. Jouannic G., Gargani J., Conway S.J., Costard F., Balme M.R., Patel M.R., Massé M., Marmo C., Jomelli V., Ori G.G. (2015). Laboratory simulation of debris flows over sand dunes: insights into gully-formation (Mars). *Geomorphology*, 231:101-115 (IF 2,577).
  12. Marcq E., Salvador A., Massol H., Davaille A. (2017). Thermal radiation of magma ocean planets using a 1-D radiative-convective model of H<sub>2</sub>O-CO<sub>2</sub> atmospheres (2017). *Journal of Geophysical Research Planets*, 122(7):1539-1553 (IF 3,651).
  13. Massé M., Conway S.J., Gargani J., Patel M.R., Pasquon K., McEwen, Carpy S., Chevrier V., Balme M.R., Ojha L., Vincendon M., Poulet F., Costard F., Jouannic G. (2016). Transport processes induced by metastable boiling water under Martian surface conditions. *Nature Geosciences*, 9:425-428.
  14. Pasquon K., Gargani J., Massé M., Conway S.J. (2016). Present-day formation and seasonal evolution of linear dune gullies on Mars. *Icarus*, 274:195-210.
  15. Roux N., Costard F., Grenier C. (2017). Laboratory and numerical simulation of the evolution of a River's Talik. *Permafrost and Periglacial Processes*, 28(2):460-469
  16. Salvador A., Massol H., Davaille A., Marcq E., Sarda P., Chassefière E. (2017). The relative influence of H<sub>2</sub>O and CO<sub>2</sub> on the primitive surface conditions and evolution of rocky planets. *Journal of Geophysical Research Planets*, 122(7):1458-1486.
  17. Schmidt F., Andrieu F., Costard F., Kocifaj M., Meresescu A.G. (2017). Formation of recurring slope lineae on Mars by rarefied gas-triggered granular flows. *Nature Geoscience*, 10(4):270-273
  18. Schmidt F., Chassefière E., Tian F., Dartois E., Herri J.M., Mousis O. (2016). Early Mars volcanic sulfur storage in the upper cryosphere and formation of transient SO<sub>2</sub>-rich atmospheres during the Hesperian. *Meteoritics and Planetary Science*, 51(11):2226-2233 (2,819).
  19. Séjourné A., Costard F., Fedorov A., Gargani J., Skorve J., Massé M., Mège D. (2015). Evolution of the banks of thermokarst lakes in Central Yakutia (Central Siberia) due to retrogressive thaw slump activity controlled by insolation. *Geomorphology*, 241:31-40.

#### Articles de synthèse / revues bibliographiques :

20. Massol H., Hamano K., Tian F., Ikoma M., Abe Y., Chassefière E., Davaille A., Genda H., Güdel M., Hori Y., Leblanc F., Marcq E., Sarda P., Shematovich V.I., Stökl A., Lammer H. (2016). Formation and evolution of protoatmospheres. *Space Science Reviews*, 205(1-4) :153-211.

Autres articles (articles publiés dans des revues professionnelles ou techniques, etc.)

## 2- Ouvrages

#### Direction et coordination d'ouvrages / édition scientifique :

1. Bouley S., Costard F., Dauvergne J.L., Zanda B., Baratoux D., Maquet L., Vaubaillon J. (2017) Impacts, des météores au cratères. Edition Belin. Bibliothèque Scientifique, 192 pages

#### Chapitres d'ouvrage :

1. Schmidt F., Portynakina G. (2018). Active geomorphological process involving exotic agent. In book "Dynamic Mars", edited by R. Soare, S. Conway in press,

## 3- Colloques / congrès, séminaires de recherche

1. Baratoux D., Bouley S., Reimold W.U., Baratoux L. (2014). “The first three dimensional model of Shatter Cones”. *Meteoritics & Planetary Science*, 49(SI-1):A25-A25, *Geochemistry & Geophysics*, Q2, 77<sup>th</sup> Annual Meeting of the Meteoritical Society, Casablanca, Morocco, 8-13 sept. 2014.
2. Belgacem I., Schmidt F. & Jonniaux, G. (2017), 'Towards photometry of Europa', *European Planetary Science Congress 18-22 Septembre 2017*, Riga, Lettonie, 11, EPSC2017-87.
3. Bouley S., D. Baratoux, I. Matsuyama, F. Forget, A. Séjourné, M. Turbet, F. Costard. (2015). EGU abstract. Late Tharsis Formation and New Perspectives for Early Mars.
4. Chassefière E., Dartois E., Herri J.-M., Tian F., Schmidt F., Mousis O., Lakhlifi A. (2014). “Trapping of Volcanic Sulfur in Clathrate Hydrates on Early Mars”. *Workshop on Volatiles in the Martian Interior*, held 3-4 November, 2014 in Houston, Texas. LPI Contribution No. 1819, id.1002, 2014.
5. Chassefière E., Lasue J., Langlais B., Quesnel Y. (2014). Early Mars Serpentinization Derived CH<sub>4</sub> Reservoirs and H<sub>2</sub> Induced Warming. *Workshop on Volatiles in the Martian Interior*, held 3-4 November, 2014 in Houston, Texas. LPI Contribution No. 1819, id.1001, 2014.
6. Costard F., Séjourné A., Kelfoun K., Clifford S., Lavigne F., Di Pietro I., Bouley S. (2017). Modelling investigation of tsunamis on Mars. LPSC 2017, abstract
7. Fernando J., Schmidt F., Douté, S. (2016). Martian Surface Microtexture Estimated from Orbit: A New Perspective for the Characterization of Geological Processes, in 'Lunar and Planetary Science Conference, 21-25 March, Houston', pp. 1665.
8. Lagain A., Bouley S., Baratoux D., Costard F. (2016). Martian impact cratering rate over the last 3 billions years derived from layered-ejecta craters dating. *European Geosciences Union (EGU) 2016*, Vienne, Autriche. abstract
9. Lagain A., Bouley S., Baratoux D., Costard F. (2017) Variation of the recent martian impact cratering rate from ejecta blanket ages. 48th Lunar and Planetary Science Conference (LPSC) abstract #1107, Houston, USA. Abstract
10. Landais F., Schmidt F., Lovejoy, S. (2017). Statistical Analysis of the Martian Topography, in 'Lunar and Planetary Science Conference' 20-24 Mars 2017, Houston, USA, pp. 1829.
11. Landais F.; Schmidt, F. & Lovejoy, S. (2016), Statistics of topography : multifractal approach to describe planetary topography, in 'EGU General Assembly Conference, 17-22 April, Vienna, Austria', pp. 15060.
12. Lesage E., Masssol H., Schmidt F. (2017). Cryomagma ascent on Jupiter's moon Europa, EPSC Abstracts, Vol. 11, EPSC2017-761, 2017, *European Planetary Science Congress 2017*.
13. Marmo C., Hare T.M., Erard S., Cecconi B., Costard F., Schmidt F., Rossi A.P. (2016). FITS format for planetary surfaces : bridging the gap between FITS world coordinate systems and Geographical information systems. Contribution n° 1903, p.1870 at 47<sup>th</sup> Lunar & Planetary Science Conference, 21-25 mars 2016, the Woodlands, Texas, USA.
14. Pasquon K., Gargani J., Massé M., Conway S., J. Vincendon M., Séjourné A. Upstream Material Accumulation and Meandering on Present Day Gully Evolution, *Sixth Mars Polar Science Conference*, Iceland, #6049, 2016.
15. Pasquon K., Gargani J., Nachon M., Conway S., Massé M., Jouannic G., Balme M., Costard F., Vincendon M. Are the different gully morphologies due to different formation processes on the Kaiser dune field on Mars ?, AGU, New Orleans USA, 257355, 2017.
16. Pasquon, K., J. Gargani, M. Massé, S. Conway. Present-day formation and seasonal evolution of linear dune gullies on Mars. EGU, Vienna, April 2016.
17. Salvador A., Massol H., Davaille A., in EGU abstract conference, Vienne, Autriche, 23-28 avril 2017.
18. Salvador, A., Massol, H., Davaille, A., Marcq, E., Sarda, P., Chassefière, E. (2017). The relative influence of H<sub>2</sub>O and CO<sub>2</sub> on the primitive surface conditions of Venus. in 'AGU Fall Meeting Abstracts', pp. P52A-04.

19. Schmidt F., Andrieu F., Costard, F., Kocifaj, M., Meresescu A.G. (2017), RSL as Dry Granular Flows Induced by Natural Pump, in 'Lunar and Planetary Science Conference' 20-24 Mars 2017, Houston, USA, pp. 1858.
20. Séjourné A., F. Costard and Co authors. (2016). Mapping the northern plains of Mars: origins, evolution and response to climate change – a new overview of recent ice-related landforms in Utopia Planitia on Mars. Abstract 444. ICOP, 20-24 juin 2016, Postdam.
21. Séjourné A., F. Costard, A. Fedorov. (2016). Constrain on the nature of polygons on Mars by studying thermokarst degradation in Utopia Planitia and comparison with Central Yakutia (Central Siberia). Abstract 437. ICOP, 20-24 juin 2016, Postdam.
22. Zanda B., Colas F., Bouley S. & FRIPON Team (2015). FRIPON, the French Fireball Network. Meteoritics & Planetary Science, 50(1):si:meeting abstract

#### 4- Organisation de colloques / congrès

- International Meteor Conference 2014 - September 18 - 21, Giron – France

<https://www.imo.net/imcs/imc2014/index.php>

- MultiPlaNet en 2015 et 2016 à GEOPS

Réseau pour l'analyse et la fusion de données multimodales des surfaces planétaires,

- Planetary Mapping and Virtual Observatory

19-21 April 2017, Roscoff, France (<https://epn-vespa.github.io/mapping2017/>)

#### 5- Produits et outils informatiques

Logiciels

Bases de données

Outils d'aide à la décision

Outils présentés dans le cadre de compétitions de solveurs

#### 6- Développements instrumentaux et méthodologiques

Prototypes et démonstrateurs

Plateformes et observatoires

#### 7- Autres produits propres à une discipline

Créations artistiques théorisées

Mises en scènes

Films

#### 8- Activités éditoriales

**Participation à des comités éditoriaux (journaux scientifiques, revues, collections, etc)**

Schmidt F.: ESA Rosetta Science Archive Data Review expert pour VIRTIS, 2016, ESAC et 2017, ESAC

## Direction de collections et de séries

### 9- Activités d'évaluation

#### Évaluation d'articles et d'ouvrages scientifiques (relecture d'articles / reviewing)

1. F. Costard : 5 reviews par an (PSS, Icarus, PPP)
2. J.Gargani : 2 à 3 review par an (PSS; Geomorphology; G<sup>3</sup> – Geochemistry, Geophysics, Geosystem; Marine and Petroleum Geology; Geological Society of London,...)
3. H. Massol: 2016 : reviewer pour Space Science Review.
4. C. Marmo: 2017 : reviewer for SoftwareX
5. F. Schmidt : review de 19 publications majoritairement pour les journaux : PSS, Icarus,, IEEE JSTARS, IEEE TGRS, Remote Sensing of Environment, ,Non-Linear Processes in Geophysics

#### Évaluation de projets de recherche

1. F. Costard : Expertise pour la Fondation Canadienne pour l'innovation du Québec
2. F. Costard : expertise pour la NASA "Planetary Geology and Geophysics Review Panel
3. J. Gargani : Expertise pour l'Israel Science Foundation
4. Massol H, 2015 : reviewer pour le projet UK Space Agency.

#### Évaluation de laboratoires (type Hcéres)

1. F.Costard: évaluation du laboratoire IRAP, Toulouse (2014)

#### Responsabilités au sein d'instances d'évaluation

1. F. Costard : 2012-2016 : Membre du Bureau Scientifique « Chantier Arctique » de l'INSU
2. F. Costard : 2014-2016 : Membre du comité scientifique du Domaine d'Intérêt Majeur DIM ACAV (Astrophysique et. Conditions d'Apparition de la Vie)
3. J. Gargani : (>2012) : Membre du CNU section 35
4. J. Gargani : (2017-) : Membre du comité de pilotage scientifique du Domaine d'Intérêt Majeur DIM Map
5. F. Schmidt (> 2016): Membre du Comité Scientifique du Programme National de Planétologie (PNP), animateur du thème « Surfaces et enveloppes superficielles ».

### 10- Contrats de recherche financés par des institutions publiques ou caritatives

#### Contrats européens (ERC, H2020, etc.) et internationaux (NSF, JSPS, NIH, Banque mondiale, FAO , etc.)

1. EUROPLANETH2020 (H2020-RI 2015-2019) (Chiara Marmo) : recrutement d'un CDD IR en développement sur 10 mois.
2. Europlanet (2016): Avec Kelly Pasquon pour missions à l'Open University (Mars Chamber)

#### Contrats nationaux (ANR, PHRC, FUI, INCA, etc.)

1. FRIPON (ANR – 2014-2018) (Sylvain Bouley – Co-responsable de FRIPON)
2. RELEV (ANR – 2018-2021) CoPi: J. Gargani
3. Agence nationale de la recherche (ANR), programme 'Make Our Planet Great Again' (MOPGA). Projet 'PEGS' (2018-2021), PI: F. Costard

#### CNES

1. Guest Investigator ExoMars Trace Gas Orbiter depuis 2016 (responsable : F. Schmidt), financement CNES depuis 2017.

2. Co-Investigateur PFS (Mars Express, ESA), financement CNES depuis 2010 (responsable : F. Schmidt et E. Chassefière).
3. Co-Investigateur OMEGA (Mars Express, ESA), financement CNES depuis 2009 (responsable : F. Schmidt).
4. Co-Investigateur HRSC (Mars Express, ESA), financement CNES depuis 2009 (responsable : F. Costard).

### **DLR**

1. TanDEM-X DEM, projet PLANETOPO2 DEM\_GEOL1866 (responsable : F. Schmidt), 2017
2. TanDEM-X DEM, projet PLANETOPO IDEM\_GEOL0085 (responsable : F. Schmidt), 2014

### **CNRS**

1. CNRS/INSU/Programme National de Planétologie 2018 (responsable : F. Schmidt) : Surface d'Europe: Modélisation du cryovolcanisme et micro-texture de la surface. (4.5 k€)
2. CNRS/INSU/Programme National de Planétologie 2018 (responsable : A. Sejourné) : Etude des traces de cryosphère ancienne et actuelle (5 k€)
3. CNRS/INSU/Programme National de Planétologie 2018 (responsable : S. Douté) : Etude des phénomènes affectant les surfaces glacées de Mars à partir d'observations spectro-photométriques et de simulations en laboratoire. (2 k€)
4. CNRS/INSU/Programme National de Planétologie 2017 (responsable : F. Schmidt) : Statistique de la topographie des planètes et des exoplanètes. (2.5 k€)
5. CNRS/INSU/Programme National de Planétologie 2017 (responsable : J. Gargani) : Influence des processus de fonte et sublimation sur la morphologie : de l'histoire de Mars au suivi saisonnier (5 k€)
6. CNRS/INSU/Programme National de Planétologie 2017 (responsable : S. Douté) : Organisation d'un atelier francophone intitulé « Traitement d'images multimodales pour l'exploration du Système Solaire », MultiPlaNet (5 k€)
7. 2016 PNP (Massol, H., Sarda, P., Chassefière, E., Salvador, A., Marcq, E., Davaille, A., Leblanc, F. Chaufray, J.Y.): AO2016- 1025281 - Evolution du système du système couplé océan de magma – atmosphère: apport de la simulation numérique pour contraindre l'histoire précoce des planètes. 5000 € obtenus.
8. 2017 PNP (Massol, H., Davaille, A., Marcq, E., Salvador, A., Sarda, P., Chassefière, E.) AO2017- 1027821 - Apport de la simulation numérique et expérimentale pour contraindre l'histoire précoce des planètes: évolution du système couplé océan de magma – atmosphère. 5500€ obtenus
9. CNRS/INSU/Programme National de Télédétection spatiale 2016 (responsable : F. Schmidt) : Analyse multi-échelle de la topographie. (5.5 k€)
10. CNRS/INSU/Programme National de Planétologie 2016 (responsable : F. Costard) : Géomorphologie des processus récent sur Mars (5.5 k€)
11. CNRS Défi Image'In en 2015-2016 (responsable F. Schmidt) : Réseau pour l'analyse et la fusion de données multimodales des surfaces planétaires, MultiPlaNet (5+5 k€)
12. CNRS/INSU/Programme National de Planétologie 2015 (responsable : J. Gargani) : Interactions climat/morphologie sur Mars : caractérisation des activités saisonnières actuelles et des milieux froids récents (7.5 k€)
13. CNRS/INSU/Programme National de Planétologie 2014 (responsable : A. Sejourné) : Origine et évolution des formations périglaciaires sur Mars en contexte de changement climatique: approche comparative et quantitative
14. CNRS/INSU/Programme National de Planétologie 2013 (responsable : S. Bouley) : Caractérisation de la dégradation des cratères d'impact (3.5 k€)

### **Contrats avec les collectivités territoriales**

#### **Contrats financés dans le cadre du PIA**

1. 65 Millions d'observateurs - Vigie Ciel (Sylvain Bouley – Co-responsable de Vigie Ciel)

#### **Contrats financés par des associations caritatives et des fondations (ARC, FMR, FRM, etc.)**

## 11- Post-doctorants et chercheurs seniors accueillis

### Post-doctorants

1. Andrieu François, financement ENS Paris Saclay.

### Chercheurs seniors accueillis

1. Hare T. (USGS) : avril 2017 , financement professeur invite OSUPS
2. Fedorov A. : Fev/Mars 2016. financement professeur invite OSUPS

## 12- Indices de reconnaissance

### Prix

### Distinctions

1. Schmidt F. : Guest Investigator ExoMars Trace Gas Orbiter depuis 2016 (responsable : F. Schmidt), financement CNES depuis 2017.

### Appartenance à l'IUF

### Responsabilités dans des sociétés savantes

1. Costard F. : > 2013 : Président de l'Association Française du Périglaciaire
2. Costard F. : Représentant officiel de la France à l'International Permafrost Association (IPA)

### Invitations à des colloques / congrès à l'étranger

1. Chassefière E. (2014). "Methane and sulfur dioxide clathrates on early Mars". AOGS 11th annual meeting, 28 July-1st August 2014, Sapporo, Japan.hal
2. Chassefière E., 2014. Introduction : initial conditions and early evolutions of terrestrial planets. Opening talk, ISSI-BJ/ISSI Workshop on "The Disk in Relation to the Formation of Planets and their Proto-atmospheres", 25-29 August 2014, Beijing, China.hal
3. Chassefière E., Massol H., Marcq E., 2014. Magma ocean formation and outgassing, steam atmospheres. ISSI-BJ/ISSI Workshop on "The Disk in Relation to the Formation of Planets and their Proto-atmospheres", 25-29 August 2014, Beijing, China.
4. Costard F., 2016. Les débâcles de glace de la Lena. Colloque du Centre d'Etude Nordique, Laval, Québec. Conférence invitée.
5. Chassefière E., 2018. Recent advances in our understanding of Venus climate evolution and remaining mysteries. International Venus Conference, September 11-14, Sapporo, Japan.
6. Chassefière E., 2018. Window in time: observational evidence of dragged heavy elements Venus, Earth and Mars atmospheres. ISSI Europlanet Workshop "Reading Terrestrial Planet Evolution in isotopes and element measurements", October 22-26, Bern, Switzerland.

### Séjours dans des laboratoires étrangers

1-15 Juin 2016 : F. Schmidt, Center for Earth System Science, Beijing, China

15-30 Novembre 2016 : J. Gargani, Open University, GB.

>2014: 10 jours par an: F. Costard et A. Séjourné, Permafrost Institut, Yakoutsk, Russie.

## II - INTERACTION AVEC L'ENVIRONNEMENT, IMPACTS SUR L'ECONOMIE, LA SOCIETE, LA CULTURE, LA SANTE

## 1- Brevets, licences et déclarations d'invention

Brevets déposés

Brevets acceptés

Brevets licenciés

Déclaration d'invention

## 2- Interactions avec les acteurs socio-économiques

### Contrats de R&D avec des industriels

Contrat demi financement de thèse par AIRBUS DS : Photométrie des lunes de Jupiter, I. Belgacem

Bourses Cifre

Créations de laboratoires communs avec une / des entreprise(s)

Création de réseaux ou d'unités mixtes technologiques

Créations d'entreprises, de *start-u*

## 3- Activités d'expertise scientifique

Activités de consultant

Participation à des instances d'expertise (type Anses) ou de normalisation

Expertise juridique

## 4- Rapports d'expertises techniques, produits des instances de normalisation

## 5- Produits destinés au grand public

### Émissions radio, TV, presse écrite

#### TV

1. Espace : quand le ciel nous tombe sur la tête ; Grand Soir 3 (France 3) 24 octobre 2017  
[http://www.francetvinfo.fr/sciences/espace/espace-quand-le-ciel-nous-tombe-sur-la-tete\\_2436515.html](http://www.francetvinfo.fr/sciences/espace/espace-quand-le-ciel-nous-tombe-sur-la-tete_2436515.html)
2. France Info TV : [https://www.francetvinfo.fr/sciences/astronomie/sylvain-bouley-detourner-un-asteroide-c-est-possible\\_2416635.html](https://www.francetvinfo.fr/sciences/astronomie/sylvain-bouley-detourner-un-asteroide-c-est-possible_2416635.html)
3. RMC TV, Jacques-Marie Bardintzeff :  
<https://twitter.com/RMCDecouverte/status/905857099120369664>
4. France O : Volcans, quand tourisme et curiosité scientifique font bon ménage avec Jacques-Marie Bardintzeff (GEOPS) : [http://www.dailymotion.com/video/x5csi77\\_volcans-quand-tourisme-et-curiosite-scientifique-font-bon-menage\\_tv](http://www.dailymotion.com/video/x5csi77_volcans-quand-tourisme-et-curiosite-scientifique-font-bon-menage_tv)
5. Mai 2016, FRIPON : [http://www.francetvinfo.fr/sciences/sciences-la-chasse-aux-meteorites-est-ouverte\\_1471321.html](http://www.francetvinfo.fr/sciences/sciences-la-chasse-aux-meteorites-est-ouverte_1471321.html)
6. Novembre 2016 Le projet Fripon sur la piste des météorites :  
<https://www.youtube.com/watch?v=IIZGmDZ3YO8&feature=youtu.be>

7. Folie passagère, France 2 : [http://www.france2.fr/emissions/folie-passagere/diffusions/02-03-2016\\_460228](http://www.france2.fr/emissions/folie-passagere/diffusions/02-03-2016_460228)
8. Journal TV, Basculement sur Mars : [http://www.francetvinfo.fr/replay-jt/france-3/19-20/jt-de-19-20-du-jeudi-3-mars-2016\\_1331877.html](http://www.francetvinfo.fr/replay-jt/france-3/19-20/jt-de-19-20-du-jeudi-3-mars-2016_1331877.html)

### Presse écrite

1. mai 2016 : [http://www.lemonde.fr/sciences/article/2016/05/30/la-chasse-aux-meteorites-bientot-ouverte\\_4929143\\_1650684.html](http://www.lemonde.fr/sciences/article/2016/05/30/la-chasse-aux-meteorites-bientot-ouverte_4929143_1650684.html)
2. Mai 2016 : Washington post : <https://www.washingtonpost.com/news/science/wp/2016/05/03/martian-surface-streaks-may-be-formed-by-bubbling-boiling-sand/>
3. 02 mars 2016 : Trop lourde, Mars a glissé autour de son noyau pendant son enfance : [http://www.lemonde.fr/planete/article/2016/03/02/mars-a-basculer-pendant-son-enfance\\_4875385\\_3244.html#HWXIfZ7AosvIUj0K.99](http://www.lemonde.fr/planete/article/2016/03/02/mars-a-basculer-pendant-son-enfance_4875385_3244.html#HWXIfZ7AosvIUj0K.99)[http://www.lemonde.fr/planete/article/2016/03/02/mars-a-basculer-pendant-son-enfance\\_4875385\\_3244.html](http://www.lemonde.fr/planete/article/2016/03/02/mars-a-basculer-pendant-son-enfance_4875385_3244.html)
4. 28 Mars 2016 : <https://www.outlookindia.com/magazine/story/here-lies-the-first-human-perhaps/296859>

### Radio

1. 06 février 2018 La Méthode scientifique Pergélisol : quand la planète dégaze
2. 17 janvier 2018 La une de la science : <https://www.franceinter.fr/emissions/la-une-de-la-science/la-une-de-la-science-17-janvier-2018>
3. 29 novembre 2017 - RFI autour de la question Sylvain Bouley : <http://www.rfi.fr/emission/20171129-quel-est-impact-meteorites>
4. 27 novembre 2017 France Inter La tête au carré Sylvain Bouley : <https://www.franceinter.fr/emissions/la-tete-au-carre/la-tete-au-carre-27-novembre-2017>
5. 27 octobre 2017 Miroir des Sciences Sylvain Bouley, Aligre FM : <http://aligrefm.org/programmes/les-emissions/le-miroir-des-sciences/le-miroir-des-sciences-2-novembre.html>
6. 29 mars 2017 - Les cratères à l'origine des tsunamis martiens identifiés par François Costard dans la tête au carré France Inter : <https://www.franceinter.fr/emissions/la-tete-au-carre/la-tete-au-carre-29-mars-2017>
7. 18 mars 2017 - Qu'est-ce qui nous tombe sur la tête ? avec Sylvain Bouley [La Conversation scientifique France culture] : <https://www.franceculture.fr/emissions/la-conversation-scientifique/quest-ce-qui-nous-tombe-sur-la-tete>
8. 24 janvier 2017 : La méthode scientifique avec Jacques-Marie Bardintzeff (GEOPS) sur France Culture
9. <https://www.franceculture.fr/emissions/la-methode-scientifique/volcans-ces-eternels-imprevisibles>
10. 23 août 2016 – Le temps d'un bivouac, mission karakul, Sylvain Bouley
11. <https://www.franceinter.fr/emissions/le-temps-d-un-bivouac/le-temps-d-un-bivouac-23-aout-2016>
12. 5 août 2016 – Le temps d'un bivouac, La nuit des étoiles: à la recherche de vie extra-terrestre, Sylvain Bouley : <https://www.franceinter.fr/emissions/le-temps-d-un-bivouac/le-temps-d-un-bivouac-05-aout-2016>
13. Mars 2016 La tête au carré, Sylvain Bouley : <http://www.franceinter.fr/player/reecouter?play=1246993>

### Produits de vulgarisation : articles, interviews, éditions, vidéos, etc.

1. **Le journal du CNRS** : Fripon chasse les météorites : <https://lejournald.cnrs.fr/videos/fripon-chasse-les-meteorites>
2. **News du CNRS** : Mars : un grand basculement a refaçonné sa surface : <http://www2.cnrs.fr/presse/communiqu/4437.htm>

### - News de l'INSU :

1. Des impacts dans un océan à l'origine de vastes tsunamis sur Mars <http://www.insu.cnrs.fr/node/6385>

2. Le mystère des écoulements sombres équatoriaux de Mars s'éclaircit : <http://www.insu.cnrs.fr/node/6379>
3. Mars : des rivières souterraines récemment actives : <http://www.insu.cnrs.fr/node/6026>
4. Même en ébullition, l'eau façonne bien le relief martien : <http://www.insu.cnrs.fr/node/5798>
5. Mars : un grand basculement a refaçoné sa surface : <http://www.insu.cnrs.fr/node/5711>
6. Débâcles de glace en Sibérie : une nouvelle vision de la Léna : <http://www.insu.cnrs.fr/node/5031>

#### - Le site d'actualité de l'Université Paris-Sud

1. Impacts : "Des météores aux cratères" : <http://www.actu.u-psud.fr/fr/publications/actualites-2017/impact-des-meteores-aux-crateres.html>
2. Kelly Pasquon, lauréate Université Paris-Saclay du concours "ma thèse en 180 secondes" : <http://www.actu.u-psud.fr/fr/science-et-societe/actualites-2017/kelly-pasquon-laureate-du-concours-mt180s-universite-paris-saclay.html>
3. Mais où est passé l'eau sur Mars ? : <http://www.actu.u-psud.fr/fr/recherche/actualites-2017/mais-ou-est-passe-l-eau-sur-mars.html>
4. Etude d'un cratère d'impact d'astéroïde sur le toit du monde : <http://www.actu.u-psud.fr/fr/recherche/actualites-2016/expedition-cratere-d-impact-lac-karakul.html>
5. FRIPON, la chasse aux météorites est ouverte : <http://www.actu.u-psud.fr/fr/recherche/actualites-2016/lancement-officiel-de-fripon-reseau-de-surveillance-du-ciel.html>
6. Mars : l'eau bouillante pourrait avoir façonné ses reliefs : <http://www.actu.u-psud.fr/fr/recherche/actualites-2016/eau-sur-mars.html>
7. Le ciel va-t-il nous tomber sur la tête ? : <http://www.actu.u-psud.fr/fr/recherche/actualites-2015/observer-les-meteorites-s-approchant-de-la-terre.html>
8. Débâcles de glace en Sibérie : une nouvelle vision de la Léna : <http://www.actu.u-psud.fr/fr/recherche/actualites-2014/debacles-de-glace-en-siberie.html>
9. L'activité fluviale sur Mars, plus tardive que prévu : <http://www.actu.u-psud.fr/fr/recherche/actualites-2014/activite-fluviale-sur-mars.html>

#### Produits de médiation scientifique

Bouley S., Rotaru M., Exposition IMPACTS

Débats science et société

### III - IMPLICATION DANS LA FORMATION PAR LA RECHERCHE

#### 1- Produits des activités pédagogiques et didactiques

Ouvrages

*E-learning, moocs, cours multimedia, etc.*

#### 2- Productions scientifiques (articles, ouvrages, etc.) issues des thèses

##### Publications

1. Erard S., Cecconi B., Le Sidaner P., Rossi A.P., Capria M.T., Schmitt B., Génot V., André N., Vandaele A.C., Scherf M., Hueso R., Määttänen A., Thuillot W., Carry B., Achilleos N., Marmo C., Santolik O., Benson K., Fernique P., Beigbeder L., Millour E., Rousseau B., Andrieu F., Chauvin C., Minin M., Ivanoski S., Longobardo A., Bollard P., Albert D., Gangloff M., Jourdan N., Bouchemit M., Glorian J.M., Trompet L., Al-Ubaidi T., Juaristi J., Desmars J., Guio P., Delaa O., Lagain A., Soucek J., Pisa D. (2018). VESPA: A community-driven Virtual Observatory in Planetary Science. *Planetary and Space Science*, [150:65-85](#).

2. Meresescu A.G., Kowalski M., Schmidt F., Landais F. (2018). Water Residence Time Estimation by 1D Deconvolution in the Form of a  $l_2$ -Regularized Inverse Problem With Smoothness, Positivity and Causality Constraints, 115:105-121.
3. Marcq E., Salvador A., Massol H., Davaille A. (2017). Thermal radiation of magma ocean planets using a 1-D radiative-convective model of H<sub>2</sub>O-CO<sub>2</sub> atmospheres (2017). *Journal of Geophysical Research Planets*, 122(7):1539-1553 (IF 3,651).
4. Salvador A., Massol H., Davaille A., Marcq E., Sarda P., Chassefière E. (2017). The relative influence of H<sub>2</sub>O and CO<sub>2</sub> on the primitive surface conditions and evolution of rocky planets. *Journal of Geophysical Research Planets*, 122(7):1458-1486.
5. Fernando J., Schmidt F., Douté S. (2016). Martian surface microtexture from orbital CRISM multi-angular observations : a new perspective for the characterization of the geological processes. *Planetary and Space Science*, 128:30-51.
6. Pilorget C., Fernando J., Ehlmann B.L., Schmidt F., Hiroi T. (2016). Wavelength dependence of scattering properties in the VIS-NIR and links with grain-scale physical and compositional properties. *Icarus*, 267:296-314
7. Massé M., Conway S.J., Gargani J., Patel M.R., Pasquon K., McEwen, Carpay S., Chevrier V., Balme M.R., Ojha L., Vincendon M., Poulet F., Costard F., Jouannic G. (2016). Transport processes induced by metastable boiling water under Martian surface conditions. *Nature Geosciences*, 9:425-428.
8. Pasquon K., Gargani J., Massé M., Conway S.J. (2016). Present-day formation and seasonal evolution of linear dune gullies on Mars. *Icarus*, 274:195-210.
9. Fernando J., Schmidt F., Pilorget C., Pinet P., Ceamanos X., Douté S., Daydou Y., Costard F. (2015). Characterization and mapping of surface physical properties of Mars from CRISM multi-angular data: application to Gusev Crater and Meridiani Planum. *Icarus*, 253:271-295.
10. Landais F., Schmidt F., Lovejoy S. (2015). Universal multifractal Martian topography. *Nonlinear Processes in Geophysics, Copernicus*, 22:713-722.
11. Pilorget C., Fernando J., Ehlmann B.L., Douté S. (2015). Photometry of particulate mixtures : what controls the phase curve ? *Icarus*, 250:188-203.
12. Rondeau A., Merrison J., Iversen J.J., Peillon S., Sabroux J.C., Lemaître P., Gensdarmes F., Chassefière E. (2015). First experimental results of particle resuspension in a low pressure wind tunnel applied to the issue of dust in fusion reactors. *Fusion Engineering and Design*, 98-99:2210-2213.
13. Rondeau A., Peillon S., Roynette A., Sabroux J.C., Gelain T., Gendarmes F., Rohde V., Grisolia C., Chassefière E. (2015). Characterization of dust particles produced in an all-tungsten wall tokamak and potentially mobilized by airflow. *Journal of Nuclear Materials*, 463:873-876.
14. Rühaak W., Anbergen H., Grenier C., McKenzie J., Kurylyk B.L., Molson J., Roux N., Sass I. (2015). Benchmarking numerical Freeze/Thaw Models. *Energy Procedia*, 76:301-310.
15. Schmidt F., Fernando J. (2015). Realistic uncertainties on Hapke model parameters from photometric measurements. *Icarus*, 260:73-93.
16. Ceamanos X., Douté S., Fernando J., Schmidt F., Pinet P., Lyapustin A. (2013). Surface reflectance of Mars observed by CRISM/MRO : 1. Multi-angle Approach for Retrieval of Surface Reflectance from CRISM Observations (MARS-ReCO). *Journal of Geophysical Research*, 118(3):514-533 (IF 3,021).
17. Fernando J., Schmidt F., Ceamanos X., Pinet P., Douté S., Daydou Y. (2013). « Surface reflectance of Mars observed by CRISM/MRO : 2. Estimation of surface photometric properties in Gusev Crater and Meridiani Planum ». *Journal of Geophysical Research*, 118(3):534-559 (IF 3,021).
18. Lebrun T., Massol H., Chassefière E., Davaille A., Marcq E., Sarda P., Leblanc F., Brandeis G. (2013). “Thermal evolution of an early magma ocean in interaction with the atmosphere”. *Journal of Geophysical Research*, 118(6):1155-1176 (IF 3,021).

### Congrès

1. Zhao J., Chassefière E., Tian F., Chaufray J.Y., Leblanc F. (2018). Isotope fractionation in the photochemical escape from Early Mars. 30<sup>ème</sup> General Assembly of International Astronomical Union, Vienna, Austria, 20-31 août 2018.
2. Belgacem I., F. Schmidt, G. Jonniaux (2017). Towards photometry of Europa *European Planetary Science Conference*

3. Belgacem I., Schmidt F. & Jonniaux, G. (2017), 'Towards photometry of Europa', European Planetary Science Congress 18-22 Septembre 2017, Riga, Lettonie, 11, EPSC2017-87.
4. Clifford S., Costard F. (2017) Geomorphic evidence for a late Hesperian northern ocean and its implications for the Noachian. Early Mars Conference. Flagstaff.
5. Grenier Ch., Roux N., Sejourne A., Fedorov A., Costard F. (2017). Thermal impact of a small alavalley river in a continuous permafrost area - insights and issues raised from a field monitoring Site in Syrdakh (Central Yakutia). EGU2017abstract n°13599.
6. Lagain A., Bouley S., Baratoux D., Costard F. (2017) Variation of the recent martian impact cratering rate from ejecta blanket ages. 48th Lunar and Planetary Science Conference (LPSC) abstract #1107, Houston, USA. Abstract
7. Lagain A., Bouley S., Costard F. (2017) Martian double craters recognition by dating method. 48th Lunar and Planetary Science Conference (LPSC) abstract #1108, Houston, USA. Abstract/Poster
8. Lagain A., Delaa O., Marmo C., Bouley S., Costard F. and the reviewer consortium (2017). The open source viewer's spirit, an opportunity to do collaborative science with the cesium interface. Planetary mapping and virtual observatory workshop, Roscoff, France.
9. Landais F., Schmidt F., Lovejoy, S. (2017). Statistical Analysis of the Martian Topography, in 'Lunar and Planetary Science Conference' 20-24 Mars 2017, Houston, USA, pp. 1829.
10. Landais F., Schmidt F., S. Lovejoy. (2014). "Anisotropy of topography". EPSC, In: vol. 9. Apr. 2014, p. 605.
11. Landais F., Schmidt, F. & Lovejoy, S. (2017), 'Statistical analysis of the Martian topography', European Planetary Science Congress 18-22 Septembre 2017, Riga, Lettonie 11, EPSC2017-433.
12. Lesage E., Massol, H. & Schmidt, F. (2017), 'Cryomagma ascent on Jupiter's moon Europa', European Planetary Science Congress 18-22 Septembre 2017, Riga, Lettonie 11, EPSC2017-761.
13. Lesage E., Massol H., Schmidt F., (2017). Cryomagma ascent on Jupiter's moon Europa, EPSC Abstracts, Vol. 11, EPSC2017-761, 2017, European Planetary Science Congress 2017.
14. Meresescu, A.G., Kowalski M., Schmidt, F., Landais, F. Estimation du Temps de Résidence Hydrologique: Déconvolution 1D, GRETSI 2017, Juan-Les-Pins, 5-8 Septembre 2017
15. Salvador A., Massol H., Davaille A. (2017), in EGU abstract conference, Vienne, Autriche, 23-28 avril 2017.
16. Salvador A., Massol H., Davaille, A., Marcq, E., Sarda, P., Chassefière, E. (2017). « Refroidissement d'un océan de magma en interaction avec l'atmosphère », Journées Convection & Interfaces, IRPHÉ, Marseille, 30-31 Janvier 2017.
17. Salvador, A., Massol, H., Davaille, A., Marcq, E., Sarda, P., Chassefière, E. (2017). The relative influence of H<sub>2</sub>O and CO<sub>2</sub> on the primitive surface conditions of Venus. in 'AGU Fall Meeting Abstracts', pp. P52A-04.
18. Salvador, A., Massol, H., Davaille, A., Marcq, E., Sarda, P., Chassefière, E. (2017). On the relative influence of initial H<sub>2</sub>O and CO<sub>2</sub> contents on the primitive surface conditions and evolution of rocky (exo)planets. 19<sup>th</sup> EGU 2017, proceedings from the conference held on 23-28 April 2017 in Vienna, Austria, p.16098.
19. Schmidt F., Andrieu F., Costard, F., Kocifaj, M., Meresescu A.G. (2017), RSL as Dry Granular Flows Induced by Natural Pump, in 'Lunar and Planetary Science Conference' 20-24 Mars 2017, Houston, USA, pp. 1858.
20. Schmidt, F., Andrieu, F.; Costard, F.; Kocifaj, M. & Meresescu, A. G. (2017), 'Formation of recurring slope lineae on Mars by rarefied gas-triggered granular flows', European Planetary Science Congress 18-22 Septembre 2017, Riga, Lettonie 11, EPSC2017-260.
21. Andrieu F., Schmidt F., Douté, S.; Schmitt, B. & Brissaud, O. (2016). Radiative Transfer Model for Translucent Slab Ice on Mars, in '6th International Conference on Mars Polar Science and Exploration, September 5-9, Reykjavic', pp. 6090
22. Costard F., N. Roux and Ch. Grenier (2016). Laboratory simulation of river talik. Abstract 144. ICOP, 20-24 juin 2016, Postdam. Landais F.; Schmidt, F. & Lovejoy, S. (2016), Statistical scaling properties of

- planetary topographic fields, *in* 'AAS/Division for Planetary Sciences, European Planetary Science Conference, 16-21 October, Pasadena, USA', pp. 426.20.
23. Fernando J., Schmidt F., Douté, S. (2016). Martian Surface Microtexture Estimated from Orbit: A New Perspective for the Characterization of Geological Processes, *in* 'Lunar and Planetary Science Conference, 21-25 March, Houston', pp. 1665.
  24. Lagain A., Bouley S., Baratoux D., Costard F. (2016). Martian impact cratering rate over the last 3 billions years derived from layered-ejecta craters dating. European Geosciences Union (EGU) 2016, Vienne, Autriche. [abstract](#)
  25. Landais F.; Schmidt, F. & Lovejoy, S. (2016), Statistics of topography : multifractal approach to describe planetary topography, *in* 'EGU General Assembly Conference, 17-22 April, Vienna, Austria', pp. 15060.
  26. Marcq, E., Salvador, A., Massol, H., Chassefière E. (2016). A 1D radiative-convective model of H<sub>2</sub>O-CO<sub>2</sub> atmospheres around young telluric planets: an update, *in* EGU abstract [PS2.4/AS4.35](#).
  27. Salvador A., Massol H., Davaille, A., Marcq, E., Sarda P., Chassefière E. (2016). The Relative Influence of H<sub>2</sub>O and CO<sub>2</sub> on the Primitive Surface Conditions and Evolution of Rocky Planets. *in* 'AGU Fall Meeting Abstracts', pp. G6P44B-07
  28. Schmidt F.; Landais F. & Lovejoy, S. (2016), Comparative statistical analysis of planetary surfaces, *in* 'EGU General Assembly Conference, 17-22 April, Vienna, Austria', pp. 15318.
  29. Schmidt F.; Landais F. & Lovejoy, S. (2016), Comparative statistical analysis of planetary surfaces, *in* 'EGU General Assembly Conference, 17-22 April, Vienna, Austria', pp. 15318.
  30. Schmidt, F.; Andrieu, F.; Douté, S. & Schmitt, B. (2016), Translucent CO<sub>2</sub> ice on Mars ?, *in* 'AAS/Division for Planetary Sciences, European Planetary Science Conference, 16-21 October, Pasadena, USA', pp. 513.02.
  31. Landais F., Schmidt F. & Lovejoy, S. (2015), « Statistical analysis of the Martian surface », Proceedings of European Planetary Science Congress 2015, held 27 September - 2 October, 2015 in Nantes, France, 10, 289
  32. Salvador, A., Massol, H., Davaille, A., Marcq, E., Sarda, P., Chassefière, E. (2015). Influence of initial CO<sub>2</sub> content on a planet surface conditions at the end of the magma ocean phase. Vol. 10, EPSC2015-823.
  33. Schmidt F., Fernando J. (2015), « Realistic uncertainties on Hapke model parameters from photometric measurements », Proceedings of European Planetary Science Congress 2015, held 27 September - 2 October, 2015 in Nantes, France, 10, 331 Lagain, A., Bouley, S. and Costard, F. (2015) Datation of a double-layer ejecta crater on Mars. 46th Lunar and Planetary Science Conference (LPSC) vol.41 abstract #1920, Houston, USA. Abstract/Poster
  34. Andrieu F., Schmidt F., Douté S. (2014). "CO<sub>2</sub> Ice Composition and Evolution on Mars: A Radiative Transfer Inversion". In: Lunar and Planetary Science Conference. Vol. 45. Lunar and Planetary Inst. Technical Report. Mar. 2014, p. 1148.
  35. Andrieu, F., F. Schmidt, S. Douté (2014). "Spectroscopic evidence for translucent CO<sub>2</sub> ice in Richardson crater" (2014). EPSC, In: vol. 9. Apr. 2014, p. 537.
  36. Fernando J., Schmidt F., C. Pilorget, P. Pinet, X. Ceamanos, S. Douté, and Y. Daydou (2014). "Characterization and Mapping of the Surface Physical Properties of Mars from Photometry using CRISM/MRO Multi-Angular Data: Application on the MER Landing Sites". In: vol. 1791. July 2014, p. 1097.
  37. Fernando J., Schmidt F., Pilorget C., Pinet P., Ceamanos X., Douté S., Daydou Y. (2014). « Characterization and mapping of the surface physical properties of Mars from photometry using CRISM/MRO multi-angular data : application on the Mer Landing Sites ». 8<sup>th</sup> International Conference on Mars, 14-18 July 2014, Pasadena, California, 2pages.
  38. Grenier Ch, Roux N., Costard F. (2014). F. INTERFROST: a benchmark of Thermo-Hydraulic codes for cold regions hydrology EGU Vienne. Oral

39. Lebrun T., Massol H., Chassefière E., Davaille A., Marcq E., Sarda Ph., Leblanc F., Brandeix G. (2014). « Thermal evolution of an early magma ocean in interaction with the atmosphere : conditions for the condensation of a water ocean ». Edited by Ollivier M., Maurel M.C. EPOV 2012: FROM PLANETS TO LIFE - COLLOQUIUM OF THE CNRS INTERDISCIPLINARY INITIATIVE PLANETARY ENVIRONMENTS AND ORIGINS OF LIFE. Book Series: BIO Web of Conferences, Volume: 2, Article Number: 01004, DOI: 10.1051/bioconf/20140201004, Published: 2014. Conference: Colloquium of the CNRS Interdisciplinary Initiative Planetary Environments and Origins of Life. Location: Paris, France. Date: NOV 29-30, 2012.
40. Massol H., Lebrun T., Chassefière E., Davaille A., Marcq E., Sarda Ph., Leblanc F., Brandeix G. (2014). “Thermal evolution of an early magma ocean in interaction with the atmosphere on terrestrial planets”. Star-planet interactions and the habitable zone. Workshop in Saclay, France, 18-21 november 2014
41. Massol H., Lebrun T., Chassefière E., Davaille A., Marcq E., Sarda Ph., Leblanc F., Brandeix G. (2014). “Thermal evolution of an early magma ocean in interaction with the atmosphere on terrestrial planets”. Star-planet interactions and the habitable zone. Workshop in Saclay, France, 18-21 november 2014.
42. Rondeau A., Merrison J., Iversen J.J., Peillon S., Sabroux J.-C., Lemaitre P., Gensdarmes F., Chassefière E. (2014). « First experimental results of particle re-suspension in a low pressure wind tunnel applied to the issue of dust in fusion reactors”. 28th Symposium on Fusion Technology SOFT 2014, 29 Sept 29-30 Oct 2014, San Sebastián, Spain.
43. Rondeau A., Peillon S., Roynette A., Sabroux J.-C., Gelin T., Gensdarmes F., Rohde V., Grisolia C., Chassefière E. (2014). « Characterization of tungsten particles in AUG tokamak which are potentially mobilizable by airflow”. 28th Symposium on Fusion Technology SOFT 2014, 29 Sept 29-3 Oct . 2014, San Sebastián, Spain
44. Lebrun T., Massol H., Chassefière E., Davaille A., Marcq E., Sarda P., Leblanc F., Brandeis G. (2013). « Thermal evolution of an early magma ocean in interaction with the atmosphere: conditions for the condensation of a water ocean » International Venus workshop, june 2013.

### 3- Efficacité de l'accompagnement des étudiants et qualité de leur encadrement

Nom	Financement	Durée	publications dans revues à comité de lecture	conférences et publications dans actes	Devenir
ROUX Nicolas	CEA	2011-2015	2 publiés dans PPP	1 AGU, EGU	Post Doc
FERNAND O Jennifer	MRT	2011-2014	5 publiés	8 congrès internationaux	2 Post Doc puis Master SciencePo
ANDRIEU François	ENS/MRT	2012-2015	3 publiés, 1 soumise	7 congrès internationaux	Post Doc
PASQUON Kelly	MRT	3 (2013-2017)	1 Icarus, 1 Nature Geosciences, 3 soumises	9 conférences (dont AGU2017, EGU2016, AGU 2016, EPSC2015)	Sans emploi du 02/2018 au 07/2018
LAGAIN Anthony	Dim Acav	3 (2013-2017)	2 soumises JGR, EPSL	3 (LPSC 2015 et 2017, EGU 2016)	Recherche de Post Doc

(financement, durée des thèses, taux d'abandon)

CRISTOFF Nicole, thèse Université de Sofia, Bulgarie en collaboratio n avec GEOPS	Bourse Franco Bulgare	Fin prévu fin 2018	1 publication soumise dans PSS	2 (EGU 2016 et 2017)	
LARBI Mamoun Ait Moulay, thèse de l'IAS en collaboratio n avec GEOPS	Bourse Franco Marocaine	3 ans (2013- 2016)	1 publication dans Earth, Moon Planets	2 (AGU 2013, EPSC 2015)	Ingénieur informatique
AUGER Anne- Thérèse, thèse d'Aix- Marseille en collaboratio n avec GEOPS	MRT	3 ans (2013- 2016)	3 en premier auteur	DPS 2015, EPSC 2015, AGU 2014, AGU 2013	Ingénieur Télétection (privé)
LANDAIS François	MRT	2014-2017	1 NNPG, 2 soumises	8 congrès internationaux	En recherche de post-doc
SALVADO R Arnaud	MRT	Prévue fin 2018	1 JGR, 1 soumis dans un mois Icarus	AGU 2017, EGU 2018	Post doc en attente
BOUQUET Y Axel	MRT	Prévue fin 2019		LPSC 2018	
LESAGE Elodie	MRT	Prévue fin 2020	1 soumise	EPSC 2017, Colloque Cryovolcanisme 2018	
BELGACE M Ines	Airbus/Paris Saclay IDI	Prévue fin 2019	1 en préparation	EPSC 2017, LPSC 2018	
MERESES CU Alina Georgina	Paris Saclay CDS	Prévue fin 2018	1 publi dans Computers and Geosciences	GRETSI 2017	

**Financement des thèses soutenues :**

- 5 MESR
- 1 salarié(e) étrangères
- 1 CEA-CFR
- 1 IRSN
- 1 ENS Cachan

**Durée des thèses : 3,36 ans**

#### **4- Suivi des doctorants en liaison avec les écoles doctorales et attention portée à l'insertion professionnelle des docteurs**

1. 4 décembre 2013 : LEBRUN Thomas, M2 Planéto à UVSQ en juin 2010 : « Modélisation couplée d'un océan de magma avec une atmosphère primitive de vapeur d'eau et un échappement hydrodynamique sur les planètes telluriques primitives ». Directeur : Eric Chassefière & co-encadrante : Hélène Massol. Financement : MESR ordinaire. Durée : 3,18 ans. Devenir : Septembre 2013, Professeur des Ecoles, Académie de Créteil, direction des services départementaux de l'éducation nationale (DSDEN) du Val de Marne basée à Créteil.
2. Le 09 juillet 2014 - GNANZOU Allou, DEA ST à Université de Cocody le 17 février 2006, validation des acquis le 12 mai 2010 : « Etude des séries volcano-sédimentaires de la région de Dabakala (nord-est de la Côte d'Ivoire) : genèse et évolution magmatique ». Directeurs : Bernard BONIN (GEOPS) & Yacouba COULIBALY (Université de Cocody). Financement : salarié EQUIGOLD CO SA en Côte d'Ivoire et (éventuelle) BGF. Durée : 3,77. Devenir : enseignant-chercheur à l'université Félix Houphouët-Boigny à Abidjan.
3. Le 4 novembre 2014 : FERNANDO Jennifer : "Caractérisation des propriétés physiques des matériaux de la surface de Mars par la photométrie à partir des données multi-angulaires CRISM/MRO pour l'étude des processus géologiques". Directeur : Frédéric SCHMIDT (GEOPS). Financement : MESR & Monitorat. Durée : 3,09 ans. ATER au labo GEOPS, Univ. Paris Sud Orsay du 1er octobre 2014 au 31 août 2015. De Janvier 2015 à Octobre 2015, post-doc à l'Université Lyon 1 au LGLTPE dans l'équipe de Cathy Quantin-Nataf. Depuis Novembre 2015-Juin 2017, post-doc à l'University of Arizona (Tucson, USA) au Lunar and Planetary Laboratory (LPL).
4. 30 septembre 2015 - ROUX Nicolas, M2 ST, SUEE, Environn contin & Hydrosc., octobre 2011 : « Simulation tridimensionnelle de la dynamique du permafrost en milieu boréal et couplage avec l'hydrologie : application au cas du fleuve sibérien de la Léna ». Directeurs : François COSTARD (GEOPS) & Christophe GRENIER (LSCE). Financement : CEA-CFR. ATER au labo GEOPS, Univ. Paris Sud Orsay du 1er octobre 2014 au 31 août 2015. Durée : 4 ans. Devenir : ATER Geops nov-oct2014
5. 7 décembre 2015, RONDEAU Anthony, M2 « Développement des instruments scientifiques, optiques & détection » à Université de Rouen, en juin 2012 : « Remise en suspension aérologique de particules dans le réacteur ITER ». Directeur : Eric Chassefière (IDES) & co-encadrant : Jean-Christophe SABROUX (IRSN). Financement : IRSN. Durée : 3,18 ans. Devenir : ingénieur-chercheur en mécanique des fluides à l'IRSN de mai à août 2016, puis chercheur en mécanique des fluides et en acoustique chez Chpolansky à Marcoussis d'août 2016 à actuel.
6. 11 décembre 2015 - ANDRIEU François, Concours PSI ENS Cachan septembre 2009 : « Etudes des spiders et geysers martiens ». Directeur : Frédéric Schmidt (GEOPS). Financement : ENS Cachan. Durée : 3,19 ans. Devenir : du 1er septembre au 30 novembre 2016, post-doc GEOPS.
7. 30 septembre 2016 – AUGER Anne Thérèse, M2 Planéto P11 : « Formation et évolution des morphologies de surface des petits corps du système solaire, à partir des images de la sonde spatiale Rosetta ». Directeur : O. Groussin (Université Aix-Marseille) & co-encadrant : S. Bouley (Geops).
8. 30 septembre 2016 – LARBI Mamoun Ait Moulay, M2 à Marrakech, VAE : « Observation et analyse des émissions associées aux chutes des météoroïdes sur la Lune ». Directeurs : Prof. Z. Benkhaldoum (Université Cadi Ayyach, Marrakech, Maroc) & D. Baratoux (IAS) & co-encadrant : S. Bouley (GEOPS). Financement : bourse marocaine. Durée : .... Devenir : ingénieur informatique.
9. 17 novembre 2017 - LAGAIN Anthony, M2 Planétologie IDF, juin 2014 : « Datation, morphologie et minéralogie des cratères à éjecta lobés dans les plaines de l'hémisphère nord martien ». Directeurs : F. Costard & S. Bouley (GEOPS). Financement : alloc. MESR. Durée : 3,38 ans. Devenir : en recherche d'emploi
10. 24 novembre 2017 - LANDAIS François, M2 R « Méthodes physiques de télédétection » à l'UPMC, juin 2014 : « Etude statistique de la topographie des planètes ». Directeur : F. Schmidt (GEOPS). Financement : alloc. MESR. Durée : 3,15 ans. Devenir : en recherche d'emploi

11. 25 janvier 2018 - PASQUON Kelly, M2 Planétologie, Un. Paris Sud Orsay, juin 2014 : « Activités climatiques saisonnières sur Mars et leurs impacts sur la morphologie ». Directeur : J. Gargani (GEOPS). Financement : alloc. MESR. Durée : 3,32 ans. Devenir : en recherche d'emploi

#### Soutenance HDR :

1. Le 29 janvier 2014 – SCHMIDT Frédéric : « Echanges de volatils entre surface et atmosphère sur Mars. MCF à Paris Sud.
2. Le 10 mai 2017 – BOULEY Sylvain : « Flux d'impact présent et passé : application à la géologie planétaire » MCF à Paris Sud.

#### Financement des thèses actuelles :

- 1 IDEX Paris Saclay, IDI & ADS
- 3 MESR
- 1 franco-bulgare
- 1 LIDEX-CDS
- 1 CSC

#### Soutenances à venir : 7

1. BELGACEM Ines, diplôme d'ingénieur STU, domaine conception & opération des systèmes spatiaux obtenu en 2016 à Université Toulouse III & ISAE-SUPAERO, 1<sup>ère</sup> inscription : 2016-2017 : « Modèles de réflectance des lunes de Jupiter ». Directeur : F. Schmidt (Geops) & co-encadrant : G. Jonniaux (Airbus Défense & Space). Financement : IDEX Paris Saclay, IDI & ADS.
2. BOUQUETY Axel, M2R STEPE Planétologie & exploration spatiale obtenu en 2016 à Université Paris Sud, 1<sup>ère</sup> inscription : 2016-2017 : « Etude de la cryosphère primitive de Mars : implications paléoclimatiques ». Directeur : F. Costard & co-encadrant : A. Séjourné (Geops). Financement : MESR.
3. CRISTOFF Nicole, M2 à Université Sofia, Bulgarie, VAE, 1<sup>ère</sup> inscription : 2015-2016 : « Détection automatique des cratères à la surface des planètes ». Directeurs : J.L. Mari (Université Aix Marseille), A. Manolova (Université Sofia, Bulgarie) & co-directeur : S. Bouley (GEOPS). Financement : bourse franco-bulgare.
4. LESAGE Elodie, M2R STEPE Planétologie & exploration spatiale obtenu en 2017 à Université Paris Sud, 1<sup>ère</sup> inscription : 2017-2018 : « Etude du cryo-volcanisme sur la lune Europe ». Directeur : F. Schmidt & co-encadrante : H. Massol (Geops). Financement : MESR.
5. MERESESCU Alina Georgia, M2 Européen Digital Signal Processing obtenu en 2012 à Friedrich-Alexander Universität Erlanger-Nuernberg, 1<sup>ère</sup> inscription : 2015-2016 : « Signal processing of Mars spectral data ». Directeur : F. Schmidt (Geops) & M. Kowalski (Labo Signaux & Systèmes, Gif). Financement : LIDEX-CDS.
6. SALVADOR Arnaud, M2R SEN Planétologie Ice obtenu en 2015 à Université Versailles Saint Quentin, 1<sup>ère</sup> inscription : 2015-2016 : « Les premiers pas de la tectonique des plaques : modèles géodynamiques en interaction avec l'atmosphère ». Directrice : A. Davaille (FAST) & E. Chassefière & co-encadrante : H. Massol (Geops). Financement : MESR.
7. ZHAO Jinjin, M2 Astrophysique obtenu en 2013 à Université Pékin, Chine, 1<sup>ère</sup> inscription : 2016-2017 : « Stabilité des atmosphères induite par les non-thermal évasions sur de Mars et des exoplanètes ». Thèse en cotutelle. Directeur : E. Chassefière (Geops), F. Tiang (Tsinghua University, Chine) & J.Y. Chaufray (UPMC). Financement : CSC.

### 5- Labellisation nationale ou internationale des formations (Erasmus mundus p. ex.)

### 6- Accompagnement des séminaires de doctorants par des chercheurs ; degré de participation des doctorants à la vie de l'entité de recherche

### 7- Mobilisation des chercheurs dans le montage de formation de niveau master

- Mobilisation de toute l'équipe de géomorphologie planétaire dans le Master « Planétologie et Exploration Spatiale » de l'Université Paris Saclay. Responsabilité de F. Schmidt de la coordination du Master en Ile de France. Nous attirons des étudiants venant d'autres universités françaises pour les stages de M1 et M2 ainsi que des bourses de thèse.
- Mobilisation de toute l'équipe de géomorphologie planétaire dans le Master « Environnement et Génie Géologique » de l'Université Paris-Saclay (320 heures/an réalisées en M2 par des membres de l'équipe). Responsabilité de J. Gargani de la coordination avec le CFA Union.
- S. Bouley : Responsable de la mention Master STEPE (Sciences de la Terre et des planètes, environnement) de l'Université Paris Saclay.
- H. Massol : Responsable du Master 1 Environnement Génie Géologique du master STEPE de l'Université Paris Saclay.
- J. Gargani : Responsable du Master 2 Environnement, Génie Géologique (formation en apprentissage : budget 35keuros/an)

Nom de l'unité / de l'équipe / du thème : UMR 8148, laboratoire GEOPS, Equipe n° 3

Acronyme :

RBR : Relief, Bassin, Ressources

Directeur.rice / Responsable d'équipe /de thème pour le contrat en cours : Professeure Gautheron Cécile

Directeur.rice / Responsable d'équipe /de thème pour le contrat à venir :

## I - PRODUCTION DE CONNAISSANCES ET ACTIVITES CONCOURANT AU RAYONNEMENT ET A L'ATTRACTIVITE SCIENTIFIQUE

### 1- Journaux / Revues

#### Articles scientifiques

1. Andrieu S., Brigaud B., Barbarand J., Lasseur E., 2017. Linking early diagenesis and sedimentary facies to sequence stratigraphy on a prograding oolitic wedge: the Bathonian of western France (Aquitaine Basin). *Marine and Petroleum Geology*. 81, 169-195
2. Balout H., Roques J., Gautheron C., Tassan-Got L., Mbongo-Djimbi D., 2017. Helium diffusion in pure hematite ( $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) for thermochronometric applications: a theoretical multi-scale study. *Computational and Theoretical Chemistry*. 1099, 21-28
3. Barbarand, J., Quesnel, F., Pagel, M., 2013. Lower Paleogene denudation of Upper Cretaceous cover of the Morvan Massif and southeastern Paris Basin (France) revealed by AFT thermochronology and constrained by stratigraphy and paleosurfaces. *Tectonophysics*. 608, 1310–1327
4. Blaise, T., Barbarand, J., Kars M., Ploquin, F., Aubourg, C., Brigaud, B., Cathelineau, M., El Albani, A., Gautheron, C., Izart, A., Janots, D., Michels, R., Pagel, M., Pozzi, J.-P., Boiron, M.-C., Landrein P., 2014. Reconstruction of low burial (< 100 °C) in sedimentary basins: A comparison of geothermometer sensitivity in the intracontinental Paris Basin. *Marine and Petroleum Geology*. 53, 71-87
5. Brigaud, B., Vincent, B., Carpentier, C., Robin, C., Guillocheau, F., Yven, B., Huret, E., 2014. Growth and demise of the Jurassic carbonate platform in the intracratonic Paris Basin (France): interplay of climate change, eustasy and tectonics. *Marine and Petroleum Geology*. 53, 3-29
6. Brigaud, B., Vincent, B., Durllet, C., Deconinck, J.-F., Jobard, E., Pickard, N., Yven, B., Landrein, P., 2014. Characterization and origin of permeability-porosity heterogeneity in shallow-marine carbonates : from core scale to 3D reservoir dimension (Middle Jurassic, Paris Basin, France). *Marine and Petroleum Geology*. 57, 631-651

7. Créon, L., Delpech, G., Rouchon, V., Guyot, F., 2017. Slab-derived metasomatism in the Carpathian-Pannonian mantle revealed by investigations of mantle xenoliths from the Bakony-Balaton Highland Volcanic Field. *Lithos*. 286–287, 534-552
8. Créon, L., Rouchon, V., Youssef, S., Rosenberg, E., Delpech, G., Szabóc, C., Remusat, L., Mostefaoui, S., Asimow, P.D., Antoshechkina, P.M., Ghiorso, M.S., Boller, E., Guyot, F., 2017. Highly CO<sub>2</sub>-supersaturated melts in the Pannonian lithospheric mantle – A transient carbon reservoir? *Lithos*. 286–287, 519-533
9. Cros, A., Gautheron, C., Pagel, M., Berthet, P., Tassan-Got, L., Douville, E., Pinna-Jamme, R., Sarda, Ph., 2014. 4He behavior in calcite filling viewed by (U-Th)/He dating, 4He diffusion and crystallographic studies. *Geochimica et Cosmochimica Acta*. 125, 414–432
10. Djimbi M.D., Gautheron C., Roques J., Tassan-Got L., Gerin C., Simoni E. 2015. Impact of apatite chemical composition on (U-Th)/He thermochronometry : an atomistic point of view. *Geochimica et Cosmochimica Acta*. 167, 162–176
11. Gautheron, C., Barbarand, J., Ketcham, R.A., Tassan-Got, L., van der Beek, P., Pagel, M., Pinna-Jamme, R., Couffignal, R., Fialin, M., 2013. Chemical influence on  $\alpha$ -recoil damage annealing in apatite: Implications for (U–Th)/He dating, *Chemical Geology*, 351, 257-267
12. Gérin C., Gautheron C., Oliviero E., Bachelet C., Mbongo-Djimbi D., Seydoux-Guillaume A.M., Tassan-Got L., Sarda P., Roques J., Garrido F., 2017. Influence of vacancy damage on He diffusion in apatite, investigated at atomic to mineralogical scales. *Geochimica et Cosmochimica Acta*. 197, 87-103
13. Gigoux, M., Brigaud, B., Pagel, M., Delpech, G., Guerrot, C., Augé, T., Négrel, P., 2016. Genetic constraints on world-class carbonate- and siliciclastic-hosted stratabound fluorite deposits in Burgundy (France) inferred from mineral paragenetic sequence and fluid inclusion studies. *Ore Geology Reviews*. 72, 940–962
14. Inati, L., Zeyen, H., Nader, F. H., Adelinet, M., Sursock, A., Rahhal, M. E., Roure, F., 2016. Lithospheric architecture of the Levant Basin (Eastern Mediterranean region): A 2D modeling approach. *Tectonophysics*. 693, 143-156
15. Karmalkar, N.R., Duraiswami, R.A., Jonnalagadda, M.K., Griffin, W.L., Grégoire, M., Benoit, M. et Delpech, G., 2016. Magma Types and source characterization of the Early Deccan magmatism, Kutch Region, NW India: Insights from geochemistry of igneous intrusions. *Journal of the Geological Society of India special publication*, 6, 193-208.
16. Kumar, N., Zeyen, H., Singh A.P., 2014. 3D lithosphere density structure of southern Indian shield from joint inversion of gravity, geoid and topography data. *Journal of Asian Earth Sciences*. 89, 98-107
17. Motavalli-Anbaran S.H., Zeyen H., Ebrahimzadeh Ardestani, V., 2013. 3D joint inversion modeling of the lithospheric density structure based on gravity, geoid and topography data : application to the Alborz Mountains (Iran) and South Caspian Basin region. *Tectonophysics*, 586, 192–205
18. Pagel M., Bonifacie M., Schneider D.A., Gautheron C., Brigaud B., Calmels D., Cros A., Saint-Bezar B., Landrein, P. Davis D., Chaduteau C., Improving in paleohydrological and diagenetic reconstructions in calcite veins and breccia of a sedimentary basin by combining  $\Delta_{47}$  temperature,  $\delta^{18}\text{O}$  water and U-Pb age. *Chemical Geology*. 481, 1-17.
19. Rougier S., Missenard Y., Gautheron C., Barbarand J., Zeyen H., Liegois J.P., Bonin B., Ouabadi A., El-Messaoud Derder M., Frizon de Lamotte D., 2013. Eocene exhumation of the Tuareg shield, *Geology*, 41, 615-618
20. Saiag, J., Brigaud, B., Portier, E., Desaubliaux, G., Bucherie, A., Miska, S., Pagel, M., 2016. Sedimentological control on the diagenesis and reservoir quality of tidal sandstones of the Upper Cape Hay Formation (Permian, Bonaparte Basin, Australia). *Marine and Petroleum Geology*. 77, 597-624
21. Wasilewski, B., Doucet, L.S., Moine, B., Beunon, H., Delpech, G., Mattioli, N., Debaille, V., Delacour, A., Grégoire, M., Guillaume, D., Cottin, J.Y., 2017. Ultra-refractory mantle within Oceanic Plateau:

Petrology of the spinel harzburgites from Lac Michèle, Kerguelen Archipelago. *Lithos*. 272-273, 336-349

22. Xu, Y., Zeyen, H., Hao, T., Santosh, M., Li, Z., Huang, S., Xing, J., 2016. Lithospheric structure of the North China Craton: Integrated gravity, geoid and topography data. *Gondwana Research*. 34, 315-323

## 2- Colloques / congrès, séminaires de recherche

1. Ahadi, F, Delpech, G., Gautheron, C., Nomade, S., Zeyen, H., Guillaume, D. (2017): Interpretation of thermochronological cooling ages using thermal modelling: an example from shallow magma intrusions from the Kerguelen archipelago. EGU, Vienna 2017; Geophysical Research Abstracts, 19
2. Andrieu S., Brigaud B., Barbarand J., Lasseur E. (2016) Linking diagenesis to sequence stratigraphy on a prograding oolitic wedge: the Bathonian of western France (Aquitaine Basin). RST 2016, Caen 24-28 octobre 2016.
3. Balout H., Roques J., Gautheron C., Tassan-Got L. (2016). Helium and neon diffusion in pure hematite ( $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) crystal lattice. EGU Vienne. 18-22 avril 2016
4. Barbarand J. (2014) Evolution méso-cénozoïque des domaines varisques de l'Europe de l'ouest : conséquences géodynamiques et paléogéographiques. Journée diagenèse, Orsay, juillet 2014.
5. Barbarand J., Dekoninck A., Yans J., Ruffet G., Saint-Bézar B., Missenard Y., Leprêtre R., Saddiqi O. (2013) Âge de la minéralisation en Mn du district d'Imini (Maroc). ASF Paris.
6. Brigaud, B., Vincent, B., 2013. Impact of climate on the evolution of carbonate systems during the Middle and Late Jurassic : (Paris Basin, France). European Geosciences Union General Assembly, Vienna, Austria, 07 – 12 April 2013, Geophysical Research Abstracts, Vol. 15, EGU2013-10346 - Oral
7. Brigaud, B., Zeyen, H., Pessel, M., Saintenoy, A., Saïag, J., Vincent, B., Hayet, M. (2013): Origine de la structuration de la plate-forme carbonatée bajocienne de l'est du Bassin de Paris : Apport du couplage sédimentologie/géophysique de surface. 14ème Congrès Français de Sédimentologie, Paris, 5-7 Nov. 2013. Volume: Livre des résumés, Publ. ASF, Paris, n°73, p. 60
8. Créon, L., Delpech, G., Rouchon, V., Szabo, C.S., Asimow, P.D., Antoshechkina, P. M., Ghiorso, M.S. and Guyot, F. 2015. Mantle CO<sub>2</sub> fluxes to the Pannonian lithosphere inferred from mantle xenolith investigations. Goldschmidt abstracts, 25th Goldschmidt Conference, 16-21 août 2015, Prague, République Tchèque.
9. Dimbi M. D., Gautheron C., Roques J., Tassan-Got L., Gerin C., Simoni E. (2014). Apatite composition effect on (U-Th)/He thermochronometer: a quantum point of view. FT2014, Chamonix. 8-12 septembre 2014.
10. Gautheron C., Roques J & Tassan-Got L. He and Ne Diffusion Modeling in Minerals: Insight from Atomic to Mineralogical Scale. Goldschmidt 14-18 aout. Invited:
11. Gautheron C., Djimbi M.D., Gerin C., Roques J., Bachelet C., Oliviero E., Tassan-Got L. (2015). Insight into He diffusion in apatite by ion beam experiments and quantum calculations: implication for the (U-Th)/He thermochronometer. AGU fall meeting. 14-18 decembre 2015.
12. Gautheron C., Djimbi M.D., Gerin C., Roques J., Bachelet C., Oliviero E., Tassan-Got L. (2015). Apatite (U-Th)/He thermochronology dataset interpretation: New insights from physical point of view. EGU Vienne. 12-17 avril 2015.
13. Gerin C., Oliviero, E., Bachelet C., Tassan-Got L., Gautheron C., He diffusion on apatite viewed by microbeam ERDA and RBS experiments. Goldschmidt, Florence 25-30 aout 2013.
14. Giné A., Saint-Bézar B., Benedicto A., Barbarand J., Gautheron C., Leprêtre R. (2014) Tectonic evolution of the Unegt-Zuunbayan sub-basins (East Gobi Basin, southeastern Mongolia) constrained by apatite fission-track and (U-Th)/He thermochronology. 14th International Conference on Thermochronology, Chamonix 8-12 septembre 2014.

15. Lafforgue L., Barbarand J., Gautheron C., Pinna-Jamme R. (2014) Uplift history of the eastern Moroccan Atlas Mountains and influence of the Rif system assessed by low temperature thermochronology. 14th International Conference on Thermochronology, Chamonix 8-12 septembre 2014.
16. Lafforgue L., Barbarand J., Missenard Y., Saint-Bézar B., Yans J. (2014) Controlling factors of the manganese concentration in the dolostone of Bouarfa (Morocco). RST 2014, Pau 27-31 octobre 2014.
17. Lénard S., Gautheron C., Bingen B., Pinna-Jamme R., Hendriks B.W.H. (2014). Cenozoic (U-Th)/He ages in Lofoten - Vesterålen islands, Northern Norway. FT2014, Chamonix. 8-12/09
18. Leprêtre R., Barbarand J., Missenard Y., Gautheron C., Pinna-Jamme R., Saddiqi O. (2017) Mesozoic evolution of Northwest Africa: implications for the Central Atlantic Ocean dynamics. WACMA, Dakhla, 24-29 avril 2017.
19. Leprêtre R., Missenard Y., Barbarand J., Gautheron C., Saddiqi, O., Pinna-Jamme, R. (2014) Mesozoic-Cenozoic history of the northern West African Craton : insights from the Reguibat Shield. 14th International Conference on Thermochronology, Chamonix 8-12 septembre 2014.
20. Orberger O., Anne Salaün, Thomas Wallmach, Richard Wirth, Vincent Delarue, Mohammed Boussafir, Céline Rodriguez, Geoffrey Dreux, Sebastien Lafon. IN-situ analyses of carbonaceous matter in metal-rich black shales: implications for ore processing. Scientific Research abstracts, V. 6, p72, ISSN 2464-9147 (online). Applied Mineralogy & Advanced Materials, AMAM-ICAM (Oral presentation).
21. Orberger, B., Wagner, C., Fialin, M. Boudama, O., Miska, S., Tudryn, A., Derre, C., Nabatian, G., Honarmand, M., Mosef, I.; Ghods, A. (2017). Iron-oxide mineralogy of banded iron formations in the Takab region, North Western Iran. SGA, Quebec, Canada, Proceeding 4 pages (in press).
22. Recanati A., Gautheron C., Barbarand J., Missenard Y., Gallagher K & Pinna R. Helium Trapping in Apatite Damage: Insights from Overly Dispersed (U-Th-Sm)/He Dates. Goldschmidt 14-18 aout.
23. Recanati A., Gautheron C., Missenard Y., Pinna R., Barbarand J., Tassan-Got L. (2015) (U-Th-Sm)/He thermochronological age distribution in a slowly cooled plutonic complex (Ploumanac'h intrusion, France): insights into helium diffusion processes. AGU
24. Rougier S., Missenard Y., Gautheron C., Barbarand J., Zeyen H., Pinna R., Liégeois J.-P., Bonin B., Ouabadi A., Derder M.E.-M., Frizon de Lamotte D., Kettouche D. (2013) Meso-Cenozoic evolution of the Tuareg Shield (Algeria, Sahara): insights from new thermochronological data. Vol. 15, EGU2013-8578, 2013
25. Schwartz S., Gautheron C., Pinna-Jamme R., Haurine F., Brunet F., Ketcham R. (2018) Exhumation of Alpine HP rocks revealed by magnetite (U-Th)/He dating. EGU 8-13 avril.
26. Verhaert M., Gautheron C., Bernard A., Dekoninck A., Missenard Y., Yans J. Chronology of weathering periods by supergene goethite (U-Th)/He dating in the Oriental High Atlas, Morocco. Goldschmidt 14-18 aout.
27. Virolle, M., Brigaud, B., Portier, E., Feniès, H., Bourillot, R., Patrier, P., 2016. Origin and spatio-temporal distribution of clay coatings in shallow marine clastic deposits : Insights from a modern estuarine reservoir analogue (Gironde estuary, France). International Conference and Exhibition of the AAPG, Cancun, 6-9 September 2016 – Oral.

Articles de synthèse / revues bibliographiques / sans objets

**Autres articles (articles publiés dans des revues professionnelles ou techniques, etc.)**

1. Duée, C., Orberger, B. et al. 2017. Combined mineralogy and chemistry on drill cores: challenging for on-line real-time analyses. 14th SGA Biannual Meeting, Quebec City, Canada, August 20-23. Mineral resources to discover, Proceedings V.3, 1241-1244.
2. Orberger, B., Eijkelkamp, F. and Le Guen, M. 2017. The importance of high quality drill cores for geometallurgy. 14th SGA Biannual Meeting, Quebec City, Canada, August 20-23. Mineral resources to discover, Proceedings. V.3, 1221-1223.

### 3- Ouvrages

#### Direction et coordination d'ouvrages / édition scientifique

Present and past transfers in a sedimentary aquifer – aquitard system: a 2000 meter deep drill-hole in the Mesozoic of the Paris Basin. Edité par Maurice Pagel, volume 53, Pages 1-154 (May 2014).

#### Chapitres d'ouvrage

#### Articles publiés dans des actes de colloques / congrès

Duée, C., Maubec, N., Laperche, V., Capar, L., Bourguignon, A., Bourrat, X. El Mendeli, Y., Chateigner, D., Gascoin, S., mariotto, G., Giarol, M., Kumar, A., Daldasso, N., Zanatta, M., Lutterotti, L., Borovin E., Bortolotti, M., Secchi, M., Montagne, M., Orberger, B., Le Guen, M., Salaün, A., Rodriguez, C., Trotet, F., Kadar, M., Devaux, K., Pilliere, H., Lefevre, T., Eijkelkamp, F., Nolte, H, Koert, P., Grazulis, S. (in press): Combined mineralogy and chemistry on drill cores: challenging for on-line-real-time analyses. SGA, Quebec, Canada, Proceeding 4 pages (in press). (rang C)

### 4- Organisation de colloques / congrès

L'équipe RBR participe à :

- organisation de journées thématiques ASF : Diagenèse: avancées récentes et perspectives. Orsay, le 4 juillet 2004 2017
- Uranium / Réunion de la Société Géologique de France (2014, 2015, 2016, 2017).
- Organisation de la conférence internationale de thermochronologie Thermo2014 organisée en septembre 2014 à Chamonix (France) [www.thermo2014.fr](http://www.thermo2014.fr).
- L'équipe a activement participé au montage et organisation de la formation CNRS THERMONET (4-6 juillet 2016, Barcelonnette).

### 5- Produits et outils informatiques

#### Logiciels

Nous avons produits un algorithme simulant la diffusion de l'He dans l'apatite (Gerin et al., 2017) qui est inclus dans des logiciels d'inversion des données thermochronologiques (QTQt, R. Gallagher).

#### Bases de données

#### Outils d'aide à la décision

#### Outils présentés dans le cadre de compétitions de solveurs /

### 6- Développements instrumentaux et méthodologiques

#### Prototypes :

Notre équipe est porteuse de prototypes développés au laboratoire, permettant l'analyse des isotopes de l'He et Ne pour la thermochronologie (U-Th)/He, 4He/3He et (U-Th)/Ne. Un fort investissement a été réalisé les dernières années permettant d'avoir deux installations automatiques ayant des spécialités différentes (1 installation pour la méthode (U-Th)/He adapté à différentes phases minérales, apatite, zircon, calcite, oxyde et hydro-oxydes de fer ; et seconde installation pour la thermochronologie haute résolution 4He/3He et (U-Th)/Ne).

### 7- Autres produits propres à une discipline

Créations artistiques théorisées

Mises en scènes

Films

## 8- Activités éditoriales

### Participation à des comités éditoriaux (journaux scientifiques, revues, collections, etc)

Editeur invité : Maurice Pagel, 2014. Introduction to present and past transfers in a sedimentary aquifer–aquitard system: A 2000 m deep drill-hole in the Mesozoic of the Paris Basin. *Marine and Petroleum Geology*, 53, 1-2

### Direction de collections et de séries

Bassins sédimentaires – Les marqueurs de leur histoire thermique, Maurice Pagel, Jocelyn Barbarand, Daniel Beaufort, Cécile Gautheron et Jacques Pironon. EDP sciences, Collection : Géosphères. 2014

## 9- Activités d'évaluation

### Évaluation d'articles et d'ouvrages scientifiques (relecture d'articles / reviewing) :

Les membres de l'équipe évaluent des articles et ouvrages scientifiques autour de 10-15 articles/an soumis à différentes revues internationales (G3, Contrib. Min. Petrology, GCA, EPSL, Chemical Geology, Geology, Lithosphere, Sedimentology, International Journal of Earth Sciences, Oil & Gas Science and Technology, Journal of Geodynamics, Journal of Sedimentary Research, Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology),

### Évaluation de projets de recherche :

Nous sommes aussi évaluateur de projet NSF, ISF, INSU et prix de thèse (SGF, Prix Van Straelen / Prix Ami Boué), et participont au comité technique d'appel d'offre Tellus (INSU), et au comité technique RGF (BRGM).

### Évaluation de laboratoires (type Hcéres) :

Jocelyn Barbarand a été dans le comité Hcéres d'UniLassalle à Beauvais.

### Responsabilités au sein d'instances d'évaluation

Plusieurs membres de l'équipe RBR ont et participe au comité CNU section 36 (2011-2015 : C. Gautheron ; 2011-2015 : B. Saint-Bézar ; 2016-2019 : B. Brigaud), ainsi que au comité technique du projet Source To Sink (convergence TOTAL/BRGM). Jocelyn Barbarand est Membre du comité scientifique du Référentiel Géologique de France.

## 10- Contrats de recherche financés par des institutions publiques ou caritatives

### Contrats européens (ERC, H2020, etc.) et internationaux (NSF, JSPS, NIH, Banque mondiale, FAO , etc.)

2016-2020 : H2020 SOLSA (Sonic drilling on-line-real time analyses) Eramet leader: development d'une système d'expert combiné: forage sonic et analyses on-line-real-time. (B. Orberger: task partner Eramet).

2018-2020 : Campus-France : Gundishapur : Iran-France : Univ. Paris Sud – IASB, Zanjan. Origin of iron ore and its evolution over time (Northwestern Iran) (PIs: B.Orberger-M. Hornamand).

2018-2020 : CAPES-COFEUCUB : Paléo-Amazone: évolution néogène de l'amazone Brésilienne (co-PI : C. Gautheron)

### Contrats nationaux (ANR, PHRC, FUI, INCA, etc.)

2012-2015 : ANR Blanc HeDiff: « Thermochronologie (U-Th)/He sur apatite: compréhension de la cinétique de diffusion par approches multidisciplinaires » (PI: C. Gautheron)

2017 : Programme TelluS INSU-CNRS - Comité thématique 6 Action MARGES : « Origine de la diagenèse des discontinuités dans les carbonates par des mesures géochimiques in situ ( $\delta^{18}\text{O}$ ,  $\delta^{18}\text{O}$  et Elément des Terres Rares) : relation avec la stratigraphie séquentielle ». (PI: B. Brigaud).

2017 : Programme TelluS INSU-CNRS - Comité thématique 5 CESSUR « Relations entre minéralisation et géodynamique : le cas des gisements de manganèse du Haut Atlas Marocain ». (PI : Y. Missenard)

2017 : Programme TelluS INSU-CNRS - Comité thématique 5 CESSUR « Traçage des fluides circulant à l'interface socle couverture à l'origine des minéralisations en F, Ba, Si à partir de la thermochronologie basse température : exemple du contact socle – bassin de Paris. (PI : J. Barbarand)

2017-2021: ANR-CE01 « Reconstructing the influence of Climate change on laterite formation » (PI: C. Gautheron)

2018 : Programme TelluS INSU-CNRS - Comité thématique 5 CESSUR « Quantification des rapports isotopiques  $\delta^{18}\text{O}$  et  $\delta\text{D}$  des eaux piégées en inclusions dans la fluorine par spectroscopie à cavité optique (CRDS) : Application aux gisements à F-Ba-Si du Nord Morvan ». (PI : T. Blaise)

### Contrats avec les collectivités territoriales :

2014 : SESAME Ile de France. Achat d'équipement LA-ICPMS « Analyses Spectrométriques Ponctuelles pour l'Environnement, le Climat et la Terre » (PI: C. Gautheron).

2014 : DIM OXYMORE Ile de France: bourse de Post-doc 18 mois « Chronometer (U-Th)/He/Ne on iron oxides from laterites: quantum calculation and dating of natural samples » (PI: C. Gautheron).

### Contrats financés dans le cadre du PIA

2018 : IDEX Paris Saclay (Programme appel à projet Emergence 2018) « Circulation d'eau géothermale dans des aquifères hétérogènes » (PI: B. Brigaud).

## 11- Post-doctorants et chercheurs seniors accueillis

### Post-doctorants

Depuis 2013, nous avons accueilli 6 post-doctorants (C. Gérin ; H. Balout, S. Andrieu, T. François, Y. Xu, N. Kumar) sur des financements ANR, DIM région ile de France, contrat de collaboration avec le secteur industriel (BRGM, TOTAL, ENGIE) et 1 post-doctorant en accueil « secondment » dans le cadre d'un projet Européen Marie-Curie (M. Wildmann).

Balout, H., Roques, J., Gautheron, C., Tassan-Got, L., Mbongo-Djimbi, D., 2017b. Helium diffusion in pure hematite ( $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ) for thermochronometric applications: a theoretical multi-scale study. Computational and Theoretical Chemistry, 1099: 21-28.

Balout, H., Roques, J., Gautheron, C., Tassan-Got, L., 2017a. Computational investigation of the interstitial neon diffusion in pure hematite,  $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ . Computational Materials Science, 128: 67-74.

Gérin C., Gautheron C., Oliviero E., Bachelet C., Mbongo-Djimbi D., Seydoux-Guillaume A.M., Tassan-Got L., Sarda P., Roques J., Garrido F., 2017. Influence of vacancy damage on He diffusion in apatite, investigated at atomic to mineralogical scales. Geochimica et Cosmochimica Acta. 197, 87-103

Xu, Y., Hao, T., Zeyen, H., Nan, F., 2017. Curie point depths in North China Craton based on spectral analysis of magnetic anomalies. Pure and Applied Geophysics. 174, 339-347.

Xu, Y., Zeyen, H., Hao, T., Santosh, M., Li, Z., Huang, S., Xing, J., 2016. Lithospheric structure of the North China Craton: Integrated gravity, geoid and topography data. *Gondwana Research*. 34, 315-323

Djimbi M.D., Gautheron C., Roques J., Tassan-Got L., Gerin C., Simoni E. 2015. Impact of apatite chemical composition on (U-Th)/He thermochronometry : an atomistic point of view. *Geochimica et Cosmochimica Acta*. 167, 162–176.

Singh, A. P., Kumar, N., Zeyen, H., 2015. Three-dimensional lithospheric mapping of the eastern Indian shield: A multi-parametric inversion approach. *Tectonophysics*, 665, 164-176.

Kumar, N., Zeyen, H., Singh A.P., 2014. 3D lithosphere density structure of southern Indian shield from joint inversion of gravity, geoid and topography data. *Journal of Asian Earth Sciences*. 89, 98-107

### Chercheurs seniors accueillis :

En 2016-2017, nous avons accueilli en délégation CNRS, S. Schwartz, dans le cadre d'un projet d'application de la méthode (U-Th)/He sur magnétite, dans l'objectif de dater les phases de serpentinisation. De plus, nous avons accueilli en 2017, pour 1 mois, David Schneider (Université d'Ottawa, Canada) dans le cadre de la datation U/Pb sur calcite, dont une publication commune est sortie en 2018 (Pagel et al., 2018). Nous avons accueilli pour des séjours de plus courte durée, des scientifiques (R. Ketcham, Univ Texas à Austin, USA),

Pagel M. Bonifacie M., Schneider D.A., Gautheron C., Brigaud B., Calmels D., Cros A., Saint-Bezar B., Landrein, P. Davis D., Chaduteau C., Big step in paleohydrological and diagenetic reconstructions in calcite veins and breccia of a sedimentary basin by combining  $\Delta 47$  temperature,  $\delta 18\text{O}_{\text{water}}$  and U-Pb age. *Chemical Geology*.

### 12- Indices de reconnaissance

En 2017, Maurice Pagel Pr émérite a reçu la médaille d'argent SGA-KGHM KROL « Society for Geology Applied to Mineral Deposits ».

#### Distinctions

#### Appartenance à l'IUF

#### Responsabilités dans des sociétés savantes

Secrétaire et webmaster du groupe français d'étude du Jurassique (B. Brigaud)

Membre et webmaster du comité « International Standing Committee on Thermochronology (ISCT) » (C. Gautheron).

Membre du réseau de laboratoires ThermoNET (C. Gautheron, J. Barbarand).

Co-directeur du programme national CNRS NEEDS-Ressources (M. Pagel).

#### Invitations à des colloques / congrès à l'étranger

Les membres de l'équipe sont reconnus pour leurs activités de recherche comme l'attestent les invitations pour des conférences internationales et à présenter leur recherche dans différents laboratoires.

Présentations orales invités (conférences internationales) :

1. Gautheron C., Roques J & Tassan-Got L. He and Ne Diffusion Modeling in Minerals: Insight from Atomic to Mineralogical Scale. Goldschmidt 14-18 aout 2017. Invited talk
2. Gautheron C. (U-Th)/He method: insight from atomic to mineralogical scale. International Conference of thermochronology, Thermo2016. Maresias, Brésil 2016. Keynote.
3. Gautheron C., Tassan-Got L., Barbarand J., Ketcham, R.A. Pagel M., (U-Th)/He thermochronometry, new insights on the effect and modeling of radiation damage and its role in controlling He diffusion in apatite. AGU fall meeting. 9-13 decembre 2013. Invited talk

4. Zeyen, H. Geothermal energy - prospection and prospects. 16th National Iranian Geophysical Conference. 13-15 May 2013. Invited key note talk.

Présentations orales invités dans des universités (nationales et internationales) :

1. Bui T., Orberger B., Blancher S.B., Mohammad-Djafari A., Pilliere H., Bourrat A.X., Maubec N., Rodriguez T.C., Vaitkus A., Grazulis S., Duée C., Harang D., Wallmach T., El Mendili Y., Chateigner D., Buxton M., Le Guen M. (2018). Mineral identification using a new hyperspectral library and sparse unmixing techniques. EGU, Vienne, Autriche, du 8 au 13 avril 2018 (session: “close sensing”).
2. Orberger B. (2017). Université Franche Comté (Besançon): Lithium Deposits in circular economy. 21st March 2017.
3. Orberger B. (2017). Zeppelin University, Friedrichshafen, Germany: The strategic role of Lithium in the Global Energy Market: A geoscientists view. 25th April 2017.
4. Orberger B. (2017). Karlsruhe Institut of Technology (KIT), Lithium in circular economy 5 December 2017
5. Gautheron C. Kyoto University (Japan): (U-Th)/He thermochronology on apatite and zircon: application to Japanese ranges. 30 August 2017
6. Gautheron C. GFZ Potsdam (Germany): Using (U-Th)/He and (U-Th)/Ne methods to date lateritisation episodes: the Central Amazon example. 25 July 2017
7. Gautheron C. University of Texas at Austin (USA): He (and Ne) diffusion in minerals: from atomic to mineralogical scale. April 2017
8. Gautheron C. Padova University (Italy): (U-Th)/He method: insight from atomic to mineralogical scale. 2 December 2016.
9. Gautheron C. Norwegian Geological Survey (Norway): Quantifying long-term landscape evolution using (U-Th)/He/Ne thermochronometers: Preliminary results on the North Norwegian margin, 8 February 2016
10. Brigaud B. Institut Pierre Simon Laplace, colloque Climat-énergie organisé en marge de la COP21: Les géosciences dans la transition énergétique en France: le potentiel de la géothermie. Paris, 1er décembre 2015.
11. Brigaud B. Société pour l’Amélioration de l’Interprétation des Diagraphies – SAID (Paris La Défense à Total) : Signal RMN dans les carbonates: exemple du forage Andra de Montiers-sur-Saulx. Juin 2015.
12. Gautheron C. Lausanne University (Swiss): Apatite (U-Th)/He thermochronology dataset interpretation: New insights from physical point of view. 30 April 2015
13. Brigaud B. Vermillon Energy (St Méry): Sequence stratigraphy and carbonate diagenesis of the Middle Jurassic limestones of the Paris Basin: State of the art. Avril 2014
14. Gautheron C. GET, Toulouse (France): Datation des régolithes: Quelques méthodes et (U-Th)/He sur oxydes de fer, 10 September 2013
15. Zeyen, H. Investigation d’un karst par anisotropie sismique et électrique. Seminar University of Montreal, Canada
16. Brigaud B. Université de Genève Carbonate platforms, from depositional environments to reservoir quality: controlling factors, diagenesis and petrophysical properties. 26th April 2018

### Séjours dans des laboratoires étrangers :

Séjour d’un mois (mars 2017) de C. Gautheron au sein de l’Université du Texas à Austin (USA)

## II - INTERACTION AVEC L’ENVIRONNEMENT, IMPACTS SUR L’ECONOMIE, LA SOCIETE, LA CULTURE, LA SANTE

### 1- Brevets, licences et déclarations d’invention

Brevets déposés

Brevets acceptés

## Brevets licenciés

## Déclaration d'invention

### 2- Interactions avec les acteurs socio-économiques

#### Contrats de R&D avec des industriels

1. 2014 : Convention de Collaboration n°N93420 Gdf-Suez/Université Paris-Sud « Sedimentological control of diagenetic processes of the tidal sandstones of the Upper Cape Hay formation : Impact on reservoir properties ». Programme de Recherche & Développement financé par GDF-Suez, 2013 (PI : B. Brigaud)
2. 2018-2020 : Contrat de collaboration de recherche UPSUD-AREVA : Empreinte structurale des gisements d'uranium dans le Bassin de l'Athabasca, Canada (PI : A. Benedicto)
3. 2018-2020 : Contrat de collaboration Total PAMELA : Le système Source-to-Sink de la marge indienne du Mozambique : évolution méso-cénozoïque des bassins versants du Zambèze et de la Rovuma, implications sur l'enregistrement sédimentaire des marges (PI : C. Gautheron)
4. 2018 -2010 : Contrat de collaboration Brgm-Total STS : Datations et bilans d'altération des surfaces d'altération du Bouclier guyanais / Projet Source to Sink – BRGM-TOTAL (PI : C. Gautheron)
5. 2018-2020 : EIT-KIC: “Ancore-log” (Deutsche Montan Technologie, (DMT, Germany Leader): combined analyses system for drill core analyses of hard-rock deposits (XRF-LIBS-Hyperspectral analyses) (PI : B. Orberger task partner for DMT.)
6. 2017-2020 : Projet NSERC Canada : Assessing the geochronology, geochemistry and regional tectonic setting of uranium deposits as drivers for exploration. AREVA-Univ. Manitoba. Participant (PI : A. Bendicto).
7. 2016-2019 : Source to sink Brgm-Total : Sediment routing in the syn orogenic series of the Aquitaine basin. Thèse avec la thèse de Mustafa Al Reda (PI : J. Barbarand)
8. 2016-2020 : EIT-KIC « Go-4-0 » waste (Eramet Leader): Comprendre l'agglomération des poussières industriels issues des minerais de Fe, Mn et Nickel le long de la chaîne de production: thèse John Lee Dubos (UPS-ERAMET) (PI : B. Orberger)
9. 2016-2018 : Source to sink Brgm-Total : Evolution thermique de la plaque ouest-européenne au Méso-Cénozoïque (étude du Massif Central). Post-doctorat de Thomas François (PI : J. Barbarand).
10. 2015-2018 : Convention de Collaboration n°P04980 Université Paris-Sud/ENGIE/Institut Polytechnique de Bordeaux/Université de Poitiers « CLAYCOAT : CLAY COATings in shallow marine deposits to improve reservoir quality prediction ». Programme de Recherche & Développement financé par ENGIE, dont financement du salaire de thèse de Maxime Virolle (PI : B. Brigaud)
11. 2013-2016 : Convention de Collaboration n°P04990 Brgm/Université Paris-Sud « Microfaciès, stratigraphie séquentielle et diagenèse des carbonates du Jurassique de l'Ouest du Bassin de Paris : Influence sur la distribution des propriétés pétrophysiques », Programme de Recherche financé par le Brgm, Support de la thèse de Simon Andrieu, (PI : B. Brigaud)

#### Bourses Cifre

#### Créations de laboratoires communs avec une / des entreprise(s)

#### Création de réseaux ou d'unités mixtes technologiques

#### Créations d'entreprises, de *start-up*

### 3- Activités d'expertise scientifique

Activités de consultant :

Participation à des instances d'expertise (type Anses) ou de normalisation :

Expertise juridique :

#### 4- Rapports d'expertises techniques, produits des instances de normalisation

Andrieu, S., Brigaud, B., Barbarand, J., Lasseur, E., 2015. Microfaciès, stratigraphie séquentielle et diagenèse des carbonates du Jurassique moyen et de l'Oxfordien de l'Ouest du Bassin de Paris et des Charentes. Rapport BRGM n°2015-0XX. 14 fig., 44 pages.

Brigaud, B., Pessel, M., Zeyen, H., Saintenoy A., Hirn, F. et Saiag, J. 2013. Etude sédimentologique et géophysique des affleurements bajociens de l'Est du Bassin de Paris : Apport sur la compréhension des structures détectées en sismiques 3D dans la Zone d'Intérêt pour une Reconnaissance Approfondie (ZIRA). Rapport Andra C.RP.2UPA.13.0001: Document technique externe, 50 figures, 80 pages.

Gigoux, M., Brigaud, B., Delpéch, G., Pagel, M., Lafforgue, L. 2013. Origine des minéralisations de fluorine de la bordure Sud-Est du Bassin de Paris (Morvan, France) – Etat d'avancement. Rapport BRGM n°2013-061. 7 figures, 21 pages.

#### 5- Produits destinés au grand public

Émissions radio, TV, presse écrite /

##### Produits de vulgarisation : articles, interviews, éditions, vidéos, etc.

1. Note INSU : Pourquoi trouve-t-on des roches très poreuses à plus de 3,5 km de profondeur ? B. Brigaud, Mercredi, 9 novembre 2016
2. Note INSU : Les gisements de fluorine du bassin de Paris à relier aux grands événements géodynamiques du début du Crétacé. B. Brigaud, Mardi, 5 janvier 2016
3. Note INSU : Des fragments de croûte Gondwanienne présents sous la dorsale Sud-Ouest Indienne. C. Gautheron, Vendredi, 11 décembre 2015
4. Journal du cnrs: Quand le cœur des continents se soulève. Y. Missenard, Juillet-août 2013

##### Produits de médiation scientifique

Film diffusé sur Canal U « La dynamique du manteau terrestre à l'ouverture du Gondwana » avec Cécile Gautheron

Structurothèque <http://www.structurotheque.u-psud.fr/>

Collection de minéralogie <http://hebergement.u-psud.fr/collection-mineraux/>

Débats science et société

### III - IMPLICATION DANS LA FORMATION PAR LA RECHERCHE

#### 1- Produits des activités pédagogiques et didactiques

##### Ouvrages

Pétrographie et environnements sédimentaires : J.-F. Deconinck, B. Brigaud, P. Pellenard. Sciences Sup, Dunod. 2016.

Tectonique : J. Mercier, P. Vergely, Y. Missenard : Sciences Sup, Dunod. 2016

Bassins sédimentaires – Les marqueurs de leur histoire thermique : M. Pagel, J. Barbarand, D. Beaufort, C. Gautheron, J. Pironon. EDP sciences, Géosphères. 2014

Atlas d'initiation aux cartes et aux coupes géologiques, Denis Sorel, Pierre Vergely

*E-learning, moocs, cours multimedia, etc.*

## 2- Productions scientifiques (articles, ouvrages, etc.) issues des thèses

Les doctorants ont pour la plupart publiés leurs résultats en 1<sup>er</sup> ou 2<sup>nd</sup> auteurs dans des revues de rang A.

### Publications

1. Allard T., Gautheron C., Bressan-Riffel S., Balan E., Fernandes Soares B., Pinna-Jamme R., Derycke A., Morin, G., Taitson Bueno, G., do Nascimento, N., **2018**. Combined dating of goethites and kaolinites from ferruginous duricrusts. Deciphering the Late Neogene erosion history of Central Amazonia. *Chemical Geology*. 479, 136-150
2. Andrieu S., Brigaud B., Barbarand J., Lasseur E., 2018. The complex diagenetic history of discontinuities in shallow-marine carbonate rocks : New insights from high-resolution ion microprobe investigation of  $\delta^{18}\text{O}$  and  $\delta^{13}\text{C}$  of early cements. *Sedimentology*. 65, 360–399
3. Andrieu S., Brigaud B., Barbarand J., Lasseur E., **2017**. Linking early diagenesis and sedimentary facies to sequence stratigraphy on a prograding oolitic wedge: the Bathonian of western France (Aquitaine Basin). *Marine and Petroleum Geology*. 81, 169-195
4. Entezar-Saadat V., Motavallianbaran S.H., Zeyen H., 2017. Lithospheric structure of the Eastern Iranian plateau from integrated geophysical modeling: A transect from Makran to the Turan platform. *Journal of Asian Earth Sciences*. 138, 357–366
5. Jamasb A., Motavallianbaran S.H., Zeyen H. 2017. Non-linear stochastic inversion of gravity data via Quantum-behaved Particle Swarm Optimization (QPSO): Application to Eurasia-Arabia collision zone (Zagros, Iran). *Geophysical Prospecting*, 65, S1, 274–294
6. Leprêtre, R., Barbarand, J., Missenard, Y., Gautheron, C., Pinna-Jamme, R., Saddiqi, O., 2017. Mesozoic evolution of NW Africa: implications for the Central Atlantic Ocean dynamics. *Journal of the Geological Society*, 174, 817-835
7. Recanati, A., Gautheron, C., Barbarand, J., Missenard, Y., Pinna-Jamme, R., Tassan-Got, L., Carter, A., Douville, E., Bordier, L., Pagel, M., Gallagher K., 2017. Helium trapping in apatite damage: insights from (U-Th-Sm)/He dating of different granitoid lithologies, *Chemical Geology*, 470, 116-13
8. Andrieu S., Brigaud B., Barbarand J., Lasseur E., Saucède T., **2016**. Disentangling the control of tectonics, eustasy, trophic conditions and climate on shallow-marine carbonate production during the Aalenian-Oxfordian interval : from the western France platform to the western Tethyan domain. *Sedimentary Geology*. 345, 54-84
9. Gigoux M., Brigaud B., Pagel M., Delpech G., Guerrot C., Augé T., Négrel P., 2016. Genetic constraints on world-class carbonate- and siliciclastic-hosted stratabound fluorite deposits in Burgundy (France) inferred from mineral paragenetic sequence and fluid inclusion studies. *Ore Geology Reviews*. 72, 940–962
10. Motavallianbaran S.H., Zeyen H., Jamasb A. 2016. 3D crustal and lithospheric model of the Arabia-Eurasia collision zone. *Journal of Asian Earth Sciences*, 122, 158-167
11. Andrieu S., Brigaud B., Rabourg T., Noret A., **2015**. The Mid-Cenomanian Event in shallow marine environments: Influence on carbonate producers and depositional sequences (northern Aquitaine Basin, France). *Cretaceous Research*. 56, 587-607
12. Gigoux M., Delpech G., Guerrot C., Pagel M., Augé T., Négrel P., Brigaud B., 2015. Evidence for an Early Cretaceous mineralizing event above the basement/sediment unconformity in the intracratonic

Paris Basin: paragenetic sequence and Sm-Nd dating of the world-class Pierre-Perthuis stratabound fluorite deposit. *Mineralium Deposita*. 50, 455–463

13. Leprêtre, R., Missenard, Y., Barbarand, J., Gautheron, C., Saddiqi, O., Pinna-Jamme, R., 2015. Post-rift history of the eastern Central Atlantic passive margin: insights from the Saharan region of South Morocco. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*. 120, 4645–4666
14. Leprêtre, R., Missenard, Y., Saint-Bezar, B., Barbarand, J., Delpech, G., Yans, J., Dekoninck, A., Saddiqi, O., 2015. The three main steps of the Marrakech High Atlas building in Morocco: structural evidences from the southern foreland, Imini area. *Journal of African Earth Sciences*. 109, 177–194
15. Grinč M., Zeyen, H., Bielik, M., 2014. Automatic 1D integrated geophysical modelling of lithospheric discontinuities: a case study from Carpathian-Pannonian Basin region. *Contr. Geophys. Geodesy, Slovak Academy of Sciences*, 44 (2), 115-131
16. Leprêtre, R., Barbarand, J., Missenard, Y., Leparmentier, F., Frizon de Lamotte, D., 2014. Vertical movements along the northern border of the West African Craton: the Reguibat Shield and adjacent basins. *Geological Magazine*. 151, 885-898
17. Grinč M., Zeyen H., Bielik M., Plašienka D., 2013. Lithospheric structure in Central Europe: integrated geophysical modeling. *Journal of Geodynamics*, 66, 13-24
18. Motavallianbaran S.H., Ardestani V.E., Zeyen H., 2013. Crustal and lithospheric model of the Alborz, Central Iran and South Caspian Basin, using geoid and topography data sets. *Iranian Journal of Geophysics*, 6(1).
19. Motavallianbaran S.H., Zeyen H., Ebrahimzadeh Ardestani, V., 2013. 3D joint inversion modeling of the lithospheric density structure based on gravity, geoid and topography data : application to the Alborz Mountains (Iran) and South Caspian Basin region. *Tectonophysics*, 586, 192–205
20. Wazir, I., Pagel, M., Tournier, F., Portier, E., Renac, C., 2014. Role of compressive tectonics on gas charging into the Ordovician sandstone reservoirs in the Sbaa Basin, Algeria: constrained by fluid inclusions and mineralogical data. *Geofluids*, 14, 106–126

### Congrès

21. King G.E., Sueoka S., Tsukamoto S., Biswas R., Herman F., Ahadi F., Gautheron C., Delpech G., Tagami T. (2018). Constraining the Quaternary evolution of the Hida range of the Japanese Alps. EGU, Vienna, Geophysical Research Abstracts, 20, EGU2018-14381.
22. King G.E., Sueoka S., Tsukamoto S., Biswas R., Herman F., Ahadi F., Gautheron C., Delpech G., Tagami T. (2018). Ultra-low temperature luminescence thermochronometry of the northern Japanese Alps. Japanese Geoscience Union meeting, 20-24 may 2018, Chiba, Japon.
23. King G.E., Sueoka S., Tsukamoto S., Biswas R., Herman F., Ahadi F., Gautheron C., Delpech G., Tagami T. (2018). Sub-Quaternary exhumation rates changes in the Hida range of the Japanese Alps: A climatic control? Japanese Geoscience Union meeting, 20-24 may 2018, Chiba, Japon.
24. Ahadi, F Delpech, G., Gautheron, C, Nomade, S., Zeyen, H., Guillaume, D. (2017): Interpretation of thermochronological cooling ages using thermal modelling: an example from shallow magma intrusions from the Kerguelen archipelago. EGU, Vienna 2017; Geophysical Research Abstracts, 19
25. Allard T, Gautheron C, Balan E, Bressan Riffel S, Morin G, do Nascimento N, Pinna-Jamme R, Selo M, Soares Fernandes B., Taitson Bueno G (2017). Dating Fe-Duricrusts of Central Amazonia (Brazil) by (U-Th)/He and Electron Paramagnetic Resonance Methods. *Goldschmidt 14-18 aout 2017*.
26. Andrieu S., Brigaud B., Barbarand J., Lasseur E., Haurine F., Delpech G. (2017) The complex diagenetic history of discontinuities in shallow-marine carbonate rocks: new insights from in situ  $\delta^{18}\text{O}$ ,  $\delta^{13}\text{C}$  and REE measurements by SIMS and LA-ICPMS-HR. *International Meeting of Sedimentology 2017, Toulouse, 10-12 October 2017, résumé p.39*.

27. Lasseur E., Al Reda M., Loget N., Barbarand J., Briais J., Gautheron C. (2017) Sediment routing and piemont dynamics in syn orogenic series of the Aquitaine Basin Pyrenean retroforeland (SW France). International Meeting of Sedimentology 2017, Toulouse, 10-12 October 2017, résumé p.487.
28. Leprêtre R., Barbarand J., Missenard Y., Gautheron C., Pinna-Jamme R., Saddiqi O. (2017) Mesozoic evolution of Northwest Africa: implications for the Central Atlantic Ocean dynamics. WACMA, Dakhla, 24-29 avril 2017.
29. Motavallianbaran S.H., Vahid Entezar-Saadat, V., MahdaviFar, Y., Fallah-Heravi, M., Motavalli-Anbaran S.J., Zeyen H. (2017): Integrated modeling: the new GeoMod Software. EAGE, Paris, 2017 (Poster)
30. Recanati A, Gautheron C, Barbarand J, Missenard Y, Gallagher K & Pinna R. (2017). Helium Trapping in Apatite Damage: Insights from Overly Dispersed (U-Th-Sm)/He Dates. Goldschmidt 14-18 aout 2017.
31. Andrieu S, Brigaud B., Barbarand J., Lasseur E. (2016) Linking diagenesis to sequence stratigraphy on a prograding oolitic wedge: the Bathonian of western France (Aquitaine Basin). RST 2016, Caen 24-28 octobre 2016.
32. Andrieu S., Brigaud B., Barbarand J., Lasseur E., Saucède T. (2016) Disentangling the control of tectonics, basement structure, eustasy, and environment on shallow-marine carbonates: the Aalenian–Oxfordian platform of western France. RST 2016, Caen 24-28 octobre 2016.
33. Recanati A., Gautheron C., Missenard Y., Barbarand J. (2016). North Tregor geodynamic evolution (Armorican Massif, France) constrained by apatite (U-Th-Sm)/He and FT thermochronometers. RST Caen, 24-28 octobre 2016.
34. Virolle, M., Brigaud, B., Portier, E., Feniès, H., Bourillot, R., Patrier, P., 2016. Origin and spatio-temporal distribution of clay coatings in shallow marine clastic deposits : Insights from a modern estuarine reservoir analogue (Gironde estuary, France). International Conference and Exhibition of the AAPG, Cancun, 6-9 September 2016 - Oral
35. Andrieu S., Brigaud B., Barbarand J., Lasseur E. (2015) Facteurs contrôlant l'hétérogénéité des faciès et de l'architecture des carbonates du Jurassique moyen et supérieur de l'ouest du bassin de Paris et des Charentes, ASF, Chambéry.
36. Recanati A., Gautheron C., Missenard Y., Pinna R., Barbarand J., Tassan-Got L. (2015) (U-Th-Sm)/He thermochronological age distribution in a slowly cooled plutonic complex (Ploumanac'h intrusion, France): insights into helium diffusion processes. AGU
37. Andrieu S., Brigaud B., Barbarand J., Lasseur E. (2014) Facteurs contrôlant l'évolution des paleoenvironnements et de l'architecture des carbonates du jurassique moyen et supérieur de l'ouest du bassin de Paris. RST 2014, Pau 27-31 octobre 2014.
38. Bielik M., Grinč M., Zeyen H., Plašienka D., Pašteka R., Krajňák M., Bošanský M., Mikuska J. (2014): Structure of the Lithosphere in Central Europe: Integrated Density Modelling. AGU Fall Meeting, San Francisco, 15-19 Dec. 2014. (Poster)
39. Dekoninck A., Bernard A., Barbarand J., Saint-Bézar B., Missenard Y., Leprêtre R., Saddiqi O., Yans J. (2014) Minéralogie et géochimie des minéralisations supergènes d'(hydr)oxydes de manganèse dans le district d'Imini (Maroc). RST 2014, Pau 27-31 octobre 2014.
40. Giné A., Saint-Bézar B., Benedicto A., Barbarand J., Gautheron C., Leprêtre R. (2014) Tectonic evolution of the Unegt-Zuunbayan sub-basins (East Gobi Basin, southeastern Mongolia) constrained by apatite fission-track and (U-Th)/He thermochronology. 14th International Conference on Thermochronology, Chamonix 8-12 septembre 2014.
41. Leprêtre R., Missenard, Y., Barbarand, J., Gautheron, C., Saddiqi, O., Pinna-Jamme, R. (2014) Mesozoic-Cenozoic history of the northern West African Craton : insights from the Reguibat Shield. 14th International Conference on Thermochronology, Chamonix 8-12 septembre 2014.

42. Barbarand J., Dekoninck A., Yans J., Ruffet G., Saint-Bézar B., Missenard Y., Leprêtre R., Saddiqi O. (2013) Âge de la minéralisation en Mn du district d’Imini (Maroc). ASF Paris.
43. Dekoninck A., Bernard A., Barbarand J., Saint-Bézar B., Missenard Y., Leprêtre R., Saddiqi O., Ruffet G., Yans J. (2013). Géochimie, minéralogie et chronologie des gisements de manganèse du district d’Imini (Maroc). ASF Paris 2013.
44. Grinč M., Zeyen H., Bielik M., Plašienka D. (2013): Lithospheric structure in Central Europe: integrated geophysical modelling. EGU, Vienna, 2013; Geophysical Research Abstracts, 15, EGU2013-(Poster)
45. Leprêtre R., Barbarand, J., Missenard, Y., Gautheron, C., Saddiqi, O., Evolution de la marge passive de l’Atlantique Central au sud du Maroc: Apports de la thermochronologie basse température, 14eme Congres français de Sedimentologie-ASF, 4-8 Novembre, 2013.
46. Lepretre R., Missenard Y., Barbarand J., Gautheron C., Saddiqi O., Meso-Cenozoic uplifts on the Atlantic margin of South Morocco. AGU fall meeting. 9-13 decembre 2013.
47. Leprêtre R., Saddiqi, O., Barbarand, J., Missenard, Y., Oukassou, M. and Michard, A., Low temperature thermochronological study on the western Reguibat shield (NW of West African Craton), 8ème edition Colloque International du MAGmatismen Métamorphisme et Minéralisations Associées (3MA), Université Cadi Ayyad Faculté des Sciences Semlalia et Faculté des Sciences et Techniques, Marrakech, Maroc, 8-12 May, 2013.
48. Motavallianbaran S.H., Zeyen, H., Ebrahimzadeh Ardestani, V. (2013): Lithospheric thermal and density structure of the junction E-Anatolia, Caucasus and NW Zagros. 125th Annual Meeting, Geological Society of America, Denver, 27-30 Oct. 2013. (Poster)

### 3- Efficacité de l’accompagnement des étudiants et qualité de leur encadrement (financement, durée des thèses, taux d’abandon)

Les doctorants de notre équipe sont financés sur des bourses ministères, ANR, et sur des contrats de recherche avec le monde industriel. L’ensemble des étudiants encadrés par les enseignants-chercheurs de l’équipe, ont soutenu leur thèse de doctorat, en 3 ans et 3,5 mois maximum. Les doctorants ont tous présenté leurs résultats lors de conférence nationale (RST) et internationale (ASF, EGU, AGU, Goldschmidt).

#### Abandon :

1. Giné Sanchez Ana, 1<sup>ère</sup> inscription : 2010-2011, ne s’était pas réinscrite en 2015-2016 : « Dynamique du bassin et rôle du système pétrolier sur les minéralisations d’uranium. Définition des indices de surface pour l’établissement de guides d’exploration ». Directeur : A. Benedicto et co-encadrant : B. Saint-Bezar. Financement : AREVA-CIFRE.

#### Soutenances de 2013 à 2018 :

1. Le 26 janvier 2013, soutenance à l’Université de Téhéran (Iran) : MOTAVALLIANBARAN Seyed Hani, M2 à Univ Téhéran, Iran en 2006 : « Détermination d’un modèle lithosphérique sous la chaîne centrale de l’Alborz basé sur l’interprétation intégrée de données gravimétriques, du géoïde et de la topographie ». Thèse en cotutelle. Directeurs : Hermann ZEYEN (GEOPS) & Ebrahimzadeh ARDESTANI (Téhéran, Iran). Financement : BGF. Durée : 3,32 ans. Devenir : Enseignant-chercheur à l’Université de Téhéran (Iran).
2. Le 24 octobre 2013 : GRINC Michal (Slovaquie), M2 Applied & env geophys à Comenius Univ. Bratislava en Mai 2008 : « Lithospheric structure in Central Europe : integrated geophysical modelling ». Directeurs : Hermann ZEYEN (IDES & Miroslav BIELIK (Comenius University). Financement : bourse du Gvt Slovaque gérée par la Slovaquie et futur ERASMUS. Durée : 3,06 ans. Devenir : Enseignant à l’Université de Žilina en Slovaquie.
3. Le 3 avril 2014 : WAZIR Ibtihal (Syrie), M2 STU P11 en juin 2009 : « Contrôles sédimentaires et diagénétiques sur les propriétés pétrophysiques des réservoirs gréseux à gaz des bassins de Sbaa, Algérie, et des Palmyride-Sud, Syrie ». Directeur : Maurice PAGEL. Financement : bourse du gvt syrien & aide de la DRI de Paris Sud. Durée : 4,50 ans. Devenir : femme au foyer.

4. Le 8 avril 2015 : LEPRETRE Rémi, M2 LBP, UPMC : « Reliefs et bassins en domaine convergent intracontinental : cas de la chaîne de l'Alborz, Iran ». Directeur : Hermann ZEYEN & co-encadrant : Yves MISSENARD (IDES). Financement : allocation spécifique de l'ENS. Durée : 3,52 ans. Devenir : ATER au labo GEOPS, Univ. Paris Sud Orsay du 1<sup>er</sup> octobre 2014 au 31 août 2015. Post-doc depuis octobre 2015 au 30 juin 2017 à l'UPMC, puis ATER à l'Université de Cergy.
5. Le 25 novembre 2016 à Upsud - OUEDRAOGO Moussa (Côte d'Ivoire). Thèse en cours à Université Abobo-Adjamé (CI), 2010. VAE 2013. « Caractérisation des aquifères de socle et modélisation de l'écoulement souterrain pour l'amélioration de la productivité des forages d'hydraulique villageoise du bassin-versant du Bandma blanc (Côte d'Ivoire) ». Directeurs : Chirstelle MARLIN & Marc PESSEL (IDES). Financement : BDI (Banque de Développement Islamique). Durée : 3,15 ans. Devenir : du 1<sup>er</sup> juillet 2017 au 30 septembre 2018, agent contractuel à GEOPS avec M. Pessel, contrat UPSUD sur le poste d'Ali Tohir.
6. Le 2 juillet 2015 - GIGOUX Morgane, M2 STS, mention Environn., Terre, Evolution, spécialité Géobiosphère, Univ. Dijon, juin 2011 : « Origine des minéralisations de fluorine CaF<sub>2</sub> de la bordure sud-est du Bassin de Paris (Morvan, France) ». Directeurs : Maurice PAGEL & Benjamin BRIGAUD (GEOPS). Financement : BRGM. Durée : 3,75 ans. Devenir : Scientifique de recherche à CONSOREM, Université du Québec à Chicoutimi, Canada de mars 2017 (13 mois).
7. Le 22 septembre 2015 - MEGNENG Mélissa Roseline (Gabon). M2 Géomatique à Univ. Orléans en juin 2009. 1<sup>ère</sup> inscription à PSUD en 2009-2010 : « Origine et évolution des pyrites détritiques dans les conglomérats du Mésoarchéen (3.08-2.64 Ga) d'Afrique du Sud : source ou piège de l'Uranium ». Directeurs : Béate ORBERGER (GEOPS) & Axel HOFMANN (School of Geological Sciences, Johannesburg University South Africa), puis changement de sujet et de directeur en 2012-2013 : « Les minéraux accessoires à U, Th, ETR, dans les conglomérats archéens du Bassin de Pongola, Afrique du Sud », Directeur : Maurice PAGEL, Financement : BGF. Durée : 5,64 ans. Devenir : Enseignante au Gabon.
8. Le 22 septembre 2015 - PONS Tony, M2 ESV P11, Juin 2010 : « Caractérisation des minéraux du fer dans les gisements d'uranium et leur environnement géologique, témoins des conditions d'oxydo-réduction ». Directeur : Maurice PAGEL (IDES). Financement : AREVA. ATER au labo GEOPS, Univ. Paris Sud Orsay du 1<sup>er</sup> octobre 2014 au 31 août 2015. Durée : 4,56 ans. Devenir : ATER à Université Paris Est Marne-la-Vallée du 1<sup>er</sup> septembre 2016 au 31 août 2017.
9. Le 30 septembre 2016 - LAFFORGUE Ludovic, (France), M2 STU Orsay juin 2012 : « Soulèvement des atlas marocains et minéralisations MVT ». Directeur : Jocelyn BARBARAND (IDES). Financement : MRT. Durée : 4 ans. Devenir : depuis le 29 août 2016, CDI enseignant à Ecole Cerenne Paris.
10. Le 7 décembre 2016 - ANDRIEU Simon, M2 STU « Environnements Sédimentaires », UPSUD, 2013-2013. « Microfaciès, stratigraphie séquentielle et diagenèse des carbonates du Jurassique de l'Ouest du Bassin de Paris : influence sur la distribution des propriétés pétrophysiques ». Directeur : Jocelyn BARBARAND (IDES). Financement : Alloc. MESR. Durée : 3,18 ans. Devenir : post-doc au labo GEOPS d'Orsay du 1<sup>er</sup> février au 31 juillet 2017, puis post-doc au BRGM d'Orléans.
11. Le 12 février 2018 - RECANATI Alice, M2 Diplôme de l'ENS Paris (DENS), spécialité Géosciences, juin 2013 : « Thermochronométrie basse température (U-Th) et géodynamique : application aux marges passives et aux domaines actifs (Maghreb et Sud-Est de l'Afrique) ». Directrice : C. Gautheron (GEOPS). Financement : alloc. MESR. Durée : 3,37.

#### Soutenance HDR :

Le 18 janvier 2013 : GAUTHERON Cécile - « Thermochronologie (U-Th)/He/Ne : vers une meilleure quantification de l'histoire thermique des surfaces continentales". Membres du Jury : Pr. Peter Reiners (University of Arizona, USA) Rapporteur Pr. Jean Braun (ISTerre, Université de Grenoble) Rapporteur Pr. Roderick Brown (University of Glasgow, UK) Rapporteur Pr. Xavier Quidelleur (UMR IDES, Université Paris sud-XI) Examineur Pr Philippe Sarda (UMR IDES, Université Paris-XI) Examineur Pr. Cornelia Spiegel (University of Bremen, Germany) Examineur Dr. Jean Duprat (CSNSM, Université Paris sud-XI) Examineur. Prof. à Paris Sud.

## Soutenances à venir :

1. ABDELRAZEK Maher, M2 Européen Géologie, Géologie & gestion durable des ressources minérales obtenu en 2016 à Université d'Orléans, France, 1<sup>ère</sup> inscription : 2017-2018 : « Macro et micro-caractéristiques des zones de faille, systèmes de fracture et perméabilité dans les gisements d'uranium de socle de l'Athabasca, Saskatchewan, Canada ». Directeur : A. Benedicto. Financement : AREVA.
2. AHADI Floriane, M2 Recherche STUESV obtenu en 2018 à Université Paris Sud, 1<sup>ère</sup> inscription : 2015-2016 : « Evolution de l'érosion au Néogène et au Quaternaire en contexte insulaire : exhumation des roches plutoniques à Kerguelen et au Japon ». Directrice : C. Gautheron & co-encadrant : G. Delpech (Geops). Financement : MESR.
3. AL REDA Mustafa, M2 Européen STP obtenu en 2016 à Université Paris Sud, 1<sup>ère</sup> inscription : 2016-2017 : « Traçage des sédiments dans les séries syn-orogéniques du bassin d'Aquitaine ». Directeurs : J. Barbarand & C. Gautheron (Geops). Financement : TOTAL-BRGM.
4. DERYCKE Alexis, M2 STEP obtenu en 2017 à Université Paris Saclay, 1<sup>ère</sup> inscription : 2017-2018 : « Evolution tectono-thermal du bassin d'avant-pays sud Patagonien et relation avec la mise en place des minéralisations (environ 44-47°S) ». Directrice : C. Gautheron (Geops) & M. Zattin (Université de Padoue, Italie). Financement : MESRI-CNRS.
5. DUBOS John-Lee, diplôme d'ingénieur en géologie obtenu en 2016 à Institut Polytechnique La Salle, Beauvais, France, 1<sup>ère</sup> inscription : 2016-2017 : « Détermination des paramètres contrôlant l'agglomération des poussières de Mn, Ni et Fe pour améliorer les technologies actuelles ». Directrice : B. Orberger (Geops) & J.M. Milazzo & S. Blancher (Eramet). Financement : ERAMET.
6. THOMAS Hadrien, M2 Bassins sédimentaires, Ressources & Paléoclimat obtenu en 2017 à Université Paris Sud, 1<sup>ère</sup> inscription : 2017-2018 : « Influence de la stratigraphie séquentielle et de la diagenèse sur la qualité des modélisations hydrodynamiques et thermiques des réservoirs argilo-gréseux : implication pour le développement de la géothermie dans le Bassin de Paris ». Directeur : H. Zeyen & co-encadrant : B. Brigaud (Geops). Financement : MESR.
7. VIROLLE Maxime, diplôme d'ingénieur Géoressources obtenu en 2015 à ENSEGID Bordeaux, France en 2015, 1<sup>ère</sup> inscription : 2015-2016 : « Origine et prédiction spatio-temporelle des tapissages argileux dans les réservoirs silico-clastiques : apports de la comparaison entre des réservoirs anciens (Dévonien à Jurassique) et d'analogues actuels (Bassin d'Arcachon et estuaire de la Gironde, France) ». Directeur : X. Quidelleur & co-encadrant : B. Brigaud. Financement : CLAYCOAT-ENGIE-UPSud.

Le tableau ci-dessous resume les l'activité de recherche et le devenir des étudiants en thèse de l'équipe RBR.

Nom	Financement	Durée	publications dans revues à comité de lecture	conférences et publications avec actes	Devenir
Ahadi Floriane	Bourse ministérielle	Début : oct 2015 ; fin prévu fin 2018	-	EGU (3); Swiss Geoscience Meeting (1), RST (1)	
Al Reda Mustafa	BRGM/TOTAL	Début : oct 2016 ; fin prévu fin 2019	-	IMS2017 (1), Thermo2018	
Derycke Alexis	Bourse ministérielle	Début : oct 2017 ; fin prévu 2020	1 : Chemical Geology	Thermo2018	
Dubos John Lee	CIFRE - ERAMET	Début : oct 2018 ; fin prévue mi 2021	-	IMPC, Moscow, Septembre 2018	

Morgane Gigoux	BRGM	début: oct 2011, soutenance juillet 2015, durée: 3 ans et 9 mois	2: Mineralium Deposita et Ore Geology Reviews, 2: Procedia Earth and Planetary Science et Mineral Deposit Research for a High-Tech World	SGA Meeting à Uppsala (1), ASF (2), AGBP (1), RST (1) 2: Procedia Earth and Planetary Science et Mineral Deposit Research for a High-Tech World	Ingénieur de recherche au Consortium de recherche en exploration minérale (CONSOREM), Montréal, Canada, UQAM, Canada depuis 2016
Leprêtre Remi	ENS Paris	1 octobre 2011 - 31 août 2015. Soutenance le 8 avril 2015. Durée : 3 ans 7 mois	6: Tectonics, J. Geological Society, J. Geophysical Research: Solid Earth, J. African Earth Sciences, Geological Magazine, Mineralium Deposita	WACMA (1), FT Thermo (2), AGU (1)	Post-doctorant Total
Lafforgue Ludovic	Bourse ministérielle	Début : 1 octobre 2012 - 30 septembre 2016 : durée : 4 ans	1: Mineralium Deposita	RST (1), Thermo2014 (1) SGA2015 (1)	Enseignant dans le secondaire
Simon Andrieu	Bourse ministérielle	début: oct 2013, soutenance décembre 2016, durée: 3 ans et 2 mois	4: publications Cretaceous Research, Sedimentary Geology, Marine and Petroleum Geology et Sedimentology	IAS Toulouse (1), AAPG à Cancun (1), RST (3), GFC (2), GFEJ (1), ASF (2), AGBP (1)	Ingénieur BRGM depuis juin 2017
Megneng Mélissa Roseline	BGF	2015		Journées uranium 2011	Retour au Gabon
Mahre Abdelrazek	AREVA	Prévue fin 2020			
Maxime Virolle	Projet CLAYCOAT	Prévue fin 2018	1 accepté correction mineur Sédimentology	IAS Toulouse (1), AAPG à Cancun (1), RST (1), ASF (1)	
Hadrien Thomas	Bourse ministérielle	Prévue fin 2020			
Pons Tony	CIFRE AREVA	2015	1 soumission en cours	Proceeding avec revue Biennial SGA Meeting Uppsala, 2013 (ref ISIWEB) Journées uranium SGF 2014, 2016	Ingénieur INSA Toulouse
Recanati Alice	Bourse ministérielle	Début : oct 2013, soutenance le février 2018 : 3 ans et 5 mois	1 : Chemical Geology	AGU (1), Thermoconference (1), Goldschmidt (1), RST (1)	En recherche d'emploi
Wazir Ibtial		2014	1 : Geofluids	ASF Dijon 2011	En recherche d'emploi

#### **4- Suivi des doctorants en liaison avec les écoles doctorales et attention portée à l’insertion professionnelle des docteurs**

#### **5- Labellisation nationale ou internationale des formations (Erasmus mundus p. ex.)**

#### **6- Mobilisation des chercheurs dans le montage de formation de niveau master**

Deux enseignants de l’équipe RBR sont impliqués dans la direction du Master BSRP « Bassin sédimentaire, Ressources et Paleoclimat » M1 et M2 dont le montage date du dernier quinquennat. De plus, trois enseignants sont aussi fortement impliqués dans le montage de module en lien avec l’industrie. Pour cela, des efforts conséquents ont été réalisés afin que des ingénieurs de différentes sociétés enseignent dans différents modules (IRSN, ENGIE, STORENGY, AREVA, ANDRA, Techlog, Bedley-Ashton...).

Nom de l'unité / de l'équipe / du thème : UMR 8148, laboratoire GEOPS, Equipe n° 4

Acronyme :

GDSV : Géochronologie dynamique des systèmes volcaniques

Directeur.rice / Responsable d'équipe /de thème pour le contrat en cours : Professeur Xavier QUIDELLEUR

Directeur.rice / Responsable d'équipe /de thème pour le contrat à venir :

## I - PRODUCTION DE CONNAISSANCES ET ACTIVITES CONCOURANT AU RAYONNEMENT ET A L'ATTRACTIVITE SCIENTIFIQUE

### 1- Journaux / Revues

#### Articles scientifiques

1. Bablon M., Quidelleur X., Samaniego P., Le Pennec J.L., Lahitte P., Liorzou C., Bustillo J.E., Hidalgo S., 2018. Eruptive chronology of Tungurahua volcano (Ecuador) revisited based on new K-Ar ages and geomorphological reconstructions, *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, 357, 378-398.
2. Wotchoko P., Bardintzeff J.M., Itiga Z., Nkouathio D.G., Guedjeo C.S., Ngnoupeck G., Kagou Dongmo A.; Wandji P. (2016) - Geohazards (floods and landslides) in the Ndop Plain, Cameroon Volcanic Line. *Open Geosciences*, 8, 1, 429-449.
3. Devismes D., Gillot P.-Y., Lefèvre J.-C., Boukari C., Rocard F., Chiavassa F., 2016. KArMars: A Breadboard Model for In Situ Absolute Geochronology Based on the K–Ar Method Using UV-Laser-Induced Breakdown Spectroscopy and Quadrupole Mass Spectrometry. *Geostandards and Geoanalytical Research*, 40(4), 517-532.
4. Pallares C., Quidelleur X., Gillot P.Y., Kluska J.-M., Tchilinguirian P., Sarda P., 2016. The temporal evolution of back-arc magmas from the Auca Mahuida shield volcano (Payenia Volcanic Province, Argentina). *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 323, 19-37.
5. Al Kwatli M.A., Gillot P.Y., Lefèvre J.C., Hildenbrand A., 2015. Morpho-structural analysis of Harrat Al Sham volcanic field, Arabian plate (Syria, Jordan and Saudi Arabia) : methodology and application. *Arabian Journal of Geosciences*, 8, 6867-6880, DOI: 10.1007/s12517-014-1731-1.
6. Nkouandou O.F., Bardintzeff J.M., Fagny Mefire A. (2015) - Sub-continental lithospheric mantle structure beneath the Adamawa plateau inferred from the petrology of ultramafic xenoliths from Ngaoundéré (Adamawa plateau, Cameroon, Central Africa). *J. Afr. Earth Sc.*, 111, 26-40.
7. Costa A.C.G., Hildenbrand A., Marques F.O., Sibrant A.L.R., Santos de Campos A., 2015. Catastrophic flank collapses and slumping in Pico Island during the last 130 kyr (Pico-Faial ridge, Azores Triple Junction). *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, 302, 33-46.

8. Sibrant A., Hildenbrand A., Marques F.O., Weiss B., Boulesteix T., Hubscher C., Ludmann T., Costa A.C.G., Catalão, J.C., 2015b. Morpho-structural evolution of a volcanic island developed inside an active oceanic rift: S. Miguel Island (Terceira Rift, Azores). *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, 301, 90-106.
9. Germa A., Lahitte P., Quidelleur X., 2015. Geomorphological evolution of Mont Pelée volcano: volumetric calculations and implication for construction rates. *J. Geophys. Res. Earth Surf.* 120, 1206-1226.
10. Ricci J., Lahitte P., Quidelleur X., 2015. Construction and destruction rates of volcanoes within a tropical environment based on K-Ar dating and numerical reconstructions: examples from the Basse-Terre Island (Guadeloupe, Lesser Antilles). *Geomorphology* 228, 597-607.
11. Hildenbrand A., Weis D., Madureira P., Marques F.O., 2014. Recent plate re-organization at the Azores Triple Junction: evidence from combined geochemical and geochronological data on Faial, S. Jorge and Terceira volcanic islands. *Lithos* 210-211, 27-39.
12. Ricci J., Quidelleur X., Pavlov V., Orlov S., Shatsillo A. and Courtillot V., 2013. New <sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar and K-Ar ages of the Viluy traps (Eastern Siberia): Further evidence for a relationship with the Frasnian-Famennian mass extinction. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 386, 531-540.

## 2- Colloques / congrès, séminaires de recherche

### Éditions d'actes de colloques / congrès

#### Articles publiés dans des actes de colloques / congrès

1. Dibacto S., Lahitte P., Karátson D., Veres D., Gertisser R. (2017). Sequence of construction of Ciomadul (Csomád) dacitic lava domes, East Carpathians, by unspiked K-Ar Cassinol-Gillot technique in comparison with other radiometric methods, EGU2017 General Assembly Conference Abstracts 18, 17938
2. Bablon M., Quidelleur X., Samaniego P., Le Pennec J.L., Lahitte P., Liorzou C., Bustillo J.E., Hidalgo S., 2017. Eruptive chronology of Tungurahua volcano (Ecuador) revisited from new K-Ar ages and geomorphological reconstructions, IAVCEI Meeting, Portland (OR, USA), MT23C-039.
3. Quidelleur X., Ricci J., Lahitte P., Pallares C., 2017. The K-Ar Cassinol-Gillot technique as a tool to reveal evolution of volcanic systems: Example of Basse-Terre Island (Lesser Antilles), IAVCEI Meeting, Portland (OR, USA), ME42A-2.
4. Cattani F., Gillot P.Y., Hildenbrand A., Quidelleur X., Lefevre J.C., Boukari C., Courtade F., 2017, "Realization of a collection of reference minerals to develop a technique for in situ dating of the Martian rocks". Poster, American Geophysical Union (AGU Fall Meeting), 11-15 décembre 2017, New Orleans (Louisiana).
5. Nkouandou O.F., Bardintzeff J.M., Oumar M., Fagny Mefire A. et Ganwa A.A. (2017) - Doleritic dyke swarms from Mongo, Guéra Massif (Chad, Central Africa): geological setting, petrography and geochemistry. *Geosciences Douala 2017, Colloquium of Geoscience Society of Cameroon, March 29-31, 2017, Abstract, Session 8, 90.*
6. Lahitte P., Boillot-Airaksinen K., Germa A., Lavigne F. (2016). Quantitative evolution of volcanic surfaces affected by erosional processes, EGU2016 General Assembly Conference Abstracts 18, 10278.
7. Itiga Z., Bardintzeff J.M., Bonin B., Wandji P., Ngo Belnoun R.N., Mbassa B.J., Wotchoko P., Tchokona Seuwei D., Ntepe Nfomou (2016) - Petrology of the Hosséré Mana, a Neoproterozoic plutonic complex of the Northern Cameroon (Central Africa). 35th International Geological Congress, Cape Town, South Africa, 27 August - 4 September 2016, Abstract.
8. Al Kwatli M.A., Gillot P.Y., Lefèvre J.C., Hildenbrand A., Sibrant A. (2014). Dynamic Melting of Heterogeneous Mantle Sources beneath the Northern Part of the Arabia: Geochemical Modeling and Geodynamic Constraints. *Goldschmidt 2014 (USA, California, Sacramento 8th to 13th June 2014)*

9. Sibrant A., Hildenbrand A., Marques, F.O., Costa ACG, 2013. Volcano-tectonic evolution of Santa Maria Island: implications for the Nubia-Eurasia plate boundary in the Azores. AGU Fall meeting, San Francisco, Abstract T51F-2540. [Distinction : Outstanding Student Paper Award \(Tectonophysics\)](#).

### Articles de synthèse / revues bibliographiques

#### Autres articles (articles publiés dans des revues professionnelles ou techniques, etc.)

1. Nkouandou O.F., Bardintzeff J.M., Dourwe Dogsaye P. et Fagny Mefire A. (2016) - Geochemistry and petrogenesis of mafic doleritic dykes at Mbaoussi (Adamawa plateau, Cameroon, Central Africa). Journal of Geography, Environment and Earth Science International, 8, 1, 1-18, 28198.
2. Fagny Mefire A., Nkouandou O.F., Bardintzeff J.M., Temdjim R. et Guillou. H. (2016) - Pétrologie du volcanisme Eocène-Oligocène du massif de Tchabal Mbabo, Adamaoua-Cameroun, Afrique centrale. Afrique Science, 12, 6, 35-47.
3. Nkouandou O.F., Sahabo A., Fagny Mefire A., Bardintzeff J.M., Mamat Mey Atour, Tizi A. et Togo A. (2016) - Petrography and geochemical features of bimodal volcanism from Saltaka (Adamawa-Plateau, Cameroon, central Africa). Sciences, Technologies et Développement, Douala, 18, 1-1
4. Bardintzeff J.M., Chermette M. et Chermette S. (2014) - L'île de Pâques: de la volcanologie à l'archéologie. Géochronique, 131, 13-16 (et page de couverture).
5. Bardintzeff J.M., Boyer J., Chermette S. et Monteillet J. (2016) - Volcans et curiosités géologiques en Chine. Géochronique, 139, 13-14 (et page de couverture).
6. Bardintzeff J.M. (2017) - Au-dessous des volcans. Reliefs, 5, 138-145.

### 3- Ouvrages

#### Direction et coordination d'ouvrages / édition scientifique

1. Bardintzeff J.M. (2016) - Volcanologie. 5e édition, Dunod, Paris, 336 p. + 16 p. couleur hors texte.
2. Bardintzeff J.M. (2017) - Volcanologie. L'Harmattan, Paris, 180 p.

#### Chapitres d'ouvrage

### 4- Organisation de colloques / congrès

Hildenbrand A. : Co-organisation d'un workshop interdisciplinaire «Génération de tsunamis par glissements de terrain) (FAST-GEOPS), financement AAP Défi Littoral, Mission Interdisciplinaire du CNRS, 10 novembre 2015.

### 5- Produits et outils informatiques

Logiciels

Bases de données

Outils d'aide à la décision

Outils présentés dans le cadre de compétitions de solveurs

### 6- Développements instrumentaux et méthodologiques

#### Prototypes et démonstrateurs

Développement d'une **ligne nouvelle génération pour datation K-Ar**: "Pandore". Fabrication et mise en œuvre d'un spectromètre gaz-rares, pour mesure des isotopes naturels de l'argon ( $^{40}\text{Ar}$ ,  $^{38}\text{Ar}$  et  $^{36}\text{Ar}$ ), et de sa ligne automatisée d'extraction et de purification des gaz.

Plateformes et observatoires

## 7- Autres produits propres à une discipline

### Créations artistiques théorisées :

Hildenbrand A. et Beau C. : réalisation d'une œuvre à partir d'échantillons de roches d'âges et modes de formation variés, Exposée au Festival Curiositas (Diagonale Paris-Saclay) et au Val Fleury (Gif sur Yvette).

Mises en scènes

Films

## 8- Activités éditoriales

Participation à des comités éditoriaux (journaux scientifiques, revues, collections, etc)

Direction de collections et de séries

## 9- Activités d'évaluation

Évaluation d'articles et d'ouvrages scientifiques (relecture d'articles / *reviewing*)

### Évaluation de projets de recherche

#### Reviews projets de recherche:

Massol H.: NSF project 1348080 ; Mexican project FRABA.; NSF project 1714310.

Quidelleur X. : INSU AO2016- 976074; AO2013- 760179; AO2013- 757024.

Hildenbrand A. : revue d'1 projet ANR, revue de projets INSU (CT3, Aléas)

#### Reviews articles scientifiques:

Massol H.: JGR Solid Earth , Geophys. Astr. Fluid Dyn.

Quidelleur X. : Geochem.Geophys.Geosyst. (x2); J. Volcanol. Geotherm.Res (x4); Bull. Soc. Geol. Fr.; C.R.Geos.; Geophys. J. Int.

Hildenbrand A. : Geology, Nature Sci. Reports, Nature Comm. (\*2), J. Volcanol. Geotherm. Res. (\*2), Terra Nova, Earth Planet. Space, Int. Geology. Rev., Bull. Volcanol, Pacific Science, J. Afric. Sci., et projet de monographie (Elsevier).

Bardintzeff J. Geol. Res. 2013, Lithos 2013, Géologie de la France 2014.

Évaluation de laboratoires (type Hcéres)

### Responsabilités au sein d'instances d'évaluation

Hildenbrand (2015- ) : Membre du comité Aléas (CT3) de l'INSU, aléas éruptifs et gravitaires.

## 10- Contrats de recherche financés par des institutions publiques ou caritatives

## Contrats européens (ERC, H2020, etc.) et internationaux (NSF, JSPS, NIH, Banque mondiale, FAO , etc.)

**NSF (USA):** NSF-1347899 (2013-2018): Dynamic statistical models to improve long-term volcanic hazard

assessments (PI: A. Germa; U.S. Florida, USA).

**FCT (Portugal) :** PTDC/GEO-GEO/0946/2014 (2016-2019) : « MEGA-Hazards2 » : Mass-wasting episodes in the geological evolution of the Azores islands: timing, recurrence, mechanisms, and consequences " (P.I.: F.O. Marques, Univ. Lisbonne). Responsable de la task « Geochronology » (A. Hildenbrand).

## Contrats nationaux (ANR, PHRC, FUI, INCA, etc.)

### ANR:

- SERSURF Seismic Rupture of Submarine Normal Faults (2017-2020) (PI.: J. Escartin, IPGP; X. Quidelleur, Resp.: WP2. Volcanic rocks and sediments: composition and dating)

### CNRS-INSU:

- AO2015- 866616: Datation des cycles éruptifs des volcans du sud de l'arc équatorien: contraintes pour l'évolution chronologique de l'arc andin et pour l'évaluation du risque volcanique (X. Quidelleur).

- AO2017- 988951: Reconstruction de l'histoire éruptive des volcans du nord de l'arc équatorien: contraintes pour l'évolution spatiotemporelle du magmatisme et pour l'évaluation du risque volcanique (X. Quidelleur).

- AO Défi Littoral, Mission Interdisciplinaire du CNRS (2015 et 2016) : SLIDEWAV: Génération de tsunami par effondrement granulaire (P. Gondret, FAST, A. Hildenbrand, GEOPS).

**Université Paris-Saclay:** PARTICULES (Diagonale Paris-Saclay, 2015-2016): Projet Arts et Sciences (A. Hildenbrand/C. Beau).

## Contrats avec les collectivités territoriales

1. Projet **SESAME Ile de France:** GRACE, nouveau spectromètre Multicollection Ar/Ar (en partenariat avec le LSCE).
2. Projet **ERM Fac. des Sciences**, UPSud: Ligne ultra-vide pour purification des gaz pour le spectromètre Ar/Ar du projet GRACE.
3. **Programme AUF** (Agence Universitaire de la Francophonie) (responsables: R. Tchameni et O.F. Nkouandou; J.M. Bardintzeff co-responsable) "Cartographie, pétrologie et métallogénie de quelques granites minéralisés (Centre Nord Cameroun et Centre et Sud-Ouest Tchad) et du massif de Tchabal Mbabo (plateau de l'Adamaoua)", 2013-

## Contrats financés dans le cadre du PIA

## Contrats financés par des associations caritatives et des fondations (ARC, FMR, FRM, etc.)

## 11- Post-doctorants et chercheurs seniors accueillis

### Post-doctorants

### Chercheurs seniors accueillis

1. Fernando Ornelas Marques (Université Lisbonne, Portugal). Professeur invité au Département des Sciences de la Terre, Université Paris-Sud, 1 mois (septembre 2017).
2. Ibrahima Sagna (Université Cheikh Anta Diop, Dakar, Sénégal). Invité GEOPS (1 mois, 2016).
3. Ezz A. Khalaf (Professeur, Université du Caire, Égypte, Institut Français d'Égypte au Caire), 8 - 19 décembre 2014.
4. Oumarou Faarouk Nkouandou (Chargé de cours, Université de Ngaoundéré, Cameroun), "Cartographie, pétrologie et métallogénie de quelques granites minéralisés (Centre Nord Cameroun et Centre et Sud-Ouest Tchad) et du massif de Tchabal Mbabo (plateau de l'Adamaoua)", 1 mars - 28 mai 2013.

## 12- Indices de reconnaissance

### Prix

Sibrant Aurore (Doctorante): Outstanding Student Paper Award - AGU Fall Meeting.

Sibrant, A., Hildenbrand, A., Marques, F.O., Costa, ACG, 2013. Volcano-tectonic evolution of Santa Maria Island: implications for the Nubia-Eurasia plate boundary in the Azores. AGU Fall meeting, San Francisco, Abstract T51F-2540.

Bardintzeff J.M.: Prix du Lions Club, 12e Salon du livre, Aumale (76390), 2013

### Distinctions :

Bardintzeff J.M.: Chevalier de la Légion d'Honneur au titre du Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie (décret du 29/3/2013 de M. le Président de la République)

### Appartenance à l'IUF

### Responsabilités dans des sociétés savantes

Bardintzeff J.M.: Directeur de la publication de "Géochronique" (BRGM-SGF), avril 1995 - août 2016; Membre du Comité de Rédaction, septembre 2016 -

### Invitations à des colloques / congrès à l'étranger :

1. Hildenbrand A., Marques F.O., Sibrant A., Cost, A., Hübscher C., Weiß. B., 2017, invited. Tectonic control on volcano growth and large landslides near the Azores Triple Junction, IAVCEI 2017, Portland (USA).
2. Bardintzeff J.M., Musée de l'Institut Royal des sciences naturelles de Belgique, 1000 Bruxelles, Volcano & Sismic news day, "Les volcans et l'Homme, aujourd'hui" et "Volcanologue: de la passion à la vocation", 24/3/2013.
3. Bardintzeff J.M., Université de Chypre, Nicosie, Campus Aglantzia, Social Facilities Centre, Lecture Room 010, Building 7, "Volcanoes: explosive eruptions, climatic effects, hot spots and plumes", 27/1/2014.
4. Bardintzeff J.M., Musée d'histoire naturelle, CH-1700 Fribourg, Suisse, "Les volcans et l'Homme", dans le cadre de la Nuit des Musées, thème "Le mouvement", 21/5/2016.
5. Bardintzeff J.M., Institut français, Ambassade de France, Sofia, Bulgarie, débat public "Quand le Terre est en colère: Faut-il toujours avoir peur des volcans?" dans le cadre des débats mensuels de l'Institut français "Les Rendez-vous du futur", salle Slaveykov de l'Institut français, avec Rossen Nedialkov, animé par Irina Nedeva, 14/11/2016.

### Séjours dans des laboratoires étrangers

## II - INTERACTION AVEC L'ENVIRONNEMENT, IMPACTS SUR L'ECONOMIE, LA SOCIETE, LA CULTURE, LA SANTE

### 1- Brevets, licences et déclarations d'invention

Brevets déposés

Brevets acceptés

Brevets licenciés

Déclaration d'invention

### 2- Interactions avec les acteurs socio-économiques

#### Contrats de R&D avec des industriels

Prestations de service pour Total SA: Datations  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  et K-Ar (localisation et résultats confidentiels)

Bourses Cifre

Créations de laboratoires communs avec une / des entreprise(s)

Création de réseaux ou d'unités mixtes technologique

Créations d'entreprises, de *start-up*

### 3- Activités d'expertise scientifique

#### Activités de consultant

Hildenbrand A. : Campagne océanographique M113 aux Açores (navire Meteor, Chief Scientist : C. Hubscher, Univ. Hamburg, Allemagne, dec2014-janv2015). Membre invité, board scientifique (expert volcanologie et landslides aux Açores).

#### Participation à des instances d'expertise (type Anses) ou de normalisation

Quidelleur X. : Membre du comité d'Evaluation des programmes Blanc et JCJC SIMI 6 « Système Terre, environnement, risques », de l'Agence Nationale de la Recherche (ANR) 2012 et 2013.

Hildenbrand A. : Membre du comité Aléas (CT3) de l'INSU, aléas éruptifs et gravitaires depuis 2015.

Bardintzeff J.M. : Membre du Comité Français de l'UICN (Union Internationale pour la Conservation de la Nature), depuis 2013-

Expertise juridique

### 4- Rapports d'expertises techniques, produits des instances de normalisation

### 5- Produits destinés au grand public

#### Émissions radio, TV, presse écrite

Bardintzeff J.M.: 95 émissions radiophoniques et télévisées : 12 en 2013, 39 en 2014, 14 en 2015, 14 en 2016, 15 en 2017, 1 en 2018

### Produits de vulgarisation : articles, interviews, éditions, vidéos, etc.

1. Bardintzeff J.M. (2013) - Les volcans et leurs éruptions (illustrations B. Strickler), 2e édition, Coll. Les Minipommes. Le Pommier, Paris, 64 p.
2. Bardintzeff J.M. (2013) - Litchi dans l'espace (illustrations B. Delaporte). Le Pommier, Paris, 48 p.
3. Grunewald O. et Bardintzeff J.M. (2013) - Вулканы, traduction russe de "Volcans, Le Chêne, 2007". Eksmo, Moscou, 192 p.
4. Bardintzeff J.M. (2014) - Pour les nuls présente Les volcans (illustrations F. Grégoire et S. Frécon). Gründ, Paris, 48 p.
5. Bardintzeff J.M. (2015) - À la découverte des volcans d'Auvergne (illustrations Tomtom). La vache qui lit, Coren, 36 p.
6. Bardintzeff J.M. (2015) - Tout savoir sur les volcans du monde, séismes et tsunamis. 2e édition, Orphie, Chevagny-sur-Guye, 160 p.
7. Bardintzeff J.M. (2016) - Traduction arabe de "Le volcan se réveille, Le Pommier, 2012 (illustrations A. Dufour)". Kalima, Abu Dhabi, E.A.U., 44 p.
8. Bardintzeff J.M. (2016) - Traduction arabe de "Litchi dans l'espace, Le Pommier, 2013 (illustrations B. Delaporte)". Kalima, Abu Dhabi, E.A.U., 44 p.
9. Bardintzeff J.M. (2017) - Traduction chinoise de "Les volcans et leurs éruptions, Le Pommier, 2010 (illustrations B. Strickler)", Zhejiang Education Press, Hangzhou, 60 p.
10. Bardintzeff J.M. (2017) - À la découverte des volcans d'Auvergne (illustrations Tomtom). 2e édition, La vache qui lit, Coren, 28 p.
11. Bardintzeff J.M. (2013) - Où est la plus grande profondeur de l'océan, et est-ce que quelqu'un a bien voulu aller la mesurer? in N. Breham et M. Devoucoux, Les P'tits bateaux, France Inter, First Éditions, Paris, 135-137.
12. Maury R., Blais S. et Bardintzeff J.M. (2013) - Des volcans si prodigieux. Timbres magazine, 145, 44-48.
13. Hildenbrand A. (2017). "L'Âge de la pierre", Rencontre LASER, Leonardo/Olats, La Diagonale Paris-Saclay et Le Fonds de dotation agnès b.
14. Hildenbrand A. (2015): Interactions between volcanism and Tectonics close to the Azores Triple Junction. Séminaire invité, campagne océanographique Meteor M113 (Chief Scientist C. Hubscher).
15. Hildenbrand A. (2014): Large landslides in the geological evolution of the Azores Islands. Séminaire invité, campagne océanographique Meteor M113 (Chief Scientist C. Hubscher).

### Produits de médiation scientifique

#### Débats science et société

##### Bardintzeff J.M.:

1. Conférences en France : total : 96 (20 en 2013, 15 en 2014, 19 en 2015, 12 en 2016, 24 en 2017, 6 en 2018)
2. Conférences à l'Étranger: 4 (2013-2016)
3. Expositions, Festivals, Salons: 15 (2013-2018)

## III - IMPLICATION DANS LA FORMATION PAR LA RECHERCHE

### 1- Produits des activités pédagogiques et didactiques

## Ouvrages

*E-learning, moocs, cours multimedia, etc.*

## 2- Productions scientifiques (articles, ouvrages, etc.) issues des thèses

### Publications

1. Bablon M., Quidelleur X., Samaniego P., Le Pennec J.L., Lahitte P., Liorzou C., Bustillo J.E., Hidalgo S., **2018**. Eruptive chronology of Tungurahua volcano (Ecuador) revisited based on new K-Ar ages and geomorphological reconstructions, accepté à JVGR
2. Ricci J., Quidelleur, X., Pallares C., and Lahitte P., **2017**. High-resolution K-Ar dating of a complex magmatic system: The example of Basse-Terre Island (French West Indies). *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, 345, 142-160.
3. Devismes D., Gillot P.-Y., Lefèvre, J.-C., Boukari C., Rocard F., Chiavassa, F., **2016**. KAr-Mars: A Breadboard Model for In Situ Absolute Geochronology Based on the K–Ar Method Using UV-Laser-Induced Breakdown Spectroscopy and Quadrupole Mass Spectrometry. *Geostandards and Geoanalytical Research*, 40(4), 517-532.
4. Mourgues R., Costa A.C.G., Marques F.O., Lacoste, A., Hildenbrand A., **2016**. Structural consequences of cohesion in gravitational instabilities triggered by fluid overpressure: Analytical derivation and experimental testing. *Journal of Structural Geology*, 87, 134-143.
5. Sibrant A.L.R., Marques F.O., Hildenbrand A., Boulesteix T., Costa A.C.G., **2016**. Deformation in a hyperslow oceanic rift: insights from the tectonics of the Sao Miguel Island (Terceira Rift, Azores). *Tectonics*, 35, 425-446.
6. Costa A.C.G., Hildenbrand A., Marques F.O., Sibrant A.L.R., Santos de Campos A., **2015**. Catastrophic flank collapses and slumping in Pico Island during the last 130 kyr (Pico-Faial ridge, Azores Triple Junction). *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, 302, 33-46.
7. Ricci J., Quidelleur X., Lahitte P., **2015**. Volcanic evolution of central Basse-Terre Island revisited based on new geochronology, geochemistry and geomorphology data. *Bull. Volcanol.*, 77-84.
8. Sibrant A.L.R., Hildenbrand A., Marques F.O., Costa A.C.G., **2015a**. Volcano-tectonic evolution of the Santa Maria Island (Azores): implications for palaeostress evolution at the western Eurasia-Nubia plate boundary. *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, 291, 49-62.
9. Sibrant A.L.R., Hildenbrand A., Marques F.O., Weiss B., Boulesteix T., Hubscher C., Ludmann T., Costa A.C.G., Catalão J.C., **2015b**. Morpho-structural evolution of a volcanic island developed inside an active oceanic rift: S. Miguel Island (Terceira Rift, Azores). *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, 301, 90-106.
10. Costa A.C.G., Marques F.O., Hildenbrand A., Sibrant A.L.R., Catita C.M.S., **2014**. Large-scale catastrophic flank collapses in a steep volcanic ridge: the Pico-Faial Ridge, Azores Triple Junction. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 272, 111-125.
11. Marques F.O., Catalão J.C., DeMets C., Costa A.C.G., Hildenbrand A., **2014**. GPS and tectonic evidence for a diffuse plate boundary at the Azores Triple Junction” (vol.381, page 177, 2013)”. *Earth and Planetary Science Letters*, 387(1):1-3 (IF 4,349).
12. Marques F.O., Catalao J., Hildenbrand A., Costa A.C.G., Dias N.A., **2014b**. The 1998 Faial earthquake, Azores: evidence for a transform fault associated with the Nubia-Eurasia plate boundary? *Tectonophysics*, 633, 115-125.
13. Sibrant A.L.R., Marques F.O., Hildenbrand A., **2014**. Construction and destruction of a volcanic island developed inside an oceanic rift: Graciosa island, Terceira Rift, Azores. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 284, 32-45.

14. Sibrant A.L.R., Marques F.O., Hildenbrand A., 2015. Reply to the comment by Quartau et al. on “Construction and destruction of a volcanic island developed inside an oceanic rift: Graciosa Island, Terceira Rift, Azores”, J. Volcanol. Geotherm. Res. 284, 32–45, by Sibrant et al.(2014). J. Volcanol. Geotherm. Res., 303, 193-198.
15. Zami F., Quidelleur X., Ricci J., Lebrun J.F., Samper A., 2014. Initial sub-aerial volcanic activity along the central Lesser Antilles inner arc: New K-Ar ages from Les Saintes volcanoes. Journal of Volcanology and Geothermal Research 287, 12-21.
16. Hildenbrand A., Marques F.O., Catalão J., Catita C.M.S., Costa A.C.G., 2013. Reply to the Comment by Mitchell et al. (2013) on Large-scale active slump of the southeastern flank of Pico Island, Azores. Geology, 41 (12), 302-302.
17. Hildenbrand A., Marques F.O., Costa A.C.G., Sibrant A.L.R., Silva P.M.F., Henry B., Miranda J.M., P. Madureira, 2013. Reply to the comment by Quartau and Mitchell on "Reconstructing the architectural evolution of volcanic islands from combined K/Ar, morphologic, tectonic, and magnetic data: The Faial Island example (Azores)", J. Volcanol. Geotherm. Res. 241–242, 39–48, by Hildenbrand et al. (2012). J. Volcanol. Geotherm. Res., 255, 127-130.
18. Marques F.O., Catalão J.C., DeMets C., Costa A.C.G., Hildenbrand A., 2013. GPS and tectonic evidence for a diffuse plate boundary at the Azores Triple Junction. Earth and Planetary Sciences Letters, 381, 177-187.
19. Ricci J., Quidelleur X., Pavlov V., Orlov S., Shatsillo A. and Courtillot V., 2013. New 40Ar/39Ar and K-Ar ages of the Viluy traps (Eastern Siberia): Further evidence for a relationship with the Frasnian-Famennian mass extinction. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 386, 531-540.

### Congrès

1. Bablon M., Quidelleur X., Samaniego P., Le Pennec J.L., Lahitte P., Liorzou C., Bustillo J.E., Hidalgo S., 2017. Eruptive chronology of Tungurahua volcano (Ecuador) revisited from new K-Ar ages and geomorphological reconstructions, IAVCEI Meeting, Portland (OR, USA), MT23C-039.
2. Cattani F., Gillot P.Y., Courtade F., Hildenbrand A., Quidelleur X., Boukari C., Lefevre J.C., Devismes D., 2017, “Checking, with a set of terrestrial analogue rock minerals, a system for possible in-situ K-Ar dating at the surface of Mars”. Poster, 48th Lunar and Planetary Science Conference (LPSC), 20-24 mars 2017, Houston (Texas).
3. Dibacto Kamwa S.; Lahitte P.; Karátson D.; Veres D.; Gertisser R., 2017, Sequence of construction of Ciomadul (Csomád) dacitic lava domes, East Carpathians, by unspiked K-Ar Cassinogil-Gillot technique in comparison with other radiometric methods, EGU2017 General Assembly Conference Abstracts 18, 17938
4. Quidelleur, X., Ricci J., Lahitte P., Pallares C., 2017. The K-Ar Cassinogil-Gillot technique as a tool to reveal evolution of volcanic systems: Example of Basse-Terre Island (Lesser Antilles), , IAVCEI Meeting, Portland (OR, USA), ME42A-2.
5. Cattani F., Gillot P.Y., Devismes D., Rocard F., Lefevre J.C., Boukari C., 2015, “La méthode LIBS appliquée au développement d’un système analytique K-Ar pour les datations in situ de roches à la surface de Mars”. Poster, Journées LIBS France, 17-18 juin 2015 à l'INERIS (Verneuil en Halatte, France).
6. Germa G., C Connor, L Connor, R Malservisi, S Tavarez, SJ Charbonnier, MA Clynne, C Perry, X Quidelleur, J Ricci, 2015. New geochronological constraints of the Lassen segment's regional volcanism, AGU Fall Meeting Abstracts 2015AGUFM.V31A3008G
7. Al Kwatli, M.A., Gillot, P.Y., Lefèvre, J.C., Hildenbrand, A., and Sibrant A. 2014. Dynamic Melting of Heterogeneous Mantle Sources beneath the Northern Part of the Arabia: Geochemical Modeling and Geodynamic Constraints. Goldschmidt 2014 (USA, California, Sacramento 8th to 13th June 2014)
8. Sibrant, A., Davaille, A., Marques, F.O., Hildenbrand, A., 2014. Evolution of the central Atlantic hot spots cluster in the last 100 Myr: interaction between plate tectonics, a lower mantle thermochemical

- instability and upper mantle secondary plumes. AGU Fall meeting, San Francisco, Abstract GP21A-3654.
9. Costa, A.C.G., Hildenbrand, A., Marques, F.O., Sibrant, A.L.R., Catalão, J., Catita, C.M.S., 2013. Morpho-structural evolution of an active large-scale slump on the flank of an unstable volcanic island (Pico, Azores). 8<sup>th</sup> IAG International Conference on Geomorphology (Paris), abstract id: 264.
  10. Costa, A.C.G., Marques, F.O., Hildenbrand, A., Catita, C.M.S., 2013. Large-scale flank collapse(s) in a steep volcanic ridge: the Faial-Pico Ridge (Azores Triple Junction). AGU Fall meeting, San Francisco, Abstract V51D-2717.
  11. Marques F.O., Sibrant, A., Hildenbrand, A., Costa, A.C.G., 2013. Large-scale sector collapses in the evolution of Santa Maria Island, Azores. AGU Fall meeting, San Francisco, Abstract V51D-2719.
  12. Marques F.O., Sibrant, A., Hildenbrand, A., Costa, A.C.G., 2013. Large-scale sector collapses in the evolution of Santa Maria Island, Azores. AGU Fall meeting, San Francisco, Abstract V51D-2719.
  13. Ricci J., Lahitte P. and Quidelleur X., 2015. Construction and destruction rates of volcanoes within a tropical environment based on K-Ar dating and numerical reconstructions: examples from the Basse-Terre Island (Guadeloupe, Lesser Antilles). *Geomorphology* 228, 597-607.
  14. Ricci J., Lahitte P., Quidelleur X., 2013, Evaluation of mechanical erosion and volcanic construction rates in the Basse Terre Island (Guadeloupe, Lesser Antilles), 8<sup>th</sup> IAG International Conference on Geomorphology, Paris.
  15. Sibrant A.L.R., Hildenbrand A., Marques F.O., Boulesteix T., Costa A.C.G., 2013. Morpho-structural evolution of a volcanic island developed inside an active oceanic rift : Sao Miguel island (Terceira Rift, Azores). IAG, Paris, abstract 924.
  16. Sibrant A.L.R., Hildenbrand A., Marques F.O., Davaille A., 2013. Rifting and volcanism close to triple junctions : interactions between lithosphere break-up and mantle dynamics in an active oceanic rift. Crystal2Plate workshop, poster
  17. Sibrant, A., Hildenbrand, A., Marques, F.O., Costa, A.C.G., 2013. Volcano-tectonic evolution of Santa Maria Island: implications for the Nubia-Eurasia plate boundary in the Azores. AGU Fall meeting, San Francisco, Abstract T51F-2540. [Distinction : Outstanding Student Paper Award \(Tectonophysics\).](#)

### 3- Efficacité de l'accompagnement des étudiants et qualité de leur encadrement (financement, durée des thèses, taux d'abandon) :

#### Financement

- 1 bourse européenne ITN
- 1,5 CNRS-CNES
- 5,5 MESR
- 1 bourse du gouvernement portugais

#### Soutenances passées : 6

#### Durée moyenne des thèses soutenues : 3,29 ans.

1. Le 11 juillet 2013 - GAYLOR Jonathan, Royaume-Uni. M2 Environmental Geoscience obtenu en 2009 à University College of London (GB), VAE : « Ar/Ar dating and the integrated Cretaceous geologic timescale ». Directeur : Xavier QUIDELLEUR (IDES). Financement : contrat doctoral & bourse européenne Marie Curie. Durée : 3,80 ans. Devenir : Depuis Juin 2013, I am a Upstream Oil and Gas Analyst. Working in the company Global Data, London. I review and analyse oil and gas assets around the world. I create reports and documents for both industrial and financial applications. D'avril 2015 à avril 2018, LNG Business Development, Affinity (Shipping) LLP, Londres, GB.
2. Le 8 novembre 2013 - DEVISMES Damien, M2 Géosc. Planétaires à Fac. ST de Nantes en juin 2010 : « Mise au point d'un système analytique pour la datation in situ de roches à la surface de Mars par la

- méthode potassium-argon ». Directeur : Pierre-Yves GILLOT (IDES). Financement : CNRS-CNES. Durée : 3,10 ans. Devenir : post-doc à la NASA, USA. Puis de Décembre 2016 à décembre 2017, Ing R&D CRITT matériaux Alsace, Strasbourg, France.
3. 31 octobre 2014 - RICCI Julia, M2 STU/ESV obtenu à UPSud en juin 2011 : « Evolution des taux d'érosion mécanique et de construction volcanique lors du Quaternaire en contexte tropical : application aux Antilles ». Directeurs : Xavier Quidelleur & Pierre Lahitte (IDES). Financement : MRT. Durée : 3,08 ans. Devenir : ATER au labo GEOPS, Univ. Paris Sud Orsay du 1<sup>er</sup> octobre 2014 au 31 août 2016, puis post-doc de 3 ans à IPGP-UP6 à partir du 1<sup>er</sup> septembre 2016 au 31 août 2019.
  4. Le 3 novembre 2014 - SIBRANT Aurore, M2 STU/ESV obtenu à UPSud en juin 2011 : « Evolution spatio-temporelle du volcanisme au niveau du rift de Terceira (Açores) d'après l'étude des îles de Sao Miguel, Santa Maria et Graciosa ». Directeurs : Anthony HILDENBRAND (IDES) & Fernando ORNELAS MARQUES (Université de Lisbonne). Financement : MRT. Durée : 3,09 ans. Devenir : post-doc de 6 mois à partir du 1<sup>er</sup> octobre 2014 jusqu'au 30 mars 2015 avec le FAST, puis à partir du 1<sup>er</sup> Juin 2015 au 15 juillet 2017, post-doc sur financement NSF de 2 ans au Université d'Idaho, Moscow, USA. Ensuite du 1<sup>er</sup> octobre 2017 au 30 septembre 2019, post-doc sur financement Labex au lab Géosciences Océan, Université de Brest Occidentale.
  5. Le 9 février 2015 - COSTA GOULART DA Ana Christina, M2 obtenu au Portugal, VAE : « Episodes de destruction gravitaire durant l'évolution géologique des îles Açores : âge, récurrence, mécanismes et conséquences ». Thèse en cotutelle. Directeurs : Anthony HILDENBRAND (IDES) & Fernando ORNELAS MARQUES (Université de Lisbonne). Financement : Portugal. Durée : 3,36 ans. Devenir : du 1<sup>er</sup> juin 2015, post-doc à Université de Lisbonne, Portugal, et de septembre 2015, 3 ans post-doc à l'Université de Mayence, Allemagne.
  6. Le 19 janvier 2018 - CATTANI Fanny, M2RST « Magmas & Volcans » obtenu en 2014 à Univ. Blaise Pascal, Clermont-Ferrand : « Définition et recherche de minéraux adaptés à la datation in situ de roches sur Mars ». Directeurs : P.Y. Gillot (GEOPS Orsay) & F. Rocard (CNES). Financement : ½ alloc. MESR et ½ Cnes. Durée : 3,30 ans.

#### **Soutenances à venir : 3**

1. BABLON Mathilde, M2 RSTU obtenu à UPSud en 2015, 1<sup>ère</sup> inscription : 2015-2016 : « Reconstruction de l'histoire des volcans de l'arc équatorien: contraintes pour l'évolution chronologique de l'arc andin et pour l'évaluation du risque volcanique ». Directeur : X. Quidelleur. Financement : MESR.
2. DIBACTO-KAMWA Stéphane, M2 RSTU obtenu à UPSud en 2015, 1<sup>ère</sup> inscription : 2016-2017 : « Dynamique de construction et démantèlement des volcans tertiaires et quaternaires des Carpates par des approches géomorphologiques et géochronologiques ». Directeur : P. Lahitte. Financement : MESR.
3. ROBBE-SAULE Manon, M2 obtenu à Université Paris Diderot en 2017, 1<sup>ère</sup> inscription : 2016-2017 : « Génération de tsunami par glissement de terrain ». Directeur : P. Gondret (FAST) & A. Hildenbrand (Geops). Financement : MESR.

#### **4- Suivi des doctorants en liaison avec les écoles doctorales et attention portée à l'insertion professionnelle des docteurs**

#### **5- Labellisation nationale ou internationale des formations (Erasmus mundus p. ex.)**

#### **6- Accompagnement des séminaires de doctorants par des chercheurs ; degré de participation des doctorants à la vie de l'entité de recherche**

#### **7- Mobilisation des chercheurs dans le montage de formation de niveau master**

Nom de l'unité / de l'équipe / du thème : UMR 8148, Laboratoire GEOPS, Equipe n°5

Acronyme :

PDS : Paléoclimats & Dynamique Sédimentaires

Directeur.rice / Responsable d'équipe /de thème pour le contrat en cours : Professeur Christophe COLIN

Directeur.rice / Responsable d'équipe /de thème pour le contrat à venir :

## I - PRODUCTION DE CONNAISSANCES ET ACTIVITES CONCOURANT AU RAYONNEMENT ET A L'ATTRACTIVITE SCIENTIFIQUE

### 1- Journaux / Revues

1. Beny F., Toucanne S., Skonieczny C., Bayon G., Ziegler M. (2018). Geochemical provenance of sediments from northern East China Sea document a gradual migration of the Asian Monsoon belt over the past 400,000 years, *Quaternary Science Reviews* 190, 161-175.
2. Bonneau L., Colin C., Pons-Branchu E., Mienis F., Tisnerat-Laborde N., Blamart D., Elliott M., Collart T., Frank N., Foliot L., Douville E. (2018). Imprint of Holocene climate variability on cold-water coral reef growth at the SW Rockall Trough margin, NE Atlantic, *Geochemistry, Geophysics, Geosystems* (Sous presse).
3. Duchamp-Alphonse S., Siani G., Michel E., Beaufort L., Gally Y., Jaccard S.L. (2018). Enhanced ocean-atmosphere carbon partitioning via the carbonate counter pump during the last deglacial. *Nature Communications* (Sous presse).
4. Charbonnier G., Morales C., Duchamp-Alphonse S., Westermann S., Adatte T., Föllmi K.B. (2017). Mercury enrichment indicates volcanic triggering of Valanginian Environmental Change. *Scientific Report*, 7: article number: 40808.
5. Collins J., Prange M., Caley T., Gimeno L., Beckmann B., Mulitza S., Skonieczny C., Roche D., Schefuß E. (2017). Rapid termination of the African Humid Period triggered by northern high-latitude cooling, *Nature Communications* 8, doi:10.1038/s41467-017-01454-y
6. Dubois-Dauphin Q., Colin C., Bonneau L., Montagna P., Wu Q., Van Rooij D., Reverdin G., Douville E., Thil F., Waldner A., Frank N. (2017), Fingerprinting Northeast Atlantic water masses using Neodymium isotopes, *Geochimica et Cosmochimica Acta* 210 (2017) 267–288.
7. Sepulcre S., Durand N., Bard E. (2017) Large <sup>14</sup>C age offsets between the fine aragonite fraction and coexisting planktonic foraminifera in shallow Caribbean sediments, *Quaternary Geochronology*, 38, 61-74, 10.1016/j.quageo.2016.12.002.
8. Wu Q., Colin C., Liu Z., Bassinot F., Dubois-Dauphin Q., Douville E., Thil F., Siani G. (2017) - Foraminiferal Nd in the deep north-western subtropical Pacific Ocean: Tracing changes in weathering input over the last 30,000 years, *Chemical Geology*, 470, 55-66.

9. Yu Z., Colin C., Douville E., Meynadier L., Duchamp-Alphonse S., Sepulcre S., Wan S., Song L., Wu Q., Xu Z., Bassinot F. (2017). Yttrium and Rare Earth Elements partitioning in seawaters from the Bay of Bengal; *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, doi:10.1002/2016GC006749.
10. Yu Z., Colin C., Meynadier L., Douville E., Wu Q., Wan S., Song L., Xu Z., Bassinot F., (2017) - Seasonal variations in dissolved neodymium isotope composition in the Bay of Bengal, *EPSL*, 479, 310-321.
11. Charbonnier G., Duchamp-Alphonse S., Adatte T., Föllmi K.B., Spangenberg J.E., Gardin S., Galbrun B., Colin C. (2016). Eccentricity paced monsoon-like system along the northwestern Tethyan margin during the Valanginian (Early Cretaceous) : new insights from detrital and nutrient fluxes into the Vocontian Basin (SE France). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 443:145-155.
12. Haddam NA., Michel E., Siani G., Cortese G., Bostock H., Duprat J.M., Isguder G. (2016). Improving past sea surface temperature reconstructions from the Southern Hemisphere oceans using planktonic foraminiferal census data. *Paleoceanography*, 31(6) :822-837.
13. Joussain R., Colin C., Liu Z., Meynadier L., Fournier L., Fauquembergue K., Zaragosi S., Schmidt F., Rojas V., Bassinot F. (2016). Climatic control of sediment transport from the Himalayas to the proximal NE Bengal Fan during the last glacial-interglacial cycle. *Quaternary Science Reviews*, 148:1-16.
14. Tudryn A., Leroy S. A.G., Toucanne S., Gibert-Brunet E., Tucholka P., Lavrushin Y., Dufaure O., Miska S., Bayon G., (2016). The Ponto-Caspian basin as a final trap for southeastern Scandinavian Ice-Sheet meltwater, *Quaternary Science Reviews*, 148:29-43.
15. Colin C., Siani G., Liu Z.F., Blamart D., Skonieczny C., Zhao Y., Bory A., Franck N., Duchamp-Alphonse S., Thil F., Richter T., Kissel C., Gargani J. (2014). “Late Miocene to early Pliocene climate variability off NW Africa (ODP 659)”. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 401:81-95 (IF 2,745).hal.
16. Duchamp-Alphonse S., Gardin S., Bartolini A. (2014). « Calcareous nannofossil response to the Weissert episode (Early Cretaceous): implications for palaeoecological and palaeoceanographic reconstructions”. *Marine Micropaleontology*, 113:65-78.
17. Tudryn A., Giannesini P.J., Guichard F., Badaut-Trauth D., Tucholka P., Boomer I. (2014). “The role of iron minerals in laminae formation in Late Pleistocene sediments of the Caspian Sea”. *Quaternary International*, 345:68-76
18. Siani G., Magny M., Paterne M., Debret M., Fontugne M. (2013). “Paleohydrology reconstruction and Holocene climate variability in the South Adriatic Sea”. *Climate of the Past*, 9(1):499-515.
19. Siani, G., Michel, E. De-Pol Holz, R., DeVries T., Lamy, F., Carel, M., Isguder, G., Dewilde F., Laurantou A. (2013) – Carbon isotope records reveal precise timing of enhanced Southern Ocean upwelling during the last deglaciation. *Nature Communication*. 4:2758.

## 2- Colloques / congrès, séminaires de recherche

1. Colin C., Lucile Bonneau, Edwige Pons-Branchu, Nadine Tisnerat, Furu Mienis, Norbert Frank, Quentin Dubois-Dauphin, Mohamed Ayache, Didier Swingedouw, Frédérique Eynaud, Jean-Claude Dutay, Mary Elliot, Dominique Blamart, Arnaud Dapoigny, Tim Collart, Eric Douville (2018). Past hydrological and cold water coral growth variations at the SW Rockall Trough margin (NE Atlantic) during the Holocene. EGU, 8-13 avril 2018, Vienne Autriche.
2. Skonieczny C., D. McGee, A. Bory, G. Winckler, L. Bradtmiller, P. Polissar, V. Bout-Roumazeilles, C. Kinsley, B. Malaizé (2018). Variability of North African hydroclimate during the last two climatic cycles: New insights from dust flux. Colloque Q11 sur le Quaternaire, 13-15 Février 2018, Orléans (France).
3. Charbonnier G., Morales, C., Duchamp-Alphonse, S., Westermann, S., Adatte, T., Föllmi, K.B. (2017). Mercury enrichment indicates volcanic triggering of the Valanginian environmental change- EGU, 23-28 avril 2017, Vienne (Autriche).

4. Colin C., Bonneau L., Dubois-Dauphin Q., Pons-Branchu E., Douville E., Tisnerat-Laborde N., Elliot M., Douarin M., F. Mienis F., Frank N., Swingedouw D., Eynaud F. (2017) Modern and Holocene hydrological variations of the NE Atlantic inferred from Nd isotopic composition analyzed on seawater and deep-sea corals, 27th Goldschmidt Conference (Paris, France).
5. Ma R., Sepulcre S., Licari L., Bassinot F., Liu Z., Kallel N., Colin C. (2017) The glacial-Holocene evolution of water masses in the Bay of Bengal based on  $\delta^{18}\text{O}$  and  $\delta^{13}\text{C}$  analyses, 27th Goldschmidt Conference (Paris, France).
6. McGee D., C. Kinsley, C. Skonieczny, C. Hayes, G. Winckler. (2017). New constraints on Northern Hemisphere mineral dust emissions and transport during PMIP4, 25-29 septembre 2017, Stockholm, Sweden.
7. Pang X., F. Bassinot, S. Sepulcre (2017). Cleaning procedure effects on elements/Ca of planktonic foraminifera tests. Goldschmidt International Conference, Poster, Paris, Aug. 2017.
8. Sepulcre S., Tribondeau M., Bassinot F., Mojtahid M., Nardelli M. P., Dessandier P.-A., Bonnin J. (2017) Calibration of benthic foraminifera elemental ratios from the Northeastern Atlantic, 27th Goldschmidt Conference (Paris, France).
9. Siani G., E. Michel, N. Haddam, F. Lamy, R. De Pol-Holz, S. Duchamp-Alphonse. (2017). Timing of the last deglaciation in the South Eastern Pacific: sea-surface temperature and glacier dynamic reconstructions. PAGES (Past Global Changes), 5th Open Science Meeting, Zaragoza 9-13 mai 2017.
10. Skonieczny C., Bayon G., Schefuß E., Mollenhauer G., Thiéblemont D., Bouillon S., Toucanne S., Etoubleau J., Chéron S., Nonnotte P., Rouget M.-L., Ponzevera E., Germain Y., Dennielou B., Marret F. (2017) Combination of Organic and Inorganic Proxies for Hydroclimate Reconstruction of the Ogooué River Basin (Gabon, Gulf of Guinea) during the Last 25ka, 27th Goldschmidt Conference (Paris, France).
11. Skonieczny C., Bayon G., Schefuß E., Mollenhauer G., Toucanne S., Bouillon S., Thiéblemont D., Etoubleau J., Chéron S., Nonnotte P., Rouget M.-L., Germain Y., Ponzevera E., Dennielou B., Marret F. (2017) Simultaneous responses of organic carbon turnover and silicate weathering to past hydroclimate changes in Central Africa, Workshop on “Climate change in Africa: Evidence, mechanisms and Impacts Past and Present” (Marrakech, Maroc).
12. Tudryn A., Tucholka P., Gibert-Brunet E., Motavalli-Anbaran S.H., Lankarani M., Ahmady-Birgani H. (2017). Lake Urmia (NW Iran) environmental and climate changes during the Holocene inferred from the lake deposits; preliminary results, PAGES-OSM, 9-13 may 2017, Saragossa. Abstract book p. 157.
13. Yu Z., Colin C. (2017) Yttrium and rare earth element partitioning in seawaters from the Bay of Bengal, 27th Goldschmidt Conference (Paris, France).
14. Bazin L., Siani G., Landais A., Bassinot F., Genty D., Govin A., Michel E., Nomade S., Waelbroeck C. (2016). The last Deglaciation in the Mediterranean region : a multi-archive synthesis, EGU, Vienne, Autriche, 2016.
15. Bonneau L., Colin C., Pons-Branchu E., Douville E., Tisnerat-Laborde N., Dubois-Dauphin Q., Mienis F., Frank N. (2016) Holocene North Atlantic mid-depth gyre dynamics from Neodymium isotopic composition of cold water corals, Lucile ICP 2016, Pays-Bas, Poster.
16. Bonneau L., Colin C., Pons-Branchu E., Douville E., Tisnerat-Laborde N., Mienis F., Frank N. (2016) Holocene North Atlantic mid-depth gyre dynamics revisited, 26th Goldschmidt Conference (Yokohama, Japan).
17. Charbonnier G., Duchamp-Alphonse S., Adatte T., Föllmi K.B., Spangenberg J.E., Gardin S., Galbrun B., Colin C. (2016) Eccentricity paced monsoon-like system along the northwestern Tethyan margin during the Valanginian (Early Cretaceous): new insights from detrital and nutrient fluxes into the Vocontian Basin (SE France). EGU General Assembly 2016.
18. Duchamp-Alphonse S., Rouaud G., Siani G., Beaufort L., Gally Y., Michel E., (2016). Coccolithophore productivity in the Southern Ocean and CO<sub>2</sub> concentrations in the ocean-atmosphere system since the LGM: is there a link? – ICP12 Utrecht, 29 août -2 sept 2016.
19. Haddam N.A., Siani G., Elisabeth Michel. (2016). Sea Surface Temperature (SST) reconstructions for the last 20 KYR in the Southeast Pacific, using a new Southern Hemisphere Core-Tops Database of planktonic foraminifera sensus countings for SST reconstructions. 12th International Conference on Paleoceanography 29 August – 2 September 2016, Utrecht, the Netherland

20. Joussain R., Liu Z., Colin C., Bassinot F. (2016) Climatic control on sediment transport in the Bengal region during the Holocene. 26th Goldschmidt Conference (Yokohama, Japan).
21. Siani G., Kallel N., Paterne M., Isguder G., Essallami L., Duchamp- Alphonse S., Colin C. (2016). Centennial to millennial-scale hydrological changes in the southern Adriatic Sea since the Late Glacial period: relationships with the Mediterranean thermohaline circulation. 12th International Conference on Paleoceanography 29 August – 2 September 2016, Utrecht, the Netherland.
22. Siani G., Michel E., Haddam N., Duchamp-Alphonse S., De Pol-Holz E., Lamy F. (2016). Timing of South Eastern Pacific climatic changes since the last deglaciation: sea surface temperature and glacier dynamic reconstructions. SHAPE-SWEEP Joint Workshop November 2nd - 4th, 2016 | Santiago, Chile
23. Yu Z., Wan S., Colin C., Yan H., Bonneau L., Liu Z., Song L., Sun H., Xu Z., Jiang X., Li A., Li T. (2016) Co-evolution of monsoonal precipitation in East Asia and the tropical Pacific ENSO system since 2.36 Ma: New insights from high-resolution clay mineral records in the West Philippine Sea, AGU Fall meeting, December 2016 (Oral).
24. Joussain R., Liu Z.F., Colin C., Bassinot F. (2015). Climatic control on sediment transport in the Bengal region during the Holocene. Goldschmidt meeting, Yokohama, Japan. Poster.
25. Michel E., Siani G., Alain Mazaud, Martine Paterne, Tim deVries, Samuel Jaccard, Claire Waelbroeck, Xavier Crosta, Gulay Isguder, Fabien Dewilde, Ricardo De Pol-Holz, Luke Skinner, Catherine Kissel. (2015). Southern Ocean circulation changes across the last deglaciation: contribution from Marion-Dufresne cruises. Geophysical Research Abstracts Vol. 17, EGU2015-13550, EGU General Assembly 2015.
26. Tudryn A., Wagner C., Orberger B., Baptiste B., Wirth R., Morgan R. (2015). “Iron oxyhydroxides inclusions in dolomitic Banded Iron Formations (exemple from the Caue Formation, Quadrilatero Ferrifero, Brazil)”. 25th V.M. Goldschmidt Conference, Prague, Czech Republic, 16-21 August 2015.
27. Wu Q., Colin C., et al. (2015) News insights of the hydrology of the Northwestern subtropical Pacific Ocean from  $\epsilon\text{Nd}$  investigations of the South China Sea sediments, AGU Fall meeting, December 2015 (oral).
28. Charbonnier G., Duchamp-Alphonse S., Adatte T., Föllmi K.B., Spangenberg J.E., Colin C., Gardin S., Galbrun B. (2014), Orbital forcing as a driving force behind the Weissert Episode (Valanginian, Early Cretaceous): new insights from detrital and nutrients influxes into the Vocontian Basin. 19th ISC, Geneva, August 2014 (ORAL)
29. Colin C., Frank N., Dubois-Dauphin Q., Bonneau L., Montero-Serrano J.-C., Blamart D., Van Rooij D. (2014) - Millennial-scale influence of southern intermediate component water into the North-east Atlantic during the last 40 kyr, EGU2014, Vienne. (poster).
30. Dubois-Dauphin Q., Colin C., Bonneau L., Montero-Serrano J.-C., Blamart D., Van Rooij D., Frank B., (2014). Millennial-scale influence of southern intermediate component water into the North-east Atlantic during the last 40 kyr, 2DWC, 2014 (Oral)
31. Haddam, N., Siani G., Michel. E. (2014). Rôle de l’océan Austral dans les échanges de carbone depuis la dernière déglaciation : approche géochimique et micropaléontologique.. 24e réunion des science de la terre (RST) Pau, 27-31 octobre, 2014.
32. Joussain R., Liu Z., Colin C., 2014. Erosional history of the Himalayan ranges since the last 180 kyr: Clay mineralogical and geochemical investigations from the Bay of Bengal. AGU Fall Meeting, San Francisco, USA. Poster.
33. Siani G. (2014). The use of tephra layers for archive correlation and synchronisation in the Central Mediterranean. From Greenland to the Levantine: developing a tephra based framework for palaeoclimate correlation in the North Atlantic and Europe over the last 60,000 years“, INTIMATE Tephra Workshop, Pisa, April 25-26, 2014. Invited Speaker
34. Wu Q., Colin C., Liu Z., Thil F., Douville E., Frank N. (2014) -  $\epsilon\text{Nd}$  from seawater and sediments of the South China Sea and the Philippine Sea : implications for hydrology of the Pacific Ocean during the last 25 kyr , EGU, 2014, Vienne (poster)

35. Charbonnier G., Boulila S., Gardin S., Duchamp-Alphonse S., Adatte, T., Spangenberg, J., Föllmi, K., Colin C., Galbrun, B., (2013). Astronomical calibration of the Valanginian “Weissert” episode: the Orpierre marl-limestone succession (Vocontian Basin, southeastern France) - 1st International Congress on Stratigraphy (STRATI2013), 1-7 juillet 2013, Lisbonne (Spain). Oral
36. Duchamp-Alphonse S., Siani G., Beaufort, L., Michel, E., Isguder, G., Perochon, F., Rieux, A., (2013). Coccolithophore and foraminifera paleoproductivity changes related to wind-driven upwellings in the SE Pacific since the LGM - 11th International Conference on Paleoceanography, 1 – 6 September 2013, Barcelona - Sitges (Catalonia – Spain). Poster
37. Sepulcre S., Vidal L., Tachikawa K., Michel, E., Labeyrie L., Bard E. (2013). “Past changes in the Caribbean Sea water stratification inferred from the stable isotopes of planktonic and benthic foraminifera“. 11th International Conference on Paleoceanography, Poster, 1-6 september 2013, Sitges, Spain.
38. Siani G., Michel, E. De-Pol Holz, T.de Vries, R., Lamy, F. Isguder, G. (2013). Southern Ocean deglacial surface and intermediate reservoir 14C age changes and timing of three upwelling episodes. 11th International Conference on Paleoceanography, Poster, 1-6 september 2013, Sitges, Spain.

### 3- Ouvrages

Direction et coordination d'ouvrages / édition scientifique

#### Chapitres d'ouvrage

1. Bergonzini L., Williamson D., Albergel J. (2015). L'hydrologie et la limnologie autour du lac Tanganyika ». planche 2, pp 24-27 in : Atlas des pays du Nord-Tanganyika. Cazenave-Parrot A., Ndayirukiye S. & Valton C. Ed. Marseille, IRD Editions, 144p.
2. Jézéquel D., Michard G., Viollier E., Agrinier P., Albéric P., Lopes F., Abril G., Bergonzini L. (2016) Carbon cycle in a meromictic crater lake: Lake Pavin, France ». pp 185-203 chap 11 in : Lake Pavin: History, Geology, Biogeochemistry, and Sedimentology of a Deep Meromictic Maar Lake, Editors: Sime-Ngando, T., Boivin, P., Chapron, E., Jezequel, D. & Meybeck, M. Springer 2016, 406 p.

#### Séminaires invités

1. Colin C. (2017). The  $\epsilon\text{Nd}$  is it reliable proxy to reconstruct past hydrological changes of the Ocean, Qingdao, 12 September 2017.
2. Tudryn A. (2016). Late Quaternary climate archives and human impact on environment: Eurasian intracontinental basins, mai 2016.
3. Tucholka P. (2016). Planet Earth Climate; Past, present and future, some specific points, Teheran, mai 2016.
4. Colin C. (2015).  $\epsilon\text{Nd}$  of seawater and sediments from the South China Sea and West Pacific : implications for hydrology of the Pacific Ocean during the last 25 kyr, Qingdao, July 2015
5. Colin C. (2015).  $\epsilon\text{Nd}$  from deep-sea sediments and seawater : implications for North Atlantic intermediate and deep-water hydrology at different times scales, Tongji University, July 2015
6. Colin C. (2015).  $\epsilon\text{Nd}$  from deep-sea sediments and seawater : implications for North Atlantic intermediate and deep-water water hydrology at different times scales, Keynote lecture, FNRS day Geochemistry Group, Université Libre de Bruxelles, 29 May 2015.
7. Colin C. (2013). Neodymium isotopic composition of deep-sea corals from the Gulf of Cadix : Glacial advances of southern component water into the North-east Atlantic during the last 40 kyr, conference invité au Dept. of Geology and Soil Science, Ghent University, May 2013.
8. Siani G. (2014). The use of tephra layers for archive correlation and synchronisation in the Central Mediterranean. From Greenland to the Levantine: developing a tephra based framework for palaeoclimate correlation in the North Atlantic and Europe over the last 60,000 years“, INTIMATE Tephra Workshop, Pisa, April 25-26, 2014.

9. Siani G. (2014). Tephras and marine reservoir estimates. Marine Radiocarbon and the INTIMATE timescale: Workshop Meeting: 7th May, 2014. Burlington House, London, UK.

#### **4- Organisation de colloques / congrès**

Novembre 2017 : 5<sup>ème</sup> édition des journées climats et impacts. Programé les 29 et 30 novembre 2017 au Bâtiment des colloques de l'Université de Paris-Sud.

Co-organisateur : Christophe Colin et Christine Hatté.

Co-responsable session : S. Duchamp-Alphonse

Novembre 2016 : 4<sup>ème</sup> édition des journées climats et impacts (2016). 14 et 16 novembre 2016, Bâtiment des colloques de l'Université de Paris-Sud. 170 participants et 105 communications.

Co-organisateur : Christophe Colin et Christine Hatté.

Co-responsable session « Paléoclimats et paléoenvironnements anté-Quaternaire » : S. Duchamp-Alphonse, A. Landais, A. Govin.

Mars 2016 : Participation à l'organisation du 16<sup>ème</sup> colloque pluridisciplinaire d'Orsay intitulé "Histoires d'H<sub>2</sub>O". Co-organisateur : Christophe Colin et bureau de la division de la recherche.

Novembre 2014 : 3<sup>ème</sup> édition des journées climats et impacts (2014). 17 et 18 novembre 2014, Bâtiment des colloques de l'Université de Paris-Sud. 120 participants et 85 communications.

Co-organisateur : Christophe Colin et Martine Patterne.

#### **5- Produits et outils informatiques**

Logiciels

Bases de données

Outils d'aide à la décision

Outils présentés dans le cadre de compétitions de solveurs

#### **6- Développements instrumentaux et méthodologiques**

Prototypes et démonstrateurs

Plateformes et observatoires

#### **7- Autres produits propres à une discipline**

Créations artistiques théorisées /

Mises en scènes /

Films /

#### **8- Activités éditoriales**

Participation à des comités éditoriaux (journaux scientifiques, revues, collections, etc)

Direction de collections et de séries

#### **9- Activités d'évaluation**

### Évaluation d'articles et d'ouvrages scientifiques (relecture d'articles / reviewing)

Les membres de l'équipe évaluent des articles et ouvrages scientifiques (autour de 7 à 9 articles/an) soumis dans différentes revues : *Nature*, *G-Cubed*, *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology*, *Quaternary Science Reviews*, *Marine Geology*, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, *EPSL*, *Cretaceous Research*, *Aeolian Research*, *Climate of the Past*, *The Holocene*, *Quaternary Geochronology*.

### Évaluation de projets de recherche

Christophe Colin : Evaluation de projets de l'ANR et de l'INSU, Evaluation de projets internationaux pour la National Science Foundation (NSF, USA), Evaluation de projets de campagne en mer (Flotte Océanique Française).

Stéphanie Duchamp-Alphonse : Appels à Projets de l'ANR pour l'Accueil des Chercheurs de Haut Niveau (ACHN) ; Appels à Projets de la Flotte Océanique Française (Ifremer) pour la proposition de campagne à la mer.

Giuseppe Siani : Evaluation de projets internationaux pour la National Science Foundation (NSF, USA), Netherlands Organisation for Scientific Research, Hungarian Academy of Sciences Lendulet, Program, FONDECYT-Chili (Fondo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico) et CONICYT-Chili (Consejos Superiores de Ciencia y de Desarrollo Tecnológico). Evaluation de projets nationaux pour les programmes CNRS/INSU.

Sophie Sepulcre : Evaluation de projets pour l'INSU-LEFE (IMAGO et CYBER), Expertise de demande de campagne en mer pour l'IFREMER.

Évaluation de laboratoires (type Hcéres) : non

### Responsabilités au sein d'instances d'évaluation :

Sophie Sepulcre : Membre titulaire nommé au sein de la section 36 du Conseil National des Universités (2016-2019).

## 10- Contrats de recherche financés par des institutions publiques ou caritatives

Contrats européens (ERC, H2020, etc.) et internationaux (NSF, JSPS, NIH, Banque mondiale, FAO , etc.)

### Contrats nationaux (ANR, PHRC, FUI, INCA, etc.)

#### Projets ANR :

2014-2018 ANR HAMOC (Holocene North-Atlantic Gyres and Mediterranean Overturning dynamic through Climate Changes). PI de l'ANR Christophe Colin. La somme allouée au partenaire GEOPS sur l'ANR HAMOC a été de 98.59 k€ HT (PI C. Colin).

2012-2016 ANR MONOPOL (Paléo-variabilité de la mousson indienne). PI de l'ANR Franck Bassinot. La somme allouée au partenaire GEOPS sur l'ANR MONOPOL a été de 36.92 k€ HT (PI C. Colin).

2017-2021: Participation de S. Sepulcre au projet ANR-RECA (REconstructing the influence of Climate change on lAterite formation), Resp. Cécile Gautheron, Université Paris-Sud/GEOPS, 480 k€

#### Projets INSU :

2012-2014 : INSU-LEFE-CYBER : GeoFoBe (Géochimie des foraminifères benthiques, acquisition et préservation des signaux élémentaires et isotopiques), 21 k€ (PI S. Sepulcre).

2017-2019 : INSU-LEFE SEPORA : South-East Pacific Ocean Reservoir Age : Estimation des âges <sup>14</sup>C du réservoir océanique dans le SE Pacifique depuis de Dernier Maximum Glaciaire »). 16 k€ HT HT, (PI G. Siani)

2017-2019 : INSU-LEFE-IMAGO : Projet CITRON GLACE (Circulation InTeRmédiaire dans l'Océan iNdien depuis le dernier maximum GLACIairE), 30 k€ (PI S. Sepulcre).

2016-2018 : Participation (10%) au projet INSU-LEFE-IMAGO : Projet MAGICS (MAGnesium thermometer Improvement for assessing Climate Sensitivity), 32,7 k€ (PI S. Sepulcre).

2013-2016 : INSU-LEFE CHICO : CHILI COccolithes : Régime des westerlies et des fronts océaniques de l'Océan Pacifique Sud depuis le Dernier Maximum Glaciaire » - 16 k€ HT (PI S. Duchamp-Alphonse).

2018-2021 : INSU-LEFE AFROCLIM : Etude de la récurrence des périodes humides africaines au cours des deux derniers cycles climatiques à partir de l'analyse du signal éolien enregistré en Atlantique Tropical Nord-Est. 22,5K€ HT (PI C. Skonieczny).

2012-2016 : INSU-LEFE MADHO (Mediterranean Deltas in the HOlocene) : PI Marie Revel. La somme allouée au partenaire GEOPS a été de 2 K€ HT (PI C. Colin)

2012-2018 : INSU-LEFE COFIMED (CORal and FORam Investigation in the MEDiterranean Sea) : PI Eric Douville. La somme allouée au partenaire GEOPS a été de 4 K€ HT (PI C. Colin).

### Projets financés par l'Université de Paris-Sud et Paris-Saclay:

2016-2018 : Projet Moyens de Recherche Mutualisés (Université Paris Sud) pour l'entretien d'un LA-ICP-MS-HR sur 3 ans, 96 k€ (PI S. Sepulcre).

2016 : 14k€ auprès de l>IDEX Paris Saclay pour la mise en pace des TP dans le cadre du module Méthodes d'analyses pour les sciences de la Terre et de l'environnement décrit précédemment. (PI S. Sepulcre).

2012-2013 : Projet Attractivité (Université Paris Sud) pour l'achat de matériel pour une salle blanche classe 100, 21 k€ HT (PI S. Sepulcre).

### Autres projets financés :

2015 : 3k€ auprès de la fédération IPSL pour du matériel pour des TP géochimie en prévision du module créé en 2016 (PI S. Sepulcre).

2014 et 2015 : Financement de loupes binoculaires pour des travaux pratiques : 8k€ auprès du Labex L-IPSL (2014) et 18 k€ par l'UFR Sciences (2015), afin de monter des séances d'observation de microfossiles en L2 Sciences de la Terre et L3 Biologie. (PI S. Sepulcre).

2012-2013 : Co-Financement par le Labex L-IPSL d'une salle blanche classe 100, 40 k€ HT (PI S. Sepulcre)

### Contrats avec les collectivités territoriales

#### Contrats financés dans le cadre du PIA

### Contrats financés par des associations caritatives et des fondations (ARC, FMR, FRM, etc.)

Projet FATES (FAst climate changes, new Tools to understand and simulate the evolution of the Earth System) de la Fondation BNP Paribas 2014-2016. PI : V. Masson-Delmotte, P. Braconnot, C. Colin, C. François, C. Hatté et M. Sourdeval. Ce projet a permis le co-financement d'un élément-XR (ICPMS-HR) et de l'ECHO-Micadas et l'étude de la dernière transition climatique. La somme allouée au partenaire GEOPS pour le co-financement de l'élément-XR a été de 100 k€ HT (PI C. Colin).

## 11- Post-doctorants et chercheurs seniors accueillis

### Post-doctorants

Lucile Bonneau : Etude de la composition isotopique du Nd de coraux profonds de l'Atlantique Nord. Financement de 12 mois de salaire de post-doc en 2015 - ANR HAMOC. Encadrement: C. Colin (100%)

Wu Qiong : Etude de la composition isotopique du Sr et du Nd des sédiments de la mer de Chine du Sud : restitution des sources et de la dynamique sédimentaire actuelle de la marge NE de la mer de Chine du Sud. Financement Tongji University. 6 mois de séjour en France en 2016. Encadrement: C. Colin (50%) et Z. Liu (50%).

Claudia Aracena : *Évolution postglaciaire de la Paléoproduktivité au large de la Patagonie Centrale*. Financement CONICYT dans le cadre de l'action ECOSUD séjour de 2 mois mars-mai 2016. Encadrement: G. Siani (50%),R. De Pol-Holz (50%).

Lucie BAZIN : *Developing and testing integrated, multi-archive chronologies to improve our understanding of past, rapid climate changes and bifurcations*. Financement Labex-IPSL de 12 mois de salaire de post-doc en 2015. Encadrement: G. Siani (50%),A.Landais (50%).

### Chercheurs seniors accueillis :

Yu Zhaojie (Key Laboratory of Marine Geology and Environment, Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao) : Chercheur invité d'un mois à GEOPS en juin 2018. Financement Chinois (C. Colin).

Wu Qiong (Hohai University, Nanjing) : Chercheur invité de trois mois à GEOPS en septembre-novembre 2017. Financement Chinois et LIA MONOCL (C. Colin).

Zhaokai Xu (Key Laboratory of Marine Geology and Environment, Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao) : Chercheur invité d'un mois à GEOPS en octobre 2016. Financement Chinois (C. Colin).

Ricardo De Pol-Holz (Université de Magallanes, Punta Arenas, Chili) Chercheur invité un mois à GEOPS en octobre 2016. Financement ECOSUD (G.Siani).

Paolo Montagna (Institute of Marine Sciences ISMAR, CNR, Bologne) : Chercheur invité d'un mois à GEOPS en mai 2015. Financement OSUPS (C. Colin).

Paolo Montagna (Institute of Marine Sciences ISMAR, CNR, Bologne) : Chercheur invité d'un mois à GEOPS en avril 2014. Financement Université de Paris-Sud (C. Colin).

Liu Zhifei (Key state laboratory of Marine Geology, Tongji University, Shanghai) : Chercheur invité d'un mois à GEOPS en janvier 2013. Financement Université de Paris-Sud et LIA MONOCL (C. Colin).

## 12- Indices de reconnaissance

Prix

Distinctions

Appartenance à l'IUF

### Responsabilités dans des sociétés savantes :

Christophe Colin a été de 2011 à 2016, membre du comité recherche du Labex L-IPSL (Institut Pierre Simon Laplace) impliquant 8 laboratoires (LATMOS, LISA, LMD, LOCEAN, LPMAA, LSCE IDES, SYSPHE), et co-responsable du WP5 intitulé « The risks of abrupt unpredictable climate evolutions » du projet L-IPSL de 2012-2014. De 2014 à 2016, il a été responsable de ce WP5.

Stéphanie Duchamp-Alphonse est membre du comité de recherche du Labex-L-IPSL depuis 2016 et jusqu'à septembre 2018 (date à laquelle le Labex est inclus dans l'EUR (Ecole Universitaire de Recherche) de l'IPSL.

### Invitations à des colloques / congrès à l'étranger

1. Colin C. (2017). Reconstruction of past North Atlantic hydrology at different times scales from  $\epsilon\text{Nd}$  analyzed in deep-sea sediments and seawater, Keynote lecture, Académie des Sciences de Bruxelles, 2017 Annual Scientific Workshop BELQUA, Friday 10 March 2017.
2. Colin C. (2017). Reconstruction of past North Atlantic deep-water hydrology at different times scales from  $\epsilon\text{Nd}$  analysed in deep-sea sediments and seawater, 3rd Deep-Water Circulation Conference (2017), College of Marine Science and Technology, China University of Geosciences (Wuhan), 16 September

2017.

### Séjours dans des laboratoires étrangers :

2017-2018 : Charlotte Skonieczny réalise des séjours invités au Lamont Doherty Earth Observatory (Columbia University, New York) dans le cadre du projet NSF 292-7597 intitulé « Collaborative research : insights into North African climate variability over the last 1.1 million years from dust fluxes and leaf wax isotopes. (PI: David McGee, MIT & Gisela Winckler, LDEO).

2016-2019 : Giuseppe Siani et Stéphanie Duchamp-Alphonse sont membres du programme de coopération ECOS Sud-CONICYT (Chili) : « Impact des changements de circulation et de la fonte des calottes patagoniennes sur la régulation du CO<sub>2</sub> atmosphérique par l’Océan Austral ». Porteurs du Projet : G. Siani et R. De Pol-Holz (NMPHS-UdeC, Université de Concepción, Chili).

Séjour invité de Christophe Colin au Key State Laboratory of Marine Geology (Tongji University, Shanghai, China) du 1 juillet 2016 au 30 août 2016.

Christophe Colin et Stéphanie Duchamp-Alphonse ont été de 2010 à 2018 membre d'un LIA (laboratoire sans frontière) avec la Chine (Shanghai). LIA (MONOCL: Monsoon, Ocean and Climate). (Université de Tongji/Shanghai - IGG/CAS/Pékin - IDES/UPS - LSCE). Christophe Colin a été le PI du partenaire GEOPS/UPS. Ce projet a permis de nombreux séjours courts en Chine (environ 1 à 2 par an).

Depuis 2016 : Christophe Colin est membre du laboratoire international associé (LIA D3E).

## II - INTERACTION AVEC L’ENVIRONNEMENT, IMPACTS SUR L’ECONOMIE, LA SOCIETE, LA CULTURE, LA SANTE

### 1- Brevets, licences et déclarations d’invention

Brevets déposés

Brevets acceptés

Brevets licenciés

Déclaration d’invention

### 2- Interactions avec les acteurs socio-économiques

Contrats de R&D avec des industriels

Bourses Cifre

Créations de laboratoires communs avec une / des entreprise(s)

Création de réseaux ou d’unités mixtes technologiques

Créations d’entreprises, de *start-up*

### 3- Activités d’expertise scientifique

#### Activités de consultant

En 2014 : S. Duchamp-Alphonse a été conseillère éditoriale aux Editions Art Gallery France, Sélection du Reader’s Digest « les forces extraordinaires de la nature », pour la mise à jour de l’ouvrage « Les Humeurs du temps » (2015).

Participation à des instances d'expertise (type Anses) ou de normalisation

Expertise juridique

#### 4- Rapports d'expertises techniques, produits des instances de normalisation

#### 5- Produits destinés au grand public

Émissions radio, TV, presse écrite

Produits de vulgarisation : articles, interviews, éditions, vidéos, etc.

#### Produits de médiation scientifique

En 2017 : Participation de C. Colin à l'élaboration d'une exposition intitulé "La vie d'un échantillon - L'étude des climats passés pour comprendre le changement climatique" (Projet FATES - BNP Paribas). Exposé du 22 mars au 23 juin 2017 à la Bibliothèque de la maison Paris Nature du Parc Floral (Paris).

En 2017 : Participation de C. Colin à l'élaboration d'une exposition intitulé "ils remontent le temps" basé sur plusieurs missions océanographiques qui se sont déroulées en 2016 (dont la Campagne Mingulay-Rockall) (Financement de la Diagonale Paris-Saclay).

#### Débats science et société

En 2017 : Participation de C. Colin à l'organisation d'une journée scientifique grand public sur la vitesse du changement climatique (Projet FATES - BNP Paribas) à la cité des sciences et de l'industrie (La Villette).

### III - IMPLICATION DANS LA FORMATION PAR LA RECHERCHE

#### 1- Produits des activités pédagogiques et didactiques

Ouvrages

#### 2- Productions scientifiques (articles, ouvrages, etc.) issues des thèses :

##### Articles :

1. Yu Z., Wan S., Colin C., Song L., Zhao D., Huang J., Sun H., Xu Z., Li A., Li T. (2018) – ENSO-Like modulated tropical Pacific climate changes since 2.36 Myr and its implication for the middle Pleistocene Transition. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 19(2):415-426
2. Charbonnier G., Morales C., Duchamp-Alphonse S., Westermann S., Adatte T., Föllmi K.B. (2017). Mercury enrichment indicates volcanic triggering of Valanginian Environmental Change. *Scientific Report*, 7:article number: 40808.
3. Dubois-Dauphin Q., Colin C., Bonneau L., Montagna P., Wu Q., Van Rooij D., Reverdin G., Douville E., Thil F., Waldner A., Frank N. (2017), Fingerprinting Northeast Atlantic water masses using Neodymium isotopes, *Geochimica et Cosmochimica Acta* 210 (2017) 267–288.
4. Dubois-Dauphin Q., Montagna P., Siani G., Douville E., Wienberg C., Hebbeln D., Liu Z., Kallel N., Dapoigny A., Revel M., Pons-Branchu E., Colin C. (2017), Hydrological variations of the intermediate water masses of the western Mediterranean Sea during the past 20 ka inferred from neodymium isotopic composition in foraminifera and cold-water corals, *Climate of the Past*, 13, 17-37.
5. Joussain R., Liu Z., Colin C., Duchamp-Alphonse S., Moréno E., Fournier L., Zaragosi S., Dapoigny A., Meynadier L., Bassinot F. (2017) Link between Indian monsoon rainfall and physical erosion in the Himalayan system during the Holocene. *G-Cubed*, 18, 3452-3469, DOI: 10.1002/2016GC006762.

6. Shiming Wan., Peter Clift, Debo Zhao, Niels Hovius, Jie Huang, Yinxi Wang, Zhifang Xiong, Zhaojie Yu, Anchun Li, Tiegang Li. (2017), Enhanced silicate weathering of tropical shelf sediments exposed during glacial lowstands: a sink for atmospheric CO<sub>2</sub>. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 200, 123-144.
7. Wan S., Clift P.D., Zhao D., Hovius N., Munhoven G., France-Lanord C., Wang Y., Xiong Z., Huang J., Yu Z., Zhang J., Ma W., Zhang G., Li A., Li T. (2017). Enhanced silicate weathering of tropical shelf sediments exposed during glacial lowstands : a sink for atmospheric CO<sub>2</sub>. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 200:123-144 (IF 4,870).
8. Wu Q., Colin C., Liu Z., Bassinot F., Dubois-Dauphin Q., Douville E., Thil F., Siani G. (2017) - Foraminiferal Nd in the deep north-western subtropical Pacific Ocean: Tracing changes in weathering input over the last 30,000 years, *Chemical Geology*, 470, 55-66.
9. , Douville E., Meynadier L., Duchamp-Alphonse S., Sepulcre S., Wan S., Song L., Wu Q., Xu Z., Bassinot F. (2017). Yttrium and Rare Earth Elements partitioning in seawaters from the Bay of Bengal; *Geochemistry, G Yu Z., Colin C.* *geophysics, Geosystems*, doi:10.1002/2016GC006749.
10. Yu Z., Colin C., Meynadier L., Douville E., Wu Q., Wan S., Song L., Xu Z., Bassinot F., (2017) - Seasonal variations in dissolved neodymium isotope composition in the Bay of Bengal, *EPSL*, 479, 310-321.
11. Dubois-Dauphin Q., Bonneau L., Colin C., Montero-Serrano J.C., Montagna P., Blamart D., Hebbeln D., Van Rooij D., Pons-Branchu E., Hemsing F., Wefing A.M., Frank N. (2016). South Atlantic intermediate water advances into the North-east Atlantic with reduced Atlantic meridional overturning circulation during the last glacial period. *Geochemistry Geophysics Geosystems*, 17(6):2236-2353.
12. Fournier L., Fauquembergue K., Zaragosi S., Zorzi C., Malaizé B., Bassinot F., Joussain R., Colin C., Moreno E., Leparmentier F. (2016). The Bengal fan: External controls on the Holocene active channel turbidite activity. *The Holocene*, 1-14.
13. Haddam NA., Michel E., Siani G., Cortese G., Bostock H., Duprat J.M., Isguder G. (2016). Improving past sea surface temperature reconstructions from the Southern Hemisphere oceans using planktonic foraminiferal census data. *Paleoceanography*, 31(6) :822-837.
14. Joussain R., Colin C., Liu Z., Meynadier L., Fournier L., Fauquembergue K., Zaragosi S., Schmidt F., Rojas V., Bassinot F. (2016). Climatic control of sediment transport from the Himalayas to the proximal NE Bengal Fan during the last glacial-interglacial cycle. *Quaternary Science Reviews*, 148:1-16
15. Wan S.M., Toucanne S., Clift P., Zhao D., Bayon G., Yu Z.J., Cai G.D., Yin X.B., Révillon S., Wang D.W., Li A.C., Li T.G. (2015). “Human impact overwhelms long-term climate control of weathering and erosion in southwest China”. *Geology*, 43(5):439-442.
16. Charbonnier G., Duchamp-Alphonse S., Adatte T., Föllmi K.B., Spangenberg J.E., Gardin S., Galbrun B., Colin C. (2016). Eccentricity paced monsoon-like system along the northwestern Tethyan margin during the Valanginian (Early Cretaceous) : new insights from detrital and nutrient fluxes into the Vocontian Basin (SE France). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 443:145-155.
17. Yu Z., Wan S., Colin C., Yan H., Bonneau L., Liu Z., Song L., Sun H., Xu Z., Jiang X., Li A., Li T. (2016). Co-evolution of monsoonal precipitation in East Asia and the tropical Pacific ENSO system since 2.36 Ma: new insights from high-resolution clay mineral records in the West Philippine Sea. *EPSL*, 446 :45–55.
18. Wu Q., Colin C., Liu Z., Douville E., Dubois-Dauphin Q., Frank N. (2015). New insights into hydrological exchange between the South China Sea and the western Pacific Ocean based on the Nd isotopic composition of seawater. *Deep-Sea Research*, 122:25-40.
19. Wu Q., Colin C., Liu Z., Thil F., Dubois-Dauphin Q., Frank N., Tachikawa K., Bordier L., Douville E. (2015). Neodymium isotopic composition in foraminifera and authigenic phases of the South China Sea sediments: implications for the hydrology of the North Pacific Ocean over the past 25 kyr, *Geochemistry, Geophysics and Geosystems*, 16(11):3883-3904.
20. Boulila S., Charbonnier G., Galbrun B., Gardin S. (2015). « Climatic precession is the main driver of Early Cretaceous sedimentation in the Vocontian Basin (France) : Evidence from the Valanginian Orpierre succession ». *Sedimentary Geology*, 324:1-11.
21. Zhang Q., Chen M.H., Liu J.G., Yu Z.J., Zhang L.L., Xiang R. (2015). “Clay mineral assemblages at IODP Site U1340 in the Bering Sea and their paleoclimatic significance”. *Science China-Earth Sciences*, 58(5):707-717.

22. Zhao D.B., Wan S.M., Yu Z.J., Huang J. (2015). “Distribution, enrichment and sources of heavy metals in surface sediments of Hainan Islands rivers, China”. *Environmental Earth Sciences*, 74(6):5097-5110.
23. Dera G., Prunier J., Smith P.L., Haggart J.W., Popov E., Guzhov A., Rogov M., Delsate D., Thies D., Cuny G., Pucéat E., Charbonnier G., Bayon G. (2014). “Nd isotope constraints on ocean circulation, paleoclimate, and continental drainage during the Jurassic breakup of Pangea”. *Gondwana Research*, 27(4):1599-1615.
24. Dera G., Prunier J., Smith P.L., Haggart J.W., Popov E., Guzhov A., Rogov M., Delsate D., Thies D., Cuny G., Pucéat E., Charbonnier G., Bayon G. (2014). “Nd isotope constraints on ocean circulation, paleoclimate, and continental drainage during the Jurassic breakup of Pangea”. *Gondwana Research*, 27(4):1599-1615
25. Revel M., Colin C., Bernasconi S., Combourieu-Nebout N., Ducassou E., Grousset F.E., Rolland Y., Migeon S., Bosch D., Brunet P., S., Yu Z., Mascle J. (2014). 21,000 years of Ethiopian African monsoon variability recorded in sediments of the western Nile deep-sea fan. *Regional Environmental Change*, 14(Special Issue 5):1685-1696.
26. Charbonnier G., Boulila S., Gardin S., Duchamp-Alphonse S., Adatte T., Jorge E., Spangenberg J., Föllmi K., Colin C., Galbrun B (2013) Astronomical calibration of the Valanginian "Weissert" episode: the Orpierre marl-limestone succession (Vocontian Basin, southeastern France, *Cretaceous Research*, 45:25-42.

### Congrès

1. Colin C., Lucile Bonneau, Edwige Pons-Branchu, Nadine Tisnerat, Furu Mienis, Norbert Frank, Quentin Dubois-Dauphin, Mohamed Ayache, Didier Swingedouw, Frédérique Eynaud, Jean-Claude Dutay, Mary Elliot, Dominique Blamart, Arnaud Dapoigny, Tim Collart, Eric Douville (2018). Past hydrological and cold water coral growth variations at the SW Rockall Trough margin (NE Atlantic) during the Holocene. EGU, 8-13 avril 2018, Vienne Autriche.
2. Elliot M., Colin C., Melanie Douarin, Edwige Pons-Branchu, Nadine Tisnerat, Dominique Blamart, Quentin Dubois-Dauphin, Norbert Frank, Arnaud Dapoigny, Lorna Foliot, and Eric Douville (2018). Onset and demise of coral reefs, relationship with regional ocean circulation on the Wyville Tompson Ridge. EGU, 8-13 avril 2018, Vienne Autriche.
3. Siani G., E. Michel, N. Haddam, F. Lamy, R. De Pol-Holz, S. Duchamp-Alphonse (2018). Timing of the last deglaciation in the South Eastern Pacific: sea-surface temperature and glacier dynamic reconstructions. Colloque Q11 sur le Quaternaire, 13-15 Février 2018 – Orléans.
4. Colin C., Bonneau L., Dubois-Dauphin Q., Pons-Branchu E., Douville E., Tisnerat-Laborde N., Elliot M., Douarin M., F. Mienis F., Frank N., Swingedouw D., Eynaud F. (2017) Modern and Holocene hydrological variations of the NE Atlantic inferred from Nd isotopic composition analyzed on seawater and deep-sea corals, 27th Goldschmidt Conference (Paris, France).
5. Liu Z., Zhao Y., Zhang Y., Colin C., Wu Q., Lin S., Zhao S., Wen K., Zhang X. (2017) Tracing seasonal variation of suspended sediment provenances in the South China Sea using time-series sediment trap samples, 27th Goldschmidt Conference (Paris, France).
6. Ma R.F., S. Sepulcre, L. Licari, F. Bassinot, Z. Liu, N. Kallel, C. Colin, The glacial-Holocene evolution of water masses in the Bay of Bengal based on  $\delta^{18}\text{O}$  and  $\delta^{13}\text{C}$  analyses, Goldschmidt International Conference, Poster, Paris, Aug. 2017.
7. Michel E.; N. Haddam; Siani G., F. Dewilde (2017). Southern Ocean deep water changes during the last deglaciation: Antarctic divergence upwelling and AAIW formation in the South-East Pacific sector. PAGES (Past Global Changes), 5th Open Science Meeting, Zaragoza 9-13 mai 2017.
8. Michel E.; N. Haddam; Siani G.; F. Dewilde. Southern Ocean deep water changes during the last deglaciation: Antarctic divergence upwelling and AAIW formation in the South-East Pacific sector. PAGES (Past Global Changes), 5th Open Science Meeting, Zaragoza 9-13 mai 2017.
9. Montagna P.; N. Tisnerat-Laborde; E. Douville; E. Pons-Branchu; C. Colin; Siani G.; Q. Dubois-Dauphin; Marco Taviani Deep-water coral geochemistry reveals large changes in ventilation of the Mediterranean intermediate waters during the Holocene. PAGES (Past Global Changes), 5th Open Science Meeting, Zaragoza 9-13 mai 2017.
10. Pang X., F. Bassinot, S. Sepulcre, Cleaning procedure effects on elements/Ca of planktonic foraminifera tests, , Goldschmidt International Conference, Poster, Paris, Aug. 2017.

11. Rojas V., Meynadier L., Colin C., Yu Z., Joussain R., Bassinot F., Coge. A. (2017) Influence of particle-released Nd in the seawater  $\epsilon$ Nd signal of the proximal Bay of Bengal during interglacial periods, 27th Goldschmidt Conference (Paris, France).
12. Siani G., E. Michel, N. Haddam, F. Lamy, R. De Pol-Holz, S. Duchamp-Alphonse. (2017). Timing of the last deglaciation in the South Eastern Pacific: sea-surface temperature and glacier dynamic reconstructions. PAGES (Past Global Changes), 5th Open Science Meeting, Zaragoza 9-13 mai 2017.
13. Yu Z., Colin C. (2017) Yttrium and rare earth element partitioning in seawaters from the Bay of Bengal, 27th Goldschmidt Conference (Paris, France).
14. Bonneau L., Colin C., Pons-Branchu Douville E., Tisnerat-Laborde N., Dubois-Dauphin Q., Mienis F., Frank N. (2016) Holocene North Atlantic mid-depth gyre dynamics from Neodymium isotopic composition of cold water corals, Lucile ICP 2016, Pays-Bas, Poster.
15. Bonneau L., Colin C., Pons-Branchu E., Douville E., Tisnérat-Laborde N., Dubois-Dauphin Q., Mienis F., Frank N. (2016) Dynamique des gyres Nord-Atlantique à partir de la composition isotopique en Nd des coraux profonds du chenal de Rockall. Journées scientifiques Climat et Impacts 15 et 16 Novembre 2016 Université Paris-Sud, Orsay, Oral.
16. Dubois-Dauphin Q., Montagna P., Siani G., Douville E., Wienberg C., Hebbeln D., Liu Z., Kallel N., Dapoigny A., Revel M., Pons-Branchu E., Colin C. (2016) Hydrological variations of the intermediate water masses of the western Mediterranean Sea during the past 20 ka inferred from neodymium isotopic composition in foraminifera and cold-water corals. Journées scientifiques Climat et Impacts 15 et 16 Novembre 2016 Université Paris-Sud, Orsay, Poster.
17. Haddam N., Michel E., Siani G. (2016) Austral Ocean role in CO<sub>2</sub> exchanges since the last 20 kyr, evidence from benthic and planktonic foraminifera accumulation rates and faunal variations. Foraminifera and Nannofossils From life strategies to the geological record, 19th-24th June 2016, Angers
18. Haddam N., Siani G., Michel E. (2016) Sea-Surface Temperature gradient reconstruction for the last 20 kyr in the Southeast Pacific using planktonic foraminifera census counting. Foraminifera and Nannofossils From life strategies to the geological record, 19th-24th June 2016, Angers.
19. Haddam N.A., Siani G., Elisabeth Michel. (2016). Sea Surface Temperature (SST) reconstructions for the last 20 KYR in the Southeast Pacific, using a new Southern Hemisphere Core-Tops Database of planktonic foraminifera sensus countings for SST reconstructions. 12th International Conference on Paleooceanography 29 August – 2 September 2016, Utrecht, the Netherland
20. Joussain R., Colin C., Liu Z., Duchamp-Alphonse S., Moréno E., Fournier L., Zaragosi S., Dapoigny A., Meynadier L., Bassinot F. (2016) Impacts du climat sur l'érosion et le transport des sédiments au cône-sous marin du Bengale durant l'Holocène. Journées scientifiques Climat et Impacts 15 et 16 Novembre 2016 Université Paris-Sud, Orsay, Poster.
21. Joussain R., Liu Z., Colin C., Bassinot F. (2016) Climatic control on sediment transport in the Bengal region during the Holocene. 26th Goldschmidt Conference (Yokohama, Japan).
22. Montagna P., Douville E., Tisnérat-Laborde N., Pons-Branchu E., Colin C., Dubois-Dauphin Q., Taviani M. (2016) Mediterranean intermediate water variability during the Holocene reconstructed through the geochemistry of deep-sea corals. Journées scientifiques Climat et Impacts 15 et 16 Novembre 2016 Université Paris-Sud, Orsay, Oral.
23. Sepulcre S., Bassinot F., Licari L., Colin C., Tisnérat-Laborde N., Ma R.F., Pang X., Dang H., Blamart D., de Garidel-Thoron T. (2016) Géochimie élémentaire et isotopique dans les tests de foraminifères benthiques et planctoniques : projets magics et citron glace. Journées scientifiques Climat et Impacts 15 et 16 Novembre 2016 Université Paris-Sud, Orsay, Poster.
24. Siani G., Michel E., Haddam N., Duchamp-Alphonse S., De Pol-Holz E., Lamy F. (2016). Timing of South Eastern Pacific climatic changes since the last deglaciation: sea surface temperature and glacier dynamic reconstructions. SHAPE-SWEEP Joint Workshop November 2nd - 4th, 2016 | Santiago, Chile
25. Yu Z., Colin C., Clift P. (2016) Impacts of the Indian monsoon rainfall and sea-level changes on erosion and sediment transport to the Indus fan during the Quaternary-Preliminary results. Journées scientifique IODP-France, Paris, Décembre 2016.

26. Yu Z., Colin C., Douville E., Duchamp-Alphonse S., Sepulcre S., Bassinot F. (2016). Seasonal distribution of dissolved neodymium concentrations and  $\epsilon Nd$  in the Bay of Bengal. ICP12 Utrecht, 29 août -2 sept 2016.
27. Yu Z., Colin C., Douville E., Meynadier L., Duchamp-Alphonse S., Sépulcre S., Wan S., Song L., Wu Q., Xu Z., Bassinot F. (2016) Yttrium and rare earth element partitioning in seawaters from the Bay of Bengal : new insights into the influence of river inputs. Journées scientifiques Climat et Impacts 15 et 16 Novembre 2016 Université Paris-Sud, Orsay, Oral.
28. Yu Z., Wan S., Colin C., Yan H., Bonneau L., Liu Z., Song L., Sun H., Xu Z., Jiang X., Li A., Li T. (2016) Co-evolution of monsoonal precipitation in East Asia and the tropical Pacific ENSO system since 2.36 Ma. Journées scientifiques Climat et Impacts 15 et 16 Novembre 2016 Université Paris-Sud, Orsay, Poster.
29. Yu Z., Wan S., Colin C., Yan H., Bonneau L., Liu Z., Song L., Sun H., Xu Z., Jiang X., Li A., Li T. (2016) Co-evolution of monsoonal precipitation in East Asia and the tropical Pacific ENSO system since 2.36 Ma: New insights from high-resolution clay mineral records in the West Philippine Sea, AGU Fall meeting, December 2016 (Oral).
30. Douarin, M., Q. Dubois-Dauphin, M. Elliot, E. Pons-Branch, Colin C., D. Blamart, D. Long (2015). "Holocene Changes in North-East Atlantic sea surface hydrology derived from cold-water corals" présentation orale aux journées de paléocéanographie, Brest, France, 4-6 février 2015.
31. Dubois-Dauphin Q., Colin C., Bonneau L., Montero-Serrano J.-C., Montagna P., Blamart D., Van Rooij D., Frank N. (2015) Hydrological changes of the NE Atlantic from Nd isotopic composition analyzed on seawater and deep-sea corals, 15ème Congrès Français de Sédimentologie, Octobre 2015, Chambéry.
32. Dubois-Dauphin Q., Colin C., Montagna P., Douville E., Fink H., Hebbelen D., Frank N., Siani G. (2015) Past Mediterranean Sea circulation since the last Glacial time inferred from Nd isotopic composition analyzed on Deep-sea corals, 15ème Congrès Français de Sédimentologie, Octobre 2015, Chambéry.
33. Dubois-Dauphin Q., Colin C., Montagna P., Douville E., Fink H., Hebbelen D., Frank N., Siani G., RST, 2014, Nd isotopes for tracking past circulation in the Mediterranean Sea (Oral).
34. Fournier L., Fauquembergue K., Zaragosi S., Malaize B., Bassinot F., Leparmentier F., Colin C., Joussain R., Kissel C., Moreno E., De Garidel-Thoron T. (2015) Histoire sédimentaire Holocène du système turbiditique du Gange-Brahmapoutre (Baie du Bengale), 15ème Congrès Français de Sédimentologie, Octobre 2015, Chambéry.
35. Fournier L., Zaragosi S., Fauquembergue K., Bassinot F., Leparmentier F., Malaize B., Joussain R., Moreno E., Kissel C., De Garidel-Thoron T., Martinez P., Colin C. (2015) Ganges-Brahmapoutre turbidite system : architecture and modern sedimentary records in the Bay of Bengal, XIX INQUA 2015, Nagoya, Japan.
36. Joussain R., Colin C., Liu Z., Bassinot F. (2015) Etude des interactions climat – érosion à partir d'une approche couplant minéralogie et géochimie des sédiments du dernier cycle climatique de la partie proximale du cône sous-marin du Bengale, 15ème Congrès Français de Sédimentologie, Octobre 2015, Chambéry.
37. Joussain R., Colin C., Liu Z.F., Bassinot F., 2015. Dynamique de l'érosion des chaînes Himalayennes et Indo-Birmanes au cours du dernier cycle climatique (180-0 Ka). ASF meeting, Chamonix, France, Oral presentation.
38. Joussain R., Liu Z.F., Colin C., Bassinot F., 2015. Climatic control of sediment transport from the Himalayas to the proximal NE Bengal Fan during the last glacial-interglacial cycle. 8th International Workshop on the Fluvial Sediment Supply to the South China Sea. Hanoi, Vietnam. Oral presentation.
39. Joussain R., Liu Z.F., Colin C., Bassinot F., 2015. Climatic control on sediment transport in the Bengal region during the Holocene. Goldschmidt meeting, Yokohama, Japan. Poster.
40. Michel E., Siani G., Mazaud A., Van der Putten N., Paterne M., Haddam N., Jaccard S., Isguder G., Dewilde F., de Vries T., Verbruggen C., Björck S., Waelbroeck C., De Pol-Holz R., Kissel C. (2015). Ocean regulation of atmospheric carbon dioxide : timing of atmosphere-ocean reorganization, and CO<sub>2</sub> outgassing during last deglaciation. Our Common Future Under Climate Change, International Scientific Conference 7-10 JULY 2015 Paris, France.

41. Wu Q., Colin C., et al. (2015) News insights of the hydrology of the Northwestern subtropical Pacific Ocean from  $\epsilon$ Nd investigations of the South China Sea sediments, AGU Fall meeting, December 2015 (oral).
42. Charbonnier G., Duchamp-Alphonse S., Adatte T., Föllmi K.B., Spangenberg J.E., Colin C., Gardin S., Galbrun B. (2014), Orbital forcing as a driving force behind the Weissert Episode (Valanginian, Early Cretaceous): new insights from detrital and nutrients influxes into the Vocontian Basin. 19th ISC, Geneva, August 2014
43. Charbonnier G., Boulila S., Gardin S., Duchamp-Alphonse S., Adatte, T., Spangenberg, J., Föllmi, K., Colin C., Galbrun, B., (2013). Astronomical calibration of the Valanginian “Weissert” episode: the Orpierre marl-limestone succession (Vocontian Basin, southeastern France) - 1st International Congress on Stratigraphy (STRATI2013), 1-7 juillet 2013, Lisbonne (Spain). Oral
44. Charbonnier G., Boulila S., Gardin, S., Duchamp-Alphonse S., Adatte T., Spangenberg J., Föllmi K., Colin C., Galbrun B., (2013). Astronomical calibration of the Valanginian “Weissert” episode: the Orpierre marl-limestone succession (Vocontian Basin, southeastern France) - Congrès Français de Sédimentologie, 5 – 7 Novembre, Cité des Sciences, Porte de la Villette, Paris (France). Oral
45. Charbonnier G., Duchamp-Alphonse S., Adatte T., Föllmi K.B., Spangenberg J.E., Colin C., Gardin S., Galbrun B. (2014), Orbital forcing as a driving force behind the Weissert Episode (Valanginian, Early Cretaceous): new insights from detrital and nutrients influxes into the Vocontian Basin. 19th ISC, Geneva, August 2014 (ORAL)
46. Charbonnier G., Duchamp-Alphonse S., Adatte T., Föllmi K.B., Spangenberg J.E., Colin C., Gardin S., Galbrun B. (2014), Orbital forcing as a driving force behind the Weissert Episode (Valanginian, Early Cretaceous): new insights from detrital and nutrients influxes into the Vocontian Basin. 19th ISC, Geneva, August 2014 (ORAL)
47. Colin C., Frank N., Dubois-Dauphin Q., Bonneau L., Montero-Serrano J.-C., Blamart D., Van Rooij D. (2014) - Millennial-scale influence of southern intermediate component water into the North-east Atlantic during the last 40 kyr, EGU2014, Vienne. (poster).
48. Douarin, M., Dubois-Dauphin Q., Elliot M., Pons-Branchu E., Colin C., Blamart D., Long D. (2014) : “Changes in Holocene sea surface hydrology from North Atlantic cold-water corals” poster présenté aux Journées Climat et Impacts de l’Université de Paris-Sud, Orsay, France, 17-18 novembre 2014
49. Douarin, M., Q. Dubois-Dauphin, M. Elliot, E. Pons-Branchu, Colin C., D. Blamart, D. Long (2014). “Changes in Holocene sea surface hydrology from North Atlantic cold-water corals” poster présenté aux Journées Climat et Impacts de l’Université de Paris-Sud, Orsay, France, 17-18 novembre 2014.
50. Dubois-Dauphin Q., Colin C., Bonneau L., Montero-Serrano J.-C., Blamart D., Van Rooij D., Frank N., RST, 2014, Millennial-scale variability of southern intermediate water penetration into the North Atlantic during the last 40 kyr (Poster)
51. Dubois-Dauphin Q., Colin C., Bonneau L., Montero-Serrano J.-C., Blamart D., Van Rooij D., Frank B., (2014). Millennial-scale influence of southern intermediate component water into the North-east Atlantic during the last 40 kyr, 2DWC, 2014 (Oral)
52. Dubois-Dauphin Q., Colin C., Fink H., Hebbel D., Van Rooij D., Frank N., 2014, Nd isotopic composition of present and Holocene water masses from the Gulf of Cadiz and the Alboran Sea, 2DWC (Poster).
53. Frank N., Waldner A., Colin C., Montagna P., Dubois-Dauphin Q., Wu Q., AGU 2014, The Nd-isotopic fingerprinting of North Atlantic water masses and its influences from local sources such as Iceland.
54. Haddam, N., Siani G., Michel. E. Rôle de l’océan Austral dans les échanges de carbone depuis la dernière déglaciation : approche géochimique et micropaléontologique. 24e réunion des science de la terre (RST) Pau, 27-31 octobre, 2014.
55. Joussain R., Colin C., Liu Z.F., 2014. Erosional history of the Himalayan range since the last 180 kyr: mineralogical and geochemical investigations from the Bay of Bengal. CESS meeting, Shanghai, 2014. Poster.
56. Joussain R., Colin C., Liu Z.F., Bassinot F. (2014) Erosional history of the Himalayan range since the last 180 kyr: mineralogical and geochemical investigations from the Bay of Bengal, Atelier Climat et Impacts, 5 et 6 Novembre 2009 Université de Paris-Sud (Orsay). Poster.

57. Joussain R., Liu Z., Colin C., 2014. Erosional history of the Himalayan ranges since the last 180 kyr: Clay mineralogical and geochemical investigations from the Bay of Bengal. AGU Fall Meeting, San Francisco, USA. Poster.
58. Wu Q., Colin C., Liu Z., Thil F., Douville E., Frank N. (2014) - eNd from seawater and sediments of the South China Sea and the Philippine Sea : implications for hydrology of the Pacific Ocean during the last 25 kyr , EGU, 2014, Vienne (poster)
59. Charbonnier G., Duchamp-Alphonse S., Adatte, T., Spangenberg, J.E., Colin C., Gardin, S., Boulila, S., Galbrun, B., Föllmi, K.B., (2013). Detrital and nutrients influxes in the Northwestern Tethyan margin during the Valanginian: new insights from weathering changes during the Weissert episode. Swiss Geoscience Meeting, 15-16 Novembre 2013, Lausanne (Suisse). (Oral)
60. Charbonnier G., Duchamp-Alphonse S., Adatte, T., Spangenberg, J.E., Colin C., Gardin, S., Boulila, S., Galbrun, B., Föllmi, K.B. (2013). Detrital fluxes in the Northwestern Tethyan margin during the Valanginian: new insights from weathering changes during the Weissert episode - Congrès Français de Sédimentologie, 5 – 7 Novembre, Cité des Sciences, Porte de la Villette, Paris (France). Poster
61. Charbonnier G., Duchamp-Alphonse S., Adatte, T., Spangenberg, J.E., Colin C., Gardin, S., Boulila, S., Galbrun, B., Föllmi, K.B. (2013). Detrital fluxes in the Northwestern Tethyan margin during the Valanginian: new insights from weathering changes during the Weissert Episode - Réunion thématique GFC. Décembre 2013, Paris. Oral
62. Charbonnier G., Duchamp-Alphonse S., Adatte, T., Spangenberg, J.E., Colin C., Gardin, S., Boulila, S., Galbrun, B., Föllmi, K.B., (2013). Detrital and nutrients influxes in the Northwestern Tethyan margin during the Valanginian: new insights from weathering changes during the Weissert episode. Swiss Geoscience Meeting, 15-16 Novembre 2013, Lausanne (Suisse). (Oral)
63. Charbonnier G., Duchamp-Alphonse S., Adatte, T., Spangenberg, J.E., Colin C., Gardin, S., Boulila, S., Galbrun, B., Föllmi, K.B. (2013). Detrital fluxes in the Northwestern Tethyan margin during the Valanginian: new insights from weathering changes during the Weissert episode - Congrès Français de Sédimentologie, 5 – 7 Novembre, Cité des Sciences, Porte de la Villette, Paris (France). Poster
64. Charbonnier G., Duchamp-Alphonse S., Adatte, T., Spangenberg, J.E., Colin C., Gardin, S., Boulila, S., Galbrun, B., Föllmi, K.B. (2013). Detrital fluxes in the Northwestern Tethyan margin during the Valanginian: new insights from weathering changes during the Weissert Episode - Réunion thématique GFC. Décembre 2013, Paris. Oral
65. Colin C., Frank N., Bonneau L., Dubois-Dauphin Q., Montero-Serrano J.-C., Blamart D., Van Rooij D. (2013) - Glacial advances of southern component water into the North-east Atlantic during the last 40 kyr, ICP11, Barcelona-Sitges.
66. Wu Q., Colin C., Liu Z., Thil F., Douville E., Frank N. (2013) - Nd from seawater and sediments of the South China Sea : implications for hydrology of the Pacific Ocean during the last 25 kyr, ICP11, Barcelona-Sitges.

### 3- Efficacité de l'accompagnement des étudiants et qualité de leur encadrement (financement, durée des thèses, taux d'abandon) :

Nom	Financement	Durée	publications dans revues à comité de lecture	conférences principales	Devenir
YU Zhaojie	CSC – bourse de 4 années	3,83	5 publications (2 G-cubed, 2 EPSL, Geology) + 2 soumises (Marine Geology, EPSL)	2 Goldschmidt, 1 ICP, 1 AGU	Assistant professor

HADDAM Naoufel	MESR		1 publication (Paleoceanography) + 1 soumise (Quaternary Science Reviews)	1 ICP, 1 RST, 1 INQUA, 2 Climat & Impact, 1 Conférence de micropaléontologie, Angers	Post-doc
JOUSSAIN Ronan, F.	CSC – bourse de 3 années	3	3 publications (G-cubed, The Holocene, QSR)	2 Goldschmidt, 1 ASF, 1 climat et impacts, 1 INQUA, 1 AGU	Ingénieur à Panalytical
DUBOIS-DAUPHIN Quentin	MESR	3,67	6 publications (GCA, Climate of the Past, Chemical Geology, 2 G-Cubed, Deep-sea Reserach) + 1 soumise (Marine Geology)	1 Goldschmidt, 2 EGU, 2 ICP, 1 PAGES, 2ASF, 2RST, 1DWC	ATER au CEREGE
Mlle WU Qiong	CSC – bourse de 4 années	3,94	6 publications (GCA, Chemical Geology, 2 G-Cubed, Deep-sea Reserach, 1 EPSL).	1 Goldschmidt, 1 AGU	Assistant professor
CHARBONNIER Guillaume	MESR	3,16	6 publications (1 Scientific Reports, 1 Palaeo3, 1 Cretaceous Research, 1 Sedimentary Geology, 1 geology, 1 Gondwana Research)	3 EGU, 1 Strati2013, 1 Cretaceous Symposium, 1 IAS.	ATER (GEOPS, IStEP, PostDoc à l'Isntitut de Géologie de l'Université de Lausanne (jusqu'à fin 2019).
BRANDON Margaux	MESR	prévue fin 2020	Aucune	Aucune	En thèse
DUHAMEL Maxence	MESR	Prévue fin 2019	Aucune	Aucune	En thèse
MA Ruifang	CSC – bourse de 4 années	Prévue automne 2019	Aucune	1 Goldchmidt, 2 climats et Impacts, 1 colloque LEFE	En thèse
MARTINE Z FONTAINE Consuelo del Pilar	Allocation Conycit (Chili)	Prévue fin 2020	Aucune	Aucune	En thèse
ZOUARI Sonda	Allocation bourse tunisienne	Prévue fin 2019	Aucune	1 INQUA	En thèse

### Financement des thèses soutenues :

- 3 CSC (Chinese Scholarship Council)

- 3 MESR

**Durée moyenne des soutenances : 3,64 ans.**

**Taux d'abandon :**

1. ROUAUD Guillaume, 1<sup>ère</sup> inscription : 2014-2015, ne s'était pas réinscrit en 2016-2017 : « Production primaire en Océan Austral et changements climatiques globaux depuis le DMG ; existe-t'il un lien ? ». Directeur : G. Siani & co-encadrante : S. Duchamp-Alphonse. Financement : MESR.

**Soutenances de 2013 à 2018 :**

1. Le 5 juillet 2017 - YU Zhaojie, Chine, M2 of Natural Science, Marine Geology, Beijing, Chine en 2013. VAE 2013. « India monsoon paleovariability and its impact on weathering of the Himalaya ». Directeur : Christophe COLIN (GEOPS). Financement: CSC (Chinese Scholarship Council, contingent UPSUD). Durée : 3,83 ans.
2. Le 12 décembre 2016 - HADDAM Naoufel A., M2 STU « Environnements Sédimentaires », UPSUD, 2013-2013. « Rôle de l'océan austral dans les échanges de carbone depuis la dernière déglaciation : approche géochimique et micropaléontologique ». Directeur : Giuseppe SIANI (IDES). Financement : Alloc. MESR. Durée : 3,20 ans. Devenir : post-doc à l'IPGP & LSCE à partir du 2 novembre 2017 jusqu'au 1<sup>er</sup> novembre 2018.
3. Le 8 décembre 2016 à l'Université de Tongji, Shanghai, Chine - JOUSSAIN Ronan, (France). M2 STU « Erosional history of the Himalaya during the last climatic cycles : sedimentological, mineralogical and geochemical investigation of sediments from the proximal part of the Bengal deep-sea fan ». Directeurs : LIU Zhifei (Tongji University, Shanghai, Chine) & Christophe COLIN (GEOPS). Financement : CSC (China Scholarship Council).
4. Le 3 juin 2016 - DUBOIS-DAUPHIN Quentin, M2 STU Orsay juin 2012 : « Restitution de l'hydrologie de l'Atlantique NE à partir de l'isotopie du Nd et impact des changements environnementaux sur la croissance des récifs coralliens profonds ». Directeur : Christophe COLIN (GEOPS). Financement : MESR. Durée : 3,67 ans.
5. Le 8 septembre 2014 - Mlle WU Qiong, M2 en Chine : « New insights into the current- and past hydrology of the north-western subtropical Pacific Ocean over the past 25 kyr, based on investigations of the Nd isotopic composition of seawater and deep-sea sediments from the northern South China Sea ». Directeur : Christophe Colin. Financement : CSC (Chinese Scholarship Council). Durée : 3,94 ans.
6. Le 10 décembre 2013 - CHARBONNIER Guillaume, M2 3GS P11 obtenu en juin 2010 : « Reconstitution paléoenvironnementale, paléoclimatique, paléocéanographique au Valanginien ». Directeurs : Christophe COLIN & Stéphanie DUCHAMP-ALPHONSE (IDES). Financement : MESR, contrat doctoral. Durée : 3,19 ans.

**Soutenance HDR :**

Le 21 janvier 2015 – TUDRYN Alina : « Des minéraux de fer vers les environnements terrestres ». MCF à UPSud

**Soutenances à venir :**

**Financement :**

- 2 MESR
- 3 CSC
- 1 CONICYT Chili
- 1 PHC Campus France

1. BRANDON Margaux, M2R Bassins sédimentaires, ressources & paléoclimats obtenu en 2017 à Université Paris Sud, 1<sup>ère</sup> inscription : 2017-2018 : « Les changements majeurs de la Productivité Biologique au cours du Quaternaire et leurs impacts sur les cycles du carbone et de l'oxygène ». Directeur : G. Siani & co-encadrante : S. Duchamp-Alphonse. Financement : MESR.

2. DUHAMEL Maxence, M2RSTPE, UPSaclay, en 2016 : « Restitution des changements de l'hydrologie des masses d'eaux intermédiaires de la Méditerranée et de leurs impacts sur la circulation Atlantique Nord au cours des derniers 30 ka à partir de la mesure de la composition isotopique du Nd de foraminifères ». Directeurs : C. Colin & G. Siani. Financement : MESR.
3. MA Ruifang, VAE-M2 Natural Science, Chine en 2015 : « Boron (B/Ca,  $\delta^{11}\text{B}$ ) and Magnesium (Mg/Ca) geochemical signatures in modern and fossil benthic foraminifera from various sedimentary contexts and at multi-scale analysis ». Directeur : C. Colin & co-encadrante : S. Sepulcre. Financement : CSC.
4. MARTINEZ FONTAINE Consuelo del Pilar, M2 Géologie, Université du Chili en 2016 : « Sea-Surface and bottom reservoir  $^{14}\text{C}$  age estimation in the south-eastern Pacific sector of the Southern Ocean since the late glacial period ». Directeur : G. Siani. Financement : CONICYT Chili.
5. PANG XiaoLei, M2 Science, Université Marine Geology en Chine en 2014 : « Evolution of heat storage and thermocline structure in the tropical Pacific Ocean and Indonesia Archipelago since the Last Glacial Maximum: New insights from combined paleo-temperature proxies and data/model comparisons ». Directeur : F. Bassinot (LSCE) & S. Sepulcre (Geops). Financement : CSC.
6. ZHOU Xinquang, M2 Natural Sciences, Université de Tongji, Shanghai, Chine en 2014 : « Indo-Asian Monsoon variability and its impact on primary productivity since the Last Glacial Maximum: from local to global processes ». Directeur : C. Colin & co-encadrante : S. Duchamp-Alphone. Financement : CSC.
7. ZOUARI Sonda, M2R Environnement & Aménagement, Université de Sfax, Tunisie en 2016 : « Les environnements du détroit Siculo-Tunisien et paléohydrologie de la Méditerranée pendant le Quaternaire Supérieur ». Thèse en cotutelle. Directeur : G. Siani (Geops) & N. Kallel (Université de Sfax, Tunisie). Financement : PHC Campus France.

#### 4- Suivi des doctorants en liaison avec les écoles doctorales et attention portée à l'insertion professionnelle des docteurs

Joussain Ronan : Ingénieur Application chez Panalytical, Limeil-Brévannes, du 1er août 2017.

Yu Zhaojie : post-doc du 1 septembre 2017 au 30 décembre 2017 puis poste permanent d'assistant professeur à Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao, Chine depuis le 1 janvier 2018.

Haddam Naoufel A. : Post-doc à l'IPGP & LSCE à partir du 2 novembre 2017 jusqu'au 1er novembre 2018.

Dubois-Dauphin Quentin : ATER au CEREGE depuis le 1 Septembre 2016.

Wu Qiong : post-doc à l'Université de Tongji, Shanghai, R.P. China de Novembre 2014 à décembre 2016, puis depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2017, assistant-professeur à l'université de Hehai à Nanjing.

Charbonnier Guillaume : ATER à UMR 8148 IDES, du 1<sup>er</sup> septembre 2013 au 31 août 2014, puis du 1<sup>er</sup> septembre 2014 au 31 août 2015, puis Institut des Sciences de la Terre, Université de Lausanne, Bâtiment Géopolis, 1015 Lausanne, Switzerland jusqu'en décembre 2019.

#### 5- Labellisation nationale ou internationale des formations (Erasmus mundus p. ex.)

#### 6- Accompagnement des séminaires de doctorants par des chercheurs ; degré de participation des doctorants à la vie de l'entité de recherche

L'équipe PDS a mis en place un système de séminaire interne à l'équipe ou les différents membres de l'équipe et les étudiants y participent.

#### 7- Mobilisation des chercheurs dans le montage de formation de niveau master

Un enseignant de l'équipe PDS (C. Colin) s'est fortement impliqué dans la direction du Master BSRP « Bassin sédimentaire, Ressources et Paleoclimat » M2, qui s'est monté durant le dernier quinquennat.