



université  
PARIS-SACLAY

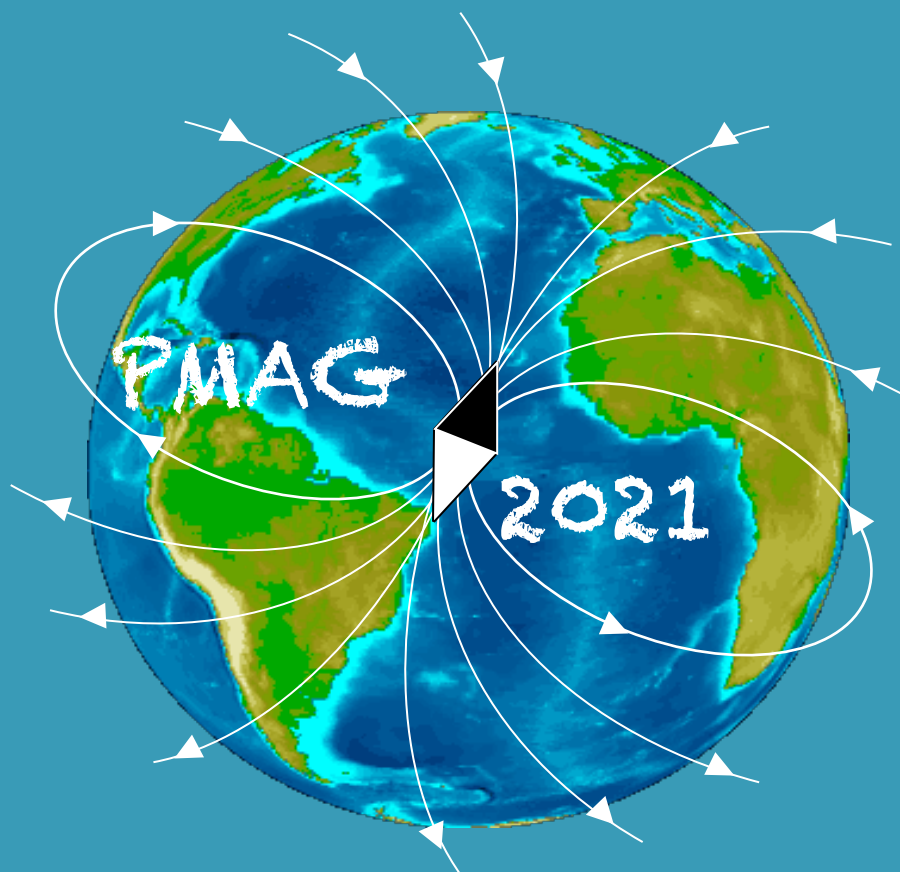
cea

cnrs



IPSL

Laboratoire des Sciences du  
Climat et de l'Environnement



5<sup>ème</sup> journées  
Paléomagnétisme-France  
02-04 Novembre 2021

INSU

cea

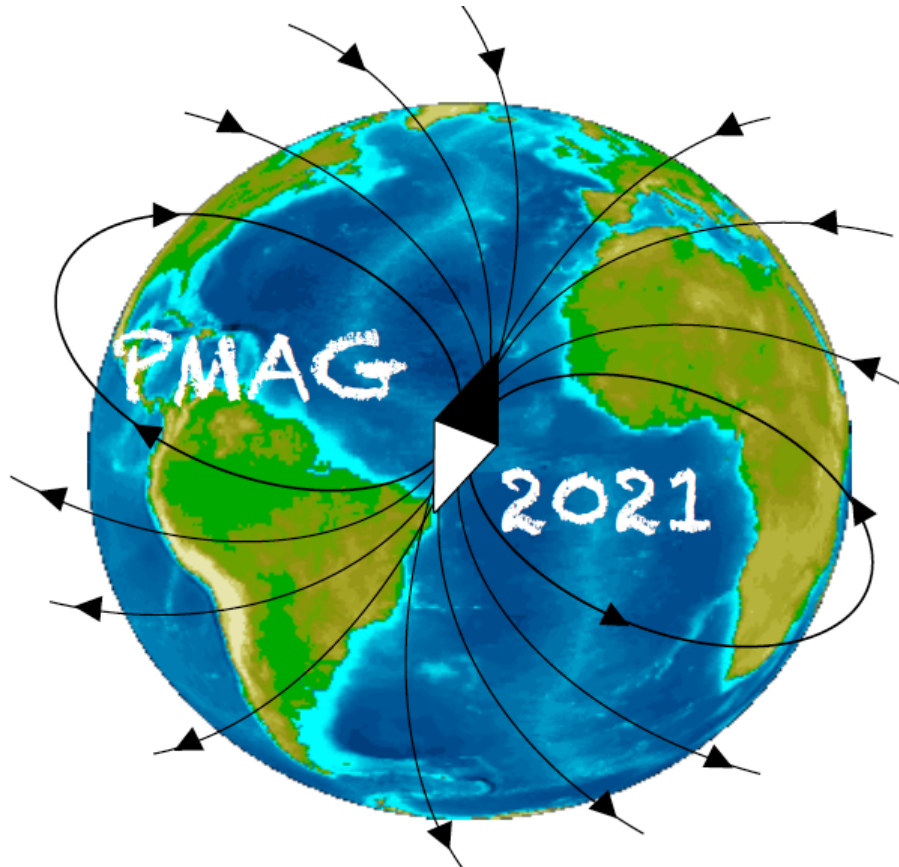
Direction de la  
Recherche  
Fondamentale

LSCE  
Bat. 714 Orme des Merisiers,  
91190 Gif-sur-Yvette  
[www.lsce.ipsl.fr](http://www.lsce.ipsl.fr)

5<sup>ème</sup> journées Paléomagnétisme France  
Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement

-----  
02-04 Novembre 2021  
-----

L'équipe CLIMAG du LSCE vous souhaite la bienvenue pour ces 5<sup>èmes</sup> rencontres de la communauté française en paléomagnétisme.



Cette réunion a pu être organisée grâce à des financements de:



L'Institut National des Sciences de  
l'Univers (Océan-Atmosphère)



La Direction de La Recherche  
Fondamentale du Commissariat à  
l'Énergie Atomique et aux Énergies  
Alternatives.



Le LSCE

13 :00 – 13 :50 Accueil

13 :50 – 14 :00 Introduction

Animatrice **Sonia Rousse**

14 :00 – 14 :20 **Leny Montheil\***, **Mélody Philippon**, **Philippe Munch**, **Douwe Van Hinsbergen**, **Pierre Camps**, **Jean-Jacques Cornée**, **Thierry Poidras** : *Comment contraindre l'évolution du Nord-Est de la plaque Caraïbe sur les 50 derniers Ma : la solution du paléomagnétisme et des paléorotations ?*

14 :20 – 14 :40 **Guillaume Dupont-Nivet\***, **Jovid Aminov**, **Diego Ruiz**, **Fernando Poblete**, **Thomas Van Der Linden** : *Terra Antiqua, un outil pour faire facilement de belles paléogéographies*

14:40 – 15:00 **Pierrick Roperch\*** : *Evolution géodynamique du Myanmar : Un bon exemple montrant l'intérêt de faire du paléomagnétisme appliqué à la tectonique.*

15:00 – 15:20 **Christine Franke\***, **Médard Thiry**, **Carles Fàbrega**, **Maria Jelenska**, **Magdalena Kadzialko-Hofmokl**, **David Parcerisa**, **Adam Szuszkiewicz**, **Krzysztof Turniak**, **Kouakou Fulgence Eric Yao** : *Paleomagnetic datation of hematite remagnetizations inscribed in granitoid rocks of the Polish Sudetes – Implications on the Permo-Triassic paleosurface*

15 :20 – 16 :00 Pause café-thé

Animatrice **Sonia Rousse**

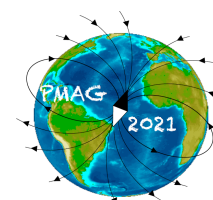
16 :00 – 16 :20 **Yoann Quesnel\***, **Pauline Le Maire**, **Marc Munschy**, **Philippe Lambert**, **Pascal Sailhac**, **Hermann Zeyen**, **François** : *Etude multi-échelle des anomalies de l'intensité du champ magnétique au-dessus de la structure d'impact de Rochechouart.*

16:20 – 16:40 **Pierrick Roperch\*** : *Large field impressed Anisotropy of Magnetic Susceptibility induced by Isothermal Remanent Magnetization*

16 :40 – 17 :00 **Carlo Laj**, **Catherine Kissel\***, **Camille Wandres**, **Aurélie Van Toer**, **Alain Mazaud** : *Study of rapid geomagnetic events: are u-channels appropriate?*

17:00 – 18 :30 Posters

Dîner libre



## Mercredi 3 Novembre

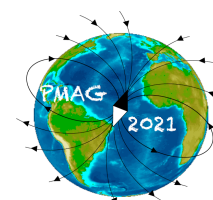
---

Animateur **Gwenaël Hervé**

- 9:00 – 9:20 **Christine Franke\*, Edouard Patault, Claire Alary, Nor-Edine Abriak, France Lagroix** : *Magnetic fingerprinting of fluvial suspended particles in the context of soil erosion: example of the Canche River watershed (Northern France)*
- 9:20 – 9:40 **Sonia Rousse\*, Mélina Macouin, Arua Leite, Jean-Francois Léon, Loic Drigo, Ricardo Trindade** : *Magnétisme environnemental, Biocapteurs et Surveillance de la qualité de l'air : l'expérience toulousaine*
- 9:40 – 10:00 **Sarah Letaief\*, Pierre Camps, Thierry Poidras, Patrick Nicol** : *Caractérisation magnétique des sources urbaines de pollution en particules fines issues du trafic.*
- 10:00 – 10:20 **Aruã Da Silva Leite\*, Jean-Francois Léon, Mélina Macouin, Sonia Rousse, Ricardo Trindade, Loic Drigo**: *Magnetic properties of PM2.5 in relation to combustion sources from West Africa.*
- 10 :20 – 11 :00 Pause café-thé

Animateur : **Pierrick Roperch**

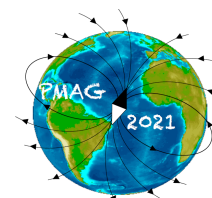
- 11:00 – 11 :20 **Christian Laag\*, Diana Jordanova, France Lagroix, Neli Jordanova, Yohan Guyodo, Bojurka Georgieva, Daniel Ishlyamski**: *Dust flux and global ice volume variations enable correlative age modelling for a 800 kyrs covering loess-paleosol sequence at Pleven (Bulgaria).*
- 11 :20 – 11 :40 **Mathilde Banjan, Christian Crouzet\*, François Demory, Bruno Wilhelm, Erwan Messenger, Hervé Jomard**: *High resolution magnetic scanning of alpine lake sediments: toward a finer determination for sedimentary events.*
- 11 :40 – 12:00 **Pierre Henry\*, Nurettin Yakupoğlu, François Demory, Christian Crouzet, Gülsen Uçarkuş, Kürşad Kadir Eriş** : *Anisotropy of magnetic susceptibility and other magnetic properties of turbidite-homogenites in the Sea of Marmara.*
- 12:00 – 12:20 **Alain Mazaud\*, Elisabeth Michel, Viviane Bout-Roumazeilles, François Beny, Julia Gottschalk, Xavier Crosta, Gulay Isguder, Anja Studer, Lena Thöle, Alfredo Martinez-Garcia, Samuel Jaccard** : *Antarctic Circumpolar Current Variations in the East Kerguelen Sector During the Last Deglaciation: Link to changes in Sea Surface Temperatures and atmospheric CO<sub>2</sub>*
- 12:20 – 14:00 déjeuner buffet
- 14:00 – 16:00 Visite de diverses activités du LSCE (transport A/R en bus)
- 16:00 – 18:00 Posters
- Dîner libre



Animatrice **France Lagroix**

- 9:00 – 9:20 **Romain Bussone\***, Pierre Camps, Michel Peyret, Franck Suméra, Olivier Lemerrier, Mathilde Dubois : *Nouvelle approche de datation par des techniques d'archéomagnétisme de creusements miniers par le feu : application sur les mines préhistoriques de cuivre de Roua (Alpes-Maritimes)*
- 9:20 – 9:40 **Francois-Xavier Simon\***, Guillaume Hulin, Julien Thiesson : *Cartographie in-situ des propriétés magnétiques des sols pour la caractérisation des sites archéologiques: quelles limites ?*
- 9 :40 – 10:00 **Francois Lévêque\***, Maïtena Shon : *De l'anomalie géomagnétique d'un foyer à galets, à l'aimantation des galets : approche géomagnétique 3D*
- 10:00 – 10:20 **Gwenaël Hervé\***, Brina Tchibinda Madingou, Mireille Perrin : *Développer l'archéomagnétisme en Afrique subsaharienne : nouvelles données et perspectives*
- 10 :20 – 10 :40 **Pierrick Roperch\***: *Importance des aimantations gyrorémanentes dans les roches.*
- 10 :40 – 11 :00 Pause café-thé
- 11:00 – 13:00 Discussions ouvertes – modératrice France Lagroix

-----  
**FIN DES JOURNEES ORALES PMAG 2021**  
-----



## Posters

-----

**Mouloud Benammi\***, Elina Aidona, Gildas Merceron, George D. Koufos, Dimitris S. Kostopoulos : *Magnetostratigraphy and Chronology of the Lower Pleistocene Primate Bearing Dafnero Fossil Site, N. Greece*

**Claire Carvalho\***, Christine Franke, Aude Isambert : *Caractérisation magnétique de potentielles sources de particules fines véhiculaire par mesure de diagrammes de FORC.*

**Cécile Chapon\*** : *Magnétostratigraphie de la formation pliocène de Masol (Inde) : implication sur l'âge des os fossiles portant des traces de découpe intentionnelles*

**Annick Chauvin\***, Christophe Vaschalde, Gwenaël Hervé : *Archéomagnétisme sur des fours à chaux de la Martinique*

**Christine Franke\***, Claire Carvalho, Aude Isambert, Laure Turcati, Mélina Macouin, Sonia Rousse, Nicolas Desassis, Paul Edouard Gérard : *Traçage de particules métalliques atmosphériques en zone urbaine par des mesures magnétiques sur des écorces d'arbre.*

**Catherine Kissel\***, Katleen Wils, Loïc Piret, Maarten Van Daele, Sébastien Bertrand : *Apport du paléomagnétisme à l'étude des séismes passés de forte magnitude.*

**Melina Macouin\***, Sonia Rousse, Loïc Drigo, Aurélie Solignac, Wanissa Benmessaoud, Pascal Gisquet : *MicMag : Développement d'un microscope magnétique pour le paléomagnétisme*

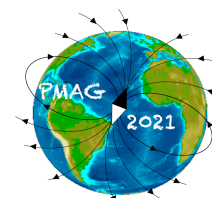
**Nathan Stevenard\***, Catherine Kissel, Aline Govin, Aurélie Van Toer, Camille Wandres : *Dynamique des courants profonds en Atlantique Nord subpolaire au cours des périodes chaudes des derniers 400 000 ans.*

**Aswin Pradeep Tachambalath\***, Julien Charreau, France Lagroix, Christian France-Lanord : *Rock magnetic analysis of secondary oxides formed during sulphide oxidation to characterize weathering due to sulphuric acid in the Himalaya.*

**Brina Tchibinda Madingou\***, Mireille Perrin, Gwenaël Hervé, Arnaldo Hernández Cardona, Luis Alva-Valdivia, Cruz Antillón: *First full vector archeomagnetic data from Northern Mexico*

**Minoru Uehara\***, Pierre Etienne Mathé, Turci Marcello : *The contribution of geophysical investigation for the identification of the Aurelian forum of Ostia (Rome, Italy)*

**Aurélie Van Toer\***, Catherine Kissel, Carlo Laj, Alain Mazaud, Camille Wandres : *MAGNUS: MAGNetism U-channels Software for cryogenic magnetometer*



**PMAG 2021 – LSCE**

**Présentations orales**

# Comment contraindre l'évolution du Nord-Est de la plaque Caraïbe sur les 50 derniers Ma : la solution du paléomagnétisme et des paléorotations ?

Leny Montheil<sup>1,\*</sup>, Mélody Philippon<sup>2</sup>, Philippe Munch<sup>1</sup>, Douwe Van Hinsbergen<sup>3</sup>,  
Pierre Camps<sup>1</sup>, Jean-Jacques Cornée<sup>1</sup>, Thierry Poidras<sup>1</sup>

1 : Géosciences Montpellier, UMR5243, Université de Montpellier, Place Eugène Bataillon - 34095 Montpellier cedex 5

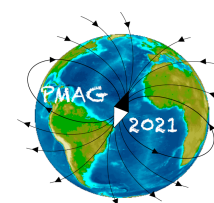
2 : UMR 5243 - Géosciences Montpellier à l'Université des Antilles (GM - UA), Campus de Fouillole, 97159 Pointe à Pitre - Guadeloupe

3 : Utrecht University, Paleomagnetic Laboratory, Utrecht - Pays-Bas

Les Petites et Grandes Antilles sont des régions largement exposées aux géorisques et dans lesquelles des séismes de grandes magnitudes sont observés fréquemment. La localisation et la magnitude de ces séismes dépendent de la répartition des contraintes au sein de la plaque Caraïbe, héritées de sa convergence avec les plaques Nord et Sud-Américaines et de la géométrie fortement courbée de la zone de subduction des Petites Antilles. La compréhension de l'évolution de la déformation intra-plaque et de la dynamique de la subduction des Petites Antilles est donc essentielle à la caractérisation des aléas sismiques dans la région. En plus de ces aléas, la région est l'un des plus importants hotspots de la biodiversité avec près de 71% de taxons endémiques menacés par l'anthropisation, dont certains sont dérivés d'espèces terrestres originaires d'Amérique du Sud. La compréhension de l'origine et de l'évolution de ces espèces qui ont fortement été contrôlés par l'évolution paléogéographique et géodynamique régionale est cruciale afin de planifier leur préservation. Leur présence implique l'existence d'une voie de passage terrestre (nommées GAARlandia) reliant les îles des Grandes et Petites Antilles au continent. Ce pont de terre, aujourd'hui disparu, suggère des mouvements verticaux et horizontaux importants au sein de la plaque supérieure, eux-mêmes dépendant de la répartition de la déformation intra-plaque et à la dynamique de la subduction des Petites Antilles. La caractérisation de ces deux processus et de leur évolution au cours des temps géologiques est donc un enjeu de recherche crucial pour la communauté scientifique Caraïbienne et nécessite encore à ce jour des données complémentaires.

Dans ce cadre, nous présentons des travaux combinant paléomagnétisme et géologie structurale qui visent à définir l'évolution tectonique du Nord des Petites Antilles et de l'Est des Grandes Antilles depuis l'Eocène. Le paléomagnétisme est utilisé pour contraindre la chronologie et la quantité de rotation de blocs centi-kilométriques qui structurent le coin Nord-Est de la plaque Caraïbe. Ces données seront utilisées comme principal incrément pour trancher entre différents modèles de reconstruction tectonique et géodynamique de la zone, édité sur le logiciel GPlate et basé sur un travail de géologie structurale et de synthèse bibliographique. Plusieurs îles (Martinique, La Désirade, Antigua, Saint-Martin, Anguilla, Porto Rico) présentant des séquences sédimentaires et des roches magmatiques d'âge Éocène à Miocène ont été ciblées dans cette étude. Au total, 300 spécimens de roches magmatiques répartis sur 60 sites et 900 spécimens de roches sédimentaires répartis sur 50 sites ont été échantillonnés et analysés. Une attention particulière a été portée sur l'analyse des roches carbonatées faiblement aimantées (de  $10^{-11}$  à  $10^{-8}$  A/m<sup>2</sup>), majoritaire dans notre dataset, avec la mise en place d'une méthodologie spécifique. Cette méthode comprend un « nettoyage » des éléments susceptibles d'augmenter le bruit de fond (porte-échantillon, canne) par bain à ultrason puis par désaimantation à 140mT suivi d'une chauffe à 150°C des spécimens avant analyse en champ alternatif (AF) afin d'atténuer l'effet de la composante visqueuse sur le signal magnétique mesuré.

Les résultats préliminaires, et en particulier sur l'île de Porto Rico, contredisent les précédentes estimations (Reid et al, 1991) en termes de quantité (différence d'environ 10° CCW) et de timing de la rotation (fin de la rotation au Miocène inférieur plutôt qu'au Miocène supérieur). Ces nouveaux résultats ont un impact significatif sur les reconstructions tectoniques étant donné la taille des blocs étudiés (x100km) et des hypothèses pouvant les expliquer sont en réflexion. Elles pourraient être liées à la taille du jeu de données, à l'utilisation de meilleures contraintes structurales et chronologiques ou bien à la méthode d'estimation des rotations elle-même et/ou à l'utilisation de pôles de référence plus récents.





# Terra Antiqua, un outil pour faire facilement de belles paléogéographies

Guillaume Dupont-Nivet<sup>1, 2,\*</sup>, Jovid Aminov<sup>1</sup>, Diego Ruiz, Fernando Poblete<sup>3</sup>,  
Thomas Van Der Linden

1 : Géosciences Rennes (GR) - Université de Rennes 1, UMR6118, Bâtiment 15 - Université de Rennes 1 - Campus de Beaulieu - CS 74205 - 35042 Rennes Cedex

2 : Institute of Geosciences, University of Potsdam, Campus Golm / Building 27, Karl-Liebknecht-Str. 24-25, 14476 Potsdam

3 : Universidad O'Higgins, Campus Rancagua, Avenida Libertador Bernardo O'Higgins 611, Rancagua, Chili

---

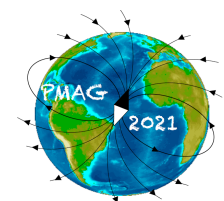
Terra Antiqua est un plugin du logiciel QGis qui permet de faire des reconstructions paléogéographiques. Il fournit une suite d'outils pour éditer des modèles numériques d'élévation (DEM) pour créer des paléoreconstructions. Il offre une interface utilisateur graphique (GUI) conviviale avec des algorithmes robustes destinés à manipuler des caractéristiques géographiques générant des cartes pour différentes tranches de temps. Le flux de travail est intuitif avec des conseils pour l'utilisateur à propos de chaque algorithme et outil.

Terra Antiqua prend en entrée la topographie et la bathymétrie actuelles retro-positionnées avec Gplates. Des masques vectoriels sont utilisés pour appliquer des algorithmes à des régions choisies pour modifier la topo actuelle pour créer de nouvelles physiographies (montagnes, bassins, marges, etc ...). Les outils continuent de se diversifier avec les retours positifs des utilisateurs.

Venez l'essayer !

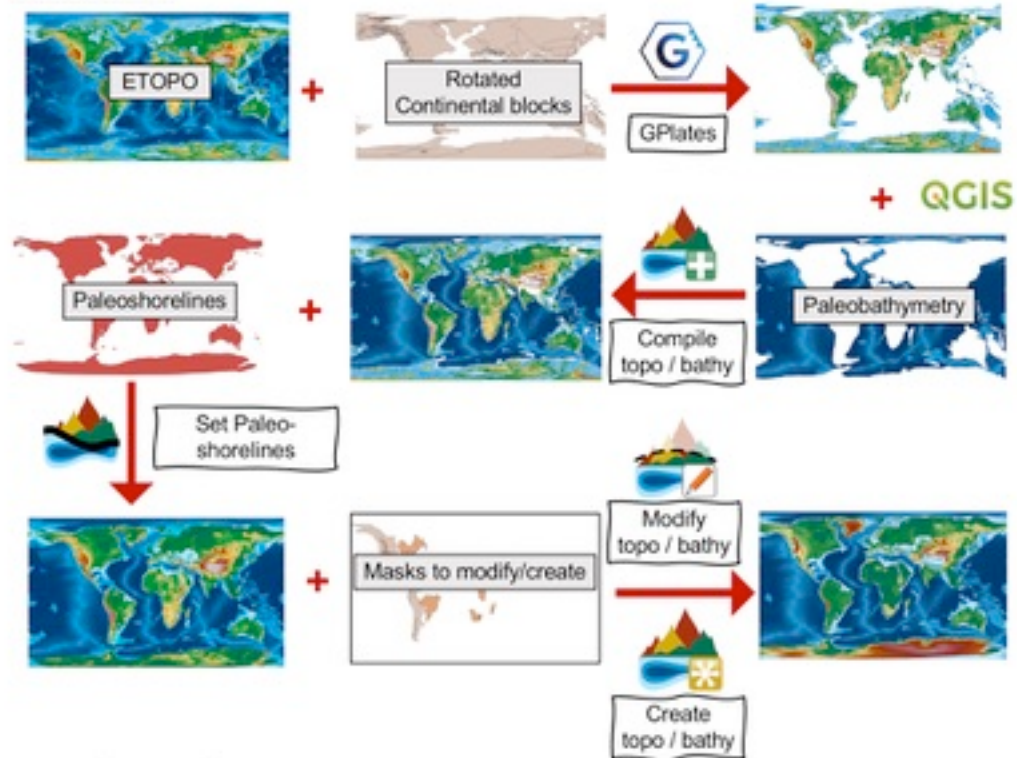
<http://paleoenvironment.eu/terra-antiqua/>.

Les cartes résultantes et les données pour les faire sont proposées sur le site [www.map.paleoenvironnement.eu](http://www.map.paleoenvironnement.eu).

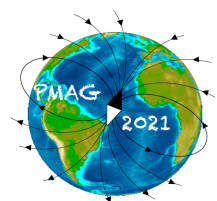
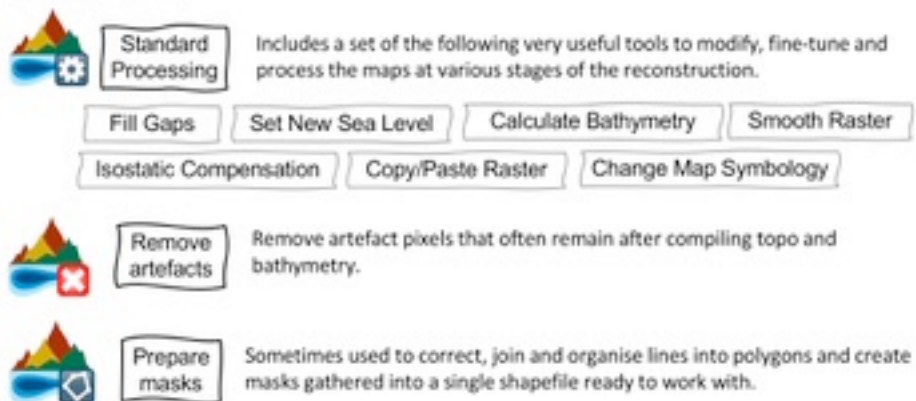


## Workflow of Terra Antiqua

### Primary tools



### Secondary tools



# Evolution géodynamique du Myanmar : Un bon exemple montrant l'intérêt de faire du paléomagnétisme appliqué à la tectonique.

Pierrick Roperch<sup>1,\*</sup>, Jan Westerweel<sup>1</sup>, Guillaume Dupont-Nivet<sup>1,2</sup>

1 : Géosciences Rennes (GR) - Université de Rennes 1, UMR6118, Bâtiment 15 - Campus de Beaulieu - CS 74205 - 35042 Rennes Cedex

2 : Institute of Geosciences, University of Potsdam, Campus Golm / Building 27, Karl-Liebknecht-Str. 24-25, 14476 Potsdam

Le Burma terrane constitue un large bloc le long de la marge occidentale de Sundaland qui va de la mer d'Andaman à la syntaxe orientale de la zone de collision Inde-Asie. Sa bordure orientale est la faille de Sagaing, une des failles décrochantes les plus actives en milieu continental. Sa bordure occidentale est la zone de subduction sous les îles Andaman au nord de Sumatra et plus au nord la ceinture de plis et chevauchements de la chaîne Indo-Birmane. Malgré les nombreuses évidences concernant la nature allochtone du Burma terrane (Heine et al., 2004), celui-ci est généralement considéré comme un élément de la marge sud-asiatique lors de la collision Inde-Asie pendant l'Eocène. Ces dernières années, nous avons mené des études paléomagnétiques sur des roches magmatiques du Crétacé et des sédiments Paléogène (Westerweel et al., 2019 ; Westerweel, Licht, et al., 2020 ; Westerweel, Roperch, et al., 2020). Tous nos résultats indiquent un déplacement vers le nord de 20 à 25° depuis le début de l'Eocène. Cette translation latitudinale est proche de celle de l'Inde pendant la même période. On peut donc considérer que le Burma terrane appartient à la plaque indienne au cours du Cénozoïque. Cette situation implique une réinterprétation complète de la géodynamique de la région et ces résultats font l'objet d'un profond débat (Morley et al., 2021). Une nouvelle interprétation des données de la géologie du Myanmar (volcanisme, remplissage des grands bassins sédimentaires) est cependant possible et compatible avec les données paléomagnétiques. La nouvelle place du Burma terrane permet aussi des avancées dans la compréhension de la collision Inde-Asie.

L'aimantation rémanente des roches a été une des pierres essentielles dans la révolution de la tectonique des plaques au cours des années 60 et 70 permettant entre autres de quantifier l'expansion des fonds océaniques et la dérive des continents. Si le déplacement des principaux cratons est relativement bien déterminé, les études paléomagnétiques menées au Myanmar montrent qu'il reste encore beaucoup de travail en particulier pour les microcontinents.

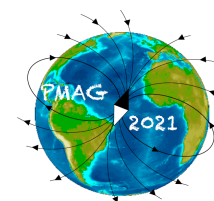
Heine, C., Müller, R. D., & Gaina, C. (2004). Reconstructing the lost eastern Tethys Ocean Basin: Convergence history of the SE Asian margin and marine gateways. In P. Clift, W. Kuhnt, P. Wang, & D. Hayes (Eds.), *Geophysical Monograph Series* (Vol. 149, pp. 37–54). Washington, D. C.: American Geophysical Union. <https://doi.org/10.1029/149GM03>

Morley, C. K., Chantpraprasert, S., Kongchum, J., & Chenoll, K. (2021). The West Burma Terrane, a review of recent paleo-latitude data, its geological implications and constraints. *Earth-Science Reviews*, 220, 103722. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2021.103722>

Westerweel, J., Roperch, P., Licht, A., Dupont-Nivet, G., Win, Z., Poblete, F., et al. (2019). Burma Terrane part of the Trans-Tethyan arc during collision with India according to palaeomagnetic data. *Nature Geoscience*, 12(10), 863–868. <https://doi.org/10.1038/s41561-019-0443-2>

Westerweel, J., Licht, A., Cogné, N., Roperch, P., Dupont-Nivet, G., Kay Thi, M., et al. (2020). Burma Terrane Collision and Northward Indentation in the Eastern Himalayas Recorded in the Eocene-Miocene Chindwin Basin (Myanmar). *Tectonics*, 39(10). <https://doi.org/10.1029/2020TC006413>

Westerweel, J., Roperch, P., Licht, A., Dupont-Nivet, G., Win, Z., Poblete, F., et al. (2020). *India-Asia collision paleogeography constrained by Burma Terrane (Myanmar) Late Cretaceous to Miocene paleomagnetic data*(other). display. <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu2020-1523>



# Paleomagnetic datation of hematite remagnetizations inscribed in granitoid rocks of the Polish Sudetes – Implications on the Permo-Triassic paleosurface

Christine Franke<sup>1,\*</sup>, Médard Thiry<sup>1</sup>, Carles Fàbrega<sup>2</sup>, Maria Jelenska<sup>3</sup>, Magdalena Kadzialko-Hofmokr<sup>3</sup>, David Parcerisa<sup>2</sup>, Adam Szuszkiewicz<sup>4</sup>, Krzysztof Turniak<sup>4</sup>, Kouakou Fulgence Eric Yao<sup>5</sup>

1 : MINES ParisTech, PSL Research University, Centre de Géosciences, 35 rue St Honoré, 77300 Fontainebleau.

2 : Universitat Politècnica de Catalunya, Dpt. d'Enginyeria Minera i Recursos Naturals, Av. Bases de Manresa 61-73, 08242 Manresa - Espagne

3 : Institute of Geophysics, Polish Academy of Sciences, ul. Ks. Janusza 64, 01-452 Warsaw - Pologne

4 : University of Wrocław, Institute of Geological Sciences, ul. Cybulskiego 30, 50-205 Wrocław - Pologne

5 : SCDM ENERGY Ltd, 50 Cannon Street London, EC4N 6JJ - Royaume-Uni

---

Variscan crystalline rocks, such as granitoids, often show multiple signs of alteration of their primary mineral assemblage that also affects the magnetic mineralogy. This often hampers the correct determination of the primary age of the crystalline complex and therefore complicates the age estimation of its formation and its tectonic history. Numerous alterations come along with one or multiple paleomagnetic remagnetizations that blur or even totally erase the primary magnetic signal and therefore the data is commonly not published in literature.

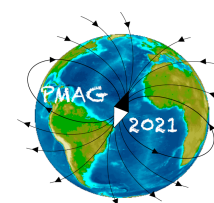
Some alteration events can still be useful tools though, when regarding them as achieve records of information on paleoenvironmental/geochemical events that caused these petrological transformations of the primary mineral assemblage. This information can then lead to a better understanding of paleo-weathering conditions that are linked to the paleo-atmosphere and the paleoclimate. In case of a neoformation of iron oxide minerals linked to these petrological events, the paleomagnetic signal of the newly formed remanent magnetization then gives the opportunity to recover the age of these alteration events.

In the case of the Kłodzko Złoty-Stok granitoid massif in southern Poland (Sudetes), Edel *et al.* (1997) reported on multiple magnetizations of the same granitoid rock depending on the different magnetic carriers of the signal. They usually found carboniferous directions for samples that showed a dominant magnetite magneto-mineralogy, whereas they observed rather Permo-Triassic directions for samples with high-coercivity carriers, such as hematite.

In this study we revisited the area including the site formerly dated by Edel *et al.* (1997) and we systematically collected paleomagnetic samples from facies that were obviously overprinted.

In parallel a petrologic study (of the magnetic mineralogy and other non-magnetic minerals) was performed to illustrate the distribution of the primary and secondary mineral phases in the studied (albitized) granitoid sections. The dating on secondary iron oxides by paleomagnetism and secondary monazite associated within the albitized granitoid facies by U-Th-Pb total indicate concordant Triassic ages.

The link of such weathering profiles on extensive parts of the Variscan Belt provide novel proxy parameters to reconstruct the Permo-Triassic palaeosurface and to constrain the syn- and post-Triassic geomorphological evolution and related erosion rates of the Paleozoic massif.

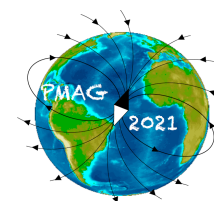


# Etude multi-échelle des anomalies de l'intensité du champ magnétique au-dessus de la structure d'impact de Rochechouart

Yoann Quesnel<sup>1,\*</sup>, Pauline Le Maire<sup>2</sup>, Marc Munsch<sup>3</sup>, Philippe Lambert<sup>4</sup>, Pascal Sailhac<sup>5</sup>,  
Hermann Zeyen<sup>5</sup>

- 1 : Centre européen de recherche et d'enseignement de géosciences de l'environnement (CEREGE), UMR7330, Technopole Environnement Arbois-Méditerranée, BP80 13545 Aix-en-Provence Cedex 04  
2 : CARDEM-SOPRECO  
3 : Institut de physique du globe de Strasbourg (IPGS), Université de Strasbourg, UMR7516, 1 rue Blessig 67084 Strasbourg Cedex  
4 : CIRIR  
5 : Géosciences Paris Saclay (GEOPS), UMR8148, Université Paris-Saclay
- 

La structure d'impact de Rochechouart, située à l'ouest de Limoges, constitue une zone de 12 km de diamètre où affleurent des formations de roches bréchifiées formées lors de l'impact il y a 205 Ma. Alors qu'une anomalie gravimétrique de -11 mGal identifie clairement cette partie centrale, aucune anomalie de champ magnétique n'est visible sur la grille aéromagnétique de la région (source : BRGM). Suite à une campagne de forages en 2017, nous avons entrepris différents travaux géophysiques sur la zone, avec notamment des mesures de l'intensité du champ magnétique au sol et par drone. Cette étude présentera les premières cartes réalisées, en essayant de corrélérer les anomalies magnétiques relevées à différentes hauteurs avec les possibles sources géologiques impliquées.



# Large field impressed Anisotropy of Magnetic Susceptibility induced by Isothermal Remanent Magnetization

Pierrick Roperch\*

Géosciences Rennes (GR) - Université de Rennes 1, UMR6118, Bâtiment 15 - Campus de Beaulieu - CS 74205 - 35042  
Rennes Cedex

---

Field-impressed Anisotropy of Magnetic Susceptibility (AMS) in samples exposed to large DC or AF fields has long been recognized in samples with SD and MD magnetite particles (Potter & Stephenson, 1990) but this has not led paleomagnetists to make further studies on rocks. Most posterior studies have mainly discussed the effect of alternating field demagnetizations upon the AMS in samples containing MD magnetite but the effect of Isothermal Remanent Magnetization upon an AMS has not been clearly addressed.

AMS were measured before and after acquisition of a saturation IRM in a large number of samples from various types ranging from red beds, metamorphic sediments, volcanic and intrusive rocks.

In volcanic rocks with rapid cooling (lava flow surface and pyroclastic juvenile clasts), samples with SD titanomagnetites record a large AMS foliation up to 1.3 with  $K_{min}$  direction parallel to the saturation IRM. Most of the studied samples were nearly isotropic with an anisotropy degree of less than 1.01 prior to IRM acquisition. This IRM-induced magnetic fabric is progressively removed by thermal or AF demagnetization of the IRM. In experiments with reversed IRM acquisition, the induced AMS foliation is divided by two at  $H_{cr}$  field values and IRM near zero.

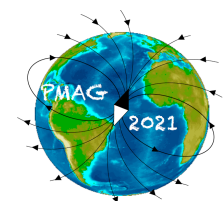
While red-beds with hematite as the main carrier show an artificial foliation up to 1.03, samples from meta-sediments with Ti-poor titanohematite as the main magnetic carrier have a much larger induced foliation which was up to 1.8 in one sample. A large induced AMS foliation was also found in some pyrrhotite-rich metasediments. Large Hopkinson peaks in KT experiments support single domain pyrrhotite as the main carrier of the remanent magnetization and the low field magnetic susceptibility in these metasediments.

In contrast, volcanic or intrusive rocks with PSD to MD magnetite do not record a magnetic susceptibility minimum in the direction of the IRM.

Samples which present such large IRM-induced magnetic fabric have strong SIRM/ low field susceptibility ratio and several samples have  $M_{rs}/M_s$  ratio close or superior to 0.5.

These observations indicate that field-impressed AMS may provide useful information on the nature of the magnetic carriers in rocks. Further work is needed to check the importance of magnetic interactions in samples rich in SD titanomagnetites or pyrrhotite and the role of lamellar magnetism in Titanohematites.

Potter, D. K., & Stephenson, A. (1990). Field-impressed magnetic anisotropy in rocks. *Geophysical Research Letters*, 17(13), 2437–2440. <https://doi.org/10.1029/GL017i013p02437>



# Study of rapid geomagnetic events: are u-channels appropriate?

Carlo Laj<sup>1</sup>, Catherine Kissel<sup>2\*</sup>, Camille Wandres<sup>2</sup>, Aurélie Van Toer<sup>2</sup>, Alain Mazaud<sup>2</sup>,

1: École Normale Supérieure, PSL Research University, Département de Géosciences, Paris, France

2: Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement/IPSL, CEA, CNRS, UVSQ, UMR 8212, Université Paris-Saclay, Bat 714 Orme des Merisiers, CE Saclay, 91190 Gif-sur-Yvette

---

Numerous results have been obtained from lacustrine or marine sediments using the u-channel technique since the first pass-through, small diameter, cryogenic magnetometer equipped with a new non-Helmholtz geometry "high resolution" pick-up coils was installed at our laboratory, CFR now LSCE, in 1991<sup>1</sup>. These results were used to reconstruct paleo-environmental changes or to characterize past changes of the earth magnetic field associated with other laboratory analyses of thermal behavior, magnetic mineralogy and grain size. The limitations and advantages of the u-channel technique were clearly reviewed about 15 years after the first developments<sup>2</sup>.

However, the u-channel measurement approach have been recently criticized, in particular concerning their ability to describe the geometry of rapid earth magnetic field variations such as excursions<sup>3</sup>. This criticism mainly concerns the smoothing effect.

To address this question we'll present examples of geomagnetic excursions studied at LSCE and based on our 30-years experience of these measurements. First, we shall very briefly describe our routine u-channel measurement procedure (see also Van Toer et al. poster). In order to check their reliability and eventually to increase the resolution, we'll show our discrete sub-sampling technique with minimal perturbation. Using such juxtaposed discrete cubic samples and u-channels both sampled in "real" oceanic sediments from published and unpublished studies, we'll show how careful sampling and measurements can provide an accurate diagnostic of the reliability of the results.

The main critical point is to be aware that u-channel measurements proceed with a smoothing window, the width of which depends on the geometry of the pick-up coils, a characteristic of the magnetometer whatever the chosen measurement interval and that cores with adequate sedimentation rate must be used.

Besides this well-known smoothing effect inherent to the u-channel technique, sedimentary sequences must be strictly selected based on the best possible knowledge of their sedimentation rate through the excursion, the lack of bioturbation, evidences for negligible lock-in-depth and of course primary magnetization carried by uniform physico-chemical properties of the magnetic mineralogy. These criteria are also valid for discrete samples which have to be taken in non-perturbed sediment when compared to u-channels (large diameter cores).

Such sequences are not so common.

In summary, based on a strict selection and a careful sampling and measurement procedure, we'll show that discrete samples validate our published records of geomagnetic excursions as faithful images of the rapidly changing geomagnetic field<sup>4</sup>.

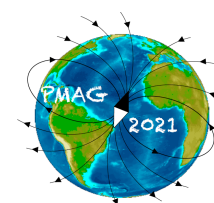
---

<sup>1</sup> Weeks R. et al., 1993. Improvements in long-core measurement techniques : applications in palaeomagnetism and palaeoceanography, *Geophys. J. Int.*, 114, 651-662.

<sup>2</sup> Roberts, A.P., 2006. High-resolution magnetic analysis of sediment cores: Strengths, limitations and strategies for maximizing the value of long-core magnetic data, *Physics of the Earth and Planetary Interiors* 156, 162–178.

<sup>3</sup> Philippe, É. et al. 2018. Are paleomagnetic records from U-channels appropriate for studies of reversals and excursions? *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 19. doi: 10.1029/2018GC007803.

<sup>4</sup> Laj, C. et al. 2006. Geomagnetic field behavior during the Iceland Basin and Laschamp geomagnetic excursions: A simple transitional field geometry? *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 7, Q03004. doi:10.1029/2005GC001122



# Magnetic fingerprinting of fluvial suspended particles in the context of soil erosion: example of the Canche River watershed (Northern France)

Christine Franke<sup>1,\*</sup>, Edouard Patault<sup>2</sup>, Claire Alary<sup>3</sup>, Nor-Edine Abriak<sup>3</sup>, France Lagroix<sup>4</sup>

1 : MINES ParisTech, PSL University, Centre de Géosciences, 35 rue St Honoré, 77305 Fontainebleau Cedex

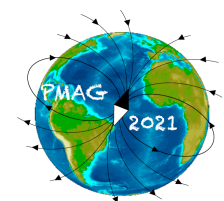
2 : ALTEREO, Ecole nationale supérieure Mines-Télécom Lille Douai, 2 avenue Madeleine Bonnaud, 13770 Venelles

3 : IMT Nord-Europe – LGCgE, Ecole nationale supérieure Mines-Télécom Lille Douai, Univ. Lille, EA 4515, F-59000 Lille

4 : Institut de Physique du Globe de Paris (IPGP), Université Paris VII - Paris Diderot, UMR7154, 1 rue Jussieu, 75238 Paris cedex 05.

---

In Northern France, land use is dominated by agriculture. Erosion by run-off results in heavy loss of fertile soil into surface waters. There is a need for cost-effective tools to trace the sediment flux in catchments. This study highlights the potential of environmental magnetism to provide rapid non-destructive parameters to characterize the spatio-temporal run-off vs. bedload signal in a watershed. Between 2015 and 2017, within the Canche River watershed, several spatio-temporal sampling campaigns of suspended particulate matter (SPM) were undertaken and two distinct "snapshot campaigns" of flood events were conducted at key locations acquiring, in addition, hydrodynamical observations (discharge, turbidity, sediment load, etc.). Agricultural soils and SPM within the watershed have similar values for bulk magnetic concentration. The magnetic mineral assemblage of the SPM is dominated by soft ferromagnetic (*sensu lato*) minerals during low water conditions and is enriched in high coercivity phases during high water stages associated with rainfall events. Low-temperature remanence experiments identified goethite and hematite as the high coercivity phases. IRM acquisition component analysis of the room temperature results quantify the relative input of high vs. low coercivity components focused on a given confluence site. Results from snapshot campaigns highlight the link between the enhanced run-off input of high-coercivity particles during flood events and show that the S-ratio parameter is an effective tool to trace erosion of topsoils.





# Magnétisme environnemental, Biocapteurs et Surveillance de la qualité de l'air : l'expérience toulousaine

Sonia Rousse<sup>1,\*</sup>, Mélina Macouin<sup>1</sup>, Arua Leite<sup>1</sup>, Jean-Francois Léon<sup>2</sup>, Loic Drigo<sup>1</sup>,  
Ricardo Trindade<sup>3</sup>

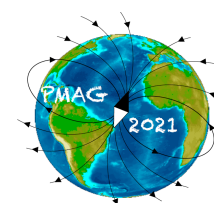
1 : Géosciences Environnement Toulouse (GET), Université Paul Sabatier UMR 5563 CNRS UR234 IRD, Toulouse, 14 Avenue Edouard Belin 31400 Toulouse - France

2 : Laero/OMP, UMR5560, IRD : UR994, Université de Toulouse Paul Sabatier, 14 avenue E. Belin 31400 Toulouse - France

3 : University of São Paulo, Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas Rua do Matão, 1226 Cidade Universitária São Paulo-SP Brasil - 05508-090 - Brésil

---

L'exposition à la pollution atmosphérique provoque chaque année 7 millions de décès dans le monde (OMS, 2016). L'exposition aux particules fines et ultrafines (PM<sub>2,5</sub> et PM<sub>1</sub>) joue probablement un rôle principal dans cette charge ce qui fait de leur réduction un enjeu sociétal majeur. Les particules atmosphériques sont constituées d'un mélange de différents composés chimiques en suspension dans l'air et contiennent entre autres des oxydes de fer. Elles sont de différentes tailles et émanent de sources multiples, naturelles ou liées aux activités humaines. Dans les dernières décennies, en milieu urbain, les méthodes de magnétisme environnemental ont montré leur efficacité comme proxies notamment des émissions de particules fines liées au trafic routier et/ou aux modes de chauffage. Afin de mieux contraindre l'exposition aux particules fines en milieu urbain à l'extérieur comme à l'intérieur et comprendre la dynamique de dispersion de ces particules, nous avons développé, au travers de plusieurs projets sur la ville de Toulouse (~500 000 hab.), une approche pluridisciplinaire combinant mesures magnétiques sur biocapteurs passifs (écorces de platane) et actifs (filtres Teflon), chimie de l'atmosphère (matière carbonée sur Filtres Quartz) et sciences participatives. Les expérimentations ont été menées à différentes échelles : ponctuelle (écoles), à l'échelle du quartier (participation des habitants), et à l'échelle de la ville (Platanes des Espaces verts urbains). Pour les propriétés magnétiques, des mesures de susceptibilité magnétique, ARM, SIRM, S-Ratio ont été réalisées. La minéralogie magnétique est majoritairement dominée par des porteurs de faible coercivité type magnétite. L'ensemble de nos mesures ont montré des concentrations fortes en particules ultrafines dans l'environnement urbain mais des différences notables sur la dispersion de ces particules vers l'intérieur (écoles versus logements notamment) et l'influence des microenvironnements.



# Caractérisation magnétique des sources urbaines de pollution en particules fines issues du trafic.

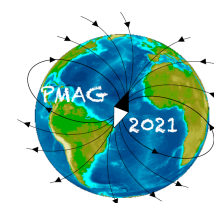
Sarah Letaief\*, Pierre Camps, Thierry Poidras, Patrick Nicol

Géosciences Montpellier, CNRS, Université de Montpellier, Campus Triolet, Place Eugène Bataillon - 34095 Montpellier cedex 5

---

Avec près de 4.2 millions de décès prématurés par an à travers le monde, l'OMS décrit la pollution de l'air comme étant « un tueur silencieux ». Elle est d'ailleurs régulièrement citée dans la presse comme une menace majeure pour la santé et le climat. Si on s'intéresse plus particulièrement aux particules fines (PM) en suspension dans l'air, elles se composent d'un mélange hétérogène de matériaux organiques et inorganiques. En zones urbaines, c'est le trafic qui représente la principale source d'émission avec la mise en jeu des processus d'abrasion (pneus, freins et embrayage), de combustion de carburant et de remise en suspension des particules déposées au préalable sur les voies de circulation. De nombreuses études ont déjà montré la capacité du magnétisme environnemental à détecter et cartographier de manière relative les concentrations des dépôts de matière particulaire sur des surfaces accumulatrices telles que les feuilles des végétaux ou les filtres passifs.

Dans un intérêt de mitigation et ainsi appréhender au mieux le potentiel de piégeage des PM par les surfaces accumulatrices urbaines, il semble important de caractériser magnétiquement les potentielles sources. Pour cela, nous présenterons différents paramètres mesurés en magnétisme des roches tels que les cycles d'hystérésis et les courbes d'aimantation rémanente isothermes cumulées de quatre pneus différents, six plaquettes de frein, quatre pots d'échappement (essence et diesel) ainsi que du revêtement routier (type goudron) et du sable saharien. Ces mesures seront comparées à celles réalisées sur des végétaux prélevés aux abords d'une autoroute et des filtres passifs récoltés dans une rue canyon du centre-ville de Montpellier. Nous confronterons alors ces données à des analyses réalisées au Mössbauer ainsi qu'à des mesures en éléments traces afin de caractériser la nature et l'origine des PM (magnétiques) et finalement être en mesure de mieux contraindre les limites du magnétisme environnemental dans l'évaluation de l'air que nous respirons en ville.



## Magnetic properties of PM2.5 in relation to combustion sources from West Africa

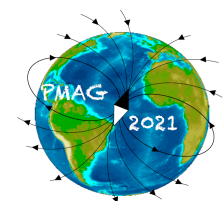
Aruã Da Silva Leite<sup>1,\*</sup>, Jean-Francois Léon<sup>2</sup>, Mélina Macouin<sup>1</sup>, Sonia Rousse<sup>1</sup>,  
Ricardo Trindade<sup>3</sup>, Loic Drigo<sup>1</sup>

1 : Géosciences Environnement Toulouse (GET) Université Toulouse III- Paul Sabatier, UMR 5563, 14 Avenue Edouard Belin 31400 Toulouse

2 : Laboratoire d'aérologie, UMR5560, Université Toulouse III - Paul Sabatier, 14 avenue Edouard Belin 31400 Toulouse

3 : Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas (IAG), Universidade de Sao Paulo, Rua do Matao, 1226, Cidade Universitaria, 05508-090 Sao Paulo - Brésil

The particulate matter (PM) present in air has well known health hazards, finer fractions being particularly harmful. The magnetic methods present advantages in PM investigation, being quick and cost effective, and also sensible enough to investigate finer fractions of the iron oxides. West African cities are being subject to increasing air pollution problems, which are expected to get worse in the coming decades. In order to address the evolution of air quality in two major West African cities (Cotonou and Benin) an extensive monitoring campaign was conducted by Djossou et al. (2018) for about two years. Sites with different combustion sources were chosen in order to address the impacts in air quality. We present here the use of environmental magnetism methods in the PM2.5 air filters previously collected. The magnetic protocol includes the acquisition of anhysteretic remanent magnetization (ARM), saturation isothermal magnetization (SIRM) and the calculation of the S ratio in order to assess concentration, mineralogy and grain size of the iron oxides captured by the filters. Volume (air pumped in the filter) normalized ARM and SIRM data present a temporal variation that seems to be related to the season, increasing in the dry seasons, and decreasing in the wet seasons, especially on the traffic and waste burning sites. The magnetic properties are mainly dominated by high coercive magnetite-like grains.



# Dust flux and global ice volume variations enable correlative age modelling for a 800 kyrs covering loess-paleosol sequence at Pleven (Bulgaria)

Christian Laag<sup>1,\*</sup>, Diana Jordanova<sup>2</sup>, France Lagroix<sup>1</sup>, Neli Jordanova<sup>2</sup>, Yohan Guyodo<sup>1</sup>, Bojurka Georgieva<sup>2</sup>, Daniel Ishlyamski<sup>2</sup>

1 : Institut de Physique du Globe de Paris (IPGP), Université Paris VII - Paris Diderot, UMR7154, 1 rue Jussieu, 75238 Paris cedex 05.

2 : National Institute of Geophysics, Geodesy and Geography, Bulgarian Academy of Sciences, Acad. G. Bonchev str., block 3, 1113 Sofia - Bulgarie

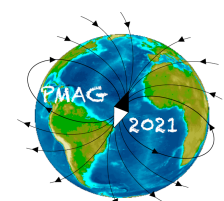
Loess-paleosol sequences of the Lower Danube region are valuable terrestrial archives of past climate change, up to about 1 Myrs in certain locations. Previous studies on these archives have provided insightful views of past environmental changes but sometimes limited by low-resolution sampling, hiatus or short time coverage, or mono-disciplinary approaches. In Northern Bulgaria, a 27 m thick loess-paleosol sequence was sampled at a 2 cm continuous resolution in 2018 and is being investigated by in-depth environmental magnetic methods as well as complementary granulometric and colorimetric analyses. The stratigraphy displays six paleosol complexes in addition to a Holocene soil. In the absence of absolute dating, which commonly relies on luminescence dating and/or <sup>14</sup>C dating with dating limits of ~250 kyrs and ~50 kyrs respectively, we present and argue for two correlative age models built using different magnetic climate and environmental proxies.

The most commonly used proxy for environmental magnetic correlative age models in loess research is bulk magnetic susceptibility ( $\chi$ ) or its frequency dependence ( $\Delta\chi$  or  $\chi_{fd}\%$ ), shown to be a proxy for intensity of pedogenesis. It is routinely correlated to the benthic  $\delta^{18}O$  record (LR04) of Lisiecki and Raymo (2005), which estimates global ice volume. In the present study, a broad palette of magnetic parameters and inter-parametric ratios are acquired, providing multiple proxies representing different components of the pedogenic record as well as proxies of other climate and environmental factors such as dust flux, wind intensity (loess particle size) or wind direction (changes in the source areas of the eolian dust). We compare and discuss correlative age models resulting from pedogenic proxy records (in this study  $\Delta\chi$ ) with LR04 and dust flux proxy records with EPICA Dome C dust flux (Lambert et al., 2012). The outcome of our correlative age models suggests that the Pleven loess-paleosol sequence tracks continuously past climate change of the last c. 800 kyrs, corresponding to the later periods of glacial MIS 20 till present. Both correlative age models with EPICA Dome C dust flux and global ice volume are in good agreement. Absolute age differences between the age models are less than the 4 kyrs age uncertainty of LR04 with few exception of differences up to 10 kyrs, which remains lower than uncertainties related to other dating methods such as luminescence. Moreover, the apparent synchronicity of dust deposition at Pleven and the 13,500 km distanced EPICA Dome C record suggests that dust flux at Pleven is in concert with the global patterns of dust availability.

Finally, one visible tephra and several geophysically and optically identified crypto-tephras will serve for future studies as independent age control. These (crypto-)tephra layers will help refine and strengthen stratigraphic correlations across the Lower Danube region. Moreover, if geochemical analyses on preserved volcanic glass shards are successful, there is a great potential for evolving from a tephro-stratigraphical approach to a tephro-chronological approach for Eastern European LPSs by matching the tephra's geochemical fingerprints to reliably and precisely dated (<sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar) tephras of regionally known volcanic fields.

Lambert, F., Bigler, M., Steffensen, J.P., Hutterli, M., Fischer, H., 2012. Centennial mineral dust variability in high-resolution ice core data from Dome C, Antarctica. *Clim. Past* 8, 609–623. <https://doi.org/10.5194/cp-8-609-2012>

Lisiecki, L.E., Raymo, M.E., 2005. A Pliocene-Pleistocene stack of 57 globally distributed benthic  $\delta^{18}O$  records. *Paleoceanography* 20. <https://doi.org/10.1029/2004PA001071>



# High resolution magnetic scanning of alpine lake sediments: toward a finer determination for sedimentary events.

Mathilde Banjan<sup>1</sup>, Christian Crouzet<sup>1,\*</sup>, François Demory<sup>2</sup>, Bruno Wilhelm<sup>3</sup>,  
Erwan Messenger<sup>4</sup>, Hervé Jomard<sup>5</sup>

1 : ISTERRE, Université Savoie Mont Blanc, Université Grenoble Alpes, CNRS, IRD, Institut Gustave Eiffel, 73376 Le Bourget du Lac Cedex

2 : Centre européen de recherche et d'enseignement de géosciences de l'environnement (CEREGE), UMR7330, Technopole Environnement Arbois-Méditerranée, BP80 13545 Aix-en-Provence Cedex 04

3 : Institut des Géosciences de l'Environnement, Université Grenoble Alpes, UMR5001, UGA - IGECs 4070038 058 Grenoble Cedex 9

4 : EDYTEM, Université Grenoble Alpes, Univ. Savoie Mont Blanc, CNRS, EDYTEM, 73000 Chambéry

5 : Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (IRSN), BP17 92262 Fontenay-aux-Roses Cedex

The high resolution magnetic scanner recently developed at CEREGE institute (Demory et al., 2019) offers a brand new equipment that allows to characterize magnetic particle concentrations in sediments at cm scale. In the present communication, we illustrate the distinct magnetic signature of turbidites - homogenites compared to flood turbidites and continuous sedimentation. The magnetic distinction of those instantaneous deposits is also illustrated by Anisotropy of the Magnetic Susceptibility and some others classical rock magnetic parameters. This magnetic characterization of instantaneous deposits is based on different lacustrine sedimentary contexts from the French Alps, including original data from Lake Foréant (2620 m asl) and Lake Aiguebelette (373 m asl).

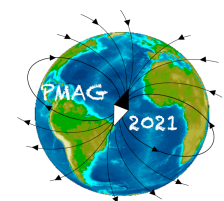
In Lake Foréant (Wilhelm et al, 2016), 168 flood deposits and 3 Mass Movement Deposits (MMD) were identified according to their respective grain size and geochemical features. The MMD isothermal remanent magnetization, lower than the neighbouring flood deposits, is very well evidenced by the high resolution magnetic scanner. Other rock magnetic parameters such as AMS, SIRM/K and also XRF suggest biogeochemical processes occurring during or just after MMD.

In Lake Aiguebelette (Banjan, PhD in progress), the Holocene varved sediment sequence is interrupted by 35 centi- to decimetric mass-movement deposits. These MMDs are characterized by a homogeneous granulometry, typical of homogenites usually considered as seismically induced. They are underlined by 1) a decrease in both IRM and ARM intensities and 2) an increase of the Foliation AMS parameter compared to the continuous sedimentation. The transition between the Late Glacial and Holocene stages is marked by a 1 meter-thick particular MMD characterized by an upward-graded base. This turbidite is capped by a thick homogenite (80 cm). Both facies are easily evidenced by the high resolution magnetic scanner and XRF data.

The use of the high-resolution magnetic scanner allows to quickly and accurately identify MMDs in a complex sedimentary sequence. It usually allows to differentiate MMD from flood turbidites and other events recorded in sediments. Therefore, it is a powerful tool in the frame of the seismic and/or flood risk assessment.

- Demory F., Uehara M., Quesnel Y., Rochette P., Romey C., Tachikawa K., Garcia M., Borschneck D., Pignol L., Bard E., Andrieu-Ponel V. (2019): A new High-Resolution Magnetic Scanner for sedimentary sections. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 20, 10.1029/2019GC008343

- Wilhelm B., Vogel H., Crouzet C., Etienne D. and Anselmetti F.S. (2016) Frequency and intensity of palaeofloods at the interface of Atlantic and Mediterranean climate domains *Climate of the Past* 12, 299-316.



# Anisotropy of magnetic susceptibility and other magnetic properties of turbidite-homogenites in the Sea of Marmara.

Pierre Henry<sup>1\*</sup>, Nurettin Yakupoğlu<sup>2</sup>, François Demory<sup>1</sup>, Christian Crouzet<sup>3</sup>,  
Gülşen Uçarkuş<sup>2</sup>, Kürşad Kadir Eriş<sup>2</sup>

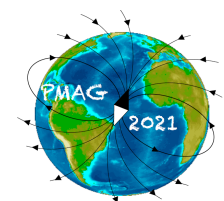
1 : Centre européen de recherche et d'enseignement de géosciences de l'environnement (CEREGE), UMR7330, Technopole Environnement Arbois-Méditerranée, BP80 13545 Aix-en-Provence Cedex 04

2 : Istanbul Technical University, İTÜ EMCOL Implementation and Research Center, İstanbul, Turquie

3 : Université Savoie Mont Blanc, Université Grenoble Alpes, CNRS, IRD, IFFSTAR, ISTERRE, Chambéry, France

---

Turbidite-homogenites (THs) can result from mass-flow events triggered by earthquakes and their anisotropy of magnetic susceptibility (AMS) parameters differ from that of the hemipelagic sediment they interrupt. In the Sea of Marmara deep basins, TH event recurrence has been related to earthquake recurrence on the North Anatolian Fault. These THs are typically 0.05-to-50 cm thick, with a basal turbidite layer comprising alternating laminae of sand and mud, overlain by a layer of clay and fine silt (the homogenite) with little variation in grain size distribution and composition. In a 21-m-long calypso core (MRS CS-14) recovered from Kumburgaz Basin (~833 m) comprising a succession of facies (lacustrine and marine with a laminated sapropel interval) over the last ≈15000 years, 71 THs were identified based on visual observations, elemental chemistry from XRF scanning, gamma densimetry and grain size distribution. The core was then sampled every 2 cm to provide a high-resolution record of anisotropy of magnetic susceptibility. A more complete characterization of magnetic properties (e.g. NRM, ARM, IRM at 3 T and -0.3 T, high field susceptibility, hysteresis curve parameters and remanent coercive force) was performed on a subset of samples, and sections were reoriented to true north using natural remanent magnetization. Unlike homogenite layers, turbidite layers generally have a higher magnetic susceptibility and higher content in ferromagnetic grains than background sediment. Other magnetic properties depend on sediment depositional environment and diagenesis but, in a first analysis, do not display systematic variations between turbidite, homogenite and background sediment. Anisotropy results show that the magnetic foliation parameter can be used to recognize TH layers in all facies. Foliation is higher in the THs except in the laminated sapropel interval. However, in this facies, foliation displays large variations between adjacent samples but remains uniform within homogenites. Many turbidites have significant magnetic lineation ( $L > 1.007$ ) and some present imbricated foliation. AMS data can thus provide insight on TH depositional processes.



# Antarctic Circumpolar Current Variations in the East Kerguelen Sector During the Last Deglaciation: Link to changes in Sea Surface Temperatures and atmospheric CO<sub>2</sub>

Alain Mazaud<sup>1,\*</sup>, Elisabeth Michel<sup>1</sup>, Viviane Bout-Roumzeilles<sup>2</sup>, François Beny<sup>2</sup>,  
Julia Gottschalk<sup>3</sup>, Xavier Crosta<sup>4</sup>, Gulay Isguder<sup>1</sup>, Anja Studer<sup>5, 6</sup>, Lena Thöle<sup>7</sup>,  
Alfredo Martinez-Garcia<sup>5</sup>, Samuel Jaccard<sup>8</sup>

1 : Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (LSCE), CEA, CNRS, UVSQ, Université Paris-Saclay, UMR8212, Bat 714, Orme des Merisiers, 91190 Gif-sur-Yvette.

2 : Laboratoire Géosystèmes, Université Lille 1, Sciences et Technologies - Lille 1, UMR8217, 59655 Villeneuve d'Ascq.

3 : Institute for Geosciences, Christian-Albrechts-University Kiel, Ludewig-Meyn-Str. 10, 24118 Kiel - Allemagne

4 : EPOC Université de Bordeaux (Bordeaux, France), CNRS : UMR5805

5 : Max Planck Institute for Chemistry, Climate Geochemistry Department, Mainz - Allemagne

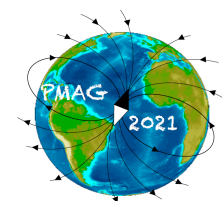
6 : Aquatic and Isotope Biogeochemistry, Department of Environmental Sciences, University of Basel, Basel - Suisse

7 : Marine Palynology and Paleoceanography, Department of Earth Sciences, Utrecht University Utrecht - Pays-Bas

8 : Institute of Earth Sciences [Lausanne] Anthropole, CH-1015 Lausanne - Suisse

---

The Antarctic Circumpolar Current (ACC), through its impact on the meridian oceanic circulation, exerts a strong impact on atmospheric CO<sub>2</sub> concentration and global climate. We here provide new high resolution records of ACC location and intensity changes over the last 25,000 years (25 kyr BP) through a multiproxy investigation, in conjunction with sea surface temperature reconstruction, in two marine sediment cores that are located nowadays in the main flow of the ACC eastward of the Kerguelen Island in the Indian sector of the Southern Ocean. The new results suggest a decrease in the ACC strength during the last deglaciation at the two sites, likely associated with a reduction of the ACC flow in the Indian Ocean, and with a shift to the south of the ACC flow and associated fronts in the Kerguelen Region. These results also confirm the idea that the Indian Southern Ocean evolution was important in climate and atmospheric CO<sub>2</sub> changes during the last deglaciation.



# Nouvelle approche de datation par des techniques d'archéomagnétisme de creusements miniers par le feu : application sur les mines préhistoriques de cuivre de Roua (Alpes-Maritimes)

Romain Bussone<sup>1,2,\*</sup>, Pierre Camps<sup>1</sup>, Michel Peyret<sup>1</sup>, Franck Suméra<sup>3</sup>, Olivier Lemerrier<sup>2</sup>, Mathilde Dubois<sup>1</sup>

1 : Géosciences Montpellier, UMR5243, Université de Montpellier, Place Eugène Bataillon - 34095 Montpellier cedex 5

2 : Archéologie des Sociétés Méditerranéennes, Université Paul-Valéry - Montpellier 3, UMR5140, Ministère de la culture, Route de Mende, 334199 MONTPELLIER Cedex

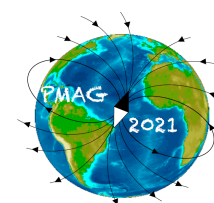
3 : Centre Camille Jullian - Histoire et archéologie de la Méditerranée et de l'Afrique du Nord de la protohistoire à la fin de l'antiquité, UMR7299, 5 Rue du château de l'Horloge - BP 647 13094 Aix-en-Provence Cedex 2

Les mines de cuivre de Roua (Gorges de Daluis, Alpes-Maritimes) livrent des vestiges de creusements préhistoriques qui ont été réalisés en allumant de grands feux destinés à fragiliser la roche pour faciliter l'extraction conduite ensuite à l'aide d'outils en pierre et en os (3000 - 450 BCE). Les galeries creusées avec ces techniques ont été vidées par des travaux de l'époque moderne et ne livrent que très peu de vestiges de charbons. Elles présentent un faible potentiel pour la réalisation de datation par radiocarbone.

L'objectif de cette étude est d'obtenir une datation des creusements préhistoriques au moyen de l'archéomagnétisme sur les grès permien qui composent l'encaissant minier. Nous avons montré dans une étude préliminaire la faisabilité d'une datation archéomagnétique de cette activité minière en simulant en laboratoire l'acquisition d'aimantation thermo-rémanente partielle à différentes températures. L'aimantation thermo-rémanente partielle est enregistrée dans ces roches avec succès à partir d'un réchauffement à 200 °C.

Dans les mines, une vingtaine de blocs ont été prélevés sur des portions de parois creusées par le feu. Des creusements ciblés ont fait l'objet de prélèvements avec a minima quatre blocs orientés. Les mesures d'orientation des blocs ont été réalisées sur place avec une boussole et un inclinomètre. Les résultats obtenus ont été contrôlés à l'aide de relevés 3D photogrammétriques en laboratoire. Un minimum de 10 échantillons a été préparé pour chaque bloc. Les échantillons ont subi une désaimantation thermique par paliers et la rémanence magnétique a été mesurée avec un magnétomètre cryogénique 2G (Géosciences Montpellier). L'ATRp liée à l'activité minière est identifiée sur quatre des cinq creusements échantillonnés.

Afin d'obtenir une datation des creusements par le feu, les directions des aimantations ATRp sont comparées aux courbes locales et à deux modèles globaux calculés sur la localisation des mines de Roua : BIGMUDI4K et SHA.DIF.14K. Les courbes directionnelles locales sont établies sur une période de 3500 ans (1500 BCE – 2000 CE). Afin de couvrir les périodes pressenties pour l'exploitation du cuivre natif de Roua, de nouvelles courbes qui couvrent les périodes de l'âge du Bronze et du Néolithique Final sont nécessaires (4000 BCE – 1000 BCE). Un modèle bayésien régional est élaboré en se basant sur une compilation de données bibliographiques archéomagnétiques et de spéléothèmes à une distance de 1000 km des mines. L'étude conclue favorablement à la datation des creusements par le feu dans les mines de l'encaissant permien. Les aimantations obtenues sont compatibles avec une activité préhistorique, âge du Bronze Ancien (fin du IIIe millénaire, première moitié du IIe millénaire BCE) sur quatre creusements échantillonnés.





# Cartographie in-situ des propriétés magnétiques des sols pour la caractérisation des sites archéologiques : quelles limites ?

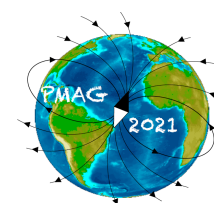
Francois-Xavier Simon<sup>1,2,\*</sup>, Guillaume Hulin<sup>1,3</sup>, Julien Thiesson<sup>3</sup>

1 : Institut national de recherches archéologiques préventives, Direction Scientifique et Technique

2 : Laboratoire Chrono-environnement - CNRS - UFC (UMR 6249), Université de Franche-Comté, 16 rue du Général Leclerc 80400 Croix-Moligneaux - France

3 : Milieux Environnementaux, Transferts et Interactions dans les hydrosystèmes et les Sols (METIS), UMR 7619, Université Pierre et Marie Curie, 4 Pl. Jussieu, 75005 Paris

La cartographie des propriétés magnétiques des sols représente une large part des applications géophysiques en archéologie. Elle permet la détection et la caractérisation d'un large panel de vestiges archéologiques allant des structures en creux de type fossés, fosses et trous de poteau, aux bâtis en passant par les aménagements et pollutions de sols liées à la chauffe ou au travail du fer. Elle est mise en œuvre sur les surfaces décapées comme aide à la lecture du terrain, là où la seule caractérisation visuelle des structures dans le sol s'avère insuffisante, mais également à plus grande échelle en dehors des zones de fouille pour caractériser l'extension et l'organisation des sites. Le succès d'une telle démarche est néanmoins largement conditionné par le contexte sédimentaire sur lequel est installé le site. Sur les sols présentant une susceptibilité magnétique très faible, les contrastes d'aimantation entre encaissant et structures archéologiques sont souvent trop faibles pour être cartographiés sur la base de leurs propriétés magnétiques (exception faite des terres cuites et éléments ferreux). A l'opposé, sur les sols ou avec des roches magnétiques (volcaniques ou métamorphiques), la forte aimantation du substrat ou de l'encaissant aura tendance à dissimuler les plus faibles contrastes liés aux occupations archéologiques. Cette variabilité régionale des caractéristiques magnétiques des sols questionne la mise en œuvre systématique de la cartographie magnétique en archéologie préventive et programmée. Afin de dépasser ces contraintes pédologiques et sédimentaires mais aussi pour préciser les interprétations des cartes d'anomalies magnétiques obtenues, il est possible d'y associer la cartographie de la susceptibilité magnétique, à différentes profondeurs par l'emploi des méthodes électromagnétiques basse fréquence ou EMI (Electromagnetic Induction). Nous discuterons les limites d'une telle démarche. Celles-ci sont principalement liées aux contraintes induites par les analyses in-situ qui ne permettent pas la détermination précise ni des caractéristiques de l'aimantation ni des porteurs du signal magnétique. En effet, seules les analyses en laboratoire permettent de préciser certains de ces aspects, grâce notamment à un plus large panel d'instrument à disposition et à condition de maîtriser les difficultés liées à l'échantillonnage des structures d'intérêt.



# De l'anomalie géomagnétique d'un foyer à galets, à l'aimantation des galets : approche géomagnétique 3D

François Lévêque<sup>1,\*</sup>, Maïtena Shon<sup>2</sup>

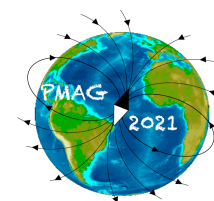
1 : Littoral ENvironnement et Sociétés - UMR 7266, Université de La Rochelle, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR7266

2 : Toulouse-Métropole, Collectivité territoriale

---

Des prospections géomagnétiques à résolution infradécimétrique opérées sur plusieurs sites ayant livré des foyers à galets sur des sites attribués au Néolithique révèlent qu'un même amas présente systématiquement plusieurs cœurs d'anomalies. Ces prospections sont réalisées avec un dispositif constitué d'une perche télescopique monté sur un trépied. Le géopositionnement des mesures est obtenu par poursuite laser d'un réflecteur fixé au capteur mobile. Ce dispositif a aussi été utilisé pour déterminer l'anomalie générée par des galets pris individuellement provenant du site néolithique du Château-de-Percin (Seilh, Haute-Garonne).

Les relevés de susceptibilité magnétique montrent que les différences de capacité d'aimantation des différents galets ne permettent pas d'expliquer ces multiples anomalies. Une vingtaine de galets représentatifs (nature et répartition spatiale) a été prélevée. La déformation du champ magnétique qu'ils engendrent à leur proximité est bien inférieure à celle constatée au-dessus de l'amas. Le substrat sous les galets semble donc porter une aimantation dont la contribution sur la déformation du champ magnétique local semble majeure. Ces cœurs d'anomalies pourraient alors être interprétés comme des cœurs de chauffe, lieu de transformations thermo-chimiques plus importantes. L'analyse des aimantations thermorémanentes des galets échantillonnés indique pourtant qu'ils ont tous atteint des températures permettant les transformations minéralogiques impliquées, réfutant cette hypothèse. Les enrichissements magnétiques différentiels du substrat suspectés semblent donc être gouvernés par des différences de condition chimique (plus réductrice au niveau des anomalies) et non thermique. Il faudra, après démontage complet d'un nouvel amas, réaliser l'étude magnétique complète du substrat pour valider cette hypothèse et comprendre son origine.



# Développer l'archéomagnétisme en Afrique subsaharienne : nouvelles données et perspectives

Gwenaël Hervé<sup>1,\*</sup>, Brina Tchibinda Madingou<sup>2</sup>, Mireille Perrin<sup>2</sup>

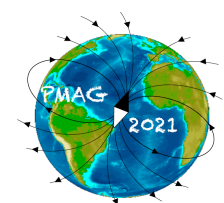
1 : Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (LSCE), CEA, CNRS, UVSQ, Université Paris-Saclay, UMR8212, Bat 714, Orme des Merisiers, 91190 Gif-sur-Yvette.

2 : Centre européen de recherche et d'enseignement de géosciences de l'environnement (CEREGE), UMR7330, Technopole Environnement Arbois-Méditerranée, BP80 13545 Aix-en-Provence Cedex 04

---

L'Afrique subsaharienne est une des régions du globe les plus pauvres en données archéomagnétiques. En effet, cette zone géographique constitue 16% des terres émergées mais seulement 0,7% des données archéomagnétiques, soit uniquement 48 intensités et 49 directions, datées pour la plupart du dernier millénaire. C'est pourtant une région-clé pour comprendre l'anomalie géomagnétique de l'Atlantique Sud et la diminution en cours du moment dipolaire. D'après les modèles, l'Afrique intertropicale est aussi une des régions où la composante radiale du champ à la surface du noyau a le plus varié au cours des dernières décennies. L'absence de données ne reflète pas le potentiel archéologique de cette région, où les sociétés produisent, dans la plupart des régions, de la céramique depuis au moins 2-4 millénaires et des métaux depuis 2-3 millénaires. Dans cette communication, nous présenterons nos nouveaux résultats au Kenya et au Tchad (Tchibinda et al., 2020) et nos projets en cours dans la Corne de l'Afrique et le Golfe de Guinée.

Tchibinda Madingou, B., Hervé, G., Perrin, M., M'Mbogori, F.N., Gueмона, D., Mathé, P.-E., Rochette, P., Williamson, D., Murre, V., Robion-Brunner, C., 2020. First archeomagnetic data from Kenya and Chad: analysis of iron furnaces from Mount Kenya and Guéra Massif. *Phys. Earth Planet. Inter.* 309, 106588. <https://doi.org/10.1016/j.pepi.2020.106588>.



# Importance des aimantations gyrorémanentes dans les roches

Pierrick Roperch\*

Géosciences Rennes (GR) - Université de Rennes 1, UMR6118, Bâtiment 15 - Campus de Beaulieu - CS 74205 - 35042  
Rennes Cedex

L'acquisition d'aimantations parasites lors des désaimantations par champs alternatifs avait été reconnue assez rapidement et dès 1980, Stephenson (Stephenson, 1980) avait proposé une explication sous la forme de gyrorémanence. Une procédure pour soustraire ces aimantations gyrorémanentes (GRM) lors des désaimantations par champs alternatifs en statique avait été ensuite proposée (Dankers & Zijdeveld, 1981). Dès 1986, j'avais contribué à mieux décrire ce phénomène (Roperch & Taylor, 1986). Alors que ces travaux auraient dû susciter l'attention, vu l'utilisation massive des désaimantations par champs alternatifs, la présence de GRMs est finalement assez peu mentionnée dans les publications, hormis les études sur sédiments récents avec une présence suspectée ou attestée de greigite. En effet, suite aux travaux sur la greigite (Snowball, 1997a, 1997b), les GRMs sont maintenant souvent considérées comme la preuve irréfutable de la présence de greigite dans les sédiments.

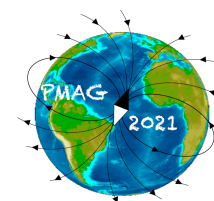
Depuis une quinzaine d'années et l'installation du système 2G de désaimantation par champs alternatifs en statique avec le magnétomètre cryogénique, nous faisons systématiquement un monitoring des GRMs en effectuant une mesure après chaque axe de désaimantation et en enregistrant les trois mesures. Cette expérience confirme la présence de GRMs dans différents types de roches. Affirmer l'existence de la greigite sur la seule présence de GRM en désaimantation par AF est parfois un peu rapide, surtout sans autre évidence minéralogique.

Comme l'avait déjà indiqué Stephenson (1980), la présence d'une faible anisotropie est le facteur permettant de créer les GRMs. Cela concerne les grains SD et ces aimantations gyrorémanentes apportent des informations très pertinentes sur les porteurs de l'aimantation rémanente dans les roches et en particulier leur stabilité (Mahon & Stephenson, 1997).

A ma demande, la possibilité d'enregistrer et d'identifier ces trois mesures après désaimantation suivant X, Y et Z est maintenant disponible dans la base de données MAGIC.

Le but de cette présentation est surtout de montrer que les GRMs ne sont pas anecdotiques dans des types de roche très différents.

- Dankers, P. H. M., & Zijdeveld, J. D. A. (1981). Alternating field demagnetization of rocks, and the problem of gyromagnetic remanence. *Earth and Planetary Science Letters*, 53(1), 89–92. [https://doi.org/10.1016/0012-821X\(81\)90029-7](https://doi.org/10.1016/0012-821X(81)90029-7)
- Mahon, S. W., & Stephenson, A. (1997). Rotational remanent magnetization (RRM) and its high temporal and thermal stability. *Geophysical Journal International*, 130, 383–9.
- Roperch, P., & Taylor, G. K. (1986). The importance of gyromagnetic remanence in alternating field demagnetization. Some new data and experiments on GRM and RRM. *Geophysical Journal International*, 87(3), 949–965.
- Snowball, I. F. (1997a). Gyromagnetic remanent magnetization and the magnetic properties of greigite-bearing clays in southern Sweden. *Geophysical Journal International*, 129(3), 624–636. <https://doi.org/10.1111/j.1365-246X.1997.tb04498.x>
- Snowball, I. F. (1997b). The detection of single-domain greigite (Fe<sub>3</sub>S<sub>4</sub>) using rotational remanent magnetization (RRM) and the effective gyro field (Bg): mineral magnetic and palaeomagnetic applications. *Geophysical Journal International*, 130(3), 704–716. <https://doi.org/10.1111/j.1365-246X.1997.tb01865.x>
- Stephenson, A. (1980). A gyromagnetic remanent magnetisation in anisotropic magnetic material. *Nature*, 284(5751), 49–51. <https://doi.org/10.1038/284049a0>



# **PMAG 2021 - LSCE**

## **Posters**

# Magnetostratigraphy and Chronology of the Lower Pleistocene Primate Bearing Dafnero Fossil Site, N. Greece

Mouloud Benammi<sup>1,\*</sup>, Elina Aidona<sup>2</sup>, Gildas Merceron<sup>3</sup>, George D. Koufos<sup>2</sup>,  
Dimitris S. Kostopoulos<sup>2</sup>

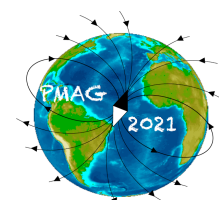
1 : Institut International de Paléoprimatologie, Paléontologie Humaine : Evolution et Paléoenvironnement,  
UMR7262, Université de Poitiers, Bât Sci. Naturelle 40 av. Recteur Pineau 86022 Poitiers Cedex

2 : Department of Geophysics, School of Geology, Aristotle University of Thessaloniki, 54124 Thessaloniki - Grèce

3 : Laboratoire Paléontologie, Evolution, Paléoécosystèmes, Paléoprimatologie (PALEVOPRIM) UMR 7262, CNRS INEE,  
Université de Poitiers UFR SFA, 86022 Poitiers

---

This paper aims to contribute to the stratigraphic and geochronological evaluation of the primate bearing Dafnero fossil site of Northern Greece by means of lithostratigraphic, paleomagnetic and paleontological analyses. The 60 m thick fossiliferous deposits of fluvial origin are recognized as representing a typical braided-river sequence unconformably overlying molassic sediments. Rock magnetic investigations indicate the presence of both medium and low coercivity minerals. Paleomagnetic sampling of the Dafnero sediments yielded a stable magnetic remanence, and the characteristic remanent magnetization directions pass reversal test with dual polarity. Based on calibration from mammal fossils, the normal polarity magnetozone N1 located in the upper third of the studied section could correlate with chron C2n (the Olduvai subchron), suggesting that the fossil horizon is within C2r with an extrapolated age of 2.4–2.3 Ma and rather closer to the upper age limit. The results allow the re-calibration of several middle Villafranchian assemblages of S. Balkans and the correlation of the corresponding mammal fauna with the environmental shifts of Praetiglian, as it is recorded in climatostratigraphic data from the Black Sea.



# Caractérisation magnétique de potentielles sources de particules fines véhiculaires par mesure de diagrammes de FORC.

Claire Carvalho<sup>1,\*</sup>, Christine Franke<sup>2</sup>, Aude Isambert<sup>3</sup>

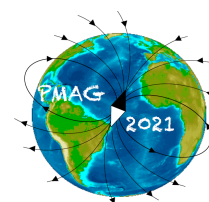
1 : Institut de minéralogie, de physique des matériaux et de cosmochimie, Muséum National d'Histoire Naturelle, Sorbonne Université : UMR120, UMR7590, 4 Place Jussieu, 75005 Paris.

2 : MINES ParisTech, PSL Research University, Centre de Géosciences, 35 rue St Honoré, 77300 Fontainebleau.

3 : Institut de Physique du Globe de Paris (IPGP), Université Paris VII - Paris Diderot, UMR7154, 1 rue Jussieu, 75238 Paris cedex 05.

---

En milieu urbain, la pollution par les particules fines vient principalement des émissions véhiculaires. Des études dans plusieurs grandes villes ont démontré que les mesures de propriétés magnétiques (susceptibilité magnétique, aimantation rémanente, courbes d'hystérésis, etc...) permettent d'effectuer de façon rapide et peu coûteuse une surveillance bio-magnétique de la pollution atmosphérique car la matière particulaire qui contient des concentrations facilement mesurables de minéraux magnétiques s'accumulent sur les surfaces biologiques (feuilles, écorce par exemple). Afin d'identifier plus finement la source de ce signal magnétique, et de comprendre la contribution véhiculaire à ce signal, nous avons échantillonné et mesuré les diagrammes de FORC de résidus de pots d'échappement de plusieurs véhicules de différents âges et normes européennes d'émissions. Ces mesures ont ensuite été comparées aux diagrammes de FORC de filtres de masques anti-pollution et de feuilles et écorces de platane. Les particules fines présentes dans ces différents supports ont été ensuite observées par microscopie électronique à balayage et nous avons effectué des analyses élémentaires par EDS. Des oxydes de fer ont été identifiés associés parfois à des métaux lourds (Cu, Sn, Sb, Cr, Zr, Ni).



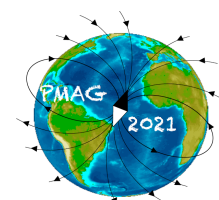
# Magnétostratigraphie de la formation pliocène de Masol (Inde) : implication sur l'âge des os fossiles portant des traces de découpe intentionnelles

Cécile Chapon\*

Histoire naturelle de l'Homme préhistorique, UMR7194, Muséum National d'Histoire Naturelle (MNHN), Institut de Paléontologie Humaine 1, rue René Panhard 75013 Paris

---

La formation de Masol est située dans la chaîne frontale des Siwaliks au Nord-Ouest de l'Inde. Les sédiments d'origine fluviatile déposés dans un bassin d'accrétion ont été plissés, déformés et ravinés. Epaisse de 170 m, cette formation inclut une zone fossilifère appelée « zone Quranwala ». Les fossiles qui y ont été mis au jour sont caractéristiques de la fin du Pliocène. La magnétostratigraphie effectuée sur les 2/3 supérieurs de la formation de Masol montre que les sédiments ont enregistré une polarité normale qui est rapprochée en accord avec la faune, à la magnétozone de Gauss. La biozone de Quranwala, épaisse d'une 50aine de mètres, est donc plus ancienne que l'inversion géomagnétique de Gauss-Matuyama datée de 2.58 Ma. Cependant la position stratigraphique de cette inversion majeure entre le Pliocène et le Pléistocène n'a pas été précisément repérée par les premières études magnétostratigraphiques. Mais suite à la découverte d'os fossiles de bovidés portant des traces de découpe intentionnelle et plus récemment d'un chopper dans les sédiments de la base de la zone Quranwala, une nouvelle étude magnétostratigraphique a été engagée pour d'une part, confirmer l'âge pliocène des dépôts fossilifères et d'autre part, pour repérer l'inversion géomagnétique Gauss-Matuyama dans la stratigraphie. Cette dernière n'a alors pas été identifiée, par contre, une excursion magnétique a été mise en évidence à la base des sédiments de la biozone Quranwala. Cette excursion pourrait être rapprochée à des excursions relevées dans les sédiments marins ou lacustres et datées entre 2.62 Ma et 2.95 Ma. Le poster intitulé « Magnétostratigraphie de la formation pliocène de Masol (Inde) : implication sur l'âge des fossiles portant des traces de découpe intentionnelles » présente les résultats.





# Archéomagnétisme sur des fours à chaux de la Martinique

Annick Chauvin<sup>1,\*</sup>, Christophe Vaschalde<sup>2</sup>, Gwenaël Hervé<sup>3</sup>

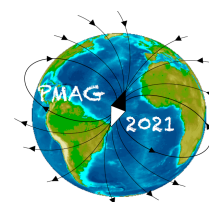
1 : Géosciences Rennes (GR) - Université de Rennes 1, UMR6118, Bâtiment 15 - Campus de Beaulieu - CS 74205 - 35042 Rennes Cedex

2 : Mosaiques Archéologie, ZA de la Barthe, 34 660 COURNONTERRAL

3 : Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (LSCE), CEA, CNRS, UVSQ, Université Paris-Saclay, UMR8212, Bat 714, Orme des Merisiers, 91190 Gif-sur-Yvette.

La chaufournerie moderne fait l'objet de recherche aux Antilles qui s'est intensifiée depuis une dizaine d'années. Un inventaire des fours à chaux en Martinique a été dressé grâce à plusieurs prospections mais aussi en croisant les données issues de fouilles archéologiques, de la documentation textuelle, documentation cartographique et des témoignages recueillis. Cette activité sur l'île remonte au dernier quart du XVII<sup>ème</sup> siècle et se poursuit encore aujourd'hui, suivant des techniques « traditionnelles » dans la commune du Lamentin.

Nous avons réalisé un échantillonnage archéomagnétique sur dix structures, bien conservées, afin de préciser l'âge de leur dernière activité. Ces fours circulaires ont la particularité d'avoir été construits avec de la pierre volcanique et ont des dimensions caractéristiques de l'ordre de 3 à 4 m de hauteur pour un diamètre du même ordre de grandeur. A l'exception d'un site, 22 à 38 carottes ont été prélevées par structure. Les intensités d'aimantation rémanente naturelle (ARN) sont élevées et les directions d'aimantation se sont révélées stables durant les désaimantations progressives thermiques et par champ alternatif. Entre le XVIII<sup>ème</sup> et le milieu du XX<sup>ème</sup> siècle, le modèle gufm1 prédit peu de variation en inclinaison sur la zone d'étude (environ 5°), et une quinzaine de degrés en déclinaison. Quelques exemples de datation et résultats acquis sur ces fours seront présentés.



# Traçage de particules métalliques atmosphériques en zone urbaine par des mesures magnétiques sur des écorces d'arbre

Christine Franke<sup>1,\*</sup>, Claire Carvalho<sup>2</sup>, Aude Isambert<sup>3</sup>, Laure Turcati<sup>4</sup>, Mélina Macouin<sup>5</sup>,  
Sonia Rousse<sup>5</sup>, Nicolas Desassis<sup>1</sup>, Paul Edouard Gérard<sup>1</sup>

1 : MINES ParisTech, PSL University, Centre de Géosciences, 35 rue St Honoré, 77305 Fontainebleau Cedex

2 : IMPMC, UMR 7590 - Sorbonne Université/CNRS/MNHN/IRD, 4, place Jussieu, 75252 Paris Cedex 5 - France

3 : IPGP, Université Paris Diderot, Sorbonne Paris Cité, UMR 7154, 1 rue Jussieu, F-75238 Paris Cedex 05

4 : Particitaë, Sorbonne Université, Observatoire des Sciences de l'Univers ECCE TERRA, UMR 7204, 4 place Jussieu 75005 Paris.

5 : GET, Université Paul Sabatier, UMR 5563 CNRS UR234 IRD, Toulouse

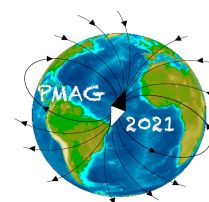
La santé publique se fonde sur deux piliers : prévention et gestion des risques. Ces deux dimensions requièrent une bonne compréhension des facteurs propres à impacter la santé des individus. D'après le communiqué de presse du 21 juin 2016, Santé Publique France, estime que la pollution aux particules fines (PM2.5, PM1.0 et PM0.1) est à l'origine de 35 000 décès par an. Le trafic routier est source significative d'émission de particules métalliques de taille micrométrique avec des propriétés fortement magnétiques. Prévention et gestion des risques nécessitent donc de comprendre comment les particules métalliques anthropiques se répartissent, en particulier en zone urbaine où trafic routier et densité de population sont tous deux importants. A cet égard, l'étude présente une méthode de traçage magnétique des particules métalliques anthropiques atmosphériques en zone urbaine, permettant de cartographier ces particules.

Des plantes entières (Figueiredo et al., 2007), des feuilles d'arbre (Gautam et al., 2005 ; Matzka et Maher, 1999) et des écorces d'arbre (Moreira et al., 2018) ont été utilisées comme traceurs de particules métalliques atmosphériques en zone urbaine. Il est donc intéressant d'utiliser de tels traceurs de la pollution atmosphérique du fait de leur forte densité en zone urbaine et de leur faible coût d'entretien (Moreira et al., 2018). A cet égard, les platanes, arbres sur lesquels les écorces parisiennes ont été échantillonnées en 2016 et 2019, présentent un avantage important comparativement à d'autres espèces : leurs écorces tombent chaque année au printemps. Ainsi les écorces accumulent des particules métalliques à leur surface pendant une année entière : leurs propriétés magnétiques sont donc susceptibles de refléter la pollution atmosphérique sur cette période. De plus, les platanes sont l'espèce d'arbres majoritaire à Paris, et présentent une forte densité (175 000) dans Paris intramuros (Paris OpenData).

Le logarithme de la susceptibilité magnétique présente une corrélation linéaire importante avec la quantité de particules métalliques, d'après (Gautam et al., 2005). De plus, Belcher et al. 2015 propose un modèle de diffusion et de dispersion atmosphérique en zone urbaine qui met en évidence la diffusion/dispersion des PM2.5, PM1.0 et PM0.1 depuis leurs sources jusqu'aux arbres, atteignant un pic de concentration entre 1,5 m et 2 m du sol (Maher, et al., 2008), altitude de prélèvement des échantillons d'écorces d'arbre.

Cette étude a pour objectif la comparaison de plusieurs années d'échantillonnage sur Paris (2016, 2019, 2020, et 2021 en cours d'analyse) et la validation de l'utilisation d'une méthode géostatistique appliquée aux résultats de la susceptibilité magnétique des écorces afin de vérifier ce modèle géostatistique des corrélations spatiales entre la présence de particules métalliques et la constellation géographique urbaine (distance et présence de routes, de feux rouges, de voies de chemin de fer...).

Cette étude montre également un excellent exemple de l'intégration des sciences participatives dans le projet de recherche académique qui a mené à la création de l'observatoire participatif citoyen de l'environnement « EcorcAir » (<http://www.particitaë.upmc.fr/fr/ecorcair.html>).



# Apport du paléomagnétisme à l'étude des séismes passés de forte magnitude

Catherine Kissel<sup>1,\*</sup>, Katleen Wils<sup>2</sup>, Loïc Piret<sup>2</sup>, Maarten Van Daele<sup>2</sup>, Sébastien Bertrand<sup>2</sup>

1 : Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement/IPSL, CEA, CNRS, UVSQ, UMR 8212, Université Paris-Saclay, Bat 714 Orme des Merisiers, CE Saclay, 91190 Gif-sur-Yvette

2 : Renard Centre of Marine Geology, Department of Geology, Ghent University, B-9000 Gent, Belgique

Les (méga)turbidites ont soulevé ces dernières années un intérêt croissant en suscitant de nombreuses études paléosismiques et paléoenvironnementales car elles sont l'évidence d'événements catastrophiques avec des implications majeures sur l'environnement. Mieux cerner leur occurrence et leur propagation (source) est d'une importance majeure dans l'évaluation des risques naturels. Nous avons mené dans ce but des études multi-indicateurs (dont magnétisme) sur des sédiments prélevés dans des fjords chiliens<sup>1,2,3</sup> et dans un lac de Sumatra<sup>4</sup>, régions soumises à une très forte activité sismique.

Le fjord Baker au Chili (~48°S) est situé à l'exutoire des deux calottes patagoniennes. Dans la carotte MD07-3121 (campagne PACHIDERME<sup>5</sup>; RV. *Marion Dufresne*), une mega-turbidite (7,33 m d'épaisseur) datée à 5513-5211 ans cal. B.P et de constitution clairement marine ne peut pas être attribuée à un événement de décharge lacustre post-glaciaire. Elle est déposée sur un épais dépôt de « mass transport », les deux représentant la remobilisation d'importantes masses de sédiment déposées préalablement sur les haut-fonds voisins et sur les flancs du fjord. Ces dépôts sont interprétés comme résultant d'une déstabilisation liée à un fort séisme. C'est la première évidence d'un événement déclenché par un séisme au sud de la jonction triple chilienne.

Le fjord Aysen (~45°S) est situé le long de la faille Liquiñe-Ofqui (LOFZ), le long du dernier tiers sud du segment Valdivia de la subduction (lieu du séisme  $M_w$  9.5 en 1960). La carotte MD07-3117 prélevée en 2007<sup>5</sup> (juste avant le séisme de  $M_w$  6.2) a permis de reconstruire la succession jusqu'à 9 ka BP des paléoséismes holocènes dans cette région exempte jusque-là de toute donnée pré-historique. De nombreux événements y ont été reconnus liés à l'activité de la LOFZ. Nous avons ainsi pu déterminer que l'événement de 1960 n'a pas été unique avec une récurrence de  $321 \pm 116$  ans pendant les derniers 2000 ans. Par le traitement de la granulométrie sédimentaire, plusieurs modes de rupture ont pu être déterminés (grands segments ou segments partiels et en cascade) (principalement) rendant l'anticipation du mode de rupture dans le futur très spéculatif.

Les séismes bi-phasés sont parfois mentionnés dans les événements historiques. Leur occurrence témoigne d'un risque accru pour les populations et connaître quel système faillé est capable de les produire de façon récurrente est un enjeu majeur. Cependant, étant très proches dans le temps, la reconnaissance de leur impact est encore un challenge dans les enregistrements pré-historiques. En utilisant le paléomagnétisme à haute résolution pour orienter les carottes prélevées dans le lac Singkarak, situé sur la grande faille dextre de Sumatra, nous avons pu pour la première fois mettre en évidence des turbidites liées au séisme biphasé de 2007 ( $M_w$  6.4 et 6.3 séparés par 2 heures). L'approche utilisée est donc d'un grand potentiel pour reconnaître ce type d'événement dans diverses séries subaquatiques.

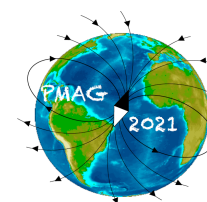
<sup>1</sup> Wils, K., Deprez, M., Kissel, C., et al., 2021, Multiple Pulses in Lacustrine Turbidites Reveal Earthquake Doublets. *Geology*, V. 49, in press.

<sup>2</sup> Wils, K., Van Daele, M., Kissel, C., et al., 2020 Seismo-turbidites in Aysén Fjord (Southern Chile) Reveal a Complex Pattern of Rupture Modes Along the 1960 Megathrust Earthquake Segment, *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 125, e2020JB019405.

<sup>3</sup> Piret, L., Bertrand, S., Kissel, C., et al., 2018. First evidence of a mid-Holocene earthquake-triggered megaturbidite south of the Chile Triple Junction. *Sedimentary Geology*, 375, 120-133.

<sup>4</sup> Wils, K., Van Daele, M., Lastras, G., Kissel, C., et al., 2018. Holocene Event Record of Aysén Fjord (Chilean Patagonia): an Interplay of Volcanic Eruptions, Crustal and Megathrust Earthquakes *J. Geophys. Res. Solid Earth.: Solid Earth*, 122.

<sup>5</sup> Kissel, C., The Shipboard Scientific Party, 2007.MD159-PACHIDERME (IMAGES XV) Cruise Report. Série Les rapports de campagnes à la Mer. Institut Paul-Emile Victor (105 pp.).



# MicMag : Développement d'un microscope magnétique pour le paléomagnétisme

Melina Macouin<sup>1</sup>, Sonia Rousse<sup>1</sup>, Loïc Drigo<sup>1</sup>, Aurélie Solignac<sup>2</sup>, Wanissa Benmessaoud<sup>2</sup>,  
Pascal Gisquet<sup>1</sup>

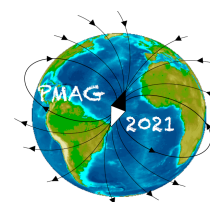
1 : Géosciences Environnement Toulouse, CNRS/UPS/IRD.CNES, Toulouse, France

2 : SPEC, CEA, CNRS, Université Paris-Saclay, CEA Saclay, Gif-sur-Yvette Cedex, France

---

La microscopie magnétique en champ nul et induit, développée dans quelques laboratoires dans le monde, permet un changement d'échelle pour nos applications en paléomagnétisme et magnétisme des roches et environnemental. En effet, le passage de mesures sur roche totale à des mesures in-situ permet les corrélations directes avec les données géochimiques in-situ et les observations pétrographiques, ce qui amènent à des nouvelles applications dans nos disciplines, mais aussi à mieux comprendre le signal magnétique.

Au sein du laboratoire Géosciences Environnement Toulouse, nous développons un instrument permettant de réaliser des images magnétiques de l'aimantation rémanente d'échantillons (lames minces) par balayage d'une sonde GMRs (capteurs à magnéto-résistances géantes) en champ nul. Ce développement est effectué en collaboration avec une équipe de physique du CEA. Une première version de ce microscope, baptisé MICMAG, a permis de réaliser les premiers tests. Une phase de calibration est actuellement en cours par la mesure d'échantillons sous la forme de couches fines magnétiques sur wafer présentant des géométries spécifiques. Des premières images magnétiques de serpentinites ont aussi été obtenues validant le principe de l'instrument.



# Dynamique des courants profonds en Atlantique Nord subpolaire au cours des périodes chaudes des derniers 400 000 ans.

Nathan Stevenard\*, Catherine Kissel, Aline Govin, Aurélie Van Toer, Camille Wandres.

Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement/IPSL, CEA, CNRS, UVSQ, UMR 8212, Université Paris-Saclay, Bat 714 Orme des Merisiers, CE Saclay, 91190 Gif-sur-Yvette

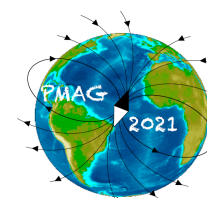
L'océan est une composante essentielle du système climatique de par les échanges de chaleur et d'humidité avec l'atmosphère (Stocker *et al.* 2013). La circulation méridienne de retournement de l'Atlantique (AMOC), caractérisée dans l'Atlantique Nord subpolaire par un courant de surface chaud et des eaux de débordements froides et salées formant progressivement la masse d'eau profonde nord-atlantique (NADW), est une composante importante de la circulation océanique. Les incertitudes liées à sa variabilité future (due au changement climatique actuel) impactent fortement les différents scénarios climatiques (Bellomo *et al.* 2021). Pour mieux les cerner et les contraindre, une meilleure connaissance du passé sous forçages naturels est nécessaire. De nombreux travaux documentent une variabilité de ventilation des eaux profondes durant des périodes chaudes (interglaciaires) anciennes, mais très peu d'études renseignent sur la variabilité d'intensité de ces courants profonds. La diversité de ces interglaciaires, du point de vue des températures, de l'insolation, des pressions de CO<sub>2</sub> ou des variations du niveau marin permet d'avoir une vision large sur les relations entre l'intensité des courants profonds et les paramètres climatiques.

Notre étude vise à reconstruire ces variations d'intensité pour le courant *Iceland-Scotland Overflow Water* (ISOW) – l'une des deux branches profondes de l'AMOC en Atlantique nord sub-polaire – au cours des interglaciaires de derniers 400 000 ans. Pour ce faire, deux carottes sédimentaires (MD03-2679 1812 m de profondeur et MD03-2673 2786 m de profondeur) situées sur le flanc Est de la ride de Reykjanes (Bjorn et Gardar drifts, respectivement), ont été analysées. La géochimie élémentaire par fluorescence aux rayons-X (XRF) permet de tracer les particules sédimentaires riches en titane, provenant du seuil basaltique Islando-Ecossais, et les variations d'intensité à l'aide des rapports géochimiques Ti/K et Zr/Rb, respectivement. La granulométrie sédimentaire permet également de tracer l'intensité du courant avec la taille moyenne des grains silteux non-cohésifs (*sortable silt*). Enfin, la taille des grains magnétiques (ARM/IRM) servira de troisième traceur des variations d'intensité.

Les taux d'accumulation sédimentaire de la carotte MD03-2673 (au sud et la plus profonde) indiquent des changements importants d'apports sédimentaires selon les périodes glaciaires/interglaciaires, probablement liés à un ajustement en profondeur du courant ISOW. Les premiers résultats, pour les stades isotopiques marins (MIS) 7 et 9, montrent une forte corrélation entre les traceurs de source sédimentaire et les variations d'intensité. Les trois traceurs d'intensité montrent les mêmes variations. Ces résultats suggèrent un courant plus intense, apportant plus de sédiment de la source unique au Nord (seuil Islando-Ecossais) lors des périodes chaudes, et moins lors des périodes plus froides de ces interglaciaires. Ces résultats seront discutés en détail ainsi que leur comparaison avec les variations de température.

Bellomo, K., Angeloni, M., Corti, S., & von Hardenberg, J. (2021). Future climate change shaped by inter-model differences in Atlantic meridional overturning circulation response. *Nature Communications*, 12(1), 3659.

Stocker T. F. et al., Eds., Climate Change 2013: The Physical Science Basis: Working Group I Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (*Cambridge Univ. Press*, 2013).



# Rock magnetic analysis of secondary oxides formed during sulphide oxidation to characterize weathering due to sulphuric acid in the Himalaya.

Aswin Pradeep Tachambalath<sup>1,\*</sup>, Julien Charreau<sup>1</sup>, France Lagroix<sup>2</sup>, Christian France-Lanord<sup>1</sup>

1 : Centre de Recherches Pétrographiques et Géochimiques (CRPG), Université de Lorraine – CNRS, 15 Rue Notre Dame des Pauvres 54500 Vandoeuvre lès Nancy

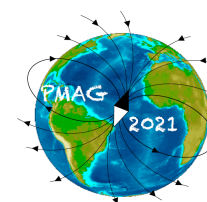
2 : Institut de Physique du Globe de Paris (IPGP), Université Paris VII - Paris Diderot, UMR7154, 1 rue Jussieu, 75238 Paris cedex 05.

The net carbon cycle impact of the release of silicate Ca, Mg, K, Na during Himalayan weathering also depends on the acid that mediated the weathering reaction. While soil / atmospheric CO<sub>2</sub> is the main source of acid, it has been demonstrated in Himalaya that sulphide oxidation is also a significant source of acid for weathering reactions. The oxidation of sulphide leads to (1) the formation of sulfuric acid that can react with carbonate and / or silicates and (2) the creation of new iron oxides. Yet, carbonate weathering mediated by sulfuric acid so produced is a key source of atmospheric CO<sub>2</sub>, which may balance the sink of CO<sub>2</sub> associated to weathering of silicates. This oxidation of sulfide is well documented in the flood plain of modern world rivers. It has however been poorly investigated upstream at the basin scale especially in the source area. The importance of sulfide oxidation in the past is moreover unknown. Hence, in order to provide accurate CO<sub>2</sub> budgets, it is essential to better understand and better quantify the alteration caused by sulfuric acid. The goal of this study is to investigate (1) the sulphide oxidation processes at the basin scale from the source area to the flood plain and, to track back such processes in the past, (2) to explore how these processes may be recorded in the detrital sediments produced during erosion. Our objectives are, using rock magnetic analyzes, to trace the formation and the presence of iron oxides that are bi-products of the sulfide oxidation from the rock sources, the primary level of weathering in Himalaya (soils, landslides...), to the sediments exported in the floodplain. We focused our analyzes on the Narayani basin in Central Nepal where we sampled fresh and oxidized bedrock of the rock sources, depth profiles across modern soils, sediments produced by modern landslides and modern river bedload. The magnetic mineralogy and the iron oxide of these samples were characterized using Curie point analyzes, Isothermal Remanent Magnetization (IRM) and hysteresis loops measurements. The nature of the magnetic phases was also determined from the magnetic behavior at low temperature (ZFC / FC and RT-SIRM). Isothermal Remanent Magnetization (IRM) and hysteresis loops measurements. The nature of the magnetic phases was also determined from the magnetic behavior at low temperature (ZFC / FC and RT-SIRM). Isothermal Remanent Magnetization (IRM) and hysteresis loops measurements. The nature of the magnetic phases was also determined from the magnetic behavior at low temperature (ZFC / FC and RT-SIRM).

We have first focused our analyses on reddish altered pebble from the Narayani River. These pebbles preserve fresh and unaltered rocks at their center. The fresh and altered sections of the pebbles show contrasting iron oxide compositions. Signature of pyrrhotite (Besnus transition at 35K) is observed in fresh sections of the altered pebble while the oxidized section of the pebbles is characterized by the presence of goethite, which could have resulted from the oxidation of the sulphide (pyrrhotite) initially present. The presence of goethite in the oxidized section of the pebble is also supported by observations from reflected light microscopy and suggested by the presence of high coercivity component retrieved from IRM unmixing [1]. The poster will review the observations from the rock magnetic experiments conducted on the altered pebbles and the iron oxide phases identified which could be useful to decipher the sulphide oxidation occurring in the river basin.

We will also present other preliminary rock magnetic results from other samples collected along the basin including river sand, soils, and landslide samples. These results suggest variations in the composition of the magnetic phases and secondary iron oxides throughout the basin and may be useful to better understand the weathering process in the source area of the Himalaya.

[1] Maxbauer, Daniel P., Joshua M. Feinberg, and David L. Fox. "MAX UnMix: A web application for unmixing magnetic coercivity distributions." *Computers & Geosciences* 95 (2016): 140-145.



# First full vector archeomagnetic data from Northern Mexico

Brina Tchibinda Madingou<sup>1,\*</sup>, Mireille Perrin<sup>1</sup>, Gwenaël Hervé<sup>2</sup>, Arnaldo Hernández Cardona<sup>3</sup>, Luis Alva-Valdivia<sup>3</sup>, Cruz Antillón<sup>4</sup>

1 : Centre européen de recherche et d'enseignement de géosciences de l'environnement (CEREGE), UMR7330, Technopole Environnement Arbois-Méditerranée, BP80 13545 Aix-en-Provence Cedex 04

2 : Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (LSCE), CEA, CNRS, UVSQ, Université Paris-Saclay, UMR8212, Bat 714, Orme des Merisiers, 91190 Gif-sur-Yvette.

3 : Laboratorio de Paleomagnetismo, Instituto de Geofísica, UNAM, Mexico City, Mexico

4 : Instituto Nacional de Antropología e Historia, Chihuahua, Mexico

Plusieurs courbes de la variation séculaire du champ géomagnétique au Mexique au cours des derniers millénaires ont été proposées ces dernières années grâce à l'augmentation du nombre de données. Cependant, ces courbes, notamment celle de l'intensité, sont imprécises avec une influence de la qualité variable des données (Hervé et al., 2019). Une autre limite est la distribution géographique inégale des données avec la quasi-majorité d'entre elles provenant du centre du Mexique autour de la ceinture volcanique transmexicaine. Les données sont quasiment absentes dans le nord du pays et dans cette étude, nous présentons les résultats archéomagnétiques de 9 fours à poterie du site archéologique de Casas de Fuego dans l'état de Chihuahua (Tchibinda et al., 2021). Le site est rattaché à la culture de Casas Grandes et est daté entre 1250 et 1450 ap. J.-C.

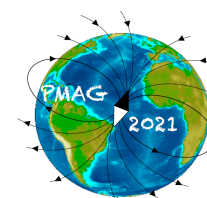
Les propriétés magnétiques (courbes K-T, FORCs) montrent que l'aimantation thermorémanente (ATR) est portée par des grains monodomaines de titanomagnétite pauvre en Ti. Les archéodirections ont été estimées après désaimantation par champ alternatif et thermique et les archéointensités avec le protocole original de Thellier-Thellier avec correction des effets de l'anisotropie d'ATR et de la vitesse de refroidissement. Neuf directions moyennes et huit intensités moyennes ont été obtenues. Elles constituent les premières déterminations vecteur-total acquises sur du matériel archéologique dans le Nord du Mexique et le Sud-Ouest des États-Unis. Les nouvelles données ont été comparées avec les données existantes au Mexique et aux États-Unis avant et après sélection suivant des critères de qualité expérimentaux. Les directions de Casas de Fuego sont en bon accord avec les données sélectionnées et avec la courbe régionale nord-américaine. En revanche, elles mettent en question le pic de l'inclinaison observé sur la courbe mexicaine proposée par Soler-Arechalde et al. (2019), qui apparaît lié à des données de mauvaise qualité. En intensité, les nouvelles données suggèrent une variation séculaire rapide autour de 1500 ap. J.-C., non-décrite ni par le modèle global SHAWQ2k (Campuzano et al., 2019) ni par les courbes régionales.

Campuzano, S., Gomez-Paccard, M., Pavon-Carrasco, F., Osete, M.L. (2019). Emergence and evolution of the South Atlantic Anomaly revealed by the new paleomagnetic reconstruction SHAWQ2k. *Earth and Planetary Science Letters*, 512, 17–26.

Hervé, G., Perrin, M., Alva-Valdivia, L., Tchibinda Madingou, B., Rodríguez-Trejo, A., Hernández-Cardona, A., Córdova Tello, M., Meza Rodríguez, C. (2019). Critical Analysis of the Holocene Palaeointensity Database in Central America: Impact on Geomagnetic Modelling. *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.pepi.2019.02.004>.

Soler-Arechalde, A.M., Caballero-Miranda, C., Osete, M.L., López-Delgado, V., Goguitchaichvili, A., Barrera-Huerta, A., Urrutia-Fucugauchi, J. (2019). An Updated Catalogue of Pre-Hispanic Archaeomagnetic Data for North and Central Mesoamerica: Implications for the Regional Paleosecular Variation Reference Curve. *Boletín de La Sociedad Geológica Mexicana* 71 (2), 497-518. <https://doi.org/10.18268/BSGM2019v71n2a16>.

Tchibinda Madingou, B., Perrin, M., Hervé, G., Hernández Cardona, A., Alva-Valdivia, L.M., Cruz Antillon, R. (2021). First full vector archeomagnetic data from Northern Mexico. *Geochemistry Geophysics Geosystems*, 22, e2021GC009969.



# The contribution of geophysical investigation for the identification of the Aurelian forum of Ostia (Rome, Italy)

Minoru Uehara<sup>1,\*</sup>, Pierre Etienne Mathé<sup>1</sup>, Turci Marcello<sup>2</sup>

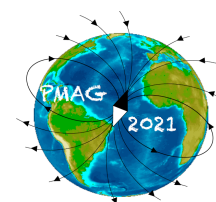
1 : Centre européen de recherche et d'enseignement de géosciences de l'environnement (CEREGE), UMR7330, Technopole Environnement Arbois-Méditerranée, BP80 13545 Aix-en-Provence Cedex 04

2 : Centre Camille Jullian - Histoire et archéologie de la Méditerranée et de l'Afrique du Nord de la protohistoire à la fin de l'antiquité, UMR7299, 5 Rue du château de l'Horloge - BP 647 13094 Aix-en-Provence Cedex 2

We studied the complex in the east of the Baths of the Porta Marina in the Archaeological Park of Ostia Antica, Rome, Italy, as a part of an international project for the resumption of investigations in the coastal district of Ostia. The vegetation anomalies revealed by aerial photographs has clearly evidenced the traces of a large complex in this unexcavated area. Our detailed study of satellite images and aerial photographs identified at least seven sectors in this large complex, covering an area of approx. 15,000 m<sup>2</sup>. We conducted geophysical surveys to understand the distribution of the artefacts under the surface in 2018 and 2019.

A magnetic field mapping is realized by G858 (Geometrics) magnetometer with the GPS-INS fusion system, operated as a pseudo-gradiometer. The pseudo-gradient map confirms the many of the structures found in the vegetation analyses, though there are strong signatures from modern and/or unknown origins. A ladder-like shaped structure is found, which is not very visible in the vegetation anomalies. We also conducted electrical resistivity tomography (ERT; ABEM SAS4000) and the electro-magnetic sounding (Geonics EM-38) to understand the resistivity distribution. The ERT and EM results show that the east-side of the complex have only shallow or superficial (first 1 m or less) resistive layers, whereas the open area at the center of the studied field and the sectors close to the Baths (west-side) also have the deep (5 m in depth) resistive structures. The positions of those resistive structures are comparable to the vegetation anomalies.

Our geophysical study confirmed the existence of the large complex. Particularly, the integrated study of geophysical prospections, satellite images, and topography defines a characteristic large open area, which can be recognized as a *forum* flanked by a building with a basilical plan. The location at short distance from the ancient coastline makes it possible to identify it with the "Aurelian's forum" and the public *praetorium* known from Late Roman Historiography (*Historia Augusta*).





# MAGNUS: MAGNetism U-channels Software for cryogenic magnetometer

Aurélie Van Toer<sup>\*</sup>, Catherine Kissel, Carlo Laj, Alain Mazaud, Camille Wandres

Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement/IPSL, CEA, CNRS, UVSQ, Université Paris-Saclay, UMR8212, Orme des Merisiers, Bât 714, CE Saclay, F-91191 GIF-SUR-YVETTE CEDEX

For its research activities in paleoclimate/ paleoceanography, the CliMag group has developed the laboratory instruments and procedures for continuous high-resolution magnetic measurements of sedimentary sequences (using u-channels). In particular on our request, 2G Enterprises developed in 1991 the first small-access pass-through cryogenic magnetometer equipped with high-resolution pick-up coils. This new instrument was delivered with no « satellites » and no software. A “home-made” software for automatic measurements of various remanent magnetizations with this magnetometer had therefore been developed (Weeks et al., 1993).

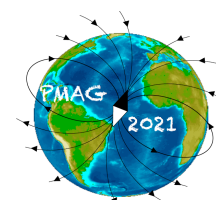
Initially written with a macro Visual Basic for applications (VBA) in Excel, it has progressively been improved over the past 25 years and incremented with numerous sub-routines and multiple controls and warnings.

The last (2019) version of the software, called « MAGNUS », has been developed in Visual Basic (.Net) for Windows and is, therefore, independent from Excel. MAGNUS includes all the previous developments and warnings with a largely improved organization and important elements:

- New ergonomic context for a simplified use
- New communication between electronics and computer
- Automatic correction for the unlocking of the electronics in case of abrupt changes in power supply
- Possibility of adjusting the software to the different parameters characterizing each magnetometer.
- Adjustments of the translation speeds ensuring:
  - full anhysteretic remanent magnetization (ARM) to be acquired
  - full demagnetization at the desired peak field
  - high remanent magnetizations (in particular IRM or ash layers) to be accurately measured (adjustment of the translation speed between two measured horizons depending on the level of magnetization).

This unique development is highly valuable for the daily life in our laboratory where it is now routinely used. It can now be exported to numerous laboratories that have been interested for a long time in all included "tricks".

We also developed a new version of the automatic data processing software such as VBA for Excel 2011.



# PMAG 2021 – Liste des participants

	<b>Nom</b>	<b>Prénom</b>	<b>e-mail</b>
1	Benammi	Mouloud	mbenammi@univ-poitiers.fr
2	Bimourghane	Hafida	bimourghanehafida@gmail.com
3	Bussone	Romain	romain.bussone@hotmail.fr
4	Camps	Pierre	pierre.camps@umontpellier.fr
5	Carvallo	Claire	claire.carvallo@upmc.fr
6	Chapon	Cécile	cecile.chapon@mnhn.fr
7	Chauvin	Annick	annick.chauvin@univ-rennes1.fr
8	Crouzet	Christian	chcro@univ-savoie.fr
9	Da Silva Leite	Aruã	arua.leite@get.omp.eu
10	Demory	François	demory@cerege.fr
11	Drigo	Loïc	loic.drigo@get.omp.eu
12	Dupont-Nivet	Guillaume	guillaume.dupont-nivet@univ-rennes1.fr
13	Franke	Christine	christine.franke@mines-paristech.fr
14	Gonzalez Cano	Adriana	agonzalez@ipgp.fr
15	Guyodo	Yohan	yohan.guyodo@ipgp.fr
16	Henry	Pierre	henry@cerege.fr
17	Heraibi	Robin	heraibi@ipgp.fr
18	Hervé	Gwenaël	gwenael.herve@lsce.ipsl.fr
19	Hulin	Guillaume	guillaume.hulin@inrap.fr
20	Kissel	Catherine	catherine.kissel@lsce.ipsl.fr
21	Laag	Christian	laag@ipgp.fr
22	Lagroix	France	lagroix@ipgp.fr
23	Laj	Carlo	carlo.laj@ens.fr
24	Letaief	Sarah	sarah.letaief@umontpellier.fr
25	Lévêque	François	fleveque@univ-lr.fr
26	Macouin	Melina	melina.macouin@get.omp.eu
27	Mazaud	Alain	alain.mazaud@lsce.ipsl.fr
28	Montheil	Leny	leny.montheil@umontpellier.fr
29	Nicol	Patrick	nicol@gm.univ-montp2.fr
30	Poidras	Thierry	poidras@gm.univ-montp2.fr
31	Pozzi	Jean-Pierre	pozzi@ens.fr
32	Quesnel	Yoann	quesnel@cerege.fr
33	Roperch	Pierrick	pierrick.roperch@univ-rennes1.fr
34	Rousse	Sonia	sonia.rousse@get.omp.eu
35	Simon	François-Xavier	fxsimus@hotmail.com
36	Stevenard	Nathan	Nathan.stevenard@lsce.ipsl.fr
37	Tachambalath	Aswin Pradeep	aswin.tachambalath@univ-lorraine.fr
38	Tchibinda Madingou	Brina	madbryna@yahoo.fr
39	Uehara	Minoru	uehara@cerege.fr
40	Van Toer	Aurélie	aurelie.vantoer@lsce.ipsl.fr
41	Wandres	Camille	camille.wandres@lsce.ipsl.fr

