

7<sup>ème</sup> édition

# Colloque CLIMAT ET IMPACTS

23, 24 & 25 novembre 2022

## Volume des résumés



### Sessions

- 1/ Session blanche
- 2/ Interactions climat, tectonique et cycles biogéochimiques aux longues échelles de temps
- 3/ Le patrimoine naturel et culturel face au changement climatique
- 4/ Impacts du changement climatique sur les socio-éco-systèmes
- 5/ Dynamique des glaciers et des pergélisols de hautes latitudes/altitudes : évolution récente et archives paléoenvironnementales et géoarchéologiques
- 6/ Interaction humain-environnement durant le Pléistocène récent et l'Holocène
- 7/ Impacts du changement climatique sur les eaux souterraines profondes
- 8/ Dynamique des changements climatiques et interactions avec les écosystèmes et sociétés humaines en régions tropicales et sub-tropicales au cours du Quaternaire
- 9/ Apport de la Géochronologie à la compréhension des variations climatiques et culturelles passées
- 10/ Interactions entre climat, environnement et biodiversité passée, présente et future : apport des données et modèles
- 11/ Événements climatiques extrêmes à différentes échelles de temps : fréquence, intensité et processus
- 12/ Élaboration et application de traceurs/proxies à l'océanographie et à la paléocéanographie

**COMITÉ D'ORGANISATION :**  
Christine Hatté [Christine.Hatte@lsce.ipsl.fr](mailto:Christine.Hatte@lsce.ipsl.fr)  
Christophe Colin [christophe.colin@universite-paris-saclay.fr](mailto:christophe.colin@universite-paris-saclay.fr)

<https://premc.org/climat-impacts-2022/>

*Partenaires privés de "Climat et Impacts"*



**ThermoFisher**  
S C I E N T I F I C

# Volume des résumés

## CHANGES IN THE INDO-PACIFIC REGION UNDER ORBITAL FORCING

Isma ABDELKADER DI CARLO<sup>1\*</sup>, Pascale BRACONNOT<sup>1</sup>, Mary ELLIOT<sup>2</sup>, Olivier MARTI<sup>1</sup>

1. IPSL/Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement, unité mixte CEA- CNRS-UVSQ, Université Paris Saclay, Gif-sur-Yvette, France; 2. CNRS-Université de Nantes – Laboratoire de Planétologie et de Géodynamique, Nantes, France.

[isma.abdelkaderdicarlo@lsce.ipsl.fr](mailto:isma.abdelkaderdicarlo@lsce.ipsl.fr)

The Indian Ocean shows two modes of variability today: the Indian Ocean Dipole (IOD) and the Indian Ocean Basin mode (IOB). We have the El Niño-Southern Oscillation (ENSO) in the Pacific Ocean. Their interactions are complicated because of the presence of the Asian Monsoon. Under increasing CO<sub>2</sub> emissions, both basins' mean states will change, impacting their interaction. We use a paleoclimate approach where the primary driver of mean-state changes is insolation (orbital forcing). This will allow us to examine the long-term interaction changes between the two ocean basins. Our primary focus is the Holocene period, where precessional forcing was the main driver of mean-state changes.

We first compare the changes occurring in the Holocene using five different transient simulations. We also compare our results to other precessional cycles using an accelerated transient simulation of the last 2 million years. Finally, we compare the simulations to proxy data from the Indo-Pacific region's bivalves, corals, and sediment cores over the Holocene.

## LES GLACIERS DE LA HAUTE VALLEE DE L'ARVE A LA TRANSITION ENTRE HOLOCENE ET DRYAS RECENT: RECONSTITUTION PALEO-ENVIRONNEMENTALE DE LA DEGLACIATION ET IMPLICATIONS CLIMATIQUES

Julia AGZIOU <sup>\*1</sup>, Léa COURTIAL-MANANT<sup>1</sup>, Jean-Louis MUGNIER<sup>1</sup>, Jean-Francois BUONCRISTIANI<sup>2</sup>, Julien CARCAILLET<sup>1</sup>, Riccardo VASSALLO<sup>1</sup>

1. ISTerre – University Grenoble Alps, University Savoie Mont Blanc, University Gustave Eiffel, CNRS, IRD, IFSTTAR, Grenoble, France; 2. Laboratoire Biogéosciences, UMR/CNRS 6282, Université de Bourgogne, France.

[julia.agziou@univ-grenoble-alpes.fr](mailto:julia.agziou@univ-grenoble-alpes.fr)

L'étude de la transition Dryas récent (YD)-début de l'Holocène (EH) permet de comprendre la complexité des dynamiques associées à une déglaciation ainsi que de la réponse morphologique lors de cette dernière phase d'un cycle glaciaire. Ce travail repose sur une étude géomorphologique à la marge des paléo-glaciers de la haute vallée de l'Arve. Il est basé sur une

cartographie des crêtes morainiques à partir d'un MNT de résolution infra-métrique et 20 nouvelles datations <sup>10</sup>Be, complétant 35 datations <sup>10</sup>Be et 2 datations <sup>14</sup>C antérieures.

Les moraines du glacier du Tour s'inscrivent dans un vallum qui témoigne des différentes phases de stationnement et d'avancées glaciaires depuis le Dryas ancien jusqu'au début de l'Holocène. Les moraines de Tré-le-champ le bas sont morphologiquement les plus développées. Elles atteignent des hauteurs supérieures à 30-40m en position latéral-frontal et sont datées à 9.6 ± 0.6 ka BP. Elles coïncident avec les moraines de la Joux pour le glacier d'Argentière dont le stade avait déjà été daté à 10.2 ± 0.4 ka BP (âge <sup>10</sup>Be sans considération de l'érosion et de la couverture neigeuse). Même en introduisant des corrections d'érosion et de neige sur ces nouvelles datations, l'âge du stade de Tré-le-champ le bas reste postérieur au Dryas récent. De nombreuses moraines attestent aussi de plusieurs stades, aussi postérieurs au Dryas récent mais antérieurs à 9.6 ka BP et nous amène à faire l'hypothèse d'une structure morainique de type superposé à Tré-le-champ. Une synthèse réalisée à l'échelle des Alpes confirme que le début de l'Holocène est affecté par des réavancées temporaires traduisant un retrait des glaciers de vallées progressif.

Quelques éléments morphologiques datés de la haute vallée de l'Arve suggèrent un paléo-glacier unique, lié à la confluence des glaciers du Tour et d'Argentière, et s'étendant avant la transition YD-EH à la fois plus haut et plus en aval que le stade de la Joue. De nombreuses évidences de remplissages lacustres déposés en contexte périglaciaires sont observés, mais le détail de leurs relations avec les avancées glaciaires sont difficiles à préciser. Il semble cependant que la surface du Pont de Montroc, en apparence barré par les moraines de Tré-le-Champ, puisse représenter le remplissage d'un paléo-lac pro-glaciaire, sur laquelle repose la moraine de Tré le Champ le bas, près de 3000 ans plus jeune.

En résumé, bien que le réchauffement climatique à la limite Dryas récent/Holocène soit très abrupt d'après les enregistrements des glaces groenlandaises, plusieurs phases d'avancées glaciaires momentanées lors du début de l'Holocène ont fortement modelé le paysage au voisinage des édifices glaciaires du Mont-Blanc. Ces épisodes glaciaires successifs sont particulièrement expliqués par des péjorations climatiques, en lien notamment avec la fonte des calottes Nord-Américaines et Fennoscandiennes, et pendant lesquelles les précipitations dans les Alpes seraient notablement plus élevées que pendant le YD.

## CLIMATE VARIABILITY OF GLACIERIZED AREAS UNDER CONTRASTED CLIMATE REGIMES: PAST TRENDS AND PROJECTIONS

Amen AL-YAARI<sup>1</sup>, Thomas CONDOM<sup>1</sup>, Clementine JUNQUAS<sup>1</sup>, Antoine RABATEL<sup>1</sup>, Jean-Emmanuel SICART<sup>1</sup>, Sophie CAUVY<sup>2</sup>, Olivier DANGLES<sup>3</sup>

1. Univ. Grenoble Alpes, IRD, CNRS, Grenoble INP, Institut des Geosciences de l'Environnement (IGE, UMR 5001), 38000, Grenoble, France; 2. INRAE – UR RIVERLY – EcoFlowS, F-69100 Villeurbanne, France; 3. UMR CEFE- Montpellier University, Montpellier, France.

[amen.alyaari@gmail.com](mailto:amen.alyaari@gmail.com)

Most glacierized areas around the world are shrinking, which is often connected with global warming over the last decades. Identifying the influence of climate changes on these areas and possible consequences on surrounding ecosystems is a prerequisite to better enhance adaptation capacities at local and regional scales. The objective of this worldwide-scale study is to investigate the climate variability on annual and seasonal time scales during 1958-2020 and for the projections until the end of 21st Century. Past trends and breakpoints in monthly time-series are analyzed in precipitation (Pr), maximum and minimum temperatures (Tmax and Tmin) in twenty-five glacierized areas located in different climate regimes in the Northern hemisphere mid-latitudes (in the European Alps, the Pyrenees), the tropical Andes (Ecuador, Bolivia, Venezuela, Colombia, Peru), the tropical Southeast Asia (Indonesia), the equatorial Africa (Uganda), the subtropical Andes of Chile - Argentina and the Southern hemisphere mid-latitudes in Patagonia and Tierra del Fuego (Argentina). We analyzed how trends in temperature and precipitation are associated with cloud cover properties (e.g., cloud amount, cloud pressure, optical thickness, and cloud temperature) and various climate variability indices such as the Atlantic multi-decadal oscillation (AMO), the El Niño Southern Oscillation (ENSO), the Pacific Decadal Oscillation (PDO), the Equatorial Southern Oscillation Index (SOI), and the North Atlantic Oscillation (NAO). We used high resolution gridded data sets: TerraClimate (Monthly Climate and Climatic Water Balance for Global Terrestrial Surfaces) and regional simulations from 28 models provided by the Coordinated Regional Climate Downscaling Experiment (CORDEX), and the International Satellite Cloud Climatology Project (ISCCP) data. Long-term significant trends of increasing annual and seasonal Tmax were identified over all European, Andean, Indonesian, and African glaciers (not significant over Argentinian sites). Over all sites, a significant increasing trend in Tmin was identified. While significant trends of decreased annual rainfall were identified over African and most Alps and Pyrenees sites, no significant trends of rainfall were identified over the other sites. European sites were more influenced by the cloud cover properties than the tropical and subtropical sites. AMO plays a greater role than ENSO and PDO in causing climatological changes on glaciers in temperate and African zones. While the Bolivian and Argentinian glaciers were the least influenced by AMO and NAO, most of the glaciers in Ecuador and Colombia were the most influenced by SOI. According to the RCP45 and RCP85 scenarios, Tmax and Tmin will increase until the end of 21st Century but precipitation will be relatively stable over temperate regions; it will increase over the Bolivian, Ecuadorian and Colombian sites, but will decrease over the Central Andes and Patagonian sites. Our results highlight strong regional contrasts in climate variability and their responses to the influence of large-

scale climatic variability patterns in the present and in the future.

## LE <sup>17</sup>O-EXCESS DES PHYTOLITHES POUR RECONSTRUIRE L'HUMIDITE RELATIVE ATMOSPHERIQUE DU PASSE : PREMIERS RESULTATS A L'HOLOCENE RECENT EN AFRIQUE CENTRALE

Julie ALEMAN<sup>1\*</sup>, Charlotte MENTION<sup>1</sup>, Jean-Charles MAZUR<sup>1</sup>, Corinne SONZOGNI<sup>1</sup>, Aude GEBELIN<sup>1</sup> et Anne ALEXANDRE<sup>1</sup>.

1. Aix Marseille University, CNRS, IRD, INRA, CEREGE, Technopole Environnement Arbois-Méditerranée, 13545 Aix-en-Provence, France.

[aleman@cerege.fr](mailto:aleman@cerege.fr)

L'humidité relative atmosphérique (HR) combinée à la température de l'air permet d'estimer le déficit de pression de vapeur, variable qui contrôle l'évaporation du sol, la transpiration des plantes et la productivité des écosystèmes. L'HR constitue donc un paramètre climatique important, notamment pour l'étude des interactions végétation-climat. De plus, il a été montré que l'HR globale tend à diminuer – et le déficit de pression de vapeur à augmenter – depuis le 20<sup>ème</sup> siècle, une tendance prévue pour s'amplifier avec l'augmentation des températures, dans le cadre des changements globaux en cours. Cette tendance est associée à une augmentation de la mortalité des arbres tropicaux, notamment forestiers.

Retracer l'HR dans le passé est donc crucial d'une part afin d'obtenir des points de comparaisons avec les modèles climatiques au-delà de la période instrumentale, et d'autre part afin de mieux comprendre les interactions passées entre végétation et HR. Un nouvel indicateur quantitatif de l'HR a récemment été développé. Il s'agit de la triple composition isotopique de l'oxygène des phytolithes (particules de silice biogénique) exprimée par le <sup>17</sup>O-excess ( $\delta^{17}\text{O} - 0.528 \times \delta^{18}\text{O}$ ). Des calibrations en chambre de culture et en conditions naturelles, associées à des modélisations, ont permis de montrer que le <sup>17</sup>O-excess variant peu dans les précipitations, le <sup>17</sup>O-excess des phytolithes reflétait directement la dépendance à RH du <sup>17</sup>O-excess de l'eau de feuille évaporée. Ce, quelle que soit l'espèce de plante, la température ou la concentration en CO<sub>2</sub> atmosphérique. La morphologie des phytolithes est aussi un indicateur de végétation. En associant l'analyse du <sup>17</sup>O-excess à l'analyse morphologique des phytolithes, ont dispose donc d'un marqueur permettant de reconstituer indépendamment les changements de HR et de végétation.

Afin d'étudier les interactions passées entre végétation et HR, l'Afrique centrale constitue une zone d'étude idéale. En effet, l'Holocène récent y est caractérisé par des changements climatiques (notamment dans le régime des précipitations et de disponibilité en eau), des changements d'utilisation des terres (migrations de peuples de langue Bantoue dans des zones dominées par des peuples chasseurs-cueilleurs) et de végétation (transitions forêt-savane et modification de la composition forestière). Le Lac Ngofouo, situé dans une zone de mosaïques de forêts et de savanes dans le sud de la République du Congo, enregistre en continu les 2000 dernières années et est caractérisé par un changement abrupt du régime des feux ca. 1500 BP. Les

premiers résultats de l'analyse du  $^{17}\text{O}$ -excess des phytolithes suggèrent des fluctuations de l'HR > 20% au cours des 2000 dernières années. L'augmentation du régime des feux semble être précédée d'une diminution de l'HR et l'analyse morphologique des phytolithes suggère une ouverture de la végétation postérieure à ces changements de régime de feux et d'HR. L'HR réaugmente ensuite mais la biomasse brûlée reste importante et la végétation ouverte. Ces résultats sont très préliminaires mais mettent en évidence la possibilité d'investiguer les rétroactions importantes qui existent entre végétation, climat et perturbations.

### IMPACTS OF THE TOBA SUPER-ERUPTION ON THE TEMPERATURE AND pH OF THE ANDAMAN SEA

Ana ALVES<sup>1\*</sup>, Matthieu BUISSON<sup>2</sup>, Pascale LOUVAT<sup>3</sup>, Claire ROLLION-BARD<sup>4</sup>, Franck BASSINOT<sup>4</sup>, William GRAY<sup>4</sup>, Guillaume PARIS<sup>5</sup>, Benoit CARON<sup>6</sup>, Giulia DEL MANZO<sup>2</sup>, Anne LE FRIANT<sup>2</sup>, Eva MORENO<sup>7</sup> and Annachiara BARTOLINI<sup>1</sup>

1. Centre de recherche en paléontologie - Paris UMR7207, CNRS, MNHN, Sorbonne Université, France ([ana.alves@mnhn.fr](mailto:ana.alves@mnhn.fr)); 2. Université Paris Cité, Institut de physique du globe de Paris, CNRS, UMR 7154, Paris, France; 3. IPREM Pau UMR 5254 CNRS Université de Pau et des Pays de l'Adour, France; 4. LSCE UMR8212 CEA CNRS IPSL UVSQ Université Paris-Saclay, France; 5. CRPG Nancy UMR7358 Université de Lorraine, France; 6. ISTEP UMR7193 CNRS Sorbonne Université, France; 7. LOCEAN Sorbonne Université CNRS IPSL IRD MNHN, France.

[ana.alves@mnhn.fr](mailto:ana.alves@mnhn.fr)

The Toba volcano super-eruption occurred about 74,000 years ago on the island of Sumatra, during the transition between interglacial Marine Isotope Stage (MIS) 5 and glacial MIS 4. This eruption, which led to the deposition of the so-called Youngest Toba Tuff (YTT), is currently described as the largest volcanic eruption of the Quaternary. However, its impact on climate is widely debated and its effects on the ocean remain poorly understood.

The aim of this work is to estimate the impact of YTT on surface oceanic temperatures and pH of the Andaman Sea. To do so, we measured Mg/Ca (paleothermometer) and  $\delta^{11}\text{B}$  (pH proxy) on monospecific samples of surface-dwelling planktonic foraminifera *Globigerinoides ruber* picked from core BAR94-25, located 600 km to the Toba caldera. Mg/Ca and  $\delta^{11}\text{B}$  data obtained make it possible to see potential temperature and pH disturbances linked to the Toba super-eruption. The  $\delta^{11}\text{B}$  measurements were especially achieved with a new protocol combining an automated and miniaturized direct injection system, the  $\mu$ -dDIHEN, for the injection of small volumes to MC-ICP-MS and a boron extraction from the carbonate matrix through the fast handling and low blanks microsublimation method<sup>[1]</sup>.

We selected the interval from 258 to 355 cm, corresponding to an age between 57 and 82 ka. In this interval, several Toba tephra/cryptotephra layers are identified, which correspond to distinct eruptive events. Our results suggest almost 2°C of abrupt sea surface cooling across the main YTT deposit, that cannot be explained by the MIS 5-4 transition alone. This cooling event correlates well with a decrease in the pH of the

Andaman Sea surface, that we interpret as reflecting the acidifying impact of Toba sulfur emissions.

Ref: [1] Buisson, M., Louvat, P., Thaler, C. & Rollion-Bard, C. High precision MC-ICP-MS measurements of 11B/10B ratios from ng amounts of boron in carbonate samples using microsublimation and direct injection ( $\mu$ -dDIHEN). *J. Anal. At. Spectrom.* **36**, 2116–2131 (2021).

### UNRAVELLING CENOZOIC PALEOCLIMATIC AND PALEOENVIRONMENTAL CHANGES IN THE AMAZON BASIN THROUGH LATERITE FORMATION

Claire ANSART<sup>1\*</sup>, Damien GUINOISEAU<sup>1</sup>, Thierry ALLARD<sup>2</sup>, Pierre AGRINIER<sup>3</sup>, Julien BOUCHEZ<sup>3</sup>, Zuzana FEKIACOVA<sup>4</sup>, Damien CALMELS<sup>1</sup>, Rosella PINNA-JAMME<sup>1</sup>, Djamila DEMRI<sup>1</sup>, Cécile GAUTHERON<sup>1</sup>, Adriana HORBE<sup>5</sup>, Cécile QUANTIN<sup>1</sup>

1. Université Paris-Saclay, CNRS, GEOPS, 91405 Orsay, France; 2. Sorbonne Université, CNRS, IMPMC, 75252 Paris Cedex 05, France; 3. Institut de Physique du Globe de Paris, Université de Paris, CNRS, 75005-F Paris, France; 4. Aix Marseille Univ, CNRS, IRD, INRAE, Coll France, CEREGE, Aix-en-Provence, France; 5. Universidade de Brasília, Instituto de Geociências, Campus Universitário Darcy Ribeiro, 70910-900 Brasília, Distrito Federal, Brazil.

[claire.ansart@universite-paris-saclay.fr](mailto:claire.ansart@universite-paris-saclay.fr)

Tropical areas are prone to extreme climatic conditions (*i.e.*, warm and humid) and thus to intense chemical weathering. Since, at least 100 Ma, due to its latitudinal stability, Amazonian Shield experienced such tropical conditions that led to the formation of typical thick regolith, namely laterite, which represents 80% of the Amazon basin weathering cover. However major geodynamic and climatic events in the Amazon basin during the Cenozoic have occurred and may have impacted lateritic formation. But reconstructing such paleoenvironmental and paleoclimatic changes remains a challenging task.

In this study, we investigated a lateritic profile developed from the Tertiary sedimentary Alter do Chão formation, in the Central Amazon basin. We combined crystallographic observations and isotopic studies ( $\delta^{30}\text{Si}$ ,  $\delta^{18}\text{O}$  and  $\delta\text{D}$ ) as well as Fe-oxide dating ([U-Th]/He) in order to better constrain weathering episodes and paleoenvironmental/paleoclimatic evolutions in this area during the Cenozoic. Our analysis, together with previous interpretations on laterite formation in the studied area (1, 2), highlight, at least, three episodes of weathering of distinct durations and intensities, and that can be related to major geodynamic/climatic events that have impacted the whole Amazon basin.

Well-ordered kaolinites in the saprolite, reveal a post-deposition weathering episode of Late Eocene – Miocene age, consistent with the *in situ* weathering of primary minerals of the Alter do Chão formation under tropical conditions and well-drained environment. The formation of the duricrust (*ca.* 16 Ma) can be attributed to a rise of continental water table, and more broadly to a global sea level rise that also caused marine incursion in the western Amazonia (*i.e.*, Pebas system). In the upper part of the profile, disordered kaolinites and their  $\delta^{30}\text{Si}$  signature reveal a significant change in the weathering regime in this area, *ca.* 6 – 8 Ma, that led to the downward replacement of the first generation of

kaolinites. Depleted oxygen and hydrogen isotopic composition of kaolinites suggest an intense and marked wet season typical of a monsoon system while the onset of transcontinental Amazon route increased continental drainage.

Our results show the relevance of combining crystallographic, isotopic and geochronological investigations on secondary minerals to unravel climate or paleoenvironmental evolutions in tropical areas for long period of time.

Ref: (1) Balan et al. (2005). *GCA*, 69, 9 2293 – 2204

(2) Guoinseau et al. (2021). *Geophys. Res. Lett.*, 48, 19.

### **STRUCTURATION MORPHOLOGIQUE ET CHANGEMENT GLOBAL: LE CAS DU LEMMING (DICROSTONYX), ESPECE CLE DES HABITATS ARCTIQUES**

Louis ARBEZ\* <sup>1,2</sup>, Aurélien ROYER<sup>1</sup>, Sophie MONTUIRE<sup>1,2</sup>

1. *Biogéosciences, UMR 6282, CNRS; 2. EPHE, PSL University, 6 Boulevard Gabriel, 21000 Dijon, France.*

[louis.arbez@u-bourgogne.fr](mailto:louis.arbez@u-bourgogne.fr)

[louis.arbez@u-bourgogne.fr](mailto:louis.arbez@u-bourgogne.fr)

Mots clés : lemmings, biogéographie, variabilité morphométrique, différences inter- intra spécifiques

Les environnements arctiques sont caractérisés par une forte saisonnalité et une difficulté d'accès aux ressources pour les consommateurs primaires. Le lemming à collier (genre *Dicrostonyx*) est le rongeur le plus adapté à ces conditions extrêmes. Principal consommateur primaire des environnements de toundras arctiques, il est à la base de la chaîne trophique, ce qui en fait un élément central des écosystèmes haut-arctiques. Ces environnements sont particulièrement impactés par le changement global actuel, avec notamment une augmentation de la fragmentation de l'habitat, une dégradation de la qualité de la couverture neigeuse ou encore l'arrivée de nouveaux compétiteurs. Notre objectif est de comprendre l'impact de ces bouleversements sur un taxon clé des environnements arctiques en caractérisant la structure morphologique des populations de *Dicrostonyx* nord-américains et groenlandais à l'aide d'un jeu de donnée extensif couvrant l'ensemble de cette zone géographique.

Nos travaux montrent l'existence d'un fort signal géographique structurant la variabilité morphologique de *Dicrostonyx* aux niveaux intra et interspécifiques, résultat des différentes voies de reconquête de ce territoire lors de la transition Pléistocène / Holocène. Différents groupes morphologiques sont identifiés de part et d'autre d'importantes barrières naturelles, démontrant l'importance de la fragmentation de l'habitat dans l'organisation morphologique de ce groupe. Les populations en marge sud de répartition sont aussi particulièrement variables, particulièrement pour les populations de la baie d'Hudson qui subissent en priorité les impacts du changement global.

### **EVALUATE THE MEDITERRANEAN SEA CIRCULATION SENSITIVITY TO HYDROLOGICAL/THERMAL PERTURBATION BY COMBINING MULTI-PROXY APPROACHES**

Mohamed AYACHE<sup>1\*</sup>, Jean-Claude DUTAY<sup>1</sup>, Kazuyo TACHIKAWA<sup>2</sup>, Gilles RAMSTEIN<sup>1</sup>, Laurent LI<sup>3</sup>, Thomas ARSOUZE<sup>4</sup>, Camille RISI<sup>3</sup>, Anne MOUCHET<sup>5</sup>, Laurence VIDAL<sup>2</sup>, Catherine JEANDEL<sup>6</sup>

1. *Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement, CEA-CNRS- Université Paris Saclay, Gif-sur-Yvette, France; 2. Aix Marseille Univ, CNRS, IRD, CEREGE, Aix-en-Provence, 13545, Aix-en-Provence, France; 3. Laboratoire de Météorologie Dynamique, CNRS-ENS-Ecole Polytechnique Sorbonne Université, Paris, France; 4. Barcelona Supercomputing Center, Barcelona, 08034, Spain; 5. Univ de Liège, AGO, MAST (Modeling for Aquatic Systems), Liège 1, 4000, Belgium; 6. LEGOS, University of Toulouse, CNRS, CNES, IRD, UPS, Toulouse, 31400, France.*

[mohamed.ayache@lsce.ipsl.fr](mailto:mohamed.ayache@lsce.ipsl.fr)

Our present knowledge of ocean ventilation relies on the distributions of hydrographic tracers such as oxygen and neodymium; (i) the oxygen isotopic composition ( $\delta^{18}\text{O}$ ) of ocean water varies as a function of the evaporation–precipitation balance and water mass mixing. There is thus a direct relationship between salinity and  $\delta^{18}\text{O}$  values, which follow in a similar way the modifications of the water budget. (ii) the Nd isotopic composition ( $\epsilon\text{Nd}$ ) is one of the most useful tracers to fingerprint water mass provenance,  $\epsilon\text{Nd}$  values of the water masses are conserved up to long distances from the source of lithogenic inputs when the local inputs are negligible. In such a context, it could be used to tag water masses with distinct isotopic compositions in order to constrain water mass mixing and pathways, as well as the thermohaline circulation in modern and past oceans.

We have implemented these proxies in the high-resolution regional modeling platform NEMO/MED12/PISCES, and here, we present the calibration and evaluation with observations for the modern climate simulations. We have performed the first simulation of dissolved Nd concentration ([Nd]) and ( $\epsilon\text{Nd}$ ) in the Mediterranean Sea with an explicit representation of all Nd inputs, and the internal cycle, i.e. the interactions between the particulate and dissolved phases. The high resolution of the oceanic model (at  $1/12^\circ$ ), essential to the simulation of a realistic Mediterranean circulation in present-day conditions, gives a unique opportunity to better apprehend the processes governing the Nd distribution in the marine environment. This work highlights that the exchange with the margins is the main source of Nd, and that the impact of river discharge on [Nd] is localized near the mouths of the main rivers. In contrast with the global ocean, the atmospheric dust input has a basin-wide influence, and improves the agreement of simulated [Nd] with field data in the Mediterranean Sea. This work also suggests that the parametrisation of the vertical cycling (scavenging/remineralisation) considerably constrains the ability of the model to simulate the vertical profile of  $\epsilon\text{Nd}$ .

We use the same high-resolution model to simulate the  $\delta^{18}\text{O}$  distribution for the first time in this basin. Atmospheric hydrologic fluxes (evaporation and precipitation, and their isotopic content) are provided by the isotope-enabled atmospheric LMDZ model. A reasonable east–west gradients of  $\delta^{18}\text{O}$  is simulated by the model, which separates the less-evaporated and more-productive western basins from the more-evaporated and less-productive eastern basin. The

intermediate waters constitute a homogeneous layer in good agreement with the in-situ observations. The knowledge of the present-day variability of the isotopic composition of the Mediterranean waters should help further studies dedicated to Mediterranean paleoceanography.

### **VARIABILITE CLIMATIQUE ET STRATEGIES D'ADAPTATION DES RIZICULTEURS DE LA BASSE-CASAMANCE (SENEGAL)**

Alexandre BADIANE<sup>1, 2\*</sup>, Tidiane SANE<sup>2</sup>, Marie-Christine CORMIER-SALEM<sup>1, 2</sup>, Marie-Hélène Tening FAYE<sup>2</sup>, Serge Christian Alafil SAMBOU<sup>2</sup>, Mamadou THIOR<sup>2</sup>

1. UMR 208 Patrimoines Locaux, Environnement et Globalisation (PALOC), 43 rue Buffon, 75005 Paris; 2. Laboratoire de Géomatique et d'Environnement, Université Assane SECK de Ziguinchor, Diabir BP523.

[a.badiane785@zig.univ.sn](mailto:a.badiane785@zig.univ.sn)

Ce travail a pour objectif d'analyser les impacts de la variabilité climatique et les stratégies d'adaptation des riziculteurs de la Basse-Casamance. Dans cette région, qui fait partie intégrante des Rivières du Sud (frange littorale profondément aménagée par l'homme qui s'étend du Sénégal à la Sierra Leone), la riziculture traditionnelle, principale activité des Diola, traverse une crise exacerbée par le changement climatique (irrégularité pluviométrique, augmentation des températures, salinisation et acidification des terres...). La dégradation des terres rizicoles, par salinisation et acidification, est devenue l'une des contraintes majeures de la riziculture dans cette région. L'analyse des données pluviométriques (1950-2020) et de température (1950-2020) a permis d'observer un retour à des conditions plus humides depuis le début du XXI<sup>e</sup> siècle, avec une forte variabilité spatio-temporelle des précipitations (démarrage tardif et retrait précoce de la saison des pluies), et une augmentation significative des températures moyennes en Basse-Casamance. Cette forte variation des pluies et de la température entraîne une perturbation du calendrier rizicole (modification des dates de culture et de semis). Cela a d'importantes répercussions sur la production rizicole et la sécurité alimentaire des populations locales qui en dépendent. À travers les outils d'enquêtes de terrain (questionnaire et guides d'entretien semi-directifs) combinés aux séances d'observation directe et participante, nous avons analysé de manière fine les stratégies d'adaptation des riziculteurs de la Basse-Casamance face au changement climatique. Ce travail a donc démontré que les riziculteurs ont toujours privilégié les savoirs et les pratiques traditionnelles dans la riziculture pour maintenir la durabilité des systèmes rizicoles.

### **TEASING APART THE MECHANISMS BEHIND PREHISTORIC CULTURAL ADAPTATIONS: AN INTERDISCIPLINARY APPROACH COMBINING PALEOCLIMATOLOGY, ECOLOGY, AND ARCHAEOLOGY.**

William E. BANKS<sup>1,2</sup> and Marie-Hélène MONCEL<sup>3,\*</sup>

1. University of Bordeaux, CNRS, MCC, PACEA, UMR 5199, Bâtiment B2, Allée Geoffroy St. Hilaire, CS 50023, 33600 Pessac, France; 2. Biodiversity Institute, University of Kansas, 1345 Jayhawk Blvd, Lawrence, KS

66045 USA; 3. CNRS, Département Hommes et Environnement, Muséum National d'Histoire Naturelle, Institut de Paléontologie Humaine, UMR 7194, 1 rue René Penhard, 75013 Paris, France.

[marie-helene.moncel@mnhn.fr](mailto:marie-helene.moncel@mnhn.fr)

The use of culture as a means of adaptation allows human populations to adjust quickly to changes in the environmental frameworks within which they operate. Therefore, an important variable to take into account when examining past hunter-gatherer cultural adaptations, especially across periods marked by pronounced climatic variability, is the ecological niche (i.e., the suite of environmental conditions) exploited by an archaeological population. Rarely have such methods been applied to the Neanderthal and earlier hominin archaeological records (Banks et al. 2021; Benito et al. 2017; Gibert et al. 2022), and the relationships between Neanderthal and earlier hominin cultural adaptive variability and ecological niche dynamics in the context of late Pleistocene climatic variability remains largely unexplored. We present the details of Western European Neanderthal niche dynamics between MIS 5a–4 and demonstrate that lithic technological changes during in MIS 4 were the result of territorially constrained populations using cultural innovations to respond to changing environments. We also present the ANR NEANDROOTS project, which employs this interdisciplinary approach in an effort to understand cultural adaptations during MIS 11 and the mechanisms that led to later Middle Paleolithic Neanderthal stone tool industries.

Ref: Banks W.E., et al. (2021) *An ecological niche shift for Neanderthal populations in Western Europe 70,000 years ago. Scientific Reports* 11, 5346 ; Benito B.M., et al. (2017) *The ecological niche and distribution of Neanderthals during the Last Interglacial. Journal of Biogeography* 44, 51–61 ; Gibert C., et al. (2022) *Climate-inferred distribution estimates of mid-to-late Pliocene hominins. Global and Planetary Change* 210, 103756.

### **LAST GLACIAL MAXIMUM COOLING OF 9°C IN CONTINENTAL EUROPE FROM A 40 KYR-LONG NOBLE GAS PALEOTHERMOMETRY RECORD**

D. V. BEKAERT<sup>1\*</sup>, P.-H. BLARD<sup>1,2</sup>, R. PIK<sup>1</sup>, R. KIPFER<sup>3,4</sup>, Y. RAOULT<sup>5</sup>, A. M. SELTZER<sup>6</sup>, E. LEGRAIN<sup>7</sup>, B. MARTY<sup>1</sup>

1. Centre de Recherches Pétrographiques et Géochimiques, UMR 7358 CNRS, Université de Lorraine, Vandoeuvre-les-Nancy, France; 2. Laboratoire de Glaciologie, DGES-IGEOS, Université Libre de Bruxelles, Bruxelles, Belgium; 3. Eawag, Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology, Water Resources and Drinking Water, Dübendorf, Switzerland; 4. ETH Zurich, Institute of Biogeochemistry and Pollution Dynamics & Institute of Geochemistry and Petrology, Zürich, Switzerland; 5. Laboratoire de Géologie Appliquée, Université Pierre et Marie-Curie, Paris cedex 05, France; 6. Marine Chemistry and Geochemistry Department, WHOI, Woods Hole, MA, USA; 7. Université Grenoble Alpes, CNRS, IRD, IGE, Grenoble, France.

[david.bekaert@univ-lorraine.fr](mailto:david.bekaert@univ-lorraine.fr)

Constraining the evolution of past continental climates is key for evaluating modern estimates of climate sensitivity and, in turn, improving predictions of future climate

change. The Last Glacial Maximum (LGM; ~26–18 kyr-ago (ka)) represents a benchmark period for evaluating the relationship between global temperature and radiative forcings (e.g., a weaker LGM greenhouse effect due to lower atmospheric CO<sub>2</sub> concentrations). However, reliable proxies of continental paleotemperatures are scarce and often associated with large uncertainties, which has limited our understanding of the dynamics of past climate changes on land. Here, we present a quantitative noble gas paleotemperature (NGT) record of the last ~40 kyr from the Albian aquifer, Eastern Paris Basin (latitude ~48°N, France). Our data indicate that mean annual temperatures were ~ 5°C between 42–30 ka (i.e., during Marine Isotope Stage 3), before cooling to ~2°C between 28–25 ka. Then, post glacial warming between 25 and 10 ka led to Holocene temperatures of ~11°C, indistinguishable from average modern (1950–2019) ground surface temperature of 11.5°C in Eastern France as derived from ERA5-Land reanalysis [1]. Such LGM cooling ( $\Delta\text{NGT}_{\text{LGM}} = 9.1 \pm 0.9^\circ\text{C}$ ) is consistent with previous studies of noble gas paleothermometry in Europe but larger than the low-to-mid latitude LGM cooling of  $5.8 \pm 0.6^\circ\text{C}$  derived from a recent compilation of global noble gas records [2], supporting an amplification of LGM cooling with latitude. Comparing PMIP4 estimates of LGM cooling in Eastern France (48°N, 4°E) [3] with our  $\Delta\text{NGT}_{\text{LGM}}$  of the Albian aquifer indicates that most of the PMIP4 models predict lower  $\Delta T_{\text{LGM}}$  than observed in this study, with only four models (HadCM3-PMIP3, CESM1-2, INM-CM4-8, HadCM3-ICE6GC) being compatible with our noble gas data. At last, we present a compilation of European  $\Delta\text{NGT}_{\text{LGM}}$ , which we combine with other continental proxies of paleo-temperatures at high- (e.g., [4]) and low- (e.g., [5]) altitude to provide a comprehensive investigation of spatial gradients (lapse rate, latitudinal and continental amplifications) of equilibrium warming across Europe.

Ref. [1] Hersbach et al. (2020) *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society* 146(730), 1999-2049. [2] Seltzer et al. (2021) *Nature* 593(7858), 228-232; [3] Kageyama et al. (2021) *Climate of the Past*, 17(3), 1065-1089; [4] Višnjević et al. (2020) *Earth and Planetary Science Letters*, 538, 116185; [5] Guiot et al. (1989) *Nature*, 338(6213), 309-313.

**NEOARABIA : UNE APPROCHE DIACHRONIQUE MULTI-ECHELLES ET MULTI-PROXY DE LA VARIABILITE CLIMATO-ENVIRONNEMENTALE EST-ARABIQUE A L'HOLOCENE MOYEN ET DE SES IMPACTS SUR LES SOCIETES NEOLITHIQUES**

JF BERGER<sup>1</sup>, F. BASSINOT<sup>2\*</sup>, S. Desprat<sup>3</sup>, J.A. LOPEZ-SAEZ<sup>4</sup>, S. PEREZ-DIAZ<sup>5</sup>, R. NISBET, A. BARRA<sup>6</sup>, M. GOSSELIN<sup>7</sup>, Fries MORGANE<sup>2</sup>, Catherine KISSEL<sup>2</sup>, Sébastien ZARAGOSI<sup>3</sup>, A. ZERBONI<sup>8</sup>, G. ZANCHETTA<sup>9</sup>

1. UMR 5600 Environnement Ville Société, 1C, avenue des Frères Lumière, CS 7824269372 LYON CEDEX 08; 2. LSCE ; 3. EPOC; 4. CSIC-Madrid ; 5. univ. Cantabrique ; 6. EVS ; 7. Creaah ; 8. Univ. Milan ; 9. Univ. Pisa.

[franck.bassinot@lsce.ipsl.fr](mailto:franck.bassinot@lsce.ipsl.fr)

Le projet Neoarabia étudie simultanément les changements et variabilités (paléo)climatiques, (paléo)écologiques et archéologiques permettant de

reconstruire les changements environnementaux et sociétaux au cours du Néolithique est arabique (8500-4500 cal BP). Nos travaux reposent sur l'analyse simultanée de plusieurs systèmes sédimentaires continentaux et marins (séquences archéologiques de shell middens, séquences de lagunes/sebkhas et océaniques), et sur plusieurs supports carbonatés (speleothems, coquillages...). Ils recherchent les connexions des signaux terrestres-marins, à très haute résolution chronologique (10-50 ans), afin de discuter de leurs corrélations spatio-temporelles et des causalités, responsables de l'évolution de la biomasse végétale et animale, et des stratégies d'adaptation des communautés humaines littorales. Cette étude est donc multi-sites, multi-échelles temporelles (saisonnaire, interannuelle, millénaire, orbitale...) et spatiales car reposant sur un transect latitudinal de 1200 km entre le sud du golfe arabo-persique et le sud de la mer d'Oman (Dhofar). Nous focaliserons notre communication sur la rupture majeure de l'Holocène moyen (autour de 6300 cal BP), associée vraisemblablement à un shift de la mousson arabo-indienne vers le sud, au moment d'un maximum transgressif marin, et à ses impacts sur les différents environnements est arabiques (de l'upwelling côtier aux mangroves littorales). Nous discuterons également de plusieurs périodes de fort accroissement du détritisme, perçus sur les sites archéologiques, dans les lagunes et dans la mer d'Arabie, associés aux stades d'aridification discontinus de l'Arabie orientale depuis l'Holocène moyen et à un changement de fréquence probable des tempêtes tropicales.

**DEMOGRAPHIE ET CLIMAT : ON PEUT AGIR**

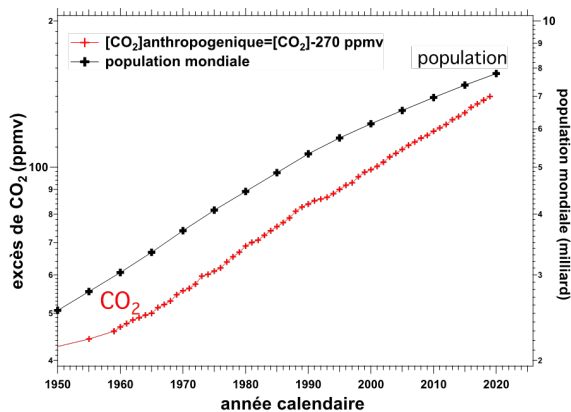
Jean-Loup BERTAUX<sup>1\*</sup>, Philippe WALDTEUFEL<sup>1</sup>

1. *Laboratoire Atmosphère Observations Spatiales, LATMOS/CNRS/INSU, Université de Versailles Saint-Quentin, 11 Boulevard d'Alembert, 78280 Guyancourt France.*

[jean-loup.beraux@latmos.ipsl.fr](mailto:jean-loup.beraux@latmos.ipsl.fr)

The more people there are on the planet, the more CO<sub>2</sub> we emit. This is the basis of the link between demography and climate change. The scenarios of net decarbonization and control of warming are all the more realistic as they are based on a rapid demographic decrease. According to a recent study, the future evolution of the world population depends essentially on two parameters: the duration of education and the degree of accessibility to contraception. We can therefore act on future demography and its impact on climate change. We stress the urgency of supporting education and family planning policies in regions of the world with high birth rates, and recommends using part of the funds promised at COP21 for this purpose.





Evolutions comparées de la population mondiale et de la teneur atmosphérique en CO<sub>2</sub> d'origine humaine. Pour cela, on a soustrait des mesures de CO<sub>2</sub> la valeur pré-industrielle, estimée à 270 ppmv. Source CO<sub>2</sub> : <https://www.co2.earth/annual-co2>

### HIGH RESOLUTION ANALYSES OF GRAIN-SIZE AND NON-DESTRUCTIVE HYPERSPECTRAL IMAGING OF SEDIMENTS FROM THE GAOPING CANYON LEVEE TO ESTABLISH PAST TYPHOON ACTIVITY AFFECTING TAIWAN DURING THE LATE HOLOCENE

Joffrey BERTAZ<sup>1,2\*</sup>, Kévin JACQ<sup>3</sup>, Christophe COLIN<sup>1</sup>, Zhifei LIU<sup>2</sup>, Maxime DEBRET<sup>3</sup>, Hongchao ZHAO<sup>2</sup>

1. GEOPS, Université Paris-Saclay, 504 rue du Belvédère 91405 Orsay Cedex, Essonne, France; State Key Laboratory of Marine Geology, Tongji University, 1239 Siping Road, Shanghai 200092, P.R.China; M2C, Université Rouen Normandie, CNRS, Place E. Blondel 76821 Mont-Saint-Aignan Cedex, France.

[joffrey.bertaz@uiversite-paris-saclay.fr](mailto:joffrey.bertaz@uiversite-paris-saclay.fr)

The non-destructive and high-resolution hyperspectral analyses are widely used in planetary, environmental sciences, and mining exploration field. In recent years, the scanning method was applied to lacustrine sediment core in complement of XRF core scanning. However, this approach was rarely applied to marine sediments. The Gaoping canyon, connected to the Gaoping River, at the south of Taiwan island is a very active canyon with large sediments transfer. Between 3 to 4 typhoons driven hyperpycnal flows are recorded by mooring systems in present times. Studying their frequency response to past climate and environmental changes is a key to understand future typhoon frequency response to climate variability. The core MD18-3574 has been collected on the eastern levee of the Gaoping canyon and display numerous fine laminations (millimetric to centimetric). These laminations could be the records of the deposits of the hyperpycnal flows occurring in the canyon. In this study, we have combined nondestructive analyses such as XRF core scanning and hyperspectral imaging and high-resolution grain size analyses to understand the sedimentological and geochemical variations at the scale of the laminae. Core MD18-3574 sediments consist mainly of fine silt, the average mean grain size is 13.4µm ranging from 9 to 20.5µm and are presenting an alternance of fine grains and coarse grains laminations. Thick coarser grains laminations are showing grain size distributions and asymmetric sorting of typical turbidite sequence. Grain size is displaying

great visual and statistical correlation with XRF (Fe/Ca, Zr/K, Si/Al) and hyperspectral proxies (Sediment darkness (Rmean), Clay\_R2200). Principle component analyses (PCA) demonstrated that darker laminations are composed of coarser sediments with high Zr/K (Zircon rich), Si/Al (Quartz rich) and Clay\_R2200 values and low Fe/Ca. Inversely, lighter laminations consist of finer sediments with low Zr/K, Si/Al, Clay\_R2200 and high Fe/Ca. Thus, such results can be extended to the core scale to identify turbidite deposits layers. Our approach confirms hyperspectral combine with XRF core scanning as a non-destructive routine for marine sediment cores can bring a new insight in the marine sedimentological research work.

### CLIMATIC AND ENVIRONMENTAL IMPACTS ON THE SEDIMENTATION OF THE SOUTHWEST TAIWAN MARGIN SINCE LAST GLACIATION: CLAY MINERALOGICAL AND GEOCHEMICAL INVESTIGATIONS

Joffrey BERTAZ<sup>1,2\*</sup>, Zhifei LIU<sup>2</sup>, Christophe COLIN<sup>1</sup>, Zhimin JIAN<sup>2</sup>, Yanli LI<sup>2</sup>

1. GEOPS, Université Paris-Saclay, 504 rue du Belvédère 91405 Orsay Cedex, Essonne, France; 2. State Key Laboratory of Marine Geology, Tongji University, 1239 Siping Road, Shanghai 200092, P.R.China.

[joffrey.bertaz@uiversite-paris-saclay.fr](mailto:joffrey.bertaz@uiversite-paris-saclay.fr)

This study focuses on the influence of East Asian summer monsoon (EASM) and El Niño Southern Oscillation (ENSO) driven typhoon precipitation variations and sea level changes on source to sink processes in SW Taiwan and the South China Sea. Clay mineralogy and major element geochemistry combined with Nd and Sr isotopic compositions from sediment of core MD18-3569 located on the Penghu Canyon bank off Southwest Taiwan were analyzed in order to (1) identify the origin of sediments and (2) to reconstruct the weathering variation intensity of provenance area since the last glacial time (last 32 kyrs). Results indicate that the predominant source of sediments to core MD18-3569 is the southern Taiwan, with minor contribution of detrital material from rivers of Luzon and South China. Clay mineralogy and Nd-Sr isotopes permit us to evaluate the controls of the EASM precipitation and the sea level changes on source to sink processes. Variations of smectite/(illite+chlorite), clay fraction Nd isotopes, illite chemistry and crystallinity indicate changes of the relative intensity of chemical weathering and physical erosion of the drainage basin. Bulk Chemical Index of Alteration (CIA) variations displays an EASM driven increase of weathering in Taiwan from the Last Glacial Maximum to the early Holocene and an EASM and ENSO driven weakening during the middle Holocene. Our multiproxy study indicates the strong link between paleoclimatic and paleoenvironmental changes and Southwest Taiwan and South China Sea source-to-sink processes.

### LAST GLACIAL MAXIMUM CRYOGENIC CALCITE DEPOSITS IN AN ALLUVIAL FAN AT VILLETUREIX, SOUTHWEST FRANCE

Pascal BERTRAN<sup>1,2\*</sup>, Isabelle COUCHOU<sup>3</sup>, Karine CHARLIER<sup>4</sup>, Christine HATTE<sup>5</sup>, Nicole LIMONDIN-LOZOUET<sup>6</sup>, Alain QUEFFELEC<sup>2</sup>

1. Inrap, 140 avenue du Maréchal Leclerc, 33130 Bègles, France; 2. PACEA, UMR 5199, Université de Bordeaux-CNRS, bâtiment B2, allée Geoffroy-Saint-Hilaire, 33615 Pessac, France; 3. EDYTEM, UMR 5204, Université Savoie Mont Blanc-CNRS, Bâtiment Pôle Montagne, 73376 Le Bourget du Lac cedex, France; 4. EPOC, UMR 5805, Université de Bordeaux-CNRS, allée Geoffroy-Saint-Hilaire, 33615 Pessac, France; 5. LSCE, UMR CEA-CNRS-UVSQ 8212 CEA-Saclay Orme des Merisiers, bâtiment 714, Université Paris-Saclay, 91191 Gif-sur-Yvette, France; 6. Laboratoire de Géographie Physique, UMR 8591 CNRS, University Paris 1, UPEC, 2 rue Henri Dunant 94320 Thiais, France.

[pascal.bertran@inrap.fr](mailto:pascal.bertran@inrap.fr)

The origin of white calcite silts forming 0.5 to 3 cm thick lenses in alluvial fan deposits <sup>14</sup>C-dated to the Last Glacial Maximum (LGM) in the Dronne valley (Dordogne, southwest France) is investigated using microscopic imagery, chemistry, and O and C stable isotopes. The calcite silts do not resemble secondary precipitations of pedological origin because of the bed-like pattern and the lack of clearly identifiable macroscopic biological structures. Their association with evidence of ice formation in the soil (platy structure, involutions) suggests that they were deposited in shallow channels in a deep seasonal frost context. The morphology, mainly 3-5 μm euhedral crystals, often aggregated, and the isotopic composition, which differs significantly from those of detrital carbonates and of Holocene bio-precipitations, share similarities with cryogenic cryptocrystalline calcite powder described in ice caves of central Europe. Calculation of the isotopic composition of calcite that would have formed in equilibrium from groundwater of regional LGM aquifers strongly suggests that precipitation occurred just below the freezing point. Therefore, these calcite silts are thought to reflect precipitation from saturated groundwater freezing on the ground surface or an ice body (icing). Similar cryogenic calcite precipitation at the outlet of karstic springs may have been abundant in the calcareous terrains of southwest France during the LGM, although still unrecognized in the geological record.

#### **DEGLACIATION DU MASSIF DES VOSGES DEPUIS LE DERNIER MAXIMUM GLACIAIRE : NOUVELLES CONTRAINTES CHRONOLOGIQUES PAR <sup>10</sup>BE COSMOGENIQUE ET OSL/IRSL ET INTERPRETATIONS PALEOCLIMATIQUES**

Pierre-Henri BLARD<sup>1,2\*</sup>, Dominique HARMAND<sup>3</sup>, Stéphane CORDIER<sup>3</sup>, Jérôme LAVE<sup>1</sup>, Julien CHARREAU<sup>1</sup>, Didier L. BOURLES<sup>4</sup>, Jean-François THOMAS<sup>1</sup>, Manfred FRECHEN<sup>5</sup>, Emile I. MBAGOU-MWEZUEONA<sup>1</sup>

1. CRPG, CNRS, Université de Lorraine, Nancy; 2. Laboratoire de Glaciologie, ULB, Bruxelles; 3. LOTERR, Centre de Recherche en Géographie, Université de Lorraine, Nancy; 4. Aix-Marseille Université, CEREGE, Aix-en-Provence; 5. LIAG (Leibniz Institut für Angewandte Geophysik), Hannover, Allemagne.

[blard@crpg.cnrs-nancy.fr](mailto:blard@crpg.cnrs-nancy.fr)

Les glaciations des Vosges au cours du Quaternaire sont attestées par de nombreuses observations géomorphologiques. Cependant, il y a ce jour peu de données géochronologiques permettant de reconstruire avec fiabilité et précision l'évolution de ces fluctuations glaciaires au cours du temps.

Dans cette étude, nous présentons des âges d'exposition déterminés par le nucléide cosmogénique <sup>10</sup>Be mesuré dans des blocs erratiques du massif du Fossard (Vosges Occidentales) et les roches moutonnées de la vallée de la Moselotte, au niveau de Saint Amé. Nous présentons aussi des datations OSL sur quartz et IRSL sur feldspaths des sédiments lacustres post-datant les moraines frontales de Noiregoux (vallée de la Moselle), qui marquent ainsi le début du recul de la calotte vosgienne depuis sa position maximale.

Tous ces âges concordent dans les incertitudes analytiques, suggérant que la phase initiale de la déglaciation des Vosges occidentales s'est produite il y a 18 000 ± 1000 ans (incertitude à 1σ). Cette chronologie correspond à la fin du dernier maximum glaciaire global (DMG, stade isotopique marin 2).

En reconstruisant l'extension glaciaire avec un modèle numérique couplant écoulement glaciaire et le bilan de masse de la surface, nous calculons que l'extension glaciaire du Dernier Maximum Glaciaire correspond à des températures annuelles de l'ordre de 14°C plus froides qu'aujourd'hui, à précipitations constantes.

Même si les modèles glaciaires plus proximaux ne sont pas encore datés sur le versant occidental (e.g. moraines du Lac de Gérardmer et du Lac de Longemer), la chronologie <sup>10</sup>Be de plusieurs moraines de récession du versant alsacien donne des âges compris entre 15 000 et 12 000 ans (Mercier et al., 1999, âges <sup>10</sup>Be recalculés dans cette étude). La modélisation numérique indique que ces stades de déglaciation ultérieurs correspondent à des températures annuelles de l'ordre de 2 à 3°C plus chaudes par rapport à celles régnant pendant le stade glaciaire de 18 000 ka.

Ces conditions paléoclimatiques sont en accord avec la courbe de température obtenue par inversion des assemblages polliniques (méthode des analogues) dans la tourbière de la Grande Pile (Guiot et al., 1989), ainsi qu'avec les températures dérivées des teneurs en gaz rares mesurées dans les aquifères du bassin de Paris (Bekaert et al., soumis).

#### **NOUVELLE CHRONOLOGIE DE LA CAROTTE DE GLACE EPICA DOME (EDC) SUR LES 800 000 DERNIERES ANNEES**

Marie BOUCHET<sup>1\*</sup>, Antoine GRISART<sup>1</sup>, Frédéric PARRENIN<sup>2</sup>, Amaëlle LANDAIS<sup>1</sup>, Frédéric PRIE<sup>1</sup>, Anaïs ORSI<sup>1</sup>, Roxanne JACOB<sup>1</sup>, Emilie CAPRON<sup>2</sup>, Dominique RAYNAUD<sup>2</sup>, Vladimir Ya LIPENKOV<sup>3</sup>, Thomas EXTIER<sup>4</sup>, Anders SVENSSON<sup>5</sup>, Wei JIANG<sup>6</sup>, Florian RITTERBUSCH<sup>6</sup>, Zheng-tian LU<sup>6</sup>, Guo-Min YANG<sup>6</sup>

1. CNRS, LSCE, France; 2. CNRS, IGE, France; 3. rctic and Antarctic Research Institute, Russia; 4. University of Bordeaux, France; 5. Niels Bohr Institute, University of Copenhagen, Denmark; 6. University of Science and Technology of China, Hefei, China.

[marie.bouchet@lsce.ipsl.fr](mailto:marie.bouchet@lsce.ipsl.fr)

Afin de comprendre les mécanismes liants les forçages externes (orbital, gaz à effet de serre) et les changements climatiques enregistrés dans les carottes de glace, la datation précise de ces archives est nécessaire. Celle-ci nécessite deux chronologies : une pour la glace et une autre pour les bulles d'air, plus jeunes, piégées dans la glace. La chronologie de référence AICC2012 (Bazin et al., 2013) a été établie pour 5 forages polaires : EPICA Dome C (EDC), EPICA Dronning Maud Land (EDML), North Greenland Ice core Project (NGRIP), Vostok (VK) et TALos Dome Ice Core (TALDICE) avec la méthode suivante. Un profil d'âge est modélisé à partir de 3 fonctions glaciologiques : accumulation de la neige en surface, amincissement des couches annuelles de glace et profondeur de piégeage des bulles d'air dans la glace (Lock-in-depth, LID). Un outil de datation Bayésien ajuste ensuite le modèle d'âge afin qu'il respecte des contraintes chronologiques (âge absolu, calage orbital, liens stratigraphiques). AICC2012 couvre les derniers 800 000 ans et est associée à une incertitude de 6000 ans pour EDC (liée à la datation orbitale). Ici, nous présentons de nouvelles données disponibles pour EDC, elles permettent de construire une chronologie plus précise.

Parmi elles, de nouvelles contraintes d'âge absolu sur les derniers 800 000 ans sont estimés à partir des radioisotopes ( $^{40}\text{Ar}$ ,  $^{81}\text{Kr}$ ) présents dans l'air piégé dans la glace d'EDC. D'autres contraintes chronologiques, dites orbitales, sont issues de la synchronisation de signaux enregistrés dans la carotte avec leur cible orbitale. Parmi ces signaux figurent la composition isotopique de l'air ( $\delta^{18}\text{O}$ ,  $\delta\text{O}_2/\text{N}_2$ ) piégé dans la glace d'EDC depuis 800 000 ans, et récemment mesurée à haute résolution, et la teneur en air couvrant à présent tout la carotte EDC.

La synchronisation volcanique réalisée entre les pôles Nord et Sud donne de nouveaux liens stratigraphiques, liant EDC à d'autres forages, et réduit l'incertitude de la chronologie sur les périodes récentes. Enfin, afin de relier au mieux la chronologie des enregistrements effectués dans la glace et ceux effectués dans l'air piégé dans la glace, il est important d'améliorer la connaissance des variations de la profondeur de fermeture des pores (LID). Ici, nous proposons de nouvelles contraintes via de nouvelles données à haute résolution de la composition isotopique de l'air ( $\delta^{15}\text{N}$ ) et par un modèle de densification du névé lorsque les données sont manquantes. L'outil de datation Paléochrono est ensuite utilisé pour construire une nouvelle chronologie d'EDC associée à une incertitude plus faible que celle d'AICC2012.

## **SIMULATION DES CYCLONES TROPICAUX AVEC LE MODELE DE CLIMAT DE L'IPSL**

Stella BOURDIN<sup>1</sup>\*, Sébastien FROMANG<sup>1</sup>

*1. Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement, LSCE/IPSL, CEA-CNRS-UVSQ-Université Paris-Saclay, Gif-sur-Yvette, France.*

[stella.bourdin@lsce.ipsl.fr](mailto:stella.bourdin@lsce.ipsl.fr)

Les cyclones tropicaux représentent l'un des événements météorologiques extrêmes dont l'évolution avec le changement climatique est la moins bien établie. En cause sont le manque d'observations fiables sur une longue période de temps et l'absence de théorie consensuelle sur leur genèse et leur intensification. Par

conséquent, la prédiction de ces événements aux échelles climatiques repose sur l'utilisation de modèles de climat. Mais ces modèles sont eux-mêmes limités dans leur capacité à simuler les cyclones tropicaux, principalement à cause de la résolution trop faible des simulations utilisées de façon routinière pour les projections climatiques. Pour cette raison, la disponibilité à l'IPSL d'un jeu de simulations à haute résolution constitue une opportunité pour l'étude des cyclones tropicaux. La réalisation de ces simulations a été rendue possible grâce au développement d'un nouveau cœur dynamique, DYNAMICO, un nouveau code permettant de résoudre les équations de l'écoulement fluide dans l'atmosphère. La grille de DYNAMICO est icosaédrique, ce qui permet de mieux distribuer le calcul sur de nombreux processeurs et rend accessible des simulations à une résolution horizontale de 25km.

Dans notre étude, nous étudions les propriétés climatologiques et physiques des cyclones tropicaux dans le modèle de l'IPSL, et plus particulièrement dans le jeu de simulations HighResMIP. Ce jeu de 6 simulations réalisées avec deux cœurs dynamiques (Dynamico et l'ancien cœur historique du modèle LMDZ) et à des résolutions spatiales différentes, nous permet d'étudier l'impact de ces paramètres et les améliorations apportées par les développements numériques récents de l'IPSL. Cela nous permet aussi de dégager des pistes d'améliorations pour les développements futurs.

Nos résultats montrent que le modèle de l'IPSL est capable de simuler des cyclones tropicaux. A résolution équivalente, les cyclones tropicaux ne présentent pas de différences majeures selon le cœur dynamique utilisé. Comme les autres modèles de la littérature pour lesquels des études ont été conduites à différentes résolutions, on note une importante amélioration de la climatologie et de la structure des cyclones simulés avec l'augmentation de la résolution.

A résolution maximale, la climatologie est satisfaisante, mais présente encore quelques biais. En particulier, on observe un déficit de cyclones se formant dans l'Ouest du bassin pacifique. Ce déficit est potentiellement lié à une mauvaise représentation de l'Oscillation de Madden-Julian. Les cyclones sont aussi moins intenses que dans les observations, mais de l'ordre de l'intensité maximale théorique pour cette résolution.

Dans le but de tirer de notre modèle de l'information pertinente pour les projections climatiques, il est envisageable d'une part de travailler sur la paramétrisation de convection, et d'autre part de continuer à monter en résolution grâce à des configurations régionales.

## **PRESENTATION DE L'ANR MADEOGEN: LA COLONISATION HUMAINE PRECOCE DE MADAGASCAR ET SON IMPACT A LONG TERME SUR LES PAYSAGES**

Laurent BREMOND

*Institut des Sciences de l'Evolution – Montpellier, UMR5554 UM/EPHE/IRD/CNRS, Université de Montpellier, CC 065 34095 MONTPELLIER Cedex 05.*

[Laurent.bremond@umontpellier.fr](mailto:Laurent.bremond@umontpellier.fr)

Madagascar possède tous les atouts pour être l'attention d'une recherche pluridisciplinaire moderne et soucieuse de la durabilité entre sociétés et nature. En effet, son

insularité ancienne a permis une diversité spécifique incroyable mais en même temps fragile face aux contraintes anthropiques débutées il y a plus de 1000 ans et qui se sont fortement intensifiées récemment. Le peuple malgache actuel est le fruit de la rencontre de de populations Austronésiennes, venant d'Asie et Bantu venant d'Afrique. Ces deux sociétés ont apporté chacune leurs cultures (pratiques agricoles, plantes, élevage, art, ...) dont les traces sont encore perceptibles aujourd'hui. Le projet Madeogen cherche à estimer la chronologie de ces colonisations, la diffusion de ces populations dans l'île et les traces de leurs différentes pratiques agricoles ainsi que de leurs impacts sur les paysages depuis 3000 ans. Une approche combinant 3 disciplines indépendantes et complémentaires, la paléocécologie, la génétique humaine et l'éthnoécologie, sera utilisée pour reconstruire les changements socio-écologiques sur le long terme. Pour cela, six zones géographiques ont été choisies d'après l'expérience du consortium de recherche qui travaille sur le territoire depuis de nombreuses années. Pour chacune zone, des sédiments lacustres seront échantillonnés et analysés pour détecter les traces d'activités naturelles et anthropiques depuis 3000 ans. La diversité génétique des populations actuelles des villages alentours sera analysée et leur relation, leur perception des paysages, les techniques et les pratiques qui ont pu avoir un effet sur la dynamique des paysages, à court et à long termes seront questionnées. Les analyses génétiques permettront d'estimer l'âge d'hybridation des différentes populations, leur évolution démographique. Les enquêtes ethnoécologiques viendront tester la cohérence de ces mélanges socio-culturels et la paléocécologie permettra de fixer un cadre temporel et environnemental.

#### **ALTERATION DES MATERIAUX A NOTRE-DAME DUE AUX CHANGEMENTS DE POLLUTION DE L'AIR ET DE CLIMAT A PARIS DE 1325 A 2090**

Peter BRIMBLECOMBE<sup>1</sup>, Roger-Alexandre LEFEVRE<sup>2</sup>,  
Aurélie VERNEY-CARRON<sup>2\*</sup>

1. *University of East Anglia, Norwich, UK and National University Sun Yat-Sen, Taiwan*; 2. *Université Paris-Est Créteil, Laboratoire Interuniversitaire des Systèmes Atmosphériques, IPSL, UMR-CNRS 7583, France.*

[roger.lefevre@lisa.ipsl.fr](mailto:roger.lefevre@lisa.ipsl.fr), [aurelie.verney@lisa.ipsl.fr](mailto:aurelie.verney@lisa.ipsl.fr)

Les matériaux de Notre-Dame, l'un des plus vieux monuments de Paris, ont subi depuis sa construction des détériorations dues à la pollution de l'air et au climat. Les données passées et actuelles sur les températures, les précipitations, l'humidité relative de l'air et les concentrations de polluants (SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, PM10) à Paris ont été croisées avec les projections des scénarios RCP2.6 et 8.5 du GIEC pour estimer leurs variations sur le long terme (1325 à 2090). La récession et le noircissement de la pierre et la corrosion des métaux et des vitraux ont été estimés en introduisant ces variations dans l'équation de Lipfert et dans les Fonctions Dose-Réponse du Programme International des Nations-Unies sur les Matériaux. L'impact de la pollution, effectif depuis le 18ème siècle, s'est accru notablement depuis 1850 et a décliné à la fin du 20ème siècle. Le noircissement de la pierre dans les parties des façades à l'abri de la pluie, ainsi que son érosion par celle-ci suivent les mêmes tendances. Ces façades devraient être plus claires dans

le siècle à venir mais devraient aussi être sensibles à d'autres facteurs comme la colonisation biologique entraînant des changements de couleur, spécialement si elles restent plus longtemps humides dans un climat plus chaud. Si les métaux ferreux et le zinc devraient moins se corroder dans l'avenir, en comparaison avec le 20<sup>ème</sup> siècle, d'autres comme le cuivre et le bronze devraient être sensibles aux concentrations croissantes en ozone. Le plomb du nouveau toit, reconstruit après l'incendie du 19 avril 2019, devrait être mobilisé et accroître ainsi ses teneurs dans l'environnement de la cathédrale.

#### **WEATHERING OF MATERIALS AT NOTRE-DAME FROM CHANGES IN AIR POLLUTION AND CLIMATE IN PARIS, FROM 1325 TO 2090**

Peter BRIMBLECOMBE<sup>1</sup>, Roger-Alexandre LEFEVRE<sup>2</sup>,  
Aurélie VERNEY-CARRON<sup>2\*</sup>

1. *University of East Anglia, Norwich, UK and National University Sun Yat-Sen, Taiwan*; 2. *Université Paris-Est Créteil, Laboratoire Interuniversitaire des Systèmes Atmosphériques, IPSL, UMR-CNRS 7583, France.*

[roger.lefevre@lisa.ipsl.fr](mailto:roger.lefevre@lisa.ipsl.fr), [aurelie.verney@lisa.ipsl.fr](mailto:aurelie.verney@lisa.ipsl.fr)

The materials of Notre-Dame, one of the oldest monuments in Paris, have suffered deterioration due to air pollution and climate since its construction. Past and current data on temperature, precipitation, air relative humidity and concentrations of pollutants (SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, PM10) in Paris were crossed with projections from IPCC scenarios RCP2.6 and 8.5 to estimate their long-term variations (1325 to 2090). The recession and blackening of stone and corrosion of metals and stained glass windows were estimated by introducing these variations into the Lipfert equation and the Dose-Response Functions of the United Nations International Materials Programme. The impact of pollution, effective since the 18th century, has increased significantly since 1850 and decreased at the end of the 20<sup>th</sup> century. The blackening of the stone in the parts of facades sheltered from the rain, as well as its erosion by rain, follow the same trends. Surfaces should be lighter in the current century but should also be sensitive to other factors such as biological colonization leading to colour changes, especially if they remain longer humid in a warmer climate. While ferrous metals and zinc are expected to corrode less in the future compared to the 20<sup>th</sup> century others such as copper and bronze are expected to be sensitive to increasing ozone concentrations. The lead of the new roof, rebuilt after the fire of April 19, 2019, should be mobilized and thus increase its contents in the environment of the cathedral.

#### **THE MULTI-SCALE PRINCIPAL COMPONENTS ANALYSIS AS A SPATIALIZATION TOOL FOR CLIMATE DATA**

Vincent CAILLIEZ

*SIDAM (Service InterDépartemental d'Animation du Massif central), 9, Allée Pierre de Fermat, 63170 AUBIERE.*

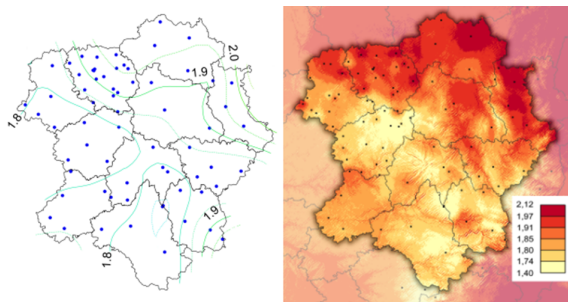
[vincent.cailliez@creuse.chambagri.fr](mailto:vincent.cailliez@creuse.chambagri.fr)

The AP3C project (<https://www.sidam-massifcentral.fr/developpement/ap3c/>) has had a previous interest in chronological aspects of observed or projected climate parameters (see « Climat et Impacts »

conferences in 2014 and 2020). Currently we focus on spatialization.

We begin with climate data on an irregularly spaced network. To get geographically relevant details, the idea is to use physical features of landscapes. Let's take an altitude field on a rectangular and regular X-Y 500m spaced grid. The initial scale of landscape study is a 4km square, so 9\*9 points. The elementary landscapes, which are a basis, are calculated through a principal components analysis. The coordinates on this basis are determined for each « landscape square » and assigned to the central point, in addition to its raw altitude.

This operation is repeated twice with a 20km and a 100km landscape square. To get a map with it, we do a MLR on climate data facing PCA coordinates (plus altitude). A severe selection of predictors is needed for numerical stability. Inverse distance interpolation is used on residuals. The combination of regression model estimations and interpolated residuals is then applied to the whole X-Y grid. It so can be charted, as shown below.



Figures : Evolution of mean annual temperature between 2000 and 2050 (°C), adjusted to 1980-2015 ongoing trend. Massif Central administrative borders. Data networks. Left is the direct interpolation, right is the multi-scale PCA map. Source SIDAM/AP3C project

The PCA cartography shows far more details but are they relevant informations ? The verified answer is yes. For instance, the supplementary heating of the agriculturally renowned Limagne and Forez plains is consistent with the well documented more pronounced dryng up. So a « simple » statistical process can lead to a more comprehensive physical understanding.

This process deserves large developpements, not only for cartographic purposes but also as a tool for physicists. It can be replicate with any scalar field (replacing altitude) and any parameter to be spatialized, provided that the parameter is reasonably related to the field.

## CLIMATE CHANGE IMPACT ON VERNACULAR AND ARCHAEOLOGICAL CULTURAL HERITAGE BUILDING MATERIALS IN EUROPE AND LATIN AMERICA

Oscar Julián Esteban CANTILLO<sup>1,2</sup>, Beatriz MENENDEZ<sup>1\*</sup>, Benjamin QUESADA<sup>2</sup>

1. Géosciences et Environnement, CY Cergy Paris Université. 1 rue Descartes – 95000 Neuville sur Oise (France); 2. Faculty of Natural Sciences, Interactions Climate - Environment (ICE) Research Group, Earth

System Sciences Program, Universidad del Rosario. Ak 24 #63C-69 Bogotá D.C. (Colombia).

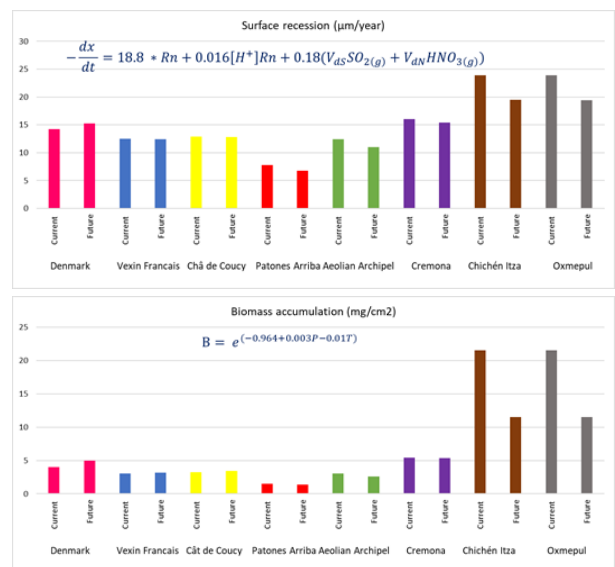
[beatriz.menendez@cyu.fr](mailto:beatriz.menendez@cyu.fr)

The analysis and interpretation of past climate data and simulations of climate models for future periods will allow us to study the impacts of climate change on cultural Heritage. The H2020 SCORE project (Sustainable CONservation and REStoration of built cultural heritage – 2020-2024) centres on two types of cultural heritage that differ by their geographical location and therefore their climatic conditions, as are vernacular cultural heritage in Europe (6 sites in Denmark, France, Italy and Spain) and archaeological sites in Latin America (2 sites in Mexico). All the cases study share a fundamental similarity in terms of the use of materials and construction techniques.

One objective of the project is to quantify the impacts of continuous climate and pollution changes on building materials of cultural heritage under future IPCC socioeconomic scenarios with high and low mitigation measures at years 2030, 2050 and 2070, using peer-reviewed dose-response equations. We also focus on the degradation effects due to extreme events (heatwave, dry spells and extreme rainfall/flood) of each of the selected regions of our cases study. We apply these climatic conditions past and future) in different models, based on scientific literature, that allow estimate the weathering of the materials employed in the construction of cultural heritage buildings.

Finally, we deliver preliminary results for a “cocktail of extreme events” based on the literature review and experiment in laboratory specifically designed to quantify the damages and degradation of building materials due to a realistic series of adverse climate and pollution events.

We present here some results of future weathering (2081-2100) compared to near par (2001-2020) for different weathering process under the SSP5- RCP 8.5 scenario. The evolution with climate change of each process is different and it is different from one site to the other.



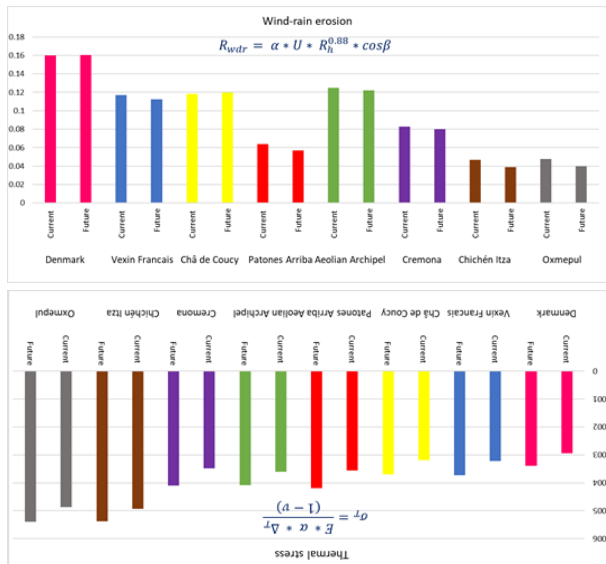


Figure Actual and future weathering estimated by different dose/response function for stone.  $R_n$ : precipitation (mm/year);  $[H^+]$ : hydrogen ion concentration ( $\mu\text{mol/l}$ );  $VdS$ : deposition velocity of  $\text{SO}_2$  (cm/s);  $[\text{SO}_2]$ :  $\text{SO}_2$  concentration ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ );  $VdN$ : deposition velocity of  $\text{HNO}_3$  (cm/s);  $\text{HNO}_3$ :  $\text{HNO}_3$  concentration ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ );  $P$ : annual precipitation (mm);  $T$ : mean annual temperature ( $^\circ\text{C}$ );  $\alpha$ : adapted WDR coefficient (s/m), which takes into consideration the site topography and the presence of buildings;  $U$  (m/s): reference wind speed measured at the standard meteorological height of 10 m;  $R_h$ : unobstructed rainfall intensity;  $\beta$ : wind incidence angle between wind direction and the normal vector of the wall surface;  $E$ : Young modulus (GPa),  $\alpha$ : Thermal expansion coefficient ( $^\circ\text{C}^{-1}$ );  $\Delta T$ : Temperature increase ( $^\circ\text{C}$ );  $\nu$ : Poisson's ratio.

## THE ROLE OF THE GREEN SAHARA IN HUMAN EVOLUTION

Miguel CAPARROS

UMR 7194 « Histoire naturelle de l'Homme préhistorique » CNRS-MNHN-UPVD, Alliance Sorbonne Université, Musée de l'Homme, Palais de Chaillot, 17 place du Trocadéro, 75116 Paris, France

[capmig@aol.com](mailto:capmig@aol.com)

The magnificent rock art of the Sahara, and in particular the spectacular paintings of the Tassili in Algeria, are testimony of the transformation of the hyper-arid Sahara into a humid and green paleo-environment sprinkled of lakes during the Holocene (11 to 5 ka BP). To investigate whether this recent humidification was a unique event, and whether the Sahara was a barrier to migration or a recurrent dispersal route of humans into North Africa, Western Asia and Europe during the Pleistocene, we undertook 6 expeditions in central Sahara covering over 1,000 km to survey this rock art in Algeria (Tassili n'Ajjer, Immidir, volcanic northern Tassili) and Libya (Acacus, Wadi Aramat, Messak).

The present communication is a summary of the findings (Caparros, 2022) of the multidisciplinary research (archaeological, paleo-climatic and prehistoric) we have undertaken to investigate the role of the green Sahara in the course of human evolution. We raise the questions whether humid periods were prevalent during the

Pleistocene, to what extent the Sahara was open to migrations, and present a paleo-climatic dispersal model of recurrent cycles that might contribute to a better understanding of the importance of the green Sahara.

During the Holocene, the five styles of rock art identified in central Sahara (Bubalin-Large african fauna, Têtes rondes, Bovidian, Caballin and Camelin) follow the changes of ecosystems affected by the northward migration of the West African summer monsoon and its subsequent southward shift. Analyses of run-offs of the Nile and Niger rivers, fluctuations in lake shore levels in central Sahara, and Atlantic deep offshore sampling of pollens and terrigenous deposits, confirm the existence of a progressive humid period in the Sahara from 15 to 5 ka BP interspersed with small intervals of desiccation and a peak of humidity at around 9 ka. Archaeological studies confirm the advent of a progressive pastoral culture in the Sahara as reflected in the rock art further to the Neolithic revolution that took place in the Near East. The main cause of the humidification of the Sahara during the Holocene is the northward shift of the Intertropical Convergence Zone (ITCZ) linked to the glacial-interglacial instability in northern latitudes, changes of insolation and variations of atmospheric conditions in the West Atlantic. Was the mid-Holocene green Sahara a unique climate change event or was it preceded by further wet periods during the Pleistocene?

Continental and marine paleo-climatic studies confirm the existence of numerous humid periods during the Pleistocene, particularly from the analysis of sapropels (blackish sediments rich in organic matter deposited in the Ionian Sea further to large run-offs of the river Nile linked to increased pluvial intensity in East Africa and the Sahara). If one uses sapropels as proxies of humid periods in the Sahara, such wet events would have occurred 28 times over the last 1.2 Ma. Humid periods in the Sahara translate into a green ecosystem covered by savannas and steppes, littered of lakes (some gigantic like the Mega-Tchad and Mega-Fezzan), with aquatic corridors allowing the passage of human groups. The human presence in the Sahara during the Pleistocene is supported by numerous archaeological sites throughout its extension, with lithic industries ranging from Oldowayan, Acheulean up to Middle Palaeolithic technocomplexes like Mousterian and Aterian. This human presence most probably occurred during humid periods, considering that there are no Upper Palaeolithic sites in the Sahara connected with the last hyper arid MIS 2 glacial period.

To conclude, we show a theoretical model of arid-humid-arid cycles that illustrates the ecosystem changes that might have taken place during a full cycle of glacial to interglacial back to glacial periods in the Sahara and infer that during periods of extreme aridification North Africa must have acted as refugia to human groups that had migrated during humid periods from Sub-Saharan Africa. The numerous alternating closing and reopening phases of the Sahara during the Pleistocene probably led to multiple events of genetic exchanges between isolated human groups of North Africa and Sub-Saharan Africa, which would favor a reticulate mode of evolution of the genus *Homo* leading up to the emergence of *Homo sapiens* (Caparros and Prat, 2021). We conclude by showing a comparative chronology of the various species of the genus *Homo* with an index of periodic African wet-dry phases, and present suggestions of

further research in palaeoanthropology that would take into consideration paleo-climatic factors in East Africa and the Sahara.

Ref : Caparros, M. (2022). *Le rôle du Sahara dans l'évolution humaine en périodes humides, lorsqu'il n'était pas un désert*, in "Les sociétés humaines face aux changements climatiques", Volume 2, ed. F. Djindjian, UISPP, 189-223, Archaeopress Archaeology; Caparros, M. and Prat, S. (2021). *A Phylogenetic Networks perspective on reticulate human evolution*. *iScience* 24, 102359.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2589004221003278>

### CLIMATE CHANGE, POLITICS, AND HUMAN MIGRATIONS IN WEST AFRICA IN THE PAST 6000 YEARS

Matthieu CARRÉ<sup>1,2\*</sup>, Louis QUICHAUD<sup>3</sup>, Abdoulaye CAMARA<sup>4</sup>, Moufok AZZOUĞ<sup>5</sup>, Rachid CHEDDADI<sup>6</sup>, Diana OCHOA<sup>2</sup>, Jorge CARDICH<sup>2</sup>, Alexander PÉREZ<sup>7</sup>, Rodolfo SALAS-GISMONDI<sup>2</sup>, Julien THÉBAULT<sup>8</sup>, Yoann THOMAS<sup>8</sup>

1. LOCEAN laboratory, CNRS, IRD, MNHN, Sorbonne Université, 4 Place Jussieu, Paris, France; 2. Centro de Investigación para el Desarrollo Integral y Sostenible, Facultad de Ciencias y Filosofía, Laboratorios de Investigación y Desarrollo, Universidad Peruana Cayetano Heredia, Lima, Peru; 3. École normale supérieure de Lyon, Département de biologie, Lyon, France; 4. Laboratoire d'archéologie, Institut Fondamental d'Afrique Noire, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Dakar, Sénégal; 5. Département de Génie des Procédés, Faculté de Technologie, Université de Bejaia, 06000, Bejaia, Algeria; 6. Institut de Sciences de l'Évolution de Montpellier, CNRS, IRD, Université de Montpellier, France; 7. Departamento de Ingeniería, Facultad de Ciencias y Filosofía, Laboratorios de Investigación y Desarrollo, Universidad Peruana Cayetano Heredia, Lima, Peru; 8. Univ Brest, CNRS, IRD, Ifremer, LEMAR, 29280 Plouzané, France.

[matthieu.carre@locean.ipsl.fr](mailto:matthieu.carre@locean.ipsl.fr)

We present a reconstruction of past climate change and human demography in the Sine-Saloum mangrove Delta (Senegal) in the Late Holocene using the record of archaeological shell middens. We explore how this local history relates to the climatic and political history of West Africa. We find that traces of human presence were scarce from 6000 to 2000 yr BP, during the transition from a vegetated Sahara to the late Holocene arid conditions. A specialized shell fishing population migrated massively to the Sine-Saloum around 2000 yr BP, at the end of the aridification trend that followed the African humid period. This population, likely coming from the Mauritanian coast in search of land and resources, fleeing the Saharan desertification and the subsequent warfare, found refuge in the coastal mangroves and reached a maximum activity at about 1700 yr BP. This period corresponds to the beginning of trans-Saharan trade, and to a political complexification that would give rise to the Ghana empire. The record of Sahel hydroclimate history obtained from bivalve  $\delta^{18}\text{O}$  in the Sine-Saloum shows a link between global temperature and Sahel aridity, with the most humid period recorded in the Little Ice age. The comparison with demographic data suggests, however, that populations movements in

the past 1600 years were primarily related to regional political changes. Most sites in the Sine-Saloum islands were abandoned in the 14th century at the beginning of a humid period, before the arrival of Europeans, possibly because intensive shell fishing was not sustainable anymore, or because of the regional political destabilization associated to the fall of the Ghana empire and the beginning of the Mali empire. Shortly after, in agreement with oral traditions, a new population led by the Manding Guelwars, moved to the Sine Saloum and founded the modern towns. They had a reduced shellfishing activity compared to previous inhabitants, possibly because activities were more oriented to the new trade with Europeans or to a productive agriculture in the more humid climatic conditions that prevailed from 1500 to 1800 CE.

### ASSESSING THE RISKS OF CLIMATE CHANGE FOR CULTURAL HERITAGE – THE CLIMASCAPE PROJECT

Constantinos CARTALIS<sup>\*1</sup>, Anastasios POLYDOROS<sup>1</sup>, Thaleia MAVRAKOU<sup>1</sup>, Kostas PHILIPPOPOULOS<sup>1</sup>, P. PANTAZIS<sup>2</sup>, V. ASPROGERAKAS<sup>2</sup>, A. SAMARINA<sup>2</sup>, S. ZOUMPAKI<sup>3</sup>, M. KARAMBINIS<sup>3</sup>

1. Department of Physics, Section of Environmental Physics and Meteorology, National and Kapodistrian University of Athens, 15784 Zografou, Greece; 2. Department of Planning & Regional Development, School of Engineering, University of Thessaly, Volos, Greece; 3. National Hellenic Research Foundation, Athens, Greece.

[ckartali@phys.uoa.gr](mailto:ckartali@phys.uoa.gr)

The protection of cultural heritage sites from climate change impacts is a central priority for protecting the cultural capital of Greece. This presentation describes the conceptual framework of the CLIMASCAPE project which develops a methodology rolled out as a multi-criteria system for the evaluation of exposure, sensitivity, adaptive capacity and eventually vulnerability of archaeological areas to climate change. Eight UNESCO archaeological sites in Greece are selected as case studies namely; Olympia, Delphi, Delos, Sanctuary of Asklepios, Mystras, Apollo Epicurius, Philippoi and Heraion of Samos. Climate model projections for various Representative Concentration Pathways are used to identify climate risks such as floods, droughts, erosion, forest fires, heat waves and sea level rise and associate them to each of the eight selected study areas. Depending on the climate risk, differentiated adaptation plans are developed and evaluated in terms of mitigating the vulnerability of the archaeological sites to climate change and its impacts.

### HYDROLOGICAL VARIABILITY AND CHEMICAL WEATHERING IN THE SOUTHERN ALPS BASED ON DIATOMS AND THEIR ISOTOPIC COMPOSITION (O AND Si)

Rosine CARTIER<sup>1\*</sup>, Elodie BRISSET<sup>2</sup>, Frédéric GUITER<sup>2</sup>, Lenka BROUSSET<sup>2</sup>, Christian MARSCHAL<sup>2</sup>, Hélène DE MERINGO<sup>2</sup>, Laurence VIDAL<sup>1</sup>

1. Aix-Marseille Université, CNRS, IRD, Collège de France, INRA, CEREGE, Europôle de l'Arbois, 13545 Aix-en-Provence, France; 2. Aix-Marseille Université,

CNRS, IRD, Avignon Université, IMBE, Europôle de l'Arbois, 13545 Aix-en-Provence, France.

[cartier@cerege.fr](mailto:cartier@cerege.fr)

La gestion des ressources de haute montagne du pourtour méditerranéen est d'une importance majeure pour les sociétés aussi bien pour l'approvisionnement en eau que la gestion des risques environnementaux. Les changements climatiques actuels montrent un réchauffement plus rapide en haute altitude et dans la région méditerranéenne que la moyenne globale (+2°C par rapport aux niveaux préindustriels).

Le projet Hydro-ALPS a pour but de fournir de nouveaux enregistrements paléoclimatiques continus afin d'aider à la réalisation de modèles climatiques régionaux intégrant des échelles de temps longs. Les interactions étroites entre les activités humaines, l'évolution du climat et l'occurrence d'événements extrêmes, comme l'événement climatique à 4200 cal BP (Cartier et al. 2019), seront également approfondies. Pour cela, les sédiments lacustres de deux lacs, situés à la même altitude (2200 m a.s.l.) dans le massif du Mercantour, mais entourés d'un couvert végétal différent (pâturages *versus* végétation plus boisée) vont être étudiés de façon pluridisciplinaire (sédimentologie, géochimie, palynologie). L'accent sera mis sur l'utilisation des diatomées, organismes microscopiques siliceux abondants dans ces lacs. L'étude de leurs assemblages et composition isotopique (O et Si) permettra de reconstituer les variations du bilan hydrique et de l'érosion chimique des sols et du socle cristallin.

Ce poster présente les objectifs du projet Hydro-ALPS ainsi que les résultats d'une première mission de carottage (septembre 2022) au lac Petit (Valdeblore, France) qui a permis d'obtenir une séquence sédimentaire de 7 m de long avec sections de recouvrement. Les sédiments sont de type « diatomite » sur une majorité de l'enregistrement et la sédimentation caractéristique à l'échelle régionale sur les 30 premiers cm - i.e. sédiments fins bleutés ponctués de lamines noires - permet de penser que la séquence remonte à la fin de la déglaciation. Le cadre chronologique des différentes unités lithologiques sera déterminé par des analyses <sup>14</sup>C sur des macrorestes d'origine terrestre. *In fine*, ces enregistrements paléoclimatiques à haute résolution pourront être comparés à des évolutions/perturbations majeures documentées dans les sociétés du pourtour méditerranéen.

### GEOMORPHOLOGY IMPACT ON ARCTIC STREAMS' DISSOLVED ORGANIC MATTER PROCESSING

Núria CATALÁN<sup>1\*</sup>, Anne KELLERMAN<sup>2</sup>, Tenna RIIS<sup>3</sup>, Pierre BARRE<sup>4</sup>, Dolly KOTHAWALA<sup>5</sup>, François BAUDIN<sup>6</sup>, Marloes GROENEVELD<sup>5</sup>, Amy MCKENNA<sup>2</sup>, Cecile M. HOLMBOE<sup>3</sup>, Pau GIMÉNEZ-GRAU<sup>3</sup>, Jennifer TANK<sup>7</sup>, Samuel ABIVEN<sup>4</sup>, Bertrand GUENET<sup>4</sup>, Ada PASTOR<sup>3</sup>

1. LSCE/CNRS, Gif-sur-Yvette, France; 2. Florida State University, Tallahassee, United States; 3. Aarhus University, Aarhus, Denmark; 4. Ecole normale supérieure, Paris, France; 5. Uppsala University, Uppsala, Sweden; 6. Sorbonne Université, Paris, France; 7. University of Notre Dame, Notre Dame, United States.

[ncatalangarcia@gmail.com](mailto:ncatalangarcia@gmail.com)

Global change is strongly impacting Arctic freshwaters, integrated in a landscape that is quickly warming, suffering strong changes in hydrological processes and permafrost thaw. All those processes will impact the soil organic carbon (SOC) cycling as well as its export from soils to the adjacent streams, both as particulate and dissolved organic matter (POM and DOM respectively). DOM chemical diversity defines its availability for the microbial community and thus, ultimately the carbon (C) export to the Arctic Ocean. Here we aim to link different geological settings in NE Greenland (Zackenberget) with the composition, stability and degradation of organic matter in riparian soils and streams. We selected 14 small streams across a gradient in geomorphology and vegetative cover, and sampled early, mid, and end of the summer 2021 open-water season. We determined C and nitrogen concentrations in soils and water, SOC and POM persistence (determining its thermal stability) and DOM chemical composition and degradation (through ultra-high resolution mass spectrometry and bacterial respiration). Our results link the surrounding watershed geology and SOC stability with the organic matter chemical diversity, nutrients and cycling in streams. We show the indices describing DOM chemical diversity that appear to be most responsive to bacterial respiration and relate their seasonal changes with variation in discharge, vegetation and inorganic nutrients. Our results provide valuable information to assess stream biogeochemical responses to climate change, which are poorly understood on a landscape scale.

### VULNERABILITY AND ADAPTATION OF FRENCH POLYNESIAN PEARL FARMING AND ASSOCIATED COMMUNITIES TO CLIMATE CHANGE

Marianna CAVALLO<sup>1,2\*</sup>, Pascal RAUX<sup>2</sup>

1. LEMAR - Laboratoire des Sciences de l'Environnement Marin, UMR 6539 LEMAR, CNRS, UBO, IRD, Ifremer, IUEM, Plouzané, France; 2. AMURE Unité d'Economie Maritime, UMR 6308 Ifremer, Univ Brest, CNRS, IUEM, Plouzané, France.

[marianna.cavallo@ird.fr](mailto:marianna.cavallo@ird.fr)

While there is wide consensus about the impact of climate change at global scale, there is still uncertainty about changes in local environmental conditions and even less on the effects for local economies and societies well-being. The present study aimed at assessing the vulnerability of the French Polynesian pearl farming and associated communities to climate change by gathering the views of a) local experts and the knowledge and perception of b) local producers and c) communities. The assessment is based on the FAO vulnerability framework which includes three core components: (level of) Exposure, Sensitivity and Adaptive capacity. The survey was carried out in 2020 in the three areas where most of the production takes place: the Society, the Tuamotu and the Gambier archipelagos. The qualitative and quantitative information obtained has been analysed by a mix of quantitative (statistic) and qualitative (thematic analysis) methods. Understanding the different perceptions on the level of exposure and sensitivity to climate change between locals and experts was essential to establish priorities in adaptation strategies that are understood and perceived as relevant by the local population but that



are also scientifically sound. The inputs of the participants are integrated into two Driver-Pressure-State-Impact-Response (DPSIR) models, one for the vulnerability of the sector (Figure 1) and one specific for local communities (Figure 2 – not provided). This framework was considered the most suitable to understand the differences of views and perceptions between experts and local producer/communities.

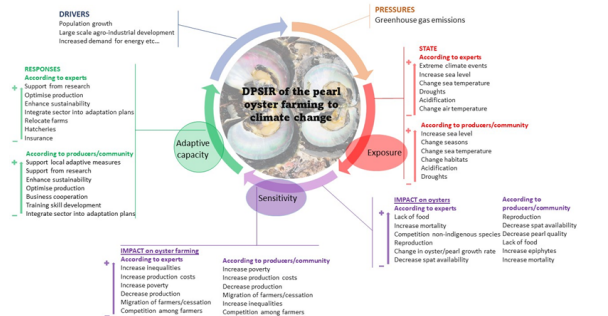


Figure 1. DPSIR of the pearl oyster farming according to experts and local communities/producers (criteria are presented in order of relevance)

As for the actual and perceived exposure of French Polynesia to certain climate impacts, mostly experts are concerned about the projected increase in intensity and frequency of cyclones and storms, especially in the Tuamotu archipelago, while producers and local communities are more concerned about the shift of seasons and the effects on habitats. Major impacts on oysters and pearls (Sensitivity of oysters/pearls) are related to the slow but permanent shift in physical and chemical conditions of the surrounding environment that will be devastating for the entire production systems. The increase of production costs and decrease of production are the main consequences of those changes (Sensitivity of the sector). On the other hand, factors like population growth, patterns of economic development, governance and political stability, markets and trade, fuel costs etc. can potentially affect the sector before climate changes. The coherence among the responses of all categories of participants confirms the strong dependence of the communities to pearl oyster farming in the studied areas where major impacts on the social and economic dynamics are expected as the consequences of the decline of the sector. The differences in the type of exposure and sensitivity of oyster and pearl production perceived by the two main categories of participants are, as expected, reflected in the suggested measures of adaptation (Adaptation of pearl farming). Experts, in general propose large-scale (national) and long-term (next 20-50 years) measures that should be already implemented to prepare the sector to adapt to future climatic conditions. On the other hand, for producers, more financial, and political support to individual and locally adapted measures is considered a priority since these have already demonstrated to be useful to overcome difficulties in the past. It should not surprise then that most of the measures are not directly aiming at reducing the sensitivity of the sector to climate change but rather to address the environmental, economic and management weaknesses that will indirectly enhance the adaptive capacity, namely dedicated financial instruments, optimise production,

expand market, enhance sustainable practices and prevent pollution and better cooperation among pearl farmers. Integrating scientific information with the local knowledge and perception demonstrated to be helpful to contribute filling gaps about the effects of climate change on the local environment and on the activities that depend on it. This integrated approach allows to overcome the limitations of a vulnerability assessment based exclusively on local societies concerns or on scientific knowledge and to develop climate policy and plans that are either not scientifically sound or socially accepted.

## IMPACT DU RECHAUFFEMENT CLIMATIQUE ET DE LA FONTE DU GROENLAND SUR LE PALUDISME ET LA FIEVRE DE LA VALLEE DU RIFT

Alizée CHEMISON<sup>1\*</sup>, Dimitri DEFRANCE<sup>2</sup>, Gilles RAMSTEIN<sup>1</sup>, Cyril CAMINADE<sup>3</sup>

1. *Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement, CEA, France*; 2. *The Climate Data factory, Paris, France*; 3. *Earth System Physics Department, Abdus Salam International Centre for Theoretical Physics (ICTP), Trieste, Italy.*

[alizee.chemison@lsce.ipsl.fr](mailto:alizee.chemison@lsce.ipsl.fr)

Les moustiques, vecteurs de maladies, sont sensibles aux conditions climatiques. Le développement des stades immatures (œuf-larve-nymph) se fait en milieu aquatique et est modulé par les précipitations. La durée de développement des moustiques est réduite avec un accroissement des températures, jusqu'à une température seuil qui leur est létale. Le réchauffement climatique aura donc un impact sur la répartition de ces vecteurs et des maladies associées. La dernière déglaciation nous a appris que la fonte des calottes glaciaires est non linéaire et peut comporter des phases d'accélération correspondant à une augmentation du niveau marin de plus de 4m par siècle. De plus, les instabilités glaciaires tel que les débâcles d'icebergs (événements de Heinrich) ont eu des impacts sur la circulation océanique de l'Atlantique Nord, provoquant des changements majeurs sur le climat mondial. Ces processus de fonte rapides et leurs rétroactions sur le climat ne sont pas considérés dans les modèles climatiques actuels et leurs impacts sur la santé n'ont pas encore été étudié en détail.

Pour simuler une fonte partielle et accélérée de la calotte du Groenland, un flux d'eau douce correspondant à une augmentation du niveau marin de +1 et +3m sur une période de 50 ans est injecté au sud du Groenland et superposé au scénario de forçage radiatif RCP8.5. Ces scénarios sont ensuite utilisés comme forçage pour le modèle climatique IPSL-CM5A, pour simuler l'évolution du climat global du 21<sup>ème</sup> siècle. Ces simulations associées à des modèles biologiques, nous permettent d'étudier les conséquences d'une fonte rapide sur la distribution de deux maladies vectorielles qui affectent le continent africain : le paludisme et la Fièvre de la Vallée du Rift (FVR). Le paludisme est une maladie parasitaire entraînant plus de 600 000 décès annuels à l'échelle globale. La FVR entraîne des troupes de décès et des taux d'avortement élevés dans les troupeaux et présente des risques sanitaires pour l'Homme en cas de contact avec du sang infecté. Des études ont déjà caractérisé l'évolution de la répartition mondiale du paludisme selon les scénarios standards RCPs. A partir des mêmes

modèles biologiques, nous avons étudié l'impact d'une fonte rapide du Groenland sur le risque de transmission simulé en Afrique et comparé avec le scénario RCP8.5 seul. Au Sahel, la baisse du risque futur est amplifiée. Sur les régions de l'Est, l'augmentation du risque de transmission est réduite. Dans le sud de l'Afrique, l'apparition d'un risque de transmission est mise en évidence avec la fonte accélérée du Groenland. Pour la FVR, un travail préliminaire de validation du modèle biologique a été réalisé sur le climat actuel avant d'étudier l'impact de la fonte accélérée des glaces. Le modèle biologique de FVR, forcé par les réanalyses climatiques ERA5, reproduit correctement les épidémies passées pour de nombreux pays africains comme la Somalie, le Kenya, la Mauritanie, la Zambie et le Sénégal. Au-delà des scénarios RCPs, il est essentiel de développer des scénarios pour explorer les points de bascule du système climatique et en particulier, les impacts non linéaires de ces franchissements de seuils dans certains secteurs critiques comme la santé.

### IDENTIFICATION DE DEUX AVANCEES GLACIAIRES EN CORSE DEPUIS LE DERNIER MAXIMUM GLACIAIRE

Marie CHENET<sup>1\*</sup>, Daniel BRUNSTEIN<sup>2</sup>, Vincent JOMELLI<sup>3</sup>, Aster TEAM<sup>3</sup>

1. *Laboratoire de Géographie Physique (UMR 8591), Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne*; 2. *LISA (UMR 6240), Université de Corse Pascal Paoli*; 3. *CEREGE (UMR 34), Université Aix-Marseille*.

[Marie.Chenet@univ-paris1.fr](mailto:Marie.Chenet@univ-paris1.fr)

Les hautes vallées corses présentent de nombreux héritages glaciaires (moraines, polis glaciaires, blocs erratiques), témoins de fluctuations glaciaires multiples au cours du Quaternaire. Malgré leur reconnaissance ancienne (Conchon 1978, 1986), ces formes n'ont pas encore fait l'objet de datations absolues systématiques à des fins de chronologies glaciaires.

Nous présenterons 19 datations par isotopes cosmogéniques de blocs issus de 4 cordons morainiques situés sur le versant nord du Monte Renoso (Centre-Corse). Ces âges mettent en évidence deux stades d'avancée glaciaire depuis la fin du Dernier Maximum glaciaire : une première lors du stade Heinrich 1 (HS1 – 17-15 ka BP), une seconde lors du Dryas récent (11,6-12,9 ka BP). Les lignes d'équilibre glaciaires associés à ces deux phases d'extension ont été reconstituées et présentent des altitudes relativement basses en comparaison avec celles d'autres régions de la partie occidentale du bassin méditerranéen. Les implications climatiques de ces résultats seront discutées. La Corse présente en effet une position géographique de grand intérêt, puisqu'elle peut contribuer à estimer la pénétration des dépressions atmosphériques d'ouest chargées en humidité dans le corridor méditerranéen, notamment lors des périodes froides du Pléistocène, quand les fronts atmosphériques océaniques et les fronts polaires étaient positionnés plus au Sud qu'actuellement au niveau de la péninsule ibérique (Ruddiman & McIntyre 1981; Roucoux et al. 2005).

Ref : Conchon, O., 1978. *Quaternary studies in Corsica (France)*. *Quaternary Research*, 9/1, 41-53.

Conchon, O., 1986. *Quaternary glaciations in Corsica*. In: V. Sibrava, D.Q. Bowen and G.M. Richmond (Editors), *Quaternary glaciations in the Northern Hemisphere*. *Quaternary Science Reviews*, 5, 429-432.

Roucoux K.H., de Abreu L., Schackleton N.J., Tzedakis, P.C. 2005. *The response of NW Iberian vegetation to North Atlantic climate oscillations during the last 65 kyr*. *Quaternary Science Reviews*, 24, 1637-1653

Ruddiman W.F., McIntyre A. 1981. *The North Atlantic during the last deglaciation*. *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology*, 35, 145-214.

### WATER FLOW AND TRAVEL TIME IN THE HIGHLY HETEROGENEOUS VADOSE ZONE OF THE BEAUCE AQUIFER

Yves COQUET<sup>1\*</sup>, Arnaud ISCH<sup>2</sup>, Bouamama ABBAR<sup>2</sup>, Carlos ALDANA<sup>2</sup>, Mohamad ABBAS<sup>2</sup>, Ary BRUAND<sup>2</sup>, Mohamed AZAROUAL<sup>2</sup>

1. *ECOSYS UMR 1402, AgroParisTech, INRAE, Université Paris Saclay, 91123 Palaiseau Cedex, France*; 2. *Université d'Orléans, CNRS, BRGM, ISTO UMR 7327, 1A rue de la Férollerie, 45071 Orléans, France*.

[yves.coquet@agroparistech.fr](mailto:yves.coquet@agroparistech.fr)

The assessment of water travel time through the vadose zone is known to be critical for a proper estimation of the hydrologic response time of water bodies to evolutions in land use management and global changes. In the study presented here, the hydraulic properties of 15 samples displaying contrasted lithologies (soil, powdery limestone, calcareous sand, limestone rock) and extracted from three cored boreholes drilled throughout the vadose zone of the Beauce aquifer, were determined in the laboratory. Three 23 m-deep vadose zone profiles were then reconstituted with the HYDRUS-1D software for the numerical simulation of water flow and the estimation of the water travel time. The measured hydraulic properties, meteorological and water table level data were used as input for a virtual bromide tracing experiment undertaken over a period of 55 years (1966-2020). The results showed that the experimental hydraulic properties of the samples were more accurately described with a dual porosity approach, since the latter allowed a precise representation of the bimodal characteristic of most of the samples. Water flow simulations demonstrated the occurrence of perched water tables within the vadose zone, which on rare occasions could reach up the soil surface. The simulated mean travel time of the first concentration, peak concentration and last concentration of bromide at the maximum water table level of the aquifer was 13.8, 20.9 and 31.5 years, respectively. Increase in travel time was clearly identified since the late 1970s and could be a consequence of global warming. These results also pointed out the need for conducting studies at larger scales to take into account possible fast transfers of water that might occur through open fractures and karst networks.

### PROJECTION DU NIVEAU DES EAUX SOUTERRAINES CONTENUES DANS LES PLUS GRANDS BASSINS AQUIFERES MONDIAUX SIMULES PAR LES MODELES DE CLIMAT DU CNRM

Maya COSTANTINI<sup>1\*</sup>, Jeanne COLIN<sup>1</sup>, Bertrand DECHARME<sup>1</sup>

1. Centre National de Recherches Météorologiques (CNRM), Météo-France/CNRS, Toulouse, France.

[maya.costantini@meteo.fr](mailto:maya.costantini@meteo.fr)

Les eaux souterraines contenues dans les aquifères constituent la plus grande réserve d'eau douce liquide terrestre. Elles jouent un rôle important dans le cycle hydrologique et sont essentielles pour les activités humaines et l'évolution des écosystèmes. Or, le changement climatique a déjà un impact notable sur le cycle hydrologique et sur notre consommation d'eau. L'étude de l'évolution future de ces réserves d'eau douce avec le changement climatique revêt donc une importance particulière, notamment pour la mise en place des plans d'adaptation et d'atténuation relatifs à la gestion de l'eau.

Ici, on étudie à l'échelle du globe la réponse au changement climatique de 218 bassins aquifères non confinés (nappe libre) à l'aide des modèles climatiques globaux développés au CNRM : CNRM-CM6 et CNRM-ESM2. Ces modèles permettent, entre autres, la prise en compte des boucles de rétroactions climat-végétation-aquifères, comme recommandée dans le sixième rapport du GIEC. Toutefois, ils ne représentent pas les prélèvements anthropiques d'eau souterraine.

Nous analysons les simulations réalisées dans le cadre du projet CMIP6 (Coupled Model Intercomparison Project 6) suivant quatre scénarios de concentration de gaz à effet de serre allant jusqu'en 2100. Nous procédons également à une étude multi-modèles afin d'explorer les incertitudes qui pèsent sur les principales variables pilotant l'évolution de ces eaux souterraines : les précipitations et l'évapotranspiration.

Nos résultats montrent que les aquifères devraient se remplir en moyenne à l'échelle globale, ce qui est cohérent avec l'intensification globale prévue des précipitations. Cependant, l'évolution des profondeurs des nappes aquifères n'est pas uniforme et présente de fortes disparités régionales (voir Figure 1).

La réponse des aquifères au changement climatique est ensuite analysée au regard de la densité de population en 2100. Cela nous permet d'établir une carte quasi globale des risques liés à l'évolution de ces 218 bassins aquifères, comme par exemple le risque d'inondation ou le risque croissant de stress hydrique dans certaines régions déjà dépendantes des aquifères. Cette analyse donne en outre une première approche de la façon dont l'effet direct du changement climatique est susceptible d'être modulé par les prélèvements anthropiques d'eau souterraines, pour l'instant non représentés dans les modèles du CNRM.

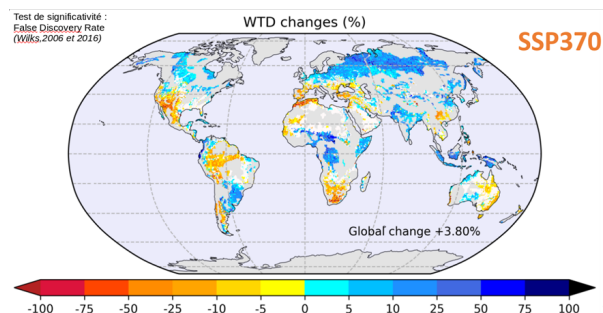


Figure 1. Evolution en pourcentage du niveau d'eau des aquifères (WTD) entre la période 1985/2014 et la période 2071/2100, dans le scénario SSP370.

## VARIABILITY OF THE THERMAL REGIME OF THE FROZEN ISLANDS IN THE LENA FLOODPLAIN, YAKUTIA

Francois COSTARD<sup>1</sup>, E. GAUTIER<sup>2</sup>, P. KONSTANTINOV<sup>3</sup>, F. BOUCHARD<sup>1</sup>, A. SEJOURNE<sup>1</sup>, L. DUPEYRAT<sup>1</sup>, and A. FEDOROV<sup>3</sup>

1. Université Paris-Sud XI, CNRS, Laboratoire IDES, UMR 8148, 91405 Orsay, France; 2. UMR 8591, Laboratoire de Géographie Physique, Meudon, France; 3. Permafrost Institute, RAS Siberian branch, Yakutsk.

[francois.costard@u-psud.fr](mailto:francois.costard@u-psud.fr)

In Yakutia, the Lena River is one of the largest fluvial hydrosystems within the periglacial zone with thick and continuous permafrost. The Lena River and its tributaries are characterized by a large inter-annual variability with a thawing of the ice cover, inducing huge ice-jams and a fast rising of the water level, together with an active process of thermal and mechanical erosion. During spring floods, the islands along the Lena River channel are submerged and this induces an additional thermal imprint. Ten islands upstream of the city of Yakutsk have been monitored during two consecutive years (July 2009 to July 2011). We measured the frozen soil thermal regime and water temperatures of these islands on a daily basis using automated waterproof data loggers. Other sensors are used to estimate the height and duration of flooding. We examine the effect of repeated inundations and warm stream water on the thermal regime of frozen islands as well as the effect of the duration of the flood season. Our measurement campaigns revealed that the effect of island submersion at the time of break-up appears to have a relatively moderated impact on the frozen soil thermal profile at depth. The results also show that the Lena floodplain is thermally heterogeneous with islands composed of permafrost and others with only seasonally frozen ground. Our study shows that relatively young (less than 30 years old) islands, composed of fine sand material appear less prone to permafrost formation compared to older islands with ice-rich silty material.

## CONTRASTE ISOTOPIQUE DU SILICIUM ENTRE ZONES ANTARCTIQUE FERTILISEES ET HNLC (HIGH NUTRIENTS LOW CHLOROPHYLL) LE LONG DE LA SECTION SWINGS (SOUTH WEST INDIAN OCEAN GEOTRACES SECTION), TRACEUR DE LA DYNAMIQUE OCEANIQUE DU SILICIUM

Edwin COTARD<sup>1\*</sup>, Valentin DETEIX<sup>1</sup>, Arnaud DAPOIGNY<sup>2</sup>, Sandrine CAQUINEAU<sup>1</sup>, Thomas RYAN-KEOGH<sup>3</sup>, Damien CARDINAL<sup>1</sup>

1. LOCEAN-IPSL (Sorbonne Université, IRD, CNRS, MNHN), 4 place Jussieu, 75005 Paris, France; 2. LSCE-IPSL (CEA, CNRS, UVSQ, Paris Saclay), Orme des Merisiers Bat 714, 91190 Saint-Aubin, France; 3. Council for Scientific and Industrial Research (CSIR), Cape Town Area, South Africa.

[edwin.cotard@locean.ipsl.fr](mailto:edwin.cotard@locean.ipsl.fr)

Le silicium (Si) est un élément clé pour les organismes marins silicifiants. Sous forme d'acide silicique, il

contrôle la production principalement des diatomées, prédominantes dans l'Océan Austral. Les diatomées sont l'un des principaux acteurs de la pompe à carbone biologique, particulièrement active en zone Antarctique et dans les zones naturellement riches en fer comme autour des plateaux de Kerguelen et de Heard. La pompe biologique est un paramètre crucial du cycle du carbone océanique qui contribue à séquestrer 13 PgC.an<sup>-1</sup>. De plus, elle est liée à l'export de la silice biogénique (BSi) vers les eaux profondes, notamment via les frustules de diatomées et ainsi joue un rôle climatique majeur. Cette zone particulièrement dynamique joue également un rôle indispensable dans la circulation globale et la redistribution des nutriments vers la couche de mélange. L'Océan Austral sert de "hub" via la circulation méridienne de retournement et le courant circumpolaire Antarctique.

L'objectif de cette étude est de mieux comprendre les facteurs contrôlant le cycle biogéochimique du Si et sa dynamique dans l'Océan Austral. Pour cela, nous utilisons les signatures isotopiques de Si, les concentrations d'acide silicique (DSi), de silice biogénique (BSi) et lithogène (LSi) ainsi que des observations des particules en suspension au microscope électronique à balayage (MEB) et des analyses pigmentaires. Différents milieux océaniques ont été échantillonnés en janvier et février 2021 lors de la campagne SWINGS, dans cette présentation nous nous concentrons exclusivement sur la zone Antarctique, au sud du front polaire, majoritairement HNLC et sur les plateaux de Kerguelen et de Heard.

De manière générale, les mesures  $\delta^{30}\text{Si}$  de DSi sont plus légères pour les eaux profondes et deviennent plus lourdes vers la surface dû à la reminéralisation dominante en profondeur et au fractionnement isotopique en surface lié aux diatomées. Cependant les valeurs de  $\delta^{30}\text{Si}$  de surface ne sont pas homogènes sur l'entièreté de la zone Antarctique. En effet, en fonction de la signature du réservoir source de DSi, les valeurs de surface sont significativement différentes (de 0,8‰ et en sub-surface de 0,3‰). La dynamique océanique et la remontée des eaux profondes circumpolaires, particulièrement marqué à la station la plus au sud du transect, joue un rôle déterminant. De plus, des variations significatives sont observées pour les zones sous influence de plateau, et tout particulièrement au niveau du plateau de Heard, où les données sont homogènes et plus légères de 0,5 à 1‰, avec des concentrations élevées en LSi. Concernant les concentrations de BSi, elles augmentent généralement vers le sud, et au niveau des plateaux (au-delà de 5  $\mu\text{M}$  au niveau de Heard et en profondeur au niveau de Kerguelen). Ce résultat est cohérent avec les observations MEB montrant une augmentation de la proportion de diatomées et de frustules vers le sud, y compris proche du fond à Kerguelen. Nous observons également des variations des signatures  $\delta^{30}\text{Si}$  de BSi. Les données de surface varient fortement allant de 2,5‰ à 1,0‰ pour la station la plus au sud. Grâce à ces données et à la diversité des provinces biogéochimiques rencontrées, nous discuterons du degré d'utilisation du Si et de sa source dans la couche de mélange, de son devenir le long de la colonne d'eau et de son transport le long de la circulation globale profonde.

## A HOLOCENE SPELEOTHEM RECORD OF PALEOCLIMATE IN THE NORTHERN FRENCH ALPS – $\delta^{18}\text{O}$ A PROXY FOR SEASONALITY OF GROUNDWATER RECHARGE

Isabelle COUCHOUD<sup>1,2\*</sup>, Russell DRYSDALE<sup>2</sup>, Yves PERRETTE<sup>1</sup>, J. HELLSTROM<sup>2</sup>, M. QUIERS<sup>3</sup>

1. EDYTEM, UMR5204-Université Savoie Mont Blanc, Le Bourget du Lac, 73370, France; 2. School of Geography, Earth and Atmospheric Sciences, The University of Melbourne, Carlton, VIC 3053, Australia; 3. SpecSolE, EDYTEM, Université Savoie Mont Blanc, France.

[isabelle.couchoud@univ-smb.fr](mailto:isabelle.couchoud@univ-smb.fr)

The French Alps have been inhabited since Neolithic times. Local paleo-environments have been studied for the context of these early occupations, the evolution of landscapes, and interactions between the societies and their environments. However, these studies are mostly based on lake deposits, pollen and tree rings, with no speleothem studies thus far to bring complementary climatic information and precise chronologies.

Here we present the first reconstruction of Holocene paleoclimate evolution in the French Alps based on proxy records from four stalagmites from Garde-Cavale cave in the Bauges massif (45.64°N, 5.98°E). The stalagmites formed under the Revard plateau located at an average altitude of 1400 m asl. This is the highest and one of the first orographic obstacles on the trajectory of the westerlies, which carry most of the moisture to the site from the North Atlantic Ocean. Stable isotope records were reconstructed for each stalagmite at a sampling resolution of 1 mm. The chronology was constrained by MC-ICPMS U-Th dating and finite growth-rate age modelling. The average resolution of the obtained isotopic records ranges between ~9 and ~34 years depending on the stalagmite, and the stacked record covers the last 12 kyr.

Forty years of monthly data from the closest GNIP station (Thonon) were analysed to investigate the potential control of temperature and rainfall amount on the  $\delta^{18}\text{O}_p$ . The  $\delta^{18}\text{O}_p$  values show a clear positive correlation with air temperature, but no obvious relationship to precipitation amount.

When the record is viewed over the entire Holocene, the  $\delta^{18}\text{O}$  signal mainly follows an opposite trend to the 60N summer insolation intensity curve. We suggest that the evolution of insolation intensity through the Holocene influenced the pattern of the  $\delta^{18}\text{O}$  signal recorded by the speleothems at this sub-alpine site via both its impact on the temperature of precipitation and on the seasonality of groundwater recharge. The relative proportion of summer or winter effective precipitation at this elevation, whose associated  $\delta^{18}\text{O}$  values depend strongly on temperature, controls the overall  $\delta^{18}\text{O}$  of the groundwater recharge that feeds the stalagmite growth. In addition, we find several short-term (e.g. 7.2 ka, 8.2 ka, 2.0 ka) and multi-centennial (4.2-3.2 ka, 0.9-0 ka) events superimposed on the long-term trend, which are associated with regional abrupt climatic events or possible anthropic activities, such as deforestation.

**CARTOGRAPHIE DE L'IMPACT DES CANICULES SUR LES SYSTEMES URBAINS : CAS D'ETUDE COMPARATIF GRAND PARIS / GREATER LONDON**

Romain COURAULT<sup>1\*</sup>, Marianne COHEN<sup>1,2</sup>, Laurence EYMARD<sup>3</sup>, Serge MÜLLER<sup>4</sup>

1. UMR 7534 LADYSS, Paris I ; 2. EA Médiations, Paris IV; 3. UMR 8190 LATMOS, Paris VI; 4. UMR 7205 ISYEB, MNHN.

[romain.courault@univ-paris1.fr](mailto:romain.courault@univ-paris1.fr)

En ville, l'îlot de chaleur urbain (ICU) implique un différentiel de température important entre centre/périphérie, commandé par différents facteurs : 1) piégeage de la chaleur sur des surfaces minéralisées à la géométrie dense et haute, 2) limitation de la ventilation, 3) chaleur générée par les activités humaines, et 4) fraction limitée en zones végétalisées, sols naturels et surfaces en eau. Les propriétés biophysiques et géographiques du bâti urbain altèrent également le cycle de l'eau, avec pour conséquences principales des écoulements superficiels intensifiés, et des taux d'humidité moins importants comparativement aux zones rurales adjacentes. Plus globalement, si l'augmentation des T°C urbaines contribue peu au changement climatique actuel, le changement climatique actuel contribue bien à augmenter la fréquence des extrêmes de températures nocturnes en ville. Londres (GL) et Paris (MGP) sont deux mégalo-poles désormais soumises à de fréquentes et intenses vagues de chaleur. En été, les effets d'îlots de chaleur urbain (ICU) en situation synoptique de vague de chaleur (VC) constituent des risques prononcés pour les organismes vivants. Pour les populations humaines, les ICU exacerbent les comorbidités, tandis que les communautés animales et végétales urbaines doivent gérer un stress thermique et hydrique supplémentaire (transpiration). Ainsi, d'après les critères définis par les autorités sanitaires anglaises et françaises (MGP : Tn & Tx >21 et >31°C sur 3 j. ; GL : Tx >90% sur 30 ans), les épisodes de VC sont sélectionnés dans les chroniques journalières pour les 30 dernières années (1992-2022). Une typologie des situations atmosphériques propices aux VC est réalisée, à l'échelle de l'Europe médiane. Après sélection des nuits tropicales, celles-ci sont agrégées temporellement pour cartographier les températures de surface nocturnes (LST ; MODIS 11A1, 2002-2022) à l'échelle de MGP et GL. Par îlot urbain/*boroughs*, les revenus des ménages, la couverture végétale et les types d'occupation des sols sont pris en compte, en vue d'une comparaison des LST nocturnes entre GL et MGP, sur indicateurs socio-économiques et biophysiques. Le premier résultat interroge en premier lieu la définition même de VC. Après prise en compte des indicateurs thermiques donnés par les instituts météorologiques et les autorités sanitaires anglaises et françaises sur les Tn et Tx donnés à Montsouris et à Heathrow, il ne reste qu'un faible effectif de nuits tropicales respectant tous les éléments de définition des VC. On décide donc de ne prendre en compte que l'indicateur thermique de dépassement de seuils journaliers. A titre d'exemple, pour Paris-Montsouris, le dépassement des seuils de TN>21°C et TX>31°C est franchi pour 70 journées entre 1992 et 2022. A l'échelle continentale, les situations de blocages et de dorsales anticycloniques sont les plus régulièrement retrouvés, et associés aux épisodes de VC. Régionalement, les résultats montrent que pour les deux villes, les LST nocturnes sous ICU sont bien plus fraîches à GL que MGP (respectivement, 17,7 et 23,4°C). Cette régionalisation des LST nocturnes sous

ICU est exacerbée par l'hétérogénéité du tissu urbain entre les deux villes. Par exemple, le tissu urbain dense représente ~20% de la surface totale de MGP, contre ~2% pour GL. A contrario, les surfaces en eau et semi-naturelles comptent pour ~15% de la surface totale de GL, contre 10% pour MGP. Pour MGP, le climat continental plus marqué, la forte chenalisation et l'enserrement de la Seine, une morphologie urbaine plus compacte et l'isolement des bois urbains contribuent à un très faible rafraîchissement nocturne, comme en témoignent la quantification des LST sous VC. Dans la MGP, les revenus des ménages sont positivement corrélés avec les températures nocturnes, ceci correspondant au « paradoxe haussmannien », c'est-à-dire au fait que dans Paris et sa banlieue, les quartiers habités par des ménages aisés ont tendance à être plus denses et peu végétalisés. Ces premiers résultats doivent être relativisés, notamment par la qualité d'acquisition des données LST-MODIS, les mesures fiables de l'émissivité des sols restant fortement conditionnées par le couvert nuageux lors de la prise de vue, et plus largement par la présence d'aérosols en basse couche.

#### DEGRADATION DU PERMAFROST ET EROSION DES PAROIS EN HAUTE MONTAGNE: VERS UNE APPROCHE DIACHRONIQUE

Léa COURTIAL-MANENT<sup>1\*</sup>, Alexandre LHOSMOT<sup>2</sup>, Arthur SCHWING<sup>1</sup>, Ludovic RAVANEL<sup>2</sup>, Jean-Louis MUGNIER<sup>1</sup>, Anta-Clarisse SARR<sup>1</sup>, Julien CARCAILLET<sup>1</sup>

1. Institut des Sciences de la Terre, Université Grenoble Alpes/Université Savoie Mont-Blanc/CNRS, CS40700, 38058 Grenoble Cedex 9, France; 2. EDyTEM, Université Savoie Mont-Blanc/CNRS, F-73376 Le Bourget-du-Lac, France.

[lea.courtial-manent@univ-smb.fr](mailto:lea.courtial-manent@univ-smb.fr)

Sous l'effet de la dégradation du permafrost notamment inhérente à la multiplication des épisodes caniculaires, la fréquence des écroulements rocheux dans les massifs de haute montagne, tels que celui du Mont Blanc, a fortement augmenté (Ravanel *et al.*, 2017). Dans le contexte actuel de réchauffement climatique, quelles seront les évolutions de processus et des risques associés ? Pour répondre à ces questions, une quantification de l'érosion à différentes échelles de temps est en cours. Deux approches sont combinées : i) une quantification de long terme basée sur la concentration en isotopes cosmogéniques dans des sédiments issus des parois et amalgamés lors du transport glaciaire (Sarr *et al.*, 2019) et ii) une quantification de court terme de la dynamique des parois basée sur la comparaison diachronique de mesures topographiques par scanner laser terrestre longue portée (Rabatel *et al.*, 2008).

La base de données utilisée est composée de 45 échantillons supraglaciaires répartis sur 10 glaciers du massif du Mont-Blanc, et de 62 modèles 3D haute résolution pour 12 parois scannées entre 2005 et 2018. De nouvelles acquisitions ont été réalisées l'été 2022.

Les résultats préliminaires obtenus montrent une très forte dispersion des taux d'érosion estimés en fonction des méthodes et des parois considérées. Les taux d'érosion long terme (quelques centaines à quelques milliers d'années) obtenus en utilisant le <sup>10</sup>Be varient

entre  $0.07 \pm 0.01$  et  $4.33 \pm 1.2$  mm.an<sup>-1</sup>. Ceux obtenus par analyse diachronique de scans LiDAR sont compris entre  $0.3$  et  $29.8$  mm.an<sup>-1</sup>.

Une première analyse suggère cependant que :

- pour les parois les plus hautes (> 4100 m), en amont des glaciers du Brouillard et du Frêne, les deux méthodes donnent des résultats assez proches avec des taux d'érosion moyens de  $0.4$  mm.an<sup>-1</sup> (scans) et de  $0.35 \pm 0.22$  mm.an<sup>-1</sup> (<sup>10</sup>Be).

- pour les parois à l'amont du bassin versant de la Mer de Glace (3300-4000 m), les résultats des deux méthodes divergent très fortement avec des taux d'érosion moyens de  $7.9$  mm.an<sup>-1</sup> (scans) et de  $1.8 \pm 1.5$  mm.an<sup>-1</sup> (<sup>10</sup>Be).

Ces résultats suggèrent que les deux méthodes fournissent des résultats comparables pour les zones où le permafrost n'est pas ou peu dégradé (Magnin *et al.*, 2017). Par contre, l'écart considérable entre les deux méthodes pour les zones de plus basse altitude pourrait souligner l'influence majeure de la dégradation du permafrost sur les taux d'érosion depuis quelques dizaines d'années.

Ref: Magnin *et al.* 2017. *Modelling rock wall permafrost degradation in the Mont Blanc massif from the LIA to the end of the 21<sup>st</sup> century. The Cryosphere* 11(4):1813-1834; Rabatel, *et al.*, 2008. *Rock falls in high-alpine rock walls quantified by terrestrial LiDAR measurements: A case study in the Mont Blanc area. Geophysical Research Letters*, 35(10) : L10502.; Ravel *et al.*, 2017. *Impacts of the 2003 and 2015 summer heatwaves on permafrost-affected rock-walls in the Mont Blanc massif. Science of the Total Environment* 609, 132-143; Sarr *et al.*, 2019. *Sidewall erosion: Insights from in situ - produced <sup>10</sup>Be concentrations measured on supraglacial clasts (Mont Blanc massif, France); Earth Surface processes and Landform*, DOI: 10.1002/esp.4620

## ADAPTATION DURABLE DES PRATIQUES AUTONOMES ET ENCADREES DES SPORTS DE NATURE ESTIVAUX DE MOYENNE MONTAGNE AU CHANGEMENT CLIMATIQUE

Anne-Sophie CREPEAU

Laboratoire EDYTEM - UMR 5204 (CNRS - Université Savoie Mont Blanc) Pôle Montagne - 73 376 Le Bourget-du-Lac Cedex

[anne-sophie.crepeau@univ-smb.fr](mailto:anne-sophie.crepeau@univ-smb.fr)

Le changement climatique induit de nombreux impacts (IPCC, 2021.) auxquels les territoires de montagne, du fait de leurs caractéristiques spécifiques, sont particulièrement vulnérables (Morin, 2022). Ces impacts sont déjà visibles sur les activités touristiques et récréatives et conduisent au développement de stratégies d'adaptation, notamment autour de la question du ski (Steiger *et al.*, 2019). Des études s'intéressent depuis peu aux conséquences du changement climatique sur la saison estivale et montrent entre autres que l'élévation des températures pourrait engendrer un allongement de la saison estivale, impactant positivement les destinations touristiques orientées sur les activités récréatives de nature (Pröbstl-Haider *et al.*, 2021). Des travaux sur les perceptions des touristes face au changement climatique et leurs modes de substitutions (McCreary *et al.*, 2019), traitent la question de l'adaptation à l'échelle des pratiquants. Le

concept d'adaptation au changement climatique constitue la colonne vertébrale des rapports du GIEC. Les définitions proposent une sémantique de l'adaptation au changement climatique se définissant « au travers d'un croisement d'interprétations » (Simonet 2015). Dans de nombreux travaux, l'adaptation se distingue du processus d'atténuation du changement climatique. Contrairement à l'adaptation qui agit sur les conséquences du changement climatique et s'engage à en réduire ou prévenir les impacts sur les systèmes humains ou naturels, la mitigation en vise les causes (Schipper 2006).

Cette communication présentera des travaux menés dans le cadre d'une thèse qui aborde de manière conjointe les questions d'adaptation et d'atténuation dans une approche systémique à l'adaptation durable. Njoroge (2014) la définit par sa capacité à réduire la vulnérabilité des destinations tout en renforçant leur résilience sans compromettre leur viabilité économique, leur justice sociale et leur intégrité environnementale.

Plus précisément, la recherche s'intéresse à l'adaptation durable des sports de nature estivaux en moyenne montagne dans un contexte de changement climatique dans les Parcs Naturels Régionaux du Massif des Bauges et du Vercors par une approche sociologique des pratiquants autonomes et prestataires d'activité. Elle est basée sur une méthodologie mixte mêlant enquête quantitative, entretiens semi-directifs et observation participante. L'objectif de cette recherche est de comprendre comment ces deux types de pratiquants perçoivent l'environnement dans lequel ils pratiquent, comment le changement climatique influence leur pratique et comment ils s'adaptent. Les dispositions sociales (Lahire, 2012) sont une clé de lecture particulièrement intéressante pour comprendre comment la socialisation passée des individus peut influencer leur manière de penser, d'agir et de ressentir. Dans le cadre de cette recherche, les dispositions sociales des pratiquants sont explorées et étudiées dans l'objectif de comprendre si elles influencent les pratiquants à s'orienter dans une trajectoire d'adaptation durable.

Ref : IPCC ; Lahire, B. (2012). *Monde Pluriel. Le Seuil*. [https://books.google.fr/books?hl=fr&lr=&id=n4o\\_E80FjQ4C&oi=fnd&pg=PT6&dq=monde+Pluriel+lahire+bernard+2012&ots=9uskuqeUYu&sig=PzNg8OHI5yuSKe6gqXM](https://books.google.fr/books?hl=fr&lr=&id=n4o_E80FjQ4C&oi=fnd&pg=PT6&dq=monde+Pluriel+lahire+bernard+2012&ots=9uskuqeUYu&sig=PzNg8OHI5yuSKe6gqXM) ; McCreary, A., Seekamp, E., Larson, L. R., Smith, J. W., & Davenport, M. A. (2019). *Predictors of visitors' climate-related coping behaviors in a nature-based tourism destination. Journal of Outdoor Recreation and Tourism*, 26, 23 - 33. <https://doi.org/10.1016/j.jort.2019.03.005> ; Morin, S. (2022). *Le changement climatique en montagne : Impacts, risques et adaptation. Annales des Mines - Responsabilité et environnement*, 106(2), 37 - 41. <https://doi.org/10.3917/re1.106.0037> ; Njoroge, J. M. (2014). *An enhanced framework for regional tourism sustainable adaptation to climate change. Tourism Management Perspectives*, 12, 23 - 30. <https://doi.org/10.1016/j.tmp.2014.06.002> ; Pröbstl-Haider, U., Hödl, C., Ginner, K., & Borgwardt, F. (2021). *Climate change : Impacts on outdoor activities in the summer and shoulder seasons. Journal of Outdoor Recreation and Tourism*, 34, 100344.

<https://doi.org/10.1016/j.jort.2020.100344> ; Schipper, E. L. F. (2006). *Conceptual History of Adaptation in the UNFCCC Process. Review of European Community & International Environmental Law*, 15(1), 82 - 92. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9388.2006.00501.x> ; Simonet, G. (2015). *Une brève histoire de l'adaptation : L'évolution conceptuelle au fil des rapports du GIEC (1990-2014)*. *Natures Sciences Sociétés*, 23, S52-S64. <https://doi.org/10.1051/nss/2015018> ; Steiger, R., Scott, D., Abegg, B., Pons, M., & Aall, C. (2019). *A critical review of climate change risk for ski tourism. Current Issues in Tourism*, 22(11), 1343 - 1379. <https://doi.org/10.1080/13683500.2017.1410110>

## **BILAN HYDROLOGIQUE D'UN SYSTEME AQUIFERE SUREXPLOITE EN REGION DESERTIQUE : ESTIMATION DE LA RECHARGE ET PALEORECHARGE PAR COUPLAGE D'APPROCHES SATELLITAIRES ET GEOCHIMIQUES**

Pierre DESCHAMPS<sup>1\*</sup>, Pierre SERAPHIN<sup>1</sup>, Imen KHABOUCHE<sup>1</sup>, Julio GONÇALVES<sup>1</sup>, Thomas STIEGLITZ<sup>1</sup>, Jean-Luc MICHELOT<sup>2</sup>, Aurélie NORET<sup>2</sup>, Elisabeth GIBERT<sup>2</sup>, Luc AQUILINA<sup>3</sup>, Thierry LABASQUE<sup>3</sup>, Bruno HAMELIN<sup>1</sup>

1. CEREGE, Aix-Marseille Université-CNRS-IRD-INRAE, Aix-en-Provence ; 2. GEOPS, Université Paris-Saclay - CNRS, Orsay ; 3. Géosciences Rennes, OSUR, Université de Rennes 1 - CNRS.

[deschamps@cerege.fr](mailto:deschamps@cerege.fr)

Partagé entre la Jordanie et l'Arabie saoudite, le système aquifère du Saq-Ram (520 000 km<sup>2</sup>) constitue l'une des principales ressources en eau de la péninsule arabique. Largement exploité depuis les années 80 pour soutenir le développement d'une agriculture irriguée intensive, cet aquifère multicouche, principalement gréseux, est aujourd'hui un des systèmes aquifères les plus surexploités au monde, caractérisé par des cônes de rabattement de plusieurs centaines de kilomètres. Afin d'évaluer la durabilité de cette ressource aquifère, le projet WAO (Past, present and future Water resources in Al-Ula Oasis) combine méthodes satellitaires et géochimiques pour contraindre les différentes composantes du bilan hydrique de l'hydrosystème : prélèvements, recharge -actuelle et passée-, retour d'irrigation...

A l'échelle régionale, les données satellitaires gravimétriques (GRACE) ont permis de contraindre les variations du stock d'eau souterraine pour la période 2002-2019. En s'appuyant sur une estimation des prélèvements des eaux souterraines, de la recharge artificielle (principalement liée aux excédents d'irrigation) et des sorties naturelles du système, le calcul du bilan hydrologique dérivé de GRACE donne une estimation moyenne de la recharge naturelle sur les deux dernières décennies de  $1,6 \pm 1,2 \text{ mm.an}^{-1}$  pour l'ensemble du Saq-Ram, correspondant à  $2,9 \pm 2,2\%$  de la pluviométrie moyenne interannuelle (i.e.  $55 \text{ mm.an}^{-1}$ ). Ce taux de recharge est nettement supérieur à ceux d'aquifères arides sahariens similaires (i.e.  $1,7 \pm 1,2\%$  des pluies), obtenus avec la même approche gravimétrique. Une explication plausible est que les plateaux volcaniques qui couvrent une surface conséquente du système aquifère du Saq-Ram favorisent l'infiltration des eaux pluviales. Ne couvrant que 8 % du domaine du Saq-

Ram, ces massifs basaltiques contribueraient à environ 40 % de la recharge naturelle totale.

Pour conforter/confronter ces résultats obtenus à l'échelle du système Saq-Ram, une étude a été menée plus localement sur une zone de recharge située dans la région d'Al Ula. Un large panel d'outils géochimiques (majeurs, gaz anthropiques (CFCs, SF<sub>6</sub>) et nobles (Ne, Ar)) et isotopiques ( $\delta\text{D}$ ,  $\delta^{18}\text{O}$ ,  $^{14}\text{C}$ ,  $^{36}\text{Cl}$ ,  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ) a été déployé pour déterminer l'origine (naturelle ou artificielle) et l'âge de la recharge de l'aquifère du Saq-Ram et des aquifères alluviaux de la région. Si les traceurs comme les CFCs et SF<sub>6</sub> ou  $^{36}\text{Cl}$  indiquent une recharge active pour les aquifères alluviaux, les traces d'une recharge récente du Saq-Ram dans cette zone restent peu évidentes, d'autant plus que les retours d'irrigation, aisément tracés par l'augmentation de la salinité, sont bien visibles dans les eaux souterraines prélevées au droit des zones agricoles. Les seules traces de recharge récente sont données par la composition isotopique des eaux des sources qui sourdent au contact entre les grès et le plateau basaltique qui surplombe la vallée d'Al Ula. Leur composition est marquée par un mélange entre les précipitations actuelles et les eaux du Saq-Ram dont la signature est significativement appauvrie. Cette signature très distincte des eaux du Saq-Ram indique une recharge lors de périodes caractérisées par un régime de précipitations distinct de l'actuel. La présence de  $^{14}\text{C}$  dans tous les échantillons et la relative constance du rapport ( $^{36}\text{Cl}/\text{Cl}$ ), preuve de l'absence de décroissance significative de ce radionucléide, permettent de restreindre cette recharge très probablement à la période humide africaine holocène.

## **VARIABILITE SPATIO-TEMPORELLE DE CERTAINS PARAMETRES CLIMATIQUES DANS LES ZONES SOUDANIENNE ET SUD-SOUDANIENNE AU NORD-BENIN**

Gildas Louis DJOHY<sup>1\*</sup>, Boni SOUNON BOUKO<sup>1</sup>, O.J. Gautier KPAN<sup>2</sup>, Rodrigue V. Cao DIOGO<sup>3</sup>, P.B. Irénikatché AKPONIKPE<sup>4</sup>, Jacob A. YABI<sup>5</sup>

1. Département de Géographie et Aménagement du Territoire, Faculté des Lettres, Arts et Sciences Humaines, Université de Parakou, Bénin; 2. Département des géosciences, Université Péléforo Gon Coulibaly, Korhogo, Côte d'Ivoire, B.P. 700 Korhogo; 3. Département des Sciences et Techniques de Productions Animales et Halieutiques, Faculté d'Agronomie (FA), Université de Parakou, Bénin; 4. Laboratoire d'Hydraulique et de Modélisation Environnementale (HydroModE-Lab), Faculté d'Agronomie, Université de Parakou, Bénin; 5. Laboratoire d'Analyse et de Recherche sur les Dynamiques Economique et Sociale (LARDES), Faculté d'Agronomie, Université de Parakou, Bénin.

[gildasdjohy@gmail.com](mailto:gildasdjohy@gmail.com)

Les changements et variabilités climatiques sont une réalité dans les zones soudanienne et sud-soudanienne du Bénin. La présente étude se base sur les données météorologiques de Parakou et de Natitingou pour analyser les changements qui ont affecté la pluviométrie et les températures de 1980 à 2019. Les données collectées ont été soumises à l'homogénéisation, au comblement des lacunes, à l'analyse des anomalies centrées réduites et à la détection de rupture de stationnarité. De plus, les modèles climatiques

HadGEM2 et IPSL ont été utilisés pour les projections climatiques sur la période de 2020-2050 dans la zone d'étude. Les résultats obtenus révèlent une instabilité des précipitations dans les zones soudanienne (1167,86 ± 166,19 mm) et sud-soudanienne (1147,85 ± 218,72 mm). L'application sur les pluies annuelles (1980-2019) des tests statistiques de Pettitt et de Buishand affiche des ruptures de stationnarité en 1990 dans la zone soudanienne et en 1987 dans la zone sud-soudanienne. Les zones climatiques d'étude ont connu une hausse des précipitations à la deuxième sous-période par rapport à la première sous-période notamment de 10,54% ( $p < 0,05$ ) dans la zone soudanienne et de 17,36% ( $p < 0,05$ ) dans la zone sud-soudanienne. Cette dynamique climatique est accompagnée d'une évolution de la répartition spatiale des pluies annuelles moyennes sur la période d'étude, faisant ressortir entre 1980 et 2019, 65% d'années normales (-0,99 à 0,99) dans les zones soudanienne et sud-soudanienne. Entre 1980 et 2019, la zone soudanienne a enregistré respectivement 57,5% et 60% d'années normales où les températures maximales ( $33,7 \pm 2,8^\circ\text{C}$ ) et minimales ( $21,1 \pm 1,9^\circ\text{C}$ ) sont proches de la moyenne. Par contre, la zone sud-soudanienne a enregistré au cours de la même période, respectivement 72,5% et 62,5% d'années où les températures maximales ( $33,2 \pm 2,8^\circ\text{C}$ ) et minimales ( $21,7 \pm 1,3^\circ\text{C}$ ) sont proches de la moyenne. Les deux modèles climatiques projettent une augmentation des précipitations et des températures dans les zones d'étude suivant les scénarios RCP 2.6 et RCP 4.5. Les séries pluviométriques annuelles observées (1980-2019) et les séries pluviométriques projetées (2020-2050) ont révélé une absence de tendance ( $p > 0,05$ ). Par contre, les séries thermométriques observées (1980-2019) et les séries thermométriques projetées (2020-2050) ont affiché une tendance à la hausse ( $p < 0,05$ ). La prise en compte de ces résultats dans l'élaboration des politiques d'adaptation aux changements climatiques contribuerait fortement au développement des secteurs économiques vitaux.

#### COUPLING OF GEOCHEMICAL AND GEOPHYSICAL MEASUREMENTS TO CHARACTERIZE IRON AND ORGANIC CARBON CO-MOBILITY UPON PERMAFROST THAW IN AN ARCTIC PEATLAND IN ABISKO, SWEDEN

Eléonore DU BOIS D'AISCHE<sup>1</sup>, Maxime THOMAS<sup>1</sup>, François JONARD<sup>1,2</sup>, Maëlle VILLANI<sup>1</sup>, Catherine HIRST<sup>1</sup>, Reiner GIESLER<sup>3</sup>, Carl-Magnus MÖRTH<sup>4</sup>, Erik LUNDIN<sup>5</sup>, Sophie OPFERGELT<sup>1</sup>

1. *Earth and Life Institute, Université catholique de Louvain, Louvain-la-Neuve, Belgium*; 2. *Department of Geography, ULiège, Liège, Belgium*; 3. *Climate Impacts Research Centre, Department of Ecology and Environmental Science, Umeå University, Umeå, Sweden*; 4. *Department of Geological Sciences, Stockholm University, Stockholm, Sweden*; 5. *Abisko Scientific Research Station, Swedish Polar Research Secretariat, Abisko, Sweden.*

[eleonore.dubois@uclouvain.be](mailto:eleonore.dubois@uclouvain.be)

Permafrost region covers 24% of the Earth's total area and holds 1460-1600 Pg of carbon. A significant portion of this carbon ( $1035 \pm 150$  Pg) can be found in top three meters of the soil. With the degradation of permafrost due to the increase in air temperature in high latitudes

( $0.6^\circ\text{C}$  over the last 30 years), soil organic carbon (OC), which was previously frozen, is becoming more and more vulnerable to mineralization resulting in the reinforcement of the global warming through the release of greenhouse gases. Between 30 and 80% of soil organic carbon in permafrost environments can be stabilized by interactions with mineral surfaces or metals such as iron. These interactions are conditioned by the hydrological regime of the system. Upon permafrost thaw, soils are destabilized and a portion of the surface collapses resulting in local subsidence. This affects the hydrological conditions and hence OC-mineral interactions. The challenge is to identify the early stage of thermokarst landforms, and to quantify the influence of thermokarst development on Fe and OC released in soil pore water upon thawing. We monitored the soil water content (SWC), soil temperature and soil electrical conductivity (EC) together with the chemical composition of the soil pore water along a gradient of thermokarst development and subsequent permafrost degradation at Abisko, Sweden (palsa-bog-fen). More precisely, the measurement and sampling strategies aimed at coupling geophysical parameters (elevation, active layer depth, SWC and soil EC) and physico-chemical parameters (pH and soil pore water EC) at the profile and slope scales while characterizing Fe and dissolved organic carbon (DOC) concentrations in soil pore water at the profile scale. The results highlight that (i) at the profile scale, elevation, active layer depth and SWC are relevant geophysical criteria to discriminate between palsa, bog and fen; (ii) permafrost degradation leads to the mobilization of Fe and DOC in soil pore water; (iii) at the slope scale, landscape areas can be classified as palsa, intermediate or fen based on the three geophysical criteria and this can be used to derive the conditions for the mobility of Fe and DOC. These data support that physical degradation of permafrost and subsequent changes in SWC with thermokarst landform development from palsa to fen likely influences the geochemical conditions for the stability of Fe-OC interactions.

#### ETUDE PRELIMINAIRE SUR L'UTILISATION DU $\Delta 18\text{O}$ COMME PROXY CLIMATIQUE DU BOIS DE CHENE CARBONISE

Diane DU BOISGUEHENEUC<sup>1,3,\*</sup>, Frédéric DELARUE<sup>2</sup>, Valérie DAUX<sup>1</sup>, NGUYEN TU Thanh Thuy<sup>2</sup>, Alexa DUFRAISSE<sup>3</sup>

1 *Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement/IPSL, UMR CEA/CNRS 1572, L'Orme des Merisiers, Bât. 701, CEA Saclay, 91191 Gif/Yvette Cedex, France*; 2 *Sorbonne Université, CNRS, EPHE, PSL, UMR 7619 METIS, 4 place Jussieu, F-75005, Paris Cedex 05, France*; 3 *UMR 7209 – AASPE-CNRS/MNHN, CP56, 55 rue Buffon, 75 005 Paris, France*

[diane.duboisgueheneuc@lscce.ipsl.fr](mailto:diane.duboisgueheneuc@lscce.ipsl.fr)

La destruction de la charpente de la cathédrale « Notre-Dame de Paris », en 2019, laisse à disposition de la communauté scientifique les bois de « la forêt » qui ont poussé pendant l'Anomalie Climatique Médiéval (~ 900-1350 ap. J.-C. ; Graham et al., 2011). Les compositions isotopiques  $\delta^{13}\text{C}$  et  $\delta^{18}\text{O}$  du bois sont classiquement utilisés pour étudier l'évolution des climats passés (température atmosphérique, stress hydrique).



Appliquée à l'échelle du cerne, la détermination de ces rapports isotopiques permet ainsi de reconstruire finement - à l'échelle annuelle - les variations climatiques historiques. Seulement, ces proxies climatiques ne peuvent être directement utilisés dans le cadre du bois carbonisé de Notre Dame sans prendre en compte - en amont - les fractionnements isotopiques liés à la carbonisation. Si nombre de travaux montre un impact de la carbonisation sur les valeurs du  $\delta^{13}\text{C}$  (e.g. Turney et al., 2006), son effet sur les valeurs du  $\delta^{18}\text{O}$  n'est toujours pas documenté.

Dans la perspective de pouvoir peut-être utiliser les bois carbonisés de Notre Dame pour reconstituer les variations de température pendant l'Optimum climatique Médiéval dans le Nord de la France, les objectifs de l'étude présentée ici est donc : (i) d'étudier l'impact de la carbonisation sur les valeurs  $\delta^{18}\text{O}$  d'un bois de chêne (*Quercus* sp.) et (ii) d'identifier les processus de fractionnement potentiellement impliqués. Des échantillons de bois de chêne (*Quercus* sp.) ont été pyrolysés (sous flux de  $\text{N}_2$ ) pendant 1 heure de 200°C et 1000°C. Les valeurs  $\delta^{18}\text{O}$  ont été mesurées à l'aide d'un analyseur élémentaire à conversion thermique couplé à un spectromètre de masse à rapport isotopique (TC/EA-IRMS). En outre, la composition élémentaire et la structure chimique des charbons ont été déterminées par un analyseur élémentaire (OEA) et des méthodes de spectroscopie Raman et Infrarouge.

Le résultat le plus marquant, est la diminution significative du  $\delta^{18}\text{O}$  des charbons avec la température de carbonisation, de 24,66 à 0,1 ‰ entre 200 et 1000°C. Les changements observés se déroulent en 3 phases caractérisées par les méthodes d'analyse chimique et structurale employées : (1) une phase d'augmentation du  $\delta^{18}\text{O}$  jusqu'à +1,6 ‰ par rapport aux valeurs de départ (jusqu'à 300°C) expliquée par la volatilisation et la dégradation préférentielle des composants labiles tels que les lipides, les extractibles et la perte d'eau liée ; (2) une phase de diminution du  $\delta^{18}\text{O}$  jusqu'à -13 ‰ (300°C-600°C) induite par une dégradation des fibres lignocellulosiques liée à la perte nette de la fraction aliphatique de la matière organique (Yang et al., 2007) ; (3) une 2ème phase de diminution du  $\delta^{18}\text{O}$  (600°C-1000°C) avec une perte allant jusqu'à  $\approx$ -30 ‰ par rapport à la valeur initiale attribuable à la réorganisation des liaisons aromatiques, augmentant l'aromaticité et la condensation des produits de pyrolyse. Les grands changements rapportés dans la structure du bois et dans les valeurs du  $\delta^{18}\text{O}$  lors de la carbonisation laissent entrevoir la possibilité de combiner les différentes méthodes analytiques employées pour corriger le  $\delta^{18}\text{O}$  des charbons et le rendre utilisable comme proxy climatique relatif et comme indicateur de la signature isotopique de l'oxygène originel des composés spécifiques structuraux du bois.

### THE IMPACT OF HUMANS ON THE GAOPING WATERSHED IN TAIWAN DURING THE LATE HOLOCENE?

Quentin DUBOIS-DAUPHIN<sup>1\*</sup>, Samuel TOUCANNE<sup>1</sup>, Guillaume SOULET<sup>1</sup>, Sophie HAGE<sup>2</sup>, Vincent RIGALLEAU<sup>1</sup>, Bernard DENNIELOU<sup>1</sup>, Germain BAYON<sup>1</sup>, Andrew T. LIN<sup>3</sup>, Christophe COLIN<sup>4</sup>, Zhifei LIU<sup>5</sup>

1. GEO-OCEAN, UMR 6538 CNRS - Ifremer - UBO – UBS, Centre Bretagne - ZI de la Pointe du Diable - CS 10070 - 29280 Plouzané; 2. GEO-OCEAN, UMR 6538 CNRS - Ifremer - UBO – UBS, IUEM, Université Bretagne Occidentale, 29280 Plouzané; 3. Department of Earth Sciences, National Central University, Taiwan ; 4. Laboratoire GEOsciences Paris-Sud (GEOPS), Univ. Paris-Sud, CNRS, Université Paris-Saclay, Rue du Belvédère, Bât. 504, 91405 Orsay, France ; 5. State Key Laboratory of Marine Geology, Tongji University, Shanghai 200092, China.

[duboisdauphin@ipggp.fr](mailto:duboisdauphin@ipggp.fr)

Soil erosion and resulting sediment transport processes are also strongly impacted by the current climate changes and global warming. Understanding the mechanisms behind such changes is crucial prior to developing strategic plans for the sustainable management of coastal areas and associated biodiversity. During the Holocene there has been a gradual increase in the influence of humans on Earth systems, which simultaneously increased the transport of sediments in rivers worldwide, yet reducing their net export to the oceans due to sediment capture by dams. Over the last decade, an increasing number of studies attempted to determine the relative contributions of climate and anthropogenic disturbances to the observed environmental changes, increasing erosion and weathering dynamics and sedimentary fluxes using high-resolution sedimentary records.

Located in the northern part of the South China Sea, Taiwan island is a crucial area for studying land-sea transfers due to unique its geologic and climatic settings. It is characterized by high elevation regions (> 3000m), steep slopes and small-mountainous-rivers. The island is also under the influence of East Asian monsoon rainfalls and typhoon events during summer. As a result, Taiwan displays the highest continental erosion and weathering rates in the world, with the Gaoping river – located south-west of the island – being one of the most important sources of sedimentary load in the northern South China Sea. The Gaoping River is characterized by a small and mountainous catchment with relatively reduced floodplains, delta and shelf. During the monsoonal season, hyperpycnal currents control the transport of sediments to the submarine canyon. Furthermore, Taiwan is a site of major archeological interest, which served as a springboard for human migrations towards the Pacific. The first occurrence of human population in Taiwan has been estimated to 6 ka BP, while traces of sedentary peoples using agriculture in the Gaoping catchment have been reported as early as 4500 years ago.

In this study, we investigate 30-meters sedimentary core MD18-3566 that has been collected on turbidite levees of the Gaoping submarine canyon, spanning the entire Holocene with extremely high sedimentation rates. Sedimentological (grain size), geochemical ( $\epsilon\text{Nd}$ ,  $\delta^{13}\text{C}$ , major and trace elements) and mineralogical (XRD) analyzes have been performed to assess how continental erosion and weathering have evolved in response to recent climatic and anthropogenic disturbances and reconstruct periodic floods (paleotyphoon), monsoon variability and/or human activities.

Frequent sandy turbidites indicate that the coring site was highly influenced by turbidity currents from the

canyon. The correlation between sediment rates and turbidites occurrences provide evidence that sedimentation rates were controlled by river activity. The intensity of physical denudation and weathering was maximal at 9 ka B.P, then decreased as east Asian monsoon weakened throughout the Holocene. A shift in river dynamics occurred at 5 ka BP with the average sedimentation rate that tripled its values to reach 4.2 mm/year. During the same time, environmental proxies in Taiwan provide evidence that climate was cooler and drier with a decline in evergreen subtropical forests. We propose that the decoupling of river activity from hydroclimate during the late Holocene could reflect the impact of humans on the Gaoping watershed, exceeding natural climate forcing in the sedimentological record thousands of years before the start of the Anthropocene.

### THE SPATIAL DISTRIBUTION OF NEODYMIUM ISOTOPIC COMPOSITION WITHIN THE ROCKALL TROUGH

Quentin DUBOIS-DAUPHIN<sup>1,2\*</sup>, Christophe COLIN<sup>2</sup>, Mary ELLIOT<sup>3</sup>, Frederic HAURINE<sup>2</sup>, Rosella PINNA<sup>2</sup>, Norbert FRANK<sup>1</sup>

1. *Universität Heidelberg, Im Neuenheimer Feld 229, 69120 Heidelberg, Germany;* 2. *Laboratoire GEOsciences Paris-Sud (GEOPS), Univ. Paris-Sud, CNRS, Université Paris-Saclay, Rue du Belvédère, Bât. 504, 91405 Orsay, France;* 3. *LPG Nantes, Université de Nantes, Nantes, France.*

[duboisdauphin@ipgp.fr](mailto:duboisdauphin@ipgp.fr)

Within the Rockall Trough, water masses of the Subpolar Gyre (SPG), Subtropical Gyre (STG) and the European margin boundary current (Shelf Edge Current; SEC) mix along the northward trajectory to form the precursor water masses of AMOC. Although it is an area of major interest to monitor AMOC and it has been investigated by several paleoceanographic studies using  $\epsilon\text{Nd}$  on carbonates, only one seawater  $\epsilon\text{Nd}$  profile has been published in the Rockall Trough so far. This study has shown that the western side of the Rockall Trough is highly influenced by SPG water with  $\epsilon\text{Nd}$  values between -13 and -14. Nevertheless,  $\epsilon\text{Nd}$  seawater profiles sampled along the European margin have displayed more radiogenic values (between -10 and -13) while  $\epsilon\text{Nd}$  value for northern-sourced water flowing southward into the Rockall Trough is not known. This implies a more complex distribution of  $\epsilon\text{Nd}$  in the Rockall Trough from surface to bottom.

Here, the dissolved Nd isotopic composition and REE concentration of 68 seawater samples collected from 7 stations have been investigated in order to determine the  $\epsilon\text{Nd}$  distribution in the Rockall Trough, which is a key area for understanding the hydrology of the Atlantic gyres. REE concentrations have not highlighted any influence of external Nd sources which means that  $\epsilon\text{Nd}$  values represent only the mixing of water masses. Results show that a west-east gradient exists in the first 500 m of the southern Rockall Trough (from  $-14.6 \pm 0.4$ ,  $n=5$  to  $-13.4 \pm 1.1$ ,  $n=5$ ) where water from subpolar and subtropical origin mix. Further north, this gradient becomes blurred as the sub-surface water on the western European continental slope undergoes a strong mixing. However, water flowing onto the continental shelf are a source of radiogenic  $\epsilon\text{Nd}$  acquired in the inner Seas of northern UK. Below 500 m, the  $\epsilon\text{Nd}$  signature carried

by the SEC (between  $-14 \pm 0.4$  and  $-13.5 \pm 0.4$ ) along the European continental margin is conserved at least to  $56^\circ\text{N}$ . The Mediterranean Sea Water (MSW) does not induce any significant change in  $\epsilon\text{Nd}$  as the core of the water body that reaches the southern entrance of the Trough is strongly diluted.

In the central and western Rockall Trough, the southward-flowing Wyville Thompson Overflow Water (WTOW) occupy roughly the 900-1200 m depth interval and has been characterized by  $\epsilon\text{Nd}$  for the first time. Results highlight that intermediate WTOW experiences a strong mixing with Atlantic water before spreading into the Rockall Trough ( $\epsilon\text{Nd}$  from  $-14.1 \pm 0.3$  to  $-13.5 \pm 0.3$ ). A deeper WTOW component has been identified around 1800 m water depth on the western flank ( $\epsilon\text{Nd} = -14.1 \pm 0.3$ ), which is the result of the mixing with Labrador Sea Water (LSW).

In the western Rockall Trough, a comparison with a previously published station has exhibited temporal variations in water masses properties and  $\epsilon\text{Nd}$  values for the first 800 m. In 2016, the upper layer of the western Trough was influenced by fresher and cooler water compared to 2012, resulting in a variation of up to  $\sim 1$   $\epsilon$ -unit. This highlights an interannual change in the relative contribution of both SPG and STG to the composition of water flowing in the Rockall Trough to the Nordic Seas.

### RIVIERES ATMOSPHERIQUES PENDANT LE MOIS DE FEVRIER 2022 EN PENINSULE ANTARCTIQUE : CIRCULATION A GRANDE ECHELLE, SOURCES D'HUMIDITE ET PRECIPITATIONS

Niels DUTRIEVOZ<sup>1,2,4\*</sup>, Irina GORODETSKAYA<sup>1</sup>, Claudio DURÁN-ALARCÓN<sup>1</sup>, Christophe LEROY-DOS SANTOS<sup>1</sup>, Anastasiia CHYHAREVA<sup>3</sup>, Svitlana KRAKOVSKA<sup>3</sup>, Cecile AGOSTA<sup>4</sup>, Elise FOURRE<sup>4</sup>, Amaelle LANDAIS<sup>4</sup>, Jonathan WILLE<sup>5</sup>, Vincent FAVIER<sup>5</sup>, Thomas DETHINNE<sup>6</sup>, Christoph KITTEL<sup>6</sup>

1. *Centre for Environmental and Marine Studies, Department of Physics, University of Aveiro, Portugal;* 2. *Ecole Normale Supérieure Paris-Saclay, Université Paris-Saclay, 91290 Gif-sur-Yvette, France;* 3. *Ukrainian Hydrometeorological Institute and National Antarctic Scientific Center of Ukraine;* 4. *Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement, LSCE-IPSL, CEA-CNRS-UVSQ, Université Paris-Saclay, Gif-sur-Yvette, France;* 5. *Institut des Géosciences de l'Environnement, CNRS/UGA, Saint Martin d'Hères, France ;* 6. *Department of Geography, UR SPHERES, University of Liège, Liège, Belgium.*

[niels.dutrievoz@lsce.ipsl.fr](mailto:niels.dutrievoz@lsce.ipsl.fr)

Les rivières atmosphériques sont de fortes intrusions d'humidité et de chaleur qui jouent un rôle fondamental dans le bilan de masse et d'énergie de la surface de l'Antarctique. Elles sont responsables d'au moins 10% des chutes de neige totales cumulées en Antarctique de l'est, et d'une majorité des événements extrêmes de précipitation. Bien que 90 % du transfert d'humidité des latitudes moyennes vers les pôles soit causé par les rivières atmosphériques, les caractéristiques et les impacts de ces événements extrêmes sont encore mal compris en Antarctique. Notre étude se concentre sur les rivières atmosphériques affectant la Péninsule Antarctique les 7-8 et 21-22 février 2022 (RA1 et RA2 respectivement).

Les objectifs de cette étude sont de comprendre comment ces rivières atmosphériques sont intégrées dans la circulation atmosphérique à grande échelle, et d'améliorer notre compréhension de la contribution des rivières atmosphériques au transport de l'humidité et de leur représentation dans les modèles. L'étude est basée sur l'ensemble des données collectées lors de la campagne de terrain en Péninsule Antarctique (stations Vernadsky et Escudero) en janvier-mars 2022, comprenant des observations radiosondes/météo, et des mesures isotopiques des précipitations, combinées avec la réanalyse ERA5.

Alors que RA1 est caractérisée par un intense transport méridional d'humidité et un record de température (jusqu'à 12,7°C en surface), AR2 est caractérisée par un transport zonal d'humidité, un vent élevé et de très fortes précipitations. Les anomalies de hauteur géopotentielle à 500 hPa montrent une phase positive du mode annulaire austral. Le mois de février présente également une forte anomalie positive de transport intégré de vapeur dans le centre-sud du Pacifique, correspondant aux anomalies de température de surface de la mer et d'évaporation. L'analyse des rétro-trajectoires combinée aux changements des paramètres thermodynamiques de ERA5 le long des trajectoires de RA1 a montré que le Pacifique oriental subtropical a joué un rôle important dans l'apport d'humidité sur le site de Vernadsky. En revanche, lors de RA2, la source d'humidité était plus confinée au sud-est du Pacifique et aux latitudes moyennes. L'analyse de la signature isotopique des échantillons de neige de surface à Vernadsky révèle qu'il n'y a pas de signature  $\delta^{18}O$  spécifique aux rivières atmosphériques par rapport aux autres événements de précipitation. Cependant, l'analyse des échantillons de précipitations à Vernadsky montre que les rivières atmosphériques présentent un d-excess plus fort que les autres événements de précipitation, ce qui indique un fractionnement cinétique important.

Afin d'évaluer la variabilité naturelle des rivières atmosphériques, il est nécessaire d'élaborer un catalogue de ces événements sur une longue période de temps. Pour retrouver l'empreinte des rivières atmosphériques dans des archives glaciaires, il est essentiel de comprendre si ces événements présentent une signature isotopique particulière.

#### **TYPOLOGIE DES AJUSTEMENTS MORPHOLOGIQUES DE VERSANTS DANS LE BASSIN DU GLACIER AUSTRE LOVENBREEN (SVALBARD)**

Léo DUVERNET<sup>1\*</sup>, Florian TOLLE<sup>1</sup>, Eric BERNARD<sup>1</sup>, Jean-Michel FRIEDT<sup>2</sup>, Alexander PROKOP<sup>3</sup>, Erik KUSCHEL<sup>4</sup>, Madeleine GRISELIN<sup>1</sup>

1. Université de Franche-Comté, ThéMA, CNRS, Besançon, France; 2. Université de Franche-Comté, FEMTO-ST CNRS, Besançon, France; 3. University of Vienna, Vienna, Austria; 4. University of Natural Resources and Life Sciences, Institute of Applied Geology, Vienna, Austria.

[leo.duvernet@univ-fcomte.fr](mailto:leo.duvernet@univ-fcomte.fr)

Cette étude porte sur le bassin-versant glaciaire de l'Austre Lovénbreen qui se situe en baie du roi, au Spitsberg (79°N, 12°E ; 10,58 km<sup>2</sup>). L'objectif est de caractériser les réponses périglaciaires de ce bassin

face aux changements climatiques actuels, et plus particulièrement les dynamiques de versants.

En effet avec l'amplification Arctique, particulièrement intense au Spitsberg, les versants subissent de nombreux ajustements morphologiques. En raison de leurs différences quant à l'orientation, la géologie, et l'altitude notamment, ces versants réagissent de manières bien distinctes.

Après avoir réalisé une typologie des versants en fonction de ces différentes caractéristiques, nous nous sommes attachés à les caractériser en fonction de l'intensité de leur processus d'ajustement à la phase de déglaciation actuelle et du stade auquel ils se trouvent actuellement. Pour cela les principaux processus géomorphologiques ont été identifiés et qualifiés en fonction de leur récurrence, de leur intensité ainsi que de leur emprise spatiale et de leurs conditions synoptiques de déclenchement.

Il apparaît que certains versants sont particulièrement actifs et que de nouvelles formes de dépôts de pied de parois se sont mises en place au cours de la dernière décennie. Après avoir identifié les processus ayant mené à l'édification de ces formes de dépôts à partir de données LiDAR et d'un réseau d'appareils photos automatiques, des mesures complémentaires (GPR, relevés granulométriques) ont permis de caractériser la nature des formes observées. Ainsi on note une distinction entre des versants aux processus d'ajustement intenses se traduisant par des événements fortement morphogènes tels que des glissements de terrain, des cônes de déjections où des lobes observés au cours de la dernière décennie; et d'autres aux processus d'ajustement moins intenses où la dynamique morphologique des formes incidentes semble toujours majoritairement dictée par les processus avalancheux et la météorisation. Ces derniers versants présentent majoritairement des tabliers d'éboulis et des cônes de déjection. Ils semblent donc être à un stade antérieur de la reconfiguration morphologique observée dans les versants les plus dynamiques.

#### **LE REFROIDISSEMENT DES OCEANS A DECLENCHE LA BIODIVERSIFICATION DE L'ORDOVICIEN**

Daniel ELIAHOU ONTIVEROS<sup>\*</sup>, Gregory BEAUGRAND<sup>1</sup>, Bertrand LEFEBVRE<sup>2</sup>, Chloe Markussen MARCILLY<sup>3</sup>, Thomas SERVAIS<sup>4</sup>, Alexandre POHL<sup>5</sup>

1. Univ. Littoral Côte d'Opale, CNRS, Univ. Lille, UMR 8187 LOG, F-62930 Wimereux, France; 2. Univ Lyon, Univ Lyon 1, ENSL, CNRS, LGL-TPE, F-69622, Villeurbanne, France; 3. Centre for Earth Evolution and Dynamics, University of Oslo, 0315 Oslo, Norway; 4. Univ. Lille, CNRS, UMR 8198-Evo-Eco-Paleo, F-59000 Lille, France; 5. Biogéosciences, UMR 6282, CNRS, Univ. Bourgogne Franche-Comté, F-21000 Dijon, France.

[danyeo@hotmail.fr](mailto:danyeo@hotmail.fr)

Le Grand Evènement de Biodiversification de l'Ordovicien (GOBE, environ 460 millions d'années avant l'actuel (Ma)), représente la plus grande augmentation de la biodiversité océanique du Phanérozoïque. La concomitance de la biodiversification avec un refroidissement global majeur, documenté par les

proxies de température, suggère que la chute des températures pourrait être la cause du GOBE. Cette hypothèse n'est cependant fondée que sur des corrélations temporelles, et d'autres mécanismes sont également envisagés. Nous proposons ici un couplage entre un modèle de circulation générale et un modèle macro-écologique, pour reconstruire les motifs de biodiversité entre 490Ma et 430Ma. Nos résultats montrent qu'un Gradient Latitudinal de Biodiversité (GLB) moderne, caractérisé par une augmentation de la biodiversité des pôles à l'équateur, s'est mis en place lors du GOBE. Un GLB inverse caractérise la fin du Cambrien et le début de l'Ordovicien, lorsque le climat était bien plus chaud qu'aujourd'hui. Les motifs macro-écologiques contemporains se mettraient donc en place au cours de l'Ordovicien. De manière globale, la biodiversité simulée augmente, en réponse au refroidissement de l'Ordovicien. Cette augmentation est une conséquence des limites écophysologiques propres à la vie marine. Elle est robuste vis-à-vis des incertitudes liées aux températures reconstituées par proxy et à la physiologie des organismes. La comparaison modèle/données suggère que la plus grande augmentation de la biodiversité marine, le GOBE, serait donc principalement due à un refroidissement global du climat.

#### **EFFECT OF THE MESSINIAN SALINITY CRISIS ON GROUNDWATER IN NORTHEASTERN MOROCCO**

Malak ELMEKNASSI<sup>1,2\*</sup>, Lhoussaine BOUCHAOU<sup>3</sup>, Abdennabi EL MANDOUR<sup>4,5</sup>, Mohammed ELGETTAFI<sup>6</sup>, Mahjoub HIMI<sup>7</sup>, Albert CASAS<sup>7</sup>

1. *Geology & Sustainable Mining Institute (GSMI), Mohammed VI Polytechnic University (UM6P), Lot 660, Hay Moulay Rachid, Ben Guerir 43150, Morocco*; 2. *Center for Remote Sensing Applications (CRSA), Mohammed VI Polytechnic University (UM6P), Lot 660, Hay Moulay Rachid, Ben Guerir 43150, Morocco*; 3. *Applied Geology and Geo-Environment Laboratory, Faculty of Sciences, Ibn Zohr University, Agadir 80000, Morocco*; 4. *GeoSciences Semlalia Laboratory, Faculty of Sciences Semlalia, Cadi Ayyad University, Marrakesh 40000, Morocco*; 5. *Mohamed VI Museum for the Civilization of Water in Morocco, Ministry of Habous and Islamic Affairs, Marrakesh 40000, Morocco*; 6. *Mohamed VI First University Multidisciplinary Faculty of Nador, LCM2E Lab Géo-Environnement et Santé, BP 300 Selouane 62702, Morocco*; 7. *Earth Sciences Faculty, University of Barcelona, Martí i Franquès, s/n, 08028 Barcelona, Spain.*

[malak.elmeknassi@um6p.ma](mailto:malak.elmeknassi@um6p.ma)

Groundwater salinity in arid and semi-arid areas is critical due to complex geochemical processes and sources. The objectives in this study were to understand the evolution of groundwater chemistry in the Graeb and Bou-Areg aquifers based on chemical and isotopic indicators. The study showed that the salinity of the waters is significantly high and that the mineralization of groundwater in the region is controlled by carbonate dissolution, evaporite dissolution, ion exchange and wastewater invasion. The present study can serve as a warning to the global changes and processes affecting groundwater quality towards sustainable management of arid and semi-arid areas.

#### **HUMAN-ENVIRONMENT DYNAMICS THROUGH THE HOLOCENE IN THE MOURNE REGION, NORTHERN IRELAND**

Helen ESSELL<sup>1\*</sup>, Gill PLUNKETT<sup>1</sup>

1. *Archaeology & Palaeoecology, School of Natural and Built Environment, Queen's University Belfast, Belfast BT7 1NN, United Kingdom.*

[hessell01@qub.ac.uk](mailto:hessell01@qub.ac.uk)

Uplands are widely perceived as marginal within the landscape. This is not solely due to their geographical isolation; upland environments are highly susceptible to the negative effects associated with periods of climatic deterioration, leading upland populations to be regarded as especially vulnerable to environmental change. Emerging studies, however, demonstrate 'marginal' upland communities survived climatic downturns of the past, questioning such environmentally deterministic views of upland population susceptibility. Here, we assess notions of upland marginality in the context of the Mourne Mountains, Northern Ireland. A rich archaeological record attests to human presence the Mourne uplands through the Holocene, though little is understood about the timing and nature of this occupation, critically raising questions of how populations fared under climatic stresses. Through palynological analysis of blanket peat deposits from across the region, this study seeks to disentangle the environmental and human past of the Mournes during the Holocene, with a view to understanding human-environment interactions. Deep peat sequences will be analysed to establish the long-term vegetational and climatic history of the region. Palaeoenvironmental records collected from the vicinity of archaeological and historical sites in the Mourne uplands and adjacent lowlands will be used to identify the environmental footprint of past occupation and land-use and enable the nature and periodicity of human activity to be contextualised against the long-term evolution of the Mournes landscape. This study seeks to understand the response of upland communities to climatic and environmental pressures, inferring thresholds of resilience and informing adaptation strategies for present and future populations who face climatic pressures similar to those of societies in the past.

#### **COMMENT PRENDRE EN COMPTE LA CIRCULATION ATMOSPHERIQUE DANS L'ATTRIBUTION DES EVENEMENTS METEOROLOGIQUES EXTREMES ?**

Davide FARANDA<sup>1,2,3\*</sup>, Stella BOURDIN<sup>1</sup>, Mireia GINESTA<sup>1</sup>, Meriem KROUMA<sup>1</sup>, Gabriele MESSORI<sup>4,5</sup>, Robin NOYELLE<sup>1</sup>, Flavio PONS<sup>1</sup>, and Pascal YIOU<sup>1</sup>

1. *Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement, UMR 8212 CEA-CNRS-UVSQ, Université Paris-Saclay, IPSL, 91191 Gif-sur-Yvette, France*; 2. *London Mathematical Laboratory, 8 Margravine Gardens London, W6 8RH, UK*; 3. *LMD/IPSL, Ecole Normale Supérieure, PSL research University, Paris, France*; 4. *Department of Earth Sciences and Centre of Natural Hazards and Disaster Science (CNDS), Uppsala University, Uppsala, Sweden*; 5. *Department of Meteorology and Bolin Centre for Climate Research, Stockholm University, Stockholm, Sweden.*

[davide.faranda@cea.fr](mailto:davide.faranda@cea.fr)

Le rapport AR6 du GIEC indique un consensus général sur le fait que le changement climatique anthropique modifie la fréquence et l'intensité d'une catégorie d'événements extrêmes tels que les vagues de froid, les canicules, les tempêtes ou les inondations. Un autre point de vue est d'étudier si un événement extrême spécifique aurait été possible en l'absence de changement climatique, ou si le changement climatique a pu affecter ses caractéristiques spécifiques. Nous abordons ici cette question en procédant à l'attribution de certains événements extrêmes. Nous utilisons une méthodologie basée sur des analogues dont le but est de trouver les champs de pression au niveau de la mer les plus similaires aux événements cibles dans le monde factuel et contrefactuel et de calculer les changements significatifs dans la probabilité, la persistance, la prévisibilité et la saisonnalité des analogues. Nous diagnostiquons également si, dans le climat actuel, les analogues des événements étudiés conduisent à des conditions plus chaudes/froides ou plus sèches/humides que dans le passé. Nous constatons que la plupart des événements sont significativement modifiés dans le climat actuel par rapport au passé, en raison de changements dans la position, la persistance et la saisonnalité des modèles cycloniques/anticycloniques. Notre approche, complémentaire aux méthodes statistiques déjà disponibles dans la communauté, avertit que le rôle de la circulation atmosphérique devrait être pris en compte lors des études d'attribution.

#### **L'IMAGERIE SATELLITAIRE ET L'ANALYSE DE LA VARIABILITE SPATIO-TEMPORELLE DE LA NEIGE DANS LA FORET DE BEKRIT : ETUDE ELABOREE A LA LUMIERE DU NOUVEAU CLIMAT MAROCAIN**

Hind FATTAH\*

Laboratoire d'études et de recherches « Sociétés, Territoires, Histoire et Patrimoine (STHP) », Dpt. Géographie, FLSH Rabat, Université Mohammed V Maroc.

[Fattah.hind@gmail.com](mailto:Fattah.hind@gmail.com)

La neige a beaucoup diminué dans les montagnes Marocaines pendant les années 1980 – 1990, notamment avec l'installation de la grande sécheresse, mais, depuis l'année 2006, les climatologues ont remarqué le retour subite et imprévisible de la neige et ce, dans le cadre d'un nouveau climat. Il est clair que ce sujet est marqué par une sorte d'ambiguïté, ce qui nous a poussé à poser plusieurs questions problématiques : les sécheresses sont-elles dépassées au Maroc ? ou bien c'est juste l'évolution du réchauffement climatique planétaire qui a donné naissance à un climat plus neigeux que d'habitude. Et si c'était le cas, quels effets pourraient avoir ces changements sur la biomasse forestière dans le territoire étudié ? Le présent travail a pour objectif, d'analyser et cartographier la variabilité spatio-temporelle de la neige dans la forêt de Bekrit à partir de données spatiales, tout en cherchant les liens entre cette variabilité et l'évolution de la biomasse forestière. Cette étude fait partie des travaux avancés élaborés dans le cadre de la télédétection spatiale basés notamment sur le calcul de deux sortes d'indices (NDSI & NDVI)) pour une période de 33 ans allant de 1985 à 2017.

#### **GRADIENT CLIMATIQUE LATITUDINAL ET EXTENSION DES MANGROVES LORS DE TROIS MAXIMA THERMIQUES (56 MA, 51-49 MA, 17-15 MA). COMPARAISON DONNEES/MODELES**

Séverine FAUQUETTE<sup>1\*</sup>, Jean-Pierre SUC<sup>2</sup>, Speranta-Maria POPESCU<sup>3</sup>, Gonzalo JIMENEZ-MORENO<sup>4</sup>, Mostefa BESSEDIK<sup>5</sup>, Cécile ROBIN<sup>6</sup>

1. Institut des Sciences de l'Evolution de Montpellier, Université de Montpellier, France; 2. Institut des Sciences de la Terre de Paris, Sorbonne Université, France; 3. Geobiostratdata.consulting, Rillieux la Pape, France; 4. Departamento de Estratigrafia y Paleontologia, Universidad de Granada, Espagne; 5. Laboratoire de Paléontologie Stratigraphique et Paléoenvironnement, Université d'Oran 2, Algérie; 6. Géosciences Rennes, Université de Rennes, France.

[Severine.fauquette@umontpellier.fr](mailto:Severine.fauquette@umontpellier.fr)

La distribution des mangroves actuelles et passées est importante car elle documente les paléoclimats. Essentiellement intertropicales, les mangroves comptent des végétaux, notamment des palétuviers, appartenant en particulier aux genres *Rhizophora*, *Bruguiera*, *Ceriops* et *Kandelia* (Rhizophoraceae), *Sonneratia* (Lythraceae), *Avicennia* et *Acanthus* (Acanthaceae), *Aegialitis* (Plumbaginaceae), *Scyphiphora* (Rubiaceae), *Excoecaria* (Euphorbiaceae), *Brownlowia* (Malvaceae), *Pelliciera* (Tetrameristaceae), *Xylocarpus* (Meliaceae), *Nypa* et *Phoenix* (Arecaceae) (Tomlinson, 1986). Leurs grains de pollen étant identifiables au microscope (bien que plus difficilement chez les Rhizophoraceae), la palynologie est donc indispensable pour retracer l'histoire des mangroves (Plaziat et al., 2001). Actuellement, *Avicennia* atteint en Atlantique Nord-Ouest et au Pacifique Sud-Ouest des latitudes supérieures aux autres palétuviers, comme *Rhizophora*, avec un écart allant jusqu'à 8° (Plaziat, 1995; Quisthoudt et al., 2012), en raison de courants marins chauds et (ou) de la tolérance d'*Avicennia* à des températures plus basses de l'air et de l'eau. A l'Optimum climatique du Miocène moyen (MMCO : 17-16 Ma), *Avicennia* peuplait les rivages méditerranéens (Bessedik, 1981; Jiménez-Moreno & Suc, 2007) avec une extension maximale de 47 à 49°N (Nagy & Kóky, 1991; Jiménez-Moreno et al., 2008). Les données disponibles sur les façades atlantiques sont très rares mais on peut estimer un écart latitudinal d'environ 19° entre l'expansion septentrionale d'*Avicennia* et les mangroves diversifiées (Graham, 1995). A la limite Paléocène-Eocène (PETM : 56 Ma) et à l'Eocène inférieur (EECO : 51-49 Ma), *Avicennia* atteignait le cercle arctique (Suan et al., 2017; Salpin et al., 2019) voire le pôle (Suc et al., 2020). Un transect atlantique suggère que l'écart latitudinal avec les mangroves diversifiées était alors supérieur à 21°.

Une quantification du climat à partir des données polliniques des sites répartis le long d'un gradient latitudinal pour ces trois périodes de maximum thermique (PETM, EECO et MMCO) permet de faire des comparaisons directes avec les résultats de modélisations climatiques et d'essayer de comprendre pourquoi les modèles ne parviennent pas à simuler un gradient thermique latitudinal aussi faible que celui observé à partir des données, en particulier pour l'Eocène inférieur.

Réf : Bessedik M., 1981. *C.R. Acad. Sci. Paris sér. II* 293, 469-472; Graham A., 1995. *Biotropica* 27, 20-27.

Jiménez-Moreno G., Suc J.-P., 2007. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 253, 224-241; Jiménez-Moreno G. et al., 2008. *Journ. Biogeogr.* 35, 1638-1649; Nagy E., Kókay J., 1991. *Acta geol. Hungarica* 34, 1-2, 45-52; Plaziat J.-C., 1995. *Geol. Soc. Spec. Publ.* 83, 73-96; Plaziat J.-C. et al., 2001. *Wetlands Ecol. Manag.* 9, 161-179; Quisthoudt K. et al., 2012. *Trees* 26, 1919-1931; Salpin M. et al., 2019. *Geol. Soc. Amer. Spec. Paper* 541-27, 637-664; Swan G. et al., 2017. *Geology* 45, 539-542; Suc J.-P. et al., 2020. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 551, 109755; Tomlinson P.B., 1986. *The botany of mangroves*. Cambridge Univ. Press

### **RECHERCHE DE CORRELATIONS ENTRE DES SIGNAUX TRES HAUTE RESOLUTION AVEC INCERTITUDES TEMPORELLES POUR CARACTERISER L'INFLUENCE DES EPISODES SECS HOLOCENE SUR LA DYNAMIQUE SEDIMENTAIRE DE LACS A MADAGASCAR**

Charly FAVIER<sup>1\*</sup>, Vincent MONTADE<sup>1</sup>, Thomas KASPER<sup>2</sup>, Gerhard DAUT<sup>2</sup>, Laurent BREMOND<sup>1</sup>, Hermann BEHLING<sup>3</sup>

1. ISEM, Univ Montpellier, CNRS, EPHE, IRD, Place Eugène Bataillon, 34095 Montpellier, France; 2. Physical Geography, Institute of Geography, Friedrich Schiller Univ Jena, Löbdergraben 32, 07743 Jena, Germany; 3. Department of Palynology and Climate Dynamics, Albrecht-von-Haller-Institute for Plant Sciences, Univ of Goettingen, Untere Karspüle 2, 37073 Göttingen, Germany.

[charly.favier@umontpellier.fr](mailto:charly.favier@umontpellier.fr)

L'analyse isotopique à haute résolution d'un spéléothème de l'île Rodrigues[1], dont la variabilité hydro-climatique est représentative de celle du sud-Ouest de l'Océan Indien, montre que l'Holocène y est ponctué d'une succession d'épisodes secs d'une durée de quelques décennies à quelques siècles. A partir d'analyses XRF à très haute résolution de deux séquences de sédiments lacustres du Nord de Madagascar, nous cherchons à caractériser l'influence de ces épisodes secs sur l'environnement des deux lacs de cratère. Ces sédiments sont pronominalement organiques avec des périodes plus minérales, caractérisées par une augmentation, notamment de la concentration en Ti et Fe, et des événements très courts d'apport minérogénique important, que nous interprétons comme un signal d'érosion intense et ponctuelle. Sur chaque série temporelle, une analyse par ondelettes permet de délimiter les épisodes secs (spéléothème) et les périodes d'apport minérogénique (sédiments lacustres). Il semble apparaître une cohérence temporelle entre ces épisodes, pouvant indiquer une baisse du niveau du lac lors des périodes sèches résultant en un apport accru provenant de l'espace mis à nu par la baisse des eaux. Malgré tout, l'établissement d'un test de cohérence robuste est compliqué par l'incertitude des trois modèles d'âges indépendants.

Réf: [1] Li, H. et al. *A multimillennial climatic context for the megafaunal extinctions in Madagascar and Mascarene Islands*. *Science Advances* 6, eabb2459 (2020).

### **CHARACTERIZING GROUNDWATER RECHARGE DYNAMICS THROUGH AQUITARDS IN THE AQUITAINE BASIN USING 14C AGE TRACER DATA AND A REACTIVE TRANSPORT MODELING APPROACH**

Nicole FERNANDEZ<sup>1</sup>, Alexandre PRYET<sup>2,\*</sup>, Marc SALTEL<sup>3</sup>, Olivier ATTEIA<sup>2</sup>

1. Cornell University, Earth and Atmospheric Sciences, Ithaca, United States of America; 2. UMR 5805 EPOC, Bordeaux INP & Univ. Bordeaux, Bordeaux INP, Talence, France; 3. BRGM, Direction Régionale Nouvelle Aquitaine, Parc Technologique Europarc, 24 Avenue Léonard de Vinci, 33600 Pessac, France.

[alexandre.pryet@bordeaux-inp.fr](mailto:alexandre.pryet@bordeaux-inp.fr)

Large sedimentary basins represent major groundwater resources vital in sustaining terrestrial ecosystems and the various socio-economic activities essential to modern day society (drinking water supply, health, agriculture, energy, and industry). To address the ongoing and future impacts of climate change and anthropogenic activities on groundwater sustainability a better understanding of groundwater storage and flow dynamics in these multi-aquifer systems is crucial. Environmental tracers in this respect serve as an effective tool, providing valuable insight into rates and sources of groundwater recharge and subsurface heterogeneity. In this study we investigated the well-studied Aquitaine Basin located in Southwest France, the 2<sup>nd</sup> largest sedimentary basin in the country, with an extensive repository of hydrologic and geochemical data spanning several decades. A 2D numerical flow model was developed to simulate reactive transport of radiogenic, <sup>14</sup>C. An inverse modeling approach using available <sup>14</sup>C activity data is implemented to constrain modern and historic recharge sources and aquifer response times. Preliminary findings from spatial variations in <sup>14</sup>C concentrations and groundwater ages point to the role of aquitards as important sources of recharge to the deep, confined aquifers largely developed for the drinking water supply.

### **CHANGEMENTS CLIMATIQUES ET EXPLOITATION DES TERRES EN IRLANDE A L'AGE DU BRONZE**

Sarah FERRANDIN<sup>1\*</sup>, Gill PLUNKETT<sup>1</sup>, Kate BRITTON<sup>2</sup>, Neil OGLE<sup>1</sup>

1. School of Natural and Built Environment, Queen's University, Belfast, UK; 2. Department of Archaeology, School of Geosciences, University of Aberdeen, Aberdeen, UK.

[sferrandin01@qub.ac.uk](mailto:sferrandin01@qub.ac.uk)

L'âge du bronze en Irlande (2500-800 av. J.-C.) est perçu par les archéologues comme une période de changement social qui a impacté divers aspects de la vie chez l'Homme. En particulier, les méthodes d'exploitation des terres et le climat ont sensiblement changé à cette époque. Les raisons de ces changements sont encore à élucider.

Guiry et al. (2018) ont analysé 757 échantillons d'ossements animaux provenant de plusieurs zones en Irlande et datant de l'Holocène, dont 81 herbivores datant de l'âge du bronze. L'analyse isotopique de l'azote du collagène extrait de ces échantillons a révélé une augmentation de presque 2‰ entre 1750 et 800 av. J.C. Cette augmentation a été attribuée à une

intensification de l'agriculture, ainsi qu'à la déforestation ayant eu lieu à grande échelle.

Les études palynologiques et archéologiques soutiennent l'hypothèse d'une intensification des activités agricoles vers 1000 av. J.C. Toutefois, il existe des exceptions géographiques, et la phase de reforestation n'est pas reflétée par les valeurs de  $\delta^{15}\text{N}$  des échantillons.

Les disparités observées entre les études palynologiques et isotopiques peuvent être expliquées par les limitations associées à chaque méthode, mais aussi par d'éventuels changements climatiques : ainsi, des températures plus élevées et des conditions plus arides provoqueraient une accumulation préférentielle de l'azote 15 dans les ossements. Dans la mesure où une série de canicules a eu lieu vers 900 av. J.C, ceci pourrait expliquer les résultats obtenus par Guiry et al. (2018).

Ce projet a pour but l'utilisation d'une méthodologie multi-proxy faisant usage d'analyses palynologiques, d'amibes à thèque, et isotopiques ( $\delta^{15}\text{N}$  et  $\delta^{13}\text{C}$ ) afin de dévoiler de potentiels changements vis-à-vis du climat et des méthodes d'exploitation des terres à l'âge du bronze en Irlande. Dans la mesure où les valeurs isotopiques des tourbières ombrotrophes ne sont affectées que par les changements climatiques, contrairement à celles des lacs qui reflètent également les changements d'usage des terres, des carottes sédimentaires provenant de tourbières ombrotrophes et de lacs à proximité de plusieurs sites archéologiques seront comparées. Les valeurs isotopiques ( $\delta^{15}\text{N}$  et  $\delta^{13}\text{C}$ ) d'échantillons de collagène provenant d'ossements herbivores seront aussi analysées, reflétant des années de données, et fournissant donc un cadre spatio-temporelle plus étendu que celui des carottes sédimentaires. Cette communication explorera les résultats préliminaires d'analyse de carottes sédimentaires.

#### **LA TÉLÉDÉTECTION AU SERVICE DE L'AGRICULTURE : CAS DU COTON DANS LA SOUS-PRÉFECTURE DE SARHALA (NORD-CÔTE D'IVOIRE)**

Kagnatié Rahimat FOFANA<sup>1\*</sup>, Zamblé Armand TRA BI<sup>2</sup>, Herman KANGA<sup>3</sup>

1. Université Alassane Ouattara-Bouaké, UFR-CMS, Département de géographie; 2. Université Alassane Ouattara-Bouaké, UFR-CMS, Département de géographie, 01 BP V18 Bouaké 01; 3. Université Alassane Ouattara-Bouaké, UFR-CMS, Département de géographie, 01 BP V18 Bouaké 01.

[fofanakagnatiesamira@gmail.com](mailto:fofanakagnatiesamira@gmail.com)

La sous-préfecture de Sarhala est située dans la région du Béré à 45 km de Mankono. C'est une sous-préfecture où la culture du coton participe en majorité dans l'économie des producteurs et de la localité. Cependant, cette culture est confrontée à de nombreuses difficultés dont la mutation des conditions climatiques et l'imprécision des données climatiques niveau spatial et temporel ce qui conduit à une perturbation des activités agricoles. Pour pallier ces insuffisances, cette étude a pour but d'analyser des indices bioclimatiques à partir des images satellitaires pour le suivi de la production cotonnière dans ladite sous-préfecture. Pour ce faire, cette étude est basée sur le traitement des images

satellitaires MODIS (Spectroradiomètre Imageur à Résolution modérée) et Sentinelle 1A. Suivi, d'enquêtes et d'entretiens auprès de la compagnie Ivoire coton et des producteurs. Les résultats obtenus montrent que le suivi de la production cotonnière est plus efficace, détaillé et précis à travers les images satellitaires. L'analyse des indices bioclimatiques relève que l'activité photosynthétique de la cotonculture est inégalement répartie à Sarhala. Cette inégale répartition montre un décalage de la période de semis dans certaines localités et une baisse généralisée du rendement cotonnière sur la période 1999/2000 à 2021/2020.

#### **VARIABILITY OF RADIOCARBON RESERVOIR AGE EFFECTS IN LAKES AND RIVERS OF EASTERN ANATOLIA AND LESSER CAUCASUS**

Michel FONTUGNE<sup>1,2</sup>, Christine HATTÉ<sup>2,3</sup>, Nadine TISNÉRAT<sup>2</sup>, Vincent OLLIVIER<sup>1</sup> and Catherine KUZUCUOGLU<sup>4</sup>

1. LAMPEA - UMR 7269, Maison Méditerranéenne des Sciences de l'Homme, 5 rue du Château de l'Horloge, 13094, Aix-en-Provence, France; 2. Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement, LSCE/IPSIL, CEA CNRS UVSQ, Université Paris-Saclay, F-91198 Gif-sur-Yvette, France; 3. Institute of Physics, Silesian University of Technology, 44-100 Gliwice, Poland; 4. Paris 1 University and CNRS, Laboratory of Physical Geography (UMR 8591), 1 Place Aristide Briand, 92195 -Meudon cedex, France.

[michel.fontugne@wanadoo.fr](mailto:michel.fontugne@wanadoo.fr)

Multiproxy sedimentary sequence analysis constitutes the basis for reconstructions of past paleoenvironments and climate evolution. These sequences are, for the most part, obtained by coring in lakes (maar or crater) whose waters can record volcanic activity or karstic contributions, especially in Eastern Anatolia and the Lesser Caucasus. The main consequence is to generate a reservoir age effect and to bias the radiocarbon dates of sedimentary records from these lakes. In the same way, the halieutic resources bordering these lakes also record this reservoir effect. And, as they constitute the food resources of the local populations, this reservoir effect is also reflected in the skeleton of the lake population. We present, here, some results obtained from modern samples out of eastern Anatolian lakes, Van and Sevan lakes and along the Kura river and its tributaries from Lesser Caucasus.

#### **LES LACS DE THERMOKARST FORMES DANS LA GLACE DE GLACIER ENFOUIE DANS LE PERGELISOL ONT DES PROPRIETES GEOMORPHOLOGIQUES ET LIMNOLOGIQUES DISTINCTES DES LACS DE THERMOKARST FORMES AU SEIN DE COINS DE GLACE, ÎLE BYLOT, NUNAVUT, CANADA**

Daniel FORTIER<sup>1\*</sup>, Stéphanie COULOMBE<sup>1</sup>, Frédéric BOUCHARD<sup>2</sup>, Denis LACELLE<sup>3</sup>, Isabelle LAURION<sup>4</sup>, Reinhard PIENITZ<sup>5</sup>

1. Département de géographie, Université de Montréal, Complexe des sciences, CP 6128, succursale centre-ville, Montréal, Québec, Canada, H3C3J7; 2. Département de géomatique appliquée, Université de Sherbrooke, Sherbrooke, Québec, Canada; 3. Département de géographie, environnement et

géomatique, Université d'Ottawa, Ottawa, Canada; 4. Institut national de la recherche scientifique, Centre Eau-Terre-Environnement, Québec, Québec, Canada; 5. Département de géographie, Université Laval, Québec, Québec, Canada.

[daniel.fortier@umontreal.ca](mailto:daniel.fortier@umontreal.ca)

Dans les régions à pergélisol qui ont été englacées, d'importantes quantités de glace de glacier sont toujours enfouies sous des sédiments glaciogènes dans le pergélisol. Il est attendu qu'une importante part de cette glace enfouie fondra dans un futur proche en réponse au réchauffement climatique. L'intensité et le moment où ces corps de glace fondront dépendra des conditions de terrain locales et de l'ampleur et de la vitesse des changements climatiques futurs au sein des différentes régions arctiques. L'impact de ces corps de glace sur l'évolution du paysage demeure incertain compte tenu que la distribution et le volume de la glace de glacier enfouie intacte sont très peu connus. Ces restants de glace de glacier enfouis et préservés dans le pergélisol contribuent à la forte variabilité spatiale de la glace de sol des paysages arctiques. Dans les basses terres, le dégel du pergélisol riche en glace entraîne fréquemment la formation de lacs de thermokarst. Cette étude porte sur l'initiation et le développement de lacs de thermokarst en réponse à des conditions de glace de sol différentes dans une vallée glaciaire sur l'île Bylot au Nunavut (Canada). Nous avons étudié un champ de polygones à coins de glace riche en lacs d'origines diverses et ayant une morphométrie et des propriétés limnologiques contrastées. La méthodologie comportait l'analyse de carottes de sédiments lacustres, la bathymétrie détaillée de lacs, l'observation d'expositions cryostratigraphiques de glace de glacier enfouie et l'utilisation de données satellitaires. Nos résultats indiquent que l'initiation des lacs de thermokarst dans la vallée résultent soit de la fonte de glace de glacier enfouie ou de la fonte de coins de glace. Notre étude confirme que la fonte de la glace de glacier enfouie dans le pergélisol influence la distribution spatiale des lacs de thermokarst, ainsi que la bathymétrie, les propriétés limnologiques, la morphologie du bassin et la stratigraphie des sédiments. Les lacs de thermokarst formés dans des coins de glace étaient peu profonds (<5 m) alors que ceux formés dans la glace de glacier enfouie étaient profonds (> 5m-12 m). L'analyse stratigraphique des sédiments lacustres et des propriétés physiques de l'eau (e.g. lumière, température) de ces lacs indiquent deux types de bassins distincts en termes d'accumulation sédimentaire et de conditions limnologiques. Ces dissimilarités soulignent l'évolution différentielle des lacs de thermokarst au cours de l'Holocène. Il est attendu que l'approfondissement des taliks sous les lacs en réponse au réchauffement climatiques et l'expansion latérale des lacs arctiques via l'érosion mécanique et thermique des berges déclenchera la fonte de corps de glacier enfouis et actuellement intacts. En retour, ces perturbations altéreront fortement la bathymétrie, la géochimie et l'émission des gaz à effet de serre de ces lacs.

#### **INTERPRETATION OF WATER ISOTOPIC RECORDS FROM SHALLOW CORES DRILLED IN ADELIE LAND (ASUMA PROJECT)**

Elise FOURRE<sup>1</sup>, Coralie LASSALLE-BERNARD<sup>1</sup>, Titouan TCHENG<sup>1\*</sup>, Christophe LEROY-DOS

SANTOS<sup>1</sup>, Vincent FAVIER<sup>2</sup>, Frédéric PRIÉ<sup>1</sup>, Olivier JOSSOUD<sup>1</sup>, Roxanne JACOB<sup>1</sup>, Bénédicte MINSTER<sup>1</sup>, Olivier MAGAND<sup>2</sup>, Cécile AGOSTA<sup>1</sup>, Mathieu CASADO<sup>1</sup>, Amaëlle LANDAIS<sup>1</sup>

ASUMA raid team : L. Arnaud<sup>2</sup>, B. Jourdain<sup>2</sup>, E. Lemeur<sup>2</sup>, G. Picard<sup>2</sup>

1. *Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement –CEA-CNRS-UVSQ/IPSL, Saclay, France* ; 2. *Institut des Géosciences de l'Environnement –CNRS-UGA-IRD-INP, Grenoble, France.*

[titouan.tcheng@lsce.ipsl.fr](mailto:titouan.tcheng@lsce.ipsl.fr)

While water isotopic records from polar deep ice cores are usually interpreted in terms of local temperature, the isotopic signature recorded in shallow cores from Adelie Land (coastal East Antarctica) is less straightforward to decipher (Goursaud et al. 2017, 2019; Leroy-Dos Santos, PhD 2021). The isotopic signal recorded in firn cores in this region characterized by strong katabatic winds includes the combined effects of precipitation intermittency, blowing snow and redistribution, as well as sublimation. Nonetheless these firn cores are our tool to reconstruct the recent past climatic trend and variability in this area where meteorological monitoring is very sparse and recent. This will improve our understanding of the atmospheric water cycle and our estimation of the surface mass balance, a necessary step towards reliable modeling of their future evolution.

The ASUMA project permitted to drill several replicate shallow cores at different locations from coastal area to the plateau in Adelie Land. We present here the water isotopic profiles from firn cores (main ice core of 40-50 m, covering about a century, and two 20 m companion cores) drilled in 2016-2017 at two sites along the slope of the plateau, at 1500 m and 2500 m of altitude, 150 km and 420 km inland, respectively (so called "D47" and "Stop0"). This allows 1) to infer the signal-to-noise ratio, get rid of the noise associated to local variability and extract the most meaningful climatic signal and 2) to address the regional climatic variability.

#### **EVALUATION DE L'IMPACT DES CONDITIONS D'ENNEIGEMENT DES DOMAINES SKIABLES SUR LA FERMETURE DES STATIONS DE SPORTS D'HIVER**

Hugues FRANCOIS<sup>1</sup>, Lucas BERARD-CHENU<sup>1,2</sup>, Florent LAIDIN<sup>3</sup>, Pierre-Alexandre METRAL<sup>1</sup>, Samuel MORIN<sup>2</sup>

1. *Université Grenoble Alpes - INRAE Grenoble LESSEM*; 2. *Université de Toulouse - CNRM (Météo-France / CNRS)*; 3. *Université Grenoble Alpes - UMR PACTE CERMOSEM.*

[hugues.francois@inrae.fr](mailto:hugues.francois@inrae.fr)

Si la potentielle absence de neige n'était pas une préoccupation centrale dans la dynamique d'aménagement touristique de la montagne post Seconde Guerre Mondiale, les hivers sans neige ont soulevé des questions structurelles quant aux choix d'équipement des années antérieures (Lorit, 1991; Pascal, 1993 ; Perret et Mauz, 1997). De fait, la construction des stations est concomitante des premiers impacts sensibles du changement climatique. Le développement de la production de neige depuis les années 1990 a limité la perception du phénomène par



les gestionnaires des domaines skiables (Trawöger, 2014; Vlès, 2021).

La variabilité interannuelle de l'enneigement constitue en tant que telle un défi de taille pour une activité dont l'importance des immobilisations limite la flexibilité. L'adoption croissante de la production de neige (Spandre, 2015; Steiger, 2017; Bérard-Chenu, 2022) a permis de minimiser les risques associés. Mais l'amélioration de la capacité des exploitants à composer avec cette variabilité a certainement contribué à masquer la tendance baissière d'ores et déjà peu lisible à l'aune des variations des conditions naturelles d'exploitation d'une saison de ski à l'autre. Pourtant la question prend certainement une tournure structurelle avec le risque de dégradation des conditions d'enneigement du fait du réchauffement climatique.

Dans ce contexte, depuis le début des années 2000, la plupart des recherches sur l'avenir des stations de montagne se sont portées sur l'évaluation des impacts futurs du changement climatique. L'ouvrage de l'OCDE (Agrawala et al., 2006) a participé à généraliser l'usage de la règle "des 100 jours" pour évaluer la viabilité économique d'un domaine skiable au regard de son enneigement. Sur cette base, différentes approches de plus en plus raffinées pour prendre en compte les pratiques de gestion de la neige en station se sont développées (Abegg et al., 2020). Pourtant, la relation univoque entre fiabilité de l'enneigement et viabilité économique n'a jamais fait l'objet d'une évaluation circonscrite en Europe.

Cette hypothèse est également avancée de manière plus ou moins explicite dès les premiers travaux s'intéressant aux cas de fermeture des stations de sports d'hiver (Gauchon, 1997; 2010), le plus souvent sur la base d'éléments qualitatifs situés. Si la relation de dépendance entre la présence de neige et la pratique du ski paraît évidente, aucune approche scientifique n'a encore permis de qualifier cette relation. Le regain d'intérêt pour le sujet des stations fermées constitue une opportunité pour apporter des éléments de connaissance complémentaires. Métral (2022) apporte d'ores et déjà un ensemble d'interprétations des relations de causalité entre les caractéristiques des stations fermées qu'une approche des conditions d'enneigement propres à chacune des stations peut permettre d'affiner. La mobilisation de la base de données des stations fermées (Métral, 2022) combinée à une analyse rétrospective de l'enneigement des stations (François et al., 2014; 2016; Spandre et al., 2019; Bérard-Chenu, 2022) sur la période passée (1960-2020) permet ainsi d'apporter un éclairage nouveau.

#### **POLLEN-BASED LANDSCAPE RECONSTRUCTION AND PALEOENVIRONMENTAL CHANGES OF SIDI ALI EL MEKKI LAGOON DURING THE LAST TWO MILLENNIA**

Emna GACEUR<sup>1\*</sup>, Néjib KALLEL<sup>1</sup>, Stéphanie DESPRAT<sup>2</sup>, Imene ROUIS-ZARGOUNI<sup>1</sup>

1. Laboratoire GEOGLOB, Faculté des Sciences de Sfax;  
2. EPHE UMR 5805 EPOC Université de Bordeaux, CNRS, EPHE Allée Geoffroy St Hilaire.

[gaceuramna@yahoo.com](mailto:gaceuramna@yahoo.com)

The study of vegetation changes provides essential information on climate change and its impact on the

environment. Several studies resulting from pollen analyzes have been carried out on North African and Maghreb continental sequences.

The absence of high-resolution pollen data in the sub-humid ecosystems of Tunisia limits our understanding of the mechanisms responsible for rapid climatic and societal variations (changes in civilizations) over the past 2000 years.

This work allowed to produce new pollen data from analyzes of sedimentary sections taken from the lagoon of Sidi Ali el Mekki. In this context, two lagoon cores GEM5 and GEMP1 have been the subject of pollen analyzes in order to characterize the surrounding vegetation to constitute the paleoenvironmental changes in the region studied over the last two millennia.

These lagoon pollen records reveal rapid paleoenvironmental changes. Our reconstructions show that over the last two millennia, changes in vegetation reflect the continuous interaction between rapid climate variability and increasing anthropogenic action. During the first millennium, our data show that climate and human activities have influenced the landscape of NE Tunisia. Changes in vegetation are found to be correlated with the known climatic episodes of Roman Warm Period and Cold Period of Dark Age. On the other hand, during the second millennium of our era, the anthropogenic pressure intensified in Northern Tunisia, strongly modifying the landscape. It remains difficult to determine the impact of the Medieval Climate Anomaly and the Little Ice Age on the hydroclimatic conditions of NE Tunisia.

#### **DEEP BASIN RECORD EVOLUTION OF CHEMICAL WEATHERING AND PHYSICAL EROSION IN RESPONSE TO THE UPPER CRETACEOUS TECTONIC UPLIFT ALONG THE SOUTH AFRICAN PLATEAU**

Esteban GAITAN<sup>1\*</sup>, Emmanuelle PUCÉAT<sup>1</sup>, Pierre PELLENARD<sup>1</sup>, Justine BLONDET<sup>1</sup>, François GUILLOCHEAU<sup>2</sup>, Cécile ROBIN<sup>2</sup>, Germain BAYON<sup>3</sup> and Thierry ADATTE<sup>4</sup>

1. Biogéosciences Dijon, Université Bourgogne Franche – Comté, UMR CNRS 6282, Dijon, France; 2. Géosciences Rennes, Université de Rennes 1, UMR CNRS 6118, Rennes, France; 3. Unité de Recherche Géosciences Marines, IFREMER, Plouzané, France; 4. ISTE, Université de Lausanne 1, Lausanne, Switzerland.

[Camilo-Esteban.Gaitan-Valencia@u-bourgogne.fr](mailto:Camilo-Esteban.Gaitan-Valencia@u-bourgogne.fr)

During the upper Cretaceous the South African Plateau experienced an uneven uplift period that coincided with the onset of a long-term climate cooling trend. Multiple models and studies (van der Beek et al. 2002; Braun et al. 2014; Baby et al. 2020; Stanley et al. 2021) have highlighted the importance of a margin tilting during the uplift causing a two-stage process. In the first stage (93-80 Ma) the east margin was uplifted followed by the western margin in the second stage (80-70 Ma). This architecture has been important to understand the landscape evolution and the sediment volumes observed in the adjacent basins. Yet studies addressing the evolution of denudation processes in response to the tectonic uplift are missing. In this study we aim to determine the evolution of these processes in response to this tectonic event and explore the potential role of

enhanced silicate weathering and associated atmospheric CO<sub>2</sub> drawdown in the long-term climate cooling trend that started at the upper Cretaceous.

To do so, we targeted the DSDP site 361 located in the Cape Basin. We applied a new proxy ( $\Delta\epsilon_{\text{Hf}}$ ) of chemical weathering intensity based on the coupled Lu-Hf and Sm-Nd isotopic systems in clay fractions (< 2  $\mu\text{m}$ ) of sediments. This approach was combined with element analyses (i.e., major, minor and REE) and X-ray diffraction analyses to determine the concomitant evolution of mineralogical assemblages, which in active tectonic settings can provide insights on the evolution of the physical erosion and environmental conditions. Twenty-two samples were analyzed for Hf-Nd isotopic compositions and REE, 99 samples were analyzed for X-ray diffraction analyses, and 97 samples for major and minor oxides.

REE displayed a flat signature and no Cerium anomaly indicating that the nature of the clays is primarily detrital. This nature is confirmed by TEM images showing flake-like textures for smectite and regular-edged for illite, typical of detrital clays. X-ray diffraction analyses showed a preponderance of smectite in the clay assemblages, with values ranging along the section between 65 to 98%, however there was a considerable increase in illite during the Campanian-Maastrichtian (~77-66 Ma), up to about 25%. This increase in primary clay minerals at this interval could indicate an increase in physical erosion linked to the uplift pulse affecting the western margin of the plateau.  $\epsilon_{\text{Nd}}$  values were relatively stable (between -8 to -9  $\epsilon$ -units) throughout the section and were coherent with sediment sources from the Karoo basin and/or the Cape Belt (Dia, 1990; Garzanti et al., 2014), yet in the Campanian-Maastrichtian period they drifted slightly to more unradiogenic values (i.e., more negative) typical of old crustal material. This change could be associated to the exposure and subsequent incorporation of old crustal rocks caused by the uplift.  $\Delta\epsilon_{\text{Hf}}$  values represent the departure of  $\epsilon_{\text{Hf}}$  from the clay array (Bayon et al., 2016). This offset is interpreted as an increase in the chemical weathering as a lithology role and zircon effect were dismissed. In this case, the  $\Delta\epsilon_{\text{Hf}}$  showed a stable increase during the Campanian-Maastrichtian suggesting an enhancement of chemical weathering in the western margin at that time.

Altogether, our data suggest a positive coupled response of the denudation processes in the western margin of the Plateau during the second stage of the upper Cretaceous tectonic uplift. This enhancement is likely to have played an important role in CO<sub>2</sub> consumption through silicate weathering, yet further constrains are required to determine the extent and scale of this relationship.

*Réf: Baby, Guillaume, François Guillocheau, Jean Braun, Cécile Robin, and Massimo Dall'Asta. 2020. "Solid Sedimentation Rates History of the Southern African Continental Margins: Implications for the Uplift History of the South African Plateau." Terra Nova 32 (1): 53–65. <https://doi.org/10.1111/ter.12435>.*

*Beek, Peter van der, Michael A. Summerfield, Jean Braun, Roderick W. Brown, and Alastair Fleming. 2002. "Modeling Postbreakup Landscape Development and Denudational History across the Southeast African (Drakensberg Escarpment) Margin: MODELING LANDSCAPE DEVELOPMENT." Journal of Geophysical Research: Solid Earth 107 (B12): ETG 11-1-ETG 11-18. <https://doi.org/10.1029/2001JB000744>.*

*Braun, Jean, François Guillocheau, Cécile Robin, Guillaume Baby, and Hielke Jelsma. 2014. "Rapid Erosion of the Southern African Plateau as It Climbs over a Mantle Superswell: ERODING SOUTHERN AFRICAN PLATEAU." Journal of Geophysical Research: Solid Earth 119 (7): 6093–6112. <https://doi.org/10.1002/2014JB010998>.*

*Stanley, Jessica R., Jean Braun, Guillaume Baby, François Guillocheau, Cécile Robin, Rebecca M. Flowers, Roderick Brown, Mark Wildman, and Romain Beucher. 2021. "Constraining Plateau Uplift in Southern Africa by Combining Thermochronology, Sediment Flux, Topography, and Landscape Evolution Modeling." Journal of Geophysical Research: Solid Earth 126 (7). <https://doi.org/10.1029/2020JB021243>.*

### **PAST HYDROLOGICAL RECONSTRUCTION OF INTERMEDIATE AND DEEP-WATER MASSES OF THE NORTHERN IONIAN SEA DURING SAPROPEL S1 BASED ON ND ISOTOPIC COMPOSITIONS ANALYZED ON FORAMINIFERA FROM DEEP-SEA SEDIMENTS**

Guohui GAO<sup>1</sup>, Christophe COLIN<sup>1</sup>, Giuseppe SIANI<sup>1</sup>, Arnaud DAPOIGNY<sup>2</sup>, Sophie SEPULCRE<sup>1</sup>, Gert DE LANGE<sup>3</sup>

1. Université Paris-Saclay, CNRS, GEOPS, 91405, Orsay, France; 2. Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement, LSCE/IPSL, CEA CNRS-UVSQ, Université Paris-Saclay, F-91191 Gif-sur-Yvette, France; 3. Department of Earth Sciences-Geochemistry, Faculty of Geosciences, Utercht University, The Netherlands.

[gao.guohui@universite-paris-saclay.fr](mailto:gao.guohui@universite-paris-saclay.fr)

Holocene eastern Mediterranean Sea sediments contain an organic-rich sapropel S1 layer that was formed in oxygen-depleted waters conditions. It has been demonstrated that sapropel 1 event is interrupted at about 8.2 cal kyr BP by a re-oxygenation of the water masses above about 1800 m. At greater water depth waters masses were still anoxic during the sapropel time interval. The Adriatic Sea and the Aegean Sea are the two main sources of deep waters in the eastern Mediterranean Sea. In glacial time, it has been proposed that deep water was mainly formed in the Aegean Sea. Here, we have analyzed Nd isotopic compositions ( $\epsilon_{\text{Nd}}$ ) of two cores collected in intermediate (core MP50, 775 m water depth) and deep (core MP37, 1908 m water depth) water depth in the Northern Ionian Sea. Both cores have been selected to constrain water masses exchanges between the Adriatic Sea and the deep basin of the Ionian Sea.

$\epsilon_{\text{Nd}}$  values have been analyzed on mixed planktonic foraminifera samples at high temporal resolution over the last 10 kyr. We found that the  $\epsilon_{\text{Nd}}$  is more radiogenic (about -5) during time interval of sapropel S1a and S1b suggesting a higher contribution of water masses from the eastern Mediterranean Sea Basin characterized by more radiogenic Nd isotopic composition induced by a slowdown of the circulation.

However, there is an obvious decrease in the value of  $\epsilon_{\text{Nd}}$  (about -6.5) at 8.2 cal kyr BP associated to a re-ventilation of the deep-water masses. Such variations of  $\epsilon_{\text{Nd}}$  suggest that deep-water of the northern Ionian Sea derive mainly from the Adriatic Sea (in the range of -4 to -6) rather than that of Aegean Sea (-2 to -4). Our results

provide new constraints on vertical water column structure in the Ionian Sea during the Holocene.

### **NEW EVALUATIONS OF THE DIFFERENT CHEMICAL LEACHING PROCEDURE TO ESTABLISH PAST SEAWATER ND ISOTOPE SIGNATURES FROM SEDIMENTS OF THE ADRIATIC SEA**

Guohui GAO<sup>1</sup>, Christophe COLIN<sup>1</sup>, Giuseppe SIANI<sup>1</sup>, Arnaud DAPOIGNY<sup>2</sup>, Frederic HAURINE<sup>1</sup>, Sophie SEPULCRE<sup>1</sup>

1. Université Paris-Saclay, CNRS, GEOPS, 91405, Orsay, France; 2. Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement, LSCE/IPSL, CEA CNRS-UVSQ, Université Paris-Saclay, F-91191 Gif-sur-Yvette, France.

[gao.guohui@universite-paris-saclay.fr](mailto:gao.guohui@universite-paris-saclay.fr)

The seawater radiogenic neodymium isotope ( $\epsilon\text{Nd}$ ) signature is a proxy largely used to track past changes of the provenance of water masses and establish past hydrological circulation. Sedimentary foraminifera or fish teeth are among the most reliable archives known for Nd isotope-based reconstructions of past seawater  $\epsilon\text{Nd}$ . As the distribution and preservation of these archives are limited, the extraction of hydrogenic ferromanganese oxyhydroxides from bulk sediments provides an easily applicable alternative. Here, we further investigate the reliability of the extraction of seawater derived Nd isotope signatures on one core collected in the Adriatic Sea where crypto-tephra layer have been well determined. We have used several leaching analytical procedures commonly used (HCl, acetic acid and hydroxylamine hydrochloride (HH)). Our results show that : (1) for samples with high volcanic ash contents, the  $\epsilon\text{Nd}$  of all three methods are all affected by volcanic ash and cannot be used to trace the past seawater circulation; (2) for samples that do not contain volcanic ash, the REE pattern of the extracted leachate is mainly from Fe-Mn coating and the  $\epsilon\text{Nd}$  values are close to those of foraminifera; (3) from the three leaching methods used, HH is the most effective method for extracting authigenic Nd isotopic signature of non-volcanic samples.

We have then established a past seawater  $\epsilon\text{Nd}$  of the Adriatic Sea over the last 25 kyr using the hydroxylamine hydrochloride (HH) leaching method. The last glacial period and more particularly the time interval HS1 are associated to slightly more unradiogenic  $\epsilon\text{Nd}$  than the early Holocene. This has been associated to a more proximal position of the Po River mouth to the southern deep-basin of the Adriatic Sea that can induce a higher contribution of unradiogenic lithogenic Nd to the Adriatic deep water.

### **CHANGEMENT CLIMATIQUE ET CYCLE DU CARBONE DES TOURBIERES DE LA CUVETTE CENTRALE CONGOLAISE**

Yannick GARCIN<sup>1\*</sup>, Enno SCHEFU<sup>2</sup>, Greta C. DARGIE<sup>3</sup>, Donna HAWTHORNE<sup>4</sup>, Ian T. LAWSON<sup>4</sup>, David SEBAG<sup>5</sup>, George E. BIDDULPH<sup>4</sup>, Bart CREZEE<sup>3</sup>, Yannick E. BOKO<sup>6</sup>, Suspense A. IFO<sup>7</sup>, Y. Emmanuel MAMPOUYA WENINA<sup>7</sup>, Mackline MBEMBA<sup>7</sup>, Corneille E.N. EWANGO<sup>8</sup>, Ovide EMBA<sup>9</sup>, Pierre BOLA<sup>9</sup>, Joseph KANYAMA TABU<sup>8</sup>, Geneviève TYRRELL<sup>10</sup>, Dylan M. YOUNG<sup>3</sup>, Ghislain GASSIER<sup>1</sup>, Nicholas T. GIRKIN<sup>11</sup>, Christopher H. VANE<sup>12</sup>, Thierry

ADATTE<sup>13</sup>, Andy J. BAIRD<sup>3</sup>, Arnoud BOOM<sup>10</sup>, Pauline GULLIVER<sup>14</sup>, Paul J. MORRIS<sup>3</sup>, Susan E. PAGE<sup>10</sup>, Sofie SJÖGERSTEN<sup>15</sup>, Simon L. LEWIS<sup>3</sup>

1. Aix Marseille University, CNRS, IRD, INRAE, CEREGE, Aix-en-Provence, France; 2. MARUM—Center for Marine Environmental Sciences, University of Bremen, 28359 Bremen, Germany; 3. School of Geography, University of Leeds, Leeds, LS2 9JT, UK; 4. School of Geography and Sustainable Development, University of St Andrews, St Andrews KY16 9AL, UK; 5. IFP Energies Nouvelles, Earth Sciences and Environmental Technologies Division, 92852 Rueil-Malmaison, France; 6. Faculté des Sciences et Techniques, Université Marien Nguabi, 99324 Brazzaville, Republic of the Congo; 7. École Normale Supérieure, Université Marien Nguabi, 99324 Brazzaville, Republic of the Congo; 8. Faculté de Gestion des Ressources Naturelles Renouvelables, Université de Kisangani, Kisangani, Democratic Republic of the Congo; 9. Institut Supérieur Pédagogique de Mbandaka, Mbandaka, Democratic Republic of the Congo; 10. School of Geography, Geology & the Environment, University of Leicester, Leicester, LE1 7RH, UK; 11. School of Water, Energy and Environment, Cranfield University, College Road, Bedford, MK43 0AL, UK; 12. British Geological Survey, Centre for Environmental Geochemistry, Keyworth NG12 5GG, UK; 13. Institute of Earth Sciences, Geopolis, University of Lausanne, Lausanne, Switzerland; 14. NEIF Radiocarbon Laboratory, Scottish Universities, Environmental Research Centre, Glasgow, G75 0QF; 15. School of Biosciences, University of Nottingham, Nottingham NG7 2RD, UK.

[garcin@cerege.fr](mailto:garcin@cerege.fr)

Les tourbières se développent dans les zones humides et représentent un puits important de carbone, car ces écosystèmes saturés en eau, stockent le carbone contenu dans la matière végétale qui se décompose très lentement. Environ 16 % du stock mondial de carbone des tourbières est stocké dans les tourbières tropicales. Les tourbières de la Cuvette Centrale congolaise, qui occupent une vaste dépression topographique en Afrique centrale, représentent 36 % de la superficie des tourbières tropicales et 28 % du carbone des tourbières tropicales, soit près de 30 milliards de tonnes de carbone de tourbe.

Bien qu'elles aient été cartographiées et décrites pour la première fois en 2017, on sait peu de choses sur l'histoire de la végétation, de l'hydrologie, de la tourbe ou de la dynamique du carbone au cours de la durée de vie de ce complexe de vastes tourbières. La compréhension de cette histoire permettra de déterminer le degré de vulnérabilité de ces écosystèmes face au changement climatique et d'orienter les politiques d'exploitation forestière et agricole et d'exploration pétrolière, qui toutes menacent ces tourbières.

Pour reconstruire l'histoire des tourbières de la Cuvette Centrale congolaise, nous avons étudié des carottes de tourbe prélevées à différents endroits en République du Congo et en République Démocratique du Congo. Nous avons construit un cadre chronologique avec des datations au radiocarbone, analysé des traceurs paléo-environnementaux (les propriétés de la matière organique), des traceurs paléo-hydrologiques (les isotopes de l'hydrogène des cires végétales comme fossiles moléculaires des régimes de précipitation

passés) et des traceurs de paléo-végétation (les pollens). La tourbe étant riche en carbone et faite de plantes décomposées, l'analyse de ces traceurs était idéale.

Dans cette étude, nous présenterons l'impact des changements hydrologiques passés sur le cycle du carbone de la Cuvette Centrale congolaise et nous discuterons de la vulnérabilité de ces écosystèmes face aux potentielles perturbations anthropiques dans cette région et au changement climatique en cours et à venir.

**EVOLUTION DE LA VULNERABILITE ET RESILIENCE AUX OURAGANS A SAINT-MARTIN ET SAINT-BARTHELEMY (CARAÏBES) / EVOLUTION OF VULNERABILITY AND RESILIENCE TO HURRICANES IN SAINT-MARTIN AND SAINT-BARTHELEMY (CARIBBEAN)**

Julien GARGANI<sup>1,2\*</sup>, Gwenaël JOUANNIC<sup>3</sup>, Kelly PASQUON<sup>4</sup>

1. Université Paris-Saclay, Geops, Orsay; 2. Université Paris-Saclay, Centre d'Alembert, Orsay; 3. CEREMA, Matris, Nantes; 4. CEREMA, Nantes.

[julien.gargani@universite-paris-saclay.fr](mailto:julien.gargani@universite-paris-saclay.fr)

Le milieu insulaire Caraïbéen se caractérise par la présence de tempêtes tropicales et d'ouragans ainsi que par une économie fortement dépendante du tourisme balnéaire. En 2017, les îles de Saint-Martin et Saint-Barthélemy ont été affectées par l'ouragan Irma de catégorie 5, avec des vents >250 km/h et une surcote marine allant jusqu'à +3m, qui a conduit à la mort de 11 personnes et à 3 milliards d'euros de dégâts. Des études récentes suggèrent une augmentation future de l'intensité des ouragans avec le changement climatique dans cette zone.

Dans un premier temps, nous avons analysé les causes de l'accroissement des risques, et plus particulièrement de la vulnérabilité, en nous basant sur des photos aériennes, des missions de terrain et des données socio-économiques. L'évolution du nombre d'habitations ainsi que des surfaces urbanisées, agricoles et naturelles ont été quantifiées. La transformation d'une économie agraire en une économie dominée par le tourisme a métamorphosé le paysage dans les zones côtières de l'île (trait de côte, remblaiement, urbanisation). Cette transformation s'est produite principalement dans les années 80, après les lois de défiscalisation. La nouvelle répartition spatiale et économique a conduit à une augmentation de la vulnérabilité vis-à-vis des submersions marines [1]. Les habitants de ces îles se sont adaptés à de nombreux changements (démographiques, économiques) durant les dernières décennies et les risques naturels ont été peu pris en compte [2].

Dans un second temps, nous avons analysé « l'après Irma ». La catastrophe a créé chez de nombreux habitants un état de stress post-traumatique [3] et a pu favoriser une montée des tensions contre certaines politiques de l'Etat (PPRN), notamment en décembre 2019. Depuis 2017, des reconstructions ont eu lieu dans les zones précédemment submergées sur le littoral, notamment en relation avec les activités touristiques. Les modes de reconstruction, pour ce qui concerne les toits ou la présence de grandes baies vitrées, traduisent une faible prise en compte des géorisques. La remise en

route de l'économie ne s'est pas réalisée à la même vitesse selon les îles, comme le souligne l'analyse de la consommation électrique ou le nombre de touristes arrivant sur ces îles [4]. Cela pourrait traduire une tendance qu'ont les catastrophes naturelles à accroître les inégalités en (1) endommageant majoritairement les habitats les plus fragiles, (2) en donnant moins de moyens pour reconstruire aux populations les plus pauvres, (3) en ralentissant la reprise des activités économiques dans les zones moins bien dotées initialement.

L'évolution des socio-éco-systèmes insulaires dans les décennies à venir s'avère problématique du fait à la fois de l'héritage difficiles de décisions passées et du modèle économique présent.

Réf : [1] Pasquon et al., *Int. J. of Disaster Risk Reduction*, 2022 ; [2] Pasquon et al., *Vertigo*, 2022 ; [3] Jouannic et al., *Sustainability*, 2020 ; [4] Gargani, *Int. J. of Disaster Risk Reduction*, 2022.

**DO ISLANDS WITH AND WITHOUT PERMAFROST REACT DIFFERENTLY TO HYDRO-CLIMATIC CHANGE ON THE LENA RIVER?**

Emmanuèle GAUTIER<sup>1\*</sup>, Marie MOUSSET<sup>1</sup>, Thomas DEPRET<sup>1</sup>, Nathalie THOMMERET<sup>1</sup>, François COSTARD<sup>2</sup>, Pavel KONSTANTINOV<sup>3</sup>, Alexander FEDOROV<sup>3</sup>

1. Laboratoire de Géographie Physique UMR8591, Campus CNRS, 2 rue Henri Dunant, 94320 Thiais; 2. Géosciences Paris Saclay, CNRS – Université d'Orsay, Bat. 504, 91405 Orsay; 3. Melnikov Permafrost Institute, Siberian Branch of Russian Academy of Science, Ulitsa Merzlotnaya, 36, Yakutsk, Sakha Republic, 677010, Russia.

[emmanuele.gautier@lgp.cnrs.fr](mailto:emmanuele.gautier@lgp.cnrs.fr)

Recent evidence has shown that Arctic regions have warmed about twice as much as elsewhere on the planet over the last decades, and that high-latitude periglacial processes and hydrological systems are deeply impacted by rising temperatures. The study presents recent results concerning the fluvial dynamics of a large periglacial river, the Lena River. The Lena river drains a large basin (2.9 million km<sup>2</sup>) entirely occupied by permafrost (77% with a deep and continuous permafrost). We had previously demonstrated that in the Lena basin, the climate change induces important increase in the river water discharge that destabilizes the fluvial bed. Here we focus on the fluvial islands dynamics by examining islands with permafrost and islands without permafrost, such comparison being considered as a good indicator of the sensitivity of the hydrosystem to climate change. Field surveys and monitoring of islands shows that within a zone of thick and continuous permafrost, the Lena floodplain is far from being thermally and geomorphologically homogenous: the floodplain rather consists of a juxtaposition of seasonally frozen islands and permanently frozen islands.

Several methods are combined. First, island changes are precisely examined: morphological parameters of about 100 islands are surveyed using a GIS on seven series of aerial photographs and satellite images of a 100 km-long reach, for the 1967 – 2017 period. Second, a segmentation of each island is conducted and statistical analyses are carried out in order to determined island

types and trajectories. Furthermore, data obtained on several monitored islands allow to determine control factors.

A major change is observed for islands with permafrost at the beginning of the 21st century: they clearly underwent a stronger erosion for the last twenty years than before. These islands are old (>30 yrs) and very large. During the same period, numerous small and non-frozen islands have been formed. Furthermore, when looking at the permafrost islands, it appears that the proportion of permafrost is decreasing. The large old islands that were stable and accreting are presently declining, undergoing a pronounced lateral erosion.

The morphological parameters are analyzed with respect to factors that play a major part: water discharge (duration of bar-full, bankfull and flood discharges, number and season of flood peaks...) and temperature of the river water and of the island ground. The submersion of islands during flooding do not deeply modify the thermal regime within the island ground. However, the duration of the discharge exceeding the bar-full level can induce a marked erosion of island bank, especially in summer. Thus, our study highlights the complexity of large river responses across Arctic periglacial environments.

**INTERACTIONS ENTRE INEGALITES  
ECONOMIQUES ET CHANGEMENT CLIMATIQUE :  
REVUE DE LITTERATURE ET MODELISATION  
DYNAMIQUE / INTERACTIONS BETWEEN  
ECONOMIC INEQUALITY AND CLIMATE CHANGE:  
LITERATURE REVIEW AND DYNAMIC  
MODELISATION**

Loïc GIACCONE<sup>1\*</sup>, Hugo A. MARTIN<sup>1,2</sup>, Gaël  
GIRAUD<sup>1,3</sup>

1. *Environmental Justice Program, Georgetown University, 3307 M Street NW Washington DC, USA*; 2. *STEEP (Soutenabilité, Transition, Environnement, Économie biophysique et Politiques locales), INRIA 655 Avenue de l'Europe 38330 Montbonnot, France*; 3. *Centre d'Économie de la Sorbonne, University Paris-1 Panthéon-Sorbonne, France.*

[loic.giaccone@gmail.com](mailto:loic.giaccone@gmail.com)

Le changement climatique et les inégalités socioéconomiques font partie des principaux enjeux du XXI<sup>ème</sup> siècle. Les impacts actuels et futurs des phénomènes provoqués par le réchauffement du climat menacent de nombreux écosystèmes et sociétés (IPCC, 2022). Dans le même temps, l'évolution des inégalités peut mettre en péril la cohésion sociale et la stabilité des économies (Motesharrei et al., 2014, Calvin et al., 2017, García-Peñalosa, 2017, Giraud & Grasselli, 2021). Nous reviendrons en premier sur les nombreuses et complexes interactions entre le changement climatique et les inégalités, à partir d'une revue de la littérature scientifique centrée sur les inégalités économiques, de revenu et de patrimoine (Giaccone, 2022). Dans un second temps, nous présenterons un travail en cours de modélisation dynamique de ces inégalités couplée à un module de climat.

La revue de littérature reviendra sur les évolutions passées des inégalités économiques, en distinguant les inégalités entre pays et au sein des pays, qui ont évolué de manière distincte. Elle présentera également les

dernières tendances de leurs évolutions. Nous présenterons ensuite les liens entre les inégalités et le changement climatique : les inégalités économiques et sociales déterminent ainsi les inégalités de contribution aux émissions de gaz à effet de serre, les inégalités d'exposition et de vulnérabilité aux aléas climatiques, les inégalités dans la prise de décision, et les inégalités face aux effets des politiques climatiques. Sans mesures d'atténuation et d'adaptation suffisantes et adéquates, le changement climatique risque fortement d'exacerber les inégalités existantes (IPCC, 2022). La matrice des scénarios SSP (Shared Socioeconomic Pathways) permet d'explorer différents futurs possibles d'évolution des inégalités, dus à des choix politiques et économiques. Cependant, ces scénarios, y compris ceux utilisés pour les projections climatiques, n'intègrent pas les conséquences des impacts climatiques (O'Neill et al., 2020). Nous présenterons alors les résultats de différents travaux qui projettent l'influence du changement climatique sur l'évolution des inégalités, à la fois en raison des impacts climatiques mais aussi des politiques d'atténuation et d'adaptation. Nous reviendrons également sur l'influence de l'intégration des inégalités dans des modèles d'évaluation intégrée de type coûts-avantages, en particulier sur les trajectoires dites « optimales » de réduction des émissions.

Enfin, nous présenterons les premiers résultats d'un travail en cours réalisé avec Hugo A. Martin et Gaël Giraud. Il s'agit d'un couplage entre un modèle économique représentant des inégalités dynamiques entre deux classes sociales distinctes (Giraud & Grasselli, 2021), et un module climat similaire à celui de DICE (Nordhaus, 2018), inspiré du travail de Bovari et al. (2018). Nous observerons les conséquences de différents scénarios sur les interactions entre ces deux catégories de population, ainsi que sur l'évolution de l'économie dans le long terme et l'effet sur les émissions de gaz à effet de serre.

Réf.: Bovari, E., Giraud, G., & Mc Isaac, F. (2018). *Coping With Collapse: A Stock-Flow Consistent Monetary Macrodynamics of Global Warming. Ecological Economics*, 147, 383 - 398. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2018.01.034>  
Calvin, K., Bond-Lamberty, B., Clarke, L., Edmonds, J., Eom, J., Hartin, C., Kim, S., Kyle, P., Link, R., Moss, R., McJeon, H., Patel, P., Smith, S., Waldhoff, S., & Wise, M. (2017). *The SSP4: A world of deepening inequality. Global Environmental Change*, 42, 284 - 296. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2016.06.010>  
García-Peñalosa, C. (2017). *Les inégalités dans les modèles macroéconomiques. Revue de l'OFCE*, 153(4), 105-131. <https://doi.org/10.3917/reof.153.0105>  
Giaccone, L. (2022). *Inégalités de richesse et changement climatique : Interactions, modélisations et perspectives [Mémoire de recherche]*. <https://drive.google.com/file/d/1K1fdiAsgRRdaFXE2VrdJ2GbBimtKhyEj/view?usp=sharing>  
Giraud, G., & Grasselli, M. (2021). *Household debt : The missing link between inequality and secular stagnation. Journal of Economic Behavior & Organization*, 183, 901 -927. <https://doi.org/10.1016/j.jebo.2019.03.002>  
Intergovernmental Panel on Climate Change. (2022). *Climate Change 2022 Impacts, Adaptation and Vulnerability—Summary for Policymakers*.

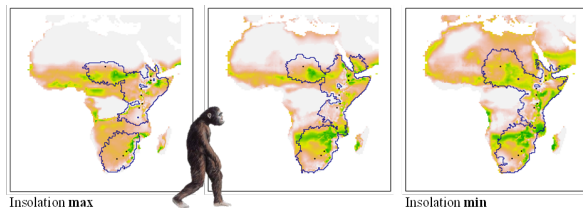
[https://report.ipcc.ch/ar6wg2/pdf/IPCC\\_AR6\\_WGII\\_SummaryForPolicymakers.pdf](https://report.ipcc.ch/ar6wg2/pdf/IPCC_AR6_WGII_SummaryForPolicymakers.pdf)  
 Motesharrei, S., Rivas, J., & Kalnay, E. (2014). Human and nature dynamics (HANDY) : Modeling inequality and use of resources in the collapse or sustainability of societies. *Ecological Economics*, 101, 90 - 102. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2014.02.014>  
 Nordhaus, W. (2018). Evolution of modeling of the economics of global warming: Changes in the DICE model, 1992–2017. *Climatic Change*, 148(4), 623-640. <https://doi.org/10.1007/s10584-018-2218-y>  
 O'Neill, B. C., Carter, T. R., Ebi, K., Harrison, P. A., Kemp-Benedict, E., Kok, K., Kriegler, E., Preston, B. L., Riahi, K., Sillmann, J., van Ruijven, B. J., van Vuuren, D., Carlisle, D., Conde, C., Fuglestedt, J., Green, C., Hasegawa, T., Leininger, J., Monteith, S., & Pichs-Madruga, R. (2020). Achievements and needs for the climate change scenario framework. *Nature Climate Change*, 10(12), Art. 12. <https://doi.org/10.1038/s41558-020-00952-0>

### IMPACT OF PAST CLIMATE ON THE DISPERSAL AND DISTRIBUTION OF MIO-PLIOCENE HUMAN ANCESTORS

Corentin GIBERT BRET<sup>1\*</sup>, Anaïs VIGNOLES<sup>2</sup>, Camille CONTOUX<sup>3</sup>, William BANKS<sup>2</sup>, Frédéric FLUTEAU<sup>4</sup>, Franck GUY<sup>1</sup>, Olivier CHAVASSEAU<sup>1</sup>, Olga OTERO<sup>1</sup>, Pierre SEPULCHRE<sup>3</sup>, Gilles RAMSTEIN<sup>3</sup>

1. *Paléontologie, Evolution, Paléoécosystèmes, Paléoprimateologie (PALEVOPRIM), CNRS & Université de Poitiers, Poitiers, France*; 2. *University of Bordeaux, CNRS, MCC, PACEA, UMR 5199, Bâtiment B2, Allée Geoffroy St. Hilaire, CS 50023, 33600 Pessac, France*; 3. *Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (LSCE), IPSL, Gif-sur-Yvette, France*; 4. *Institut de Physique du Globe de Paris (IPGP), Paris, France*.

[corentingibert@gmail.com](mailto:corentingibert@gmail.com)



A little more than 25 million years ago, tailless monkeys (apes) appeared in Africa. They were the first members of a primate clade leading to humankind, the Hominoidea. Unfortunately, the evolutionary history of the earliest apes remains largely unknown because of the scarcity of fossil remains and their fragmentary nature (mainly isolated teeth). Beyond the evolutionary history of this group, the geographical history of apes remains very poorly known too, due to the high spatial concentration of extinct hominids specimens. Nevertheless, this limited fossil record demonstrates that during Miocene, apes have left East Africa and dispersed across the rest of the continent and into Eurasia where some branches survived until today (e.g. orang outan, gibbons) while many others disappeared at the end of Miocene. This patchy record prevents us from answering fundamental questions about our ancestors, such as when did hominids leave Africa? Is the Miocene Climatic

Transition (MCT) the cause of the extinction of European hominids? Conversely, does the climatic stability of South Asia explain the survival of modern hominids? Have our ancestors followed the climate that was suitable for them in Eurasia, or did they adapt to new environmental conditions different from their East African cradle? Methods such as niche modelling (ENM) combined with paleoclimatic simulations may be a solution to circumvent this fragmentary record and answers these questions. I will illustrate the use of ENM through different studies based on the use of paleoclimate reconstructions made by LSCE at a scale of 50 km, with dynamic vegetation, for the earliest hominids (17-14 myr), the ancestors of chimpanzees and Australopithecus (4-3 myr).

### LE SNO RENOIR : RESEAU FRANÇAIS D'OBSERVATION DES ISOTOPES DANS LES PRÉCIPITATIONS

Elisabeth GIBERT-BRUNET<sup>1\*</sup>, Christelle MARLIN<sup>1</sup>, Laurence GOURCY<sup>2</sup>, Corinne LE GAL LA SALLE<sup>3</sup>, Gaël LEROUX<sup>4</sup>

1. *UMR8148-GEOPS CNRS/UPS, Université Paris-Saclay, Bât 504, Orsay*; 2. *BRGM Orléans, 3 avenue Claude-Guillemain, Orléans*; 3. *EA 7352-CHROME, Université de Nîmes- Site Vauban, Nîmes*; 4. *UMR CNRS – UT3 – INPT 5245-ECOLAB, Université de Toulouse 3, Toulouse*.

[elisabeth.gibert@universite-paris-saclay.fr](mailto:elisabeth.gibert@universite-paris-saclay.fr)

Le SNO RENOIR est un réseau de mesures à long terme des teneurs en isotopes de la molécule d'eau ( $\delta^{18}\text{O}$  et  $\delta^2\text{H}$ ) dans les précipitations (pluie, neige) à l'échelle de la France métropolitaine et ultramarine.

Il est constitué de 33 stations de prélèvement des eaux de pluie réparties sur tout le territoire métropolitain et ultramarin. Cet observatoire national de la composition isotopique des précipitations a pour but de partager des données essentielles sous forme de chroniques isotopiques au pas de temps mensuel avec toute la communauté scientifique.

Les objectifs du SNO RENOIR sont (i) d'acquérir une fonction « Entrée » atmosphérique fiable, robuste et en continu de la zone critique à partir de traceurs conservés, (ii) de réaliser une cartographie fine de la répartition spatiale et temporelle des teneurs isotopiques des précipitations, et (iii) de comprendre le fonctionnement des différents systèmes soumis à des contraintes climatiques et anthropiques croissantes.

Les études concernent la fonction « Entrée » des hydrosystèmes, des cryosystèmes et des écosystèmes naturels continentaux, via la mesure des teneurs en isotopes stables de la molécule d'eau : l'oxygène-18 ( $\delta^{18}\text{O}$ ) et le deutérium ( $\delta^2\text{H}$ ). Traceurs robustes de l'étude du cycle de l'eau, ces isotopes intègrent les processus hydro-géo-éco-logiques sur différentes échelles de temps et d'espace.

Ces données sont associées à la mesure des hauteurs de précipitations ou encore aux paramètres météorologiques essentiels tels que température, pression ou humidité atmosphérique.

Le SNO RENOIR est donc un observatoire de la composition isotopique des précipitations, structuré nationalement, avec pour but de fédérer, normaliser, soutenir et partager des données d'entrée des

hydrosystèmes et écosystèmes et utilisées par une très large communauté scientifique (hydrologues, hydrogéologues & géochimistes, biologistes & écologues, (paléo)climatologues, experts scientifiques).

Le réseau RENOIR a ainsi permis :

-la mise en place de dispositifs de collecte, homogène entre les sites, ce qui a conduit à une standardisation des procédures (échantillonnage, conservation et de validation des données) ;

-la participation à des exercices intercomparaisons isotopiques entre les laboratoires français et à l'international ;

-la construction d'une base de données dédiée.

### LAKE URMIA SALT LAKE'S SEDIMENTATION AND WATER DYNAMICS IMPACTS ON PAST ENVIRONMENTAL RECONSTRUCTION

Elisabeth GIBERT-BRUNET<sup>1\*</sup>, Alina TUDRYN<sup>1</sup>, Ting KONG<sup>1</sup>, Piotr TUCHOLKA<sup>1,2</sup>, Seyed-Hani MOTAVALLI-ANBARAN<sup>3</sup>, Christelle MARLIN<sup>1</sup>, Mohammad LANKARANI<sup>4</sup>, Hesam AHMADY-BIRGANI<sup>5</sup>

1. *University Paris-Saclay, UMR CNRS 8148-GEOPS, Bâtiment 504, 91405, Orsay, France*; 2. *Université de Varsovie, Département de Géographie, Zwirki i Wigury 93, 02-089 Warszawa, Poland*; 3. *Institute of Geophysics, University of Tehran, Tehran, Iran*; 4. *Faculty of Natural Resources, Urmia University, Urmia, Iran*; 5. *School of Geology, University-College of Science, University of Tehran, Tehran, Iran*.

[elisabeth.gibert@universite-paris-saclay.fr](mailto:elisabeth.gibert@universite-paris-saclay.fr)

In recent decades, an overall decrease in surface water resources, even saline, especially in semi-arid and arid regions of the world, can be both a precursor to a decrease in groundwater recharge. This decrease comes either from the impact of climate change moving towards a different distribution of precipitation and evapotranspiration indices, and/or from the increasing footprint of anthropogenic activities both through inappropriate water use, extensive pumping, or even population increases in areas already under pressure for freshwater resources (e.g., Wurtsbaugh et al., 2017; Wang et al., 2018).

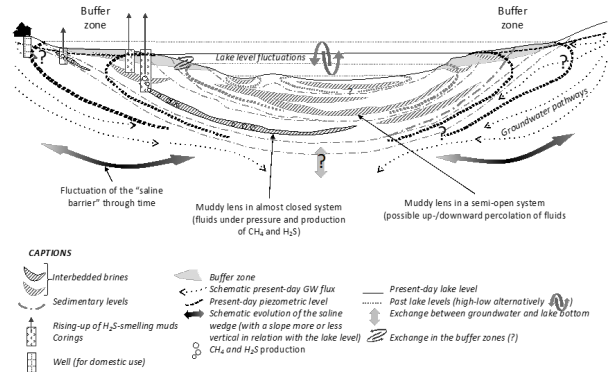
This is particularly pregnant in salt lake basins for which water resources are vital to hydro-ecosystems and the population. But these basins are not easy to study other than by modeling, due to their very complicated structures as well as the processes they undergo (saltwater intrusion, pollution, etc.), and considering the lacustrine sedimentary deposits (degradation) to which they may or may not be connected.

Here we present ongoing research on the Urmia Lake Basin (northern Iran) which is facing a drastic decrease of more than 8 m in its water level over the last 20 years, leading to soil salinization, increase in dust storms, decline in ecosystem services with the effect of losses in agricultural production and massive emigration of rural communities.

In order to understand the hydrogeological behavior of the lake under anthropogenic pressures (excessive pumping) and climate change, sedimentary sequences were recovered from the recently drained western part of Urmia Salt Lake, as well as surface and groundwater

samples and geological samples from the entire Shahr Chay River Basin.

Using isotope geochemistry ( $\delta^{18}\text{O}$ ,  $\delta^2\text{H}$ ,  $\delta^{13}\text{C}$  et  $\Delta^{14}\text{C}$ ), we propose a conceptual model of the lake functioning.



### MARINE MOLLUSCS AS RECORDER OF PAST ENVIRONMENTS AND THE SEASONALITY OF THEIR CATCH FROM THE RUWAYS-1 NEOLITHIC SHELL MIDDEN (OMAN)

Marc GOSSSELIN<sup>1,2\*</sup>, Jean-François BERGER<sup>3</sup>, Franck BASSINOT<sup>2</sup>, Patricia RICHARD<sup>2</sup>, Patrick BROCKMANN<sup>2</sup>

1. *CReAAH - UMR 6566 Centre de Recherche en Archéologie, Archéosciences, Histoire Université Rennes 1 - Campus Beaulieu 263 avenue du Général Leclerc Bât. 25 - CS 74205 35042 Rennes Cedex / France*; 2. *LSCE - UMR 8212 Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement CEA - CNRS - UVSQ - Université Paris-Saclay Orme des Merisiers, Bat 714, 91191 Gif-Sur-Yvette*; 3. *EVS - UMR 5600 Environnement Ville Société 1C, avenue des Frères Lumière CS 78242 69372 LYON CEDEX 08*.

[mar.gosselin@gmail.com](mailto:mar.gosselin@gmail.com)

#### I. Context and Methodology

The Ruways 1 excavation is a shell midden located along the eastern coast of Sultanate of Oman. In this region, environmental phenomena such as monsoon and coastal upwellings currently impact terrestrial and marine ecosystems as well as human activities. Recent works on the Ruways-1 (Rwy-1) shell midden have given insights about site formation processes and climate-environmental-economic reconstructions during the Neolithic (8300 – 6500 cal. BP) in Eastern Arabia (Berger et al. 2019). Among zooarchaeological remains found at Rwy-1, Molluscs are a well-represented taxon in terms of biodiversity as well as quantity forming the shell middens. Among bivalve taxa, Veneridae species are mainly formed of *Marcia recens* and *Callista umbonella*. Those species can be gathered among the intertidal zone at the edge of the mangrove environment.

Similar to dendrochronology, sclerochronology is the study of the testaceous part of biological organisms such as the mollusc shells. Growth lines patterns and chemical composition of those shells inform about the biology of the species as well as on their environment of growth. In archaeological context, periods of coastal settlement residence by human communities can be deduced via the determination of the season of mollusc catch and paleo-climatic parameters such as sea surface temperatures can be inferred. Thus, a calibration phase to understand the biology of the mollusc species is

needed before working on the specimens found in the shell middens (Berger et al. 2019).

## II. Calibration study of living bivalves

To that purpose, a preliminary calibration study on living specimen has been first implemented in order to characterize the growth pattern (e.g. rhythm and variation of growth) of the bivalve species. First results of the marking give insight of the time framework of *M. recens* and *C. umbonella*. Both show a tidal-triggered growth (two daily increments) with different age of collect (around 3 years and 10 years max respectively). Thus, the research on the mid-Holocene environmental and climate variability processes recorded in the mollusc shells can be carried out from intra-seasonal to inter-annual periodicities.

## III. Application to archaeological shells

Two bivalve species *M. recens* and *C. umbonella* were studied from the Neolithic shell midden of Rwy-1 (6941-6571 cal. BP) to work on season of catch and paleoclimatic records. For example, the *C. umbonella* individual from stratigraphic unit 6a was caught at the beginning of spring during its fifth year of growth which is a testimony of a human activity within the coastal lagoon of Ruways about 7200 years ago. Moreover, the study of the daily growth and  $\delta^{18}O$  signals, as a proxy of sea temperature, of the shell indicates a lower growth during cold seasons. In addition, growth during warm seasons may have been lowered due to monsoon events. Further researches on bivalve shells will lead to knowledge about perennial or seasonal occupation of sites and paleoenvironments variability which will be crossed with the other information gathered during this interdisciplinary study.

This work was supported by the NEO-ARABIA project (ANR-16-CE03-0007): Analysis of sustainability and reorganisation of Arabian coastal Neolithic socioecological systems during the Mid-Holocene period.

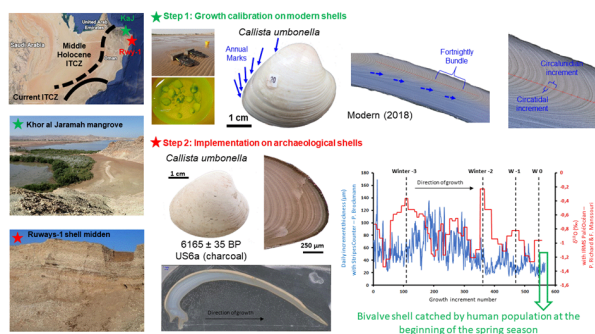


Figure 1 : Resume of the archeo-malacological work during the NeoArabia project – Neolithic mobility in the Northeastern Arabia (8200 – 4800 BP):. Upper part : calibration of the growth increment from the chemical marking of a shell of *Callista umbonella* in January 2018. Lower part : sclerochronological and sclerochemical application on a *Callista umbonella* shell from U.S.6a of Ruways-1 shell midden. Graphic display the daily growth increment (blue line) and the oxygen isotopic ratio (red line).

## CLIMATE CHANGE IMPACTS ON CO<sub>2</sub> EMISSIONS FROM ELECTRICITY PRODUCTION

Léna GURRIARAN<sup>1,2</sup>, Katsumasa TANAKA<sup>1,3</sup>,  
Philippe CIAIS<sup>1</sup>

1. LSCE, IPSL, CEA/CNRS/UVSQ, Université Paris-Saclay, Gif-sur-Yvette, France; 2 Atos, River Ouest, 95877 Bezons cedex, France; 3 Earth System Division, National Institute for Environmental Studies (NIES), Tsukuba, Japan.

[léna.gurriaran@lsce.ipsl.fr](mailto:léna.gurriaran@lsce.ipsl.fr)

Electricity demand is closely related to meteorological conditions, and there is an increasing concern over how electricity demand responds to changing climate in the future. Our study explores potential changes in CO<sub>2</sub> emissions due to changes in electricity demand under future climate. We develop a methodology in three stages to calculate the impact of climate change and socio-economic changes on CO<sub>2</sub> emissions from electricity production until the end of the century. First, using machine learning approaches we develop regional data-based models that describe the relationships between climate and electricity demand and between climate and carbon intensity. Second, by applying those models on climate projections, we project the evolutions of electricity demand and carbon intensity over this century with climate change. We use CMIP6 climate projections under different Shared Socio-economic Pathways (SSPs). Finally, we obtain CO<sub>2</sub> emissions over the century with the effect of climate change by multiplying the electricity demand by the carbon intensity and by combining further the effect of socio-economic factors, namely population and GDP growth and environmental policies controlling the carbon intensity of electricity production. We develop that methodology with two case studies: Qatar and Japan.

In Qatar, our results show that, under all scenarios we consider, the power demand increases with future climate change. The effect of climate change on CO<sub>2</sub> emissions through power demand is small relative to those of socio-economic factors when individual effects are considered separately. However, CO<sub>2</sub> emissions from climate change that can be added to CO<sub>2</sub> emissions reflecting socio-economic factors are significantly higher. In Japan, we look into ten regions with a range of climates, from humid continental to subtropical climate. We found that the climate change impacts on CO<sub>2</sub> emissions vary across regions, with a majority of region experiencing a decrease in emissions caused by a decrease either in heating demand or in carbon intensity. Only two regions, which are among the hottest, may see an increase in CO<sub>2</sub> emissions, which can be attributed to an increase in electricity demand for air conditioning or a decrease in the renewable energy capacity. We plan to apply the same methodology to other countries for which we have electricity demand data in order to make a global assessment of the evolution of CO<sub>2</sub> emissions from electricity production under climate change.

## THE HERITAGE DIGITAL TWIN AS A SEMANTIC-AWARE DIGITAL ENVIRONMENT FOR THE CONSERVATION AND PRESERVATION OF CULTURAL HERITAGE

Sorin HERMON

APAC Laboratories, The Cyprus Institute

[s.hermon@cyi.ac.cy](mailto:s.hermon@cyi.ac.cy)



The EU-funded project 4CH – Competence Center for the Conservation of Cultural Heritage, set an ambitious goal to create a European Knowledge Base for digital data instrumental for the conservation, preservation and valorisation of monuments and sites. A primary requirement for the creation of such a data repository is the correct assessment of the current state of conservation of the CH assets and evaluation of the risks, natural and anthropic, these are exposed to, as well as an evaluation of their potential impact, imminence and amplitude. We will present here a matrix that encompasses natural (grouped under two categories - processes and disasters) and anthropic (intentional and un-intended) risks, as well as a conceptual frame for describing CH assets, movable and immovable, within their natural and anthropic environment and considering their tangible and intangible aspects.

Consequently, a documentation methodology that captures all the above on the CH assets. Obtained data has been recorded, archived and curated so as to comply with the FAIR data principles, with a particular attention to a semantic description of its provenance, in order to comply with the EU planned Collaborative Cloud for Cultural Heritage, which has to rely on the quality of the data gathered. We are proposing here to use the concept of Digital Twin and accordingly, will introduce the still embryonic concept of the Heritage Digital Twin Ontology. The paper will present the current state-of-advancement of the 4Ch project regarding the above challenges, through the description of two examples, one describing a CH monument and the other a work of art.

#### **DATATION ARCHEOMAGNETIQUE DE LA METALLURGIE DU FER DANS LE PAYS BASSAR (TOGO) : UNE ETUDE DE FAISABILITE**

Gwenaël HERVÉ<sup>1\*</sup>, Giorgia RICCI<sup>1</sup>, Caroline ROBION-BRUNNER<sup>2</sup>, Camille WANDRES<sup>1</sup>, Emmanuelle DELQUE-KOLIC<sup>3</sup>, Pakou HARENA<sup>4</sup>

1. *Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement LSCE / UMR8212, CEA-Orme des Merisiers, Bat 714, 91191 Gif-sur-Yvette cedex, France;*  
2. *Centre Français des Etudes Ethiopiennes CFEE, Addis-Abeba, Ethiopie;* 3. *Laboratoire de mesure du carbone 14 LMC14, LSCE/UMR8212, CEA Saclay, Bat 450, porte 4E, 91191 Gif-sur-Yvette cedex, France;* 4. *Département d'histoire et d'archéologie, Université de Lomé, Togo.*

[gwenael.herve@lsce.ipsl.fr](mailto:gwenael.herve@lsce.ipsl.fr)

La métallurgie du fer est un des marqueurs principaux du passé africain depuis au moins 3 millénaires. Il est généralement admis que cette technologie a profondément modifié le mode de gestion des milieux par les populations locales en requérant des ressources en bois importantes et plus encore en contribuant au développement de l'agriculture. L'ampleur de cet impact anthropique sur l'environnement et les paysages est cependant mal contrainte et débattue. La principale limitation est la mauvaise résolution de la chronologie des sites sidérurgiques en raison d'un très faible nombre de datations. La dépendance aux seules datations par radiocarbone pose aussi problème, notamment aux périodes de plateau sur la courbe de calibration comme les 5 derniers siècles. La datation archéomagnétique des bas-fourneaux constitue une méthode de datation alternative prometteuse mais encore quasiment inédite

en Afrique et plus largement sur les sites métallurgiques. Dans cette communication, nous présentons les premiers résultats d'une étude sur le secteur de Bandjeli dans le pays Bassar au Togo.

Treize bas-fourneaux ont été prélevés sur les sites de Tchogma 1 et Bitamkpambe, datés par radiocarbone entre le XVIe et le milieu du XXe siècle. Entre 7 et 10 blocs de parois cuites ont été prélevés par structure et orientés in situ. Les paléodirections du champ magnétique terrestre ont été déterminées après désaimantation thermique et correction de l'effet d'anisotropie de l'aimantation thermorémanente. La plupart des structures (9/13) montre un très bon regroupement des directions d'aimantation. La dispersion observée sur les autres structures provient des mouvements des parois après la chauffe qu'il a été possible de corriger. Au final, 12 paléodirections moyennes ont pu être obtenues. La datation archéomagnétique a été effectuée avec la prédiction au site du modèle geomagnétique global gufm, construit à partir des observations historiques de la direction du champ géomagnétique existantes depuis la fin du XVIe siècle. Les dates s'échelonnent entre le milieu du XVIIe et le XXe siècle. La très bonne précision, d'environ 40 ans en moyenne, résulte de la forte variation séculaire du champ géomagnétique pendant cette période et vient palier le problème de l'effet plateau du radiocarbone. Ces résultats démontrent la faisabilité de l'archéomagnétisme sur les sites sidérurgiques en Afrique. Ils ouvrent la voie à une meilleure reconstitution de l'évolution de l'activité métallurgique aux derniers siècles en pays Bassar et à une meilleure compréhension de ses impacts environnementaux.

#### **ENHANCED WEATHERING OF VOLCANIC ISLANDS DURING GLACIAL-INTERGLACIAL TRANSITIONS: INSIGHTS FROM WELL-DATED PALEOSOLS SPANNING THE LAST MYR IN SÃO MIGUEL ISLAND, EASTERN AZORES**

Francisco HEVIA-CRUZ<sup>1\*</sup>, Anthony HILDENBRAND<sup>1</sup>, Nathan SHELDON<sup>2</sup>

1. *Geosciences Paris-Saclay (GEOPS), Bâtiment 504, Rue du Belvédère, 91405 Orsay Cedex, France;* 2. *Department of Earth and Environmental Sciences, University of Michigan, United States of America;*

[francisco.hevia-cruz@universite-paris-saclay.fr](mailto:francisco.hevia-cruz@universite-paris-saclay.fr)

Climatic variations impact landscape processes on volcanic islands in various ways. While glacial periods and low sea level may favor canyon deepening by enhanced river incision, wetter and warmer interglacial stages favor rock weathering and soil formation, promoting fast landscape evolution. On such volcanic islands, paleosols (PSs) contain valuable information regarding local paleoclimate, as they developed in equilibrium with atmospheric conditions [1]. Geochronological analyses on volcanic units bracketing PSs can then be used to constrain temporal climatic variations and their impact on weathering processes. Here we reconstruct the late Quaternary paleoclimate in the Azores region from a combined geochemical and geochronological study on PSs spanning the last 1 Myr in São Miguel Island. High-precision unspiked K/Ar dating on basic lava flows, and single grain <sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar on K-Feldspars (pyroclastic deposits) allow precise age

measurements with a few percent relative uncertainty, enabling direct comparison with global climatic curves.

Our results show that PSs formation was driven mainly by chemical weathering as indicated by elemental loss and immobile elements ratios, except in a few cases. Mean annual precipitations and temperatures (MAP & MAT, respectively) were estimated with two proxies that rely on the chemical composition of B horizons, and have been previously validated for volcanic terranes (CIA-K and Clayiness, [1]).

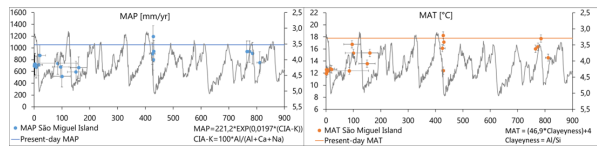


Figure 1: MAP (left) and MAT (right) reconstructed values of São Miguel Island. Gray lines and right axes:  $\delta^{18}O$  values [2]; blue and orange lines: actual MAP (1052 mm/yr) and MAT (17.8°C) at Ponta Delgada [3].

We identified four short period of PSs formation (~780-760 ka; ~420-400 ka; ~160-90 ka; <30 ka). Our results show a general decrease of MAT, and less clearly of MAP during the last 1 Myr, and our estimates (500-1100 mm/yr; 12-18°C) are generally lower than present-day values (Fig. 1). For each time period, MAP & MAT changes are generally in agreement with global climatic patterns.

Most of the observed PSs were developed just after the onset of glacial-interglacial transitions, under increasing conditions of humidity and temperature. Lack of PSs for some periods may be explained either by (1) a sampling bias, (2) inadequate conditions for weathering (e.g., dry/cold period), (3) fast volcanic pilling rate.

PSs formation was strongly controlled by the texture of the parental volcanic material. Most PSs formed in pyroclastic deposits, regardless of their chemical composition, and the highest weathering degree was reached in the finer ash-fall deposit, highlighting the importance of grain size. A few paleosols further developed upon massive lava flows, but were concentrated on the highly fragmented upper brecciated parts.

From our results, enhanced soil formation is expected for the near future in the context of global warming, which may have important implications for local human activities (e.g. agriculture), but also regarding CO<sub>2</sub> consumption by rocks weathering. With further improvements on our geochronological framework and expansion of this study to the Central Azores, we expect to estimate weathering rates and evaluate their possible consequences on the volcanic islands landscape.

Réf. : [1] Sheldon & Tabor (2009) *Earth-Sci Rev.* 95(1-2). [2] Lisiecki & Raymo (2005) *Paleoceanography*, 20(1). [3] AEMET (2011) *aemet.es*.

## EVOLUTION ENVIRONNEMENTALE, OCCUPATIONS HUMAINES ET CHANGEMENTS TECHNIQUES DANS LA PUNA DE JUJUY, ARGENTINE : RUPTURES ET CONTINUITÉS

Rodolphe HOGUIN<sup>1\*</sup>, Marcelo MORALES<sup>2</sup>

1. Laboratorio de Paleo-Ecología Humana e ICB – CONICET UNCUYO, Padre Contreras 1300, 5500, Mendoza, Argentine/ Equipe Arscan/ANtET, Université Paris X, Nanterre, France; 2. Instituto de Biodiversidad y Biología Experimental y Aplicada (IBBEA) – CONICET UBA, Buenos Aires, Argentine.

[rhoguin@mendoza-conicet.gob.ar](mailto:rhoguin@mendoza-conicet.gob.ar)

Durant l'Holocène récent, de grands changements climatiques ont affecté la configuration environnementale de la réserve archéologique Barrancas (Département de Cochinoça, Province de Jujuy, Argentine), caractérisée par la présence de nombreux sites et panneaux d'art pariétal. Parmi eux, nous pouvons mentionner d'intenses précipitations torrentielles, ainsi que des épisodes d'instabilité du cours hydrique passant de permanent à éphémère. Ces changements climatiques ont eu un impact conséquent sur les modes d'occupation des populations humaines, tel que le montrent les différents sites archéologiques de l'Holocène récent, avec des localisations et caractéristiques très différentes selon la période. Nous pouvons cependant observer que certains changements d'ordre socio-économique et culturel sont indépendants des changements climatiques. De la même façon, la technologie montre que les changements techniques sont relativement indépendants des contingences climatiques. Il faut cependant souligner, dans certains cas, des liens plus ou moins directs avec les changements environnementaux locaux mais aussi avec une configuration climatique et géographique d'échelle plus large. Nous proposons ainsi d'explorer et de définir les relations complexes et plurielles entre société, techniques et environnements à travers les résultats des études paléoenvironnementales, techniques et celles réalisées sur les sites de Barrancas et Susques (datations, analyses des sols d'occupation, extension, densité des vestiges, etc.).

## NEW EVIDENCE FROM FORAMINIFERAL END RECORDS OF THE CONTINENTAL CHEMICAL EROSION COUPLED TO EAST ASIAN MONSOON MILLENNIAL VARIABILITY OVER THE LAST 25 KA

Yi HUANG<sup>1\*</sup>, Christophe COLIN<sup>1</sup>, Zhifei LIU<sup>2</sup>, Arnaud DAPOIGNY<sup>3</sup>, Eric DOUVILLE<sup>3</sup>, Andrew Tien SHUN-LIN<sup>4</sup>

1. Université Paris-Saclay, CNRS, GEOPS, 91405, Orsay, France; 2. State Key Laboratory of Marine Geology, Tongji University, Shanghai 200092, China; 3. Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement, LSCE/IPSL, CEA CNRS-UVSQ, Université Paris-Saclay, F-91191 Gif-sur-Yvette, France; 4. Department of Earth Sciences, National Central University, Jhongli 32001, Taiwan.

[yi.huang@universite-paris-saclay.fr](mailto:yi.huang@universite-paris-saclay.fr)

The South China Sea (SCS) is a semi-closed marginal sea connected to the western Pacific Ocean through the Luzon Strait. It receives huge volume of suspended sediments (~700 million t/yr) from surrounding drainage basins and triggering high sediment accumulation rates. As detrital sediments are characterized by more unradiogenic  $\epsilon Nd$  (from -9 to -13) than Pacific water masses inflowing in the northern SCS ( $\epsilon Nd$  around -4), the SCS is a key area to reconstruct changes in both regional Nd inputs related to continental weathering

driven by the East Asian Monsoon and changes in paleo-hydrology of the Pacific deep-water.

Nd isotopic compositions records obtained from mixed planktonic foraminifera of two well dated deep-sea cores collected on the northern (South Taiwan) and southern SCS (off Mekong River) have been investigated to deciphering impacts of changes of hydrology and lithogenic input on seawater  $\epsilon\text{Nd}$  variability of the SCS. The variability in Nd isotopes record obtained on core of the Northern SCS permits us to reconstruct mainly past changes in the intrusion of Pacific deep water to the SCS since the last glacial period with some modifications due to sediment input to Taiwan Rivers. Past seawater  $\epsilon\text{Nd}$  record obtained on the southern core permit us by comparison with results of the northern core to establish lithogenic Nd input from the Mekong River. Our new results indicate that past seawater  $\epsilon\text{Nd}$  off the Mekong River mouth is strongly influenced by the input of pedogenic minerals (smectite and kaolinite) resulting from higher physical erosion and/or higher chemical weathering of the plain soils induced by variations in the East Asian Summer Monsoon rainfall intensity since the last glacial period. The  $\epsilon\text{Nd}$  values difference between both cores implies a relatively sluggish hydrology within the SCS during last glacial, and SCS is well mixed with a high ventilation rate as modern time after 8 cal kyr BP.

#### **DISSOLVED RARE EARTH ELEMENT AND ND ISOTOPE COMPOSITION DISTRIBUTIONS IN THE TURBIDITY CURRENT SYSTEM OF THE NORTHERN SOUTH CHINA SEA**

Yi HUANG<sup>1\*</sup>, Christophe COLIN<sup>1</sup>, Zhifei LIU<sup>2</sup>, Arnaud DAPOIGNY<sup>3</sup>, Eric DOUVILLE<sup>3</sup>, Frederic HAURINE<sup>1</sup>, Qiong WU<sup>4</sup>, Andrew Tien SHUN-LIN<sup>5</sup>

1. *Université Paris-Saclay, CNRS, GEOPS, 91405, Orsay, France*; 2. *State Key Laboratory of Marine Geology, Tongji University, Shanghai 200092, China*; 3. *Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement, LSCE/IPSU, CEA CNRS-UVSQ, Université Paris-Saclay, F-91191 Gif-sur-Yvette, France*; 4. *College of Oceanography, Hohai University, 210098 Nanjing, China*; 5. *Department of Earth Sciences, National Central University, Zhongli 32001, Taiwan.*

[yi.huang@universite-paris-saclay.fr](mailto:yi.huang@universite-paris-saclay.fr)

Nepheloid layers and turbidity currents transport large quantity of detrital sediments to deep-sea basin which may control locally seawater – detrital particle interactions and modify dissolved REE concentrations and  $\epsilon\text{Nd}$  distribution of oceanic margin. However, such processes have been yet poorly documented. Dissolved REE and  $\epsilon\text{Nd}$  from three water stations collected close to Taiwan canyons during June 2018 have been analyzed in order to better understand the influence of nepheloid layers on dissolved REE and  $\epsilon\text{Nd}$  distribution in the ocean. Surface seawater  $\epsilon\text{Nd}$  varies from  $-3.42 \pm 0.21$  to  $-4.46 \pm 0.17$ , which is more negative than its counterpart in western Pacific (NPTW), indicating a modification of Nd isotopes by unradiogenic sediments of the southern Taiwan margin. The most radiogenic  $\epsilon\text{Nd}$  value ( $-2.48 \pm 0.17$ ) observed at about 400 m corresponds to the inflow of the North Pacific Intermediate Water (NPIW) into the SCS at intermediate depth in Summer. Combined with the previous Nd isotopes results, our results suggest a seasonal distribution of the  $\epsilon\text{Nd}$  interpreted by seasonal variations in the inflow of NPIW

to the SCS through the Luzon strait. Below 1500m, the dissolved  $\epsilon\text{Nd}$  is identical to Pacific deep water at same depth. The MREE/MREE\*, La/Sm and La/Yb ratios obtained for the first time in nepheloid layer are obviously changed which demonstrate the lithogenic discharge or the turbidity input can significantly affect REE fractionation by scavenging process. However, this process has negligible impact on the Nd isotope composition in water masses of the northern SCS. At bottom of two water stations, an increase of MREE/MREE\* accompanied with a decrease of La/Sm ratios indicates remineralization flux result from the dissolution of Mn oxides, play a major role in the REE cycle at bottom. This potential benthic flux cause the negative curve of bottom water  $\epsilon\text{Nd}$  values. Overall, the results indicate that  $\epsilon\text{Nd}$  of intermediate and deep water of the northern SCS keep its conservative behavior and can be a reliable tracer to fingerprint the water masses circulations even in the nepheloid layers.

#### **AUTOMATED IDENTIFICATION OF THERMOKARST LAKES USING MACHINE LEARNING IN THE PERMAFROST LANDSCAPE OF CENTRAL YAKUTIA (EASTERN SIBERIA)**

Lara HUGHES-ALLEN<sup>1,2</sup>, Frédéric BOUCHARD<sup>1,3</sup>, Antoine SÉJOURNÉ<sup>1</sup>, Gabriel FOUGERON<sup>4</sup>, Emmanuel LÉGER<sup>1</sup>

1. *Université Paris-Saclay, CNRS, GEOPS, 91405, Orsay, France*; 2. *Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (LSCE), Université Paris Saclay, France*; 3. *Centre d'études nordiques (CEN), Université Laval, Canada*; 4. *ESI Group, 3 Rue Saarinen, 94150 Rungis, France*

[lara.hughes.allen@gmail.com](mailto:lara.hughes.allen@gmail.com)

The current rate and magnitude of temperature rise in the Arctic is disproportionately high compared to global averages and this, along with other natural and anthropogenic disturbances, has caused widespread permafrost degradation and soil subsidence. In Central Yakutia (Eastern Siberia, Russia), nearly half of the landscape has been affected by thermokarst processes since the early Holocene, resulting in the formation of thousands of partly drained lake depressions (alas lakes). It is not yet clear how recent changes in temperature and precipitation will affect existing lakes and the formation of new thermokarst (thaw) lakes. These lakes are hotspots of greenhouse gas emissions ( $\text{CO}_2$  and  $\text{CH}_4$ ), but there is substantial spatial and temporal heterogeneity of these emissions across the Arctic and sub-Arctic. Here, a long-term remote sensing analysis of lake formation and development was conducted for two large study areas ( $\sim 1,200 \text{ km}^2$  each) in Central Yakutia. Mask R-CNN instance segmentation was used to semi-automate lake detection in Satellite pour l'Observation de la Terre (SPOT) and declassified US military (CORONA) images. Using these techniques, we quantified changes in lake surface area for three different lake types (unconnected alas lake, connected alas lake, and recent thermokarst lake) since the 1960s and upscale in-situ greenhouse gas measurements to a larger spatial area. Our results indicate that unconnected alas lakes are the dominant lake type, both in number of lakes and total surface area coverage. Unconnected alas lakes appear to be more susceptible to changes in precipitation compared to the other two lake types. The

majority of recent thermokarst lakes form within 1 km of observable human disturbance. These results suggest that climate change and human disturbances are having a strong impact on the landscape cover and hydrology of Central Yakutia. This will likely affect regional and global carbon cycles, with implications for positive feedback scenarios in a continued climate warming situation.

### **A 14,000-YEAR RECORD OF MERCURY CONCENTRATION AND ISOTOPIC SIGNATURES IN A SEDIMENT CORE FROM THE SIBERIAN LAKE MALAYA CHABYDA**

Lara HUGHES-ALLEN<sup>1,2\*</sup>, Frédéric BOUCHARD<sup>1,3</sup>, Boris K. BISKABORN<sup>2</sup>, Jeroen E SONKE<sup>4</sup>

1. CNRS, GEOPS, Université Paris-Saclay, 91405, Orsay, France; 2. Alfred Wegener Institute Helmholtz Centre for Polar and Marine Research, Potsdam, Germany; 3. Centre d'études nordiques (CEN) & Department of Applied Geomatics, Université de Sherbrooke, Sherbrooke QC, Canada; 4. Géosciences Environnement Toulouse, CNRS/IRD/Université Paul Sabatier, Toulouse, France.

[lara.hughes-allen@universite-paris-saclay.fr](mailto:lara.hughes-allen@universite-paris-saclay.fr)

In a warming Arctic, heavy metals, including mercury (Hg), may be released from permafrost soils to the atmosphere as increasing temperature and other disturbances cause permafrost thawing. After release from permafrost soils, Hg can enter hydrological systems and food chains, with negative implications for ecosystems and human populations. Studying past permafrost Hg dynamics, via natural archives of Hg accumulation as a function of climate and environmental change, may help understand future Hg trajectories in warming permafrost landscapes. In this study, we present the results of Hg accumulation and Hg isotope ( $\Delta^{199}\text{Hg}$ ,  $\Delta^{200}\text{Hg}$ ,  $\Delta^{201}\text{Hg}$ ,  $\delta^{202}\text{Hg}$ , and  $\Delta^{204}\text{Hg}$ ) analysis of a 7 m long (~14,000-year-old) sediment core from Lake Malaya Chabyda within the Central Yakutia region (eastern Siberia). The results of the Hg analyses are combined with published results of a multi-proxy biogeochemical analysis on the same sediment core. Our results show strong correlation between Hg accumulation and total organic carbon (wt%). There is a peak in Hg accumulation between 11,000 cal BP and 9,500 cal BP, which corresponds to a peak in organic carbon accumulation rate. It is likely that the peak in Hg accumulation is related to increases in primary productivity within the lake, resulting from changing climatic conditions and nutrient availability. Our results also indicate that there is substantial natural variability in Hg accumulation rate and Hg isotope deposition. Fluctuations in Hg accumulation rates and Hg isotope levels in the sediment core indicate that climate and landscape conditions are important drivers of Hg dynamics in permafrost aquatic environments.

### **JAVANESE HOMO ERECTUS ON THE MOVE IN SE ASIA CIRCA 1.8 MA**

Laurent HUSSON<sup>1\*</sup>, Tristan SALLES<sup>2</sup>, Anne-Elisabeth LEBATARD<sup>3</sup>, Swann ZERATHE<sup>1</sup>, Régis BRAUCHER<sup>3</sup>, Sofwan NOERRWIDI<sup>4</sup>, Sonny ARIBOWO<sup>5</sup>, Claire MALLARD<sup>2</sup>, Julien CARCAILLET<sup>1</sup>, Danny H. NATAWIDJAJA<sup>5</sup>, Didier BOURLES<sup>3</sup> and ASTER team<sup>3</sup>

1\*. ISTERre, CNRS, Univ. Grenoble Alpes, IRD, Grenoble, 38000, France; 2. School of Geosciences, The University of Sydney, Sydney, 2006, NSW, Australia; 3. CEREGE, Aix-Marseille Université CNRS-IRD-Collège de France-INRAE, Technopôle de l'Environnement Arbois-Méditerranée, Aix-en-Provence, 13545, France; 4. Research Center for Archaeometry, National Research and Innovation Agency (BRIN), Jakarta, Indonesia; 5. Research Center for Geological Disasters, National Research and Innovation Agency (BRIN), Bandung, Indonesia.

[laurent.husson@univ-grenoble-alpes.fr](mailto:laurent.husson@univ-grenoble-alpes.fr)

The migration of *Homo erectus* in Southeast Asia during Early Pleistocene is cardinal to our comprehension of the evolution of the genus *Homo*. However, the limited consideration of the rapidly changing physical environment, together with controversial datings of hominin bearing sites, make it challenging to secure the robust timeline needed to unveil the behavior of early humans. Here, we reappraise the first appearance datum of Javanese *H. erectus* by adding the most reliable age constraints based on cosmogenic nuclides  $^{10}\text{Be}$  and  $^{26}\text{Al}$  produced *in situ* to a compilation of earlier estimates. We find that *H. erectus* reached Java and dwelled at Sangiran, Java ca. 1.8 Ma. Using this age as a baseline, we develop a probabilistic approach to reconstruct their dispersal routes, coupling ecological movement simulations to landscape evolution models forced by reconstructed geodynamic and climatic histories. We demonstrate that the hospitable terra firma conditions of Sundaland facilitated the prior dispersal of hominins to the edge of Java, where they conversely could not settle until the Javanese archipelago emerged from the sea and connected to Sundaland. The dispersal of *H. erectus* across Sunda-land occurred over at least tens to hundreds kyr, a time scale over which changes in their physical environment, whether climatic or physiographic, may have become primary forcings on their behavior. Our comprehensive reconstruction method to unravel the peopling timeline of SE Asia provides a novel framework to evaluate the evolution of early humans.

### **CHANGEMENTS CLIMATIQUES FUTURS DES EXTREMES PLUVIOMETRIQUES AU SUD-CONGO (REPUBLIQUE DU CONGO) DURANT LES PERIODES (2021-2050) ET (2051-2080) PAR RAPPORT A LA PERIODE 1991-2020**

Géoffroy IBIASSI MAHOUNGOU<sup>1\*</sup>, Pierre Corneille SAMBOU<sup>2\*</sup>, Debertini Appolinaire. VONDOU<sup>3</sup>, Frange Martial DZIENGUE<sup>4</sup>, Mahoungou TSIMBA AMINATHA<sup>5</sup>

1. Laboratoire Géographie-Environnement et Aménagement (LAGEA); Université Marien NGOUABI BP 69 Brazzaville-Congo. [triompheom7@gmail.com](mailto:triompheom7@gmail.com) / [geoffroyibiassi7@gmail.com](mailto:geoffroyibiassi7@gmail.com); 2\*. Département de géographie; UCAD-Sénégal. [pierrecorneille.sambou@ucad.edu.sn](mailto:pierrecorneille.sambou@ucad.edu.sn).

Le présent article analyse les changements des extrêmes pluviométriques futures durant les périodes (2021-2050) et (2051-2080) au Sud-Congo (République du Congo) par rapport à la période (1991-2020). Ceci dans les perspectives d'apprécier les vulnérabilités et les risques de catastrophes naturelles sectorielles futures afin d'anticiper les mesures d'adaptations potentielles. Les données des précipitations journalières provenant de la base des données CORDEX-Africa sur la période

1991-2100 sont utilisées. Les analyses reposent sur les méthodes statistiques. L'évolution future des extrêmes climatiques du Sud-Congo durant les périodes 2021-2050 et 2051-2080, indique une augmentation des jours très pluvieux; une forte augmentation des jours successifs sans pluies, une augmentation des intensités des pluies.

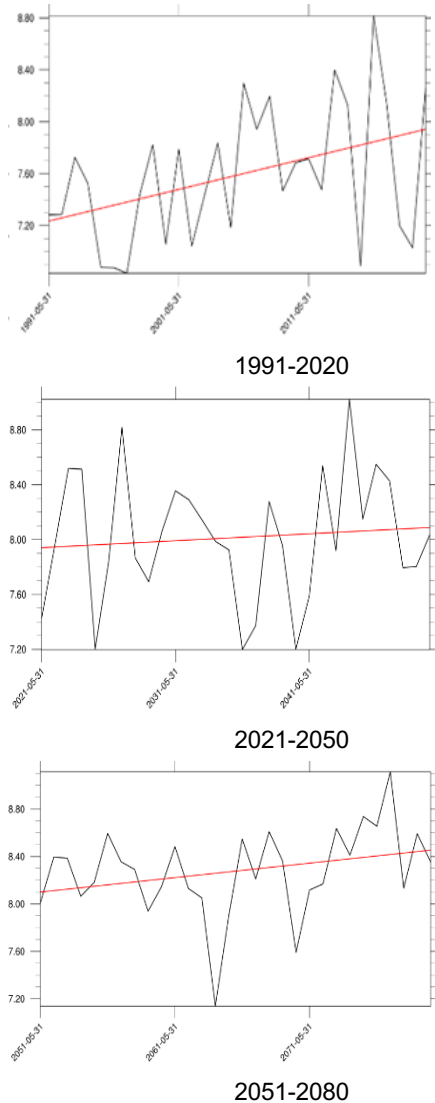


Figure 1: Evolution des indices simples de l'intensité des précipitations (SDII), de la saison MAM des périodes 1991-2020; 2021-2050; 2051-2080 au Sud-Congo

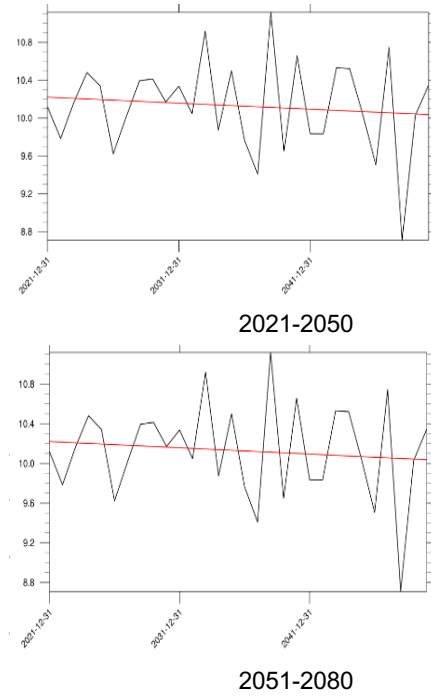
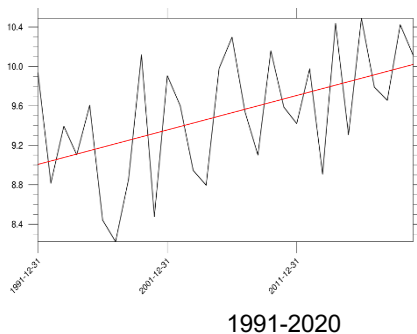


Figure 2: Evolution des indices simples de l'intensité des précipitations (SDII) de la saison OND, périodes 2021-2050 et 2051-2080 par rapport à la période 1991-2020 au Sud-Congo

#### APPORTS DES MODELES HECRAS- WMS ET FHI A L'ETUDE DES EVENEMENTS HYDROLOGIQUES EXTREMES DANS UN BASSIN VERSANT ARIDE SOUMIS AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES (CAS DU BASSIN VERSANT DE L'OUED SIDI IFNI, ANTI ATLAS OCCIDENTAL, MAROC)

Mustapha IKIRRI<sup>1\*</sup>, Said BOUTALEB<sup>1</sup>, Farid FAIK<sup>1</sup>, Mohmad ABIYOU<sup>1</sup>, Abderrahman WANAIM<sup>1</sup>, Amine TOUAB<sup>1</sup>

1. Département de Géologie, Faculté des Sciences, Université Ibn Zohr, Agadir, Maroc.

[mustapha.ikirri@edu.uiz.ac.ma](mailto:mustapha.ikirri@edu.uiz.ac.ma)

Le changement climatique que connaît le globe actuellement, impacte de façon négative les activités socio-économiques et humaines des différents pays. Il se traduit principalement par une amplification des phénomènes extrêmes à l'exemple des inondations. Le bassin versant de l'oued Ifni, situé au SW du Maroc, constitue un bon exemple des zones affectées par les inondations qui ont causé d'énormes pertes de vies humaines et de matériels. L'application des deux méthodes HEC-RAS/WMS et FHI, pour étudier ces phénomènes extrêmes, ont permis de cartographier les extensions latérales et les hauteurs des eaux dans le bassin. Le modèle HEC-RAS/WMS a permis de cartographier avec une grande précision les zones inondables à l'aval du bassin de l'oued Ifni, alors que l'approche de FHI a permis de les cartographier dans l'ensemble du bassin sans préciser les hauteurs des eaux. La comparaison des résultats des deux modèles suggère que l'application de la méthode de FHI est plus avantageuse dans les bassins non équipés de station hydrométrique, mais semble moins précise en termes d'extension latérale et de définition des hauteurs des eaux d'eau par rapport à la méthode HECRAS-WMS.

## DATATION DE BEURRES ARCHEOLOGIQUES PAR MESURE <sup>14</sup>C SUR COMPOSES SPECIFIQUES

Jérémy JACOB<sup>1\*</sup>, Jugurta GHALEM<sup>1</sup>, François THIL<sup>1</sup>

1. *Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement, UMR 8212 du CNRS/CEA/UVSQ, Orme des Merisiers – CEA/Saclay - Bât. 714, 91191 Gif-sur-Yvette Cedex – France.*

[Jeremy.jacob@lscce.ipsl.fr](mailto:Jeremy.jacob@lscce.ipsl.fr)

Etablir des cadres chronologiques robustes et précis reste un enjeu majeur des sciences paléoenvironnementales et de l'archéologie. Depuis quelques dizaines d'années, la possibilité de réaliser des mesures <sup>14</sup>C sur des quantités infimes de carbone a étendu le spectre des possibilités. En particulier la perspective de déterminer l'âge de molécules fossiles préservées dans divers types d'archives afin de limiter les sources de contamination. Cette méthode souffre toutefois de l'absence de standards validés et adoptés par l'ensemble de la communauté.

Dans le cadre d'un exercice d'intercomparaison de datation sur composés spécifiques proposé par l'Université de Bristol, nous avons déterminé par EchoMICADAS l'âge d'acides gras avec 16 et 18 atomes de carbone présents dans des beurres fossiles et dans un beurre actuel. Les beurres fossiles sont fournis par le Muséum National d'Irlande. Il s'agit de beurres préservés dans des tourbières et datés, pour l'un, de l'âge du Bronze et, pour l'autre, de la période post-médiévale. Le beurre actuel (Elle et Vire, 250 g, sans conservateur ni additif, 60% de matières grasses, fabriqué le 11/02/2022) a été acquis en grande surface.

Nous avons suivi le protocole d'extraction/estérification défini par Casanova et al. (2021) puis les conditions de purification des composés individuels par chromatographie en phase gazeuse préparative (prep-GC) proposées par Casanova et al. (2018). La contribution du carbone ajouté lors de l'estérification a été corrigée après détermination du <sup>14</sup>C du méthanol. Le <sup>14</sup>C des aliquots bruts de beurre a été déterminé par Compact Radiocarbon System (ECHO MICADAS) en mode graphitisation et celui des composés par EA-GIS ou graphitisation. Les quantités d'acides gras extraites/estérifiées ont été déterminés lors des injections en prep-GC. Les rendements de purification sont estimés au moyen de la quantité de carbone de chaque échantillon, déterminée par EA-GIS, convertie en masse d'acide gras estérifié.

Les résultats des datations sont très comparables à ceux de la littérature (Casanova et al., 2021 pour les beurres fossiles et Hua et al., 2021 pour le beurre actuel). Toutefois, les écart-types sont importants (~100 ans) du fait de la faible quantité de matière disponible. De nouvelles mesures réalisées avec des prises d'essai plus importantes nous permettront de confirmer ces premiers résultats.

*Ref : Casanova et al. (2018) Practical considerations in high-precision compound-specific radiocarbon analyses: Eliminating the effects of solvent and sample cross-contamination on accuracy and precision. Anal. Chem. 90, 11025–11032 ; Casanova et al. (2021) Generation of two new radiocarbon standards for compound-specific radiocarbon analyses of fatty acids from bog butter finds. Radiocarbon 63, 771-783 ; Hua et al. (2021) Atmospheric radiocarbon for the period 1950-2019. Radiocarbon 64, 723-745.*

## PALEO-ENVIRONMENTAL SIGNIFICANCE AND MODERN ANALOG OF TUNISIAN CALCRETES

Farah JARRAYA<sup>1</sup>, Nejib KALLEL<sup>1</sup>, Barbara MAUZ<sup>2</sup>, Mike ROGERSON<sup>3</sup>, Nouredine ELMEJDOUB<sup>4</sup>, Abdeljalil SGHARI<sup>5</sup>

1. *University, of Sfax, Faculty of Sciences of Sfax, Geology, Sfax, Tunisia (jarrayafarah90@gmail.com); 2. School of Environmental Sciences of Liverpool, UK; 3. School of Environmental Sciences of Northumbria, UK; 4. High institute of Water Sciences and Techniques of Gabes, Tunisia; 5. University of Sfax, Faculty of Letters and Human Sciences of Sfax, Tunisia.*

[jarrayafarah90@gmail.com](mailto:jarrayafarah90@gmail.com)

Continental carbonates are important archives recording climate and paleoenvironmental changes. In Tunisia, calcretes are formed during the Pliocene-early Pleistocene (Villafranchian). Continental carbonates may form in the soil, groundwater, and palustrine and lacustrine environments. Four criteria are used to differentiate these different environments: host rock, components and micromorphological texture, subaerial exposure, and flora and fauna.

The purpose of this study is to investigate the palaeoenvironmental and climatic significance of Tunisian calcretes for the Plio-Pleistocene. For this aim, well-developed carbonate beds were studied along a north-south transect that crosses the climatic boundaries between the latitudes 33° and 37° N: North (N36°43.713 E10°06.681') Center (N35°07.077' E10°14.545') and South (N33°28.898' E10°20.597').

Based on the macroscopic, petrographic, and cathodoluminescence observations, we classified thin sections extracted from the massive horizons in all sites into 8 facies types: The Northern site is characterized by 1) pisolithic calcretes and 2) laminar calcretes showing several beta microfabrics such as rhizolith, peloids, intraclasts, coated grains, cracks, alveolar septal, spherulite, and organic matter. Moreover, 3) pseudo microkarst carbonates were detected in Northern Tunisia by the presence of vertical layers, peloids, intraclasts, pedotubules, and rhizoconcretions.

At the central, 4) laminar calcretes are characterized by planar layers. Both 5) massive brecciated calcretes and 6) mottled nodular brecciated calcretes are distinguished by the abundance of cracks. All these facies types' shows similar pedogenic components such as peloids, coated grains, gastropod shell, alveolar septal, ooids.

The southern site is characterized on the one hand by 7) laminar calcretes composed of peloids, nodules, coated grains, cracks, and on the other hand by 8) groundwater nodules showing a massive aspect with alpha microfabrics. In all sites, the nodular horizons are pedogenic.

Thus, our Plio-early Pleistocene calcretes formed in three main depositional environments: pedogenic, groundwater, and palustrine. The difference between fabrics indicates that during calcrete form in the north in palustrine settings while it forms in groundwater context in the south. Furthermore, the transition between the different environments is controlled mainly by variation in the water table suggesting a variable but generally more humid climate during the Plio-Pleistocene in North Africa.

The modern analog from Pajares Guadalajara central Spain (Alosno Zarza, 2018) and the Bouthadi carbonate nodules are similar on the macro and microscales. Based on this resemblance, during the late Pliocene-early Pleistocene the climate responsible for calcretes formation in Tunisia was characterized by a strong seasonal contrast: 1) more high winter rainfall than today originated from the Mediterranean storm track; followed by a 2) very long dry summer. In the late Pliocene-early Pleistocene the climate in central Tunisia, which is dry nowadays (220 mm/year), was humid with precipitation similar to the modern annual rainfall in central Spain (420 mm/year) which is in turn similar to those in Northern Tunisia (473 mm/year). Thus, during the Plio-early Pleistocene, there was climate humidification throughout Tunisia, with modest increases in the north and a significant increase in the south and suppressed N-S gradient. Finally, the northern margin of the Sahara Desert zone was positioned significantly to the south of 33°N in central North Africa at this time.

### THE EXCITING FIELD OF MARINE ISOTOPE GEOCHEMISTRY

Catherine JEANDEL

LEGOS (CNES, CNRS, IRD, UPS), 14 avenue Edouard Belin, 31400, Toulouse, France

[catherine.jeandel@legos.obs-mip.fr](mailto:catherine.jeandel@legos.obs-mip.fr)

Many trace elements are critical for marine life and therefore influence the functioning of ocean ecosystems and the global carbon cycle. Some of them are also of concern as contaminants. Other trace elements are used to assess modern-ocean processes and the role of the ocean in past climate change. Last but not least, the cycle of many of them is imprinted in sedimentological archives, being extremely informative about past conditions (redox states, nutrient content, past productivity or circulation). However, as their names indicate, the main characteristic of the trace elements is that they are found in extremely low concentration in seawater, making their measurements very challenging. Isotopes of most of these elements have proven to be very useful to trace specific processes, as it will be shown in this talk. However, their analysis was even more challenging than for the concentration, leading to recent and still to scarce sets of data.

Since 2010, the GEOTRACES program is taking up these field and analytical challenges. It gathers marine geochemists of more than 35 countries sharing the same goal: reducing the uncertainties on the trace element (and their isotopes, TEI) sources, sinks, internal cycling and chemical speciation.

Today, 135 cruises have been completed as part of the 12-year GEOTRACES activities, leading to around 1800 publications. The decision of the program being to make all data available in open source, 3 intermediate data product (IDP) were published in 2014, 2017 and 2021 (<https://www.geotraces.org/geotraces-intermediate-data-product-2021/>).

Among the significant progresses on the knowledge of the ocean, radiogenic and stable isotopes contributed greatly to i) change the established paradigm on the TEI oceanic budgets ii) bring new insights into the interaction of the ocean's life with dissolved trace constituents, and the sources and sinks of these trace elements.

The talk will start with a short review of the Nd, Sr and Ni isotope oceanic cycles and how they revealed the role of sediments deposited on the oceanic margins as a source for these elements, leading to a new picture on which the main oceanic sources of chemical species are. Key processes acting at this land-ocean interface (as particle-solution exchanges) will be discussed too. In the second part of the talk the issue of tracing present and past redox oceanic environments, illustrating this with the Mo isotopic cycles will be tackled.

### LARGE ENSEMBLE PARTICLE FILTER FOR PROXY-BASED SPATIAL RECONSTRUCTIONS OF THE LAST 2000-YEARS CLIMATE VARIABILITY

Beyrem JEBRI<sup>1\*</sup>, Myriam KHODRI<sup>1</sup>

1. *Laboratoire d'Océanographie et du Climat: Expérimentations et Approches Numériques, Sorbonne Université / CNRS.*

[beyrem.jebri@locean.ipsl.fr](mailto:beyrem.jebri@locean.ipsl.fr)

Proxy records (corals, marine sediments, etc.) documenting the last 2000 years (2K) provide evidences for the wide range of natural variability not captured by recent direct observations. Assessing climate models ability to reproduce such natural variations is crucial to understand climate sensitivity and impacts of future climate change. The length of record is relatively short for investigating slow climate features, especially when considering coupled ocean-atmosphere variability. In order to extend the information contained in proxies from the locations and times to which they pertain, additional information is needed to create a climate field reconstruction. Paleoclimate data assimilation offers a powerful way to extend the instrumental period and better characterize the decadal to secular natural ocean variability by optimally combining the physics described by climate models with information from available observations while taking into account their uncertainties. Here we present a new Proxy Data Assimilation product based on a sequential importance resampling particle filter (PF-SIR) that uses Linear Inverse Modeling as an emulator of GCMs, providing dynamical ocean memory and improving the reconstruction of low-frequency climate variability. The climate reconstructions include robust uncertainty quantification and a set of physically consistent spatial fields useful for dynamical inquiry beyond what is feasible from proxies or climate models alone. We use these new results to explore low-frequency aspects of main coupled variability modes and provide some constraints on climate model simulations for the last millennium.

### QUEL RELEVEMENT TERRITORIAL DE SAINT-MARTIN 5 ANS APRES L'OURAGAN IRMA?

Gwenaël JOUANNIC<sup>1,2\*</sup>, Julien GARGANI<sup>3,4</sup>, Kelly PASQUON<sup>1</sup>, Chloé TRAN DUC MINH<sup>1</sup>, Denis CROZIER<sup>1</sup>

1. *Cerema Ouest, Nantes*; 2. *CY Cergy Paris Université, Cerema, MATRIS, Nantes, France*; 3. *Université Paris-Saclay, Geops, Orsay*; 4. *Université Paris-Saclay, Centre d'Alembert, Orsay.*

[gwenael.jouannic@cerema.fr](mailto:gwenael.jouannic@cerema.fr)

Le projet Relev s'appuie sur une approche interdisciplinaire en intégrant des compétences en

risques naturels (géographie, génie civil, géologie), aménagement du territoire (urbanisme, architecture) et sciences humaines (psychologie, sociologie, histoire), pour permettre d'améliorer la gestion de la reconstruction des territoires et des populations à la suite de catastrophes naturelles. Le projet se concentre sur le relèvement en cours des îles de Saint-Martin et Saint-Barthélemy, à la suite des ouragans Irma et Maria en septembre 2017. L'approche s'est articulée autour de deux temporalités d'étude pour mieux comprendre l'évolution des stratégies de développement de ces territoires exposés aux catastrophes naturelles: d'une part, une analyse historique des stratégies d'aménagement ante-Irma (de 1947 à 2017), d'autre part un retour d'expérience interdisciplinaire post-Irma (2017-2022) pour suivre la reconstruction de ces territoires. Ce retour d'expérience s'est focalisé plus particulièrement sur la reconstruction physique des infrastructures endommagées (bâtiments, infrastructures et réseaux techniques), le redémarrage des activités du tourisme et des PME en incluant les conséquences de la crise sanitaire de la Covid-19, le relèvement humain du point de vue individuel et collectif (état de stress, solidarité, vie sociale, autonomie économique, habitat, etc.) et enfin la réorganisation de la gouvernance locale. L'objectif est de s'appuyer sur une approche intégrée pour contribuer à l'émergence de nouveaux savoirs sur l'efficacité des stratégies de reconstruction post-catastrophe et de renforcer de manière cohérente la résilience des territoires face aux catastrophes naturelles, et par là même; l'adaptation au changement climatique. Les enseignements du projet Relev documentent la gestion de la phase de reconstruction post-catastrophe à Saint-Martin et Saint-Barthélemy, et souligne la pertinence de planifier cette phase selon des modalités proches de celles déjà adoptées pour anticiper et préparer la gestion de crise. L'analyse interdisciplinaire a permis de mieux comprendre les liens de causalité entre la gouvernance de ces 2 îles, le relèvement psychosociologique des sinistrés, la reconstruction des infrastructures endommagées, la reprise des activités touristiques et l'histoire de l'urbanisation d'îles exposées aux risques naturels. En amont de futurs catastrophes, les enseignements du projet alimenteront également l'élaboration d'outils et de méthodes pour anticiper la gestion de la phase de reconstruction post-catastrophe

### VALUATION DES IMPACTS ECONOMIQUES INDIRECTS GLOBAUX DES INONDATIONS / EVALUATING GLOBAL INDIRECT ECONOMIC IMPACTS OF FLOODS

JUHEL Samuel<sup>1\*</sup>

CIREL – LMD.

[sjuhel@centre-cired.fr](mailto:sjuhel@centre-cired.fr)

Without targeted adaptation policies, economic impacts from flood events are projected to increase globally, due to increases in both exposure and hazard, in a context of demographic growth and climate change (Jongman 2021; Merz et al. 2021; Winsemius et al. 2015; Jongman, Ward, and Aerts 2012). While the direct consequences of extreme events are felt locally, the subsequent functional disruptions often spread through the supply chains systems, thus creating indirect economic damages. These indirect damages are often comparable if not much higher, in economic terms, than the original

direct damages (Dottori et al. 2018; Koks et al. 2014; Dasaklis and Pappis 2013): quantifying them is thus crucial to properly account for the full consequences of disasters. Several economic models have been built to quantitatively assess these indirect costs (Li et al. 2013; Hallegatte 2013; Wenz et al. 2014; Oosterhaven and Bouwmeester 2016). Using such a model, (Willner, Otto, and Levermann 2018) have evaluated, at a global scale, that in the absence of large-scale structural adaptation, the total economic losses due to fluvial floods may increase in the next 20 years globally by 17%. Direct and indirect impacts differ in their geographical pattern: some places, which are expected to be only moderately directly hit by floods, may suffer large indirect economic losses caused by floods occurring elsewhere. These results are however strongly dependent on the state of the economy and especially the trade networks, which can evolve quickly.

In this study, we compare the total economic cost of river floods under different scenarios of changes in climate and in the global trade. To do this, we use, on the global scale, a modified version of ARIO model, a well-established model of natural disaster indirect economic impacts. We simulate the propagation of economic losses of over 10 millions projected floods representative of futur risks according to Dottori et al. 2018 in different climate scenarios. We show that potential evolutions of the global trade deeply impact both the magnitude and spatial repartition of indirect economic costs. This calls for a careful analysis of the level of climate change adaptation in foreign trade partners when assessing countries economic exposure to climate change impacts.

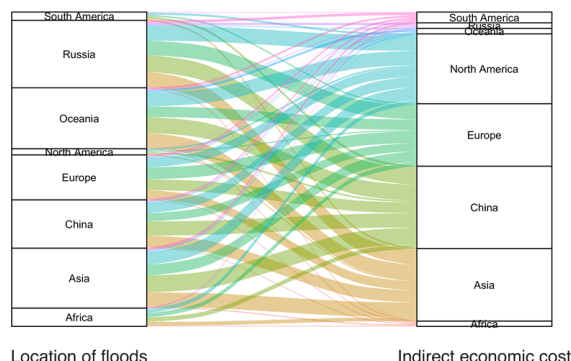


Figure 1: Indirect economic losses from river floods simulated with ARIO and averaged over the 2016-2035 period, under RCP8.5, if the international trade remain similar to what it was in 2011.

### INFLUENCE OF MINERAL DUST INPUTS ON PRIMARY PRODUCTIVITY IN THE NORTHWESTERN ARABIAN SEA SINCE THE LAST GLACIAL MAXIMUM

Alice KARSENTI<sup>1\*</sup>, Charlotte SKONIECZNY<sup>1</sup>, Stéphanie DUCHAMP-ALPHONSE<sup>1</sup>, Xinquan ZHOU<sup>2</sup>, Serge MISKA<sup>1</sup>, Kara LABIDI<sup>1</sup>, Julius NOUET<sup>1</sup>, Olivier DUFAURE<sup>1</sup>, Catherine KISSEL<sup>3</sup>, Franck BASSINOT<sup>3</sup>

1. GEOPS, University of Paris-Saclay, CNRS, 91405 Orsay, France – [alice.karsenti@universite-paris-saclay.fr](mailto:alice.karsenti@universite-paris-saclay.fr); 2. School of Ocean and Earth Sciences, Tongji University, Shanghai 200092, China; 3. LSCE Laboratoire des Sciences du Climat et de



*l'Environnement, CEA- CNRS-UVSQ, 91198 Gif-sur-Yvette, France.*

[alice.karsenti@universite-paris-saclay.fr](mailto:alice.karsenti@universite-paris-saclay.fr)

The Arabian Sea (AS), located in the Northwestern part of the Indian Ocean, is surrounded by desertic regions (i.e. Arabian Peninsula, Pakistan), and thus receives important amounts of mineral dust. It is also under the influence of the Indian monsoon system that creates a coastal upwelling off Somalia and Oman during summer and a convective mixing north of 15°N during winter. Both, mineral dust and surface ocean mixing, bring important amount of nutrients to the euphotic zone and make the AS, one of the most productive oceanic areas. Previous studies of the imprint of primary productivity (PP) in the AS in the past yielded important results on the influence of nutrient inputs from below. However, much less is known about the impact of fertilization by mineral dust. Here, based on a multi-proxy characterization of the detrital fraction of marine core MD00-2354 (61.48°E, 21.04°N; 2740 mbsl), combining grain-size distribution and clay mineralogy composition, we provide for the first time, a high-resolution (~200 yrs) eolian signal in the Northwestern part of the AS over the past 24 000 years. This time interval encompasses a glacial-interglacial transition with rapid fluctuations of ice volume and atmospheric CO<sub>2</sub> concentration and is therefore a perfect case study to explore the impact of key Earth's climate forcing mechanisms on PP for both, past and future climate conditions. Preliminary results indicate important changes in wind intensity, dust sources aridity and/or provenance since the Last Glacial Maximum (LGM) in coherence with previous low-resolution eolian records. The comparison of the eolian signal obtained in this study with primary productivity and upwelling intensity records previously obtained on the same site allows us to decipher the respective influence of mineral dust versus water mixing on PP patterns and suggest a major role of mineral dust inputs since the LGM.

#### **IMPACT DE VARIATIONS DES PRECIPITATIONS LIEES AU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR LA CONTRIBUTION DES EAUX PROFONDES DANS LES NIVEAUX AQUIFERES PEU PROFONDS DANS UN CONTEXTE MEDITERRANEEN**

Somar KHASKA<sup>1</sup>, C. Le Gal LA SALLE<sup>1</sup>, E. FOURRÉ<sup>2</sup>, J.L MICHELOT<sup>3</sup>, A. NORET<sup>3</sup>, C. MARLIN<sup>3</sup>, P VERDOUX<sup>1</sup>, O. BRUGUIER<sup>4</sup>, M. MINET<sup>5</sup>

1. Univ. Nîmes, EA 7352 CHROME, rue du Dr Georges Salan, 30021 Nîmes, France; 2. LSCE, CEA-Saclay, Gif-sur-Yvette, France; 3. Laboratoire Géosciences Paris-Sud (GEOPS) – UMR 8148-Université Paris-Saclay-F-91 405 Orsay Cedex Bat 504, 91405 Orsay, France; 4. Géosciences Montpellier, Université Montpellier, cc 060, Place Eugène Bataillon, 34 095 Montpellier Cedex 5, France; 5. Orano Cycle - ZI de Malvezy, Route de Moussan, 11100 Narbonne.

[somar.khaska@unimes.fr](mailto:somar.khaska@unimes.fr)

Les variations du régime des précipitations associées au changement climatique peuvent induire des modifications de la géochimie des eaux souterraines. L'objectif de cette étude est d'étudier l'évolution géochimique de l'eau d'une source régionale majeure en relation avec les variations de précipitations. La source est considérée comme l'un des principaux exutoires de

l'extrémité sud-est du chevauchement nord-pyrénéen, émergeant à la faveur d'une faille reliant l'aquifère karstique peu profond et les eaux souterraines de l'aquifère profond. L'important débit de cette source, atteignant 2000 m<sup>3</sup>/h, indique une singularité hydrogéochimique à l'échelle régionale présentant des eaux légèrement saumâtres. Les chroniques de la quantité de précipitations ainsi que des données géochimiques et isotopiques ont été exploitées pour étudier le fonctionnement hydrologique du système aquifère.

De manière surprenante, la minéralisation de l'eau augmente avec l'augmentation des précipitations. De même, une augmentation significative des rapports <sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr, de 0,7085 à 0,7090, a été observée avec l'augmentation des précipitations. La corrélation positive entre les rapports <sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr et TDS (mg/L) suggère une contribution des eaux souterraines salines profondes et riches en <sup>87</sup>Sr aux eaux de l'aquifère karstique peu profond. Cette hypothèse est également soutenue par les données isotopiques du soufre où le δ<sup>34</sup>S de l'eau de la source est proche de celui des formations triasiques profondes.

Enfin, l'excès de <sup>4</sup>He radiogénique à l'exutoire de l'aquifère karstique peu profond atteste de l'apport d'hélium d'origine profonde. La corrélation entre <sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr et <sup>3</sup>He/<sup>4</sup>He dans ces eaux confirme également l'hypothèse d'une remontée d'eau profonde.

Les variations temporelles de la minéralisation et des signatures isotopiques de l'eau de source peuvent être expliquées par des variations de la recharge des aquifères en surface induisant une pression hydraulique variable sur l'aquifère profond, conduisant à une remontée en réponse des eaux souterraines salines profondes vers l'aquifère karstique peu profond et enfin aux eaux de source.

Ainsi la minéralisation des eaux de la source augmente avec l'augmentation des précipitations via la remontée des eaux profondes fortement minéralisées. Le couplage des données géochimiques avec les chroniques des précipitations permet de relier l'évolution de la minéralisation de l'eau avec la variation des précipitations et donc in fine prédire leur évolution en fonction des variations climatiques attendues.

#### **SUIVI DE L'EVOLUTION DE LA PLUVIOMETRIE PAR REANALYSE ET STATION AU SOL, ET PERCEPTIONS POPULAIRES DES PRECIPITATIONS ET SES CONSEQUENCES A DAKAR**

Malé KITAL<sup>1\*</sup>, Romain COURAULT<sup>2</sup>, Luc DESCROIX<sup>3</sup>, Marianne COHEN<sup>1</sup>

1. Sorbonne Université, U.R. Médiations, Science des liens, science des lieux, Maison de la recherche, 28 rue Serpente, 75006, Paris, France; 2. Université Paris 1 - Panthéon Sorbonne, UMR Ladyss -Bâtiment de recherche sud -Campus Condorcet – Aubervilliers, France; 3. IRD/MNHN, 58231 Paris.

[male.kital@etu.sorbonneuniversite.fr](mailto:male.kital@etu.sorbonneuniversite.fr)

L'évolution de la pluviométrie au Sahel fait l'objet de nombreuses études car il s'agit d'une région marquée par une forte variabilité pluviométrique, qui impacte sur le fonctionnement de ses socio-écosystèmes notamment urbains. Cependant, les indicateurs du

changement climatique et leurs effets sur les systèmes urbains sont manquants, en particulier à Dakar où la plupart des études se concentrent sur l'érosion littorale et la submersion marine.

Les données météorologiques observées en station étant parfois non disponibles, discontinues et/ou très couteuses, il peut être intéressant de suivre l'évolution des indicateurs d'état de l'atmosphère (températures, précipitations, etc) sur la base de sorties de réanalyses météorologique. Ce travail compare les tendances (moyennes, cumuls annuels, décennaux, ISP « Indice Standardisé de Précipitation » et épisodes de pluies extrêmes) des précipitations, issues des réanalyses MERRA-2 (<https://power.larc.nasa.gov/>) et celles mesurées à la station météorologique de Dakar-Yoff entre 1981 et 2021 (ANACIM).

Une deuxième partie de l'étude (enquête de terrain) s'intéresse à la manière dont les populations installées dans la capitale sénégalaise perçoivent les liens entre la récurrence des inondations à Dakar et les tendances des précipitations en confrontant ces perceptions avec les données pluviométriques.

La moyenne annuelle de la période 1981-2021 obtenue des données de la station météorologique de Dakar-Yoff (393,9 mm) est largement inférieure à celle de MERRA 2 (507,6 mm). Sur les 41 années de la période, 21 sont humides pour les données de Dakar-Yoff et 16 pour les données MERRA 2.

Les taux d'évolution des cumuls pluviométriques entre la première et la dernière décennale de la période 1981-2021 sont concordants entre les deux sources (16 à 17%). Cependant, l'augmentation des précipitations est plus surestimée pour les données MERRA 2 entre la deuxième et la dernière décennale (36%) comparativement aux observations de cumuls enregistrés à la station de Dakar-Yoff (24%).

On observe un résultat inverse pour ce qui concerne le nombre d'épisodes de pluies extrêmes. Le nombre de jours de pluie de plus de 60 mm est 9 fois plus élevé au cours de la période 1981-2021 d'après les données de la station de Dakar-Yoff (27 jours) que d'après les données MERRA 2 (3 jours). Ce nombre double au cours de la dernière décennie (2 jours d'après les données MERRA 2, 10 jours dans la station de Dakar-Yoff, de même que les cumuls, 186 et 829 mm respectivement).

Stations	Moyenne 1981-21	Cumul (mm) 1981-2021	P > 60 mm/J 1981-2021	cumul 1981-1990	cumul 1991-2000	cumul 2001-2010	cumul 2010-2020
Dakar-Yoff	393,9	15686	27	3699,7	3448,7	4243,9	4293,8
MERRA 2	506,7	20194	3	4890,2	4188,57	5391,8	5723,43

Une enquête par questionnaire a été réalisée auprès de 632 personnes, dans 46 communes de la métropole de Dakar afin de mieux comprendre les perceptions des inondations et de l'évolution des précipitations. Interrogés sur ce qui représente une contrainte ou un risque pour eux et leurs familles, 76% des répondants évoquent les inondations. Pour les changements récents observés à Dakar, 49,8 % des interrogés mentionnent la hausse des précipitations, mais seuls 38,13% justifient la récurrence des inondations par cette augmentation. Une perspective de ce travail consisterait à comparer l'amplitude des inondations avec les extrêmes pluviométriques afin de mieux comprendre ce premier constat de décalage entre les perceptions et l'évolution des précipitations. En effet, la vulnérabilité aux

inondations est accrue par la présence de dépressions topographiques qui couvrent 23% (129,63 km<sup>2</sup>) du territoire dont les 8% se trouvent entre -29 et 0 mètres et qui se sont fortement urbanisées au cours de périodes moins pluvieuses.

## RECONSTITUTION DES PALEOENVIRONNEMENTS ET DES EVENEMENTS PASSES DE SUBMERSIONS EXTREMES A PARTIR DES ARCHIVES SEDIMENTAIRES DE LA LAGUNE DE GHAR EL MELH (TUNISIE) PENDANT L'HOLOCENE SUPRIEUR

Balkis Samah KOHILA<sup>1,2</sup>, Laurent DEZILEAU<sup>2</sup>, Soumaya BOUSSETTA<sup>1</sup>, Tarek MELKI<sup>1</sup>, Nejib KALLEL<sup>1</sup>

1. *Laboratoire Géoressources, Matériaux, Environnements et changements globaux, LR13ES23 (GEOGLOB), Faculté des Sciences de Sfax, BP1171, Sfax 3000, Université de Sfax, Tunisie*; 2. *Laboratoire de Morphodynamique Continentale et Côtière (M2C), Université de Caen, UMR 6143, 14000 Caen, France*; Correspondence to: Balkis Samah Kohila.

[balkis.samah@yahoo.fr](mailto:balkis.samah@yahoo.fr)

Dans le contexte actuel du réchauffement global, les modèles climatiques du GIEC prédisent une forte accentuation des événements extrêmes dans les zones littorales au cours des décennies à venir et en particulier en région méditerranéenne. En effet, la Méditerranée figure parmi les hot-spots du changement climatique. Ces phénomènes pourraient modifier de façon drastique les environnements terrestres et donc avoir de fortes conséquences économiques et sociales.

Il est maintenant bien établi que la région méditerranéenne n'a pas été épargnée par les changements climatiques passés. Des fluctuations importantes ont été ainsi enregistrées à des échelles de temps différentes au cours des derniers millénaires.

L'analyse des événements passés apportera donc des informations cruciales qui permettent de mieux prévoir le comportement des écosystèmes littoraux et leurs réactions face aux phénomènes climatiques extrêmes. Dans ce cadre, nous avons appliqué une approche multi-proxies à haute résolution (analyses granulométriques, géochimiques (XRF)) sur des archives sédimentaires lagunaires ainsi que sur des sédiments de surface recueillis dans la lagune de Ghar el Melh (Nord de la Tunisie) ainsi que dans les zones qui l'entourent. L'objectif étant d'identifier et de reconstituer les paléo-événements extrêmes dans cette zone de la rive Sud de la Méditerranée.

Les analyses sédimentologiques effectuées le long de deux carottes de la lagune de Ghar el Melh (GEM3 et GEM4) montrent que leurs sédiments sont dominés par des dépôts argileux ou silto-argileux avec cependant l'intercalation très remarquable de deux niveaux sableux. Les données chronologiques récoltées à partir de ces dépôts indiquent que l'occurrence de ces deux événements de submersion a eu lieu à ~365 Cal AD et ~1763 Cal AD. Les données historiques indiquent que la première couche sableuse (nommée E1) pourrait correspondre au tsunami de 365 Cal AD. Cet événement serait alors corrélé pour la première fois avec la découverte en 2017 dans le Golfe d'Hammamet de la ville immergée par ce tsunami de 365 Cal AD. L'autre

couche sableuse (appelée E2) a été datée de 1690 à 1760 cal AD (voir figure). Elle pourrait être associée soit au tsunami de 1693 bien décrit dans le sud de l'Italie soit à une période de forte activité cyclonique.

D'un autre côté, nos données montrent que les intervalles au cours desquels la composante argileuse augmente considérablement devraient indiquer des périodes d'augmentation de l'humidité qui avaient provoqué l'augmentation des apports sédimentaires et les crues du fleuve de la Medjerda.

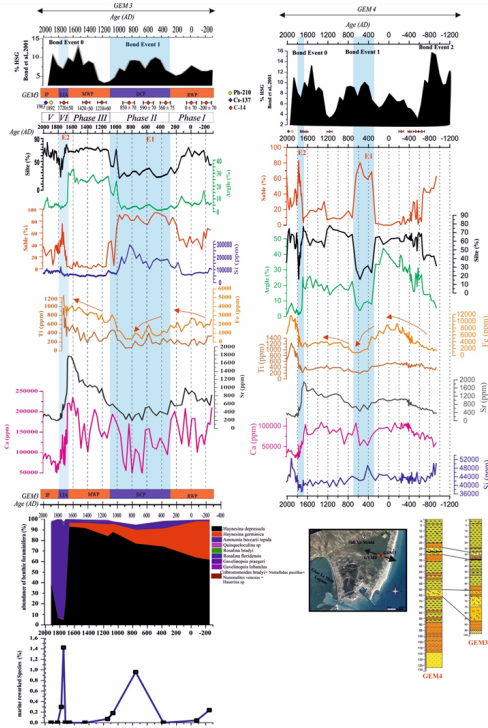


Figure: Reconstitution des événements extrêmes en fonction d'âge, le long des deux carottes GEM3 et GEM4 à partir des études granulométriques (sables, silts et argiles) et géochimiques (Fe, Ti, Ca et Si).

### BIOGEOCHEMICAL RESPONSE TO INCREASED NUTRIENT DELIVERY DURING THE OCEAN ANOXIC EVENT

Jean-Baptiste LADANT<sup>1\*</sup>, Marie LAUGIÉ<sup>2</sup>, Yannick DONNADIEU<sup>2</sup>, Laurent BOPP<sup>3</sup>, Christian ETHÉ<sup>4</sup>, François RAISSON<sup>5</sup>

1. Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement, LSCE/IPSL, CEA-CNRS-UVSQ, Université Paris-Saclay, 91191 Gif-sur-Yvette, France;
2. Aix Marseille Univ., CNRS, IRD, INRA, Coll. France, CEREGE, Aix en Provence, France;
3. LMD/IPSL, École Normale Supérieure / PSL University, CNRS, École Polytechnique, Sorbonne Université, Paris, France;
4. Institut Pierre-Simon Laplace, Sorbonne Université/CNRS, Paris, France;
5. TotalEnergies, Pau, France.

[jean-baptiste.ladant@lsce.ipsl.fr](mailto:jean-baptiste.ladant@lsce.ipsl.fr)

The Cretaceous Oceanic Anoxic Event 2 (OAE2, 94 Ma) at the Cenomanian-Turonian boundary is one of the most extreme perturbations of carbon and oxygen cycles of the last 100 million years, which led to a strong increase in carbon burial in the ocean highlighted by large-scale evidence for anoxic sediments termed 'black shales'.

Episodes of massive volcanism (aerial or submarine) from continental arcs or large igneous province activity are considered today the most likely trigger for the OAE2 because they provide a solution to the increased nutrient delivery to the ocean inferred from proxy data, either directly via Si-, Fe- and P-rich volcanic dusts or indirectly via increased continental weathering consecutive to a volcanism-driven increase in atmospheric pCO<sub>2</sub>. As a consequence of increased marine nutrient budgets, marine productivity and carbon export to the deep ocean would have increased. Paleoenvironmental data additionally indicate major biological changes, such as blooms of siliceous organisms and enhanced nitrogen fixation by diazotrophs.

Here we use the PISCES-v2 biogeochemical model forced by a Cenomanian-Turonian climate as simulated by the IPSL-CM5A2 earth system model. We investigate the impacts of increased nutrient delivery from continental weathering and volcanism on the biogeochemistry of the Cenomanian-Turonian Ocean. We specifically discuss the effects of an imposed versus freely evolving global mean nitrate concentration following the idea of Tyrrell (1999) that phosphorus is the main limiting nutrient for global ocean productivity and that nitrogen fixation regulates nitrate levels in the ocean to maintain a ~ 16:1 N/P ratio.

### GEOLOGICAL AND GEOCHRONOLOGICAL RECONSTITUTION OF THE CAGAYAN VALLEY (LUZON ISLAND, PHILIPPINES)

Jean-Baptiste LAMBAR<sup>1\*</sup>, Pierre VOINCHET<sup>2</sup>, Thomas INGICCO<sup>2</sup>, Alison PEREIRA<sup>3</sup>, Sébastien NOMADE<sup>1</sup>, Hervé GUILLOU<sup>1</sup>, Jean-Jacques BAHAIN<sup>2</sup>, Christophe FALGUÈRES<sup>2</sup>

1. Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement, UMR 8212 LSCE/IPSL, CEA-CNRS-UVSQ, Université Paris-Saclay, F-91191, Gif-sur-Yvette, France;
2. UMR 7194 HNHP, MNHN-CNRS-UPVD, ASU, Département Homme et Environnement, Muséum National d'Histoire Naturelle, F-75013, Paris, France;
3. UMR 8148 GEOPS, Géosciences Paris-Saclay, F-91400.

[jbambar@lsce.ipsl.fr](mailto:jbambar@lsce.ipsl.fr)

The Paleolithic site of Kalinga, in the Cagayan River basin in the Philippines, is associated with the oldest known human occupation traces of the archipelago and dated to 709 ± 68 ka by our research group. This work presents the geomorphological and geochronological study carried out in the region of the site. After the discovery of several surfaces paleontological remains and lithic productions, the region was the subject of numerous excavations from the 1970s, but the chronological framework remained to be specified. In the 2010s, on the Kalinga site, lithic tools and a rhinoceros carcass showing butchery traces were discovered undisturbed in the sedimentary levels, dated afterwards by our team in 2019. Despite these dates, the geomorphological and geochronology of the area are still little known. This work aims to clarify them through the use of ESR dating methods on quartz and <sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar on plagioclase. The sedimentary deposits of the Cagayan Basin are mainly composed of fluvial sands partly formed from minerals of volcanic origin. This composition allows the application of these two absolute dating methods. Our results reveal a human occupation between 900 and

400 ka. From a geodynamic point of view, this period is marked by intense tectonic activity with the compression of the structural layers of the sedimentary basin between the two mountain ranges that surround it, the Sierra Madre to the east and the Cordillera Central to the west. This compression resulted in the basin layers folding, causing the appearance of anticlines. The results obtained make it possible to hypothesize a change in the Cagayan River flow direction about 600 ka ago connected to the folding. The latter is supported by the absence of feldspar crystals from later ages as well as the presence of seismites.

### IMPACT OF REGIONAL CLIMATE CHANGE ON THE MOSQUITO VECTOR *Aedes albopictus* IN A TROPICAL ISLAND ENVIRONMENT

Kévin LAMY<sup>1\*</sup>, Annelise TRAN<sup>2</sup>, Thierry PORTAFAIX<sup>1</sup>, Marie-Dominique LEROUX<sup>3</sup>, Thierry BALDET<sup>4</sup>

1. LACy, Laboratoire de l'Atmosphère et des Cyclones, UMR 8105 CNRS, Université de La Réunion, Météo-France, Saint-Denis de La Réunion, France; 2. CIRAD, UMR TETIS, Sainte-Clotilde, Réunion, France; 3. Météo-France, Direction Interrégionale pour l'Océan Indien, Saint-Denis de La Réunion, France; 4. ASTRE, Univ. Montpellier, Cirad, INRA, Sainte-Clotilde, La Réunion, France.

[kevin.lamy@univ-reunion.fr](mailto:kevin.lamy@univ-reunion.fr)

The recent expansion of *Aedes albopictus* across continents in both tropical and temperate regions and the exponential growth in the number and geographical of dengue cases spread over the past 50 years pose a

significant risk to human health. Although climate change is not the only reason for these expansions, it may increase this risk on global and regional scales. Here we show that regional climatic and microclimatic variations can induce different impacts on the abundance of *Ae. albopictus*. We use the instructive example of Réunion Island with its varied climatic and environmental conditions and available meteorological, climatic, entomological and epidemiological data. Temperature and precipitation data representing three climate scenarios from high resolution regional climate simulations (3 km × 3 km) are input to a mosquito population dynamics model to assess the impact of climate change on the life cycle of *Ae. albopictus*. Our results show the joint influence of temperature and precipitation on the abundance of *Ae. albopictus* as a function of elevation and geographical subregion. In low-elevation areas, decreased precipitation is predicted to negatively impact the environmental carrying capacity and, consequently, the abundance of *Ae. albopictus*. At medium and high elevations, decreased precipitation is expected to be counterbalanced by significantly increased temperatures, leading to increases in the transitions between the different life stages of the mosquito and, consequently, to an increase in the abundance of the dengue vector in the 2070-2100 period (from 2 to 118% depending on the climate scenario).

### UTILISATION DE LA GEOCHIMIE DES COCCOLITHES POUR RECONSTRUIRE LES PCO2 ET LES TEMPERATURES DE SURFACE OCEANIQUES DU PLIOCENE (SITE 999, MER DES CARAIBES)

Goulwen LE GUEVEL<sup>1\*</sup>, Fabrice MINOLETTI<sup>1</sup>, Michael HERMOSO<sup>2</sup>

1. Sorbonne Université, Institut des Sciences de la Terre de Paris (UMR 7193 ISTeP) - France; 2. Université du Littoral Côte d'Opale, Laboratoire d'Océanologie et de Géosciences (UMR 8187 LOG) – France.

[goulwen.le\\_guevel@sorbonne-universite.fr](mailto:goulwen.le_guevel@sorbonne-universite.fr)

Le Pliocène est une des périodes citées par le GIEC comme analogue climatique pour un futur proche. Les températures de surface océaniques (SST) étaient en moyenne 3°C plus élevées qu'aujourd'hui et les *pCO*<sub>2</sub> atmosphériques étaient 1 à 1,5 fois supérieures aux valeurs préindustrielles. Ces deux paramètres clés du climat sont habituellement reconstruits à partir de mesures sur de la matière organique (alcénones des coccolithophoridés) et sur la calcite de microfossiles ( $\delta^{11}\text{B}$ , Mg/Ca,  $\delta^{18}\text{O}$  des tests de foraminifères). Notre approche est d'utiliser une unique archive – les coccolithes, biominéraux calcitiques produits par les coccolithophoridés – pour déterminer à la fois des paléo-SST et des paléo-*pCO*<sub>2</sub>. Les coccolithes sont des archives très prometteuses puisqu'ils sont produits proche de l'interface océan-atmosphère, sont présents en grande quantités dans les sédiments, et y sont souvent très bien préservés.

La méthodologie que nous employons consiste en une succession de microséparations (Minoletti et al. 2009) pour isoler différentes fractions pures de coccolithes de tailles connues et contrôlées. Nous mesurons le  $\delta^{18}\text{O}$  de ses fractions pour calculer les paléo-SST, en prenant en compte le fractionnement isotopique biologique (ou effet vital). Pour déterminer les paléo-*pCO*<sub>2</sub>, nous utilisons le différentiel isotopique en carbone entre des coccolithes de tailles différentes (Hermoso et al. 2016, McClelland et al. 2016), proportionnel aux teneurs en *CO*<sub>2</sub> *aq*. Cette approche novatrice a récemment été enrichie d'une équation de transfert que nous avons utilisé, applicable aux périodes à faible *pCO*<sub>2</sub> comme le Pliocène (Godbillot et al. 2022).

Les résultats présentés proviennent d'échantillons datant du Pliocène et issus du site ODP 999, dans la mer des Caraïbes (13°N). Ils mettent en évidence un réchauffement entre 5 et 4Ma de 26°C à 31°C qui est à comparer avec le refroidissement concomitant observé dans l'Atlantique Sud (site DSDP 516). Entre 4 et 2,5Ma, l'évolution des températures de surface s'inverse dans ces deux régions. Ces résultats sont cohérents avec des résultats précédemment publiés et sont à mettre en relation avec les principaux événements tectonique et climatiques du Pliocène (fin de la fermeture du central american seaway (CAS), bouleversement de l'AMOC, mise en glace progressive des glaces dans l'hémisphère nord). Les *pCO*<sub>2</sub> reconstruites sont cohérents avec la gamme des valeurs précédemment publiées (Rae et al. 2021) et montrent de faibles variations durant le Pliocène (entre 310 et 420ppm sur l'ensemble de l'intervalle). Ces résultats confirment le fort potentiel des coccolithes pour les reconstitutions paléoclimatiques.

Ref: Godbillot, C., Minoletti, F., Bassinot, F., Hermoso, M. (2022). Parallel between the isotopic composition of coccolith calcite and carbon levels across Termination II: developing a new paleo-*CO*<sub>2</sub> probe. *Climate of the Past*, 18(3), 449–464 ; Hermoso M, Chan IZX, McClelland HLO, et al (2016a) Vanishing coccolith vital effects with alleviated carbon limitation. *Biogeosciences* 13:301–312

; McClelland HLO, Bruggeman J, Hermoso M, Rickaby REM (2017) The origin of carbon isotope vital effects in coccolith calcite. *Nat Commun* 8 ; Minoletti F, Hermoso M, Gressier V (2009) Separation of sedimentary micron-sized particles for palaeoceanography and calcareous nannoplankton biogeochemistry. *Nat Protoc* 4:14–24 ; Rae JWB, Zhang YG, Liu X, et al (2021) Atmospheric CO<sub>2</sub> over the Past 66 Million Years from Marine Archives. *Annu Rev Earth Planet Sci* 49:609–641.

### ASSESSING ATMOSPHERIC AND OCEANIC TELECONNECTIONS BETWEEN THE EAST AND WEST MEDITERRANEAN OVER THE PAST 8,000 YEARS

Sandrine LE HOUEDÉC<sup>1\*</sup>, Diederik LIEBRAND<sup>2</sup>, Rick HENNEKAM<sup>3</sup>, Meryem MOJTAHID<sup>4</sup>

1. University of Geneva, Department of Earth Sciences, Rue des Maraîchers 13, CH-1205 Genève, Switzerland; 2. National Oceanography Centre, European Way, SO14 3ZH Southampton, United Kingdom; 3. Department of Ocean Systems, NIOZ Royal Netherlands Institute for Sea Research, P.O. Box 59, 1790 AB Den Burg, Texel, The Netherlands; 4. Univ Angers, Nantes Université, Le Mans Université, CNRS, UMR 6112, Laboratoire de Planétologie et Géosciences, F-49000 Angers, France.

[sandrine.lehouedec@unige.ch](mailto:sandrine.lehouedec@unige.ch)

Holocene climate records from the (circum-)Mediterranean are marked by pervasive millennial to centennial-scale climate fluctuations. Here, we investigate atmospheric and oceanic teleconnections between the East and West Mediterranean by computing phase-relationships between oxygen isotope ( $\delta^{18}\text{O}$ ) records generated on speleothems from the Soreq (East) and Chorchia (West) Caves, as well as between  $\delta^{18}\text{O}$  and carbon isotope ( $\delta^{13}\text{C}$ ) records from planktonic and benthic foraminifera from cores PS009PC (East, Levantin Basin, 552 mbsl) and KESC9-14 (West, Ligurian Basin, 537 mbsl). Foraminiferal  $\delta^{18}\text{O}$  records reflect surface- and intermediate ocean temperature and the seawater  $\delta^{18}\text{O}$  compositions, while foraminiferal  $\delta^{13}\text{C}$  is linked to the rate of renewal of water flowing at the studied depths; in this case tracing Levantine Intermediate Water (LIW). In general, we find in-phase relationships between east and west speleothem  $\delta^{18}\text{O}$  records and planktonic foraminiferal  $\delta^{18}\text{O}$  and  $\delta^{13}\text{C}$  records at millennial-scale periodicities, indicative of closely linked European and North African (hydro-)climatic conditions. Conversely, at intermediate water depths, we find a distinct out-of-phase relationship between the East and West Mediterranean benthic records. We interpret this see-saw pattern at 1000 to 2000 yrs periodicities, observed between both benthic  $\delta^{18}\text{O}$  and  $\delta^{13}\text{C}$  records, as indicative of a persistent regional influence of LIW on oceanographic conditions in the eastern basin. For the western Mediterranean basin, we suggest a strong influence of the Atlantic Ocean inflow (AW) that modulates regionally the intensity of LIW flow rate. Such a mechanism would explain variable circulation rate in the West Mediterranean. The out-of-phase signal between East and West basin is most strongly expressed from 5 ka onward, suggesting perhaps that the AW influence into the western Mediterranean was greater during the Late Holocene.

### HOLOCENE HISTORY OF ARSINE GLACIER (ECRINS-PELVOUX MASSIF, WESTERN ALPS): A DETAILED <sup>10</sup>BE RECORD OF ADVANCES DRIVEN BY CLIMATE AND ROCK AVALANCHES

Melaine LE ROY<sup>1</sup>, Irene SCHIMMELPFENNIG<sup>2\*</sup>, Philip DELINE<sup>1</sup>, Tancrede LEGER<sup>3</sup>, Pierre JEGOT, Philippe SCHOENEICH<sup>4</sup>, Martin HOFMANN<sup>5</sup>, Julien CARCAILLET<sup>6</sup>, Diego CUSICANQUI<sup>1,7</sup>, Xavier BODIN<sup>1</sup>, ASTER

1. Univ. Grenoble Alpes, Univ. Savoie Mont Blanc, CNRS, EDYTEM, Chambéry, France; 2. Aix Marseille Univ, CNRS, IRD, INRA, Coll France, CEREGE, Aix-en-Provence, France; 3. Univ. of Sheffield, Department of Geography, Sheffield, UK; 4. Univ. Grenoble Alpes, Institut d'urbanisme et de Géographie Alpine, Grenoble, France; 5. Univ. of Freiburg, Institute of Earth and Environmental Sciences, Freiburg, Germany; 6. Univ. Grenoble Alpes, Univ. Savoie Mont Blanc, CNRS, IRD, IFSTTAR, ISTERre, Grenoble, France; 7. Univ. Grenoble Alpes, CNRS, IRD, G-INP, IGE, Grenoble, France

[schimmel@cerege.fr](mailto:schimmel@cerege.fr)

Late glacial to Early Holocene (EH) glacier variations in the Alps have been thoroughly investigated and are increasingly being refined, mainly using cosmogenic beryllium-10 (<sup>10</sup>Be) dating of moraines. In contrast, knowledge of the glacier fluctuations of the Late Holocene (the Neoglacial) is still fragmentary because of the scarcity of preserved surface deposits predating the Little Ice Age (LIA).

Here, we provide >50 <sup>10</sup>Be boulder ages, a dataset that is unprecedentedly large in the Alps, constraining the behaviour of Arsine Glacier, French Alps, from the EH to the end of the LIA. Our mapping reveals several successive and isolated moraine ridges in the western and eastern valleys that divided the ice body into two branches in the past. Further upslope, the forefield of Arsine Glacier is characterized by (i) a prominent landform with concentric lobes, previously interpreted as a moraine-derived rock glacier, which is framed by an extensive and chaotic boulder field and is overtopped - in the most glacier-proximal part - by (ii) an outstanding, large complex of unvegetated till and lateral and frontal composited moraines.

The chronological results from the down-slope moraines indicate four EH oscillations between ~11.6 and ~10.8 ka. Robust constraints on the spatial extent of these stadials show a  $\delta\text{ELA}$  ranging from 219 m to 164 m respective to the LIA. The boulder field deposit was dated to around ~10.7 ka, and is interpreted here to have resulted from a catastrophic rock avalanche during the progressive EH warming, covering the eastern branch of the ice body. Dating of the lobes of the resulting rock-glacier-like landform suggests creeping and asynchronous stabilization of the debris cover between ~10.3 and ~9.6 ka, as a delayed response to EH warming. As elsewhere in the Alps, no <sup>10</sup>Be boulder ages corresponding to the mid-Holocene were found. Dating of the glacier-proximal moraine complex allows assigning its deposition to the Neoglacial. The emplacement of the feature had started no later than ~3.7 ka. A subsequent period of glacier maxima is dated to ~2.6 ka on both sides of the glacier. The next advance is tracked by four consistent ages averaging  $1.78 \pm 0.12$  ka on the left lateral outermost ridge crest. This dating result falls within a rather glacier-unfriendly period in the

Alps, which could call into question the purely climatic origin of this advance. During the LIA, an early advance deposited the outermost frontal moraine on the Neoglacial complex at  $680 \pm 140$  yr ago ( $1340 \pm 140$  CE), while the innermost preserved lateral moraine is dated to  $170 \pm 10$  yr ( $1850 \pm 10$  CE).

This record is, to our knowledge, the most detailed 10Be-based Holocene glacier chronology in the Alps, and agrees well with other existing glacier records from this region. We propose that, apart from the directly climate-driven glacier advances and corresponding moraine deposits of the EH and the Neoglacial, glacier advances also occurred due to deposition of rock fall debris on the glacier, following warm-period-related destabilization of the cirque rock walls.

### **EXPLORATION DES FORÇAGES ET MÉCANISMES ASSOCIÉS À LA RÉCURRENCE DES PÉRIODES HUMIDES AFRICAINES QUE RENSEIGNENT LES DEUX DERNIERS CYCLES CLIMATIQUES**

Maxime LEBLANC<sup>1\*</sup>, Charlotte SKONIECZNY<sup>2</sup>, Aloys BORY<sup>3</sup>, Viviane BOUT-ROUMAZELLES<sup>3</sup>, Serge MISKA<sup>2</sup>, Julius NOUET<sup>2</sup>, Romain ABRAHAM<sup>3</sup>, Marion DELATTRE<sup>3</sup>, Bruno MALAIZÉ<sup>4</sup>

1. *Université Paris-Saclay, CEA-CNRS-UVSQ, UMR 8212 – LSCE – Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement, F-91190 Saint-Aubin, France*; 2. *Université Paris-Saclay, CNRS, UMR 8148 – GEOPS – GEOsciences Paris-Saclay, F-91405, Orsay, France*; 3. *Université Lille, CNRS, Université Littoral Côte d'Opale, UMR 8187 – LOG – Laboratoire d'Océanologie et de Géosciences, F-59000 Lille, France*; 4. *Université de Bordeaux, CNRS, UMR 5805 – EPOC – Environnements et Paléoenvironnements Océaniques et Continentaux, F-33615 Pessac, France*.

[maxime.leblanc@lsce.ipsl.fr](mailto:maxime.leblanc@lsce.ipsl.fr)

Au cours du Quaternaire, les variations d'insolation reçues au niveau du continent Africain ont régi la dynamique de la mousson dans cette région engendrant la récurrence de périodes d'intenses précipitations appelées périodes humides Africaines (AHP). Sur le continent, ces AHP se caractérisent par une profonde transformation du cycle hydrologique saharien, favorisant l'essor de vastes réseaux fluviaux, la hausse du niveau des lacs ainsi que le développement d'une faune et d'une flore tropicale au sein d'une région actuellement hyperaride. Dans le contexte actuel du réchauffement climatique, ces périodes de basculement brutal entre deux états climatiques extrêmes (aridité versus humidité) du continent Nord-Africain représentent de précieux analogues passés qui demeurent cruciaux à étudier pour améliorer les projections climatiques de ces régions vulnérables. Dans le cadre du projet INSU LEFE AFROCLIM, les huit AHP que renseignent les deux derniers cycles climatiques sont étudiées à travers le signal éolien (dépôt de poussières Sahariennes) enregistré dans une carotte sédimentaire marine prélevée au large de la Mauritanie (MD03-2705 -  $18^{\circ}05'N$ ;  $21^{\circ}09'W$ ; 3085 mbsl). Une approche multi-traceurs menée à haute résolution (1 échantillon/200 ans) combinant flux de poussières, minéralogie des argiles, spectrocolorimétrie, distribution granulométrique et composition géochimique de ces dépôts détritiques

permet de proposer des reconstructions inédites des changements hydrologiques et de la circulation atmosphérique passés de cette région à l'échelle millénaire. Par ailleurs, l'exploration de la récurrence des AHP à partir d'analyses spectrales permet, de façon inédite, de discuter le rôle des différents paramètres orbitaux sur les temporalités et mécanismes de mise en place, terminaison et durées des différentes AHP.

### **SIMULATING RIVER DISCHARGES AND FLOOD EVENTS FROM LARGE-SCALE ATMOSPHERIC INFORMATION: EXAMPLE OF THE UPPER RHÔNE RIVER (EUROPEAN ALPS)**

Caroline LEGRAND<sup>1\*</sup>, Bruno WILHELM<sup>1</sup> (deceased), Benoît HINGRAY<sup>1</sup>

*1. Institute for Geosciences and Environmental Research, University Grenoble Alpes, CNRS, IRD, G-INP, GRENoble, France.*

[caroline.legrand@univ-grenoble-alpes.fr](mailto:caroline.legrand@univ-grenoble-alpes.fr)

In this study, we assessed the ability of two typical simulations chains to reproduce over the last century (1902-2009) and from large-scale atmospheric information only observed temporal variations of river discharges and flood events of the Upper Rhône River (10,900 km<sup>2</sup>). The modeling chains are made up of (i) the atmospheric reanalysis ERA-20C, (ii) either the statistical downscaling model SCAMP (Raynaud et al., 2020) or the dynamical downscaling model MAR (Ménégoz et al., 2020), and (iii) the glacio-hydrological model GSM-SOCONT (Schaeffli et al., 2005).

The daily Mean Areal Temperature (MAT) and Precipitation (MAP) time series were compared to the observed ones over the period 1961-2009. The meteorological results highlight the need for a bias-correction for both downscaling models. To avoid irrelevant simulations of the snowpack dynamics, especially for high elevations, the bias-correction was need not only for the precipitation and temperature scenarios but also for the lapse scenarios of the dynamical downscaling chain. Simulated discharges are globally in very good agreement with the reference ones in the bias-corrected simulations. Whatever the river basin considered, the multi-scale observed variations of discharges are well reproduced (daily, seasonal and interannual). The reconstruction power of the chains is lower for low frequency hydrological situations, namely low flow sequences and annual discharge maxima. Flood events tend to be underestimated by each simulation chain.

Flood activity was derived from the discharge time series using the Peak Over Threshold (POT) method. The results over the last century are very promising, and encourage us to continue towards simulations over the last millennium. Outputs from the CMIP6-PMIP4 archives will be statistically downscaled with the SCAMP model (for reasons of computation costs) and used as forcings in the GSM-SOCONT model. The simulated variations of flood activity of the Upper Rhône River will be compared to those obtained during the last years from the sediments of Lake Bourget.

Ref: Raynaud et al. (2020) *HESS* doi.org/10.5194/hess-24-4339-2020; Ménégoz et al. (2020) *HESS* doi.org/10.5194/hess-24-5355-2020; Schaeffli et al. (2005) *HESS* doi.org/10.5194/hess-9-95-2005.

## L'ACTINIUM 227 DANS LE SECTEUR ATLANTIQUE DE L'OCEAN AUSTRAL : ETUDE DE L'INFLUENCE DES MARGES OCEANIQUE SUR LE MELANGE VERTICAL DE L'OCEAN PROFOND

Martin LEVIER<sup>1\*</sup>, Matthieu ROY-BARMAN<sup>2</sup>, Arnaud DAPOIGNY<sup>2</sup>, François LACAN<sup>3</sup>

1. CEA DIF, Chemin du Ru, 91680 Bruyères-le-Châtel, France; 2. LSCE, route de Saint-Aubin, 91190 Gif-sur-Yvette, France; 3. LEGOS, Toulouse, France.

[martin.LEVIER2@cea.fr](mailto:martin.LEVIER2@cea.fr)

L'actinium 227 (demi-vie = 21.7 ans) est un isotope radioactif de la chaîne de désintégration de l'uranium 235 pouvant servir de traceur du mélange de l'océan profond. Il est le produit de désintégration du <sup>231</sup>Pa accumulé dans les sédiments marins. La principale source d'actinium vers l'océan est alors la diffusion depuis les sédiments profonds. Cependant, les mesures de <sup>227</sup>Ac restent peu nombreuses du fait des contraintes techniques imposées par les concentrations d'ultra-trace dans l'eau de mer, de l'ordre de l'attogramme par litre (1 ag/L = 10<sup>-18</sup> g/L). Nous avons développé une nouvelle méthode d'analyse du <sup>227</sup>Ac applicable sur des échantillons de 10L d'eau de mer, par ID-MCICPMS, qui nous a permis d'analyser des échantillons prélevés dans le secteur Atlantique de l'océan Austral lors de la campagne BONUS GoodHope (2008). Les échantillons se répartissent le long d'un transect partant de la marge africaine, traversant tout le courant circumpolaire Antarctique (ACC) jusqu'à la branche nord du gyre de Weddell. Les mesures d'actinium en excès s'échelonnent de notre limite de détection, d'environ 0.5 ± 0.3 ag/L dans les eaux de surface, jusqu'à des concentrations de 7.3 ± 1.5 ag/L (incertitudes exprimées en 2σ<sub>n</sub>; 1 ag/L = 0.161 dpm/m<sup>3</sup>) dans les eaux de fond du gyre de Weddell. Ces mesures nous ont permis dans un premier d'apporter de nouvelles estimations du coefficient de mélange vertical (Kz) de l'océan profond, allant de 14.7 ± 1.3 cm<sup>2</sup>/s près de la marge africaine, 0.45 cm<sup>2</sup>/s (distribution non gaussienne: intervalle 1s = [0.19 ; 1.05]) dans les eaux au-dessus de la dorsale océanique. De plus, ces mesures ont également permis de proposer une nouvelle approche pour décrire la distribution des radionucléides dans le gyre de Weddell, qui permet de décrire à la fois le <sup>230</sup>Th, le <sup>231</sup>Pa et le <sup>227</sup>Ac

Actinium 227 (half-life = 21.7 years) is a radioisotope that can be a powerful tracer of the vertical mixing of deep ocean. <sup>227</sup>Ac is produced by <sup>231</sup>Pa decay mainly accumulated in deep sediments. So, the main source of actinium to the ocean is the diffusion from deep sediment. Nevertheless, <sup>227</sup>Ac measurements remain scarce due to its ultra-trace concentration in ocean, about few attograms by liters and less (1 ag/L = 10<sup>-18</sup> g/L). We have developed a new analytical protocol coupling <sup>227</sup>Ac and <sup>231</sup>Pa measurement by ID-MCICPMS, designed for 10L sample. This new protocol allows us to analyse sample from the BONUS GoodHope cruise (2008), in the Atlantic sector of the Southern Ocean. This transect goes from the African margin to the northern part of the Weddell gyre, and crossing the whole Antarctic Circumpolar Current (ACC). Excess concentrations are scaling from our detection limit, about 0.5 ± 0.3 ag/kg, in surface water to 7.3 ± 1.5 ag/kg in bottom waters of Weddell gyre. These new data bring new estimation of the vertical component of the eddy

diffusion coefficient (Kz) of deep waters, from 0.45 cm<sup>2</sup>/s (non-Gaussian distribution: 1s range = [0.19 ; 1.05]) above the mid ocean ridge to 14.7 ± 0.3 cm<sup>2</sup>/s near the African margin. Moreover, this dataset allow to give new insight on the Weddell Gyre scavenging model by using a new point of view that consider <sup>230</sup>Th, <sup>231</sup>Pa and <sup>227</sup>Ac distributions

## NEW EVIDENCES OF THE ~2.4 MYR ECCENTRICITY CYCLE IN SEDIMENTS OF THE SOUTH CHINA SEA AND THE PACIFIC OCEAN SINCE THE LATE OLIGOCENE

Mengjun LI<sup>1,2</sup>, Christophe COLIN<sup>1</sup>, Shiming WAN<sup>2</sup>

1. Université Paris-Saclay, CNRS, GEOPS, 91405, Orsay, France; 2. Key Laboratory of Marine Geology and Environment, Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071, China.

[limengjun@qdio.ac.cn](mailto:limengjun@qdio.ac.cn)

We present a 28 Myr record of foraminiferal Nd isotopic compositions (εNd) from sediments of Site U1501 drilled in the northern South China Sea. Our results combined with previous εNd records obtained in the Pacific Ocean permit to identify variations with a significant 2.4-2.5 Myr cyclicity since the late Oligocene. Such cyclicity has been attributed to the 2.4 Myr eccentricity cycle. Our εNd record indicates that each minimum of the past seawater εNd variations are associated to eccentricity maximum suggesting major hydrological changes in the Pacific Ocean and/or Nd lithogenic inputs to the ocean from huge Asian river systems. To better constrain the role of the 2.4 Myr eccentricity cycle forcing, we have compared our εNd records with high temporal resolution of δ<sup>13</sup>C and δ<sup>18</sup>O records obtained available in the South China Sea (e.g. ODP Site 1148) as well as on other regions of the Ocean, which show also prominent ~2.4 Myr cycles since the early Miocene. In this study, we discuss then link between 2.4 Myr eccentricity cycle, low-latitude climate through changes of Asian monsoon rainfall, weathering intensity variations on land and carbon cycle in the Ocean.

## LA COMPOSITION ISOTOPIQUE DE L'HYDROGENE DES ALCENONES ENREGISTRE LES PALEO-SALINITES DU BASSIN DE PANAMA

Elise LUCIANI<sup>1\*</sup>, Guillaume LEDUC<sup>1</sup>, Frauke ROSTEK<sup>1</sup>, Yoann FAGAULT<sup>1</sup>, Edouard BARD<sup>1</sup>

1. Aix Marseille Univ, CNRS, IRD, INRAE, Coll France, CEREGE, Technopôle de l'Arbois-Méditerranée, 13545 Aix-en-Provence, France.

[luciani@cerege.fr](mailto:luciani@cerege.fr)

Reconstruire le cycle hydrologique passé est crucial pour comprendre sa variabilité naturelle et mieux anticiper ses évolutions futures. La salinité de surface de l'océan constitue un marqueur sensible du cycle de l'eau en domaine tropical, et ses variations régionales reflètent principalement les grandes structures atmosphériques qui sous-tendent le cycle de l'eau en domaine tropical telles que la zone de convergence intertropicale et les systèmes de mousson.

Des études ont montré une relation significative entre la composition isotopique de l'hydrogène (δD) des alcénones (molécules produites par les algues haptophytes, les coccolithophoridés) et la salinité de

surface de l'océan [1,2]. La mesure des isotopes stables des alcénones, telles que les  $C_{37}$  et  $C_{38}$  s'effectue en GC-IRMS (chromatographie en phase gazeuse-spectrométrie de masse à rapport isotopique). Cependant, il existe une différence isotopique entre les  $C_{37}$  di-insaturées ( $C_{37:2}$ ) et les  $C_{37}$  tri-insaturées ( $C_{37:3}$ ) [3]. Or, les deux molécules co-éluent lors de la GC avec les méthodes conventionnelles, ne permettant pas une séparation optimale entre les  $C_{37:2}$  et les  $C_{37:3}$ . Une correction du  $\delta D_{C_{37}}$  a posteriori est possible en utilisant la valeur de l'Uk'37 [4] mais est une source d'incertitude supplémentaire pour l'estimation des paléo-salinités.

Nous développons au CEREGE une méthode de purification des alcénones  $C_{37:2}$  et  $C_{38:2}$  par HPLC-MS prep (chromatographie en phase liquide-spectrométrie de masse) permettant la mesure isotopique en GC-IRMS sur des composés uniques sans biais de co-élution [5,6].

En parallèle, d'autres développements méthodologiques ont montré une possible séparation des alcénones  $C_{37:2}$  et  $C_{37:3}$  en GC avec une phase stationnaire plus polaire sur des cultures [7,8] ou des études paléocéanographiques [9].

Nous montrerons les premiers résultats des développements analytiques en cours au CEREGE, basés sur la comparaison de ces deux méthodes de mesures isotopiques sur les alcénones en  $C_{37:2}$  et  $C_{38:2}$  extraites de la carotte MD02-2529, prélevée dans le bassin de Panama, afin de reconstruire les variations de l'hydrologie de surface de l'océan au cours de la dernière transition glaciaire-interglaciaire. Ces données pourront être comparées à des données de  $\delta D$  des alcénones de la zone [10] et les données isotopiques issues des mesures de  $\delta^{18}O$  effectuées sur des foraminifères planctoniques [11].

Ref: [1] Schouten, et al., (2006). *Biogeosciences*, 3(1), 113–119 ; [2] Gould, et al. (2019). *Geochim. Cosmochim. Acta*, 246, 478–497 ; [3] D'Andrea et al. (2007) *Anal. Chem.*, 79, 3430–3435 ; [4] van der Meer, et al. (2013). *Geochim. Cosmochim. Acta*, 111, 162–166 ; [5] Schwab & Sachs (2011). *Geochim. Cosmochim. Acta*, 75, 7552–7565 ; [6] Leduc, et al. (2013). *Earth Planet Sc. Lett.* 362, 151–162 ; [7] Longo, et al. (2013). *Org. Geochem.*, 65, 94–102 ; [8] Zheng, et al. (2017). *Organic Geochemistry* 111, 136–143 ; [9] Weiss, et al. (2019). *Paleoceanography and Paleoclimatology*, 34, 978–989. [10] Pahnke, et al. (2007). *Paleoceanography*, 22, PA4214 ; [11] Leduc, et al. (2007). *Nature* 445, 908–911.

#### CHANGES IN PRODUCTIVITY AND INTERMEDIATE CIRCULATION IN THE NORTHERN INDIAN OCEAN SINCE THE LAST DEGLACIATION: NEW INSIGHTS FROM BENTHIC FORAMINIFERA HOEGLUNDINA ELEGANS CD/CA RECORDS AND BENTHIC ASSEMBLAGE ANALYSES

Ruifang MA<sup>1\*</sup>, Sophie SEPULCRE<sup>1</sup>, Laetitia LICARI<sup>2</sup>, Frédéric HAURINE<sup>1</sup>, Franck BASSINOT<sup>3</sup>, Zhaojie YU<sup>4</sup>, Christophe COLIN<sup>1</sup>

1. GEOPS, Université Paris-Saclay, CNRS, Orsay, 91405, France; 2. CEREGE, Aix-Marseille Université-Europole de l'Arbois-BP80, Aix-en-Provence, 13545, France; 3. LSCE/IPSL, CEA CNRS UVSQ, Gif Sur Yvette, F-91190, France ; 4. Key Laboratory of Marine Geology and Environment, Institute of Oceanology,

Chinese Academy of Sciences, Qingdao, 266071, China.

[maruifang89@hotmail.com](mailto:maruifang89@hotmail.com)

The Indian Ocean is an important region to understand the mechanisms ruling the global ocean circulation, and atmosphere-ocean relationships, especially through the intermediate water masses. Studying paleoproductivity and past nutrient concentration of intermediate water masses in the northern Indian Ocean will allow us to completely understand the influence of monsoon climate changes in tropical ocean ecology at different timescales. We propose to combine benthic foraminiferal assemblages and *Hoeglundina elegans* Cd/Ca from marine sediment cores MD77-191 (07°30'N-76°43'E, 1254 m water depth) and MD77-176 (14°30'N-93°07'E, 1375 m water depth), in the south tip of India and the northeastern Bay of Bengal (BoB), respectively, to obtain the evolution of intermediate water circulation and paleo-nutrient changes in the northern Indian Ocean since the last deglaciation.

From the *H. elegans* Cd/Ca ratios, we reconstructed past changes in the  $Cd_w$ , which is mainly affected by past changes in surface productivity and/or intermediate water ventilation. The benthic foraminiferal assemblage analysis is consistent with the geochemical records. Results indicate that during the last deglaciation, millennial-scale events (Heinrich Stadial 1 and Younger Dryas) are marked by a decrease in the  $Cd_w$  values which indicate a decreasing surface productivity and enhanced ventilation of intermediate-bottom water masses, coincident with increased benthic  $\delta^{13}C$  values, low B-P  $^{14}C$  age offsets and depleted  $[CO_3^{2-}]$ . All these observations provide strong evidences for an increased northward penetration of Antarctic Intermediate Water (AAIW) in the northern Indian Ocean during these time intervals. This was associated with enhanced upwelling in the Southern Ocean, reflecting a strong sea-atmospheric  $CO_2$  exchange through Southern Ocean ventilation during the last deglaciation.

During the Holocene, however, our results suggest the strong control of intermediate water  $Cd_w$  by orbitally-driven changes in summer monsoon productivity. This is evident the early Holocene (10-6 cal ka) corresponds to a poor productivity as indicated by benthic foraminiferal assemblages, resulting in depleted intermediate water  $Cd_w$ . These observations seem to result from enhanced monsoon precipitation and/or increased river inputs from the Himalayan Rivers, which led to more marked stratification and a reduction in productivity. By contrast, during the late Holocene (5.2-2.4 cal ka), benthic foraminiferal assemblages indicate a meso- to eutrophic deep-water conditions associated with high surface productivity, and consistent with the markedly increased intermediate water  $Cd_w$  concentrations, corresponding to weakened monsoon intensity and rainfall, in agreement with other local records and reconstructions of the paleo-monsoon strength.

#### IMPACT DU VOLCANISME SUR LA DIAGENÈSE SEDIMENTAIRE

Marine MANOUX<sup>1</sup>, Jean-Pascal DUMOULIN<sup>2\*</sup>, Bruno BOMBLED<sup>3\*</sup>, Gaël MONVOISIN<sup>4\*</sup>, Christophe RABOUILLE<sup>5\*</sup>, Lucie PASTOR<sup>6\*</sup>, Olivier ROUXEL<sup>7\*</sup>, Cécile CATHALOT<sup>8\*</sup>



1. Geo-Ocean UMR 6538 CNRS - Ifremer - UBO - UBS, F-29280 Plouzané, France, 1625 Rte de Sainte-Anne, 29280 Plouzané et LSCE, CEA-Orme des Merisiers, Bat 714, 91190 Gif sur Yvette; 2. LMC14, LSCE/IPSL, CEA-CNRS-UVSQ Orme des Merisiers, Bat 714, 91190 Gif sur Yvette; 3. LSCE, CEA-Orme des Merisiers, Bat 714, 91190 Gif sur Yvette; 4. GEOPS, Bâtiment 504, Rue du Belvédère, Université Paris Saclay, 91405 ORSAY Cedex; 5. LSCE, CEA-Orme des Merisiers, Bat 714, 91190 Gif sur Yvette; 6. IFREMER, 1625 Rte de Sainte-Anne, 29280 Plouzané; 7. Geo-Ocean UMR 6538 CNRS - Ifremer - UBO - UBS, F-29280 Plouzané; 8. Geo-Ocean UMR 6538 CNRS - Ifremer - UBO - UBS, F-29280 Plouzané.

[jean-pascal.dumoulin@lsce.ipsl.fr](mailto:jean-pascal.dumoulin@lsce.ipsl.fr)

En mai 2018 l'île de Mayotte a été impactée par une crise sismovolcanique ayant donné naissance à un nouveau Volcan, Fani Maoré, de 820m de haut, à 3500m de profondeur, situé à 50 km à l'Est de Mayotte. Il s'agit de la plus grosse éruption sous-marine jamais documentée. Elle a entraîné des coulées de lave de part et d'autre de ce nouveau site éruptif ainsi que des dépôts de téphras et d'oxydes de fer à la surface des sédiments environnants. Des sorties de fluides riches en CO<sub>2</sub> sont présentes au niveau du nouveau volcan mais également au niveau du Fer à Cheval situé à l'Ouest du volcan, à 1500m de profondeur. Dans cette étude, nous nous intéressons à l'impact du volcanisme récent sur la diagenèse sédimentaire, dans le but de permettre une meilleure utilisation et un meilleur développement de proxys du volcanisme dans les sédiments marins. Les carottes sédimentaires d'une zone de référence sont comparées à celles de transects se rapprochant du volcan selon les axes Sud-Est, Est, Nord-Est ainsi qu'à une zone située dans le Fer à Cheval. La quantification du carbone organique particulaire (COP), l'identification de son origine ( $\delta^{13}\text{C}$  du COP), ainsi que l'analyse des eaux interstitielles (carbone inorganique dissous [DIC]; [Alcalinité]; [O<sub>2</sub>]; [NO<sub>3</sub> + NO<sub>2</sub>]; [SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>]; [Fe<sup>2+</sup>]) ont permis de mettre en évidence une faible minéralisation de matière organique dans toute la zone. Les concentrations mesurées de DIC et d'alcalinité mises en évidence dans les sédiments près d'une coulée de lave ne peuvent donc pas s'expliquer par les transformations biogéochimiques de la diagenèse précoce. Pour déterminer l'origine de ce DIC, des mesures de composition isotopique en <sup>14</sup>C ( $\Delta^{14}\text{C}$ -DIC) ont été effectuées. La comparaison de ces compositions au niveau des sorties de fluides, ayant des valeurs allant de -965‰ à -998‰, avec celles des eaux interstitielles, avec des valeurs allant jusqu'à -927‰, a permis de mettre en évidence que le DIC contenu dans les sédiments situés près d'une coulée de lave proviendrait des remontées de DIC très ancien, probablement d'origine mantellique, liées à la circulation de fluides installée dans cette zone.

**PALEOTEMPERATURES,  
PALEOENVIRONNEMENTS ET OCCUPATIONS  
NEANDERTALIENNES A WAZIERS (FRANCE) AU  
COURS DE L'AVANT-DERNIERE TRANSITION  
GLACIAIRE /INTERGLACIAIRE (SIM6/5)**

Chloé MARÉCHAL<sup>1\*</sup>, Christophe LÉCUYER<sup>1</sup>, David HÉRISON<sup>2</sup>, Marie-Antoinette MÉLIÈRES<sup>3</sup>, Romain AMIOT<sup>1</sup>, François FOUREL<sup>4</sup>, Pierre ANTOINE<sup>5</sup>, Patrick AUGUSTE<sup>6</sup>, Laurent DESCHODT<sup>4,6</sup>

1. Univ Lyon, Université Claude Bernard Lyon 1, ENSL, CNRS, UMR 5276 LGL-TPE, FR-69622 Villeurbanne ; 2. CNRS-UMR 7041, ArScAn, MSH Mondes, 21 Allée de l'Université, Fr-92023 Nanterre cedex, France; 3 ZOEIN Fondation, Comité scientifique, 11 Place du Port, 1204 Genève, Suisse ; 4. Univ Lyon, Université Claude Bernard Lyon 1, CNRS, ENTPE, UMR 5023 LEHNA, FR-69622 Villeurbanne ; 5. Laboratoire de Géographie Physique, Environnements quaternaires et actuels, UMR 8591 CNRS - Université Paris 1 - UPEC, 1 place Aristide Briand, FR-92195, Meudon cedex ; 6. Univ. Lille, Eco-Eco-Paleo, UMR 8198 CNRS, FR-59000 Lille, France ; 7. INRAP Hauts-de-France, Centre archéologique de Villeneuve-d'Ascq, 11 Rue des Champs, FR-59655, Villeneuve d'Ascq.

[chloe.marechal@univ-lyon1.fr](mailto:chloe.marechal@univ-lyon1.fr)

La dernière période interglaciaire (Last Interglacial, LIG, ou Stade Isotopique Marin 5.5, SIM 5.5), comprise entre  $\approx 129$  et  $\approx 116$  milliers d'années avant aujourd'hui est peu documentée, en particulier en domaine continental en raison de la rareté des dépôts attribuables à cette période qui correspond à l'Eemien dans la chronostratigraphie de l'Europe du nord-ouest. Le manque de documentation est encore plus prononcé pour la déglaciation qui précède le LIG, la Transition SIM 6/5, qui a duré une dizaine de milliers d'années. Dans ce contexte, le site de Waziers, localisé en Europe occidentale (France), présente une séquence exceptionnelle constituée de dépôts successifs fins limono-calcaires couvrant l'avant-dernière déglaciation (SIM 6/5) et des tourbes riches en restes végétaux contemporaines du dernier interglaciaire (SIM 5.5). L'analyse isotopique de l'oxygène du phosphate de l'émail de dents de grands mammifères herbivores (cheval, mégalocéros, chevreuil) présents dans ces dépôts a permis de reconstituer les paléotempératures de l'air du vivant des animaux. Les résultats donnent des températures moyennes annuelles de  $4,7 \pm 0,6^\circ\text{C}$  pour une première phase de la déglaciation ou phase tardiglaciaire (5 dents d'un même individu), de  $6,9 \pm 0,5^\circ\text{C}$  pour une phase médiane de la déglaciation (1 dent), et de  $8,6 \pm 0,5^\circ\text{C}$  pour une phase précédant l'établissement du dernier interglaciaire, le SIM 5.5 (1 dent). Des artefacts paléolithiques (silex) ont été découverts dans les dépôts contemporains de la phase tardiglaciaire ainsi que dans ceux de la phase précédant le plein interglaciaire du SIM 5.5, et dans ceux attribués au SIM 5.5. En accord avec les données palynologiques et malacologiques, les paléotempératures mettent en évidence un réchauffement progressif au cours d'une partie de la transition glaciaire/interglaciaire, la Transition SIM 6/5. L'écart de  $\approx 4^\circ\text{C}$  entre la température minimale et la température maximale reconstituées ici permet de minorer l'écart de température entre la période glaciaire SIM 6.2 et la période interglaciaire SIM 5.5 sur le site de Waziers. L'occupation néandertalienne de ce site montre que les humains, absents durant la majeure partie de la phase plénglaciaire du SIM 6, recolonisent rapidement le nord de la France dès que les conditions climatiques commencent à s'améliorer après le maximum glaciaire. Au cours de la déglaciation, les groupes humains s'établissent successivement dans des environnements qui changent profondément, passant de milieux de type ouvert (steppe arctique à toundra plus ou moins arbustive) à des milieux de type fermé (forêt de feuillus). Cette évolution s'accompagne

d'une diversification progressive de la ressource alimentaire, qui reste essentiellement carnée, ainsi que vraisemblablement des techniques de chasse. Cette période de grande transition climatique permet d'étudier plus finement l'influence du facteur environnemental combiné au facteur culturel dans ces sociétés humaines paléolithiques.

### IMPACT OF AN EXTREME STORM ON THE GEOCHEMICAL SIGNAL IN A MOUNTAINOUS CATCHMENT

Apolline MARIOTTI<sup>1\*</sup>, Pierre-Henri BLARD<sup>2,3</sup>, Julien CHARREAU<sup>2</sup>, Carole PETIT<sup>4</sup>, Olivier EVRARD<sup>5</sup>, Aster TEAM<sup>6</sup>

1. GFZ Potsdam - German Research Centre for Geosciences, Germany; 2. CNRS, Université de Lorraine, CRPG, Nancy, France; 3. Laboratoire de Glaciologie, DGES-IGEOS, Université Libre de Bruxelles, Bruxelles, Belgium; 4. Geoazur, Université de Nice, Valbonne Sophia Antipolis, France; 5. Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (LSCE-IPSL), UMR 8212 (CEA/CNRS/UVSQ), Université Paris-Saclay, Gif-sur-Yvette, France; 6. CEREGE, Laboratoire LN2C, CNRS Université Aix Marseille, Aix-en-Provence, France.

[mariotti@gfz-potsdam.de](mailto:mariotti@gfz-potsdam.de)

The impact of discrete meteorological extreme events on the long-term evolution of landscape and sedimentary budget is poorly understood. We lack quantitative estimates of both the geomorphic change occurring during such events and sediment fluxes that are produced by landslide, flashflood, and sedimentary remobilization. The frequency of such event at the geological time scale and how it is driven by climate change is also a major concern, especially for risk management.<sup>10</sup>Be, <sup>137</sup>Cs and <sup>210</sup>Pb concentrations measured in river sediments produced during extreme meteorological event may provide a powerful tool to quantitatively study the geomorphic impact of the event and constrain the sediments fluxes delivered to the rivers.

On October 2-3 2020, the Var catchment in the French Southern Alps was struck by an extreme rainfall episode connected to the "Alex" storm (> 500 mm / 24h). This event resulted in flash floods in the Vésubie and Var valleys, mobilizing large volume of sediments and resulting in a 10 km long sedimentary plume at the Var outlet in the Mediterranean Sea. Previous to this event, the Var catchment had been extensively studied using <sup>10</sup>Be measurements in sediments to derive sub-catchment denudation rates, evaluate sediment mixing, and interannual variability of the <sup>10</sup>Be signal (Mariotti et al., 2019). Moreover, paleo denudation rates over the last 75 ka for the whole catchment have also been measured using two sediments cores drilled in the Mediterranean Sea (Mariotti et al., 2021), providing a high-resolution record of past sedimentary dynamics.

Together this extreme rainfall event of October 2020 and our previous <sup>10</sup>Be dataset on the same catchment, offer the unique opportunity to assess the sensibility of a reactive sedimentary system and its capacity to relay extreme events in a source to sink system. This is also a great opportunity to characterize the geochemical signature of such event that could be potentially retrieved

in sediment archives to better assess the frequency of extreme event at the geological time scale.

In order to characterize the sedimentary response, we compare <sup>10</sup>Be <sup>137</sup>Cs and <sup>210</sup>Pb concentrations in samples taken before the extreme rainfall event in 2016, 2017 and 2018 with samples taken at the same locations after the storm at +7 days, +21 days, +4 months and +7 months. These temporal replicates allow us to determine a benchmark of the background <sup>10</sup>Be concentrations rates before the storm and compare these concentrations to the ones measured after the storm. The <sup>10</sup>Be concentrations measured at the outlet of the Var catchment at +7 days and +21 days are similar to those measured before the storm. However, the sample taken +4 months later shows a 20% decrease in <sup>10</sup>Be concentration from pre-storm values. This depletion may reflect the transfer of sediments from the Vésubie valley where landslides and terraces reworking happened during the storm delivering deep low concentrated material to the river. In order to investigate the spatial impact of the storm, we use samples taken within each sub-catchments to constrain the evolution of <sup>10</sup>Be signal over time.

### EXTREME CLIMATE RISKS AND THE FINANCIAL SUSTAINABILITY OF ADAPTATION

Hugo A. MARTIN<sup>1\*</sup>, Aurélien QUIQUET<sup>2</sup>, Timothée NICOLAS<sup>3</sup>, Sylvie CHARBIT<sup>2</sup>, Gaël GIRAUD<sup>1</sup>

1. Environmental Justice Program, Georgetown University, 3700 O St NW, Washington, 20057, DC, USA; 2. Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement LSCE/IPSL, CEA-CNRS-UVSQ, Université Paris-Saclay, Gif-sur-Yvette, France; 3. Centre de Physique Théorique (CPHT), CNRS, Ecole Polytechnique, IP Paris, F-91128 Palaiseau, France.

[martin\\_hugo@ymail.com](mailto:martin_hugo@ymail.com)

Designing policy for climate change requires analyses which integrate the interrelationships between the environment and the economy. Carbon taxes are often viewed as a promising tool for mitigation but at the risk of causing a financial overburden on the private sector that could prevent it from having the resources to adapt to global warming. Here, we present the effects of carbon taxes on climate and the world economy, taking into account collateralized private debts and possible defaults. From an average temperature anomaly of +2.3°C on, we find that damages due to global warming drastically foster the need for investments in productive capital — an adaptation necessity that potentially leads firms to a debt overhang, culminating in bankruptcy. This suggests that the Paris Agreement target could not only be motivated by the climatic non-linearities and tipping points arising beyond the +2°C threshold, but also by the need for financially sustainable adaptation strategies. We show that, provided public subsidies are high enough, a USD300/ton CO<sub>2</sub>-eq tax by 2030 enables to reach net-zero emissions by 2050 without driving the private sector to bankruptcy. Our results suggest that ambitious public policies can limit climate change while preventing adaptation from inducing an economic collapse. Our findings are based on prospective simulations computed with a new Integrated Assessment Model (IAM), resulting from the dynamical coupling of a stock-flow consistent macrodynamics with an Earth Model of Intermediate Complexity. It simultaneously

incorporates the out-of-equilibrium kinetics of employment, wages, inflation, collateralized private debt, endogenous growth, and the evolution of the atmosphere, ocean, and vegetation. Our work is a starting point for a new class of IAMS incorporating the reciprocal back-loops of environment and the economy.

### **LE CHERCHEUR MIS EN POSITION D'EXPERT SUR LE CHANGEMENT CLIMATIQUE: QUEL ARBITRAGE SUR LES INCERTITUDES DANS LA COMMUNICATION?**

Pascal MAUGIS<sup>1\*</sup>

LSCE, CE Saclay, Orme des Merisiers, Bât 714, 91191 Gif-sur-Yvette Cedex.

[pascal.maugis@lsce.ipsl.fr](mailto:pascal.maugis@lsce.ipsl.fr)

Dès lors qu'un avis lui est demandé par un décideur ou un porteur d'enjeux, le scientifique coiffe sa casquette d'expert et sort à la fois de sa zone de compétence propre et de sa zone de confort pour se confronter aux décisions publiques alors que les enjeux et les pressions peuvent être considérables. Pourtant, la posture du "sachant", si elle est attendue, souvent implicitement, lors de la sollicitation, est risquée à plus d'un titre : s'exprimer sur des champs scientifiques qui ne relèvent pas de sa spécialité propre, risque d'occulter des incertitudes significatives mais en dehors du paradigme habituel de travail dans son propre champ de spécialité, responsabilité engagée en cas d'erreur de priorisation du discours ou de mauvaise compréhension. Le chercheur est également soumis à une stratégie personnelle de carrière, à des enjeux de valorisation de son propre collectif de recherche, à des biais psychologiques comme le biais de confirmation ou la minoration des processus ou résultats objets de polémiques. Pour ces raisons, le discours d'un expert individuel n'engage que lui et ne saurait être normatif. Face aux impacts économiques et sociétaux de sa parole, le scientifique peut être tenté de filtrer ses messages en occultant les résultats controversés, en priorisant ceux dont le niveau de preuve est inattaquable, ou encore en évitant ceux jugés anxiogènes et incitant au déni. C'est pour une bonne part la stratégie de communication du GIEC, qui sera analysée dans son principe et dans ses conséquences vis-à-vis du principe de précaution, et notamment la faculté de délivrer une information permettant effectivement aux décideurs de choisir des options de manière informée, responsable et robuste. On verra que la ligne choisie par le GIEC ne permet pas de le faire et qu'elle expose potentiellement les territoires à la mal-adaptation ou à l'impréparation. Le discours d'expertise, tel que sollicité pour alimenter une prise de décision par des porteurs d'enjeux sur un territoire donné doit, en contexte de grandes incertitudes comme c'est le cas du changement climatique, être construit dès la formulation de la question, de manière collective. Les plus grandes incertitudes – situation au demeurant commune dans la vie politique ou notre vie quotidienne – ainsi que les impacts plausibles les plus extrêmes peuvent être appréhendés de manière apaisée lorsque la connaissance scientifique est délivrée dans sa diversité. La responsabilité du collectif, conçu comme celui qui prendra les décisions, mettra en œuvre les actions, les maintiendra dans la durée et subira les conséquences – positives ou négatives - des choix faits prend le pas sur celle, individuelle, du passeur de

science. On expliquera ainsi les différentes manières de décrire les incertitudes et les différentes manières d'y faire face dans la

### **LA DATATION DES GLISSEMENTS DE TERRAIN PARAGLACIAIRES EN ISLANDE**

Denis MERCIER<sup>1\*</sup>, Armelle DECAULNE<sup>2</sup>, Emilie PORTIER<sup>3</sup>, Etienne COSSART<sup>4</sup>

1. Sorbonne Université, Laboratoire de Géographie Physique : environnements quaternaires et actuels (UMR 8591 CNRS), GDR CNRS 2012 AREES, 191, rue Saint Jacques 75005 Paris; 2. Laboratoire LETG (UMR 6554 CNRS) et GDR CNRS 2012 AREES, Campus du Tertre 44312 Nantes; 3. Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne; 4. Université de Lyon 3, Laboratoire EVS (UMR 5600 CNRS).

[denis.mercier@sorbonne-universite.fr](mailto:denis.mercier@sorbonne-universite.fr)

La fonte des glaciers islandais à partir de 15 ka a été suivie par des ajustements paraglaciers dont les glissements de terrain représentent une des manifestations les plus emblématiques. Un travail d'inventaire de leur répartition spatiale permet de comptabiliser plusieurs centaines de glissements, dont 158 dans la région du Skagafjörður au Nord de l'île, 186 dans les Westfjords et 290 dans les fjords de l'est. Les logiques spatiales de leur répartition permettent de montrer un contrôle lithologique à l'échelle globale avec une surreprésentation des glissements dans les basaltes d'âge tertiaire dans des régions où les contrastes topographiques sont par ailleurs majeurs à l'échelle de l'île.

Au-delà de ces éléments spatiaux, la question de l'âge de leur mise en place se pose. Si l'on compare la chronologie de la déglaciation de l'Islande avec la répartition spatiale des glissements, nous observons une décroissance de l'occurrence potentielle des glissements de terrain avec le temps. La majorité des glissements se localisent le long des versants qui ont été libérés au tout début de la déglaciation.

A l'échelle des glissements eux-mêmes, des études ponctuelles permettent de préciser l'âge de leur mise en place. Différentes approches sont alors mobilisées. La première prédate les glissements en utilisant l'emboîtement des formes géomorphologiques et l'âge des plages soulevées par le rebond glacio-isostatiques sur lesquelles viennent mourir les dépôts des glissements de terrain. La seconde série de mesures postdate les glissements. En effet, des dépressions au sein des glissements ont piégé des cendres volcaniques datées et des végétaux piégés dans des tourbières. Ainsi, par téphrochronologie et datation radiocarbone, il est possible d'obtenir des dates pour caler les événements gravitaires. Les modèles âge-profondeur sont également utilisés pour affiner les résultats.

Ainsi, les glissements de terrain islandais, datés avec plus ou moins de précisions, donnent des âges postglaciaires compatibles avec le schéma d'une mise en place paraglacière dans les tous premiers temps de l'Holocène.

### **LES COMMUNAUTÉS URBAINES FACE À LA LOIRE, UTILISATION DES ARCHIVES DOCUMENTAIRES ET SEDIMENTAIRES POUR LE RECENSEMENT ET L'ÉTUDE DES CRUES DE LA**

## LOIRE BOURGUIGNONNE DE 1389 AU MILIEU DU XIX<sup>ÈME</sup> S.

Evan MESMIN<sup>1\*</sup>, Emmanuèle GAUTIER<sup>1</sup>, Arnaud-Fassetta GILLES<sup>2</sup>, Guillaume MARTINS<sup>1</sup>

1. Laboratoire de Géographie Physique, 1 Pl. Aristide Briand, 92195 Meudon, France; 2. Laboratoire PRODIG, 2 rue Valette, 75005 Paris, France.

[evan.mesmin@cnr.fr](mailto:evan.mesmin@cnr.fr)

Les connaissances relatives aux inondations passées de la Loire, notamment dans sa partie à l'amont du bec d'Allier, sont encore très lacunaires, basées uniquement sur les 150 dernières années. Le but de ce travail est d'allonger temporellement l'échelle d'étude des crues anciennes afin d'une part améliorer la connaissance des événements passés (intensité, saisonnalité et fréquence), et d'autre part analyser les rapports des sociétés urbaines et portuaires de la Loire sur le temps long et leur évolution au cours du Petit Âge Glaciaire (PAG).

Cette étude se fonde sur l'exploitation d'archives documentaires et sédimentaires. Les archives documentaires exploitables pour les sites de Nevers, Decize et Digoin, sont riches et diversifiées. Les comptes communaux de Nevers et de Decize (1389-1789) et les archives des différents corps d'ingénieurs permettent de relever précisément les événements hydrologiques ainsi que leurs dégâts sur les différents aménagements portuaires et fluviaux. De nombreux événements de crues ont été relevés pour la première fois sur la Loire exposant différentes périodes, plus ou moins riches en crues, qui répondent chacune à des logiques spatiales et des influences climatiques différentes durant le PAG (Fig. 1)

Ces documents permettent aussi de rendre compte de la réaction des communautés et des stratégies mises en place face à ces événements depuis 1389. Le traitement en cours des archives sédimentaires pourrait compléter ce recensement des crues afin de pallier l'absence de document antérieur au milieu du XIV<sup>ÈME</sup> s., mais aussi de valider ou non les périodes déjà relevées.

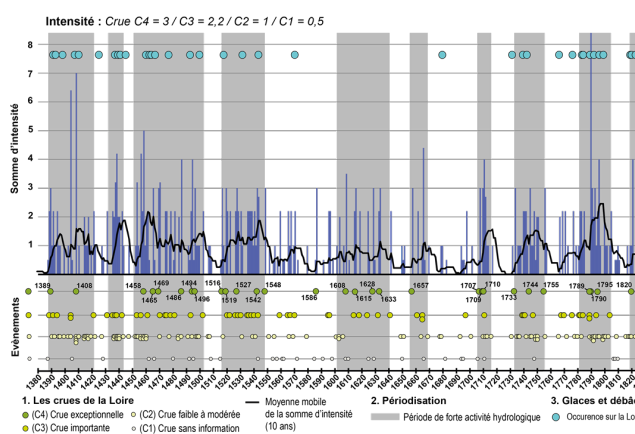


Fig. 1 : Résultats principaux de l'étude des crues passées de la Loire à partir des archives documentaires.

## QUANTIFYING MORPHOLOGICAL EVOLUTION AND DISPARITY OF EOCENE PODOCYRTIS LINEAGES (RADIOLARIA) IN RELATION TO CLIMATE CHANGE

Mathias MEUNIER<sup>1\*</sup>, José Francisco PINTO CABRERA<sup>1</sup>, Veronica CARLSSON<sup>1</sup>, Marie CUEILLE<sup>1</sup>,

Valentin BAULT<sup>1</sup>, Claude MONNET<sup>1</sup>, Taniel DANELIAN<sup>1</sup>

1. University of Lille, CNRS, UMR 8198 – Evo-Eco-Paleo, F-59000 Lille, France.

[mathias.meunier@univ-lille.fr](mailto:mathias.meunier@univ-lille.fr)

The middle Eocene deep-sea sedimentary sequences cored at ODP Site 1260 (Leg 207; equatorial Atlantic) yielded well-preserved radiolarian faunas, which are conducive to the study of radiolarian evolutionary dynamics during this epoch of profound climate change. In addition to this extensive fossil record, a well-defined framework in terms of both magnetostratigraphy and cyclostratigraphy exists at this site.

With a total of 17 species, the genus *Podocyrtes* is a prominent component of Eocene tropical radiolarian assemblages. *Podocyrtes papalis* is the oldest representative of the genus, known since the latest Paleocene to the late Eocene; it has been considered as a long-standing species that displays a morphological stasis. However, careful examination of radiolarian assemblages in the Middle Eocene Climate Optimum (MECO) interval revealed the existence of a "late morphotype" of *P. papalis*. This late morphotype is morphologically similar to the early Eocene species *P. diamesa* and co-occurs with the typical spindle shaped morphotype of *P. papalis*.

Landmark-based geometric morphometric analyses of all three taxa did not reveal any statistically significant shape differences, a result that is in conflict with previous qualitative diagnoses. Additional information regarding the shell size is needed to differentiate *P. diamesa* from the late morphotype of *P. papalis*. Interestingly, disparity analyses allowed to detect a peak in *P. papalis* shell disparity during the onset of the MECO.

Finally, thanks to the unprecedented temporal resolution provided by the orbital framework of ODP Site 1260, we studied the tempo of evolutionary changes that took place in two well-known lineages of *Podocyrtes*: the *P. sinuosa* – *P. mitra* – *P. chalara* (subgenus *Lampterium*) and the *P. diamesa* – *P. physis* – *P. ampla* (subgenus *Podocyrtes*) lineages. We also document the tempo and details of the morphological changes that occurred during the origin of *P. goetheana* from a *P. chalara* stock.

## IMPROVING OUR ABILITY TO PREDICT THE KINETICS OF THE OXIDATION OF OLEFINS IN THE ATMOSPHERE

Lisa MICHELAT<sup>1</sup>, Abdelwahid MELLOUKI<sup>1</sup>, A.R. RAVISHANKARA<sup>2,3</sup>, Max MCGILLEN<sup>1\*</sup>

1. Institut de Combustion Aérodynamique, Réactivité et Environnement, Centre National de la Recherche Scientifique (ICARE-CNRS), Observatoire des Sciences de l'Univers en région Centre (OSUC), CS 50060, 45071 CEDEX02 Orléans, France; 2. Departments of Chemistry and Atmospheric Science, Colorado State University, Fort Collins, CO 80523, USA; 3. Le Studium Institute for Advanced Studies, Orleans, France.

[max.mcgillen@cnr.fr](mailto:max.mcgillen@cnr.fr)

A wide variety of compounds are emitted into the atmosphere from both natural and anthropogenic sources, including a large number of unsaturated compounds, such as substituted olefins, furans, and other unsaturated oxygenated volatile organic compounds (VOCs). These compounds are removed

from the atmosphere by reaction with the tropospheric oxidants, OH, O<sub>3</sub>, NO<sub>3</sub>, and Cl. Competition between these oxidants tends to favour the OH radical, which reacts through electrophilic addition to the olefinic bond, the first step in the free radical chain reaction mechanism. Due to the huge variety of existing molecules emitted into the atmosphere and the difficulty to rapidly and accurately measure or theoretically calculate the kinetics for all these reactions, it is necessary to develop computationally inexpensive estimation methods such as structure-activity relationships (SARs).

Because of the range of temperatures encountered in the atmosphere (210 – 330 K), this work has prioritized the developments of an SAR to estimate the temperature-dependent OH addition reaction rate coefficient,  $k(T)$ , for the industrially important halogenated alkenes. Our approach exhibits good performance and the first  $k(T)$  estimation technique for this class of compounds. We have combined new experimental measurements of  $k(T)$  performed at ICARE-CNRS, Orléans, with all available data in the literature to build an easy-to-use tool to give accurate estimations. In addition, we performed theoretical calculations at Colorado State University, USA, to replace experimental, e.g. when these are not available, as input of our SAR. Overall, this work provides a hybrid tool that may be of interest to modelers to improve atmospheric chemical simulations, as well as to industry and policy makers, who intend to assess the environmental impact of new chemicals entering the market.

We wish to extend our method by including more functionalities in the type of VOCs predictable, as the identity of the substituent, as well as its position on the olefinic bond, is expected to affect its reactivity. In addition, we wish to extend the ability of the SAR to predict the rate coefficient for O<sub>3</sub> and NO<sub>3</sub> reactions, which are of major importance for many biogenic species and for the nighttime chemistry that remains poorly studied, as well as Cl chemistry that affects coastal regions.

#### OXYGEN ISOTOPE CONSTRAINTS ON THE CIRCULATION OF THE MODERN AND GLACIAL NORTH PACIFIC

Bruno MILLET<sup>1</sup>, William GRAY<sup>1</sup>, Casimir DE LAVERGNE<sup>2</sup>, Nathaëlle BOUTTES<sup>1</sup>, Claire WAELBROECK<sup>2</sup>, Elisabeth MICHEL<sup>1</sup>, James RAE<sup>3</sup>, Didier ROCHE<sup>1</sup>

1. Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (LSCE/IPSL), Université Paris-Saclay, Gif-sur-Yvette, France; 2. LOCEAN Laboratory, Sorbonne University, Paris (France); 3. School of Earth and Environmental Sciences, University of St Andrews, UK.

[bruno.millet@lsce.ipsl.fr](mailto:bruno.millet@lsce.ipsl.fr)

Les changements dans la circulation du Pacifique jouent un rôle central dans la régulation du CO<sub>2</sub> atmosphérique sur des échelles de temps glaciaires/interglaciaires. Cependant, il existe deux points de vue contrastés sur la circulation moderne du Pacifique : le point de vue classique selon lequel les eaux profondes du Pacifique remontent vers les moyennes profondeurs puis reviennent dans l'océan Austral (Talley, 2013), et le point de vue qui envisage une circulation contrainte par la

bathymétrie selon lequel les moyennes profondeurs sont largement isolées de la circulation globale de retournement (de Lavergne, 2017). En outre, malgré l'importance potentielle pour le climat et le cycle du carbone, les changements passés dans la circulation du Pacifique sous différents états climatiques restent mal compris. Nous apportons de nouvelles contraintes sur la circulation du Pacifique moderne et glaciaire en utilisant les isotopes de l'oxygène dans l'eau de mer et la calcite des foraminifères benthiques, qui agissent tous deux comme des traceurs conservatifs. Nous analysons les données modernes  $\delta^{18}\text{O}_{\text{sw}}$  et compilons les  $\delta^{18}\text{O}$  de *Cibicides* et *Planulina wuellerstorfi* de tout le Pacifique Nord. Nous constatons que le paradigme de la circulation classique ne peut pas expliquer les profils de profondeur des  $\delta^{18}\text{O}_{\text{sw}}$  modernes, ni le  $\delta^{18}\text{O}$  des foraminifères benthiques du LGM, ce qui soutient le rôle de la bathymétrie dans le façonnement du renversement profond. Nos résultats indiquent une réduction de l'influence du mélange vertical par rapport à la diffusion latérale dans les profondeurs moyennes pendant le LGM, ce que nous interprétons comme une réduction du mélange vertical dans le Pacifique glaciaire profond qui aurait contribué à l'augmentation du stockage du carbone océanique. Nos résultats indiquent également une augmentation du renversement glaciaire dans les profondeurs intermédiaires à partir d'une expansion des eaux intermédiaires du Pacifique Nord, fournissant un mécanisme supplémentaire pour réduire le CO<sub>2</sub> atmosphérique (Rae, 2020).

Ref: Talley, L.D., (2013) *Closure of the global overturning circulation through the Indian, Pacific and Southern Oceans: schematics and transports. Oceanography* 26, 80-97 ; de Lavergne, C., Madec, G., Roquet, F. et al. (2013) *Abyssal Ocean overturning shaped by seafloor distribution. Nature* 551, 181–186 ; J. W. B. Rae, W. R. Gray et al. (2020) *Overturning circulation, nutrient limitation, and warming in the Glacial North Pacific. Science Advances* 6.

#### BENTHIC FORAMINIFERA AS TOOLS TO RECONSTRUCT PAST TIDEWATER GLACIER DYNAMICS: A CASE STUDY FROM KONGSFJORDEN (SVALBARD)

Meryem MOJTAHID<sup>1\*</sup>, Eleonora FOSSILE<sup>1</sup>, Serena SANTONI<sup>1</sup>, Katrine HUSUM<sup>2</sup>, Katharina STREUFF<sup>3</sup>, Matthias FORWICK<sup>4</sup>, Hélène HOWA<sup>1</sup> and Maria Pia NARDELLI<sup>1</sup>

1. LPG UMR 6112 CNRS, University of Angers, Nantes and Le Mans, 2 Bd Lavoisier Angers; 2. Norwegian Polar Institute, Fram Centre, N-9296 Tromsø, Norway; 3. MARUM, University of Bremen, Klagenfurterstr. 4, 28359 Bremen, Germany; 4. UiT, The Arctic University of Norway.

[meryem.mojtahid@univ-angers.fr](mailto:meryem.mojtahid@univ-angers.fr)

Located at the interface between terrestrial and marine systems, high latitude glaciated fjords are sensitive spots to current and past climate change. Kongsfjorden is located on the western part of the Svalbard archipelago and is characterized by steep environmental gradients, due to the dynamics of the tidewater glaciers, and the inflow of warm Atlantic Water (AW). Here we analyze fossil benthic foraminiferal assemblages in two main sediment cores in order to reconstruct past environmental changes in link with these environmental

gradients. Sediment core 10JM-GLACIBAR-GC01, located in front of a surge-type tidewater glacier (Kronebreen complex) in the inner Kongsfjorden, represents a historical record spanning the period from 1950 to 2010 AD. In this record, we tested relationships between taxonomic and functional diversity metrics and the reconstructed distance from the glacier front. We observed a general increase in foraminiferal fluxes and diversity with the progressive glacier retreat, confirming a positive benthic response to reduced glacier-induced disturbance through time. This historical record confirms therefore the successful use of diversity metrics as proxies for tidewater glacier retreat. A study of a second sediment core, NP07-13/58-GC, spanning the last 3000 years and located in the central Kongsfjorden, was initiated to reconstruct the two end-members relationship between AW inflow and glacier retreat using benthic foraminiferal assemblages and diversity metrics applied in the historical record. The preliminary results show that until 1.6 cal ka BP and between 800 and 500 yrs cal BP, a low diversity and high relative abundances of glacier proximal species characterized the assemblages. According to the developed diversity metrics models, this suggests that the glacier grounding line/ice sheet was advanced by about 10 km compared to its position during the mid XX<sup>th</sup> century. From 1.6 to 0.8 cal ka BP and between 500 and 200 yr cal BP, taxonomic diversity increased, suggesting decreased glacial influence at the core site (in the central Kongsfjorden). Additionally, the most recent part of the record (500 - 200 yr cal BP) recorded increased relative abundance of the AW indicator *Adercotryma glomeratum*, suggesting increased influence of the AW carried by the West Spitsbergen Current in the central Kongsfjorden. These ecological observations need further investigations and comparison with published studies from Kongsfjorden and other Svalbard fjords. Investigations with multivariate analyses and Generalised Additive Models could help better interpret the patterns observed in term of species composition and general diversity.

#### **INTENSITE ET FREQUENCE DES EVENEMENTS EL NIÑO EN AFRIQUE DE L'EST A PARTIR DE L'ENREGISTREMENT SAISONNIER DU LAC AFAMBO (ÉTHIOPIE)**

Carlo MOLOGNI<sup>1,2,3</sup>, Marie REVEL<sup>3\*</sup>, Fabien ARNAUD<sup>4</sup>, P. SABATIER<sup>4</sup>, E. MALET<sup>4</sup>, E. CHAUMILLON<sup>5</sup>, T. COULOMBIER<sup>5</sup>, P. Brigode<sup>3</sup>, M. MESSOUS<sup>3</sup>, A.-L. Develle<sup>4</sup>, L. Khalidi<sup>1</sup>, C. MENARD<sup>1</sup>, G. MENOT<sup>6</sup>, J. JACOBS<sup>7</sup>, N. VIGIER<sup>8</sup>

1. Univ. Côte d'Azur, CNRS, CEPAM – UMR 7264, 24 av. des Diabes Bleus 06300 Nice, France ; 2. Univ. Toulouse Jean Jaurès, TRACES - UMR5608, CNRS, 5 allées Antonio Machado 31058 Toulouse, France ; 3. Univ. Côte d'Azur, CNRS, OCA, IRD, Geoazur, 250 rue Albert Einstein, 06500 Valbonne, France ; 4. Univ. Grenoble Alpes, Univ. Savoie Mont Blanc, CNRS, EDYTEM, 73000 Chambéry, France ; 5. LIENSs (CNRS - La Rochelle Université) - UMR7266, 2 rue Olympe de Gouges, 17000 La Rochelle, France ; 6. Univ. Lyon, ENS de Lyon, Université de Lyon 1, CNRS, UMR 5276 LGL-TPE, F-69364, Lyon, France ; 7. LSCE (UMR CEA-CNRS-UVSQ 8212) Orme des Merisiers – CEA/Saclay - Bât. 714 91191 Gif-sur-Yvette Cedex – France ; 8. Laboratoire d'Océanographie de Villefranche sur Mer,

CNRS, Sorbonne Université, 181 chemin du Lazaret, 06320, Villefranche sur Mer, France.

[revel@geoazur.unice.fr](mailto:revel@geoazur.unice.fr)

Le changement des précipitations représente aujourd'hui le principal facteur d'incertitude alimentaire en Afrique de l'Est (FAO, 2022; IPCC, 2022). L'autonomie alimentaire des pays de la Corne de l'Afrique est basée sur des systèmes agropastoraux locaux de petite échelle directement dépendants de la variabilité hydrologique contrôlée principalement par la mousson Africaine. L'exacerbation des extrêmes de sécheresse en lien avec les événements El Niño constitue une menace future pour les populations dans la Corne de l'Afrique (Ficchi et al., 2021; MacLeod and Caminade, 2019). Les études sur la variabilité du climat futur dans cette région reposent principalement sur des modélisations à grande échelle (e.g. Modèle couplé Système Terre de l'IPSL). L'ambition du projet NILAFAR est de développer des modèles du climat plus régionaux en les confrontant directement aux données issues d'archives lacustres du passé (millénaires). Ceci afin de les tester dans des extrêmes de sécheresse qui ne sont pas enregistrés par les données instrumentales, et de les rendre plus robustes pour proposer des cartes futures de variabilité hydrologique continentale. En 2010/11, la sécheresse considérée comme la pire depuis 60 ans, a fait basculer la Somalie dans la famine ; entre 2016 et 2019, la région a fait face à sept saisons des pluies inférieures à la moyenne. Comprendre l'impact des événements ENSO (mais aussi IOD) sur les hydro-systèmes d'Afrique de l'Est est donc crucial pour documenter les tendances climatiques actuelles et futures. L'étude de carottes sédimentaires collectées dans les lacs endoréiques Afambo et Gamari dans le bassin Abhé en Éthiopie permet de reconstituer les décharges solides saisonnières en lien avec la mousson Africaine sur les derniers 200 ans. Les analyses sédimentologique et géochimique de la séquence sédimentaire du lac Afambo ont permis de reconstruire la fréquence des sécheresses (identification de lamines millimétriques de sparite liées à l'évaporation durant la saison sèche d'octobre à mai) et des crues de l'Awash (lamines centimétriques lithogènes associées à la saison humide de Juin à Aout). Sur la base de cette chronique, nous montrons un changement hydrologique majeur à partir de 1992 caractérisé par une forte sécheresse jusqu'en 1997, ce qui correspond à l'épisode le plus intense enregistré d'El Niño. Cette étude représente le premier enregistrement à haute résolution de la variabilité hydro-sédimentaire liée aux anomalies atmosphériques historiques en Afar. Cette observation régionale de terrain est fondamentale pour calibrer au mieux les traceurs du climat et ainsi pour décoder de futures archives sédimentaires à l'échelle temporelle millénaire. La comparaison de ces chroniques de sécheresse avec les données hydro-météorologiques dont les débits de l'Awash (reconstituée à partir d'un modèle pluie-débit Brigode et al., en prep) nous permet de discuter de la variabilité hydro-sédimentaire interannuelle le long du bassin versant de la rivière Awash. Les comparaisons entre les rapports Ti/Ca et les données hydrologiques (débit, précipitation, température) ne montrent pas systématiquement sur 170 cm de relations directes, donc la calibration de l'enregistrement sédimentaire nécessite une compréhension plus détaillée des contrôles hydro-

climatiques, anthropiques (construction de barrage, exploitations agricoles) et géomorphologique à l'échelle locale.

Ref :FAO, (2022) *Drought in the Horn of Africa – Rapid response and mitigation plan to avert a humanitarian catastrophe*.FAO. DOI:<https://doi.org/10.4060/cb8280en> Ficchi, A., Cloke, H., Neves, C., Woolnough, S., Coughlan de Perez, E., Zsoter, E., Pinto, I., Meque, A., Stephens, E., (2021) *Beyond El Niño: Unsung climate modes drive African floods*. *Weather and Climate Extremes* 33, DOI:100345. <https://doi.org/10.1016/j.wace.2021.100345>

IPCC, 2022. *Working Group II contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*.

MacLeod, D., Caminade, C., 2019. *The Moderate Impact of the 2015 El Niño over East Africa and Its Representation in Seasonal Re-forecasts*. *Journal of Climate* 32, 7989–8001. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-19-0201.1>

### HUMAN AND CLIMATE INFLUENCE ON RAIN FOREST DYNAMICS DURING THE PAST MILLENNIA IN NORTHERN MADAGASCAR

Vincent MONTADE<sup>1\*</sup>, Laurent BREMOND<sup>1</sup>, Thomas KASPER<sup>2</sup>, Charly FAVIER<sup>1</sup>, Gerhard DAUT<sup>2</sup>, Hermann BEHLING<sup>3</sup>

1. ISEM, Univ Montpellier, CNRS, EPHE, IRD, Place Eugène Bataillon, 34095 Montpellier, France; 2. Physical Geography, Institute of Geography, Friedrich Schiller Univ Jena, Löbdergraben 32, 07743 Jena, Germany ; 3. Department of Palynology and Climate Dynamics, Albrecht-von-Haller-Institute for Plant Sciences, Univ of Goettingen, Untere Karspüle 2, 37073 Göttingen, Germany.

[vincent.montade@umontpellier.fr](mailto:vincent.montade@umontpellier.fr)

Madagascar houses one of the Earth's biologically richest, but also one of most endangered, terrestrial ecoregions. Although it is obvious that humans substantially altered the natural ecosystems during the past decades, the timing of arrival of early inhabitants on Madagascar as well as their environmental impact is debated. Our research aims to study the influence of climate changes and early human impact on Malagasy on rain forest in northern Madagascar by using sedimentary archive of ancient volcanic craters. Based on pollen, charcoal particles combined with high-resolution sediment-physical and (in)organic geochemical data, environmental changes during the past millennia are reconstructed. Our results indicate a major environmental change at ca. 1300 cal BP characterized by an abrupt development of grass dominated and fire disturbed landscape showing the alteration of natural rain forest. These abrupt changes (within less than 100 years) are attributable to local intensified human impact with development of pastoralism and agriculture. However, our results also show that several mega-droughts occurred during the past millennia. One of them was prominent during the medieval climate anomaly and spread anthropogenic fires and altered rain forest composition. This research highlights that the current state of ecosystems in northern Madagascar results from both human impact and natural climate changes. This study points the

importance of a multi-site and multi-proxy comparison for deciphering the nature of past environmental changes.

### MUTATION DE LA BIODIVERSITE HALIEUTIQUE EN CONTEXTE DE CHANGEMENT CLIMATIQUE DANS LE BASSIN VERSANT DE LA NAWA (SUD-OUEST DE LA COTE D'IVOIRE)

Kouadio Christophe N'DA<sup>1\*</sup>, Juda Béharé SORO<sup>2</sup>, Agoh Pauline DIBI ANOH<sup>3</sup>

1. Institut de Géographie Tropicale de l'Université Félix Houphouët Boigny de Cocody-Abidjan (Côte d'Ivoire), 22 BP 744 Abidjan 22; 2. l'Institut de Géographie Tropicale, Université Félix Houphouët Boigny ; 3. Enseignante-Chercheuse à l'Institut de Géographie Tropicale, Université Félix Houphouët Boigny.

[christndak@yahoo.com](mailto:christndak@yahoo.com)

En vue de contribuer à la sauvegarde de la biodiversité et à lutter pour la sécurité alimentaire, le présent article aborde la question de la modification de l'environnement biotique, abiotique et la mutation des espèces halieutiques en 1990 et 2020 en rapport avec la variabilité climatique dans le bassin versant de la Nawa, situé au sud-ouest de la Côte d'Ivoire. Pour se faire, différents types de données, notamment climatiques (pluie, température et évapotranspiration mensuelle), imagerie satellitaires et données terrains sont mobilisées. Le calcul d'indices centrés réduits appliqués sur les données climatiques, ont permis la caractérisation des tendances déficitaires et excédentaires. Les traitements d'images satellitaires ont mis en évidence la dynamique de l'environnement biologique et l'occupation du sol. Les enquêtes terrains ont servi pour l'inventaire ichtyologique et la mutation des espèces halieutiques dans le temps. Cette mutation a par ailleurs été mise en corrélations avec les paramètres climatiques et environnementaux pour apprécier les interrelations. Au niveau climatique, les résultats révèlent deux périodes à savoir une déficitaire (allant de 1990 à 2022) et une autre excédentaire (2003 à 2020). L'analyse de l'occupation du sol du bassin versant a donné une précision globale de 85% que l'interaction entre l'homme et l'environnement a entraîné la régression de la forêt galerie de 60% au profit des cultures et des infrastructures (habitats, routes, etc.). Dans les années 1990, l'on dénombrait 65 espèces réparties en cinq formes différentes. Ce nombre est passé à moins de 45 réparties en quatre formes (spécifique dans la Nawa, Guinéenne, Soudanienne, Indifférente) en 2020. De l'analyse des corrélations, les rapports sont positifs entre la production halieutique et la pluie (0,10), ainsi qu'avec l'ETP (0,38). Par contre, les rapports sont négatifs entre la température et la production halieutique (-0,03).

### SEASONAL AND INTERANNUAL VARIABILITY OF BENTHIC FORAMINIFERAL FAUNAS UNDER THE INFLUENCE OF A TIDAL GLACIER

Maria Pia NARDELLI<sup>1\*</sup>, Corentin GUILHERMIC<sup>1</sup>, Christine DUPUY<sup>2</sup>, Hélène HOWA<sup>1</sup>, Eleonora FOSSILE<sup>1</sup>, Agnès BALTZER<sup>3</sup>, Aurélia MOURET<sup>1</sup>, Meryem MOJTAHID<sup>1</sup>

1. LPG UMR 6112 CNRS, University of Angers, Nantes and Le Mans, 2Bd Lavoisier Angers ; 2. LIENSS, UMR 7266, University of La Rochelle, Bâtiment ILE, 2 Rue Olympe de Gouges, La Rochelle, France ; 3. Institut de

*Géographie et d'Aménagement Régional de Nantes Université, Campus du Tertre, 44312 Nantes cedex 3.*

*mariapia.nardelli@univ-angers.fr*

Kongsfjorden (Svalbard archipelago, Arctic) is subjected to intensifying environmental gradients resulting from the confrontation of fresh waters issued from tidal glacier melting and newly invasive Atlantic waters.

Along a 12 km-long transect from the Kronebreen glacier front to the central fjord, Fossile et al. (2022) identified, during summer 2018, three foraminiferal biozones, responding to decreasing disturbances linked to the proximity of the tidal glacier front (i.e., high water turbidity, freshwater, and sediment inputs, reduced organic fluxes). Close to the glacier terminus (proximal biozone), few stress-tolerant or opportunistic species were present in high abundances indicating high physical and geochemical stresses on the benthic fauna. At about 6–8 km off the glacier front (medial biozone), reduced turbidity and increased organic fluxes resulted in a higher diversity and high abundances of phytodetritus-indicators. The distal biozone, at 12 km from the glacier front, was characterised by species typical of environments influenced by Atlantic waters and a relatively well diversified fauna, due to glacial reduced stressful conditions.

The comparison of these assemblages with the ones observed at the same stations in spring and summer 2021, shows low interannual variability and a seasonal contrast in the proximal biozone higher than in the distal one. Stable C and N isotopes measured on the cytoplasm of target species show similar signals for a same species at different seasons and diverse trophic positions among species. This suggests that some indicator species can be used to identify changes in the trophic functioning of the ecosystems, related to seasonal or long-term changing inputs from the glacier melt waters.

Overall, our results suggest that benthic foraminiferal communities can be effective bioindicators to monitor the influence of seasonal calving cycles and ongoing long-term retreat of tidewater glaciers induced by climate change in Kongsfjorden.

The characteristic calving pattern of the Kronebreen, however, makes highly difficult to link the observed interannual faunal variability to glacier velocity or front retreat. Longer faunal time-series are needed to get a better signal.

**L'INDICATEUR COMPOSITE DE SECURITE HYDRIQUE : UN OUTIL POUR MESURER L'IMPACT DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR L'ACCES A L'EAU POTABLE**

Chloé NICOLAS-ARTERO<sup>1</sup>

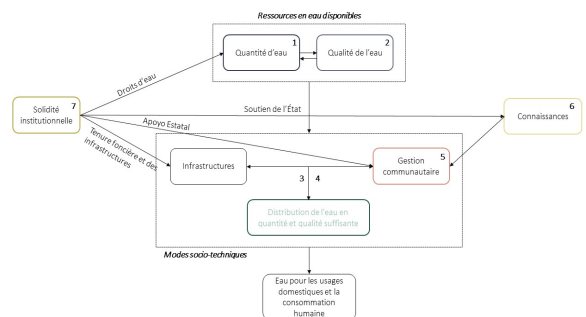
*Banco Encalada 2002, piso 4 Santiago de Chile.*

*chloenicolasartero@gmail.com*

Dans le contexte de changement climatique actuel, les pays d'Amérique latine traversent des pénuries d'eau qui constituent des défis majeurs pour les gouvernements en place. Dans de nombreuses régions du continent, les précipitations diminuent et les projections ne sont pas encourageantes. Les effets de la réduction de la disponibilité des ressources en eau sur l'accès à l'eau potable de la population sont plus difficiles à mesurer puisque celui-ci dépend également des infrastructures installées et de la gestion du service de distribution

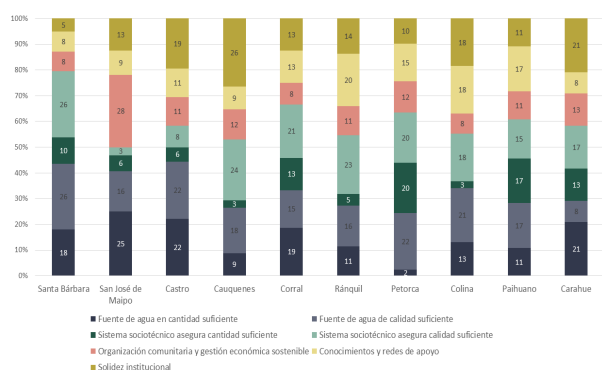
(Bakker, 2003 ; Jaglin, 2004). Si la mégasécheresse au Chili a jusqu'à présent été comprise comme l'épuisement des ressources en eau dans un contexte de réduction des précipitations et d'augmentation des températures annuelles (Garreaud et al. 2019), il est important d'analyser si les situations de pénurie d'eau, qui affectent aujourd'hui principalement la population rurale, sont dues à d'autres phénomènes sociaux.

Cette recherche propose de comprendre les processus hydrosociaux qui expliquent les situations de pénurie d'eau vécues par la population rurale alimentée en eau potable à travers un service géré par les organisations communautaires locales. Pour ce faire, nous proposons un indicateur composite qui permet d'identifier les niveaux de sécurité hydrique des populations rurales à l'interface domestique-communautaire. Nous définissons celle-ci comme la capacité d'une organisation communautaire à fournir un accès à l'eau en quantité et de qualité suffisante aux ménages, tout en maintenant les principes de gestion démocratique et en étant capable d'intégrer de nouveaux habitants au réseau de distribution.



Cette recherche repose sur une méthodologie mixte. Pour comprendre les processus qui influencent les niveaux de sécurité hydrique, nous procédons à une opérationnalisation d'une définition conceptuelle composée de sept dimensions (Figure 1). Pour ce faire, nous créons un indicateur composite qui associe des mesures empiriques à chaque dimension (Tournier, 2015). Cet indicateur a été appliqué sur un échantillon de 10 organisations communautaires, représentatives de l'hétérogénéité des organisations communautaires existantes dans le pays (Nicolas-Artero et al. 2022). La particularité de l'indicateur que nous proposons réside, d'une part, dans le fait qu'il est complété à partir de sources primaires : des données qualitatives collectées par des entretiens semi-structurés auprès de dirigeants, enrichies par des entretiens avec des habitants et des observations de terrain. D'autre part, l'objectif n'est pas tant de mesurer la sécurité hydrique que de comprendre le poids relatif des différents processus hydrosociaux qui déterminent l'accès à l'eau, ainsi que d'offrir quelques éléments explicatifs de cette complexité (Figure 2).





De cette comparaison émergent deux principaux résultats. D'une part, nous observons que les cas qui ont le plus de difficultés à accéder à des ressources en eau ne sont pas ceux qui connaissent une plus grande insécurité hydrique, car les organisations compensent cette difficulté par d'autres éléments, comme une bonne gestion du service, des connaissances, des réseaux de soutien et une solidité institutionnelle. D'autre part, nous ne constatons pas de corrélation entre la taille des organisations communautaires et les niveaux de sécurité hydrique. Ce point est fondamental, car il contredit plusieurs hypothèses qui guident souvent la prise de décision, comme l'application de la loi sur le service sanitaire rural (2019). Cet indicateur permet ainsi de mesurer et de comprendre les impacts du changement climatique sur l'accès à l'eau par l'identification des facteurs sociaux qui expliquent les situations de pénurie d'eau dans chacun des cas, contribuant ainsi à envisager les leviers possibles des politiques d'adaptation.

#### **<sup>40</sup>AR/<sup>39</sup>AR DATING AND TEPHROCHRONOLOGY OF DISTAL TEPHRA LAYERS FROM THE TYRRHENEAN SEA: EXAMPLE OF THE DED 87-08 CORE**

Sébastien NOMADE<sup>1\*</sup>, Nicolas MUSIAL<sup>1,2</sup>, Alison PEREIRA<sup>2</sup>, Patricia RICHARD<sup>1</sup>, Niklas LEICHER<sup>3</sup>, Lorenzo MONACO<sup>4,5</sup>, Vincent SCAO<sup>1</sup>, Biagio GIACCIO<sup>5</sup>, Hervé GUILLOU<sup>1</sup>

1. *Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement, CEA-CNRS UMR8212, UVSQ Bât 714 91191 St Aubin, France*; 2. *GEOPS, CNRS, Bât 504, Université Paris Saclay, 91405 Orsay, France*; 3. *Institute of Geology and Mineralogy, University of Cologne, Cologne, Germany*; 4. *Dipartimento di Scienze della Terra, University of Pisa, Pisa, Italy*; 5. *Istituto di Geologia Ambientale e Geoingegneria – CNR, Rome, Italy.*

[sebastien.nomade@lsce.ipsl.fr](mailto:sebastien.nomade@lsce.ipsl.fr)

Reconstruct, but more importantly, better understand past environmental changes at the local to regional scale requires sedimentary archives to be anchored to an independent chronological framework in order to avoid circular reasoning. Obtaining such a chronology is a challenge especially in marine records as soon as the <sup>14</sup>C limits is reached. It has been foreseen for decades that discrete temporal markers such as tephra layers, if properly and accurately dated, can be the much-needed chronological tool that could help to improve age-models of marine records.

Thanks to recent improvements of the <sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar radioisotopic method, we are able to date directly fine

ash layers found in marine cores at more than 100 km from their volcanic sources. We will show, based on the DED 87-08 core (Paterne et al., 1998; 2008), that we are now capable of producing high-resolution paleoclimatic records from marine cores that can be anchored to a fully independent <sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar based age-model. Our preliminary study was focused on the MIS 6 down to MIS 9. In this time interval we identified 32 tephra layers. Ten of them were directly dated by <sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar between 195 and 353 ka. For the same time period, we obtained a sub-millennial planktonic δ<sup>18</sup>O. Thanks to a Bayesian age-model based exclusively on these <sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar ages we discovered a sedimentary gap of more than 40 ka that was previously not detected. Our δ<sup>18</sup>O record highlights the very peculiar local response of the Tyrrhenian sea intermediate water during the long and complex MIS 7 period.

Finally, several tephra layers identified in this core were correlated with equivalent layers found in continental records (e.g. Paleolake Fucino; Lake Ohrid). This opens the way for direct correlations between the marine and the continental records throughout the Central-Eastern Mediterranean area between 190 and 350 ka.

#### **ORIGINE ET SAISONNALITE DU CARBONE ORGANIQUE ET INORGANIQUE DANS LES LACS THERMOKARSTIQUES DE YAKOUTIE CENTRALE**

Sarah OLLIVIER<sup>1\*</sup>, Laure GANDOIS<sup>2</sup>, Antoine SEJOURNE<sup>1</sup>, Frederic BOUCHARD<sup>3</sup>, François COSTARD<sup>1</sup>, Christine HATTE<sup>4</sup>, Christelle MARLIN<sup>1</sup>, Aurélie NORET<sup>1</sup>

1. *Laboratoire Géosciences Paris-Saclay (GEOPS), UMR 8148, bâtiment 504 rue du Belvédère, Université Paris-Saclay, 91405 Orsay Cedex*; 2. *Laboratoire d'Ecologie Fonctionnelle et Environnement (LEFE), UMR 5245, ENSAT, Avenue de l'Agrobiopole, 31326 Castanet Tolosan Cedex*; 3. *Département de géomatique appliquée, Centre d'applications et de recherches en télédétection (CARTEL), Université de Sherbrooke, Sherbrooke QC, Canada J1K 2R1*; 4. *Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (LSCE), UMR CEA-CNRS-UVSQ 8212, Orme des Mérisiers bâtiment 714, Université Paris-Saclay, 91191 Gif-sur-Yvette.*

[sarah.ollivier@universite-paris-saclay.fr](mailto:sarah.ollivier@universite-paris-saclay.fr)

In the Arctic, ice-rich permafrost thawing has geomorphological consequences, such as formation of thermokarst lakes. There are also geochemical consequences because old carbon, initially stored in permafrost, could be reintroduced in the actual carbon cycle and decomposed into greenhouse gases. This study aimed at identifying the origin and seasonal pattern of dissolved inorganic carbon (DIC), dissolved organic carbon (DOC) and particulate organic carbon (POC) of thermokarst lakes, to better understand the impact of permafrost thawing on carbon cycle.

Our study site is located in Central Yakutia (Syrdakh, Eastern Siberia), there are thermokarst lakes formed since 1950, and ancient lakes, called alases, formed in the early Holocene. Some alases are connected to the river and other alases are affected by retrogressive thaw slumps. Concentrations and isotopic signatures in <sup>13</sup>C and <sup>14</sup>C of DIC, DOC and POC have been analysed in these 4 types of lakes, during field work each season between 2018 and 2019.

Results are providing important seasonal DIC and DOC variations. They are controlled by hydro-climatic parameters, such as lake freezing in winter, snowmelt in spring and evaporation in summer.

Lake types have different biogeochemical signatures. Connected alases have low concentrations and modern  $^{14}\text{C}$  signatures for DIC, DOC and POC.  $^{13}\text{C}$  content of POC can indicate primary production. Recent lakes have high concentrations for DIC and DOC, and ancient  $^{14}\text{C}$  signatures for DIC, DOC and POC. The  $^{13}\text{C}$  content of DOC indicates an origin from C3 vegetation. Alases with retrogressive thaw slumps have high concentrations for DIC and DOC but, intermediate between recent lakes and connected alases for POC. Signatures of  $^{14}\text{C}$  are ancient for all C forms, and DIC  $^{13}\text{C}$  signatures indicate erosion/thawing of permafrost. Alases have intermediate concentrations between those of recent lakes and connected alases, and different  $^{14}\text{C}$  signatures depending on carbon type, which did not allow us to assess their origin. Thus, alases and connected alases seem to be less affected by permafrost thawing than recent lakes and alases with retrogressive thaw slumps. To conclude, an important impact of permafrost thawing on carbon cycle has been identified in recent lakes and alases with retrogressive thaw slumps, with an old carbon release, which is called "permafrost carbon feedback".

#### TRACING CHANGES IN MINERAL ORGANIC CARBON INTERACTIONS UPON PERMAFROST THAW

Sophie OPFERGELT<sup>1</sup>, Arthur MONHONVAL<sup>1</sup>, Maxime THOMAS<sup>1</sup>, Catherine HIRST<sup>1</sup>

1. Earth and Life Institute, Université catholique de Louvain, Louvain-la-Neuve, Belgium.

[sophie.opfergelt@uclouvain.be](mailto:sophie.opfergelt@uclouvain.be)

Mineral organic carbon interactions in soils and ice-rich sediments are key to stabilize organic carbon and mitigate greenhouse gas emissions upon permafrost thaw. However, changes in soil water pathways upon permafrost thaw are likely to affect the stability of mineral organic carbon interactions. Dissolution of mineral surfaces can release associated organic carbon which contributes to carbon loss, whereas precipitation of new mineral surfaces can promote loci for organic carbon interactions limiting carbon loss. Here we use radiogenic strontium (Sr) isotopes to locate in situ dissolution-precipitation processes of mineral organic carbon interactions along a gradient of permafrost thaw in soils and ice-rich sediments. In these materials, about 20% of organic carbon is stabilized as organo-mineral associations (association between ferrihydrite and organic carbon) and organo-metallic complexes (associations between Fe, Mn, Al, Ca polyvalent cations and organic acids). We target Sr adsorbed or occluded to metal oxides or participating in organo-metallic complexes. We hypothesize that a change in the Sr isotopic ratio ( $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ) of such mineral organic carbon interactions upon permafrost thaw indicates a destabilization of the binding between mineral surfaces and Sr, and hence organic carbon. We show that it is in saturated layers that mineral organic carbon interactions have remained undissociated and preserved since their formation. At the redox interface, the data highlight processes of dissolution and precipitation of the mineral

organic carbon interactions, supporting loci for the loss and gain in organic carbon stabilization potential.

#### TOPOGRAPHY AND RELIEF DEVELOPMENT IN THE YALONG RIVER CATCHMENT, SOUTHEAST TIBET

Xiong OU<sup>1</sup>, Anne REPLUMAZ<sup>1</sup>

1. Institut des Sciences de la Terre (ISTerre), Université Grenoble Alpes, CNRS, IRD, Grenoble, 38058, France.

[xiong.ou@univ-grenoble-alpes.fr](mailto:xiong.ou@univ-grenoble-alpes.fr)

The Southeast Tibet is characterized by low-relief surfaces at high-elevation with old thermochronological ages and very little exhumation since at least the India-Asia collision, and deeply incising valleys of large rivers (e.g., Salween, Mekong, Yangtze and Yalong) with young thermochronological ages and strong erosion. Those relict surfaces are proposed either to inherit a pre-existing flat landscape on a high proto-plateau by or prior to the collision, or to be generated at low altitude and then uplifted and dissected by rivers since middle Miocene. In this study, we applied a landscape modeling (FastScape) in the Yalong River catchment of the Great Bends Region (southeast Tibet) to explore the influence of strong monsoonal precipitation, which destroys the plateau and engraves deep gorges on the plateau edge, and the strong tectonics of the Yalong Thrust Belt (YBT) and its imposed orographic effect on reducing precipitation, which conserve the flat headwater and interfluvial surfaces on a high plateau.

The results show that a formerly proposed pure climatic forcing on an existing pre-Neogene high plateau, due to either an intensified monsoon since the Mid-Miocene Climate Optimum (~17–14 Ma) or an expansion of upstream drainage since 15 Ma, will strongly destroy the high plateau by regressive fluvial erosion. A southeastward propagating uplift wave from central Tibet has recently been used to generate the peculiar topography in the Three Rivers Region (around the Eastern Himalayan Syntaxis), combined with strong precipitation but small erosion coefficient. Differently, here we propose that a coupling of strong Miocene uniform uplift on the Muli thrust of the YBT, strong orographic effect on precipitation on the high plateau edge above 3000 m and supplementary increase of channel inflow to simulate capturing of upstream endorheic zone of inland plateau could well reproduce such a similar topography in Great Bend Region (west of the Sichuan craton). Indeed, the capture of endorheic zone, increasing tremendously run-off in the river networks, ensures sufficient inflow water in the channels to efficiently downcut deep gorges as observed on the high plateau edge.

#### LA LOCALITE DE LAHOU-KPANDA (GRAND-LAHOU) FACE A L'AVANCEE DE L'OCEAN ATLANTIQUE

Seydou OUATTARA<sup>1\*</sup>

1. Laboratoire LIMERSAT (Littoral, Mer, Sécurité Alimentaire, Transport), Université Félix Houphouët-Boigny (Côte d'Ivoire), Institut de Géographie Tropicale.

[docteurseydou@gmail.com](mailto:docteurseydou@gmail.com)

La Côte d'Ivoire est bordée par un littoral maritime long de 550 km. De nombreuses localités y sont localisées.

Cependant, celles-ci sont exposées à l'avancée de l'océan qui déstabilise le géosystème. Depuis quelques années, la localité de Lahou-Kpanda dans le département de Grand-Lahou est en proie à l'avancée de la mer. Une situation due au changement climatique. Elle est symptomatique de nombreux sites localisés sur le littoral ivoirien exposés à ce risque naturel. Face à cette situation, on se pose naturellement la question de savoir quel est l'impact de la l'avancée de la mer sur le développement de la localité de Lahou-Kpanda ? L'objectif de cette étude est donc d'évaluer les effets de ce phénomène sur l'espace de Lahou-Kpanda. L'hypothèse que nous émettons par rapport à notre problème est que ce dernier détruit le géosystème de Grand-Lahou, notamment en raison du manque de moyens permettant une lutte efficiente. La recherche de la confirmation ou de l'infirmité de l'hypothèse nous a conduit à consulter des ouvrages ; à effectuer des recherches sur Internet ; mais également à poser des questions aux différents responsables administratifs ; à interroger les populations résidentes qui ont vu ces dernières années leurs activités et milieu se dégrader.

### THE QUATERNARY: AN ONGOING ERA ? REVIEW AND PROPOSALS

Jean-François PASTRE

GEOQUAT, 23 rue de l'Eglise 93370 Montfermeil, France.

[jean-francois.pastre@cnrs.fr](mailto:jean-francois.pastre@cnrs.fr)

The Quaternary is classically integrated in the Cenozoic. We propose to rehabilitate it as a full geological Era (Erathem) with the synonymous Neozoic. If the climatic determinism (glacial/interglacial alternation) plays a fundamental role during the Quaternary, the emergence of man, quite at the beginning of the Quaternary, and its slow evolution to *Homo sapiens* can also be considered as important. The role from now on played by *Homo sapiens*, its impact and its technology constitute a major agent. So, we propose to name the corresponding Quaternary system the Anthropogene. The beginning of the Quaternary/Lower Pleistocene is classically situated at 2.6 Ma (2.588 astronomically tuned). The stage 104 (beginning of the Praetiglian) is classically attributed to this beginning. But the stage 108 at ca. 2.68 Ma fits better with the  $\delta^{18}\text{O}$  data and sedimentological results from the French Massif Central. So, it is proposed to move the rounded lower Quaternary limit at 2.7 Ma. The Lower Pleistocene shows the alternation of temperate climates and some huge glaciations well recorded in the French Massif Central. The Middle Pleistocene, begun at 773 ka (Brunhes-Matuyama limit), sees the starting of a more marked climatic regime with long glacial and full interglacials. It marks the crossing from 41 ka to 100 ka climatic cycles which are better known than the ones of the Lower Pleistocene. The Upper Pleistocene begins 135 ka ago (beginning of the Eemian interglacial) and ends 11 650 years cal. BP ago with the end of the climatic pejouration of the Younger Dryas. It does not show a major difference with the previous cycles, but its deposits are better preserved and it shows an important renewing of the mammals faunas begun at the end of the Middle Pleistocene. The Holocene constitutes an exemple of well conserved interglacial which is marked by the progressive development of human societies and their increasing impact on the environments. If it is not

fundamentally different from the previous interglacials, it is above all the conservation of its sedimentary sequences and the development of *sapiens* societies and the domestication (Mesolithic, Neolithic, protohistory, history) which justify its differentiation from the previous interglacials. The Anthropocene is marked by the major development of human societies and technologies with their increasing impact on the environments and the surficial geological system. Its beginning at 1950 AD, the 0 BP of radiocarbon is justified. The perturbation of the  $^{14}\text{C}$  system by the atomic tests, the dispersion of radionucleides, the exponential use of hydrocarbon, the occurrence of carbon products (plastics, pesticides...), the beginning of the major increase of population, the marked beginning of the urban development, considerate as a form of continental sedimentation, constitute several markers of this advent. Within this period, different stages can be determined, marked by their technofossils. The last one (post 2000 AD) marks an unpreceded development of technologies, of towns and of hydrocarbons consumption. The close future will be marked by an increasing advent of clean technologies (eolian and photovoltaic electricity, hydrogen, ethanol, biomethane engines...) but the increase of greenhouse gas, mainly due to human activities, will shortly increase global warming before the beginning of a new glacial in several hundred years which will reduce anthropogenic impacts. The "Anthropocenic" impact will probably induce a long interglacial evaluated to tens of ka and not to 11.5 ka, as Holocene. But if this anthropic warming indubitably exists, othshortly natural warming also occurred during the Plio-Pleistocene s.l. with climates hotter than the present one. The Quaternary Era will probably continue for a long time. Astronomical climatic command will play its role. This presentation is illustrated by examples from the author taken in France, a mid latitude area which is sensible to record the palaeoenvironmental and palaeoclimatic changes with many datings (K-Ar on lavas,  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  on Mont-Dore/Sancy tephtras,  $^{14}\text{C}$  on organic matter.

### ETUDE DES FRACTIONNEMENTS DU DIOXYGENE DE L'AIR LORS DES PROCESSUS BIOLOGIQUES DANS DES EXPERIENCES EN CHAMBRES BIOLOGIQUES FERMEES : APPLICATION A LA RECONSTRUCTION DE LA PRODUCTIVITE PASSEE DE LA BIOSPHERE

Clémence PAUL<sup>1\*</sup>, Clément PIEL<sup>2</sup>, Joana SAUZE<sup>2</sup>, Morgane FARRADECHE<sup>1</sup>, Daniele ROMANINI<sup>4</sup>, Nicolas PASQUIER<sup>1</sup>, Frédéric PRIE<sup>1</sup>, Roxanne JACOB<sup>1</sup>, Olivier JOSSOUD<sup>1</sup>, Arnaud DAPOIGNY<sup>1</sup>, Sébastien DEVIDAL<sup>2</sup>, Alexandru MILCU<sup>2,3</sup>, Amaëlle LANDAIS<sup>1</sup>

1. Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement, LSCE/IPSL, CEA-CNRS-UVSQ, Université Paris-Saclay, 91191 Gif-sur-Yvette, France ; 2. Ecotron Européen de Montpellier (UAR 3248), Univ Montpellier, Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS), Campus Baillarguet, Montferrier-sur-Lez, France ; 3. Centre d'Ecologie Fonctionnelle et Evolutive, Univ Montpellier, CNRS, Univ Paul Valéry, EPHE, IRD, Montpellier, France ; 4. Laboratoire Interdisciplinaire de Physique, Univ Grenoble Alpes, CNRS/UGA, Saint-Martin-d'Hères, France.

[clemence.paul@lsce.ipsl.fr](mailto:clemence.paul@lsce.ipsl.fr)

La composition isotopique du dioxygène piégé dans les bulles d'air des carottes de glace peut être utilisée pour reconstituer la productivité globale de la biosphère dans le passé ainsi que pour documenter l'évolution du cycle de l'eau aux basses latitudes. Pour une quantification précise de la productivité passée de la biosphère et une meilleure estimation de l'Effet Dole, il est important de déterminer les différents processus de fractionnement qui se produisent dans la biosphère pendant les processus de respiration et de photosynthèse. Afin de quantifier ces fractionnements, le dispositif expérimental utilisé repose sur des chambres biologiques fermées dans lesquelles tous les paramètres environnementaux sont contrôlés et mesurés. Nous présentons ici la quantification des coefficients de fractionnement associés au  $\delta^{18}\text{O}$  de l' $\text{O}_2$  pendant la respiration et la photosynthèse au sein de la biosphère terrestre.

Pour une première expérience, la composition isotopique triple de l'oxygène est régulièrement mesurée dans une seule chambre fermée (avec du sol et la plante *Festuca arundinacea*) par échantillonnage de flasques à une faible fréquence (4 h à 4 jours). La composition isotopique du dioxygène a été mesurée par IRMS. Sept expériences d'une durée d'environ 2 mois ont été réalisées afin de vérifier la reproductibilité de notre installation et de quantifier l'incertitude sur la détermination des coefficients de fractionnement. Pour la première fois, avec cette chambre fermée, un fractionnement photosynthétique terrestre a été découvert.

Pour une deuxième expérience en cours, la composition isotopique du dioxygène est régulièrement mesurée dans 3 chambres en parallèle en utilisant un échantillonnage régulier pour les analyses IRMS et des mesures continues avec un nouvel instrument de spectroscopie optique (OF-CEAS). L'objectif de cette deuxième expérience est de comparer les différents coefficients de fractionnement de la respiration et de la photosynthèse pour différents types fonctionnels de plantes. Par exemple, une bonne application

#### **RECONSTRUCTION MULTI-CENTENAIRE DES VARIATIONS PASSES DE TEMPERATURE EN PATAGONIE DU NORD A L'AIDE DE LA COMPOSITION ISOTOPIQUE DES CERNES D'ARAUCARIA ARAUCANA**

Tiphaine PENCHENAT<sup>1\*</sup>, Valérie DAUX<sup>2</sup>, Ignacio MUNDO<sup>2,3</sup>, Monique PIERRE<sup>1</sup>, Michel STIEVENARD<sup>1</sup>, Ana SRUR<sup>2</sup>, Ricardo VILLALBA<sup>2</sup>

1. *Laboratoire des sciences du climat et de l'environnement (LSCE), Université Paris-Saclay, CNRS, CEA, UVSQ, Orme de Merisiers, 91191 Gif-sur-Yvette, France*; 2. *Instituto Argentino de Nivología, Glaciología y Ciencias Ambientales (IANIGLA), CONICET, Av. Ruiz Leal s/n Parque General San Martín, Mendoza, Argentina*; 3. *Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Cuyo, Padre Contreras 1300, Mendoza, Argentina*

[tiphaine.penchenat@lsce.ipsl.fr](mailto:tiphaine.penchenat@lsce.ipsl.fr)

Depuis une centaine d'années, la partie Ouest de l'Amérique du Sud, de l'Altiplano à la Patagonie du Nord, connaît des périodes de sécheresse de plus en plus longues et de plus en plus fréquentes. Cette tendance, qui est probablement en partie liée à l'expansion de la cellule atmosphérique de Hadley associée à une phase positive dominante de l'Oscillation Antarctique ces

dernières décennies, se poursuivra d'après les modélisations climatiques. Nous proposons d'améliorer la compréhension des processus responsables de cette évolution en reconstituant les variations hydro-climatiques passées en Patagonie du Nord. Pour cela, nous utilisons la composition isotopique en carbone ( $\delta^{13}\text{C}$ ) de la cellulose des cernes d'*Araucaria araucana*, une espèce endémique de Patagonie dont l'aire de répartition est comprise entre 37°20'S et 40°20'S. Nous avons mis en évidence le lien entre les variations du  $\delta^{13}\text{C}$  des cernes d'*A. araucana* évoluant dans un milieu sec et celles de la température et de l'humidité, elles-mêmes contrôlées par l'Oscillation Antarctique et la position de la branche descendante de la cellule de Hadley. Le fort potentiel du  $\delta^{13}\text{C}$  de la cellulose des cernes d'*A. araucana* à enregistrer les variations de température et d'aridité d'été à l'échelle régionale permet de reconstituer les variations climatiques de Patagonie sur plusieurs siècles (315 ans) et met en avant une forte augmentation des températures maximales (+1°C) à la fin du XVIII<sup>ème</sup> siècle. A l'échelle régionale, les reconstructions climatiques révèlent une uniformisation des tendances (température et humidité) sur les dernières décennies, probablement en lien avec le changement climatique global qui devient le principal facteur de contrôle de la variabilité climatique.

#### **TECHNICAL EVOLUTION IN LATE PLEISTOCENE SOUTH AMERICA AND ITS PALEOECOLOGICAL CONTEXT: NEW DATA AND MACROREGIONAL INTERPRETATIONS.**

Antonio PEREZ-BALAREZO<sup>1\*</sup>

1. *CNRS, UMR 7041 ArScAn, équipe AnTET, Projet ANR SESAME, ANR-20-CE03-0005 de l'Agence Nationale de la Recherche. Foundation for Pleistocene Heritage Studies in Osorno, Chili (FEPP). Institut français d'études andines (IFEA), Lima, Pérou. Center for American Paleolithic Research (CAPR), Hot Springs, South Dakota, USA.*

[antoniopezbalarezo@hotmail.com](mailto:antoniopezbalarezo@hotmail.com)

The peopling of South America can only be understood within the general framework of the peopling of the Americas. The Late Pleistocene of this continent has known important archaeological, paleoenvironmental and paleogenetic advances in the last two decades. To date, more than fifty South American sites are now known, dated between 40000 BP and 12800 BP. Archaeological and paleoenvironmental data in South America reinforces a model of long chronology proposed many years ago but rarely fully developed in terms of population dynamics on a macro-regional scale. Towards the beginning of Marine Isotope Stages (MIS) 3, most sites present similar archaeological record, occupying different biomes at a time when the North American ice sheets have not yet merged and the Beringia land bridge is intermittently available, as well as the Pacific coastline free of glacial cover. At the end of MIS 3, when the North American ice sheets began to merge, most archaeological sites virtually occupied the same biomes sharing the same technical patterns as at the beginning of this stage, with the addition of some new toolkits. At the beginning of MIS 2, and especially between the Last Glacial Maximum, when the Beringia land bridge was fully available, but the North American ice sheets are fully merged, the Patagonian ice sheet is

present in the extreme south of South America. During this period, the spatial pattern of sites changed in the intertropical zone of the continent. At the end of the LGM and immediately after, new biomes are occupied especially on South America's borders. Bifacial phenomenon, and especially projectile points, begin to emerge during this period. Immediately after, within continental deglaciation, the number of sites doubles, following the same spatial distribution as the previous period. Bifacial phenomenon is increasingly present, but apparently not in the intertropical zone of South America. By 13000 BP, the North American ice-free corridor was available and a demographic explosion is observed across the continent. From this period, virtually all South American biomes are occupied by humans. Projectile points acquire an archaeological visibility without precedent. The post-Bølling – Allerød/Antarctic Cold Reversal period marks the transition from the Late Pleistocene to the Early Holocene, a period in which a wide variety of regional technical phenomena emerge in almost all parts of South America at an unknown rate in evolutionary histories from other parts of the world. Within the framework of this paleoecological model, how to linking technical evolution to environmental conditions? Our goal in this presentation is twofold. First, we will highlight the ways in which early South American human groups appropriated new and known landscapes in uncertain and dynamic environments by means of lithic technology. Second, we will show how the major paleoenvironmental events of the Late Pleistocene conditioned the insertion of human groups in this subcontinent and consequently the configuration of technical phenomena. Beyond a simplistic causal relationship, early American prehistory cannot be explained without reference to the special paleoecological characteristics of the continent.

**INTRUSIONS D'HARMATTAN JUSQU'AUX MARGES NORD DU MASSIF FORESTIER D'AFRIQUE CENTRALE : OBSERVATIONS IN-SITU ET DIAGNOSTICS LARGE ECHELLE A L'AIDE DES REANALYSES ERA5 ET ESTIMATIONS SATELLITES**

Nathalie PHILIPPON<sup>1</sup>, Vincent MORON<sup>2</sup>, Nadège MARTINY<sup>3</sup>, Pierre CAMBERLIN<sup>3</sup>

1. IGE, 70 rue de la Physique, 38400 Saint Martin d'Hères [nathalie.philippon@univ-grenoble-alpes.fr](mailto:nathalie.philippon@univ-grenoble-alpes.fr); 2. CEREGE Technopôle Environnement Arbois-Méditerranée, 13545 Aix en Provence; 3. BIOGEOSCIENCES, 6 blvd Gabriel, 21000 Dijon.

[nathalie.philippon@univ-grenoble-alpes.fr](mailto:nathalie.philippon@univ-grenoble-alpes.fr)

Bien que l'Afrique Centrale abrite le 2<sup>ème</sup> massif forestier tropical, son climat est largement sous étudié par rapport aux régions semi-arides voisins. Plus importante encore est notre méconnaissance de la dynamique des saisons sèches alors que ces saisons sont cruciales d'un point de vue bioclimatique. Les données recueillies à 2 stations météorologiques installées en mars 2016 à Pokola et Mokabi dans l'intervalle de la Sangha au nord du Congo montrent qu'elles enregistrent lors de la saison sèche principale (décembre-mars) des épisodes de plusieurs jours caractérisés par une humidité relative et des températures nocturnes très faibles. Ces situations atmosphériques sont typiques des conditions d'Harmattan et suggèrent de potentielles intrusions

jusque sur les marges nord (2-3°N) du massif forestier d'Afrique Centrale. Les mécanismes et les impacts notamment sanitaires de l'Harmattan sont relativement bien documentés pour l'Afrique de l'Ouest (e.g. Sultan et al. 2005, Martiny & Chiapello, 2013, Schepanski et al 2017). Ils ne le sont pas pour cette marge nord du massif forestier alors que ces intrusions peuvent augmenter le stress hydrique des forêts

Les données in-situ des deux stations sont analysées pour caractériser ces intrusions en durée, fréquence et intensité depuis 2016. A partir des dates d'intrusion extraites, les patterns atmosphériques associés de dynamique atmosphérique mais aussi de poussières et rayonnement solaire sont étudiés en s'appuyant sur les produits de réanalyses (ERA5, CAMS) et les estimations satellitaires. Sur la période 2016 – 2022, on détecte sur la base du percentile 90 des minima d'humidité spécifique à la station de Mokabi (la plus au nord des deux), 10 intrusions dont les plus longues durent plus de 30 jours. Ces dates d'intrusion sont utilisées pour créer des champs composites, à partir des réanalyses ERA5, des anomalies du vent et de géopotentiel, du point de rosée et du déficit de pression de vapeur avant/après le début des intrusions. On observe une téléconnexion avec des anomalies de basse pression sur le bassin méditerranéen qui engendrent un renforcement du flux de nord sur la partie orientale du Sahara. Ce flux induit une chute de la température du point de rosée et une augmentation du déficit de pression de vapeur sur une bande s'étirant entre 3 et 8°N de l'est du Cameroun à la République de Centrafrique mais un signal similaire est également présent plus à l'Ouest sur la côte guinéenne. Afin d'accéder à l'échelle interannuelle, les données de température du point de rosée de la base de données in-situ GSOD et des réanalyses ERA5 pour la période 1973-2020 sont travaillées. Le seuil de 14°C permet de délimiter les masses d'air équatoriale (humide) et subtropicale (plus sèche). Sur la région, le gradient spatial s'avère très marqué entre stations/pixels enregistrant des températures de point de rosée >14° ou au contraire <14°C. Les réanalyses ERA5 reproduisent correctement ce gradient moyen mais aussi la variabilité interannuelle observée aux stations de la base GSOD. En travaillant par analyses multi-variées (Analyse en Composantes Principales, clustering K-Means) le but sera d'extraire sur la période historique et pour la région des dates d'intrusion dont on analysera l'évolution temporelle en fréquence, durée et intensité ainsi que les patterns atmosphériques associés. La question est notamment de voir si, dans le contexte du changement climatique, des tendances à la hausse sont enregistrées dans les caractéristiques de ces intrusions. Les observations dans l'actuel devraient ouvrir la voie pour des analyses des évolutions futures (fin du XXI<sup>ème</sup> siècle) mais aussi passées (période Holocène) de ces intrusions et de leur impact sur le massif forestier de l'intervalle de la Sangha.

**FUTURE CHANGES OF COMPOUND DROUGHT AND HEAT WAVE EVENTS OVER EASTERN MEDITERRANEAN UNDER GLOBAL WARMING**

Kostas PHILIPPOPOULOS<sup>1</sup>, Constantinos CARTALIS<sup>1</sup>, I. AGATHANGELIDIS<sup>1</sup>, A. POLYDOROS<sup>1</sup>, TH. MAVRAKOU<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Department of Physics, Section of Environmental Physics and Meteorology, National and Kapodistrian University of Athens, 15784 Zografou, Greece*

[ckartali@phys.uoa.gr](mailto:ckartali@phys.uoa.gr)

Compound events result from the combination of extreme events that amplifies their impacts through feedback mechanisms that contribute to increased societal risk. Compound events are an area of deep uncertainty, and this work focuses on providing insight into the probability of the occurrence of compound drought and heat wave events (CDHW) over Eastern Mediterranean. The scope is to evaluate the current state of climate over the study area in terms of CDHW and to assess changes between the recent past/ present climate and multiple future sub-periods for two different representative concentration pathways (RCP 4.5 and RCP 8.5). Climate data are extracted from multiple bias-adjusted regional climate model simulations at a spatial resolution of 0.11°. Extreme indices are used for identifying meteorological droughts and heat waves and in this work, the Standardised Precipitation Index (SPI) and the Excess Heat Factor (EHF) are employed. Total monthly precipitation records are used for calculating SPI and daily maximum and minimum temperature values for the EHF index. The extreme indices time series are further examined in terms of identifying and quantifying their trends using the Mann–Kendall non-parametric test and Sen's linear slope estimator. The climate projections results indicate an intensification of droughts and heatwaves and, particularly, in a compound manner. The complexity of the climate system poses a great challenge regarding the risk assessment associated with correlated compound drivers and the results of this work provide the required scientific evidence for improving the resilience and preparedness of the critical sectors affected by CDHW.

#### **THE TEMPERATURE AS MAIN DRIVER OF THE CALCIUM CARBONATE ACCUMULATION DURING THE PALEOCENE-EOCENE TRANSITION AT ODP SITE 1209 (NORTH PACIFIC)**

Nicolas PIGE<sup>1\*</sup>, Guillaume SUAN<sup>1</sup>, Pierre-Henri BLARD<sup>2</sup>, Emanuela MATTIOLI<sup>1</sup>

1. *Laboratoire de Géologie de Lyon : Terre, Planète, Environnement UMR CNRS 5276, (CNRS, ENS, Université Lyon1, UJM), Université Claude Bernard Lyon 1, Campus de la Doua, bâtiment géode 2, rue Raphael Dubois, 69100 Villeurbanne, France*; 2. *Centre de Recherches Péetrographiques et Géochimiques, UMR CNRS 7358, 15, rue Notre Dame des Pauvres, 54500 Vandœuvre-lès-Nancy, France.*

[nicolas.pige@univ-lyon1.fr](mailto:nicolas.pige@univ-lyon1.fr)

The Paleocene-Eocene transition displayed several greenhouse gas-induced hyperthermal events, the best known being the Paleocene-Eocene Thermal Maximum (PETM; -56 Ma). The abrupt associated changes in environmental conditions may have deeply impacted coccolithophores which remains constitute a major component of deep-sea sediments. These single-celled algae are major players of the carbon cycle since, they consume CO<sub>2</sub> for photosynthesis, and produce calcite platelets named coccoliths. Knowing the dissolution dynamics of calcareous nannofossils throughout the water column is essential to produce realistic carbon budgets across hyperthermal events.

In this work, we analyze the ODP Site 1209 (North Pacific) to reconstruct accumulation fluxes of coccoliths reaching the ocean floor during the latest Paleocene to earliest Eocene. For this, we use a high-resolution record of extra-terrestrial <sup>3</sup>He-derived sedimentation rates. We compared the obtained fluxes to different proxies of dissolution (planktonic foraminifera fragmentation and coarse fraction) to disentangle the preservation and CaCO<sub>3</sub> accumulation (mainly represented by coccoliths) signals recorded in the studies strata.

Our findings challenge the widely accepted model previously proposed for hyperthermal events, assuming that the CaCO<sub>3</sub> accumulation is mainly controlled by dissolution. Indeed, our results suggest that it exist a strong causal (?) relationship between CaCO<sub>3</sub> accumulation and the temperature for most of the Late Paleocene hyperthermal events.

#### **EST-CE QU'UN MODELE DE CLIMAT A HAUTE RESOLUTION PERMET D'AMELIORER LA SIMULATION DES CRUES RAPIDES ? CAS D'ETUDE SUR UN BASSIN VERSANT MEDITERRANEEN.**

Nils PONCET<sup>1\*</sup>, Philippe LUCAS-PICHER<sup>1,2</sup>, Yves TRAMBLAY<sup>3</sup>, Guillaume THIREL<sup>4,5</sup>

1. *CNRM, GMGEC, France*; 2. *Université du Québec à Montréal, Canada*; 3. *HSM (Univ.Montpellier, CNRS, IRD), France*; 4. *Université Paris-Saclay, INRAE, HYCAR research unit, Antony, France*; 5. *CNRM, GMME, Météo-France, Toulouse, France.*

[nils.poncet@meteo.fr](mailto:nils.poncet@meteo.fr)

Le sud-est de la France connaît régulièrement des épisodes pluvieux extrêmes en automne causant des crues rapides dont les impacts humains et sociétaux peuvent se révéler catastrophiques. Malgré une augmentation récente constatée de ces pluies extrêmes, il n'y a pour le moment aucune évidence de l'augmentation de l'intensité et la fréquence des crues rapides dans le sud de l'Europe. Les projections futures sur l'évolution de ces événements hydrologiques demeurent incertaines, en partie à cause de la résolution grossière des modèles de climat. Le développement récent des modèles de climat à convection profonde résolue permet une simulation plus réaliste des précipitations extrêmes. Cette nouvelle génération de modèles de climat à haute résolution n'a été que très peu utilisée en association avec des modèles hydrologiques, et leur valeur ajoutée pour simuler des crues rapides reste à prouver.

Dans cette étude, les simulations d'un modèle de climat permettant la convection profonde à 2.5 km de résolution (CNRM-AROME) forcent un modèle hydrologique global (GR4H). Cette chaîne de modélisation est testée sur le Gardon d'Anduze, un bassin versant méditerranéen du sud-est de la France, qui est réputé pour avoir subi des crues rapides sévères ces dernières décennies. Le modèle hydrologique est calibré avec le jeu de données de précipitations horaires observées COMEPHORE à 1 km. Nous comparons les crues simulées issues du modèle de climat AROME au modèle climatique de référence, le modèle forceur CNRM-ALADIN à 12 km de résolution. Nous testons également différentes méthodes pour corriger le biais des précipitations. L'analyse des pics de crue simulés par le modèle hydrologique forcé par différents jeux de données

météorologiques permet de déterminer à quel point une meilleure résolution des modèles climatiques et quelles techniques de correction de biais permettent d'améliorer la simulation des crues rapides.

### **CHRONOLOGIES CROISEES U/TH ET 14C DANS LES GROTTEES ORNEES**

Edwige PONS-BRANCHU<sup>1\*</sup>, Hélène VALLADAS<sup>1</sup>, Julius NOUET<sup>2</sup>, Arnaud DAPOIGNY<sup>1</sup>, Jocelyn BARBARAND<sup>2</sup>, Nadine TISNERAT LABORDE<sup>1</sup>, Jean Pascal DUMOULIN<sup>3</sup>, Maria Angeles MEDINA ALCAIDE<sup>4</sup>, Jose Luis SANCHIDRIAN<sup>5</sup>

1. LSCE UMR 8212 CEA/CNRS/UVSQ, Bat 714, CEA Orme Les Merisiers, 91191 Gif Sur Yvette; 2. GEOPS : Laboratoire GEOPS, Université. Paris Saclay – UMR 8148 CNRS – Université Paris Saclay, 91405 Orsay Cedex, France; 3. Laboratoire de Mesure du Carbone 14 (LMC14), LSCE/IPSL, CEA-CNRS-UVSQ, Université Paris-Saclay, 91191, Gif-sur-Yvette, France; 4. PACEA UMR 5199, UNIVERSITÉ DE BORDEAUX, Bâtiment B2, Allée Geoffroy Saint-Hilaire CS 50023, 33615 PESSAC Cedex; 5. University of Cordoba UCO, Department of History (HUM-781) Cardenal Salazar s/n, 14071 Cordoba, Spain.

[edwige.pons-branchu@lsce.ipsl.fr](mailto:edwige.pons-branchu@lsce.ipsl.fr)

La datation des couches de carbonate de calcium secondaires se développant sur les parois des grottes sont utilisées pour contraindre l'âge de certaines représentations pariétales (dessins, gravures) dans les grottes ornées, lorsque ces carbonates leur servent de support, ou lorsqu'ils les recouvrent. Les datations réalisées par la méthode uranium thorium (ou U/Th) permettent d'obtenir des âges jusqu'à plus de 500 000 ans. Des biais dans les âges, dus à des mobilisations de radionucléides après la formation des minéraux peuvent apparaître dans certains cas. Nous avons appliqué cette méthode aux fins voiles des parois ornées de la grotte de Nerja, et aux spéléothèmes trouvés à proximité.

Pour valider ces âges, des datations croisées avec le chronomètre <sup>14</sup>C ont été réalisées. Pour chacune des méthodes, des corrections sont nécessaires (carbone mort dans le cas du <sup>14</sup>C et thorium détritique dans le cas du chronomètre U/Th). Ces datations croisées ont permis dans certains cas de valider les âges obtenus et d'obtenir des âges minimums pour des figures rouges. Dans d'autres cas, elles ont permis de mettre en évidence des biais dans les âges (évolution en système ouvert). Des études minéralogiques, en particulier par FTIR, ont permis de mettre en évidence plusieurs types de perturbations minéralogiques, et dans certains cas des transformations aragonite/calcite qui permettent d'expliquer les biais obtenus sur les âges.

### **RAPID DEGLACIAL INJECTION OF HEAT AND NUTRIENTS IN THE NORTHEASTERN ATLANTIC OCEAN SINCE THE LAST GLACIAL MAXIMUM FROM GEOCHEMICAL PROXIES**

Solène POURTOUT<sup>1</sup>, Sophie SÉPULCRE<sup>1</sup>, Frédéric HAURINE<sup>1</sup>, Giuseppe SIANI<sup>1</sup>, Élisabeth MICHEL<sup>2</sup>, Christophe COLIN<sup>1</sup>

1. Géosciences Paris-Saclay (GEOPS), Rue du Belvédère, bâtiment 504, 91400 Orsay, France; 2. Laboratoire des Sciences du Climat et de

*l'Environnement (LSCE), Orme de Merisiers, bât 714, 91190 Saint-Aubin, France.*

[solene.pourtout@universite-paris-saclay.fr](mailto:solene.pourtout@universite-paris-saclay.fr)

Ocean circulation plays a central role in climate regulation. Palaeoceanographic studies of the last decades have made it possible to better document the variations in the production of the deep waters of the North Atlantic (NADW). However, the role of intermediate water masses (IW) over time remains to be documented and is highly controversial. Indeed, some studies have highlighted the increased contribution of Antarctic Intermediate Waters (AAIW) in all ocean basins during cold events recorded in the North Atlantic while others suggest their absence. Moreover, during the last deglaciation, the Southern Ocean played a fundamental role in the transfer of carbon from the deep ocean to the atmosphere via the increased upwelling associated with the production of AAIW. In order to reconstruct the mass dynamics of IW, to better understand the relationships between variations in ocean circulation in the Atlantic and in the Southern Ocean, and the impact of these changes on the global carbon cycle during the termination I, we use a marine sediment core from the Iberian margin SU92-28 (997m). We combine the study of geochemical proxies such as elemental ratios (Mg/Ca, Sr/Ca, Cd/Ca and Li/Ca) and stable isotopes ( $\delta^{18}\text{O}$  and  $\delta^{13}\text{C}$ ). The combined results of Mg/Ca and Li/Ca on the SU92-28 core show strong differences in intermediate water temperature (IWT) with warming pulses during HS1. These warming events may have been induced by major AMOC slowdowns resulting in significant heat accumulation at the Southern Ocean surface suggesting absorption of heat from the Southern Ocean by the AAIW and its northward transfer into the East Atlantic. This reconnection is also observed in recordings of  $\delta^{13}\text{C}$  and elemental Cd/Ca ratio obtained from *Uvigerina peregrina* and *Cibicides mundulus*. The results indicate abrupt deglacial nutrient enrichment of the AAIW as a consequence of increased intensity of deglacial upwelling from the Southern Ocean.

### **CHANGES IN THE SOURCES AND DYNAMICS OF INTERMEDIATE WATER MASSES IN THE NORTHEASTERN ATLANTIC OCEAN SINCE THE LAST GLACIAL MAXIMUM FROM BENTHIC FORAMINIFERA ASSEMBLAGES AND GEOCHEMICAL PROXIES**

Solène POURTOUT<sup>1</sup>, Sophie SÉPULCRE<sup>1</sup>, Laëtitia LICARI<sup>2</sup>, Giuseppe SIANI<sup>1</sup>, Élisabeth MICHEL<sup>3</sup>, Nadine TISNERAT-LABORDE<sup>3</sup>, Christophe COLIN<sup>1</sup>.

1. Géosciences Paris-Saclay (GEOPS), Rue du Belvédère, bâtiment 504, 91400 Orsay, France; 2. Centre Européen de Recherche et d'Enseignement des Géosciences de l'Environnement (CEREGE), Technopôle de l'Arbois-Méditerranée, BP80, 13145 Aix-en-Provence, France; 3. Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (LSCE), Orme de Merisiers, bât 714, 91190 Saint-Aubin, France.

[solene.pourtout@universite-paris-saclay.fr](mailto:solene.pourtout@universite-paris-saclay.fr)

The Intermediate Water Circulation is a key player in global ocean circulation and contributes to the variability of the Atlantic Meridional Overturning Circulation (AMOC). It is therefore crucial to reconstruct the extension of the AAIWs and the dynamics of the intermediate water masses to better understand the

relationships between the variations of the ocean circulation in the Atlantic and in the Southern Ocean. However, the dynamics of AAIWs during the last deglaciation remain controversial. Here, we reconstruct the changes in the circulation of intermediate waters in the Northeast Atlantic since the Last Glacial Maximum (LGM) from geochemical tracers ( $\delta^{18}\text{O}$ ,  $\delta^{13}\text{C}$  and  $^{14}\text{C}$ ), benthic foraminifera assemblages as well as isotopic ratios authigenic neodymium ( $\epsilon\text{Nd}$ ) from sedimentary core SU92-28 located in the northern Gulf of Cadiz, southern Portugal. The results indicate that during the LGM the site was clearly dominated by an exclusively northern component (GNAIW) with no contribution from Mediterranean or Antarctic Intermediate Waters (AAIW). The high relative abundance of epifaunal species during the LGM reflects high oxygen concentration and/or oligotrophic to mesotrophic deep-water conditions, associated with enriched benthic  $\delta^{13}\text{C}$  values. Also, records of authigenic Nd isotopes suggest that there was little or no penetration of AAIW into the northeast Atlantic. The Holocene is characterized by the presence of shallow to intermediate infaunal species, as well as slightly less enriched benthic  $\delta^{13}\text{C}$  values than at the LGM reflecting lower oxygen concentration and/or deep-water conditions mesotrophic to eutrophic. Records of authigenic Nd isotopes suggest the presence of a small proportion of AAIW in the North East Atlantic mixed with Mediterranean and North Atlantic waters. The low values in the age shifts of B-P  $^{14}\text{C}$  benthic foraminifera suggest a contribution dominated by North Atlantic waters in north Gulf of Cadiz during the Holocene and LGM. The two cold events of the last deglaciation (HS1 and YD), show a change in the values of  $\delta^{13}\text{C}$  and  $\epsilon\text{Nd}$  coinciding with strong B-P  $^{14}\text{C}$  age shifts, providing strong evidence for an increased contribution of AAIW on the studied site. In addition, the high relative abundance of intermediate to deep infaunal species reflects very low oxygen concentration and/or mesotrophic to eutrophic deep-water conditions indicative of high nutrient input from the AAIW. Our data therefore reveal an abrupt and increased northward advection of the AAIW during periods of reduced North Atlantic overturning circulation during the last deglaciation. Finally, variations in the northward penetration of the AAIW into the northern Gulf of Cadiz documented in our records are synchronous with multiple climate records.

#### QUANTIFYING THE IMPACT OF FRESH GROUNDWATER DERIVED SI AND GE FLUXES TO COASTAL OCEAN ALONG INDIAN COASTLINE

Sarath PULLYOTTUM KAVIL<sup>1</sup>, Damien CARDINAL<sup>1</sup>, Jean RIOTTE<sup>2,6</sup>, Ramananda CHAKRABARTI<sup>3</sup>, VVSS Sarma<sup>4</sup>, J. PRUNIER<sup>2</sup>, Arnaud DAPOIGNY<sup>5</sup>

1. LOCEAN-IPSL, Sorbonne Université, Paris; 2. GET-OMP, IRD, Toulouse; 3. Centre for Earth Sciences, Indian Institute of Science, Bangalore; 4. NIO-CSIR, Visakhapatnam; 5. LSCE-IPSL, CEA-CNRS-UVSQ, Gif-sur-Yvette; 6. Indo-French Cell for Water Sciences, IRD, Indian Institute of Science, Bangalore, India.

[sarath.pullyottum-kavil@locean.ipsl.fr](mailto:sarath.pullyottum-kavil@locean.ipsl.fr)

Groundwater derived solute fluxes is now identified to be a major source of nutrients to coastal ocean, which can significantly alter the productivity and impact the elemental and isotope budgets of global ocean. Here we report the dissolved Si (DSi),  $\delta^{30}\text{Si}$  and Ge/Si ratio of

more than 80 groundwater samples collected along ~7500 km long Indian coastline during pre-monsoon. DSi concentration varied from 77 to 1350  $\mu\text{M}$  and we observed almost 7‰ variability in  $\delta^{30}\text{Si}$ , ranging from -1.1 to 5.9‰, higher than the previously reported variability in world rivers. Average Ge concentration in coastal groundwater was  $0.67 \pm 1.04$  nM, considerably higher than river water (typically <0.5 nM). Alluvial coastal aquifers are dominant among the eastern coastline and displayed a lighter  $\delta^{30}\text{Si}$  compared major rivers from the region and crystalline aquifers of the west coast, indicative of local lithogenic control of Si isotopic composition. Majority of the groundwater samples displayed low salinity, reflecting minor seawater intrusion and can be considered as fresh submarine groundwater discharge (SGD) endmember. In Indian coastline context, even though DSi and  $\delta^{30}\text{Si}$  composition of groundwater were distinct compared to the riverine  $\delta^{30}\text{Si}$ , the total fresh SGD flux was only 3% of the riverine flux (2.9 GmolSi/yr). Fresh groundwater discharge only resulted in maximum of 0.2‰ difference in overall isotopic input into ocean. However, fresh SGD can be only a minor component of net SGD and constraining the impact of SGD to Si elemental and isotope budget requires further investigation of saline SGD. The total Ge flux estimated from average groundwater concentration of fresh groundwater discharge is almost 10% of the total riverine Ge flux, suggesting that SGD can be a major source of Ge to the ocean and need to be considered in marine budgets.

#### HOW SHOULD WE INTERPRET PALEOCLIMATE PROXIES OF THE PRECIPITATION ISOTOPIC COMPOSITION IN THE TROPICS ? PRECIPITATION RATE OR MESOSCALE ORGANIZATION OF CONVECTIVE SYSTEMS ?

Camille RISI<sup>1\*</sup>, Rémy ROCA<sup>2</sup>, Thomas FIOLEAU<sup>2</sup>, Françoise VIMEUX<sup>3</sup>, Caroline MULLER<sup>4</sup>

1. LMD/IPSL, 4 place Jussieu, 75005 Paris; 2. LEGOS, Observatoire Midi-Pyrénées, Toulouse, France; 3. HydroSciences Montpellier, Université Montpellier, CNRS, IMT, IRD, Montpellier, et Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (CEA, CNRS, UVSQ), IPSL, Université Paris Saclay, Gif-sur-Yvette; 4. Institute for Science and Technology, Vienna, Austria.

[crisi@lmd.ipsl.fr](mailto:crisi@lmd.ipsl.fr)

In the tropics, archives of the isotopic composition of precipitation (e.g. speleothems), are typically interpreted as proxies for the regional precipitation rate. Yet, present-day observations show that long-lived convective systems (e.g. squall lines, tropical cyclones), are associated with more depleted precipitation and water vapor than short-lived thunderstorms. We thus hypothesize that the mesoscale organization of convective systems has a strong impact on the isotopic composition. Already, several isotopic records have been interpreted as paleo-tempestology proxies. What is the relative importance of precipitation rate and convective organization on the isotopic composition of precipitation and vapor? Since in-situ measurements are still scarce, we use satellite observations to address this question. We co-locate mid-tropospheric water vapor isotopic observations from AIRS and IASI over tropical oceans with TRMM precipitation and convective organization properties derived from the TOCCAN meso-scale convective system tracking algorithm. We



find that for a given precipitation rate, the vapor is much more depleted around longer-lived convective systems, around faster-propagating systems (e.g. squall lines, cyclones), and most of all around tropical cyclones. General circulation models nudged by observed large-scale winds are able to capture these observed isotopic variations, even though such models do not represent the mesoscale organization of convective systems. This suggests that large-scale meteorological conditions, rather than convective processes specific to different types of convective systems, are responsible for the observed relationship between the water isotopic composition and the type of convective systems. General circulation models and scarce in-situ observations suggest that the isotopic variations in the mid-tropospheric water vapor are preserved in the precipitation. To conclude, our study supports the interpretation of tropical isotopic archives as paleo-tempestology proxies and suggests that convective organization should be taken into account when interpreting isotopic archives as precipitation proxies.

#### **ASSESSING WATER AND ENERGY FLUXES IN A REGIONAL HYDROSYSTEM : THE SEINE BASIN CASE STUDY**

Agnès RIVIÈRE<sup>1</sup>, Deniz KILIC<sup>1</sup>, Agnès DUCHARNE<sup>2</sup>, Nicolas GALLOIS<sup>1</sup>, Shuaitao WANG<sup>1</sup>, Philippe PEYLIN, Nicolas FLIPO<sup>1</sup>

1. Mines Paris, PSL University, Centre for geosciences and geoenvironment, Fontainebleau, France; 2. UMR 7619 METIS, Sorbonne Université, CNRS, EPHE, Paris, France; 3. Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (LSC), Gif-sur-Yvette, France.

[agnes.riviere@minesparis.psl.eu](mailto:agnes.riviere@minesparis.psl.eu)

As water and energy resources is competitively used for drinking, recreation, irrigation, industrial and geo/thermal applications, the focus on climate change affecting the sustainable use increases. Multiple uses of water lead to high competition between different interest groups.

While it is well accepted that climate change and growing water needs affect the long-term sustainable water resources management, performing accurate simulations of water cycle and energy balance dynamics at regional scale remains a challenging task.

Traditional soil-vegetation-atmosphere-transfer (SVAT) used for numerical surface water and energy simulation do not treat the groundwater lower boundary in a fully process-based fashion. Conversely, groundwater models for saturated and unsaturated water flow, while addressing important features such as subsurface heterogeneity and stream-aquifer exchanges, often have overly simplified upper boundary conditions that ignore soil heating, vegetation processes on radiation fluxes, and root-zone uptake.

One of the first attempts of jointly modeling water and energy fluxes with a special focus on both surface and groundwater at the regional scale is demonstrated on the Seine basin (78,650 km<sup>2</sup>), which overlays the main aquifer system of Europe.

The tool couples the SVAT model ORCHIDEE and the process-based hydrological-hydrogeological model CaWaQS. An original transport library based on the resolution of the diffusion/advection transport equation was written to simulate heat transfer in both 1D river networks, and pseudo-3D aquifer systems. In addition,

an analytical solution is used to simulate heat transport through the aquitards and the streambed. Water and energy fluxes fractionated into fast surface run-off and slow infiltration towards the aquifer system are calculated by ORCHIDEE.

The model allows us to establish the first fully consistent water and energy budget over a pluriannual period of time, for which the hydrological variables are stationary. It also simulates temperature evolution in each aquifer and evaluates river thermal regulation by groundwater along the river network. Finally, climate change impacts on the Seine basin hydrological and thermal functioning are investigated using the calibrated model.

#### **REPONSES DE LA VEGETATION SUR PETITE-TERRER (MAYOTTE) AUX STRESS ANTHROPIQUES ET CLIMATIQUES AU COURS DES DERNIERS MILLENAIRES**

Sylvie ROULAND<sup>1\*</sup>, Vincent MONTADE<sup>1</sup>, Charlotte MENTION<sup>2</sup>, Magali ADER<sup>3</sup>, Fabien ARNAUD<sup>4</sup>, Edouard BARD<sup>2</sup>, Vincent GROSSI<sup>5</sup>, Laurent BREMOND<sup>1</sup>

1. ISEM, Univ Montpellier, CNRS, EPHE, IRD, Place Eugène Bataillon, 34095 Montpellier, France; 2. CEREGE, Aix Marseille Université, CNRS, IRD, INRAE, Collège de France, Technopôle de L'Arbois, Aix-en-Provence, France; 3. IPGP 1, rue Jussieu, 75238 Paris cedex 05; 4. EDYTEM, CNRS, Université Savoie Mont Blanc, Bâtiment Pôle Montagne, 5 bd de la mer Caspienne, 73376 Le Bourget du Lac, France; 5. Laboratoire de Géologie de Lyon, Univ. Lyon 1, CNRS, ENSL, Villeurbanne France.

[sylvie.rouland@umontpellier.fr](mailto:sylvie.rouland@umontpellier.fr)

Face aux défis climatiques actuels, la compréhension des forçages anthropiques et climatiques sur la modification des écosystèmes et l'érosion de la biodiversité est fondamentale notamment sur des territoires isolés géographiquement tels que les milieux insulaires. Petite-Terre (Mayotte) située dans l'archipel des Comores héberge une biodiversité riche et un fort taux d'endémisme. Caractériser l'état initial de la végétation avant les perturbations d'origines humaine et/ou climatique ainsi que les réponses associées à ces différents stress est essentiel pour mieux restaurer et préserver ces habitats. Malheureusement, les données permettant de décrire l'histoire locale de ces écosystèmes sur les changements environnementaux passés à Mayotte sont quasiment inexistantes. Si il est évident que l'état actuel de la végétation résulte de plusieurs siècles d'impacts anthropiques, l'influence exacte des colonisations anciennes et l'influence du climat reste à définir. Dans ce contexte, l'étude palynologique et de charbons sédimentaires, réalisée à partir d'une séquence sédimentaire provenant du lac de cratère Dziani cherche à montrer l'évolution de la dynamique de la végétation au cours des derniers millénaires face aux facteurs climatiques et/ou anthropiques. On observe une modification majeure du type de végétation à partir de 950 cal BP avec le passage d'une végétation majoritairement arborée vers un paysage ouvert dominé par les graminées. Cette transformation du paysage coïncide avec le développement des activités humaines se traduisant par une forte augmentation du régime des feux liée à la pratique des cultures sur brûlis. Aussi, le Sud-ouest de l'océan Indien qui a enregistré plusieurs épisodes de sécheresse durant l'Holocène en a connu un majeur

autour de 1000 ans cal BP ; ce dernier a probablement favorisé l'intensification des feux enregistrés à Dziani. Après 500 ans, on observe le retour d'une végétation plus arborée avec probablement un climat plus humide. Nos résultats montrent que les changements environnementaux au cours des deux derniers millénaires semblent être la combinaison de forçages anthropiques et climatiques.

### CHANGES IN WESTERN TROPICAL ATLANTIC AND ADJACENT NORTHEAST BRAZIL OVER THE LAST 300 kyr INFERRED FROM ORGANIC MATTER CHARACTERIZATION

Louis ROUYER<sup>1\*</sup>, Aline GOVIN<sup>2</sup>, Ana Luiza SPADANO ALBUQUERQUE<sup>3</sup>, Ioanna BOULOUBASSI<sup>4</sup>, Thanh THUY NGUYEN TU<sup>1</sup>, Magloire MANDENG-YOGO<sup>4</sup>, Vincent KLEIN<sup>4</sup>, Christelle ANQUETIL<sup>1</sup>, Arnaud HUGUET<sup>1</sup>

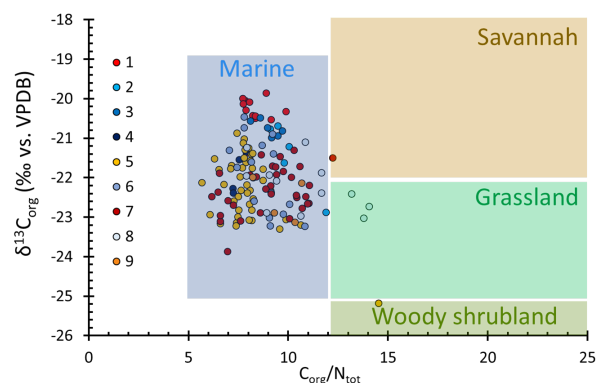
1. Sorbonne Université/CNRS/EPHE, METIS, Paris, France; 2. LSCE-IPSL (CEA-CNRS-UVSQ), Université Paris Saclay, Gif-sur-Yvette, France ; 3. Universidade Federal Fluminense, Departamento de Geologia & Geofísica, Niterói, Rio de Janeiro, Brazil ; 4. Sorbonne Université/CNRS/IRD/MNHN, LOCEAN, Paris, France.

[louis.rouyer-denimal@upmc.fr](mailto:louis.rouyer-denimal@upmc.fr)

The semi-arid Northeastern Brazil (Nordeste) is nowadays populated by 60M people. This region is expected to face critical aridification during the next decades according to future climate projections<sup>1</sup>. Nevertheless, even though regional climate models agree on a drying trend, they show discrepancies on its importance. While present-day climatic processes driving Nordeste hydroclimate are well constrained, the past complexity of tropical climatic features still needs to be fully understood. We propose here to examine past interglacial periods, which can be considered as case studies of relatively warm climates with well-documented climatic framework (e.g., orbital configuration, atmospheric CO<sub>2</sub>, ocean circulation).

In this study, we developed an organic multi-proxy approach, which was applied to the marine sediment core GL-1180 (8°S, 33.5°W) from the Brazilian margin. The latter is a 17 m-long record covering the last 300 kyr and located at the South Equatorial current bifurcation. This archive is exceptional because most available continuous records from the western tropical Atlantic cover the last glacial cycle only. Our work combined several bulk and molecular organic tools to reconstruct both past marine (isoprenoid GDGT-based TEX<sub>86</sub> proxy, long-chain alkenone-based UK<sub>37</sub> proxy) and continental (bulk organic matter C and N elemental and isotopic compositions, branched GDGTs) environmental conditions, with an increased temporal resolution (2.2 kyr) during terminations and interglacials.

The bulk organic proxies (%C<sub>org</sub>, %N<sub>tot</sub>, δ<sup>13</sup>C<sub>org</sub> and δ<sup>15</sup>N<sub>tot</sub>) indicate that the sedimentary material of GL-1180 is mainly marine-derived (C<sub>org</sub>/N<sub>tot</sub> < 12) even though some high terrestrial inputs events occurred probably because of enhanced rainfall favouring transport of terrestrial organic matter to the ocean (Fig. 1).



The most up-to-date UK<sub>37</sub> and TEX<sub>86</sub> calibrations based on Bayesian models provide past estimates of sea surface temperature (SST) and subsurface temperature (subT, 0-200 m integrated) changes, respectively. The subsurface temperature doesn't exhibit a phasing with precession in contrary with upper ocean stratification determined on the same core with planktonic foraminifera δ<sup>18</sup>O. This indicates that TEX<sub>86</sub> record is integrating mainly the upper part of the first 200 m depth, above the main thermocline<sup>2</sup>. The two records display a significant correlation (R<sup>2</sup> = 0.62; p-value < 1.10<sup>-6</sup>) and exhibit warmer temperature during interglacials compared to glacial intervals. A strong warming is also recorded in the upper ocean during the last 3 deglaciations (Fig. 1). These variations are synchronous with periods of AMOC slowdown, enhanced heat and salt transfer from the Indian ocean through the Agulhas leakage stored "downstream" in the western tropical Atlantic<sup>3</sup>. We show here that warm waters are stored in the southern tropical Atlantic, close to the equator, during terminations. An AMOC resumption after the onset of interglacial periods increases cross equatorial flow and the upper ocean in that region is cooling.

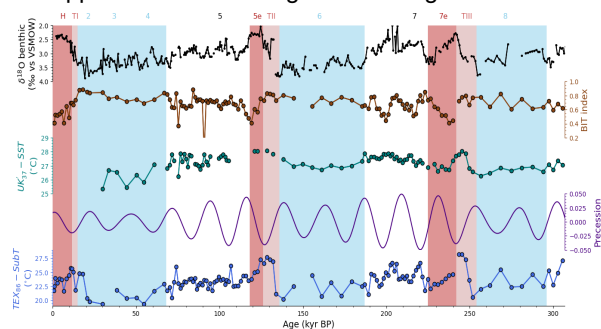


Figure 1: Meyers-like diagram tracing OM sources using δ<sup>13</sup>C<sub>org</sub> and C<sub>org</sub>/N<sub>tot</sub> ratios. Figure 2: benthic δ<sup>18</sup>O, BIT, UK<sub>37</sub>-SST and TEX<sub>86</sub>-SubT records in GL-1180 among the last 300 kyr BP compared with precession.

Ref:<sup>1</sup>Fernandez et al., (2019) Pure Appl. Geophys 176, 2719-2728. <sup>2</sup>Nascimento et al., (2021) Earth and Planetary Science Letters 568, 117030. <sup>3</sup>Ballalai et al., (2019) Paleoceanography and Paleoclimatology 34, 1744-1760.

### DES TERRITOIRES ET DES JEUX D'ACTEURS À L'OMBRE DES ÉCOQUARTIERS

Florence RUDOLF<sup>1\*</sup>, Julie GOBERT<sup>2</sup>

1. UR 7309, INSA Strasbourg, 24 bd. De la Victoire, 67084 Strasbourg Cedex; 2. Ecole des Ponts Paris Tech, Cité Descartes, 77455 Champs-sur-Marne,

[Florence.rudolf@insa-strasbourg.fr](mailto:Florence.rudolf@insa-strasbourg.fr)

Notre communication interroge la mise en récit de la durabilité urbaine par la promotion des écoquartiers notamment. La réflexion s'organise autour d'une recherche action qualitative conduite par le projet Clim'Ability (2016-2019) suivi du projet Clim'Ability Design (2019-2023) ([www.clim-ability.eu](http://www.clim-ability.eu)) dans le cadre d'un INTERREG à l'échelle du Rhin supérieur en association avec le PNR des Vosges du Nord, les services d'urbanisme de la ville de Strasbourg et de l'Eurométropole. L'investigation s'est concentrée entre 2017 et 2018, à l'occasion de la révision de sa charte du PNR, dans un premier temps, puis dans un second temps autour de la promotion de l'îlot bois, édifice de grande hauteur construit dans le quartier portuaire de la ville de Strasbourg. La recherche de type socio-économique s'est attachée à rencontrer les acteurs de la filière forêt-bois ainsi que ceux de la construction et de la programmation urbaine afin de repérer les enjeux de la structuration de la filière forêt bois selon une logique d'économie circulaire en situation de changement climatique, c'est-à-dire en situation de contraintes fortes sur les écosystèmes forêt et sur les ressources et de forte incertitude. L'enjeu étant de comprendre et d'identifier les leviers d'action métropolitains en termes de marché afin d'éviter la fuite de la ressource sans plus-value pour les territoires. Il s'agissait, en d'autres termes, d'étudier les potentiels d'une transition climatique et écologique pour la filière forêt-bois en région. La recherche a permis de déconstruire les implicites et raccourcis en matière de construction bois dans les projets urbains, les éco-quartiers, notamment, dans l'optique d'une mise en visibilité des risques associés au recours au bois sans précaution d'usage. Dans une appréhension ordinaire des discours sur la durabilité dans la construction, le bois est paré de toutes les vertus comme moyen de mobiliser des ressources "locales" et donc d'incarner une économie circulaire ancrée dans les territoires. Ce raisonnement logique conduit à la promotion du bois dans les projets urbains. Ce leitmotiv ne concerne pas uniquement les collectivités locales et autres aménageurs mais également les territoires ruraux et forestiers, potentiels espaces d'approvisionnement. De leur point de vue la valorisation du bois peut alors être pensée comme un levier de développement territorial et de positionnement à l'égard des métropoles. Cette volonté convergente sur le papier ne l'est pas nécessairement dans les actes. Ainsi territoires approvisionneurs et territoires consommateurs n'ont pas toujours les espaces d'interaction et de négociation nécessaires pour garantir la soutenabilité de la filière. L'émergence de nouveaux collectifs, de nouveaux arrangements qui peuvent se concrétiser par des nouvelles chaînes de production ou engagements réciproques apparaît comme un passage obligé à un alignement des discours avec la réalité des écosystèmes et des socio-systèmes de la transformation du bois (dont les métiers et les compétences). La structuration d'arènes hybride pour une gouvernance ad hoc s'impose par conséquent comme une des premières précautions à respecter pour la transition climatique et écologique de la filière forêt bois. Elle invite le chercheur à investiguer des scènes où la forêt, milieu accueillant une diversité d'écosystèmes et d'espèces, devient ressource pour comprendre quels sont les principes de durabilité à l'œuvre et si le territoire (lequel ?) permet de renforcer la cohésion et la cohérence d'une filière forêt-bois-

construction qui demeure davantage une catégorie d'analyse qu'une réalité opérationnelle. Pour remonter les logiques d'action des projets étudiés à l'échelle du Grand Est afin de mettre en visibilité les disjonctions entre la ressource bois et les acteurs, nous revenons aux cadres de pensées à partir desquels les différents acteurs saisissent le bois (et la forêt). La séparation Nature/Culture propre à la cosmologie naturaliste moderne (Descola, 2015) est tangible dans l'appréhension de tous les acteurs de la chaîne de valeur, mais chacun selon ses propres relations à la matière et à l'espace. Les contraintes subies par la forêt obligent à réenvisager les relations à « l'espace productif » (la forêt), à ses usages (chasse, aménagement et exploitation forestière) et entre acteurs ; ce qui conduit à l'émergence de communautés hybrides. Nous parvenons à cette mise en visibilité en mobilisant les économies des grandeurs (Boltanski, Thévenot, 1991) de manière à rendre compte des angles morts de cette action plurielle.

#### **PALAEOENVIRONMENTAL AND PALAEOCLIMATIC CHANGE IN THE SOUTH-WEST MEDITERRANEAN (SITE 976, ALBORAN SEA) DURING THE MIS 12/11 TRANSITION (TERMINATION V) AND MIS 11 INTERGLACIAL**

Dael SASSOON<sup>1\*</sup>, Vincent LEBRETON<sup>1</sup>, Nathalie COMBOURIEU-NEBOUT<sup>1</sup>, Odile PEYRON<sup>2</sup>, Marie-Hélène MONCEL<sup>1</sup>

1. *Histoire Naturelle de l'Homme Préhistorique, UMR 7194, Muséum national d'Histoire naturelle, Paris*; 2. *Institut des Sciences de l'Évolution de Montpellier, UMR 5554, Université de Montpellier*.

[dael.sassoon@mnhn.fr](mailto:dael.sassoon@mnhn.fr)

The transition from Marine Isotope Stage (MIS) 12 to 11, also known as Termination V (430–400 kyr BP), is regarded as one of the largest shifts in climatic conditions over the last 900 kyr. This period is particularly important as it represents a phase of major innovations for Hominin populations, and the MIS 11 interglacial that follows is considered the best analogue for the Holocene, characterised by minimal astronomical forcing, high sea levels, intense warmth and elevated CO<sub>2</sub> concentrations. We present here a high temporal resolution pollen record that encompasses the period between MIS 12 and MIS 10 (433–365 kyr BP), recovered from the ODP Site 976 in the Alboran Sea (36°12.3'N 4°18.8'W). This location is particularly sensitive to centennial and millennial climate, and is thus the perfect candidate to help investigate the MIS 12/11 transition. This study aims to provide new insights into the response of vegetation in climatically sensitive region, and to highlight changes in seasonal aridity and precipitation in the continent during Termination V and MIS 11 interglacial.

A total of 145 samples were selected for pollen analysis at an average resolution of 10 cm with occasional higher resolution in specific areas of interest, achieving a temporal resolution of around 450 yrs BP. We then used this data to run pollen-based quantitative reconstruction techniques known as transfer functions (MAT, WA-PLS and BRT) to produce climatic reconstructions for our site. The ODP Site 976 pollen record clearly shows the shift from glacial to interglacial, highlighted by the transition from predominantly herbaceous and steppic taxa and a high abundance of *Pinus*, to an assemblage comprised

of forested temperate and Mediterranean taxa. This shift from cool and arid to wet and warm conditions can be correlated with major fluctuations in planktonic records (SST and  $\delta^{18}\text{O}$ ) and other pollen records from the Mediterranean (e.g. Lake Ohrid), and global  $\text{CO}_2$  records. A climatic optimum for temperate and Mediterranean taxa is observed between 420–405 kyr BP, equivalent to MIS 11c and synchronous with maxima in temperature, precipitation and insolation. The climatic reconstructions produced with the transfer function methods show the glacial conditions during MIS 12 with low annual temperatures related to the high abundance of *Pinus* and steppic taxa. The models clearly capture the transition from MIS 12 and 11, with a significant rise in mean annual temperatures and precipitation which reflects the shift from montane and steppic taxa to temperate and Mediterranean forest. Following the transition, all three methods show consistently high temperatures and precipitation levels, with a peak around 415 kyr BP at the time when the temperate forest is at the maximum level during substage MIS 11c. Substage MIS 11b, characterised by an increase of *Pinus*, *Cedrus* and steppic taxa is reflected by a drop in temperature and precipitation. Finally, at the end of the record the models show a period of increased variability (MIS 11a) which may be related to significant seasonal contrasts, with large fluctuations in both parameters towards the glacial of MIS 10.

Our record from site ODP 976 provides evidence for the strong climatic transition from MIS 12 to MIS 11. The climate reconstructions confirm the intense shift during the MIS 12/11 transition and show that this region is uniquely sensitive to millennial-scale climatic variation during MIS 11. The abrupt shifts in vegetation observed in this record may be used to infer that Hominin populations would have had to adapt to these climatic shifts and fluctuations. The behavioural threshold observed during the long interglacial MIS 11, following a long and harsh glacial event MIS 12, raises question. The abrupt climatic change at the transition MIS 12/11 could have led the ancestors of Neanderthal to find new strategies (subsistence and technological), explaining a population increase and the diffusion of these innovations all over Europe. These innovations are considered as the earliest evidence of what will later be the classical Neanderthal behaviours.

#### CHANGEMENTS PALEOCLIMATIQUES ET PALEOENVIRONNEMENTAUX HOLOCENES EN AFRIQUE DE L'OUEST A PARTIR DE L'ETUDE DE BIOMARQUEURS LIPIDIQUES D'UNE TOURBIERE CAMEROUNAISE

Valentine SCHAAFF<sup>\*1</sup>, Matthew MAKOU<sup>1</sup>, Vincent GROSSI<sup>1</sup>, Salomé ANSANAY-ALEX<sup>1</sup>, Ingrid ANTHEAUME<sup>1</sup>, Pierre DESCHAMPS<sup>2</sup>, Bruno HAMELIN<sup>2</sup>, Yannick GARCIN<sup>2</sup>, David SEBAG<sup>3</sup>, Benjamin NGOUNOU NGATCHA<sup>4</sup>, Guillemette MENOT<sup>1</sup>

1. LGLTPE, Univ Lyon, ENS de Lyon, Université Lyon 1, CNRS, Lyon, France; 2. CEREGE, Aix Marseille Univ, CNRS, IRD, INRA, Coll France, Aix-en-Provence, France; 3 IFP Energies Nouvelles, Rueil-Malmaison, France; 4. LAMISE, University of NGaoundéré, NGaoundéré, Cameroon.

[valentine.schaaff@ens-lyon.fr](mailto:valentine.schaaff@ens-lyon.fr)

Depuis le début de l'Holocène, le climat africain a connu de larges changements paleoclimatiques et paleoenvironnementaux. Partant d'un climat globalement humide au début de l'Holocène aussi connu sous le terme de période humide africaine (African Humid Period, AHP), le climat est devenu globalement plus sec depuis la fin de cette période vers 6 à 4 ka. Ce climat récent plus sec n'est pas favorable au dépôt et à la préservation des sédiments menant à des enregistrements rares et souvent discontinus compliquant les interprétations paléoclimatiques et paléoenvironnementales basées sur ces archives. Cette étude porte sur une carotte de tourbe continue et homogène provenant de la tourbière de NGaoundaba (Nord-Est du Cameroun) et couvrant les derniers 10 000 ans via l'utilisation d'un large panel de biomarqueurs lipidiques avec des origines biologiques variées : tétraéthères de glycerol isoprénoides et ramifié microbiens (isoGDGTs et brGDGT respectivement), n-alcanes et produits de dégradation de plantes, hopanoides bactériens, ... En utilisant des variations dans l'abondance, la concentration, la composition isotopique ou des calibrations empiriques récentes développées pour la tourbe, nous reconstruisons des changements de végétation, précipitations, température ou cycle du méthane pour mieux comprendre le timing et les spécificités de la période humide africaine à la fois localement et régionalement en comparant à d'autres enregistrements disponibles.

Un assemblage varié de biomarqueurs lipidiques a été détecté dont des *n*-alcanes du  $\text{C}_{19}$  au  $\text{C}_{37}$ , des hopanes et hopènes du  $\text{C}_{27}$  au  $\text{C}_{31}$ , des GDGTs (iso- et brGDGTs). De 10 à 6 ka, les températures basées sur les GDGTs et le  $\delta\text{D}_{\text{C}_{31} \text{ n-alc}}$  indiquent une période plus chaude et humide que la période actuelle coïncidant avec la période humide africaine. De 8,9 à 7,9 ka, les valeurs appauvries en  $\delta\text{D}_{\text{C}_{23} \text{ n-alc}}$  et l'abondance de biomarqueurs généralement associés à des lacs d'eau douce et à la matière organique microbienne suggèrent une période de développement de la tourbière avec une production in-situ accrue. L'abondance des *n*-alcanes et le  $\delta^{13}\text{C}_{\text{n-alc}}$  indiquent une plus grande proportion de plante de type C3 entre 8 et 6ka durant la période humide africaine comparativement à la fin de l'Holocène où le  $\delta^{13}\text{C}_{\text{n-alc}}$  indique une prédominance des plantes en C4.

#### LA REPONSE DU GLACIER ALPIN STEINGLETSCHER AUX RECHAUFFEMENTS HOLOCENES A PARTIR D'ANALYSES $^{10}\text{BE}$ ET $^{14}\text{C}$ IN SITU DANS LE SUBSTRAT RECEMMENT DEGLACE

Irene SCHIMMELPFENNIG<sup>1\*</sup>, Joerg M. SCHAEFER<sup>2</sup>, Jennifer LAMP<sup>2</sup>, Vincent GODARD<sup>1</sup>, Edouard BARDP<sup>1</sup>, Thibaut TUNA<sup>1</sup>, Roseanne SCHWARTZ<sup>2</sup>, Naki AKCAR<sup>3</sup>, Christian SCHLÜCHTER<sup>3</sup>, Susan ZIMMERMANN<sup>4</sup>, ASTER Team<sup>1</sup>

1Aix-Marseille Université, CNRS, Coll France, IRD, INRAE, CEREGE, Aix en Provence, France; 2. Lamont-Doherty Earth Observatory of Columbia University, Geochemistry, Palisades, NY 10964, USA; 3. Institute of Geological Sciences, University of Bern, Bern, Switzerland; 4. Center for Accelerator Mass Spectrometry, Lawrence Livermore National Laboratory, Livermore, CA 94550, USA.

[schimmel@cerege.fr](mailto:schimmel@cerege.fr)

La plupart des chronologies glaciaires holocènes sont basées sur la datation de moraines qui donnent des informations sur le timing et la géométrie des grandes extensions des glaciers pendant les phases froides de l'holocène. Les chronologies précises et robustes de moraines à partir de datation  $^{10}\text{Be}$  deviennent plus nombreuses, permettant ainsi des interprétations paléoclimatiques de plus en plus significatives. Le comportement des glaciers pendant les phases chaudes est plus difficile à étudier, car les traces témoignant du recul correspondant sont rarement préservées ou encore enfouies sous la glace. Ici, nous présentons une approche émergente qui permet de déterminer les phases de retrait glaciaire au cours de l'holocène, à l'exemple de l'étude du Steingletscher (Alpes centrales, Suisse) (Schimmelpfennig et al., *Clim. Past* 18, 23-44, 2022). L'approche consiste à coupler les mesures des deux nucléides  $^{14}\text{C}$  *in situ* et  $^{10}\text{Be}$  produits dans le quartz du substrat rocheux récemment déglacé. Grâce à leurs demi-vies très différentes, les concentrations des deux nucléides évoluent différemment en fonction de la durée d'exposition, la durée d'enfouissement et de l'érosion subie par la surface rocheuse sous la glace. Ces mesures combinées permettent in fine de tenir compte des effets de l'érosion sur les concentrations des deux nucléides. Associés à la datation de moraines dans la marge glaciaire du Steingletscher (Schimmelpfennig et al., *EPSL* 393, 220-230, 2014), les résultats montrent que, suite à la déglaciation progressive au début de l'holocène, le glacier s'est retiré vers 10 ka et a gardé une extension similaire ou plus petite que celle de l'année 2000 pendant ~7 ka. Vers 3 ka, le glacier a avancé au-delà de son extension maximale du Petit Âge Glaciaire (PAG, 13<sup>e</sup>-19<sup>e</sup> siècle), puis jusqu'au 19<sup>e</sup> siècle il est principalement resté confiné entre son extensions du PAG et de l'année 2000. Ces résultats sont en accord avec d'autres chronologies glaciaires existantes dans les Alpes ainsi qu'avec les reconstitutions de températures estivales holocènes et les forçages naturels associés. Ces variations naturelles sont différentes du retrait accéléré actuel des glaciers qui est dû au forçage anthropique, l'augmentation des gaz à effet de serre dans l'atmosphère.

## QUE PEUT APPORTER LA RECHERCHE ACTION PARTICIPATIVE SUR L'ACTION CLIMATIQUE ?

### PREMIERS RETOURS ANALYTIQUES D'UN PROJET ANR PARTICIPATIF « BREATHE » SUR LA CONSTRUCTION D'UN PLAN CLIMAT AIR ENERGIE TERRITORIAL EN OCCITANIE.

Lionel SCOTTO D'APOLLONIA<sup>1\*</sup>, Raphael MERVEN<sup>1</sup>, Davia DOSIAS-PERLA<sup>2</sup>

1. Laboratoire citoyen ARTIVISTES 6 impasse des écoles laïques 34740 Vendargues & LIRDEF Place Marcel Gauchet Montpellier ; 2. UMR PRODIG – CNRS – Université Paris 1 Panthéon Sorbonne.

[lionel.scotto-d-apolloia@umontpellier.fr](mailto:lionel.scotto-d-apolloia@umontpellier.fr)

La nécessité d'agir sur les effets du changement climatique fait désormais consensus (Le Treut, 2022). Les enjeux d'échelles, de temps de l'action et de spatialisation de l'action climatique sont les principaux leviers et freins à l'action efficace (Monédiaire, 2013). L'échelle locale semble être l'échelon de l'efficacité de l'agir climatique. L'irruption des acteurs locaux dans

l'action climatique permet de répondre en partie aux injonctions du tout participatif (Blondiaux, 2017) et d'expérimentations (Poupeau, 2013, Bertrand et Richard, 2014, La Branche et Bosboeuf, 2017) alliant enjeu démocratique et urgence d'agir. En ce sens, l'Etat a procédé à un renforcement des plans climat-air-énergie territoriaux (PCAET) et demande aux collectivités compétentes de faire participer les acteurs plus largement et à agir sur les problématiques de pollution de l'air. Dans ce contexte de crise à la fois environnementale et démocratique, les sciences participatives (SP), que l'on retrouve aussi sous le vocable de Recherche Action Participative (RAP) (Chevalier et al. 2013) se sont développées afin de construire un regard analytique (R) sur les effets induits sur l'Action (A) et la Participation (P). Ces pratiques mobilisent conjointement plusieurs disciplines scientifiques ainsi que le développement d'approches 'ingénieriales' déployant des outils issus de programmes de Recherche et Développement (R&D) appliqués aux enjeux territoriaux (Chia et al., 2008 ; Bertrand et Wallet, 2014).

En nous appuyant sur ce cadre spécifique de Recherche Action Participative (RAP) et l'ingénierie de la participation « Artivistes » développée dans le cadre d'un projet de recherche (Dosias-Perla, et al. 2018) cette communication propose de présenter les premiers retours analytiques du projet BREATHE financé par l'ANR (2019 - 2022) sur une de ses expérimentations démocratiques concernant la co-construction d'un Plan Climat Air Energie Territorial (PCAET) avec la Communauté de Communes Rhôny Vistre Vidourle (CCRVV). Dans une approche critique et réflexive nous présenterons les impacts du projet de Recherche suivant trois volets interreliés :

- (1) sur la construction de l'action publique et sa mise en œuvre ;
- (2) sur les acteurs et les organisations institutionnelles, professionnelles et associatives ;
- (3) sur les implication en retour sur les pratiques de l'interdisciplinarité et le cadre d'analyse.

Sur les plans axiologique et épistémologique l'enjeu est de taille pour la recherche « avec et pour la société ». D'une part parce qu'il s'agit de développer une ingénierie territoriale adaptée aux besoins locaux et d'autre part d'avoir la capacité d'objectiver l'efficacité de sa portée.

D'autre part, dès lors que la recherche tend à agir sur l'écosystème étudié dans un schéma émancipateur, il reste à prouver sa capacité : à produire des résultats robustes et tangibles - à discerner les biais relatifs à sa propre ingénierie - à identifier les freins/leviers structurels indépendamment du projet lui-même.

Nous détaillerons l'originalité de la méthodologie articulant trois approches complémentaires : (1) RAP – (2) une approche pragmatique et ethnographique auprès des acteurs en charge de la définition et de la réalisation de l'action publique – (3) une sociologie de l'action organisée appliquée à la gestion territoriale. L'articulation des deux premières approches, c'est-à-dire la tenue de carnets de terrain et l'approche de *grounded theory* combinés avec une analyse des construits issus des ateliers participatifs permettent de redéfinir avec les acteurs clés concernés les hypothèses de recherche et d'affiner l'analyse des jeux d'acteurs et des mobilisations

d'expertises dans la définition et la construction de l'action publique climatique. L'approche plus classique par des entretiens semi-directifs permet de souligner la prépondérance des nouvelles formes de gouvernance collaborative qui apparaissent comme la pierre angulaire de l'efficacité de l'action. L'articulation des trois permet d'analyser les déplacements opérés chez les acteurs territoriaux, d'avoir un meilleur control des biais du projet participatif et une meilleure objectivation des freins et des leviers gestionnaires qui permettent l'action territoriale et environnementale. Nous nous attacherons finalement à proposer des perspectives réflexives, à la lumière de ces analyses, sur notre dispositif et notre cadre d'action et d'analyse en RAP.

### **CONDITIONS CLIMATIQUES D'ÉVOLUTION DE LA PNEUMONIE DANS LE DISTRICT SANITAIRE DE BOUAKE SUD (CENTRE DE LA CÔTE D'IVOIRE)**

Akissi Epiphanie SEDEHI<sup>1\*</sup> Zamblé Armand TRA BI<sup>2</sup>  
Kouakou Hermann Michel KANGA<sup>3</sup>

1 *Sedehiakissi@gmail.com* 2 *Enseignant chercheur à l'Université Alassane Ouattara, Maître de Conférences, zambtra@yaoa.fr* 3 *Enseignant chercheur à l'Université Alassane Ouattara, Maître Assistant, mannkanga@gmail.com*

La pneumonie se définit comme une infection respiratoire aiguë affectant les poumons, elle est la première cause infectieuse de mortalité chez l'enfant. La pneumonie se contracte parfois en inhalant les particules contaminées. Dans la région sanitaire de Gbêkê plus précisément dans le district sanitaire de Bouaké Sud, la dégradation des conditions climatiques est la principale cause de propagation et de développement de la pneumonie. C'est en ce sens que le problème soulevé par cette étude est la vulnérabilité des populations face aux maladies respiratoires aiguës en générale et en particulier la pneumonie. La présente étude vise à comprendre l'impact des paramètres climatiques sur l'évolution de la pneumonie dans le district sanitaire de Bouaké Sud. La méthodologie utilisée repose sur l'observation de terrain, les entretiens avec les populations et les personnels de santé et l'usage des méthodes statistiques. Ainsi l'analyse des paramètres climatiques dans le district sanitaire de Bouaké Sud montre que les sécheresses sont de plus en plus fréquentes. Déplus l'analyse de la saisonnalité de la pneumonie révèle que les cas de pneumonie sont plus élevés pendant la grande saison sèche. Pour terminer en plus des facteurs climatiques, les facteurs environnementaux représentent aussi des facteurs de risque de la pneumonie car ils produisent des aérosols désertiques dans l'atmosphère.

### **COMPREHENSION DES IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX ET SOCIÉTAUX DU DÉGEL DU PERGÉLISOL SUR LES SOLS ET LES RESSOURCES EN EAU EN ARCTIQUE (PRISMARCTYC)**

Antoine SÉJOURNÉ<sup>1\*</sup>, Laure GANDOIS<sup>2</sup>, Nikita TANANAEV<sup>3</sup>, Frédéric BOUCHARD<sup>4</sup>, Christelle MARLIN<sup>1</sup>, BARETT M.<sup>2</sup>, COSTARD F.<sup>1</sup>, LAVRILLIER A.<sup>5</sup>, IWAHANA G.<sup>6</sup>, JARDILLIER L.<sup>7</sup>, CHRISTAKI U.<sup>8</sup>, CABROL L.<sup>-9</sup>, FURYA M.<sup>10</sup>, Kazuki Kagayama<sup>11</sup>, Nic Jelinski<sup>12</sup>, OLLIVIER S.<sup>1</sup>

1GEOPS - Université Paris Saclay ; 2. Ecolab - ENSAT Toulouse ; 3. Melnikov Permafrost Institute – Russie ; 4. Sherbrooke University – Canada ; 5. CEARC - Université Versailles-Saint Quentin ; 6. Fairbanks University – USA ; 7. ESE - Université Paris Saclay ; 8. LOG - Université Littoral Côte d'Opala ; 9. MIO – IRD ; 10. Hokkaido University – Japon ; 11. JAXA – Japon 10. Minnesota University – USA

[antoine.sejourne@universite-paris-saclay.fr](mailto:antoine.sejourne@universite-paris-saclay.fr)

En Arctique, le pergélisol dégèle à cause du réchauffement climatique. Le pergélisol contenant de grande quantité de C, le dégel pourrait avoir un impact sur le cycle du C des hydrosystèmes. Ce projet vise à comprendre les impacts hydrologiques, géochimiques, géomorphologiques et microbiologiques, ainsi que les impacts socio-économiques de la dynamique actuelle du dégel du pergélisol sur les sols et les eaux de surface/souterraines dans l'Arctique. Notre étude portera sur les petits bassins versants en Sibérie et Canada où le dégel localisé et rapide du pergélisol (thermokarst) reste sous-étudié.

Le pergélisol couvre 20 à 25 % de l'hémisphère nord. L'augmentation récente de la température dans l'Arctique et le Subarctique est significativement plus importante qu'ailleurs dans le monde. Les simulations climatiques prévoient un réchauffement continu et une augmentation de la fréquence des incendies de forêt. Ce changement rapide conduit déjà au dégel du pergélisol, provoquant un affaissement du sol, et la formation de lacs dans les zones à forte teneur en glace du pergélisol.

Le dégel du pergélisol est un risque majeur pour l'utilisation des terres et la stabilité des infrastructures. Ce processus modifie les circulations d'eau souterraine et la chimie des lacs et des rivières. En outre, le pergélisol contient de grandes quantités de carbone organique gelé et son dégel provoque une libération de carbone dissous vers les systèmes aquatiques. Les micro-organismes convertissent activement le carbone organique hautement biodégradable nouvellement disponible en gaz à effet de serre (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>). Cette libération est un risque majeur en raison de la rétroaction positive sur le climat. Ainsi, le changement climatique, par le biais du pergélisol et de la perturbation des habitats, affecte les communautés locales bâties sur le pergélisol. Une meilleure compréhension des impacts de la fonte du pergélisol sur les sols, les eaux de surface et souterraines (zone critique) et le cycle du carbone, ainsi que des facteurs qui les contrôlent, contribuera à la compréhension de l'évolution future du climat.

Ce projet financé par le Belmont Forum (2021-2024) vise à comprendre les impacts hydrologiques, géochimiques, géomorphologiques et microbiologiques, ainsi que les impacts socio-économiques de la dynamique actuelle du dégel du pergélisol sur les sols et les eaux de surface/souterraines dans l'Arctique/subarctique. Notre étude portera sur le continuum pergélisol-hydrosystème proche de la surface dans les petits bassins versants de l'Arctique où le dégel localisé et rapide du pergélisol (thermokarst) reste sous-étudié.

L'objectif général est de comparer différents sites clés dans l'Arctique avec différents contextes de permafrost, de végétation et de dégradation de pergélisol en Sibérie, au Canada et en Alaska. Un ensemble d'indicateurs quantitatifs (ou "sentinelles") de la vulnérabilité des sols, des eaux de surface et des eaux souterraines sera utilisé

pour comprendre et comparer les impacts de la dégradation du pergélisol entre les différents sites.

### TRACING CONTINENTAL WEATHERING ACROSS THE LATE CRETACEOUS GLOBAL CLIMATE COOLING OFFSHORE NW AFRICA: EVIDENCE FROM CLAY MINERALS, HF AND LI ISOTOPES

Majd SHMEIT<sup>1,\*</sup>, Emmanuelle PUCÉAT<sup>1</sup>, Pierre PELLÉNARD<sup>1</sup>, Nathalie VIGIER<sup>2</sup>, Nicolas THIBAUT<sup>3</sup>

1. Laboratoire Biogéosciences, UMR 6282 CNRS, Université Bourgogne Franche-Comté, 6 Bvd Gabriel, 21000 Dijon, France; 2. Laboratoire d'Océanographie de Villefranche sur Mer (LOV), IMEV, CNRS, Sorbonne Université, France; 3. Institute for Geosciences and Natural Resource Management, Section for Geology, University of Copenhagen, Denmark.

[majd.homaidan-shmeit@u-bourgogne.fr](mailto:majd.homaidan-shmeit@u-bourgogne.fr)

The Late Cretaceous is characterized by a global and long-term climate cooling, associated with a reduction in atmospheric CO<sub>2</sub> levels. The impact of geological processes involving the long-term carbon cycle, such as mantle degassing (CO<sub>2</sub> source) and silicate weathering (CO<sub>2</sub> sink), remain poorly constrained for this time period. Knowledge is lacking on the extent and variation of continental silicate weathering that might have acted as a forcing factor. This study aims at investigating the extent of continental mechanical erosion and subsequent chemical weathering on the northwest African margin at that time. More specifically, we investigate sediments from the Deep Sea Drilling Project Hole 369A, located offshore this margin in the Tarfaya-Dakhla Basin (southwest Morocco). We apply a recently developed proxy of silicate chemical weathering intensity ( $\Delta\epsilon_{\text{Hf}}$ ; Bayon et al., 2016), which is based on the coupled Nd and Hf isotopic composition of the <2  $\mu\text{m}$  clay fraction of the sediments, and couple it with another proxy for silicate weathering, namely Li isotopes (Bastian et al., 2021). The combination of the two proxies allows us to decipher for the first time coupled variations in both silicate chemical weathering and secondary clay formation. Variations in clay mineral assemblages are also determined using X-ray diffraction (XRD) and observations in transmission electron microscopy (TEM).

During the Late Cretaceous, the northwest African margin was located in an arid climatic belt (Chumakov et al., 1995) and was characterized by weak compression and deformation events (Frizon de Lamotte et al., 2009). The XRD results from Hole 369A show a decrease in the proportion of primary (i.e., illite) and evaporitic (i.e., palygorskite) clay minerals balanced by an increase in the proportion of secondary clay minerals (i.e., smectite) during the Campanian-Maastrichtian. TEM images show flaky-shaped smectite and mostly short palygorskite fibers, supporting a detrital origin of clay minerals. Preliminary Li isotope results demonstrate relatively high and stable  $\delta^7\text{Li}$  values (varying between -2.4 and -0.9‰) during the Cenomanian-early Campanian, compared with lower and more fluctuating values (between -4.3 and -1.0‰) during the Campanian-Maastrichtian. An observed positive covariation between  $\delta^7\text{Li}$  and the proportion of palygorskite, along with the aforementioned change in clay mineral assemblages, support that the  $\delta^7\text{Li}$  decrease is related to a possible transition towards a more hydrolyzing climate. However, transgression/regression cycles recorded on the

northwest African margin during the Campanian and Maastrichtian may have also impacted the clay mineralogical evolution (via an increase of smectite during high sea-level). These preliminary data will be complemented by the analyses of Hf and Nd isotope ratios along with the concentration of rare earth elements to further constrain continental chemical weathering and potential variations in source-areas.

Ref: Bayon, G., Skonieczny, C., Delvigne, C., Toucanne, S., Bermell, S., Ponzevera, E. and André, L., 2016. Environmental Hf–Nd isotopic decoupling in World river clays. *Earth and Planetary Science Letters*, 438, 25-36.

Bastian, L., Mologni, C., Vigier, N., Bayon, G., Lamb, H., Bosch, D., Kerros, M.E., Colin, C. and Revel, M., 2021. Co-variations of climate and silicate weathering in the Nile Basin during the Late Pleistocene. *Quaternary Science Reviews*, 264, 107012.

Chumakov, N.M., Zharkov, M.A., Herman, A.B., Doludenko, M.P., Kalandadze, N.N., Lebedev, E.L., Ponomarenko, A.G. and Rautian, A.S., 1995. Climatic belts of the mid-Cretaceous time. *Stratigraphy and Geological Correlation*, 3(3), 42-63.

Frizon de Lamotte, D., Leturmy, P., Missenard, Y., Khomsi, S., Ruiz, G., Saddiqi, O., Guillocheau, F. and Michard, A., 2009. Mesozoic and Cenozoic vertical movements in the Atlas system (Algeria, Morocco, Tunisia): an overview. *Tectonophysics*, 475(1), 9-28.

### TERRIGENOUS PROVENANCES OF THE OCEANIC RED BEDS IN THE NORTHERN SOUTH CHINA SEA AND THEIR RESPONSES TO GLOBAL CLIMATE COOLING DURING THE MIDDLE MIOCENE

Wei SHU<sup>1,2\*</sup>, Zhifei LIU<sup>1\*</sup>, Christophe COLIN<sup>2</sup>, Pengfei MA<sup>1</sup>, Baoqi HUANG<sup>3</sup>, Arnaud DAPOIGNY<sup>4</sup>, Louise BORDIER<sup>4</sup>

1. State Key Laboratory of Marine Geology, Tongji University, Shanghai 200092, China; 2. GEOPS, CNRS, Université Paris-Saclay, Orsay 91405, France; 3. School of Earth and Space Sciences, Peking University, Beijing 100871, China; 4. Laboratoire des Sciences du climat et de l'environnement, LSCE/IPSL, CEA-CNRS-UVSQ, Université Paris-Saclay, Gif-sur-Yvette 91191, France.

[shuwei1610874@tongji.edu.cn](mailto:shuwei1610874@tongji.edu.cn)

Conditions of the Oceanic red beds (ORB) deposit in the deep-sea basins of the South China Sea (SCS) are still not fully determined. However, it provides an excellent archive of terrestrial chemical weathering which give in turn some constrain on Miocene Climate variability. In this study, clay mineralogy, detrital Sr-Nd isotopic compositions and bulk major element geochemistry analyses were investigated on the ORB (27.0-10.5 Ma) and overlying non-red beds (10.5-10.0 Ma) from the International Ocean Discovery Program (IODP) Expedition 367 Site U1499 in the northern SCS in order to determine the terrigenous provenance and reconstruct terrestrial chemical in association with global climatic changes during the middle Miocene. Clay mineral assemblages of the ORB are characterized by abundant smectite (52-95%), supplemented by moderate illite (4-23%) and kaolinite (0-19%), and minor chlorite (0-7%). The <sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr ratios and  $\epsilon_{\text{Nd}}$  values vary from 0.7122 to 0.7275 and from -12.1 to -6.4, respectively. Based on results of clay mineral assemblages and Sr-Nd isotopes, a significant provenance shift was found at around 23

Ma, from Palawan in the Oligocene to South China (Pearl River), Luzon arc and northern Indochina Peninsula (Red River) in the Miocene. For the Miocene sediments at the Site U1499, smectite was mainly from Luzon arc, kaolinite was from South China, while illite and chlorite were from South China and northern Indochina Peninsula. To estimate weathering multiple geochemistry indices of the Chemical Index of Alteration (CIA),  $K_2O/Na_2O$  ratio and  $Al_2O_3/TiO_2$  ratios in combination with smectite/(illite + chlorite) ratio and illite crystallinity were used, which showed three-stage states of terrestrial weathering process. Stage I (27.0-23.0 Ma) in the Oligocene exhibits relatively weak moderate chemical weathering in Palawan, indicating the most important influence by lithologies of bedrocks. Stage II (23.0-14.0 Ma) and Stage III (14.0-10.0 Ma) in the Miocene display two different states of chemical weathering in the South China (and/or the north Indochina Peninsula), from relative stronger to relative weaker, fitting well with climate conditions from warmer and wetter to colder and drier. The variation pattern of various proxies from the early-middle ORB and its transformation during the MMCT, reveals the Miocene global cooling plays an important role in weakening terrestrial chemical weathering in the SCS.

#### SEASONAL CLIMATE CHANGE AND ITS INFLUENCE ON THE HYDROLOGICAL CYCLE IN A MOUNTAINOUS FORESTED CATCHMENT

Laurent STROHMENGER<sup>1\*</sup>, Philippe ACKERER<sup>1</sup>, Benjamin BELFORT<sup>1</sup>, Marie-Claire PIERRET<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Institut Terre et Environnement de Strasbourg, UMR 7063, Strasbourg, France.

[Laurent.Strohmenger@inrae.fr](mailto:Laurent.Strohmenger@inrae.fr)

In the context of climate change, understanding how temperature and precipitation influence water resources is crucial to better predict their future dynamics, especially in sensitive environments such as mountainous forested regions. Climate model projections are widely used in hydrological models to predict the future of water availability and extreme events over large temporal and spatial scales. However, few studies have investigated changes in local climate and their influence on the hydrological behavior of mid-mountainous forested catchments.

We used a long-term (1988–2018) daily dataset of hydroclimatic data for the Strengbach catchment (France; OHGE) to investigate changes in temperature, precipitation (P), and discharge at annual and seasonal scales. Specifically, we analyzed change rates in low, mid and high temperature through 25, 50 and 75<sup>th</sup> quantiles, and frequency of dry, light, heavy and very heavy precipitations days in five-year moving periods.

Our results showed that the local climate changed in line with global observations of increases in temperature ( $+0.04$  °C.yr<sup>-1</sup>) and total precipitation ( $+6.9$  mm.yr<sup>-1</sup>). Climate change varied among seasons, with an increase in temperature in autumn ( $+0.07$  °C.yr<sup>-1</sup>), summer ( $+0.05$  °C.yr<sup>-1</sup>), and spring ( $+0.05$  °C.yr<sup>-1</sup>), but a decrease in winter ( $-0.03$  °C.yr<sup>-1</sup>). Total precipitation increased in summer ( $+4.2$  mm.yr<sup>-1</sup>) and in winter ( $+2.1$  mm.yr<sup>-1</sup>) due to more days with very heavy precipitation ( $P>20$ mm.d<sup>-1</sup>) and heavy precipitation (10-20 mm.d<sup>-1</sup>), respectively. The long-term hydrological behavior of the Strengbach catchment also changed, with a decrease in the

discharge:precipitation ratio and fast flow volume, mainly during winter.

These results suggest that climate change, through its influence on vegetation, evaporation, and snow mantle dynamics can influence a catchment's hydrological behavior. This study expands the knowledge of climate change and its impact on the hydrological cycle in a mountainous forested area. However, it is limited by the lack of accurate measurements of actual evapotranspiration at the catchment scale, which is a major challenge for improving our understanding of the critical zone.

#### HOW WILL WATER RESOURCES CHANGE DURING THE 21<sup>ST</sup> CENTURY IN FRANCE? AN ENSEMBLE PROJECTION USING A SEMI-DISTRIBUTED MODEL.

Laurent STROHMENGER<sup>1\*</sup>, Eric SAUQUET<sup>2</sup>, Guillaume THIREL<sup>1</sup>, Charles PERRIN<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Université Paris Saclay, INRAE, UR HYCAR, 1, rue Pierre-Gilles de Gennes, CS 10030, 92761 Antony Cedex <sup>2</sup>INRAE, UR RIVERLY, 5 Rue de la Doua, CS 20244, 69625 Villeurbanne Cedex.

[Laurent.strohmenger@inrae.fr](mailto:Laurent.strohmenger@inrae.fr)

Climate change affects the hydrological cycle, threatening water resources in the next decades. Thus, picturing the future evolution of flood and drought hazards at the local scale is crucial to establish adaptation strategies to climate changes. Explore2 is a four-year project (2021-2024) that aims to use the latest climate projections to anticipate the future of water resources in France. The objectives are to deliver an overview of possible climatic and hydrological changes during the 21<sup>st</sup> century and to make them available for water managers.

We used an ensemble of three greenhouse gas emission scenarios, 19 pairs of global and regional climate models and two bias correction methods to produce the climate projections used by seven hydrological models. We present results for one of these hydrological models. We simulated daily streamflows from 1976 to 2100 for more than 4000 river outlets in France using a semi-distributed model (GRSD). We then computed and compared hydrological indicators for low- and high-flow periods during the historical (1976-2006) and future periods (2040-2070 and 2070-2100).

Our results show that climate change will affect future water resources in France. Streamflows will be less affected under the low emission scenario (RCP 2.6) than under the high emission scenario (RCP 8.5). In addition, our results tend to show a heterogeneous spatial distribution of the impacts of climate change under RCP 8.5, with drier catchments in southern France vs. wetter catchments in northern France.

All results of the Explore2 project will be published on the DRIAS-eau website during 2023, including climate projections, hydrological stations network, and hydrological projections.

#### UN NOUVEAU THESAURUS DE PALEOCLIMATOLOGIE : CREATION ET USAGES PROJETES

Stela SUHAN<sup>1\*</sup>



1.Direction des Bibliothèques, de l'Information et de la Science Ouverte (DiBISO), Bât. 407 – Rue du Doyen Georges Poitou - 91400 Orsay.

[stela.suhan@universite-paris-saclay.fr](mailto:stela.suhan@universite-paris-saclay.fr)

Un thésaurus de paléoclimatologie sera bientôt mis en ligne sur la [plateforme nationale des terminologies scientifiques](#) de l'Institut de l'information scientifique et technique (INIST). Fruit d'une collaboration entre les paléoclimatologues du laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (LSCE) et des experts de l'information scientifique, ce thésaurus décrit et structure pour la première fois plus de 1400 termes et concepts de la discipline, en français et en anglais.

Ce nouvel outil au service des communautés scientifiques doit permettre de normaliser l'indexation des contenus publiés et les données collectées lors d'un projet de recherche en paléoclimatologie. Les bénéfices attendus sont à la fois un partage d'information plus fluide au sein de la communauté et une meilleure « découvrabilité » des ressources documentaires en ligne.

Le poster scientifique présentera la genèse de ce travail ainsi que les usages possibles du thésaurus pour la communauté scientifique.

#### **THE MODERN MEDITERRANEAN SEA NEODYMIUM ISOTOPIC BUDGET: INSIGHT FROM CORE-TOP SEDIMENTS AND BOX MODEL CALCULATIONS**

Kazuyo TACHIKAWA<sup>1\*</sup>, FRANÇOIS BENY<sup>1</sup>, Marine, CORNUAULT<sup>1</sup>, Abel GUIHOU<sup>1</sup>, Pierre DESCHAMPS<sup>1</sup>, Marie BOYE<sup>2†</sup>

1- Aix Marseille Univ, CNRS, IRD, INRAE, Coll France, CEREGE, Aix-en-Provence, France 2- Université de Paris, Institut de Physique du Globe de Paris, CNRS, Paris, France

[kazuyo@cerege.fr](mailto:kazuyo@cerege.fr)

Neodymium isotopic compositions (<sup>143</sup>Nd/<sup>144</sup>Nd or  $\epsilon_{Nd}$ ) of seawater and authigenic phases have been used as a tracer of water mass provenances in the modern and past oceans. Recently, a potential importance of benthic flux from abyssal seafloor has been proposed although its general contribution is still a matter of debate. To ensure the use of Nd isotopes, it is essential to better constrain major sources and factors affecting isotopic distribution. The Mediterranean Sea is ideal for this objective because the water circulation, seawater and detrital  $\epsilon_{Nd}$  distribution are relatively well constrained.

We analysed  $\epsilon_{Nd}$  values of foraminiferal authigenic oxides, leachate and residual fractions of modern sediments along a zonal transect of Mediterranean Sea collected during GEOTRACES-A04N cruise. The authigenic and residual  $\epsilon_{Nd}$  values range from -9.0 to -3.9 and from -12.0 to -4.4, respectively with the most radiogenic values in the easternmost Levantine and the Aegean Seas. The authigenic  $\epsilon_{Nd}$  values generally agree with seawater signals except for the easternmost Levantine Sea where they are significantly higher than local seawater values. Our results combined with existing data reveal that the correlation between the authigenic and residual  $\epsilon_{Nd}$  is not significant in the western and central eastern basins. Compiled seawater  $\epsilon_{Nd}$  values co-vary with detrital signals at water depths 0-200m whereas the correlation is weaker at water depths

deeper than 1000m. These results suggest a minor influence of benthic flux in the western and central Mediterranean Sea. The authigenic and seawater  $\epsilon_{Nd}$  values at sites receiving radiogenic detrital Nd inputs (ex. Nile river particles) under restricted circulation conditions (ex. Aegean Sea) are significantly affected by local/regional sources. Box model calculation for dissolved Nd concentration and isotopic ratio supports the contribution of additional radiogenic Nd source to the easternmost Mediterranean Sea. At last, sensitivity tests using the calibrated box model demonstrate that two major factors controlling the dissolved Nd isotopic distribution are the local radiogenic Nd source to easternmost basin and the Mediterranean circulation state.

#### **MILLENNIAL-SCALE PRECIPITATION VARIABILITY IN THE INDO-PACIFIC REGION OVER THE LAST 40 kyr**

Xiaojie TANG<sup>1</sup>, Zhaojie YU<sup>2\*</sup>, Christophe COLIN<sup>3</sup>

1. Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071, China; 2. Université Paris-Saclay, CNRS, GEOPS, 91405, Orsay, France.

[yuzhaojie@qdio.ac.cn](mailto:yuzhaojie@qdio.ac.cn)

Deep atmospheric convection in the Indo-Pacific Warm Pool (IPWP) provides a major source of heat and moisture, thereby affecting the global climate, but its past changes remain debated. Here, we present the first sub-millennial clay mineralogy and element records spanning the last 40 kyr from within the IPWP. From these data, we infer millennial-scale fluctuations in precipitation, with generally lower precipitation during the Heinrich Stadials 1-4, corresponding to El Niño-like conditions. Higher precipitation coincided with the warm interstadials, accompanied by La Niña-like conditions. Moreover, our record indicates lowest precipitation during the late Holocene, supporting the hypothesis of a stronger-than-modern Walker circulation during the Last Glacial Maximum. In combination with other records and TraCE-21 modelling results, we find inconsistent precipitation patterns inside the IPWP, which is resulted from dominantly influenced by the ENSO-like system and migration of the Intertropical Convergence Zone in the eastern and western IPWP, respectively.

#### **SIMULATING THE ASIAN VEGETATION COVER EVOLUTION FROM THE LATE EOCENE TO THE LATE MIOCENE INDUCED BY PALEOGEOGRAPHY AND CLIMATE CHANGE**

Delphine TARDIF<sup>1,2\*</sup>, Pierre SEPULCHRE<sup>1</sup>, Fabien CONDAMINE<sup>3</sup>, Thomas COUVREUR<sup>2</sup>, Frédéric FLUTEAU<sup>4</sup>

1.LSCE Laboratoire des Science du Climat et de l'environnement, Orme des merisiers, 91190 Saint Aubin; 2. IRD Institut de Recherche pour le Développement, 911 Av. Agropolis, 34394 Montpellier ; 3. ISEM Institut des Sciences de l'Évolution de Montpellier, 1093-1317 Rte de Mende, 34090 Montpellier 4IPGP Institut de Physique du Globe de Paris, 1 rue Jussieu, 75005 Paris.

[delphine.tardif@lsce.ipsl.fr](mailto:delphine.tardif@lsce.ipsl.fr)

Paleogeographic change is a major driver of climate change on multi-million-years time scales. In response to

these changes, vegetation can show drastic variations. In Asia, the fossil record – although fragmentary in some regions- shows that the uplift of major landforms in the course of the Cenozoic, coeval with the development of monsoonal climate and inland aridification, led to the spreading of steppe and monsoon-adapted biomes. Additionally, phylogenies have shown the important role played by abiotic factors on tropical species diversification and on the establishment of modern diversity patterns. In this respect Earth system models including land surface models with dynamical vegetation are promising tools to constrain these influences.

Here we take advantage of multiple paleoclimate simulations from the IPSLCM5A2 earth system model and ORCHIDEE land surface models, including the state of the art of current knowledge on the evolution of paleogeography, from the late Eocene to the late Miocene. As the geologic history of some major Asian landforms is still debated, alternative paleogeographic configurations are tested, to clarify the role played by a given region on climate. We explore the impact of different incipient Tibetan Plateau configurations in the Eocene, as well as the orographic evolution of eastern Africa, Iran and Mongolia in the Miocene. We compare the simulated vegetation cover with available data and discuss it within the scope of global Asian biosphere evolution throughout the Cenozoic. Finally, we explore means of using temperature and precipitation values extracted from these simulations, in order to constrain birth-death diversification models. Indeed, although the use of regionally-averaged abiotic parameters seems a potentially considerable step-forward from current methods based on global climate indicators, this methodology presents some technical challenges and uncertainties that need to be tackled.

## RECONSTRUCTION PALEOCEANOGRAPHIQUE A PARTIR D'ASSEMBLAGES DE DIATOMÉES DANS LE SUD-EST PACIFIQUE DEPUIS LA DERNIÈRE PÉRIODE GLACIAIRE

Elisabeth TECA<sup>1\*</sup>, Elisabeth MICHEL<sup>2</sup>, Giuseppe SIANI<sup>1</sup>, Xavier CROSTA<sup>3</sup>

1. *Geoscience (GEOPS) Université Paris-Saclay, Orsay, France* ; 2. *Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (LSCE), Laboratoire mixte CNRS-CEA, Gif-sur-Yvette Cedex, France* ; 3. *UMR 5805 EPOC, Université de Bordeaux, 33615 Pessac cedex, France*

[elisabeth.teca@universite-paris-saclay.fr](mailto:elisabeth.teca@universite-paris-saclay.fr)

Le secteur sud-est pacifique (SEP) de l'Océan Austral est une région clé pour les études paléoclimatiques, en raison de la présence des vents d'ouest (SWW) à l'origine d'abondantes précipitations lorsqu'ils entrent en collision avec la cordillère des Andes. Les SWW participent ainsi à la régulation du volume des calottes de glace en Patagonie chilienne. L'apport d'eau douce provenant de la fonte saisonnière des glaciers patagoniens entraîne un gradient de salinité drastique dans la zone océanique adjacente, et définit un écosystème océanique particulier très sensible aux perturbations climatiques et environnementales. Par conséquent, les apports d'eau douce continentale actuels et passés peuvent avoir joué un rôle important dans la modulation des changements environnementaux

océaniques (température, salinité et productivité) sur des échelles de temps millénaires dans cette région.

Dans ce contexte, le phytoplancton siliceux, composé essentiellement de diatomées, est un traceur biologique reconnu pour les études paléocéanographiques.

Nous présentons ici des reconstitutions paléocéanographiques depuis la dernière période glaciaire (derniers 23 ka) basées sur les assemblages de diatomées préservés dans une carotte sédimentaire marine (MD07-3081 ; 49°25.76 S ; 76°58.17 W) collectée pendant la campagne PACHIDERME sur le R/V Marion Dufresne au large de la marge sud du Chili.

Les assemblages de diatomées montrent une prédominance de formes marines qui, selon l'analyse en composantes principales, sont classées en quatre groupes : 1) le groupe des *Chaetoceros* resting spores qui sont généralement inféodées aux conditions de type upwelling (forts stocks en nutriments, eaux turbulentes, forte productivité). Ce groupe domine pendant la déglaciation ; 2) le groupe des diatomées d'océan ouvert composé essentiellement de *Fragilariopsis kerguelensis* (espèce présente essentiellement au niveau de la zone du front polaire et zone subantarctique), *Fragilariopsis doliolus* et *Hemidiscus cuneiformis* (présentes dans les eaux chaudes). Ces espèces sont plus abondantes à l'Holocène ; 3) Les diatomées planctoniques côtières comme *Shionodiscus* group et *Shionodiscus oestrupii* qui sont, ici, plus abondantes au cours de la période glaciaire ; et finalement 4) le groupe des diatomées benthiques représentées essentiellement par *Paralia sulcata*, dont l'abondance maximale est atteinte pendant l'Holocène.

Au cours de la dernière période glaciaire, l'abondance plus élevée des espèces *Shionodiscus* group et *S. oestrupii*, associée à des températures différentes mais à une salinité élevée (Oksman et al., 2019), indiquerait que la salinité est un facteur de régulation de l'assemblage de diatomées pendant cette période. Pendant la déglaciation, la présence de spores de *Chaetoceros* resting spores indiquerait une plus grande influence de l'upwelling du sud à cette époque (Anderson et al., 2009). Enfin, durant l'Holocène, une plus grande présence d'espèces est observée à plus haute température et associée à une plus grande influence de masses d'eau provenant du secteur nord Pacifique (PCCC, Peru-Chile Counter Current). Aussi la plus grande abondance de *P. sulcata* pourrait être directement liée au transport depuis la marge continentale sud-chilienne (Romero et al., 2001).

Ref.: Anderson, R. F., Ali, S., Bradtmiller, L. I., Nielsen, S. H. H., Fleisher, M. Q., Anderson, B. E., & Burckle, L. H. (2009). Wind-Driven upwelling in the Rise in Atmospheric CO<sub>2</sub>. *Science*, 323, 1443–1448. <https://doi.org/10.1126/science.1167441>

Oksman, M., Juggins, S., Miettinen, A., Witkowski, A., & Weckström, K. (2019). The biogeography and ecology of common diatom species in the northern North Atlantic, and their implications for paleoceanographic reconstructions. *Marine Micropaleontology*, 148, 1–28. <https://doi.org/10.1016/j.marmicro.2019.02.002>

Romero, O. E., Hebbeln, D., & Wefer, G. (2001). Temporal and spatial variability in export production in the SE Pacific Ocean: Evidence from siliceous plankton fluxes and surface sediment assemblages. *Deep-Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*,

### IMPACT DES FEUX SUR LA QUALITE DES EAUX SOUTERRAINES ET DE SURFACE DE L'ILE DES PINS, NOUVELLE-CALÉDONIE

Gaël THERY<sup>1,\*</sup>, Cécile QUANTIN<sup>1</sup>, Damien CALMELS<sup>1</sup>, Pierre GENTHON<sup>2,3</sup>, Julie JEANPERT<sup>4</sup>, Farid JUILLLOT<sup>3,5</sup>

1. Géosciences Paris Saclay (GEOPS), Université Paris Saclay, UMR CNRS 8148, Orsay, France ; 2. HydroSciences Montpellier (HSM), Université de Montpellier, Montpellier, France ; 3. Institut de Recherche pour le Développement, (IRD), Nouméa, New Caledonia ; 4. Service Géologique de Nouvelle-Calédonie (SGNC), Nouméa, Nouvelle-Calédonie ; 5. Institut de Mineralogie, de Physique des Matériaux et de Cosmochimie (IMPMC), Sorbonne Université, UMR CNRS 7590, MNHN, ERL IRD 206, Paris, France

[gael.thery@universite-paris-saclay.fr](mailto:gael.thery@universite-paris-saclay.fr)

Au cours des dernières décennies, la planète a été confrontée à des feux de forêt exceptionnels et leurs occurrences et sévérités pourraient augmenter de manière drastique en raison des conséquences du changement climatique telles que la sécheresse et les vagues de chaleur (Palinkas, 2020; Sharples et al., 2016; van Oldenborgh et al., 2021). La qualité des eaux apparaît menacée / impactée par les feux de forêt comme l'attestent différentes études qui ont montré une contamination en Eléments Traces Métalliques (ETM) dans les bassins versants suite aux feux (Abraham et al., 2017; Biswas et al., 2007; Burke et al., 2010; Burton et al., 2016; Johnston et al., 2011; Kristensen et al., 2014; Odigie et al., 2016).

En Nouvelle-Calédonie, les sols développés sur la Nappe des Péridotites sont naturellement riches en métaux, comme le nickel et le chrome, et environ 30 000 ha de végétation brûlent chaque année sur le Territoire (Dumas et al., 2013). Après le passage des feux entre 2016 à 2019, une forte contamination en nickel est apparue dans certains captages d'Alimentation en Eau Potable (AEP) de l'île des Pins, dans le Sud de l'archipel. Dans cette étude, le fonctionnement hydro(géo)logique du bassin versant de Tokoin a été étudié, ainsi que la dynamique du nickel, qui atteint des concentrations de 4000 µg/L (à comparer avec la norme OMS de 70 µg/L). Ce bassin est composé d'entités géomorphologiques particulières comme des dolines et avens témoignant du caractère pseudo-karstique du massif de péridotite, qui alimentent le captage.

Les analyses géochimiques des eaux ont montré une forte contamination en Ni des eaux de surface (i.e. jusqu'à 30 000 mg/L) contrairement aux eaux des avens (i.e. 50 mg/L). Les eaux des piézomètres et des résurgences d'eau souterraine ont également montré une faible contamination (i.e. 2 µg/L pour les piézomètres et 20 µg/L pour les résurgences). Les analyses d'isotopes de l'eau ont montré une forte contribution des eaux des avens vers le captage de Tokoin mais la contamination en nickel semble provenir des dolines en amont où le nickel est partiellement associé au soufre dans les sédiments.

Réf. : Abraham, J., Dowling, K., Florentine, S., 2017. Risk of post-fire metal mobilization into surface water

resources: A review. *Science of The Total Environment* 599–600, 1740–1755. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.05.096>

Biswas, A., Blum, J.D., Klaue, B., Keeler, G.J., 2007. Release of mercury from Rocky Mountain forest fires: ROCKY MOUNTAIN WILDFIRE HG RELEASE. *Global Biogeochem. Cycles* 21. <https://doi.org/10.1029/2006GB002696>

Burke, M.P., Hogue, T.S., Ferreira, M., Mendez, C.B., Navarro, B., Lopez, S., Jay, J.A., 2010. The Effect of Wildfire on Soil Mercury Concentrations in Southern California Watersheds. *Water Air Soil Pollut* 212, 369–385. <https://doi.org/10.1007/s11270-010-0351-y>

Burton, C.A., Hoefen, T.M., Plumlee, G.S., Baumberger, K.L., Backlin, A.R., Gallegos, E., Fisher, R.N., 2016. Trace Elements in Stormflow, Ash, and Burned Soil following the 2009 Station Fire in Southern California. *PLoS ONE* 11, e0153372. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0153372>

Dumas, P., Toussaint, M., Herrenschmidt, J.-B., Conte, A., Mangeas, M., 2013. Le risque de feux de brousse sur la Grande Terre de Nouvelle-Calédonie: l'Homme responsable, mais pas coupable. *rge* 53. <https://doi.org/10.4000/rge.4598>

Johnston, F., Hanigan, I., Henderson, S., Morgan, G., Bowman, D., 2011. Extreme air pollution events from bushfires and dust storms and their association with mortality in Sydney, Australia 1994–2007. *Environmental Research* 111, 811–816. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2011.05.007>

Kristensen, L.J., Taylor, M.P., Odigie, K.O., Hibdon, S.A., Flegal, A.R., 2014. Lead isotopic compositions of ash sourced from Australian bushfires. *Environmental Pollution* 190, 159–165. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2014.03.025>

Odigie, K.O., Khanis, E., Hibdon, S.A., Jana, P., Araneda, A., Urrutia, R., Flegal, A.R., 2016. Remobilization of trace elements by forest fire in Patagonia, Chile. *Reg Environ Change* 16, 1089–1096. <https://doi.org/10.1007/s10113-015-0825-y>

Palinkas, L.A., 2020. The California Wildfires, in: *Global Climate Change, Population Displacement, and Public Health*. Springer International Publishing, Cham, pp. 53–67. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-41890-8\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-030-41890-8_4)

Sharples, J.J., Cary, G.J., Fox-Hughes, P., Mooney, S., Evans, J.P., Fletcher, M.-S., Fromm, M., Grierson, P.F., McRae, R., Baker, P., 2016. Natural hazards in Australia: extreme bushfire. *Climatic Change* 139, 85–99. <https://doi.org/10.1007/s10584-016-1811-1>

van Oldenborgh, G.J., Krikken, F., Lewis, S., Leach, N.J., Lehner, F., Saunders, K.R., van Weele, M., Hausteijn, K., Li, S., Wallom, D., Sparrow, S., Arrighi, J., Singh, R.K., van Aalst, M.K., Philip, S.Y., Vautard, R., Otto, F.E.L., 2021. Attribution of the Australian bushfire risk to anthropogenic climate change. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.* 21, 941–960. <https://doi.org/10.5194/nhess-21-941-2021>

### CHARACTERIZATION OF ORGANIC CARBON-MINERAL INTERACTIONS WITHIN A MEGASLUMP HEADWALL AND POTENTIAL EVOLUTION FOLLOWING MATERIAL EXPORT: CASE STUDY IN BATAGAIKA CRATER, NORTHERN YAKUTIA, SIBERIA

Maxime THOMAS<sup>1\*</sup>, Loeka JONGEJANS<sup>2</sup>, Jens STRAUSS<sup>2</sup>, Chloé VERMYLEN<sup>1</sup>, Sacha CALCUS<sup>1</sup>,

Arthur MONHONVAL<sup>1</sup>, Thomas OPEL<sup>2</sup>, Sophie OPFERGELT<sup>1</sup>

1. *Earth and Life Institute, Université catholique de Louvain, Louvain-la-Neuve, Belgium*; 2. *Permafrost Research Section, Alfred Wegener Institute Helmholtz Centre for Polar and Marine Research, Potsdam, Germany*

[\\*maxime.thomas@uclouvain.be](mailto:maxime.thomas@uclouvain.be)

Arctic is warming close to four times faster than the global average and, as a direct outcome, permafrost temperatures have increased by up to  $0.39 \pm 0.15$  °C in the years 2007-2016. This increased warming is expected to generate a permafrost carbon feedback on the climate by promoting permafrost thaw and by emitting additional volumes of greenhouse gases into the atmosphere. Still, it is estimated that between 30% and 80% of soil organic carbon (OC) in permafrost is stabilized by geochemical interactions with mineral elements such as iron and thus less likely to be emitted as greenhouse gases. Quantifying the nature and controls of mineral-OC interactions is necessary to better frame permafrost-carbon-climate feedbacks, particularly in ice-rich environments that result in rapid thawing and the development of thermokarst landforms. Thaw slumps are amongst the most dynamic forms of slope thermokarst and expand through the years due to the ablation of an ice-rich headwall each summer. These phenomena are important to consider in the permafrost carbon budget since they expose a deep OC pool that may reach tens of thousands of years old and that would not have re-entered the modern carbon cycle if these disturbances had not occurred. Here, we collected samples from the Batagaika crater, Siberia, on a headwall reaching locally 55 m high - every half a meter for the upper 10 m of the headwall and then every meter. We present total element concentrations, mineralogy, and mineral-organic carbon interactions in the different stratigraphic units, i.e., from the top to the bottom, i) the organic surface layer, ii) the Holocene cover, iii) the upper ice complex, also called Yedoma, which is dominated by large ice wedges, iv) the woody debris layer which consists of macroscopic terrestrial plant remains, v) the lower sand unit of pore-ice-cemented aeolian-sourced fine sand, and vi) the lower ice complex which reveals ice-rich deposits of ice-wedges and provides access to ancient permafrost up to ~650 ka old. Our data show that the main mechanism of organic carbon stabilization through mineral-OC interactions is the complexation with metals, which stabilizes  $35 \pm 18\%$  of the total organic carbon (TOC) pool. Associations to poorly crystalline iron oxides do not have a significant role in OC stabilization as we estimate a maximum of  $5 \pm 2\%$  of TOC to be stabilized by this mechanism, with the exception of the Holocene cover which stabilizes up to  $29 \pm 14\%$  of the TOC via associations with poorly crystalline iron oxide. From a budget perspective, we estimate that a mass of  $1.65 \times 10^7$  kg of OC is exported annually downslope of the headwall with ~38% being geochemically stabilized by complexation with metals or associations to poorly crystalline iron oxides. Climatic and geochemical conditions at the time of deposition appear to be the key parameters influencing OC geochemical stability as the mineralogy in the deposits is very similar despite a sedimentary depositional series spanning ~650 ka old.

## **PALYNOLOGICAL SAMPLES IN MARINE CORES: FROM POLLEN EXTRACTION, DATING, AND COMPARISON WITH FORAMINIFERAL SHELLS: A METHODOLOGICAL CHALLENGE TO INVESTIGATE PAST RESERVOIR AGES?**

Nadine TISNÉRAT-LABORDE<sup>1</sup>, Vincent COUSSIN<sup>2</sup>, François THIL<sup>1</sup>, Christine HATTÉ<sup>1</sup>, Nathalie COMBRIEU-NEBOUT<sup>3</sup>, Nathalie BABONNEAU<sup>2</sup>, Antonio CATTANEO<sup>4</sup>, Wiem FERSI<sup>2</sup>, Samuel TOUCANNE<sup>4</sup>, Frédérique EYNAUD<sup>5</sup>, Aurélie PENAUD<sup>2</sup>

1. *Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement, LSCE/IPSL, UMR 8212 CEA-CNRS-UVSQ, Université Paris Saclay, Gif-sur-Yvette, France*; 2. *Laboratoire Géosciences Océan, Univ. Brest, IUEM, UMR 6538 LGO, CNRS, Plouzané, France*; 3. *HNHP UMR 7194 CNRS – Département Préhistoire MNHN, Paris, France*; 4. *IFREMER, Géosciences Marines, Technopôle Brest-Iroise, Plouzané, France*; 5. *EPOC-OASU, Université de Bordeaux, Site de Talence, Pessac, France.*

[nadine.tisnerat@lsce.ipsl.fr](mailto:nadine.tisnerat@lsce.ipsl.fr)

The reconstruction of changes in marine reservoir age is a particularly challenging task but essential in paleo-oceanography to improve the chrono-stratigraphy of marine cores. In this work we have investigated the possibility of using continental material as monospecific pollen grains (Pinus) as well as palynological treatment residues (bulk or additionally treated with KOH to dissolve amorphous organic matter) and foraminifera collected in the same levels to study reservoir age variations over time (INSU EC2CO-LEFE project "DATAPOL").

In a first step, we describe the methodology developed to extract pollen grains on cores MD04-2801 (Algerian Margin, Holocene) and MD13-3438 (northern Bay of Biscay, Heinrich Stadial 1) and the physico-chemical treatments of pollen carried out before *ECHoMICADAS* dating. Then <sup>14</sup>C results obtained between foraminifera, pollen, and palynological residues (bulk and KOH treated) are here presented for the first time, highlighting great variability of ages according to their nature of dated samples (organic and calcite). These first results raise questions about the effects of bottom water masses reservoir age and potential diagenetic processes on organic matter. We also preliminary show that the use of palynological residues cannot be used to date marine core. However, new methodological investigation is necessary to find solutions to sort pollen more efficiently to advance the <sup>14</sup>C dating of monospecific pollen samples.

## **PRECIPITATION AND ENVIRONMENTAL CHANGES IN WEST AFRICA OVER THE LAST MILLENNIUM INDUCED BY LARGE VOLCANIC ERUPTIONS**

Julián VILLAMAYOR<sup>1\*</sup>, Myriam KHODRI<sup>1</sup>, Anne-Marie LÉZINE<sup>1</sup>, Maé CATRAIN<sup>1</sup>, Shih-Wei FANG<sup>2</sup>, Johann JUNGCLAUS<sup>2</sup>, Claudia TIMMRECK<sup>2</sup>, Davide ZANCHETTIN<sup>3</sup>

1. *Laboratoire d'Océanographie et du Climat : Expérimentations et Approches Numériques, Sorbonne Université / CNRS*; 2. *Max-Planck-Institut für Meteorologie*; 3. *University Ca'Foscari of Venice.*

\*Now at Instituto de Química Física Rocasolano, CSIC, C/ Serrano, 119, 28006 Madrid, Spain

[ivillamayor@iqfr.csic.es](mailto:ivillamayor@iqfr.csic.es)

This work provides evidence of the influence of large volcanic eruptions on the West African Monsoon during the past millennium over the 850-1850 CE period, with environmental implications. PMIP4/past1000 climate model simulations show evidence for West African rainfall variability from interannual to multi-decadal and secular timescales associated with the integration of the volcanic forcing in the Atlantic Multidecadal Variability and the related modulation of the Inter-Tropical Convergence Zone. A comparison with historical, hydrological and vegetation paleo-data in this region reveal a common transition of the precipitation regime from 1250 to 1850 CE, covering the Little Ice Age (LIA). The model simulations and the paleo-data results suggest that the increasing volcanic activity during the LIA promoted a secular Sahel rainfalls drift toward more frequent long-term droughts, the driest conditions culminating in the 19th century with an irreversible tipping point at 1800 CE characterized by a dramatic rainfall drop and a widespread Sahel vegetation degradation that still persists today.

#### **IDENTIFICATION OF WINTER BIOGEOCHEMICAL CONNECTIVITY IN PERMAFROST SOILS WITH SILICON ISOTOPES AND REDOX-SENSITIVE ELEMENTS (STORDALEN, SWEDEN)**

Maëlle VILLANI<sup>1\*</sup>, Catherine HIRST<sup>1,2</sup>, Maxime THOMAS<sup>1</sup>, Erik LUNDIN<sup>3</sup>, Reiner GIESLER<sup>4</sup>, Magnus MÖRTH<sup>5</sup>, Sophie OPFERGELT<sup>1</sup>

1. *Earth and Life Institute, Université catholique de Louvain, Louvain-la-Neuve, Belgium*; 2. *Department of Earth Sciences, Durham University, Durham, United Kingdom*; 3. *Abisko Scientific Research Station, Swedish Polar Research Secretariat, Abisko, Sweden*; 4. *Climate Impacts Research Centre, Department of Ecology and Environmental Science, Umeå University, Umeå, Sweden*; 5. *Department of Geological Sciences, Stockholm University, Stockholm, Sweden*

[maelle.villani@uclouvain.be](mailto:maelle.villani@uclouvain.be)

Climate change affects Arctic regions by exposing previously frozen permafrost to thaw and changing hydrological processes. As a result, permafrost soils in Arctic have recently developed unfrozen soil portions in winter. These unfrozen soil portions may increase the soil biogeochemical connectivity by creating lateral subsurface water flow, thereby contributing to the lateral transfer of nutrients including dissolved organic carbon. This winter connectivity is mainly expected if unfrozen soil portions are connected (open system). However, the proportion of connected (open system) relative to unconnected (closed system) unfrozen soil portions remains poorly quantified. Here, we investigate the silicon isotope composition ( $\delta^{30}\text{Si}$ ) and the redox-sensitive element (e.g., Fe) concentrations in soil pore water collected from September to November 2021 on a natural gradient of permafrost degradation from a palsa (closed system) to a fen (open system) in Stordalen, Sweden. We use  $\delta^{30}\text{Si}$  measurements to distinguish between: a closed system in freezing soils where silicic acid concentration in soil pore water is increasing upon freezing, leading to amorphous silica precipitation that induces Si isotope fractionation due to the preferential

incorporation of  $^{28}\text{Si}$  in colloidal amorphous silica; and an open system in freezing soils where silicic acid concentration in soil pore water is mixed with lateral contributions and amorphous silica precipitation is not induced. We then compare the evolution of the  $\delta^{30}\text{Si}$  values in soil pore waters where freeze-up has occurred (closed system) or where freeze-up is delayed or absent (open system). We couple our  $\delta^{30}\text{Si}$  data with variations in redox-sensitive element concentrations (e.g., Fe) to better constrain the biogeochemical connectivity with the atmosphere. The dual-approach of silicon isotope geochemistry with redox sensitive element analysis contributes to better understand the processes controlling the lateral transfer of water and nutrients from permafrost soils during winter months.

#### **ENREGISTREMENT DES CYCLES CLIMATIQUES PLEISTOCENES PAR LES TERRASSES ALLUVIALES DU BASSIN DE LA LOIRE MOYENNE - UNE SYNTHÈSE DE 30 DE RECHERCHE**

Pierre VOINCHET<sup>1\*</sup>, Hélène TISSOUX<sup>2</sup>, Jean-Jacques BAHAIN<sup>1</sup>, Iale SÉRIN-TUIKALEPA<sup>1,2</sup>, Christophe FALGUERES<sup>1</sup>, Jackie DESPRIÉE<sup>1</sup>

1. *HNHP UMR 7194 (MNHN- CNRS-UPVD) Département Homme et Environnement du Muséum National d'Histoire Naturelle, 1 rue René Panhard, 75013 Paris, France*; 2. *Bureau de Recherches Géologiques et Minières, GEO/G2R, BP 36009, 45060 Orléans cedex 2, France.*

[pvoinch@mnhn.fr](mailto:pvoinch@mnhn.fr)

La morphologie des vallées fluviales est marquée par les changements de régime des fleuves au cours du temps. Dans les zones de moyennes latitudes, en Europe et en Asie continentale, ces changements sont induits en majeure partie par les variations des précipitations et par conséquent par l'évolution du climat. Dans ce contexte fluvial, le témoignage géomorphologique le plus fréquent des changements climatiques passés est constitué par la présence d'une série de terrasses fluviales disposées généralement sur les flancs de la vallée. Les terrasses fluviales sont alors à la fois les témoins privilégiés de l'évolution du cours d'eau au cours du temps et des formations susceptibles de renfermer ou recouvrir les indices d'occupations préhistoriques.

Le bassin de la Loire moyenne constitue la partie sud du Bassin parisien où la Loire et tous ses affluents se rejoignent, après leur sortie du Massif Central ou de la zone bordure du massif Armoricaïn. Ces cours d'eau montrent des vitesses et des importances d'incisions différentes, essentiellement en relation avec la nature du substratum traversé et la ou les manifestations de tectonique ancienne ou récente. Des datations systématiques des sédiments constituant les témoins des différentes phases ou étapes de la mise en place de ces vallées par la méthode ESR appliquée à des quartz alluviaux optiquement blanchis, ont permis d'en établir une chronologie précise sur tout le Quaternaire. La comparaison de cette chronologie avec celle de la cyclicité climatique pléistocène nous a permis de montrer une forte dépendance entre les phases d'incision/remblaiement des vallées et les cycles glaciaires/interglaciaires de cette période. Nous présentons ici la synthèse de plus de 20 ans de nos études concernant les dépôts des vallées de la Creuse, du Cher, du Loir et de la Sarthe et des découvertes

archéologiques du Paléolithique ancien et moyen qui y sont associées.

### ATLANTIC CIRCULATION CHANGES ACROSS A STADIAL-INTERSTADIAL TRANSITION

Claire WAELBROECK<sup>1\*</sup>, Jerry TJIPUTRA<sup>2</sup>, Chungheng GUO<sup>2</sup>, Kerim H. NISANCIOGLU<sup>3</sup>, Eystein JANSEN<sup>2,3</sup>, Natalia VAZQUEZ RIVEIROS<sup>4</sup>, Samuel TOUCANNE<sup>4</sup>, Frédérique EYNAUD<sup>5</sup>, Linda ROSSIGNOL<sup>5</sup>, Fabien DEWILDE<sup>6</sup>, Susana LEBREIRO<sup>7</sup>, Silvia NAVE<sup>8</sup>.

1. LOCEAN/IPSL, Sorbonne Université-CNRS-IRD-MNHN, UMR7159, Paris, France; 2. NORCE Norwegian Research Centre, Bjerknes Centre for Climate Research, Bergen, Norway; 3. Department of Earth Science, University of Bergen, Bjerknes Centre for Climate Research, Bergen, Norway; 4. Geo-Ocean, Univ Brest, CNRS, IFREMER, UMR6538, Plouzané, France; 5. UMR-CNRS 5805 EPOC - OASU, Université de Bordeaux, Pessac, France; 6. IUEM, UMS3113, Plouzané, France; 7. Instituto Geológico y Minero de España (IGME)-CSIC, Madrid, Spain; 8. LNEG, I.P., UGHGC, Amadora, Portugal.

[claire.waelbroeck@locean.ipsl.fr](mailto:claire.waelbroeck@locean.ipsl.fr)

We combine consistently dated benthic carbon isotopic records distributed over the entire Atlantic Ocean with numerical simulations performed by a glacial configuration of the Norwegian Earth System Model with active ocean biogeochemistry, in order to interpret the observed *Cibicides*  $\delta^{13}\text{C}$  changes at the stadial-interstadial transition corresponding to the end of Heinrich Stadial 4 (HS4) in terms of ocean circulation and remineralization changes.

We show that the marked increase in *Cibicides*  $\delta^{13}\text{C}$  observed at the end of HS4 between ~2000 and 4200 m in the Atlantic can be explained by changes in nutrient concentrations as simulated by the model in response to the halting of freshwater input in the high latitude glacial North Atlantic. Our model results show that this *Cibicides*  $\delta^{13}\text{C}$  signal is associated with changes in the ratio of southern-sourced (SSW) versus northern-sourced (NSW) water masses at the core sites, whereby SSW is replaced by NSW as a consequence of the resumption of deep water formation in the northern North Atlantic and Nordic Seas after the freshwater input is halted. Our results further suggest that the contribution of ocean circulation changes to this signal increases from ~40% at 2000 m to ~80% at 4000 m. Below ~4200 m, the model shows little ocean circulation change but an increase in remineralization across the HS4-GI8 transition. The simulated lower remineralization during stadials than interstadials is particularly pronounced in deep subantarctic sites, in agreement with the decrease in the export production of carbon to the deep Southern Ocean during stadials found in previous studies.

### TECTONIC AND CLIMATIC CONTROLS ON SEDIMENT TRANSPORT TO THE SOUTHEAST INDIAN OCEAN DURING THE EOCENE: NEW INSIGHTS FROM IODP SITE U1514

Wei WANG<sup>1\*</sup>, Christophe COLIN<sup>2</sup>, Zhaokai XU<sup>1</sup>, Dongil Lim<sup>3</sup>, Shiming WAN<sup>1</sup>, Tiegang LI<sup>4</sup>

1. CAS Key Laboratory of Marine Geology and Environment, Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071, China; 2. Université Paris-

Saclay, CNRS, GEOPS, 91405, Orsay, France; 3. Korea Institute of Ocean Science and Technology, Busan 53201, Republic of Korea; 4. Key Laboratory of Marine Sedimentology and Metallogeny, First Institute of Oceanography, Ministry of Natural Resources, Qingdao 266061, China.

[wangwei166@mails.ucas.ac.cn](mailto:wangwei166@mails.ucas.ac.cn)

The Eocene was a critical period of global plate reorganization and it also saw the Earth's climate transition from the warmhouse state to the coolhouse state. Reconstructing the Eocene sedimentary history in the climate-sensitive Southern Ocean is important for understanding paleoenvironmental changes in response to the accelerated Australia/Antarctica separation and global cooling throughout the middle and late Eocene. Here, we present the first detailed multiproxy record of a continuous sequence from International Ocean Discovery Program (IODP) Site U1514 in the Mentelle Basin off southwestern Australia. Our aim is to reconstruct the sediment provenances and paleoenvironmental evolution in response to the abovementioned climatic and tectonic changes in the mid-high southern latitudes during the Eocene. Provenance analyses based on Sr-Nd isotopes, trace elements, and clay mineral assemblages suggest that Eocene sediments at Site U1514 predominantly originated from the southwestern Australian continent and the Naturaliste Plateau. Sediment provenance variations during the middle Eocene indicate that the onset of fast separation between Australia and Antarctica at 43 Ma caused an increased supply of volcanic materials from the Naturaliste Plateau between 43 and 38 Ma. Terrigenous inputs to the Mentelle Basin during the middle Eocene were primarily controlled by paleoclimate changes rather than tectonic processes because coeval clay mineralogical changes (higher kaolinite/smectite ratio and  $\text{MAR}_{\text{kaolinite}}$ ) indicate a period of stronger physical erosion and chemical weathering on the western Australian continent that resulted in increased terrigenous materials delivered to the Mentelle Basin. Our results reveal a 5 Myr-long (43-38 Ma) warming reversal in the southern mid-high latitudes, providing an exception to the generally short-lived (10-100 kyr-long) hyperthermals that interrupted the long-term global cooling throughout the middle to late Eocene. As for the late Eocene (38-37 Ma), tectonic processes related to the sudden acceleration in seafloor spreading in the Tasman Sea led to the exposure of shallower areas, resulting in rapid detritus accumulation at the study site. During the late Eocene (37-34 Ma), major sediment provenance shifted from distal source areas (e.g., the Yilgarn Craton) to relatively proximal sources (e.g., the Leeuwin Block and Perth Basin). We interpret that the regional uplift in southwestern Australia and coeval climate cooling resulted in the diversion and inactivation of large drainage systems, thus blocking the transportation of sediment from distant regions.

### MAJOR CHANGES IN BIOLOGICAL CARBON PUMP DURING THE PAST 800 000 YEARS AND THEIR IMPACTS ON ATMOSPHERIC $\text{PCO}_2$

Yu WANG<sup>1\*</sup>, Stéphanie DUCHAMP-ALPHONSE<sup>1</sup>, Sophie SEPULCRE<sup>1</sup>, Margaux BRANDON<sup>2</sup>, Elisabeth MICHEL<sup>3</sup>, Franck BASSINOT<sup>3</sup>, Amaëlle LANDAIS<sup>3</sup>

1. GEOPS, CNRS, Université Paris-Saclay, 91045 Orsay Cedex, France ; 2. IRD-LOCEAN-IPSL, CNRS-MNHN, Université Sorbonne, 75005 Paris, France ; 3. Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement, LSCE/IPSL, CEA-CNRS-UVSQ, Université Paris-Saclay, 91191 Gif-sur-Yvette, France.

[yu.wang@universite-paris-saclay.fr](mailto:yu.wang@universite-paris-saclay.fr)

During the past 800 ka, the Earth's climate was marked by glacial and interglacial periods characterized by low and high atmospheric CO<sub>2</sub> concentrations (pCO<sub>2</sub>), respectively, with rapid pCO<sub>2</sub> rises of 50-100 ppm at glacial Terminations. It has been demonstrated that the Southern Ocean physical processes, involving CO<sub>2</sub> solubility changes, sea ice extent, and wind-driven upwelling, have played a major role in such rapid variations. However, model results show they were not able to account for the full pCO<sub>2</sub> variation amplitude (Gottschalk et al., 2019), and the marine Biological Carbon Pump may have played an important role as well (Martinez-Garcia et al., 2011). The Biological Carbon Pump is represented by both the Soft Tissue Pump (STP), which is the net downward flux of carbon associated with phytoplanktonic organic matter (i.e., coccolithophores and diatom cells) that draws down pCO<sub>2</sub>, and the Carbonate Counter Pump (CCP), which is the production of planktonic carbonate and its export to depth in the sunlit ocean (mainly coccolithophore and foraminifera skeletons) that influences the surface-to-depth alkalinity gradient and causes sea surface CO<sub>2</sub> release. Despite the central role of Biological Carbon Pump in regulating pCO<sub>2</sub>, very few studies have focused on the marine productivity of the Southern Ocean over the past 800 ka. Existing studies usually focus on the STP and demonstrate that STP weakening may significantly increase pCO<sub>2</sub> during Terminations (Martinez-Garcia et al., 2011). Recently, the ability of the CCP to cause surface ocean CO<sub>2</sub> release has been demonstrated during Termination I (Duchamp-Alphonse et al., 2018) and Termination V (Brandon et al., 2022). However, due to the lack of high-resolution multi-proxy approaches combining both STP and CCP, the role of Biological Carbon Pump in regulating past pCO<sub>2</sub> remains elusive, and further studies are required.

This PhD work, funded by the China Scholarship Council (2022- 2026) and the ANR-BIOCOD project (2023-2026), aims at obtaining high-resolution data from sediment cores MD04-2718 (VIGO, 1428 m water depth) and MD97-2115 (IMAGES III-IPHIS, 2160 m water depth) retrieved in the Indian and Pacific Subantarctic Zones, and studying the Biological Carbon Pump strength variations, mechanisms behind them, and their role in shaping the pCO<sub>2</sub> record of the past 800 ka. Preliminary chronological frameworks based on δ<sup>18</sup>O of planktonic foraminifera *Neogloboquadrina pachyderma* senestral (MD04-2718) and *Globigerina bulloides* (MD97-2115) indicate that both cores cover the past 800 ka, allowing us to have a multi-millennial-scale view of the Biological Carbon Pump variations. In this study, organic geochemical analyses (TOC, δ<sup>13</sup>C<sub>org</sub>, C/N) will be performed to investigate the STP strength changes. Meanwhile, coccolith and planktonic foraminifera morphometrics (abundance, weight, etc.) and inorganic proxies (CaCO<sub>3</sub>, XRF) will be obtained to estimate the CCP strength variations. Planktonic and benthic foraminifera isotopic (δ<sup>18</sup>O, δ<sup>13</sup>C) and elemental (Mg, Sr, Li, Cd, U, Ba and B/Ca) signals will be studied to improve

the age models and highlight the deep-water mass chemical properties (temperature, carbonate ion concentration, and nutrient condition). All together, they will give us an unprecedented estimation of Biological Carbon Pump strength. Finally, by comparing our marine productivity data with published marine, terrestrial, and global productivity records, we will gain a comprehensive understanding of the interactions between the Biological Carbon Pump and the carbon cycle. Following the aim of BIOCOD, we will pay special attention to Termination VII, V, and III.

Réf. : Brandon M., et al. QSR, 287, (2022) ; Gottschalk J., et al., QSR, 220, 30-74 (2019); Duchamp-Alphonse S., et al., Nat. Comm, 9, (2018); Martínez-García et al., Nat., 476, 312-315 (2011).

### **MEGADROUGHT, COLLAPSE, AND HABITAT TRACKING: SYNCHRONOUS CASCADING PROCESSES ACROSS MESOPOTAMIA, EGYPT, MEDITERRANEAN, AND INDUS AT 4.2 - 3.9 KA BP.**

Harvey WEISS

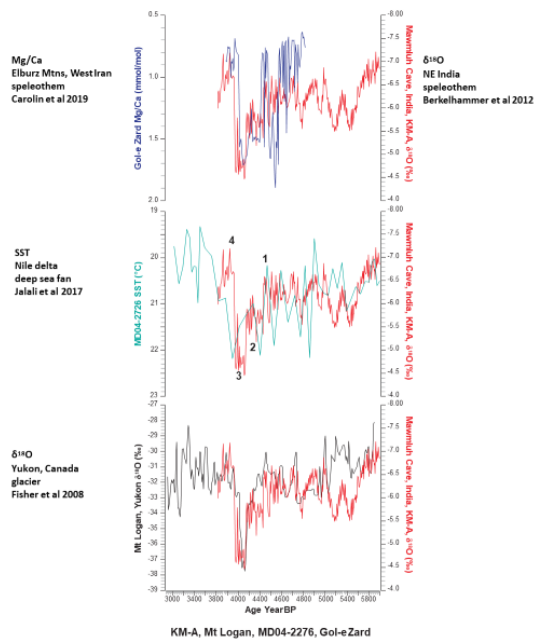
Environmental Studies Program Yale University, New Haven, CT 06511 USA.

[harvey.weiss@yale.edu](mailto:harvey.weiss@yale.edu)

Synchronous megadrought at 4.2- 3.9 ka BP is manifest in high resolution paleoclimate proxy data (lake, marine, glacial and speleothem cores) that extend across five continents with but rare and localized exceptions. The synchronicity and areal extent of this multi-stage abrupt onset event suggest 4.2 ka BP displacement of global precipitation delivery systems, perhaps an AMOC/Siku slowdown event that is recorded in some subpolar north Atlantic and northeast Pacific proxy data.

The 4.2 ka BP cascading effects extended to societies' adaptations to megadrought abruptness, magnitude and duration that are archaeologically visible in high resolution across the eastern hemisphere from Spain to China. The pattern of adaptive responses was agroproduction and socioeconomic collapse in rain-fed domains followed by regional abandonments and habitat tracking to sustainable riparian, paludal and karstic refugia. Illustrated here are the synchronous megadroughts, collapses and habitat tracking responses across Mesopotamia, Egypt, Mediterranean, and Indus that are measured and dated with precision and accuracy at 4.2 ka BP.

**Global 4-stage congruence at 4.2 ka BP**  
synchronous Mesopotamia, Egypt, Indus megadrought



Weiss 2021

**IMPACT DES PERIODES CHAUDES SUR LES ALEAS HYDROLOGIQUES DANS LES ALPES**

Bruno WILHELM<sup>1</sup>, William RAPUC<sup>2\*</sup>, Benjamin AMANN<sup>3,4</sup>, Flavio S. ANSELMETTI<sup>5</sup>, Fabien ARNAUD<sup>2</sup>, Juliette BLANCHET<sup>1</sup>, Achim BRAUER<sup>6</sup>, Markus CZYMZIK<sup>7</sup>, Charline GIGUET-COVEX<sup>2</sup>, Adrian GILLI<sup>8</sup>, Lukas GLUR<sup>9</sup>, Martin GROSJEAN<sup>10</sup>, Ralf IRMLER<sup>11</sup>, Marie NICOLLE<sup>12</sup>, Pierre SABATIER<sup>2</sup>, Tina SWIERCZYNSKI<sup>6</sup>, Stefanie B. WIRTH<sup>13,14</sup>

1. Univ. Grenoble Alpes, CNRS, IRD, Grenoble INP, Institute for Geosciences and Environmental research (IGE), 38000 Grenoble, France ; 2. Université Savoie Mont Blanc, CNRS UMR 5204, EDYTEM, F-73000 Chambéry CEDEX, France; 3. Renard Centre of Marine Geology, Ghent University, 9000 Ghent, Belgium ; 4. UMR 7266 Littoral, ENvironnement et Sociétés (LIENSs), CNRS-Université de La Rochelle, 2 rue Olympe de Gouges, 17000 La Rochelle, France ; 5. Institute of Geological Sciences and Oeschger Centre for Climate Change Research, Univ. of Bern, 3012 Bern, Switzerland ; 6. GFZ German Research Centre for Geosciences, 14473 Potsdam, Germany ; 7. Leibniz Institute for Baltic Sea Research Warnemünde (IOW), 18119 Rostock, Germany ; 8. Geological Institute, ETH Zurich, Zurich, Switzerland ; 9. Helvetia Swiss Insurance Company Ltd, Dufourstrasse 40, 9001 St. Gallen, Switzerland ; 10. Oeschger Centre for Climate Change Research and Institute of Geography, University of Bern, 3012 Bern, Switzerland ; 11. formerly Institut für Geographie, Friedrich-Schiller Universität Jena, Germany ; 12. Normandie Univ, Unirouen, Unicaen, CNRS, M2C, 76000 Rouen, France ; 13. Centre for Hydrogeology and Geothermics, University of Neuchâtel, Neuchâtel, Switzerland ; 14. present address: GEOTEST AG, Bernstrasse 165, 3052 Zollikofen, Switzerland.

[william.rapuc@hotmail.fr](mailto:william.rapuc@hotmail.fr)

Les crues et inondations sont un risque naturel omniprésent et le changement climatique va probablement exacerber les risques dans le monde entier. Les zones montagneuses, comme les Alpes densément peuplées, sont particulièrement préoccupantes, car la topographie et les conditions atmosphériques peuvent entraîner des crues importantes et soudaines, et parce qu'elles connaissent un taux de réchauffement élevé, ce qui entraînera probablement des événements de précipitations plus intenses.

Ici, nous compilons 33 enregistrements de paléo-crues pour tester l'impact que ces tendances climatiques pourraient avoir sur la fréquence et la magnitude des crues dans les Alpes. Les enregistrements de paléo-crues proviennent de sédiments lacustres, les seules archives qui garantissent la continuité des enregistrements sur de longues périodes de temps. L'ensemble de données a passé une procédure de sélection de contrôles hydrologiques, sédimentaires et géochronologiques, aboutissant à une sélection finale de 27 enregistrements qui couvrent de façon continue les 150 à 10000 dernières années, documentant ainsi un total de 7792 crues. Nous effectuons trois analyses avec cet ensemble de données :

- (i) de manière analogue aux projections modernes qui évaluent les changements des variables climatiques entre les conditions actuelles et les conditions futures plus chaudes, nous déterminons les changements dans l'occurrence des grandes crues ( $\geq 10$  ans) entre les sous-périodes passées plus fraîches et plus chaudes.
- (ii) en suivant les techniques d'analyse des tendances à l'aide de données de débit modernes, nous analysons les tendances d'occurrence des grandes crues ( $\geq 10$  ans) pendant les périodes de réchauffement ou de refroidissement.
- (iii) nous reproduisons la première analyse en considérant l'occurrence des crues extrêmes ( $\geq 100$  ans) entre les sous-périodes passées plus froides et plus chaudes.

À partir de ces analyses, nous démontrons qu'un réchauffement de  $+0,5-1,2^\circ\text{C}$  a conduit à une diminution de 25-50% de la fréquence des grandes crues (période de retour  $\geq 10$  ans). Cette tendance à la baisse n'est pas observée dans les enregistrements couvrant moins de 200 ans (c'est-à-dire la période maximale des séries instrumentales), mais elle est persistante dans ceux allant de 200 à 9000 ans. En revanche, les crues extrêmes (période de retour  $> 100$  ans) peuvent augmenter avec un degré de réchauffement similaire dans certains petits bassins versants alpins. Cela peut résulter d'une intensification locale des précipitations extrêmes avec une température plus élevée. Nos résultats montrent comment des enregistrements de paléo-crues longs et continus peuvent être utilisés pour démêler les relations complexes entre le climat et les inondations.

**EAST ASIAN MONSOON AND SEA LEVEL CONTROL ON SEDIMENT TRANSPORT ON THE SUNDA SHELF SINCE THE LAST DEGLACIAL PERIOD**

Kaikai WU<sup>1,2,3\*</sup>, Xuefa SHI<sup>1</sup>, Christophe COLIN<sup>3</sup>, Shengfa LIU<sup>1</sup>, Franck BASSINOT<sup>4</sup>, Hui ZHANG<sup>1</sup>, Zhifei LIU<sup>5</sup>, Xisheng FANG<sup>1</sup>, Louise BORDIER<sup>4</sup>, Arnaud



DAPOIGNY<sup>4</sup>, Serge MISKA<sup>3</sup>, Julius NOUET<sup>3</sup>, Che Abd.Rahim MOHAMED<sup>6</sup>

1. Key Laboratory of Marine Geology and Metallogeny, Ministry of Natural Resources, Qingdao 266061, China; 2. Ocean College, Zhejiang University, Zhoushan 316021, China; 3. Université Paris-Saclay, CNRS, GEOPS, 91405, Orsay, France; 4. Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement, LSCE/IPSL, CEA-CNRS-UVSQ, Université Paris-Saclay, Gif-sur-Yvette, France; 5. State Key Laboratory of Marine Geology, Tongji University, Shanghai 200092, China; 6. Faculty of Science and Technology, National University of Malaysia, Selangor 43600, Malaysia

[wukaikai@zju.edu.cn](mailto:wukaikai@zju.edu.cn)

Past climate changes (e.g. monsoon and sea level) are important factors influencing terrigenous sediment production and transportation on the continental shelf and deep-sea basin since the last deglaciation. However, the impact of climate and sea level change on sedimentary composition and transport on the Sunda Shelf is still unclear. Clay size mineralogy combined with Sr-Nd isotopic compositions of <2 µm and <63 µm grain-size fractions have been applied to sediments from marine cores (BT-7, CJB01-64 and CJB01-75) of the shelf and from several major rivers surrounding the Sunda Shelf in order to determine sediment sources and climatic control on sediments deposited on the Sunda Shelf since the last deglacial period. Clay mineral assemblages of surface sediment from the central Sunda Shelf are mainly composed of illite (31%) and kaolinite (31%), with less smectite (21%) and chlorite (16%), and results from the mixing clay deriving from the Mekong River and Thailand rivers in the northern Gulf of Thailand. Clay minerals and Sr-Nd isotopes obtained on core BT-7 from the Gulf of Thailand and on core CJB01-64 from the central Sunda Shelf both displayed abrupt changes at 7.5 cal ka BP. After 7.5 cal ka BP, smectite and <sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr of core BT-7 rapidly decreased, whereas illite, kaolinite, chlorite, and εNd increased. However, corresponding variation trend of core CJB01-64 was opposite to core BT-7 after 7.5 cal ka BP. Provenance discrimination from clay mineral assemblages and Sr-Nd isotopes displayed that core BT-7 sediments were from Thailand rivers in the northern Gulf of Thailand from 13.5 cal ka BP to 7.5 cal ka BP, whereas they had more contributions from the Mekong River since 7.5 cal ka BP. Moreover, core CJB01-64 sediments derived from Thailand rivers in the northern Gulf of Thailand and Mekong River during 13.5-7.5 cal ka BP, whereas they had less contributions from the Mekong River since 7.5 cal ka BP. A compilation of clay mineral assemblages and Sr-Nd isotopic composition records obtained at sites located on the shelves and on the margin highlight that East Asian winter monsoon strengthening and sea level rise at 7.5 cal ka BP changed sediment sources and transport processes on the Sunda Shelf. Since 7.5 cal ka BP, sediments from Mekong River were less transported towards southeast into the southern South China Sea, and more sediments were gradually trapped into the estuary and transported towards southwesterly into the Gulf of Thailand due to strong East Asian winter monsoon forcing strong southwestward coastal current.

#### MILLENNIAL VARIABILITY IN INTERMEDIATE OCEAN CIRCULATION AND INDIAN MONSOONAL WEATHERING INPUTS DURING THE LAST

#### DEGLACIATION AND HOLOCENE

Zhaojie YU<sup>1\*</sup>, Christophe COLIN<sup>2</sup>

1. Key Laboratory of Marine Geology and Environment, Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071, China; 2. Université Paris-Saclay, CNRS, GEOPS, 91405, Orsay, France.

[yuzhaojie@qdio.ac.cn](mailto:yuzhaojie@qdio.ac.cn)

The relationship between ocean circulation and monsoon systems over orbital to sub-millennial timescales is a crucial but poorly-constrained component of the climate system. Here, using foraminiferal and detrital neodymium (Nd) isotope records from the intermediate-depth northern Indian Ocean, we provide new evidence revealing that both monsoon-driven weathering inputs and water mass advection from the Southern Ocean influenced past seawater Nd isotope changes in this region. Our results suggest that Indian Summer Monsoon weakening coincided with enhanced northward Antarctic Intermediate Water (AAIW) advection during the last deglaciation, reflecting a strong interhemispheric coupling. In contrast, the Early Holocene was characterised by enhanced monsoon strength but persistently strong AAIW inflow, indicating a relationship in the opposite sense. These differing interhemispheric relationships indicate asynchronous changes in the global atmosphere – ocean – climate system, and may represent a previously unrecognised component of the ocean-atmosphere reorganization during the deglacial to Holocene transition.

#### SIMULATED HEATWAVE CHARACTERISTICS IN PRESENT CLIMATE AND AT DIFFERENT GLOBAL WARMING LEVELS: A GLOBAL-SCALE MULTI-MODEL ANALYSIS

Y. ZHAO<sup>1</sup>, A. AL-YAARI<sup>2</sup>, F. CHERUY<sup>1</sup>, W. THIERY<sup>3</sup>

1. Laboratoire de Météorologie Dynamique, Sorbonne Université / CNRS / École Normale Supérieure, Paris, France. 2. University of Grenoble Alpes, IRD, CNRS, Grenoble INP, IGE, Grenoble, France. 3. Department of Hydrology and Hydraulic Engineering, Vrije Universiteit Brussel, Brussels, 1050, Belgium.

[amen.alyaari@gmail.com](mailto:amen.alyaari@gmail.com)

Heatwaves (HWs) lead to major impacts on human health and ecosystems. Analyzing the representation of HWs in the latest generation of global climate models in a comprehensible way is therefore crucial. This study (i) evaluates the performance of the Coupled Model Intercomparison Project phase 6 (CMIP6) historical and AMIP simulations against global reanalysis and observational datasets regarding HW characteristics: the average number of HW occurrences (HWN), the average duration of the longest event (HWD), the average frequency of days meeting the HW criterion (HWF), the average of tasmax for all HW days (HWM), and the hottest day of the hottest events (HWA); (ii) investigates how HWs are projected to change at different global warming levels. CMIP6 experiments overestimate HWN and HWF over the Mediterranean, Central Russia, Northeast Asia, and Southeast China over 1979-2014. All considered CMIP6 models overestimate HWD over the Mediterranean and Southeast China regions with respect to HadGHCND observations, but fall within the range of observations over other all regions. CMIP6 models overestimate HWN and underestimate HWD

compared to BEST datasets over most of the regions. Many models substantially overestimate HWM with respect to observations. For several models there is a robust tendency to overestimate the soil drying during heatwaves and we find that the soil moisture contribution to HW's intensity can be up to half of that of the large scale dynamics on recent heat waves. Tropical regions and the Arabian Peninsula will experience the largest increases in HWF and HWD in comparison to other regions. A rise in global mean temperature of 3 °C above pre-industrial levels will greatly increase HWN by over 4 events per year over most regions except Amazonia (over which CMIP6 models are the most dispersed) and the Arabian Peninsula. CMIP6 models show a change in HWD per year from 10 days to >30 days over the regions between 30 N and 30 S, with smaller (no) increases at higher (lower) latitudes. The longest HW event is projected to increase by 20–30 days at 3 °C of global warming across Amazonia, the Middle East, and parts of Africa. While the dispersion between the different sets of observations is similar to that of the considered models, the dispersion between CMIP6 models is stronger in the projections than in the historical simulations. Finally, regional increases in HW days may span 40 -70 extra days per year at 2 °C global warming.

#### **VARIATIONS OF PRIMARY PRODUCTIVITY IN THE NORTHWESTERN ARABIAN SEA DURING THE LAST 23 000 YEARS AND THEIR PALEOCLIMATOLOGICAL IMPLICATIONS**

Xinquan ZHOU<sup>1,2</sup>, Stéphanie DUCHAMP-ALPHONSE<sup>1,\*</sup>, Masa KAGEYAMA<sup>3</sup>, Franck BASSINOT<sup>3</sup>, Florian DORESSOUNDIRAM<sup>1,3</sup>, Catherine KISSEL<sup>3</sup>

1. *Université Paris Saclay, Géosciences Paris Saclay, CNRS, Rue du Belvédère, 91405 Orsay, France* ; 2. *State Key Laboratory of Marine Geology, Tongji University, 200092 Shanghai, China* ; 3. *Université Paris Saclay, Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement, CEA/CNRS/UVSQ, Centre CEA-Saclay, Orme des Merisiers, 91191 Gif sur Yvette, France.*

[stephanie.duchamp@universite-paris-saclay.fr](mailto:stephanie.duchamp@universite-paris-saclay.fr)

The Arabian Sea (AS) is one of the most productive oceanic regions in the world due to several Indian monsoon-related processes that can increase nutrient contents in the euphotic zone. Important supply of nutrients occurs either from below, through wind-driven coastal upwelling during summer or surface cooling-driven convective mixing during winter, and/or from surrounding arid lands through the transport and deposition of aeolian dust through the year. Previous studies of the imprint of oceanic Primary Productivity (PP) in AS sediments yielded diverse results depending on the studied area and the chosen proxies, with unprecise paleoclimatic interpretations. Here, we provide for the first time, multi-decadennial PP and coastal upwelling dynamic records off northern Oman, over the past 23 kyr, based on the analysis of coccoliths (*Florisphaera profunda* and *Calcidiscus leptoporus*) from sediment core MD00-2354 (61.48°E, 21.04°N, 2740 m). The past 23 kyr encompasses a glacial-interglacial transition, an entire precessional cycle, and important fluctuations in the Atlantic Meridional Overturning Circulation (AMOC) and is therefore a perfect case study to explore the impact of

key climate forcing mechanisms on PP for both, past and future climate conditions. We've combined our micropalaeontological results with previous records of direct and indirect PP, Sea Surface Temperature and aeolian inputs data from the northern and northwestern AS, and compare them to outputs of the Earth System model IPSL-CM5A-LR and the transient simulation TraCE-21 to evaluate the response of PP to changing surface oceanic and atmospheric conditions over the last ~23 kyr, with a special focus on the Last Glacial Maximum (LGM, 21 ka) and the Mid-Holocene (MH, 6 ka). Our results document higher PP and weaker coastal upwelling during the LGM relative to the Holocene, and significant millennial-scale variations over the last deglaciation corresponding to the fluctuations of the AMOC strength. Higher PP and weaker upwelling are found during the cold Heinrich Stadial 1 (HS1; 17– 14.8 ka) and Younger Dryas (YD; 12.9–11.8 ka), while lower PP and stronger upwelling are recorded during the warm Bølling–Allerød (B-A; 14.8–12.9 ka) periods. We propose that the increases of PP were driven by increased bioavailable nutrient content in surface waters under both stronger winter monsoon conditions that strengthened the convective mixing, and higher aeolian inputs. Over the Holocene, stronger upwelling and slightly lower PP are found during the Early-MH, when higher summer insolation triggered stronger summer monsoon. At that time, the lower PP was probably the result of restricted advection of eutrophic summer upwelling seawater under negative wind stress curls and less aeolian inputs.

#### **PRODUCTION D'IGNAME DANS UN CONTEXTE DE MUTATION CLIMATIQUE AU NORD-BENIN : REPRESENTATIONS SOCIALES ET ADAPTATIONS LOCALES**

Enock M. ZINHO

*Département de Sociologie et Anthropologie, Université de Parakou, Bénin*

[enockzinh@gmail.com](mailto:enockzinh@gmail.com)

Les changements climatiques constituent l'un des facteurs majeurs qui perturbent la production agricole dans les zones rurales où la production agricole est basée uniquement sur les saisons humides. Au Bénin, plus précisément dans le nord, les producteurs d'igname sont confrontés à ce phénomène. Dans cette situation, les producteurs développent des solutions sur la base des ressources locales disponibles afin d'avoir une bonne récolte en fin de saison et en même temps renforcer la sécurité alimentaire et nutritionnelle de la population. La présente étude vise d'une part à appréhender la perception des mutations climatiques par les producteurs d'igname et d'autre part, à analyser les mesures adaptatives locales mises en œuvre par les producteurs d'igname face aux effets néfastes des mutations climatiques. Les données relatives aux perceptions sociales et aux mesures d'adaptation des producteurs d'igname sont collectées à partir des entretiens individuels et discussions de groupes dans la commune de Tchaourou basés sur un échantillon de 114 de producteurs d'ignames dans diverses zones de production. Les résultats révèlent que : (i) les poches de sécheresse prolongée (77,19 %), les débuts tardifs de la saison des pluies (72,80 %), la baisse de la pluviométrie (64,03 %), la hausse des températures et l'harmattan

(21,05 %), la fin précoce des pluies (11,77 %), la forte pluie (8,77 %) et les vents forts et violents (2,63 %) sont les principales représentations des mutations climatiques ; (ii) les conséquences des mutations climatiques se traduisent par la rareté des pluies, la dégradation des terres cultivables, les difficultés d'accès aux ressources en eau, la baisse de la production et des rendements ; (iii) face aux conditions climatiques, les producteurs développent diverses stratégies notamment le changement de variétés d'igname, le changement de terre, le changement des manières de plantation et surtout le changement des systèmes de production en terme d'exploitation des terres agricoles. La prise en compte de ces résultats dans l'élaboration des politiques de renforcement du secteur agricole contribuerait fortement au renforcement des stratégies d'adaptations aux mutations climatiques.

**ENHANCED CHANGES IN THE RESIDENCE TIME OF DEEP WATERS IN THE SICULO-TUNISIEN STRAIT DURING THE LAST SAPROPEL FORMATION**

Sonda ZOUARI <sup>1,2\*</sup>, Nejib KALLEL <sup>1</sup>, Giuseppe SIANI <sup>2</sup>, Soumaya BOUSSETTA<sup>1</sup>

*1. Laboratory GEOGLOB, Faculty of Sciences of Sfax, University of Sfax, Route Soukra, BP. 802, 3038, Tunisia; 2. Laboratory Geosciences Paris Sud (GEOPS), University Paris Sud, 91405, Orsay, France.*

*[sondazouari@hotmail.fr](mailto:sondazouari@hotmail.fr)*

To better understand the hydrological changes mechanisms in the Mediterranean Sea since the last glacial period and their possible impact on the establishment of rich organic matter deposits (Sapropels), we attempt to estimate the past changes in the residence time of the intermediate and the deep-water masses in this sea using a new approach.

We therefore measured <sup>14</sup>C ages in benthic and planktonic foraminifera tests from the same sediment levels. For each sample, the difference between <sup>14</sup>C ages indicates the residence time of intermediate or deep water in which benthic foraminifera were developed. Two deep sea cores recovered from the Siculo-Tunisian strait from intermediate (KET80- 37, 740m) and deep water levels (REC13-53, 1113m), have been selected for this study.

Results of the <sup>14</sup>C age (B-P) difference between intermediate and deep waters display a low residence time during the last glacial period and the last deglaciation, which was similar to the present value estimated at about 100 years. This indicates a well-ventilated water masses at that time. It is only from 12 ka, that the residence time starts to increase; the maximum values was reached at about 9.5 ka indicating a stratification of the water column.

Intermediate and deep-water cores records display similar trends but the amplitude of changes in residence time is different. It increased when depth increased. The maximum difference is observed at around 9.5 ka when the <sup>14</sup>C age (B-P) difference between the intermediate and deep waters reach about 2300 years. This stratification of the water column remained up to around 7 ka.

These results are in agreement with the benthic foraminifera  $\delta^{13}\text{C}$  records obtained along these cores and the increase in the <sup>14</sup>C age (B-P) difference coincided with the decrease in benthic  $\delta^{13}\text{C}$  values indicating less well-ventilated water masses between 12 and 7 ka.