

# Livret des résumés

## Sessions

- 1/ Session blanche
- 2/ Le rôle de l'éducation formelle dans l'adaptation aux changements climatiques
- 3/ De l'impact social et sociétal du changement climatique à l'action et la transition
- 4/ Changement climatique et santé
- 5/ Le patrimoine naturel et culturel face au changement climatique
- 6/ Interactions entre les agroécosystèmes et le changement climatique opportunités, adaptation et mitigation – dynamiques passées et actuelles
- 7/ Ressources en eaux continentales et changement climatique
- 8/ Biominéralisation et changement(s) climatique(s)
- 9/ Incendies et changements globaux : comprendre les régimes de feux passés et présent pour mieux prédire les risques futurs
- 10/ Comprendre la dynamique du climat à différentes échelles de temps : du développement méthodologique aux applications paléoenvironnementales
- 11/ Événements climatiques extrêmes à différentes échelles de temps : fréquence, intensité et processus
- 12/ Points de bascule climatiques : lesquels, pourquoi, comment ?
- 13/ Variabilité climatique décennale à pluri-centennale dans le passé et implications pour la prévision du climat et les services climatiques
- 14/ Variabilités climatiques et cycle du carbone au cours du Quaternaire
- 15/ Dynamique des changements climatiques et interactions avec les écosystèmes et sociétés humaines en régions tropicales et sub-tropicales au cours du Quaternaire
- 16/ Impact du dérèglement climatique aux hautes latitudes : conséquences du dégel du pergélisol
- 17/ Variabilité climatique et cryosphère dans l'Hémisphère Sud et l'Océan Austral : SAM est-il bien celui qui conduit ?
- 18/ Volcans et changement climatique
- 19/ Interactions climat, océan et système Terre aux longues (et courtes) échelles de temps

### 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)

# Table des matières

<b>Table des matières</b> .....	<b>2</b>
<b>Les partenaires privés de « Climat et Impacts 2024 »</b> .....	<b>12</b>
Elementar.....	13
ThermoFisher Scientific.....	14
<b>Constitution des comités d'organisation et scientifique</b> .....	<b>15</b>
Comité d'organisation .....	15
Comité scientifique.....	15
<b>Résumés des présentations orales et posters</b> .....	<b>16</b>
<b>1 - Session blanche</b> .....	<b>17</b>
SACRe-M, un outil de spatialisation des paramètres climatiques en configurations de relief multi-échelles.....	18
Chemical characterization and source tracking for aerosols: development of a selective sequential extraction protocol (SSE).....	19
Identifier les trajectoires de vie des premiers agropasteurs du Néolithique à partir de données isotopiques : l'influence des facteurs environnementaux, sociaux et économiques.....	20
Impact de la représentation du cycle de l'azote sur le cycle du carbone en réponse à une augmentation de CO <sub>2</sub> dans le modèle de surface du CNRM.....	27
Mineralogical and Geochemical features of the Paleocene-Eocene phosphate series,.....	28
Identification des conséquences d'un événement météorologique à partir de profils isotopiques d'un combattant décédé à la bataille d'Orthez (27 février 1814) ?.....	29
L'engagement public des scientifiques en débat.....	31
Analyses radiocarbone du CID (carbone inorganique dissous) par spectrométrie de masse par accélération ECHOMICADAS .....	32
Naissance, vie et mort d'une tradition technique lithique : exploration de l'influence du climat sur l'apparition, la généralisation et la disparition du Rayssien pendant le Gravettien moyen et récent en France (32-26.5 ka calBP) .....	34
La disparition des Néandertaliens et le changement climatique .....	36
<b>2 - Le rôle de l'éducation formelle dans l'adaptation aux changements climatiques</b> .....	<b>37</b>
Jeu pédagogique Funambule Efedserre.....	38
Jeu pédagogique Professeur Lavidusol .....	40
What the future ocean has in common with an asthma attack.....	41
The role of awareness and skills development in Decathlon's climate strategy. ....	42
Climat Tic-Tac : un jeu coopératif pour l'éducation et la sensibilisation au changement climatique .....	43
ClimarisQ: A game on the complexity of the climate systems and the extreme events .....	45
The Role of Peer Education in Climate Adaptation: Empowering Structural Engineers through Innovative Life Cycle Assessment Tools .....	46

Les nouveaux défis de l'orientation scolaire face au réchauffement climatique .....	47
L'Office for Climate Education (OCE), une initiative au service de la communauté des sciences du climat .....	48
Cognitive Development and Climate Change: Becoming actor of transformation .....	49
Synthèse des retours des stagiaires A l'issue de 4 années de l'atelier "Ma terre en 180minutes" .....	50
Sensibiliser à l'évolution des modes d'habiter l'espace littoral languedocien par lamédiation environnementale et paysagère .....	52
L'éducation formelle peut-elle répondre aux enjeux d'éducation à la complexité de l'adaptation aux changements climatiques ? .....	53
Paleosaurus, le thesaurus de paléoclimatologie .....	54
Ouragame : un jeu pédagogique issu d'un projet de recherche .....	55
<b>3 - De l'impact social et sociétal du changement climatique à l'action et la transition .....</b>	<b>56</b>
Développement d'un modèle intégré pour évaluer l'impact des risques climatiques sur les petites îles .....	57
Évaluation de la vulnérabilité des ménages agricoles de l'île caribéenne d'Hispaniola au changement climatique .....	58
Pacific Ocean Pathways : trajectoires de durabilité en océanie .....	64
L'État et la politique de prévention des risques en phase post-catastrophe : les conséquences de l'ouragan Irma (2017) sur l'île de .....	66
Prédisposition aux vagues de chaleur à Dakar : cartographie et identification des zones d'intervention prioritaires par analyse spatiale multicritère. ....	67
Conséquences du changement climatique sur l'accessibilité routière face au risque d'avalanche dans les Alpes françaises (2002-2023) .....	69
Complexité de l'agir climatique : apports et limites du dispositif Artistes en Recherche Action Participative .....	71
Using the theory of planned behavior to identify key beliefs underlying heat adaptation behaviors .....	72
<b>4 - Changement climatique et santé .....</b>	<b>73</b>
Impact des changements climatiques sur les maladies vectorielles en Tunisie .....	75
Les Interactions Complexes entre Changement Climatique et Santé Urbaine : Mécanismes, Impacts et Stratégies d'Atténuation .....	76
West Nile Virus in equines from the North of Tunisia .....	77
The Sahel, a "new" area of high-risk for malaria .....	78
Climatic factors driving influenza transmission in Sahelian area: a twelve-year retrospective study in Niger (2010-2021) .....	80
Climate Influences on the Spread of the Omicron Variant of COVID-19: A Global Analysis .....	82
Leveraging Machine Learning to Understand and Combat Tuberculosis in Argentina .....	83
Modeling Dengue Dynamics with Antibody-Dependent Enhancement and Cross Immunity for Improved Early Warning Systems .....	84
The Role of Neuroscience Research in Solving the Climate Crisis .....	87
Exploring the contribution of recent climate change to the range expansion of invasive Aedes albopictus mosquito in Western Europe .....	89
Impact du climat sur la dynamique des phlébotomes et la transmission du parasite Leishmania .....	90
Le changement climatique et son impact sur la santé psychologique et l'adaptation académique des étudiants .....	91
<b>5 - Le patrimoine naturel et culturel face au changement climatique .....</b>	<b>92</b>

Vernacular landscape and the risk of climate change in Rize, Türkiye.....	93
Heat and water transfer modeling in karst environments to study the impact of climate change on the future of decorated caves: Application to the Villars Cave (Dordogne).....	94
Perception des bienfaits restaurateurs des environnements naturels et urbains en France .....	95
Le Partenariat européen " Resilient Cultural Heritage " : de nouvelles opportunités de financement pour la recherche .....	96
Impact de l'environnement dans le phénomène de brunissement du plomb employé dans les monuments historiques.....	97
Projet COLISEUM : Corrélation des données du changement climatique avec le comportement des matériaux du patrimoine .....	99
Assessment of the impact of climate change on Argan tree in the Mediterranean GIAHS site, Morocco: current and future distributions.....	101
Développement d'un Transformer Multimodal pour l'Analyse et la Conservation du Patrimoine Culturel.....	102

## **6 - Interactions entre les agroécosystèmes et le changement climatique – opportunités, adaptation et mitigation – dynamiques passées et actuelles ..... 103**

Évolution de l'usage des pesticides sur trois décennies d'agriculture intensive en Arizona.....	104
Hydrometeorological variability and agricultural yields: Comparing process-based and machine learning models.....	105
Variabilité climatique et productivité des pâturages naturels dans le bassin de l'Ouémé Supérieur au Bénin.....	109
Variabilité climatique et développement agricole dans le Nkam (Littoral-Cameroun) .....	110
Les régions françaises de grande culture face au changement climatique : l'agroécologie au service de l'adaptation ? Le cas de la Champagne marnaise. ....	112
Processus d'adaptions agroécologiques face au changement climatique et aux contraintes du marché dans la région du Cap Bon, Tunisie.....	113
Exposure Analysis of potential and current Neotropical agroforestry areas suggest lowland widespread vulnerability.....	115
Anthropisation, pratiques agricoles et dynamiques des sols intertropicaux depuis la période précolombienne : une approche géoarchéologique et micromorphologique.....	116
Impact of drought on crop weather insurance loss ratio in France in a context of recent global warming.....	117
Cartographie des changements d'occupation du sol dans le bassin de la Moyenne Vallée du fleuve Sénégal dans un contexte de changement climatique .....	118
Habiter les inondations dans la vallée du logone (Extrême-nord Cameroun) .....	121
Adaptation des agroécosystèmes sahéliens au changement climatique : pratiques agroécologiques et défis agricoles dans les pays de la Grande Muraille Verte au Sahel.....	122
Global Commodity Price Variability Driven by Nonlinear Disequilibrium in Coupled Human-Natural Dynamics .....	123
Potential production of energy cover crop in France: consequences on food crop production and environmental impacts based on scenarios simulation at high resolution .....	124
Vegetation, climate changes and human practices during the last 15,000 years recorded at Lake Matese, in Italy.....	125
CONFLITS ALIMENTAIRES DANS LES TERROIRS AGRO-PASTORAUX DU NORD-BENIN : TYPOLOGIE, ACTEURS ET MECANISMES ENDOGENES DE GESTION.....	126

## **7 - Ressources en eaux continentales et changement climatique ..... 127**

Evaluating Water Resources in Madagascar: A Study of Evapotranspiration and Streamflow Dynamics	131
Apport de la télédétection et de la géophysique à l'étude de la fracturation de la boutonnière d'Ait Abdellah (Anti Atlas occidental-Maroc) : implication hydrogéologique	132
Évolution des interactions eaux de surface – eaux souterraines dans un contexte de changement climatique à l'échelle de la France	133
Recharge et paléorecharge de l'aquifère multicouche de Beauce sous Sologne	134
Influence de l'océan Atlantique et de l'occupation du sol sur la qualité de la nappe profonde du Continental Terminal dans le district d'Abidjan (Côte d'Ivoire)	135
Contribution of deep soil layers to the transpiration of a temperate deciduous forest: implications for the modelling of productivity	137
Effets des variations climatiques sur l'écosystème lac Fetzara (NE- Algérie)	138
Accéder à la réserve utile du sol, une étape essentielle à l'évaluation de la vulnérabilité de nos forêts aux changements climatiques	139
Exploration des modèles d'eaux souterraines dans le bassin montagneux de Souss-Massa, Maroc : Une fusion de l'analyse fractale et des techniques d'apprentissage automatique appliquées aux données gravimétriques	140
L'impact de l'augmentation de CO <sub>2</sub> dans l'atmosphère sur les tendances hydrologiques en France au cours du 21ème siècle	142
Contribution des données gravimétriques à la caractérisation structurale de la boutonnière d'Ifni, Anti-Atlas occidental, Maroc : Implications hydro-géologiques	143
Cartographie du potentiel des eaux souterraines dans une zone fracturée à l'aide de l'apprentissage automatique et de la prospection géophysique dans un socle cristallin de la région d'Ifni (Anti-Atlas occidental, Maroc)	144
Impacts futurs du changement climatique sur les ressources en eau des montagnes de l'Atlas au Maroc	145
Tipping points in hydrology: an inquiry into Sahelian watersheds regime shifts with a dynamical model and past climate simulations	147
La nappe monte sous Nouakchott (Mauritanie): impact anthropique ou impact climatique ?	148
Analyse de la variabilité hydroclimatique dans le bassin de la Moyenne Vallée du fleuve Sénégal	149
Construction de scénarios climatiques synthétiques basés sur la classification de Köppen-Geiger compatibles pour une modélisation de la dynamique lacustre	150
Variabilité climatique et dynamique des sols salés dans les zones insulaires et estuariennes : relation et impact de la salinisation sur la qualité des ressources en eau douce dans le delta du Saloum (Sénégal)	151
Quantification des ressources en eau dans un contexte de changement climatique par simulation-optimisation multi-objectif sous incertitude	152
<b>8 - Biominéralisation et changement(s) climatique(s)</b>	<b>153</b>
Impacts du changement climatique sur la calcification de l'ormeau Européen <i>Haliotis tuberculata</i>	154
Future evolution of coral reef carbonate production from a global climate-coral reef coupled model	158
Les microbialites, des écosystèmes biominéralisateurs possiblement impactés par la crise climatique	160
ANR project COR-Resilience : Investigating tropical CORal Resilience to global/local changes over the last centuries: biogeochemical observations and modelling	162
Past microbial activity as a tracer of African Humid Periods' hydrological variability during MIS 5 and MIS 1 in the northern East African Rift System	163
Variations ponctuelles des paramètres de biominéralisation dans des organismes carbonatés marins	165
Une approche multi-isotopiques ( $\delta^{13}\text{C}$ , $\delta^{18}\text{O}$ , $\Delta_{47}$ , $\Delta_{48}$ , $\Delta^{17}\text{O}$ ) pour mieux contraindre l'origine des effets vitaux dans les coraux profonds	166

Asian Monsoon dynamics revealed by calcified root cells in Northwest China during the MIS 5..... 168

**9 - Incendies et changements globaux: comprendre les régimes de feux passés et présent pour mieux prédire les risques futurs ..... 169**

Végétation et régime des feux Holocène dans les contreforts du massif du Pamir (Nurata et Samarqand, Ouzbékistan) ..... 170

Analyse des Dynamiques des Incendies de Forêt à l'Échelle Mondiale et Européennes avec l'Indice de Danger de Feu ..... 171

Dynamiques des feux en Afrique ..... 172

Sub-Saharienne durant les derniers 25000 ans en lien avec les changements du climat et les activités anthropiques..... 172

Détermination des conditions climatiques post-incendiaires par la dendro-geochimie des isotopes stables du carbone et hydrogène de 1600 C.E. à 2006 C.E. au Nord de la Suède..... 175

Cropland fires : an emerging risk in the context of climate change..... 177

Utilisation du microcharbon dans les sédiments marins pour comprendre les régimes d'incendies modernes en Méditerranée occidentale..... 178

Multi-millennial modeling of North-western France vegetation ..... 179

**10 - Comprendre la dynamique du climat à différentes échelles de temps : du développement méthodologique aux applications paléoenvironnementales ..... 180**

Eastern Mediterranean dynamics during sapropel S1: new insights from Al ..... 182

The paleoceanography of the southwest subtropical Pacific during the past 1.2 Myr ..... 183

Reconstructing past ocean density to evaluate numerical climate models at the Last Glacial Maximum (LGM) ..... 184

Past quantitative salinity and density reconstructions: new approach and applications..... 185

Temperature-sensitivity of water stable isotopes in global precipitation: a noble gas-based, paleoclimate perspective..... 186

Dépôts éoliens pléistocènes en Europe : distribution et chronologie ..... 188

AquaOxy ..... 189

An insight into the global biosphere productivity during the Last Glacial Maximum from Stratospheric oxygen chemistry: preliminary results from the box-model approach ..... 191

StripesCounter: A new tool for high resolution cyclicity analysis, applies to paleoclimate archives ..... 192

Modelling the triple-isotopic composition of oceanic oxygen ..... 193

Enregistrement par les paramètres magnétiques sédimentaires des variations climatiques du Pacifique équatorial ouest lors des derniers 40 ka. .... 194

Reconstruction du niveau marin pendant la dernière déglaciation à partir du récif de Tahiti : nouvelles données et nouvelles contraintes sur l'amplitude du MWP-1A..... 195

Past million years climatic evolution in numerical climate transient simulations ..... 196

Reconstitutions paléoclimatiques sur la base de données polliniques depuis le dernier maximum glaciaire en Europe : approches multi-méthodes, inversion probabiliste et mégabiomisation ..... 197

PROJET EC2CO-ESPALIER : LES ENVIRONNEMENTS LACUSTRES PASSES EN ANATOLIE OCCIDENTALE AU QUATERNAIRE SUPERIEUR - LE LAC BURDUR (TURQUIE) ..... 199

Halite fluid inclusions as direct archives of past lake temperature and chemical composition: application to the Last Interglacial and Holocene Dead Sea..... 200

Late Holocene paleoenvironmental and paleoclimatic reconstruction inferred from Sidi Ali El Mekki lagoon in the northeast of Tunisia..... 201

Impact of riverine sediment mineralogy on seawater Nd isotope compositions in the northeastern part of the Indian Ocean during the last two glacial cycles ..... 202

$\delta^{18}\text{O}$ of oak cellulose as useful proxy for reconstructing past summer drought in central France .....	203
Applicability of bacterial membrane lipids as environmental proxies in lacustrine settings from French Alps and Chilean regions.....	205
Modern planktonic foraminifer communities in the Bay of Bengal .....	207
Vers l'utilisation des alcénones lacustres comme paléothermomètre dans les lacs de moyennes latitudes : établissement d'une calibration en Suisse .....	208
Age constraints on Antarctic ice-sheet meltwater pulses during the Last Interglacial Period .....	209
Fractionnement du dioxygène lors des processus biologiques : application à la reconstruction de la productivité passée de la biosphère .....	210
The Mid-Pleistocene transition enigma with combination of planktonic and benthic clumped isotopes and $\text{O}_3$ measurements .....	211
Vegetation and climate changes at the Early to Late Pliocene Transition in Eurasia: the case of Lake Burdur in South-Western Turkey.....	212
Electrospray-Orbitrap: a groundbreaking new tool for clumped isotopologue analysis of ice core oxyanions.....	222
Status of the in situ $^{14}\text{C}$ extraction system at CEREGE (Aix en Provence, France) – An emerging tool for dating Holocene deglaciation.....	223
Thule/Iñupiat architectural wood, dendroclimatology and oxygen isotopes: a window into the Medieval Climate Anomaly (11th-12th centuries) in northwest Alaska? .....	225
Multiproxy analyses for a network of firn cores covering the last 40 years from coastal Adélie Land ..	226
Circulation changes in the Mediterranean Sea over the last 30,000 years – constraints from deep-water Nd isotopes .....	227
Neodymium isotope variations in the South China Sea: implications for water mass exchange and particle dissolution.....	228

<b>11 - Événements climatiques extrêmes et leurs impacts à différentes échelles de temps : fréquence, intensité et processus.....</b>	<b>229</b>
Évolution des Pluies Extrêmes dans le Bassin Versant de la Rivière San-Pédro au Barrage Hydroélectrique de Fayé.....	230
Reconstruction of extreme flood events in the southeast Tunisia during the two last millennium from El Bibane lagoon sediment cores.....	231
East Asian climate and western Pacific warmpool controls on the typhoon activities affecting Taiwan during the late Holocene .....	232
The Urban Heat Island of Paris megacity as a natural experiment to study forest responses to warming.....	233
DISTRIBUTIONS DE TEMPÉRATURES À DIFFÉRENTS NIVEAUX DE RÉCHAUFFEMENTS GLOBAUX EN SIMULATIONS TRANSITOIRES VERSUS STABILISÉES .....	238
Can we detect changes in tropical cyclone related hazards?.....	239
Analysis of marine heatwaves along the central and northern coast of São Paulo (SE Brazil) over the last four decades .....	240
RHITA: a framework for real-time and automated detection of hazards .....	241
Flood Risk Assessment, Using HEC-RAS, GIS and remote sensing, a Case Study in an Arid Environment of Southeast Morocco .....	242
ClimaMeter: contextualizing extreme weather in a changing climate.....	243
Fingerprint of Extreme Precipitation Events on Erosion: From Decadal to Millennial Timescales .....	245
Érosion littorale et événements extrêmes : le cas de Saint-Martin (Caraïbes) et de l'ouragan Irma (2017) .....	246
L'activité des typhons extrêmes dans l'ouest du Pacifique Nord lors des 4 dernières décennies	

(1980-2019).....	247
End-of-century marine heatwaves in the California Current System in a regional climate model .....	250
Spatiotemporal Patterns of Dry and Wet Spells in Ghana's Savanna and Transitional Zones: A 40-Year Analysis.....	251
Etude multiscalaire des dépôts sédimentaires du lac du Lauzet (Vallée de l'Ubaye, Alpes du Sud) : évolution de l'aléa hydro-gravitaire au cours de l'Holocène. ....	252
A distance learning algorithm for analog methods.....	254
Sampling effects on weather regime dimension estimates.....	255
Étude expérimentale de l'impact d'évènements pluvieux extrêmes sur l'érosion de technosols.....	256
Hurricane Irma: an unprecedented event over the last 3700 years? .....	257

### **13 - Variabilité climatique décennale à pluri-centennale dans le passé et implications pour la prévision du climat et les services climatiques ..... 258**

Variabilité Climatique Pluri-Centennale en Europe durant l'Holocène : Implications pour les Projections Climatiques futures.....	259
Les forçages externes comme moteurs des tendances décennales de l'Oscillation Nord-Atlantique...	260
La variabilité du climat à l'échelle humaine .....	261
High resolution paleo-hydrological record from carbonate deposits in the Roman aqueduct of Traconnade (Aix-en-Provence, SE France).....	265
Palaeoclimate synthesis of the central Mediterranean area from pollen data.....	266
Climate changes during the Holocene in central Mediterranean area reconstructed from the new Monticchio record (Potenza, Italy) using a coupled pollen and lipid biomarkers (brGDGT) approach	268
Evaluation and Attribution of a Warm Winter Bias Over Arctic Sea Ice in a Climate Model.....	269
Sensibilité à la prise en compte du niveau marin dans les simulations du climat du dernier interglaciaire.....	270
A Regime View of ENSO Flavors Through Clustering in CMIP6 Models.....	271

### **14 - Variabilités climatiques et cycle du carbone au cours du Quaternaire..... 272**

Réponse de la végétation et du climat dans la péninsule coréenne pendant les Interstadias du Groenland 8 et 12 .....	273
Holocene Integrative Vegetation Evolution (HIVE) : dynamical modelling with different models under transient climate conditions in Europe .....	274
Changements environnementaux et climatiques au cours des MIS 37-31 (~1,25-~1,06 Ma) en Méditerranée occidentale : vers une meilleure compréhension de l'occupation tardive de l'Europe de l'Ouest par les Hominines .....	275
Towards a continuous single site record of Quaternary CO <sub>2</sub> .....	281
Environmental changes during Heinrich Stadial 4 and DO 8 in SW Mediterranean: insights from new high-resolution palynological analyses and climate reconstructions. ....	282
Terrestrial biosphere evolution during Termination V: a model-data comparison .....	284
Réponse de la végétation méditerranéenne aux cycles climatiques millénaires d'après un nouvel enregistrement pollinique marin du golfe du Lion .....	285
Dynamique d'accumulation des tourbes et quantification des stocks de carbone dans les tourbières alluviales holocènes du bassin de la Somme.....	286
The return of permafrost in Última Esperanza (Patagonia, Chile) during the Antarctic Cold Reversal (12-15 ka).....	287
Organic Carbon Fluxes on Seasonal to Decennial Timescales in Patagonia's largest Fjord-River System .....	290
Evolution du réseau fluvial et de la sédimentation alluviale de la Haute Seine à l'Holocène :	



forçages climatiques et anthropiques .....	292
Integrating High-Resolution Ice Core and Marine Sediment Data to Resolve Chronological Incoherence Across Termination VIII.....	293
Unexpected wet and warm conditions during glacial periods in the Central North Atlantic as recorded by paleosols from Flores Island (Azores) .....	295
A new insight of the MIS 3 Dansgaard-Oeschger climate oscillations in western Europe from the study of a Belgium isotopically equilibrated speleothem.....	297
Carbonate counter pump dynamic over the past 800 000 ka in the Southern Ocean and its impact on atmospheric pCO <sub>2</sub> .....	298
A new sea-surface temperature synthesis over the MIS 9 (300 - 350 ka): temperature changes under high natural CO <sub>2</sub> concentrations.....	299
Sans limite mais en transition : caractérisation chronostratigraphique du passage Pléniglaciaire moyen – Pléniglaciaire supérieur dans les lœss Weichselien du Nord de la France.....	300
Impact of the biological carbon pump on atmospheric pCO <sub>2</sub> over the past 800 000 years.....	302
Casse-tête climatique (et saisonnier !) en Asie de l'Est : reconstitution de la végétation et forçages orbitaux modulant les moussons d'été et d'hiver au cours des derniers 70 kans .....	303

## **15 - Dynamique des changements climatiques et interactions avec les écosystèmes et sociétés humaines en régions tropicales et sub-tropicales au cours du Quaternaire..... 304**

Le <sup>17</sup> O-excess des phytolithes pour reconstruire l'humidité relative atmosphérique du passé : développements en cours et résultats préliminaires.....	305
Réponse d'une steppe arborée dans les Monts Zagros (Iran) aux changements hydrologiques et anthropiques au cours des 3000 dernières années. ....	306
Transition forêt/savane durant la fin de l'Holocène au Cameroun (Afrique centrale).....	308
Paleoenvironmental and paleoclimate variations in northeastern Brazil during the last deglaciation: an organic isotope geochemistry approach .....	309
North-eastern Brazil hydroclimate reconstructions over the last 150 ka: first interpretation of environmental magnetic measurements .....	310
Benthic foraminifera from early Glacial to late Holocene coastal upwelling sediments: case study from the eastern subtropical Pacific, off Peru.....	311
Forçages à l'origine des variabilités de la productivité primaire en mer d'Arabie occidentale depuis le Dernier Maximum Glaciaire : un rôle majeur des poussières minérales.....	312
Nouvelles perspectives géochronologiques du bassin de la Cagayan (Philippines) et des implications concernant ses occupations .....	313
Exploration des forçages et mécanismes associés à la récurrence des périodes humides africaines que renseignent les deux derniers cycles climatiques.....	315
Changements environnementaux et climat dans le Nordeste brésilien au cours de l'Holocène (données paléoécologiques et modèles) .....	325
Mid to late Holocene GDGT-based air temperatures from a crater lake in Cameroon (Central Africa) ..	326
Nutricline patterns in the Western Tropical Atlantic: toward a better understanding of North Brazil Current and AMOC dynamics over the past 300 000 years.....	327
Les colonies coralliennes massives (porites) à Moorea (Polynésie Française) et impact d'ENSO 2024.	328
Le lac Abhé en République Djiboutienne : comparaison de la prospection sismique à haute résolution et d'une séquence sédimentaire sur les derniers 6500 ans.....	329
Influence of local environmental changes on paleoclimatic reconstructions based on pollen and lipid biomarkers from a Cameroonian peat deposit.....	331
Exploring a new lake sediments archive from Oman to unprecedentedly reconstruct the Holocene humid period in the Middle East.....	332

<b>16 - Impact du dérèglement climatique aux hautes latitudes : conséquences du dégel du pergélisol</b>	<b>333</b>
Dynamique du carbone, de l'azote et du phosphore dans les tourbières à mares des basses-terres de la baie d'Hudson dans un contexte de dégel du pergélisol .....	334
Étude cryolithologique du pergélisol dans l'Ouest Yukon à partir de tomographie par résistivité électrique et de forages.....	335
Évaluation de l'assèchement des lacs dans le Parc national de Wapusk (Canada) : une approche paléolimnologique .....	336
Permafrost Degradation and Re-Aggradation in the Beaver Creek Floodplain (Yukon Territory).....	337
The last frontier of marine permafrost in North America is threatened by the collapse of the Ward Hunt Ice Rise (Nunavut, Canada) .....	344
Stœchiométrie et biochimie d'espèces arctiques dans un contexte de transitions de végétation de la toundra.....	346
Projections de l'étendue des zones humides boréales en réponse au changement climatique. ....	347
Mimicking periglacial landforms and processes in an ice-rich layered permafrost system with polydispersed melamine materials.....	348
Potential impact of degrading polygons to thermokarst lake water and carbon cycles in the context of Yedoma, Yukon, Canada. ....	350
Characterizing dispersed ice reservoir in permafrost peatlands under the influence of climate change-induced thaw.....	352
Diagnostic géophysique du contexte géocryologique de sites archéologiques inuits de l'archipel de Nain (Labrador, Canada).....	353
Impact of bank collapse on methane emissions in permafrost peatlands: an experimental approach.	354
Modélisation mécaniste du dégel du pergélisol : impacts du changement climatique sur un bassin versant de Sibérie Centrale.....	355
<b>17 - Variabilité climatique et cryosphère dans l'Hémisphère Sud et l'Océan Austral : SAM est-il bien celui qui conduit?.....</b>	<b>356</b>
The roles played by the atmosphere and the ocean during the rapid climatic events at the end of marine isotope stage 3 in the southeast Pacific.....	357
PALAS and SOUTHPHERE joint programs, an unprecedented effort to reconstruct Kerguelen Holocene climate fluctuations based on lake sediments and glacier forms and deposits .....	358
Changements climatiques sur l'archipel de Kerguelen (sud de l'océan Indien) à l'aide d'archives paléoclimatiques marines et continentales .....	359
Late Pleistocene glacier evolution of the Kerguelen Archipelago (Southern Indian Ocean) constrained by <sup>36</sup> Cl Cosmic Ray Exposure dating.....	361
Variabilité glaciaire de la calotte Cook (Îles Kerguelen) : calibration du signal sédimentaire de la Baie de la Table et reconstruction sur 4000 ans .....	362
Centennial variability of the southern hemisphere westerly winds and of the southern annular mode over the past millennia .....	368
A speleothem record for the last interglacial and penultimate glaciation (116 to 186 ka) from the Madre de Dios archipelago (50°S) in southern Patagonia.....	370
Increased warming of the sub-Antarctic islands in the 21st Century .....	371
Extent and dynamics of the western Patagonian Ice Sheet during the late Quaternary.....	372
Sub-Antarctic Marion Island's Quaternary glaciations: insights and unknowns .....	373
Study of the variability of the Southern Annular Mode using a model and observational approach ....	374
<b>18 - Volcans et changement climatique .....</b>	<b>375</b>
Reconstruction of the hydroclimate variability in the southern Andaman Sea over the last 110 ka	

and impact of the Toba eruptive activity.....	376
Lunar eclipses as a proxy for investigating the chronology and climate impact of volcanism during the Little Ice Age.....	378
Fast basalt weathering and CO <sub>2</sub> uptake close to interglacial peaks: insights from precise dating and geochemistry of paleosols in the Azores Archipelago.....	380
Tephrochronology, cryptotephrochronology are we ready to jump in a moving train?.....	382
Identification of volcanoes from their crypto-tephra imprint in Antarctic ice cores.....	383
On the other side of the feedback loop: climate impacts on tropical volcanic island evolution and their potential implications for the carbon cycle .....	385

## **19 - Interactions climat, océan et système Terre aux longues (et courtes) échelles de temps 386**

Climatic and environmental impacts on source-to-sink processes in southwest Taiwan since the last deglaciation .....	387
Seawater oxygen isotope variability on orbital to secular timescales in the late Miocene eastern equatorial Indian Ocean.....	388
Impact of marine gateways on oceanic circulation and carbon cycle in the Late Eocene .....	389
Dynamics of the North African climate over the last 600 kyr based on mineralogical and geochemical investigations of deep sediments of the western Mediterranean Sea .....	392
Changes in the deep-water masses of the Eastern Mediterranean Sea during Sapropel S5 - New constraints from neodymium isotopes in foraminifera .....	393
Environmental and climatic conditions responsible for calcretes formation in North Africa during the Pliocene-Pleistocene .....	395
Wind-driven sediment exchange between the Indian marginal seas over the last 18 000 years .....	397
Reconstructing Miocene climatic and oceanographic conditions in Baffin Bay: results from IODP Expedition 400, U1607 site.....	398
Insights into the LGM-to-present evolution of the Greenland Ice Sheet from a data-evaluated ensemble of numerical model simulations.....	398
Modelling the Consequences of the Siberian Traps .....	400
A temperature-dependent model of carbonate accumulation in the open ocean during the early Paleogene hyperthermals. ....	401
Fluctuations de la calotte Antarctique et dynamique des courants océaniques au cours de l'Holocène : apports du Be atmosphérique mesuré dans les sédiments marins en Terre Adélie .....	403
Terrigenous provenance of late Oligocene–Miocene sediments in the central basin of the South China Sea and its implications for chemical weathering and climate change.....	404
Late Oligocene–Miocene evolution of deep-water circulation in the abyssal South China Sea: insights from Nd isotopes of fossil.....	405
Orbital hydroclimate variability revealed by grain-size evidence in the tropical Pacific Islands since 140 ka .....	406
Reconstruction of intermediate and deep-water hydrology in the Pacific Ocean since the last glacial period .....	407
The Origin of Ferruginous Concretions on the Sunda Shelf and Its Environment Implications.....	408

Les partenaires privés de « Climat et Impacts  
2024 »

# High precision stable isotope analysis of carbonate and water samples for paleoclimate applications using the Elementar iso DUAL INLET

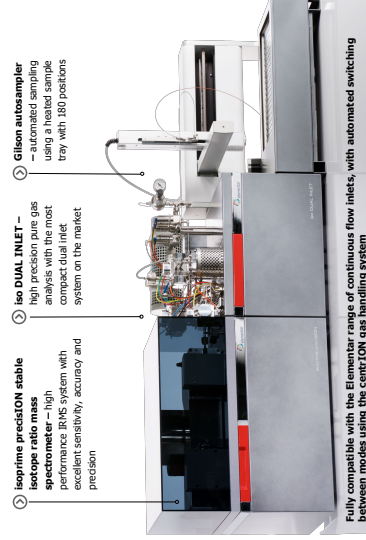
Calum Preece, Mike Seed, Sam Barker, Will Price, Rob Berstan  
Elementar UK Ltd, Stockport, United Kingdom



Dual inlet technology is the ultimate solution for those applications looking for the highest possible precision and sensitivity for isotope analysis of pure gases. This is due to the unique ultra-low volume change-over valve which performs multiple comparisons between sample and reference gas to drive down analytical precision.

## System Features

- Small footprint – the iso DUAL INLET is a compact benchtop instrument ideal for laboratories with limited space
- Iso CARB PREP inlet system for online analysis of carbonates using a dual core needle to deliver acid to septum sealed, flat bottom vials followed by fractionation free sample transfer
- Iso AQUA PREP inlet system for online analysis of water samples using single core needle to evacuate atmosphere, deliver equilibration gas and fractionation free sample transfer
- Analyse both carbonates and waters with only a change of needle using the iso MULTI PREP inlet device – the only dual inlet instrument able to combine these two applications
- Iso MANIFOLD inlet system for automated online analysis of pure gases
- Microvolume cold finger with dynamic thermocouple control of the naturally aspirated LN<sub>2</sub> reservoir requiring only a 30L storage dewar
- 180 position heated sample tray up to 90 °C (±0.1 °C for consistent reaction parameters) that can be accessed during a sampling sequence
- Direct drive motor driven pump with forward and reverse function giving precise, consistent acid delivery (iso MULTI PREP/iso CARB PREP)
- Measurement of multiply substituted isotopologues



## Paleoclimate Research

The iso DUAL INLET and associated inlet systems have a unique role in the paleoclimate applications where instrumental precision contributes directly to the precision of paleoclimate models. The paleothermometer is a method that estimates the ambient temperature at the time of formation of the sample material. Most CO<sub>2</sub> and temperature records were determined using stable isotopes of oxygen or carbon. Important sample types can include:

- Carbonate minerals and fossilized carbonates
- Small sample carbonate analysis such as foraminifera are often used as tracers of climate, ocean circulation and carbon cycle processes.
- Ground water, biological waters and ice core waters. The δ<sup>18</sup>O in ice core archives mirrors that of the ocean and gives information on global ice volume.



## Carbonate Analysis

Table 1. Standard performance specifications for carbonates

Sample	Gas	Isotope	Sample size	Internal Precision 1σ (%)
Carbonate	CO <sub>2</sub>	<sup>13</sup> C	>200µg	± 0.04
		<sup>18</sup> O		± 0.08

\* Sample preparation is subject to a 10% sample-reaction efficiency

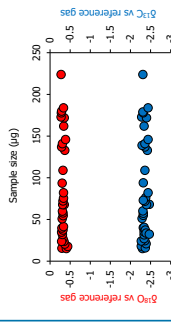


Figure 1. δ<sup>18</sup>O and δ<sup>13</sup>C analysis of 4 carbonate standard

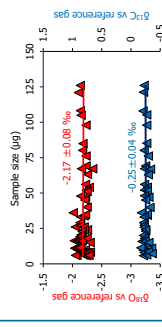


Figure 2. δ<sup>18</sup>O and δ<sup>13</sup>C analysis of 6 Carrara marble sample between 5–150 µg in the Elementar demo lab

- The iso CARB PREP inlet device was used to measure carbonate standards (Figure 1.) and Carrara marble samples (Figure 2.) in the Elementar Demo Lab
- Samples were measured automatically for <sup>13</sup>C and <sup>18</sup>O isotopes
- Results highlight the excellent precision, even for the very smallest samples

## Water Analysis

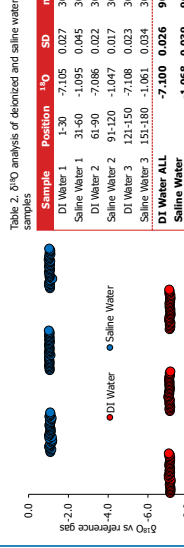
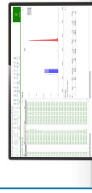


Figure 3. Deionized and saline water measured for δ<sup>18</sup>O in an alternating analytical sequence by the British Geological Survey

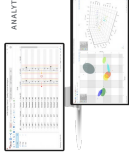
- The iso AQUA PREP inlet device was used to analyse a single sequence of 180 deionized and saline water samples (90 fresh water and 90 saline water samples split into batches of 30 with a 200 µl sample size). Samples were automatically flushed, equilibrated and analysed
- Results highlight the exceptional market leading precision for <sup>18</sup>O for both fresh and saline water samples
- Zero drift or intra-sample memory effect over the entire sequence of 180 samples

## System Features - Software



- Straightforward instrument operation for novice operators using highly intuitive software
- Parallel processing for increased sample throughput
- Powerful post analysis data processing features automates standard calculations and calibration
- Sample Loss Prevention functionality ensures precious samples are protected in the case of instrument issues
- Automated leak checks
- Automated performance checks
- Maintenance counter checking

- ADB cloud-based software allows customers to instantly visualise the quality of their in-house standards over extended time periods
- 2D/3D plots make it possible to visualise different trends and correlations in your data
- Map plotting allows spatial and temporal variations to be visualised





Isotope Ratio MS

# Driving evolution in isotope analysis

## DELTA Q IRMS driven by Qtegra ISDS Software

For laboratories investigating climate change, the Thermo Scientific™ DELTA™ Q IRMS provides high quality, robust data on an easy-to-use innovative Thermo Scientific™ Qtegra™ Intelligent Scientific Data Solution Software platform. The DELTA Q IRMS is designed to be seamlessly connected with a wide range

of Thermo Scientific peripherals, including gas or liquid chromatographers, elemental analyzers and on-line gas preparation and introduction systems. Bring high throughput, automated operation and flexibility to your laboratory with DELTA Q IRMS Systems.

Learn more at [thermofisher.com/DELTAQ](https://thermofisher.com/DELTAQ)

**For Research Use Only. Not for use in diagnostic procedures.** © 2024 Thermo Fisher Scientific Inc. All rights reserved. All trademarks are the property of Thermo Fisher Scientific and its subsidiaries unless otherwise specified. **AD000577-EN 1024S**

# Constitution des comités d'organisation et scientifique

## Comité d'organisation

COLIN Christophe, HATTÉ Christine  
Les équipes de PremC

## Comité scientifique

ALEMAN Julie, ANTOINE Pierre, AROSKAY Adeline, BARHOUMI Cheima, BARTOLINI Annachiara, BERTRAND Sébastien BOUCHARD Frédéric BOUCHET Freddy, BOURGES Ann, CAMINADE Cyril, CASTANET Cyril, CAZZANIGA Greta, CHAPRON Emmanuel, CHARTON Joanna, CHASSIOT Léo, CLOT Christian, COLIN Christophe, ETOURNEAU Johan, EXTIER Thomas, DAUX Valérie, DESCHAMPS Pierre, DEZECACHE Guillaume, DRIOUECH Fatima, DROBINSKI Philippe, DUCHAMP-ALPHONSE Stéphanie, FABRE Mélanie, FAILLOUX Anna-Bella, FARANDA Davide, FAVIER Vincent, FERNANDEZ Juan, FONTENILLE Didier, GANDOIS Laure, GARNIER Emmanuel, GASTINEAU Guillaume, GAUTIER Emmanuèle, GENET Marion, HATTÉ Christine, HUBER Laurent, HUNEAU-SPE Frédéric, HUREAU Charlie, IKIRRI Mustapha, JEZEQUEL Aglaé, JOMELLI Vincent, KLEIN Simon, LE HIR Guillaume, LESTIENNE Marion, LANDAIS Amaëlle, LICARI Laetitia, MARLIN Christelle, MASSEI Nicolas, MENOT Guillemette, MICHEL Elisabeth, MIGNOT Juliette, MOINE Olivier, MONTADE Vincent, MORENO Eva, PARIS Guillaume, PERAL Marion, PESNIN Marie, PLAGNES Valérie, PRUD'HOMME Charlotte, RAMSTEIN Gilles, REVEL Marie, ROLLION-BARD Claire, ROMAND-MONNIER Margaux, ROUMIAN Jérémy, SABATIER Pierre, SANCHEZ-GONI Maria, SCHIMMELPFENNING Irene, SÉJOURNÉ Antoine, SEPULCRE Sophie, SKONIECZNY Charlotte, SWINGEDOUW Didier, THOMAZO Christophe, TOUCANNE Samuel, TRAMBLAY Yves, VALLET Jean-Marc, VERFAILLIE Deborah

# Résumés des présentations orales et posters

## *Préambule:*

Les affiliations des auteurs ont été homogénéisées aussi bien que possible pour éviter les redondances au sein d'un même résumé, les déclinaisons parfois très longues des acronymes des organismes de recherches les plus courants et donc *in fine* pour gagner de la place. Pour cela et pour les unités de recherche françaises, nous nous sommes appuyés sur le répertoire national des structures de recherche (RNSR) qui recense les tutelles et adresses des structures de recherche. Auteur et autrice principal·e de résumé, ne vous offusquez donc pas de ne pas retrouver exactement ce que vous aviez renseigné quand vous avez déposé le résumé. Co-auteur, ne vous offusquez pas non plus de ne pas retrouver ce que vous aviez mis (ou pas) dans le ou l'un des profils SciencesConf que l'auteur·trice principal·e a pu retrouver en créant la liste des co-auteurs.



# 1 - Session blanche

# SACRe-M, un outil de spatialisation des paramètres climatiques en configurations de relief multi-échelles

Vincent Cailliez <sup>1</sup>

1 — SIDAM (Service InterDépartemental d'Animation du Massif central) – 9, Allée Pierre de Fermat 63170 Aubière, France

Dépasser l'usage des coordonnées géographiques standard (latitude, longitude, altitude) est un impératif pour améliorer la spatialisation des divers paramètres climatiques reconstitués, observés ou projetés.

Il se trouve que les configurations de relief ont généralement une influence très sensible sur ces paramètres, influence différenciée de plus selon l'échelle à laquelle ces reliefs sont considérés.

Dans le cadre du projet AP3C (<https://www.sidam-massifcentral.fr/developpement/ap3c/>), une première version de l'outil de spatialisation SACRe-M (Spatialisation en Adaptation aux Configurations de Reliefs Multi-échelles) avait été développée à partir de 2020 et présentée, avec des détails techniques méthodologiques, lors des journées Climat et Impacts de 2022. La présente version comprend des modifications relatives à l'extension du domaine (prise en compte de l'ensemble du territoire du Massif central, +40% de surface), la densification du réseau (facteur 2,5 pour les températures, facteur 2 pour le reste), l'ajout d'un 4ème niveau de prise en compte des reliefs (jusqu'à 500km au lieu de 100km) et la mise au point d'une méthode plus sophistiquée d'estimation de l'incertitude de spatialisation (échantillons de contrôle tournants sur les points dont l'écart à la régression est la plus élevée).

Il s'ensuit une amélioration notable, parfois spectaculaire, dans les représentations cartographiques des paramètres climatiques. Quelques exemples d'évolution de l'incertitude (à 1 sigma) en situation médiane, à l'échéance 2050 : Tm annuel 0,42-> 0,18° C ; Pluie printemps 33-> 23mm ; ETP été 16-> 6mm ; BHP (pluie-ETP) été 47-> 11mm

Par ailleurs un indicateur de qualité des cartographies a été conçu en combinant la position de l'incertitude vis-à-vis de l'écart moyen inter-niveaux (couleurs représentées) et de l'intensité apparente de " bruit " ou " moiré ". Entre les deux versions de SACRe-M, la proportion de cartes dans la meilleure classe de qualité est passée de 18 à 49%. Cette qualité correspond à un document, et une couche numérique correspondante, pleinement utilisables jusqu'au pixel de 500m.

En ce qui concerne AP3C, une des applications concrètes est la mise au point d'un outil de diagnostic en adaptation au Changement Climatique pour chaque exploitation agricole, via l'usage complémentaire de spatialisations d'indicateurs agro-climatiques. Les couches climatiques, quant à elles, sont d'un usage potentiel bien plus vaste que les problématiques agricoles. Toutes les cartes sont consultables et téléchargeables librement sur le site du projet AP3C.

L'outil de spatialisation SACRe-M est transposable, sans difficulté particulière, à d'autres territoires, d'autres paramètres, d'autres échelles spatiales, ainsi qu'à d'autres époques pour les problématiques paléoclimatiques.

# Chemical characterization and source tracking for aerosols: development of a selective sequential extraction protocol (SSE)

Léa Collignon<sup>1</sup>, Damien Guinoiseau<sup>1</sup>, Cécile Quantin<sup>1</sup>

1 — Géosciences Paris Saclay (GEOPS) – Université Paris-Saclay, CNRS – Université Paris Saclay, bât. 504 & 510, 91405 ORSAY Cedex, France

According to the IPCC 6th Assessment Report (1), one of the major uncertainties in the Earth's energy balance is the warming or cooling potential of aerosols and their effect on clouds. Aerosols are also a public health concern affecting air quality, particularly in urban areas. The most abundant aerosol emitted annually in Earth's atmosphere is desert dust (22-29 Tg; (2)). Dust impacts can be massive through nutrient supply on terrestrial (e.g., enhancement of soil fertility in the Amazon Basin) and marine (iron fertilization in oligotrophic regions) biogeochemical cycles. The precise impact of dust is however still poorly constrained because (1) dust bioavailability is varying according to its type and the weather conditions they are exposed to during transport, (2) dust properties depend on mineralogy, which varies according to the region of origin (3) (4) (5). Hence, assessing the composition and source of dust remain a key target. A selective sequential extraction (SSE) procedure has been developed and applied to geostandards (rocks, sediments) and pure phases (soot, carbonates) to (1) characterize the dust reactivity in contact with water or soft acids to mimic the environmental conditions encountered during transport (rain, air acidity), (2) validate the consistency of Sr, Nd and Pb isotope proxies to identify dust source and (3) to document key aerosol composition (sea salt, anthropogenic particles, soot, dust) and their contribution to elemental budget.

Our results show that the SSE enables each fraction to be correctly separated and characterized, while preserving the dust's silicate matrix. Water-soluble fraction contains sea salts and the most soluble elements carried by soot particles. Acid-soluble fraction (0.5 M hydrobromic acid) contains anthropogenic particles as well as carbonates and solubilized elements from more refractory soot particles. Final sample ashing (at 550C for 8h) does not constitute an important source of elements release. These results show the need of such a sample pre-treatment to correctly interpret the isotopic signature (Sr-Nd-Pb) of the dust without bias (i.e., sea salt and anthropogenic particle removal for Sr and Pb, respectively) and with an accurate selection of dust source features (comparison with decarbonated source rocks for the Sr isotope signatures).

*IPCC, 2023: Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC, Geneva, Switzerland, pp. 35-115, doi: 10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.*

*Kok, J., Adebijiy, A., Albani, S., Balkanski, Y., Checa-Garcia, R., Chin, M., Colarco, P., Hamilton, D., Huang, Y., Ito, A., Klose, M., Li, L., Mahowald, N. M., Miller, R. L., Obiso, V., Pérez García-Pando, C., Rocha-Lima, A., Wan, J. S.: Contribution of the world's main dust source regions to the global cycle of desert dust. *Atmospheric Chemistry and Physics*. 21. 8169- 8193. 10.5194/acp-21-8169-2021, 2021.*

*Clauquin, T., Schulz, M., and Balkanski, Y. J.: Modeling the mineralogy of atmospheric dust sources, *J. Geophys. Res.- Atmos.*, 104, 22243–22256, 1999.*

*Grousset, F. E. and Biscaye, P. E.: Tracing dust sources and transport patterns using Sr, Nd and Pb isotopes, *Chem. Geol.*, 222, 149–167, 2005.*

*Journet, E., Balkanski, Y., and Harrison, S. P.: A new data set of soil mineralogy for dust- cycle modeling, *Atmos. Chem. Phys.*, 14, 3801–3816, <https://doi.org/10.5194/acp-14-3801-2014>, 2014.*

# Identifier les trajectoires de vie des premiers agropasteurs du Néolithique à partir de données isotopiques : l'influence des facteurs environnementaux, sociaux et économiques

Maëlle Couvrat <sup>1</sup>, Samuel Bédécarrats <sup>2</sup>, Abel Guihou <sup>3</sup>, Pierre Deschamps <sup>3</sup>,  
Hélène Mariot <sup>3</sup>, Yves Gleize <sup>2,4</sup>, Ivy Thomson <sup>5,6</sup>, Jean-Gabriel Pariat <sup>7,8</sup>,  
Muriel Gandelin <sup>9</sup>, Frederique Blaizot <sup>10</sup>, Laurence Vidal <sup>3</sup>, Corinne Sonzogni <sup>3</sup>,  
Sylvie Saintot <sup>11,12</sup>, Frédéric Blaser <sup>13,14</sup>, Frederic Prodeo <sup>15</sup>, Le Roy Melie <sup>16</sup>,  
Marie-France Deguilloux <sup>2</sup>, Mélanie Pruvost <sup>2</sup>, Vincent Ollivier <sup>1</sup>, Vianney Forest <sup>17,18</sup>,  
Sophie Martin <sup>9</sup>, Lionel Gourichon <sup>5</sup>, Stéphane Rottier <sup>2</sup>, Gwenaëlle Goude <sup>1</sup>,  
Guillaume Leduc <sup>3</sup>

1 — Laboratoire Méditerranéen de Préhistoire Europe Afrique (LAMPEA) – Aix Marseille Université, CNRS, Ministère de la Culture et de la Communication – MMSH 5 rue du château de l'horloge, 13094 Aix-en-Provence, France

2 — De la Préhistoire à l'Actuel : Culture, Environnement et Anthropologie (PACEA) – CNRS, Ministère de la Culture, Université de Bordeaux, EPHE, INRAP, Université Paris Sciences et Lettres – Université de Bordeaux, 33615 Pessac, France

3 — Centre de Recherche et d'Enseignement de Géosciences de l'Environnement (CEREGE) – Collège de France, CNRS, IRD, Aix Marseille Université, INRAE – 13545 Aix-en-Provence, France

4 — Centre de recherches archéologiques de Bègles (Inrap – Grand Sud-Ouest) – INRAP – BP 161, 210 cours Victor-Hugo, 33130 Bègles, France

5 — Culture et Environnements, Préhistoire, Antiquité, Moyen-Age (CEPAM) – CNRS, Université Nice Côte d'Azur – Pôle universitaire Saint-Jean-d'Angély - 06357 Nice Cedex 4, France

6 — Centre de recherches archéologiques Clermont-Ferrand (Inrap Auvergne) – INRAP – 63100 Clermont-Ferrand, France

7 — Service Départemental d'Archéologie du Val d'Oise – Cergy Pontoise, France

8 — Eco-Anthropologie (EA) – CNRS, MNHN, Université Paris Cité – 57 rue Cuvier, 75231 Paris Cedex, France

9 — Centre de recherches archéologiques de Béziers (Inrap Midi-Méditerranée) – INRAP – 34420 Villeneuve-lès-Béziers, France

10 — Histoire, Archéologie et Littérature des Mondes Anciens (HALMA) – CNRS, Ministère de la culture, Université de Lille, INRAP – 59653 Villeneuve d'Ascq, France

11 — Archéologie et Archéométrie (ArAr) – CNRS, Université Claude Bernard Lyon 1, Université Lyon 2, Ministère de la Culture, INRAP – 69365 Lyon Cedex, France

12 — Centre de recherches archéologiques de Lyon (Inrap Rhône-Alpes) – INRAP – 69500 Bron, France

13 — Centre de recherches archéologiques de La Courneuve (Inrap Ile-de-France) – INRAP – 93120 La Courneuve, France

14 — Archéologies et Sciences de l'Antiquité (ArScAn) – CNRS, Ministère de la Culture, Université Panthéon-Sorbonne, Université Paris Nanterre, Université Vincennes-Saint Denis, INRAP – Maison Archéologie & Ethnologie, 92000 Nanterre

15 — Centre de recherches archéologiques de Bègles (Inrap – Grand Sud-Ouest) – INRAP – BP 161, 210 cours Victor-Hugo, 33130 Bègles, France

16 — Bournemouth University, Archaeology and Anthropology department, Bournemouth, Royaume-Uni – Royaume-Uni

17 — Centre de recherches archéologiques de Nîmes (Inrap Méditerranée) – INRAP – 30900 Nîmes, France

18 — Travaux de Recherches Archéologiques sur les Cultures, les Espaces et les Sociétés (TRACES) – CNRS, Ministère de la Culture, Université de Toulouse 2, EHESS Paris, INRAP – 31058 Toulouse Cedex 9, France

Depuis une trentaine d'années, les vestiges humains, fauniques et botaniques retrouvés lors de fouilles archéologiques font régulièrement l'objet d'analyses isotopiques (notamment  $\delta^{13}\text{C}$ ,  $\delta^{15}\text{N}$ ,  $\delta^{34}\text{S}$ ,  $\delta^{18}\text{O}$ ,  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ). Les données isotopiques humaines sont désormais intégrées à des travaux pluridisciplinaires (e.g. paléogénétique, pratiques funéraires, paléopathologie, anthropologie) et montrent, pour le Néolithique, des organisations sociales de type patrilocal et une importante mobilité des femmes. Le projet WomenSOFar (ANR-21-CE03-0008) s'inscrit dans ces recherches et cible les

premiers agropasteurs d'Europe de l'Ouest et d'Afrique du Nord. Il a pour objectif d'identifier les particularités liées au sexe et à l'âge des individus. Le corpus se compose de 59 humains provenant de 7 sites funéraires du Néolithique moyen (4500-3300 cal. BCE) localisés dans le Bassin de Paris, le Massif Central, la vallée du Rhône et en Méditerranée. Des prélèvements ont été faits sur les molaires pour cibler deux périodes de vie entre l'enfance et l'adolescence ( $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ , N=104 ;  $\delta^{18}\text{O}$ ,  $\delta^{13}\text{C}$ , N=131). Après une documentation numérique (photographie, scan 3D,  $\mu\text{CTscan}$ ) et des mesures de contrôle (pXRF sur l'émail,  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  sur des escargots archéologiques), chaque échantillon d'émail est séparé en deux. Une partie (4-6mg) est prétraitée pour les analyses  $\delta^{18}\text{O}$ ,  $\delta^{13}\text{C}$ , et l'autre (6-10mg) est soumise à une chimie d'extraction pour l'analyse  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ . Les résultats montrent une importante variation du rapport  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  au cours de la vie des sujets féminins dans la plupart des zones géographiques, et de façon plus prononcée en Méditerranée. Des variations intra-individuelles du  $\delta^{18}\text{O}$  de l'eau ingérée et  $\delta^{13}\text{C}$  de l'alimentation sont également visibles et ne semblent pas être liées au sexe mais plutôt à des individus spécifiques. Une première réflexion sur ce jeu de données inédit en archéologie montre qu'il existe un contrôle important sur les signatures isotopiques de l'identité biologique (sexe), culturelle (mobilité propre à la structuration sociale et/ou à des pratiques de subsistance) et de la variabilité isotopique naturelle (plantes, eaux de sources) différente dans chaque région. Cette première étape de notre étude souligne les intérêts multiples mais aussi les limites à l'utilisation des restes humains pour étudier les paléoenvironnements. La combinaison des approches et des indicateurs bioarchéologiques témoigne de la prosocialité, de la large territorialité ainsi que de la variabilité dans les structurations des groupes humains préhistoriques néolithiques. Les éléments biogéochimiques qui composent les individus archéologiques rendent compte d'un temps spécifique de vie et résultent de plusieurs facteurs en partie comportementaux.

# Impact de la représentation du cycle de l'azote sur le cycle du carbone en réponse à une augmentation de CO<sub>2</sub> dans le modèle de surface du CNRM

Jeanne Decayeux<sup>1</sup>, Christine Delire<sup>1</sup>, Bertrand Decharme<sup>1</sup>

1 — Centre national de recherches météorologiques (CNRM) — CNRS, Météo-France — 31507 Toulouse Cedex, France

Du fait des activités humaines, les émissions de carbone dans l'atmosphère augmentent chaque année. Une partie de ce flux est absorbé par l'atmosphère, augmentant alors la concentration atmosphérique de CO<sub>2</sub>, tandis que le reste est absorbé par les océans et les surfaces continentales. Cette dernière composante capte le carbone grâce à la végétation qui agit comme un puits de carbone, et on observe un effet de fertilisation. C'est à dire que ce puits augmente, en réponse à l'augmentation du carbone dans l'atmosphère. Cependant, de nombreuses incertitudes pèsent sur la tendance à long terme de cet effet de fertilisation. En effet, des expériences ont été réalisées, comme celle sur le site de Duke, pour étudier la réponse d'une forêt à une concentration atmosphérique en CO<sub>2</sub> plus élevée. Les résultats montrent une perte de capacité de l'écosystème à agir comme puits de carbone qui serait la conséquence d'un manque de nutriments. Récemment, les modèles ESM ont développé des paramétrisations permettant de représenter d'autres cycles biogéochimiques que celui du carbone, en particulier celui de l'azote. La prise en compte des nutriments qui ont un effet limitant pour la croissance de la végétation et donc l'absorption du carbone par celle-ci, va permettre d'améliorer les prédictions futures. Une représentation du cycle de l'azote a donc été implémentée dans ISBA, le modèle de sol et de végétation du CNRM. Le modèle a ensuite été appliqué sur le site de Duke afin d'étudier l'impact du cycle de l'azote sur celui du carbone. Les résultats obtenus sont mis en perspective avec ceux observés.

# Mineralogical and Geochemical features of the Paleocene-Eocene phosphate series, Maknassy-Mezzouna basin, central Tunisia

Jaballi Faten <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Faculté des Sciences de Sfax (FSS) – Route de la Soukra km 3.5 - 3000 Sfax, Tunisie

The present work aims to determine mineralogical and geochemical features of the Paleocene-Eocene phosphate series located at Oued Errizgui in the western flank of Jebel Jebbeus (Maknassy-Mezzouna basin), where we emphasize on the clay fraction. The study samples were collected from three phosphate layers separated by dolomitic marl interlayers. The specimens were investigated using X-ray diffraction, chemical analysis, infrared spectroscopy (IR) of bulk rock and clay fractions. The data obtained from X-ray diffraction patterns of the bulk rocks show that the apatite constitutes the main phase of the phosphatic layers. However, interlayers are mostly constituted of dolomite minerals. The clay fraction of this phosphatic series is composed of palygorskite, illite and smectite. This latter are more abundant in dolomitic marls, particularly, those of top. These results are confirmed by chemical analysis, which reveals a high P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (about 25%) and MgO contents (7%) in phosphatic layers and dolomitic marls, respectively. Moreover, chemical analysis shows that the tow dolomitic marl interlayers exhibit the lower P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/CaO ratio. These results agree with the symmetrical stretching OH infrared bands occurred at 3630cm<sup>-1</sup>, 3570cm<sup>-1</sup> and 3620cm<sup>-1</sup> characteristics of smectite, palygorskite and illite respectively.

# Identification des conséquences d'un événement météorologique à partir de profils isotopiques d'un combattant décédé à la bataille d'Orthez (27 février 1814) ?

Gwenaëlle Goude <sup>1</sup>, Stéphanie Lachaud <sup>2</sup>, Kerry Sayle <sup>3</sup>, Philippe Calmettes <sup>4</sup>, Marie-France Deguilloux <sup>5</sup>, Corinne Marache <sup>2</sup>, Derek Hamilton <sup>3</sup>, Alistair Nichols <sup>6</sup>, Christopher Knüsel <sup>5</sup>, Christian Sculler <sup>4</sup>, Isabelle Souquet <sup>5</sup>

1 — Laboratoire Méditerranéen de Préhistoire Europe Afrique (LAMPEA) – Aix Marseille Université, CNRS, Ministère de la Culture et de la Communication – MMSH 5 rue du château de l'horloge, 13094 Aix-en-Provence, France

2 — Centre d'études des mondes modernes et contemporain (CEMMC) — Université Bordeaux Montaigne – Université Bordeaux Montaigne, 33607 Pessac Cedex, France

3 — Scottish Universities Environmental Research Centre (SUERC) – Scottish Enterprise Technology Park, East Kilbride G75 0QF, UK, Royaume-Uni

4 — Centre de recherches archéologiques de Bègles (INRAP - Bègles) – INRAP – 140 Avenue du Maréchal Leclerc 33323 Bègles, France

5 — De la Préhistoire à l'Actuel : Culture, Environnement et Anthropologie (PACEA) – CNRS, Ministère de la Culture, Université de Bordeaux, EPHE, INRAP, Université Paris Sciences et Lettres – Université de Bordeaux, 33615 Pessac, France

6 — Society for Army Historical Research – Gosport, Royaume-Uni

À la suite d'une fouille préventive menée par l'INRAP dans la ville d'Orthez sur l'ancien cimetière de l'hôpital (1792-1809), une fosse contenant 26 individus inhumés ensemble a été découverte. Le mobilier, les traumatismes visibles sur les squelettes et les dépôts "rapides" des cadavres ont permis d'identifier qu'il s'agissait d'une fosse d'inhumation contenant 26 soldats tués sur le champ de bataille à Orthez le 27 février 1814. Un programme de recherche (PCR "ORTHEZ – 1814") a permis d'engager au cours de ces trois dernières années des analyses pluridisciplinaires pour (1) comprendre l'origine de cette fosse et son fonctionnement, (2) caractériser l'identité biologique des individus, leur état sanitaire, leur mode de vie, (3) documenter leur origine géographique, leur origine génétique, leur historique au sein des armées. Les restes osseux et dentaires des individus ont fait l'objet d'analyses isotopiques ( $\delta^{13}\text{C}$ ,  $\delta^{15}\text{N}$ ,  $\delta^{34}\text{S}$  sur le collagène). La confrontation des résultats isotopiques avec les registres militaires et les données génétiques fournit des premiers indices d'ordre socio-économique et géographique. Les résultats de certains sujets, peu documentés d'un point de vue matériel, ont particulièrement attiré notre attention. Il s'agit de trois individus dont l'alimentation est basée sur la consommation de ressources de type C4 (ici plus probablement des animaux nourris au maïs). Ces trois individus se distinguent de tous les autres inhumés dont l'alimentation est principalement basée sur des ressources de type C3 (blé, seigle par exemple, ou animaux nourris dans un environnement C3). Par ailleurs, l'étude de la dentine montre que l'un des combattants a changé son alimentation entre ca. 5 et 9 ans en consommant directement plus de maïs au détriment de la viande (volaille, porc notamment). L'hypothèse privilégiée à l'heure actuelle pour expliquer ces résultats est un repli vers des ressources alimentaires de "secours" en temps de disette. Les archives historiques font état d'une période météorologique hors norme en 1788 et 1789 (orages, gelées, sécheresses) dont les conséquences alimentaires et les tensions sociales qui en découlent en France dans les années qui suivent sont bien documentées. Ce recoupement entre les données biologiques (décès entre 25 et 29 ans), génétiques (originaire du sud-ouest), isotopiques (alimentation basée sur l'exploitation du maïs depuis l'enfance) et les archives historiques (destruction



des récoltes céréalières, hausse du prix du blé) est un " témoignage biologique " d'un des aléas météorologiques du petit âge glaciaire. Un des autres sujets identifiés comme un consommateur de ressources C4 ne montre pas de changement de mode de vie pendant l'enfance. Mais ce sujet est bien plus jeune (décès entre 15 et 19 ans) et serait donc né après la période de disette. D'autres analyses sont en cours sur l'ensemble des combattants, parmi eux des soldats identifiés par les insignes, et apporteront des éléments complémentaires sur cette étude pluridisciplinaire.

# L'engagement public des scientifiques en débat

Eric Guilyardi <sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire d'Océanographie et du Climat : Expérimentations et Approches Numériques (LOCEAN) – Sorbonne Université, CNRS, MNHN, IRD — 4 place Jussieu - 75252 Paris Cedex 05, France

<sup>2</sup> National Centre for Atmospheric Science [Leeds] – School of Earth and Environment, University of Leeds, Leeds LS2 9JT, Royaume-Uni

Une question se pose de manière récurrente dans le monde de la recherche, celle de savoir si les personnels de recherche peuvent voire doivent ! s'engager publiquement : signer des tribunes, intervenir dans les médias, s'associer à des actions (en justice, de désobéissance civile, etc.) ... pour prendre position sur tel ou tel enjeu de société.

Que des chercheurs s'engagent ainsi n'a certes rien de nouveau mais la question de l'engagement se pose aujourd'hui avec une acuité particulière. Face aux nouveaux défis de la société et au sentiment que la parole scientifique porte peu, notamment sur le plan environnemental, un certain nombre de chercheurs voient comme une nécessité pressante le fait d'être davantage dans l'action. Or un tel engagement public suscite de profondes interrogations : s'engager publiquement, n'est-ce pas contraire à l'exigence d'objectivité de la recherche ? ; n'est-ce pas risquer de la " politiser " ou de l' " idéologiser " ? ; s'engager ne risque-t-il pas de fragiliser la crédibilité du chercheur, de mettre en risque sa réputation, sa carrière ? ; est-on en droit de s'engager ? Serait-ce même un devoir ?

Nous aborderons ces questions, notamment à travers la publication d'un nouvel avis du comité d'éthique du CNRS sur ce sujet. <https://comite-ethique.cnrs.fr/avis-du-comets-entre-liberte-et-responsabilite-engagement-public-des-chercheurs-et-chercheuses/>

# Analyses radiocarbone du CID (carbone inorganique dissous) par spectrométrie de masse par accélération ECHoMICADAS

François Thil <sup>1</sup>, Nadine Tisnérat-Laborde <sup>1</sup>, Lisa Lenoël <sup>1</sup>, Aurélie Noret <sup>2</sup>, Brian Phouybandhyt <sup>1</sup>, Christelle Marlin <sup>2</sup>, Bruno Bombled <sup>1</sup>, Corinne Le Gal-La Salle <sup>3</sup>, Somar Khaska <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (LSCE) — CEA, CNRS, Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines – Université Paris-Saclay, 91191 Gif-sur-Yvette Cedex, France

<sup>2</sup> Géosciences Paris Saclay (GEOPS) – Université Paris-Saclay, CNRS – Université Paris Saclay, bât. 504 & 510, 91405 Orsay Cedex, France

<sup>3</sup> Détection, évaluation, gestion des Risques Chroniques Émergents (CHROME) – Université de Nîmes – Université de Nîmes, 30021 Nîmes Cedex, France

La mesure radiocarbone du CID (carbone inorganique dissout), dans l'eau douce ou l'eau de mer, permet une meilleure compréhension du cycle global du carbone. C'est l'un des objectifs des laboratoires du LSCE (Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement) et de GEOPS (Géosciences, Paris Saclay). Installé en 2015, l'accélérateur par spectrométrie de masse ECHoMICADAS et ses périphériques, permettent la mesure <sup>14</sup>C d'échantillons solides (le carbone est préalablement graphitisé puis pressé dans des cibles) ou d'échantillons gazeux (le carbone est extrait en ligne via le CHS : Carbonate Handling System, et le CO<sub>2</sub> produit est introduit via le GIS : Gas Interface System, pour être analysé dans le MICADAS). Le travail présenté ici vise à montrer les derniers développements réalisés autour du couplage CHS-GIS pour la mesure du DIC et à comparer les deux types d'introduction (solide/gaz), pour les analyses d'une série d'échantillons avec un ratio F<sup>14</sup>C allant entre 0 et 1. Nous montrons également les résultats des 6 répliqués effectués à différentes masses, pour un échantillon ancien et pour un échantillon récent, qui ont permis de caractériser le contaminant constant avec une masse évaluée à  $0.18 \pm 0.06 \mu\text{gC}$  avec un ratio F<sup>14</sup>C de  $0.93 \pm 0.30$ .

# Naissance, vie et mort d'une tradition technique lithique : exploration de l'influence du climat sur l'apparition, la généralisation et la disparition du Rayssien pendant le Gravettien moyen et récent en France (32-26.5 ka calBP)

Anaïs Vignoles<sup>1,2</sup>, William E. Banks<sup>2,3</sup>, Laurent Klaric<sup>4</sup>

1 Université de Liège (ULg) – Faculté de Philosophie et Lettres, service d'archéologie préhistorique, place du XX Août, 4000 Liège, Belgique

2 University of Kansas (KU) – 1450 Jayhawk Blvd, Lawrence, KS 66045, États-Unis

3 De la Préhistoire à l'Actuel : Culture, Environnement et Anthropologie (PACEA) – CNRS, Ministère de la Culture, Université de Bordeaux, EPHE, INRAP, Université Paris Sciences et Lettres – Université de Bordeaux, 33615 Pessac, France

4 Technologie et Ethnologie des Mondes Préhistoriques (TEMPS) – CNRS, Université Panthéon Sorbonne, Université Paris Nanterre, Ministère de la culture, INRAP – MSH Mondes, Nanterre, France

Une hypothèse fréquente en archéologie met en relation la variabilité de la culture matérielle et le contexte environnemental des humains qui la produisaient. Dans cette présentation, nous proposons de réfléchir aux facteurs culturels et environnementaux qui ont influencé l'apparition, la généralisation et la disparition de la tradition lithique du Rayssien pendant le Gravettien moyen (ca. 31-28.5 cal BP). Cette dernière est caractérisée par une méthode originale de production d'éléments d'armatures de chasse, qui diffère conceptuellement de celles utilisées avant (Noaillien) et après (Gravettien récent) elle. L'initialisation et la terminaison de cette tradition sont chronologiquement associées à des périodes d'instabilité climatique, comme l'événement de Heinrich 3 pour son apparition ou l'amélioration climatique du GI4 pour sa disparition. Toutefois, ces corrélations chronologiques n'impliquent pas nécessairement un changement dans les environnements occupés par les populations porteuses de ces traditions techniques. Pour vérifier cette hypothèse, il est pertinent d'utiliser une approche quantitative et interdisciplinaire permettant d'intégrer les données archéologiques et paléoenvironnementales : la modélisation de niches éco-culturelles.

Nous évaluons à quel point la trajectoire technologique du Rayssien est influencée par l'occupation de conditions environnementales différentes. Pour ce faire, nous avons construit un inventaire critique de sites pouvant être attribués au Noaillien, au Rayssien et au Gravettien récent. Nous avons ensuite choisi des variables climatiques simulées à partir du modèle climatique HadCM3b (Armstrong et al. 2019) afin de représenter l'environnement : les moyennes, maxima et minima annuels de température, précipitation et épaisseur de neige. Deux scénarios chrono-culturels ont été explorés : (1) le premier est basé sur Banks et al. 2019, dans lequel nous comparons le Noaillien pyrénéo-cantabrique avec l'ensemble du Gravettien moyen au nord de la Garonne autour de 30 ka, puis ces deux unités archéologiques avec le Gravettien récent à 28.5ka. (2) Le deuxième est basé sur Banks et al. 2024, dans lequel nous comparons le Noaillien à 31 ka avec le Rayssien à 30ka, puis le Rayssien à 30ka avec le Gravettien récent à 28.5ka. Nous avons modélisé les niches éco-culturelles associées à ces unités archéologiques sous forme d'ellipsoïdes dans un environnement tridimensionnel, puis nous les avons évaluées et comparées statistiquement. Les modèles ont également été projetés dans l'espace géographique et comparés.

Nos résultats indiquent que les changements technologiques et dans la distribution géographique des sites sont associées à des dynamiques de niches éco-culturelles dans des dimensions environnementales et géographiques. A partir de ces résultats, nous proposons un scénario interprétatif qui souligne le rôle

de l'environnement ainsi que son interaction avec des facteurs sociaux dans la délinéation de mécanismes impliqués dans la trajectoire culturelle du Rayssien.

# La disparition des Néandertaliens et le changement climatique

Anna Degioanni <sup>1</sup>, Sandrine Cabut <sup>1</sup>, Silvana Condemi <sup>2</sup>, Robin S. Smith<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire Méditerranéen de Préhistoire Europe Afrique (LAMPEA) – Aix Marseille Université, CNRS, Ministère de la Culture et de la Communication – MMSH 5 rue du château de l'horloge, 13094 Aix-en-Provence, France

<sup>2</sup> Anthropologie bio-culturelle, Droit, Ethique et Santé (ADES) — CNRS, AFS, Aix-Marseille Université, Ministère de la Culture, AP-HM, — 13344 Marseille Cedex, France

<sup>3</sup> NCAS, Department of Meteorology, University of Reading (NCAS) – Reading, UK, Royaume-Uni

Après avoir été l'espèce humaine dominante en Europe pendant plus de 200 000 ans, *Homo Neanderthalensis* (les Néandertaliens) a disparu vers 40 000 ans BP (Before Present). Plusieurs propositions ont été faites pour expliquer cette disparition. Pendant longtemps, la compétition (directe ou indirecte) avec *Homo sapiens*, arrivé en Europe à la même époque, a été considérée comme la responsable principale. Au cours du temps, cette proposition a été abandonnée, faute de preuves. Des chercheurs ont également avancé que le changement climatique avait pu réduire l'espace vital de cette population, rendant sa disparition plus rapide.

Afin de tester cette hypothèse, nous avons modélisé, à l'aide de reconstructions paléoenvironnementales, les niches écologiques des Néandertaliens en Europe entre 90 et 50 kyr BP.

Nous proposons de discuter nos résultats, qui nous ont permis d'obtenir des cartes de répartition des niches " favorables " aux Néandertaliens au cours du temps.

## 2 - Le rôle de l'éducation formelle dans l'adaptation aux changements climatiques

# Jeu pédagogique Funambule Efedserre

Jean-Jacques Auché <sup>1</sup>

<sup>1</sup> privé, France

Le jeu est encore en phase expérimentale et nécessite des ajustements de la part de scientifiques volontaires qui pourraient consacrer un peu de temps à une relecture. Ce jeu doit être édité en 2025.

## Objectif :

Puisque le climat est l'affaire de tous, le jeu tente de vulgariser les données scientifiques afin de les rendre accessibles au grand public, aux élus et aux scolaires (fin collège et lycée). Les joueurs sont guidés vers l'objectif unique de comprendre le processus du climat afin de mieux agir.

## Composition du jeu :

Un plateau central 50 cm \* 50 cm - 7 fiches étapes - 7 quiz - 1 dé 10 faces - des fiches explicatives

## Mise en place des joueurs :

Une équipe solidaire (de 1 à 7 joueurs) va tenter d'établir le meilleur score.

## Les grands axes, comprendre :

les équilibres énergétiques entre l'espace, l'atmosphère et la Terre.

les influences des uns vers les autres (espace, atmosphère, Terre).

## Certains termes scientifiques.

Un thème par étape :

- Effet de serre
- Rayonnement solaire
- Rayonnement terrestre
- Transfert thermique non radiatif
- Emission infrarouge des nuages vers l'espace
- Emission infrarouge de l'atmosphère vers l'espace
- Emission infrarouge de l'atmosphère vers la Terre

## Procédure :

- positionner le plateau au centre des joueurs avec les 7 fiches scientifiques,
- à chaque étape, le joueur désigné doit exécuter une tâche qui rapportera des points à son équipe,
- un thème différent sera détaillé à chaque étape,
- l'enchaînement des 7 étapes doit permettre de comprendre le climat dans sa globalité.
- un score basé sur la compréhension (les quiz) et la chance (le dé), est établi à la fin des 7 étapes.

## Qui a créé ce jeu ?

Un passionné d'environnement avec :

- Ses faiblesses : un simple citoyen qui s'intéresse à des thématiques qui impactent notre planète,
- Sa force : la volonté de croire que l'homme réagira si on lui donne les moyens de comprendre les risques avec des mots simples.



### Les attentes de l'auteur ?

La création d'un jeu pédagogique est un investissement conséquent pour un particulier non rattaché à une structure. Pourtant il est indispensable d'obtenir une validation scientifique. La réussite dépend surtout de scientifiques qui adhèreraient à cette démarche citoyenne, et qui par là-même consacraient quelques heures à une relecture qualitative du jeu. La passerelle entre scientifiques et le grand public est à ce prix.

### Les références de l'auteur ?

Pour prouver le sérieux de ma démarche, voici d'autres jeux environnementaux suivant le même modèle éditorial avec un plateau, 1 à 7 joueurs, 7 étapes avec fiches explicatives.

- Le jeu Bacter'eat qui explique pourquoi la population dans son ensemble doit améliorer ses rejets en eaux usées dans son quotidien (depuis son habitation) - Comprendre Azote, Nitrate, Phosphore, Micropolluants...Jeu commercialisé et conseillé par OiEau (Office International de l'Eau qui est d'utilité publique depuis 33 ans) - En cours de validation Education Nationale et ministère de la culture. Ce jeu est unique et innovant.
- Le jeu Professeur Lavidusol qui explique l'importance de la matière organique pour le climat avec l'objectif de lutter contre l'artificialisation des sols - Jeu en cours de test auprès du grand public, des élus et des scolaires - Ce jeu devrait être lancé en fabrication après validation scientifique, courant de l'année 2025.

JJ. Auché

06 15 32 18 89

preserver.yaigne@orange.fr

# Jeu pédagogique Professeur Lavidusol

Jean-Jacques Auché <sup>1</sup>

<sup>1</sup> privé, France

Le jeu est en phase expérimentale et nécessite des ajustements de la part de scientifiques volontaires qui voudraient consacrer quelques heures à une relecture. Ce jeu est prévu être édité en 2025.

## Objectif :

La matière organique est souvent oubliée quand on parle du climat. Elle a pourtant un rôle incontestable. Le jeu tente de vulgariser les données scientifiques afin qu'elles soient accessibles au grand public, aux élus et aux scolaires (collège et lycée). Les joueurs sont guidés vers l'objectif de comprendre la nécessité de préserver cette matière organique indispensable à notre vie.

## Composition du jeu :

Un plateau central 50 cm \* 50 cm - 7 fiches étapes - quiz - dé - 4 bacs de couleur - des jetons - des fiches explicatives.

## Mise en place des joueurs :

Équipe solidaire (max 7 joueurs) pour établir le meilleur score.

## Les grands axes :

- les conditions de vie dans le sol
- l'utilité de la vie dans le sol pour notre propre existence

## Un thème par étape :

- Effet de serre
- Aération des sols
- Êtres vivants dans le sol
- Alimentation d'une plante
- Rejets de gaz vers l'atmosphère
- Captage du Dioxyde de Carbone
- Restitution de l'Oxygène

## Procédure :

- Mettre le plateau au centre et les 7 fiches doivent être accessibles à chaque joueur à tour de rôle,
- Mettre les 4 bacs (Orange = sol / Vert = plantes / Bleu = atmosphère / Rose = réserve), à chaque étape, le joueur désigné doit exécuter, comme indiqué sur la fiche, une tâche de déplacement de jetons d'un bac à l'autre pour simuler les transferts naturels,
- à chaque étape, une explication est donnée via une fiche scientifique à lire à haute voix,
- l'enchaînement des 7 étapes permet de comprendre l'intérêt de préserver le sol.

## Pourquoi ce jeu ?

Pour parler artificialisation des sols

### Qui a créé ce jeu ?

Un passionné a créé ce jeu

- Ses faiblesses : non scientifique mais simple citoyen qui s'intéresse aux thématiques qui impactent notre planète,
- Sa force : l'optimisme de croire que l'homme réagira si on lui donne les moyens de comprendre les risques avec des mots simples.

### Attentes de l'auteur ?

Créer un jeu pédagogique est un investissement conséquent pour un particulier non rattaché à une structure. Pourtant il est indispensable d'obtenir une validation scientifique. La réussite dépend surtout de scientifiques qui adhèreraient à cette démarche.

### Références ?

D'autres jeux environnementaux suivant le même modèle éditorial.

- Le jeu Bacter'eat qui explique pourquoi la population dans son ensemble doit améliorer ses rejets en eaux usées dans son quotidien (depuis son habitation) - Comprendre Azote, Nitrate, Phosphore, Micropolluants...Jeu commercialisé et conseillé par OiEau (Office International de l'Eau qui est d'utilité publique depuis 33 ans) - En cours de validation Education Nationale et ministère de la culture. Ce jeu est unique et innovant.
- Le jeu Funambule Efedserre qui tente d'expliquer les principes des équilibres de notre climat et les dangers que représentent les activités humaines - Jeu en cours de test auprès du grand public, des élus et des scolaires - Ce jeu devrait être lancé en fabrication après validation scientifique en 2025.
- Le jeu Matelot Gardelo qui explique l'importance des zones humides et des nappes phréatiques - Pour lutter contre l'artificialisation des sols - Gardez l'eau à la parcelle - Jeu en cours de test auprès du grand public, des élus et des scolaires.

### Contact :

JJ. Auché

06 15 32 18 89

preserver.yaigne@orange.fr

# What the future ocean has in common with an asthma attack

Giovanni Aloisi <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Institut de physique du Globe de Paris – Institut de Physique du Globe de Paris – France

Ocean acidification and ocean deoxygenation are consequences of anthropogenic CO<sub>2</sub> emissions that are unfamiliar to the general public. Mostly, because lay audiences cannot understand the complex chain of physical and chemical processes that drives these phenomena. This demands that communicators find clear, simple and psychologically effective language to frame ocean health issues in familiar terms. From antiquity to the Renaissance, and independently across multiple cultures, premodern thinkers have conceptualized the Earth in terms of the human body. This is not surprising given that metaphor lies at the core of human understanding. Building on this premodern tradition, I found a system of mathematical equations that calculates the chemical composition of the human body or the ocean, when forced by human physiological or oceanographic parameters, respectively. Based on this result, I use structural similarities between the human body and the ocean to build an extended analogy that introduces the basic functioning of the oceanic CO<sub>2</sub> and O<sub>2</sub> cycles to the general public. The analogy extends to ocean acidification and deoxygenation, that have parallels in the acidification and deoxygenation of the human body caused by an asthma attack. These analogies, and their corresponding metaphors, provide ocean health communicators with an array of statements that provoke interest in, and explain the origin of, declining ocean health.

# The role of awareness and skills development in Decathlon's climate strategy.

Francois Beny <sup>1</sup>, Marion Chenivresse <sup>1</sup>, Chen Chung Tan <sup>1</sup>, Delphine Le Guen <sup>1</sup>,  
Salomé Kraemer <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Décathlon – Entreprise – 4 Rue Professeur Langevin, 59000 Lille, France

In a context of rising public expectations, regulation intensification, and increasing climate risks for companies, many environmental strategies are defined. However, many carbon lock-ins disrupt their implementation. This work explores the raising of awareness and climate change skills as a way to overcome some carbon lock-ins and obstacles to adaptation strategies. The main types of competencies necessary to implement environmental strategies as well as blockages met in the company have been identified. This enabled the infusion of a climate strategy within the company project and the establishment of an upskilling plan for Decathlon's employees at the global level. This work highlights lock-ins and obstacles that can be removed thanks to training, but also shows its limits. Among the latter, skill development alone appears insufficient and need to be accompanied by a competency organisation including technical referents on key subjects and integration of key performance indicators (KPIs) in employee's missions. This work also exposes the challenge companies face on having to balance their sustainable development goals and their economic growth objectives.

# Climat Tic-Tac : un jeu coopératif pour l'éducation et la sensibilisation au changement climatique

François Dulac <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (LSCE) — CEA, CNRS, Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines – Université Paris-Saclay, 91191 Gif-sur-Yvette Cedex, France

Pour sensibiliser au changement climatique (cause, impacts, limitation, adaptation), le projet de médiation scientifique ClimaTicTac (<https://climatictac.ipsl.fr>) initié par le LSCE et l'IPSL, a produit, avec l'Association Science Technologie Société (ASTS), un jeu coopératif de plateau pour 5 joueurs max. maîtrisant lecture et abstraction (env. 10 ans au moins). Les joueurs ont pour objectif de préserver l'habitabilité de la planète au XXIème siècle. Ils ont chacun un potentiel d'actions limité et doivent, par leurs choix et stratégie collective, limiter à la fois (i) le nombre de grandes villes du monde rendues inhabitables par l'accumulation d'impacts des aléas climatiques qui se succèdent au hasard des cartes, et (ii) le réchauffement global lié à la teneur atmosphérique en CO<sub>2</sub>. Des challenges ludiques sont proposés aux joueurs pour tenter d'améliorer l'impact de leurs actions. L'équipe ClimaTicTac constituée d'une vingtaine de personnes a été médaillée par le CNRS.

Le jeu est basé sur l'état des connaissances et simule de nombreux mécanismes : récurrence des émissions de CO<sub>2</sub>; croissance associée du niveau de CO<sub>2</sub> dans l'air et son lien avec le niveau de réchauffement global ; effet de seuil de réchauffement déclenchant des rétroactions positives et la répétition des événements extrêmes ; variabilité de la vulnérabilité des villes et régions du monde ; perte de l'habitabilité des villes du fait de l'accumulation de dommages climatiques sur la santé des habitants, leurs ressources alimentaires, et les infrastructures ; hasard de la localisation des dommages ; migrations climatiques ; tension progressive de la situation dans le futur ; variété d'actions de limitation et d'adaptation et variabilité des échelles (du local au global) et des acteurs (des citoyens aux organismes internationaux) ; limitation des actions possibles simultanément et intérêt de coopérer pour optimiser les choix ; empathie nécessaire envers les populations les plus à risque ; existence de solutions technologiques risquées de limitation, etc. Une option semi-coopérative est proposée dans laquelle chaque joueur a la responsabilité d'intérêts particuliers. Les animateurs de l'IPSL, de l'ASTS, et d'autres acteurs de la médiation qui se sont emparés du jeu, accompagnent des sessions pour tous publics à partir du collège, incluant un debriefing.

Initialement développé pour l'enseignement secondaire, le jeu a été distribué dans plusieurs centaines de collèges franciliens par les collectivités locales. Des traductions des contenus sont disponibles dans quelques langues. Bien perçu aussi par le grand public, il est commercialisé en version française par l'éditeur Bioviva depuis sept. 2021 sous le nom Climat Tic-Tac. Une version vidéo adaptée à divers types de systèmes informatiques, jouable seul.e, réalisée par l'association Games for Citizens, est disponible en ligne sur la plateforme de jeux vidéo pédagogiques Ikigai hébergée par Sorbonne Université (<https://ikigai.games/games/gameDetails/105>). Une version Océan est en projet dans le cadre du nouveau projet FORTEIM de formation des métiers de la mer à la transition.

# ClimarisQ: A game on the complexity of the climate systems and the extreme events

Faranda Davide <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (LSCE) — CEA, CNRS, Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines – Université Paris-Saclay, 91191 Gif-sur-Yvette Cedex, France

ClimarisQ is a smartphone/web game from a scientific mediation project that highlights the complexity of the climate system and the urgency of collective action to limit climate change. It is an app-game where players must make decisions to limit the frequency and impacts of extreme climate events and their impacts on human societies using real climate models. ClimarisQ has also an educational tool that helps to understand: The urgency of collective action to limit the adverse effects of climate change (The importance of limiting greenhouse gas emissions). The multiplicity of interacting climate components as well as the nonlinearities of the processes underlying climate dynamics (Delayed effects, amplification, rebound effects). The problems of predicting and projecting extreme weather events (Unpredictable locations and timing but predictable frequencies). Explore the effects of mitigation and adaptation choices to extreme climate events at the local, regional and global levels. Could you achieve a greener trajectory than the IPCC RCP 4.5 emission scenario? Explore the feedback mechanisms (notably physical, but also economic and social) that produce extreme effects on the climate system. Make decisions on a continental scale and see the impact of these decisions on the economy, politics and the environment. Deal with extreme events (heat waves, cold waves, heavy rainfall and drought) generated by a real climate model. Try to balance the "popularity", "ecology" and "finance" gauges as long as possible. Fullfill all the missions to explore different climates. The game-over displays both the PPM (parts per million) of CO<sub>2</sub> deviation from the intermediate scenario of greenhouse gas emissions established by the IPCC (RCP4.5), as well as the number of survival game turns. These elements stimulate thinking about climate change and motivate the player to do better next time. Thanks to the hazards introduced by the extreme events and cards, every game is different!

Play/Download the game at: <https://climarisq.ipsl.fr/en/> also available in French/English and Italian

# The Role of Peer Education in Climate Adaptation: Empowering Structural Engineers through Innovative Life Cycle Assessment Tools

Sandie Kate Fenton <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire de l'École d'Architecture de Versailles (LéaV) — CY Paris université — 5, avenue de Sceaux, 78006 Versailles, France

As the building sector strives for carbon neutrality, the role of education in equipping structural engineers with the tools to address environmental challenges is becoming increasingly critical. While the implementation of Life Cycle Assessment (LCA) is recognized as essential for reducing the carbon footprint of buildings, the integration of such methods into the daily practice of engineers remains a challenge. This research explores innovative approaches to educating structural engineers on the principles of LCA, with an emphasis on the development of accessible, visual, and practical tools for rapid decision-making during the design process.

Fostering a culture of knowledge-sharing within engineering teams is paramount to addressing the growing complexity of sustainability goals. To that end, this study investigates strategies for peer-to-peer education, focusing on real-time visualizations of embodied carbon impacts and interactive tools that make LCA data more accessible and understandable. By embedding userfriendly LCA plug-ins into commonly used design software, engineers can not only calculate the environmental impacts of their design decisions but also visualize these impacts in a way that facilitates communication and collaboration across teams.

Furthermore, the research emphasizes the importance of collecting and sharing in-house data to create a feedback loop for continuous learning. This not only supports more informed decisionmaking but also aids in building a collective knowledge base that enhances the understanding of project footprints over time.

In examining the intersection between formal education, workplace training, and climate adaptation, this study aims to demonstrate how accessible, practical, and visual tools can serve as powerful educational instruments. By doing so, it offers insights into how structural engineers can be better equipped to meet sustainability objectives and contribute to climate adaptation through informed, proactive decision-making.



# Les nouveaux défis de l'orientation scolaire face au réchauffement climatique

David Goeury <sup>1,2</sup>, Khadija Zahi <sup>3</sup>

<sup>1</sup> MÉDIATIONS - Sciences des lieux, sciences des liens – Sorbonne Université – France

<sup>2</sup> Haute Ecole Spécialisée de Suisse Occidentale - Genève (HES-SO Genève) – Suisse

<sup>3</sup> Université Cadi Ayyad [Marrakech] – Maroc

La question de l'éducation au réchauffement climatique est principalement abordée à travers la question des savoirs et des conduites appropriées. Elle relève massivement d'un transfert de connaissances scientifiques à des jeunes considérés comme ignorants car éloignés des réalités terrestres. Ces présupposés établis depuis des contextes urbains de pays tempérés sont cependant remis en question dans le cas de jeunes lourdement affectés par le réchauffement climatique et notamment la sécheresse dans des espaces ruraux arides de pays à revenus moyens. Ces jeunes adolescents doivent être considérés de fait comme des sentinelles face au réchauffement climatique. En premier lieu, ils apparaissent particulièrement informés sur les effets concrets du réchauffement climatique dont ils décrivent l'impact à l'échelle territoriale, familiale et personnelle. En second lieu, ils doivent opérer des choix d'orientation scolaire immédiats dans un contexte d'effondrement de leurs repères environnementaux.

En menant enquête au sein d'un internat rural de la région de Souss-Massa au Maroc auprès de 103 jeunes de 12 à 20 ans, nous avons pu observer combien le réchauffement climatique impactait lourdement la scolarité des jeunes et tout particulièrement des garçons. En démultipliant les outils d'observation (groupes de parole, questionnaires, investigations filmiques, observation participante), nous avons observé un très profond découragement des garçons, croissant avec l'âge, notamment du fait de la disparition des activités agricoles, tandis que les jeunes filles maintiennent un optimisme scolaire.

Nous souhaitons ici présenter une partie de nos résultats en nous focalisant sur la relation entre poursuite d'étude, perspectives d'orientation et ressenti du réchauffement climatique.

Il apparaît alors un phénomène d'inversion des rapports de genre au sein de l'institution scolaire : les jeunes filles apparaissent comme davantage en situation de réussite profitant pleinement des opportunités éducatives alors que les jeunes garçons souffrent d'une démoralisation croissante générant un cercle vicieux entre leurs résultats scolaires, leur bien-être et la possibilité de la construction d'un avenir. Les 103 questionnaires révèlent une divergence croissante entre des jeunes garçons qui subissent une forte pression sociale et doivent rapidement arbitrer entre l'arrêt des études, la recherche d'un emploi peu qualifié ou une formation professionnelle et des jeunes filles relativement préservées par leur famille et l'institution scolaire qui peuvent construire des perspectives de poursuites d'étude dans le supérieur. Notre échantillon vient donc éclairer autrement les effets des politiques éducatives et du réchauffement climatique sur les dynamiques genrées. Il s'agit alors de prendre en considération le réchauffement climatique dans les choix d'orientation des jeunes et notamment des garçons. En effet, il apparaît que la poursuite d'étude mais aussi le bien être scolaire des jeunes garçons ruraux est associé pour nombre d'entre eux à la possibilité de cumuler des petites activités agricoles sources de revenus pour eux et leur famille. Or, la disparition de ces activités accélère leur décrochage scolaire du fait d'un profond sentiment de découragement mais aussi de pauvreté.

# L'Office for Climate Education (OCE), une initiative au service de la communauté des sciences du climat

Eric Guilyardi <sup>1,2</sup>, David Wilgenbus <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire d'Océanographie et du Climat : Expérimentations et Approches Numériques (LOCEAN) – Sorbonne Université, CNRS, MNHN, IRD — 4 place Jussieu - 75252 Paris Cedex 05, France

<sup>2</sup> National Centre for Atmospheric Science [Leeds] – School of Earth and Environment, University of Leeds — Leeds LS2 9JT, Royaume-Uni

<sup>3</sup> Office for Climate Education (OCE) – CNRS, Sorbonne Universités, UPMC, CNRS, IRD, MétéoFrance – France

La science seule ne peut pas nous guider sur la manière de faire face à la crise environnementale. Ce défi concerne également la manière dont nous envisageons de vivre ensemble, ce à quoi nous tenons collectivement et le niveau de risque que nous sommes prêts à assumer. Il s'agit fondamentalement du type de société auquel nous aspirons, ce qui fait de l'éducation un élément central. Inspiré par l'Accord de Paris, le temps est venu de l'éducation au climat. Cette éducation tire son élan en particulier des aspirations et de la mobilisation des jeunes, ce qui en fait l'une des actions les plus transformatrices en réponse au changement climatique.

Pour répondre à ce besoin, l'Office for Climate Education (OCE) a été créé en 2018 par la fondation La Main à la pâte et la communauté des scientifiques du climat. La vision de l'OCE est un monde dans lequel la jeunesse est équipée d'une solide compréhension des enjeux du changement climatique et de la transition écologique, ainsi que des compétences pour agir en tant que citoyens dans un monde en mutation. Pour donner corps à cette vision, la mission de l'OCE est d'apporter aux professeurs de l'école primaire et secondaire, sur tous les continents, les moyens d'intégrer dans leur enseignement les concepts et enjeux liés au changement climatique. En tant que centre sous l'égide de l'UNESCO et co-ordinateur du Greening Education Partnership des Nations Unies, il s'agit également pour l'OCE d'apporter son expertise aux systèmes éducatifs dans le monde entier.

L'OCE, qui a des liens privilégiés avec le GIEC, en traduit et adapte les rapports pour l'école. Avec plus de 100 ressources produites, validées scientifiquement et pédagogiquement, multilingues et disponibles gratuitement, 100 000 enseignants formés (2-5 à jours en moyenne) et près de 3 millions d'élèves bénéficiaires dans 20 pays, l'OCE permet de professionnaliser, de rendre visible et pérenne l'engagement de la communauté des scientifiques du climat en faveur de la littéracie climatique pour tous.

# Cognitive Development and Climate Change: Becoming actor of transformation

Annamaria Lammel <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Université Paris 8, Laboratoire Paragraphe – Université Paris VIII Vincennes-Saint Denis : EA349 – France

The inexorable reality of climate change, is accompanied by profound global consequences. The imperative to act and alter human behavior is now an inescapable call, particularly when viewed through the lens of behavioral science (Williamson, K., et al. 2018; Whitmarsh, L., et al., 2021). The pathway to individual engagement in sustained, climate-oriented actions is heavily contingent on the presence of a comprehensive and lucid conceptual framework (Lammel, 2022). The enhancement of cognitive development can be achieved through the construction of stable and complex scientific concepts related to climate change (Guy et al., 2014; Shi et al., 2016). The present study aims to investigate the process of conceptual construction of climate and climate change in french children (8/9 years) and early adolescents (12/13 years) (N=189). The research hypothesis posits that as individuals age, their cognitive representations tend to converge with those of experts in the field. They engaged in conventional verbal association tasks, followed by semi-structured individual interviews. Analysis of the verbal association task results reveals that the conceptualization of climate and climate change are in a dynamic state of construction across all participants, with a relatively higher level of stability noted in the 12/13-year-old cohort. Semi-structured interviews facilitated an in-depth analysis of several cognitive domains, including definition, temporal judgment, causal attribution, risk estimation, and reasoning assessment.

The results show that the conceptualization of climate as an assemblage of objects and its conflation with immediate weather conditions emerge as significant cognitive obstacles impeding comprehension. These cognitive challenges can lead to difficulties in the formulation of the concept of climate change. Our findings underscore that among children and adolescents, a consensus prevails with no substantial distinctions. However, the findings demonstrate that as adolescents age, they tend to express their perception of the severity of the risk in terms of negative consequences for humans.

The study offers a novel contribution to the field by highlighting the importance of specific cognitive capacities in shaping perceptions of climate change, which is crucial for fostering engagement and promoting pro-environmental, transformative behaviors among young people in the present climate crisis. Education is posited as a key lever for enhancing climate change understanding through system-thinking approaches, experiential teaching, and improved didactic methods. By supporting the construction of stable and complex scientific concepts related to climate and climate change, formal education can empower children and adolescents to become active agents in fostering a sustainable future.

## References

- Guy, S., et al. (2014). *Investigating the effects of knowledge and ideology on climate change beliefs*. *European Journal of Social Psychology*, 44 (5), 421-429.
- Lammel, A. (2021). *L'esprit connecté: connaissances culturelles et cognition*. Paris: L'Harmattan.
- Whitmarsh, L., et al. (2021). *Behaviour change to address climate change*. *Current Opinion in Psychology*, 42, 76-81.
- Williamson, K., et al. (2018). *Climate change needs behavior change: Making the case for behavioral solutions to reduce global warming*. Rare: Arlington, VA, USA.

# Synthèse des retours des stagiaires A l'issue de 4 années de l'atelier "Ma terre en 180minutes"

Brigitte Nonque <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Université Grenoble Alpes (UGA) – Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique – CS 40700, 38058 Grenoble cedex, France

Ma Terre en 180', Un atelier validé par le groupe Expérimentation de Labos1point5.

Ma Terre en 180' est le 1er atelier collaboratif issu du monde académique visant à construire des scénarios de réduction de l'empreinte carbone. Son objectif est d'amorcer, de manière ludique, des discussions autour de l'empreinte carbone d'un laboratoire en questionnant les déplacements (aérien, train, voiture, bateau) et les activités (missions terrain, modélisation, conférences etc.), puis de faire remonter des propositions de mesures à mettre en œuvre pour la réduire de 50 %.

Des exemples de tables seront présentés lors de cette communication.

Les participants à l'atelier découvrent d'abord des documents de sensibilisation à la problématique climatique et notent leurs réactions sur des post-its qui constituent un " rapport d'étonnement ". Ce Jeu sérieux est une formidable occasion de faire remonter des propositions venant du terrain, en mode " bottom up ". Il peut ainsi constituer un outil précieux de participation à la construction de programmes de limitation de l'empreinte carbone. A l'instar des jeux de rôles organisés également dans de grandes entreprises, il permet d'aider à la décision en simulant une situation réelle impactante.

Sous la houlette de l'IGE, l'Institut des Géosciences de l'Environnement de Grenoble, en 4 ans, plus de 2000 personnes ont participé à plus de 400 ateliers organisés dans 60 villes et une dizaine de pays.

A ce jour, nous disposons d'un panel de 900 retours au questionnaire diffusé à l'issue des ateliers. Les questions posées sont les suivantes :

Quels sont les faits/chiffres qui vous ont surpris ?

Quel est pour vous le rôle de la Recherche ? En quoi la diminution de son empreinte carbone vous paraît cruciale ?

Quelles sont les premières pistes à explorer ?

Intervenant : Quels écueils avez-vous identifiés ?

Votre avis sur les documents diffusés ?

Vos commentaires ?

Lors de cette communication, nous présenterons une synthèse chiffrée de cette enquête. A titre d'exemple :

80 % des personnes sont convaincues de l'importance du transport dans le bilan carbone des activités de recherche.

Les deux écueils émis par les participants aux ateliers sont : l'acceptabilité des mesures à prendre par les chercheurs et la difficulté de remettre en cause les usages.

Les chercheurs sont bien informés de l'urgence du réchauffement climatique, ils ont un rôle

d'exemplarité important. Les besoins d'information qui sont exprimés concernent : l'importance d'exemples concrets des conséquences du changement climatique notamment sur la biodiversité, l'urgence de la sobriété numérique et les impacts sociétaux.

" Après cette claque que je viens de me prendre, j'ai besoin d'être rassuré et un document disant que de véritables actions peuvent vraiment faire changer les choses est indispensable. Merci d'avance ! " - Retour d'un stagiaire de " Ma Terre "

D'abord conçu et diffusé dans le cadre de la Recherche, cet atelier est un tel succès qu'il nous a conduit à concevoir de nouveaux scénarios, des " tables ", qui commencent à être déployées à l'intention de nouveaux publics de l'enseignement : personnels administratifs, étudiants et lycéens.

Nous retrouver sur : <https://materre.osug.fr>

New : La trousse pédagogique pour le secondaire : <https://www.materre-enclasse.org>

# Sensibiliser à l'évolution des modes d'habiter l'espace littoral languedocien par la médiation environnementale et paysagère

Camille Provendier <sup>1</sup>, Laurent Fabre <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Archéologie des sociétés méditerranéennes (ASM) — CNRS, Ministère de la Culture, Université Paul Valéry Montpellier 3, INRAP — Université Paul-Valéry, 34090 Montpellier

L'objet de la présentation concerne un travail de recherche portant sur l'identification et l'évaluation de leviers et de marges de progrès de la médiation environnementale et paysagère dans la sensibilisation des usagers aux changements de pratiques et manières d'habiter l'espace littoral. Nous plaçons l'apport de connaissances et l'alimentation des représentations qui favorisent la prise de conscience des individus au cœur des enjeux d'une recomposition politique de l'Anthropocène en contribuant à la formation d'individus conscients et situés (Puech, 2010 ; Descola, 2017 ; Charbonnier, 2020). Le choix d'une approche expérientielle de la géographie (Leininger-Frézal, 2020) nous a amené à remobiliser les travaux de Patrick Geddes qui interroge le rapport à l'espace des différents êtres vivants qui le composent. Son approche transdisciplinaire du paysage (Geddes, 1905, 1915) donne une large place à l'expérience sensible associée à l'investigation scientifique (Kraus, 2020). Geddes se place donc en précurseur d'une vision unitaire des interrelations entre milieu naturel et milieu humain, et de la capacité d'agir sur une réalité locale qu'elle apporte. A partir de ces différents constats, nous cherchons à définir et à tester des liens créatifs et renouvelés entre sciences et société au travers de deux études de cas. La première restitue le potentiel d'appropriation des enjeux liés à l'alimentation durable dans le cadre d'un dispositif de géographie expérientielle sur l'ancrage culturel et historique de " paysages nourriciers " auprès d'un public scolaire sur le territoire du bassin de Thau. La seconde remobilise l'éclairage de la pensée geddesienne sur le rapport à l'espace comme facteur d'unité et de paix dans une exposition réalisée avec l'association Patrick Geddes France à l'occasion du centenaire de la fondation du Collège des Ecossais à Montpellier. Les médias expographiques, associés à une approche immersive et expérientielle dans le paysage, activent des mécanismes d'appropriation sensible, notamment par l'effet de l'émotion esthétique. L'enjeu étant, comme avec la pédagogie d'éveil et l'approche ludique, de susciter l'envie d'agir sous l'effet d'une expérience positive dans le milieu naturel (Navarro, 2022). Le cadre de l'action collective permet aux individus de refaire société sur la base des enjeux environnementaux, et contribue ainsi à une réappropriation de leur capacité d'agir (Ion, 2012 ; Latour, 2022). En nous inspirant des travaux de Patrick Geddes, nous soulignons les enjeux d'une approche humaniste dans les démarches pédagogiques et éducatives à l'heure de l'Anthropocène. Le souci du bien-être des populations, qui animait les héritiers du courant vitaliste comme Geddes et Reclus, entrant en résonance avec celle de philosophes du 21e siècle (Latour, 2021 ; Stengers, 2019 ; Morizot, 2020), est le meilleur rempart contre l'écoanxiété, la peur et le repli sur soi qui engendrent inaction et prostration.

Ce travail de recherche participative et située s'inscrit dans une dynamique spatiale multiscalaire et transdisciplinaire, touchant à la fois les politiques culturelles et éducatives, la société civile et l'université à même de pérenniser les liens entre sciences et société dans une démarche de coproduction de savoirs.

# L'éducation formelle peut-elle répondre aux enjeux d'éducation à la complexité de l'adaptation aux changements climatiques ?

Lionel Scotto D'apollonia <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Chaire UNESCO Complexité - LIRDEF - Artistes – Université Montpellier II - Sciences et techniques, Ecole Nationale Supérieure d'Architecture de Montpellier, École Nationale Supérieure d'Architecture de Montpellier – Montpellier, France

Je vous propose dans cette communication un retour d'une vingtaine d'année d'expérience en tant que praticien et théoricien des questions liées à l'efficacité de l'éducation formelle et aussi informelle dans l'adaptation aux changements climatiques. Les sciences de l'éducation ont investi la thématique du développement durable et ont permis de renouveler les approches vers et pour une approche curriculaire (Lange, Victor, 2006). Or l'éducation à la compréhension de la complexité des mécanismes climatiques et des enjeux sociaux et politiques s'avère un défi de taille. Aux difficultés de réforme structurelle de l'éducation nationale s'ajoute celles liées à la mutation profonde et soudaine des systèmes d'information et de communication dans un contexte de remise en question de la science : l'ère des " fake news " et de " post-vérité " (Proctor, Schiebinger, 2008 ; Girel, 2018). Il s'avère difficile voire parfois contreproductif de développer une éducation présentant l'activité scientifique telle qu'elle est, c'est-à-dire au regard des fronts de controverses, des incertitudes voire de ses zones d'ignorance qui sont pourtant essentielle à une praxis compréhensive climatique (Scotto d'Apollonia, 2022). Aussi fort de nombreux échecs, de construction de dispositifs didactiques infructueux, des nombreuses difficultés éprouvées, des freins vécus et des barrières rencontrées, le dispositif éducatif Artistes " Plan Climat Lycée " présente un double intérêt. D'une part il permet de développer une éducation à la complexité climatique sur les plans scientifiques, politiques et sociaux relativement efficace. D'autre part il représente un marqueur pertinent (un proxy) permettant de mettre au jour l'inertie, les freins et les potentiels leviers sur l'écosystème éducatif sur lequel il tend à agir. Je vous propose de discuter des possibilités de s'extraire des limites de l'éducation formelle et tout autant de celle du dispositif d'éducation informelle " Plan Climat Lycée ". Enfin nous pourrions ouvrir la discussion sur les possibilités de couplage des deux modalités éducatives afin de développer des éducations sur les plans sociaux politiques et scientifiques, à la citoyenneté, à la démocratie, à la responsabilité, à la complexité et à l'esprit critique.

# Paleosaurus, le thesaurus de paléoclimatologie

Stela Suhan <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Direction des Bibliothèques, de l'Information et de la Science Ouverte (DiBISO) – Université Paris-Sud - Université Paris-Saclay, 91405 Orsay, France

Fruit d'une collaboration entre des paléoclimatologues et des experts de l'information scientifique, ce thésaurus décrit et structure pour la première fois plus de 2000 termes et concepts de la discipline, en français et en anglais.

Ce nouvel outil au service de la communauté scientifique 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.

La vidéo créée par le prestataire TopoVideo à la demande et en collaboration avec la Direction des Bibliothèques, de l'Information et de la Science Ouverte, présentera d'une manière synthétique la genèse de ce travail ainsi que les usages possibles du thésaurus pour la communauté scientifique.

Paleosaurus est consultable sur la plateforme nationale des terminologies scientifiques (Loterre) de l'Institut de l'information scientifique et technique (INIST).

Le lien vers la vidéo : <https://www.youtube.com/watch?v=sR3hZKieSyc>

Le Paleosaurus est consultable ici : <https://skosmos.loterre.fr/QX8/fr/>



# Ouragame : un jeu pédagogique issu d'un projet de recherche

Delphine Grancher <sup>1</sup>, Brice Anselme <sup>2</sup>, Paul Durand <sup>1</sup>, Sébastien Kerdreux <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire de géographie physique : Environnements Quaternaires et Actuels (LGP) – CNRS, Université Panthéon-Sorbonne, Université Paris-Est Créteil Val-de-Marne – 94320 Thiais, France

<sup>2</sup> Pôle de recherche pour l'organisation et la diffusion de l'information géographique (PRODIG) – CNRS, Université Panthéon-Sorbonne, Université Paris Cité, IRD, AgroParisTech – 2 rue Valette, 75005 Paris, France

Le jeu " Ouragame " est un jeu de plateau dont l'objectif est de reconstruire un territoire dévasté par un cyclone majeur. Conçu pour s'intégrer dans les programmes scolaires de géographie en 5<sup>ème</sup> et de SVT en 4<sup>ème</sup> (<https://lgp.cnrs.fr/ouragame>), Ouragame est issu des résultats d'un projet de recherche ANR Tirex (<https://tirex.univ-montp3.fr/index2.html>) centré sur la transmission des connaissances issues des retours d'expérience envers une diversité de public.

Le jeu est pensé pour être animé par un enseignant seul avec sa classe entière. Une partie de jeu dure environ une heure et peut ainsi être intégrée dans une séance scolaire classique. Ouragame a été joué par un millier d'élèves en France Hexagonale et en Outre-Mer, avec ou sans la présence des scientifiques à l'origine du projet. Bien qu'initialement conçu pour le contexte français, il a été traduit en anglais, en allemand et en espagnol et pensé pour être adaptable à la fois à d'autres aléas et d'autres publics.

La présentation met en avant les opportunités et la flexibilité pédagogiques offertes par le jeu, adaptées aux contextes locaux. En effet Ouragame a été joué dans des territoires exposés au risque cyclonique, dont certains ont été récemment gravement touchés. A Saint-Martin et à Saint-Barthélemy, les parties de jeux permettent aux joueurs de verbaliser leur propre expérience du cyclone Irma (2017), de comparer les situations de jeu avec leur propre territoire de manière ludique et positive. L'utilisation d'un jeu permet de couvrir à la fois les connaissances théoriques et scientifiques abordées dans le programme scolaire, de reprendre et d'expliquer les consignes de prévention et d'aborder la question de la reconstruction qui est toujours en cours sur ces îles. Les enseignants peuvent donc utiliser ce jeu dans un cursus quotidien ou bien de manière plus large, dans le cadre des journées thématiques, comme par exemple celles dédiées à la résilience face aux risques naturels ou à l'ouverture de la saison cyclonique. Le succès du déploiement du jeu réside dans l'adhésion des services académiques locaux. Ouragame a ainsi été intégré dans la formation continue des enseignants dans plusieurs académies, grâce au soutien des services éducatifs locaux, ce qui permet au jeu de s'inscrire durablement dans les pratiques pédagogiques. Afin de mesurer l'impact pédagogique du jeu, nous avons mené une enquête par questionnaire auprès des élèves et des enseignants lors des séances de jeu. Cette enquête nous permet d'évaluer la variété des ressentis des jeunes joueurs, d'identifier les attentes pédagogiques des enseignants et surtout de comprendre comment le jeu peut être transmis de manière autonome et pérenne.

### 3 - De l'impact social et sociétal du changement climatique à l'action et la transition

# Développement d'un modèle intégré pour évaluer l'impact des risques climatiques sur les petites îles

Mirna Badillo <sup>1</sup>, Virginie Duvat <sup>2</sup>, Goneri Le Cozannet <sup>1</sup>, Jérémy Rohmer <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) — BRGM — Orléans, France

<sup>2</sup> Littoral, Environnement et Sociétés (LIENSs) — CNRS, La Rochelle Université – Technoforum, 17031 La Rochelle, France

Objectif : développement d'un réseau bayésien pour évaluer l'impact du changement climatique sur les petites îles.

Les îles tropicales sont menacées par les changements climatiques tels que l'élévation du niveau de la mer, les niveaux marins extrêmes, et le réchauffement et acidification des océans (Mycoo et al., 2022). Une approche courante pour évaluer ces îles consiste à s'appuyer sur des méthodes multicritères et des jugements d'experts. Cependant, cette approche présente des limites, notamment des difficultés à intégrer les incertitudes.

Dans ce travail, nous proposons d'utiliser les réseaux bayésiens pour intégrer les connaissances des experts et les incertitudes, et réaliser une évaluation des risques. Nous utilisons la structure du modèle conceptuel et les jugements des experts qui ont précédemment évalué les risques pour l'habitabilité en 2050 et 2100 sur quatre îles d'atolls dans les océans Indien et Pacifique (Duvat et al., 2021). Nous explorons différents scénarios et discutons des avantages et des limites du modèle. Parmi les avantages de cette approche se trouvent le traitement explicite des incertitudes et la possibilité d'interroger les connaissances des experts de manière non triviale. Par exemple, les jugements des experts peuvent être utilisés pour évaluer les risques pour l'habitabilité et les incertitudes futures, ainsi que pour explorer des problèmes inverses tels que l'identification des facteurs qui peuvent entraîner des risques dépassant certains seuils spécifiques.

Notre travail suggère que les réseaux bayésiens, bien qu'exigeant un certain niveau d'expertise pour leur mise en œuvre, pourraient être utilisés pour évaluer les risques liés aux changements climatiques et le potentiel d'adaptation des systèmes socio-bio-physiques complexes.

Mots-clés : Risques climatiques, atolls, réseaux bayésiens, incertitudes, adaptation

## Références

Duvat, V.K.E., Magnan, A.K., Perry, C.T., Spencer, T., Bell, J.D., Wabnitz, C.C.C., Webb,

A.P., White, I., McInnes, K.L., Gattuso, J.-P., Graham, N.A.J., Nunn, P.D., Le Cozannet, G., 2021. Risks to future atoll habitability from climate-driven environmental changes. *WIREs Clim. Change* 12, e700. <https://doi.org/10.1002/wcc.700>

Mycoo, M., Wairiu, M., Campbell, D., Duvat, V.K.E., Golbuu, Y., Maharaj, S., Nalau, J., Nunn, J., Pinnegar, J., Warrick, O., 2022. Small Islands. In: *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Lösschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)). Camb. Univ. Press 2043–2121. <https://doi.org/10.1017/9781009325844.017>

# Évaluation de la vulnérabilité des ménages agricoles de l'île caribéenne d'Hispaniola au changement climatique

Jacky Duvil <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Identité et Différenciation de l'Espace, de l'Environnement et des Sociétés (IDEES) — Université Caen Normandie, Université Rouen, Université Le Havre, CNRS — 14032 Caen, France

Cet article évalue la vulnérabilité individuelle de 550 ménages agricoles, 430 en Haïti et 120 en République dominicaine, sur l'île caribéenne d'Hispaniola aux impacts du changement climatique. Cette évaluation est basée sur une approche intégrée, utilisant des variables socio-économiques et biophysiques. Les variables collectées pour chaque ménage agricole ont été regroupées en trois catégories : capacité d'adaptation, sensibilité et exposition. Une analyse des correspondances multiples (ACM) a été utilisée pour développer un indice de vulnérabilité pour chaque ménage agricole, permettant de les classer selon leur niveau de vulnérabilité aux impacts du changement climatique. Un modèle de régression logistique a ensuite été utilisé pour identifier les principaux facteurs influençant leur vulnérabilité. Les résultats ont révélé que sur l'île d'Hispaniola, 33,91 %, 32,09 % et 34 % des ménages agricoles étaient classés comme très vulnérables, vulnérables et peu vulnérables. En Haïti, ces proportions étaient de 36,74 %, 36,51 % et 26,75 %, tandis qu'en République dominicaine, elles étaient de 20 %, 20 % et 60 %. Les ménages agricoles disposant d'un crédit très accessible (OR = 0,16,  $p < 0,001$ ) et d'une éducation universitaire (OR = 0,05,  $p < 0,001$ ) étaient relativement moins vulnérables aux impacts du changement climatique que leurs homologues.

# Pacific Ocean Pathways : trajectoires de durabilité en océanie

Alexandre Ganachaud <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire d'Études en Géophysique et Océanographie Spatiales (LEGOS) – CNRS, Université Toulouse 3, IRD, CNED  
– 14 avenue Edouard Belin, 31400, Toulouse, France

Le projet PACPATH vise à établir une stratégie co-construite avec les acteurs de l'Océanie, en accord avec l'ODD 14, sur la préservation de l'océan. Quel océan souhaite-t-on pour les futures générations ? Quel littoral ? Dans une recherche d'utilité et d'efficacité, la conception proposée de la recherche est inclusive, en impliquant dès le départ les acteurs concernés (politiques, coutumiers, administratifs, associatifs, scientifiques, privés...), pour formuler conjointement des questions qui correspondent à un besoin réel et pour développer des trajectoires d'adaptation co-construites dans le temps. Il s'agit de comprendre (1) comment les projets SDG14 s'intègrent dans les sociétés océaniques ; (2) qui sont les acteurs concernés, engagés et transformateurs ; (3) quels sont les indicateurs socio-environnementaux pertinents ; (4) quelles sont les valeurs et les priorités des acteurs, et (5) comment co-construire des projets dans une arène d'acteurs très diversifiée.

# L'État et la politique de prévention des risques en phase post-catastrophe : les conséquences de l'ouragan Irma (2017) sur l'île de Saint-Martin

Gwenaël Jouannic <sup>1,2</sup>, Denis Crozier <sup>2</sup>, Chloé Tran Duc Minh <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Mobilités, Aménagement, Transports, Risques et Société (MATRIS) — CEREMA, CY Cergy Paris Université —  
<sup>2</sup> Centre d'Etudes et d'Expertise sur les Risques, l'Environnement, la Mobilité et l'Aménagement - Direction Ouest (Cerema Direction Ouest), CEREMA – MAN - 9 rue René Viviani - BP 46223 – 44262 Nantes Cedex 2, France

L'ouragan Irma, survenu le 6 septembre 2017, est le plus puissant ouragan jamais enregistré dans l'océan Atlantique. Il s'est traduit par des vents violents, une forte houle cyclonique et une submersion marine. Il a révélé la vulnérabilité de l'île de Saint-Martin, avec un grand nombre de constructions exposées à ces risques.

Suite à cet événement majeur, le défi fixé par l'État français est ambitieux : celui de réussir une " reconstruction exemplaire " suite à un événement " inédit qu'on ne peut comparer à aucun autre événement des dernières décennies ". Or, Saint-Martin est une collectivité d'outre-mer à statut spécifique, disposant d'importantes compétences, mais toujours rattachée à la Guadeloupe à la fois fonctionnellement (liaisons aériennes et maritimes) et administrativement (pour les compétences relevant encore de l'État), et au centre opérationnel de zone de la Martinique pour la gestion de crise majeure. De plus, cette île partage son territoire avec au sud le côté néerlandais de Sint Maarten. Cela se traduit par des complications dans la gouvernance et la gestion du territoire. Ces fragilités et ces complexités administratives et politiques impactent inévitablement la gestion de crise, ainsi que la reconstruction de l'île. Une des conséquences de l'ouragan Irma est une réorganisation de la gouvernance de l'île, en particulier du côté de l'État et dans son sillage de la collectivité.

Dès la phase de gestion de crise, le président de la République a nommé un délégué interministériel à la reconstruction, voulant reconstruire vite et mieux, en " repensant les îles du Nord ". Cet objectif s'est traduit, de manière emblématique, par la décision d'engager une révision du Plan de Prévention des Risques Naturels (PPRN), ainsi présentée comme une urgente nécessité par l'État afin d'encadrer la reconstruction de l'île de Saint-Martin. Cette étude vise à interroger l'adéquation de cet outil réglementaire d'aménagement des territoires en zones exposées à des risques naturels, dans un contexte de gestion post-catastrophe pour favoriser un retour à la normale rapide et une reconstruction plus résiliente. L'analyse se concentre plus largement sur le contexte d'élaboration des documents ayant une incidence sur le droit des sols à Saint-Martin, afin de les mettre en perspective avec la révision du PPRN en phase post-catastrophe. Une comparaison du processus d'élaboration de documents réglementaires antérieurs sur ce territoire, vise à mettre en relief les difficultés d'appliquer une planification stratégique à ce très petit territoire insulaire. Ce travail amène plus largement à une mise en perspective sur la gouvernance et les jeux d'acteurs entre État et collectivité, et interroge également la gestion de la phase de concertation du PPRN.

# Prédisposition aux vagues de chaleur à Dakar : cartographie et identification des zones d'intervention prioritaires par analyse spatiale multicritère.

Malé Kital <sup>1</sup>, Romain Courault <sup>2</sup>, Marianne Cohen <sup>1</sup>

1 Médiations, science des lieux, Science des liens — Sorbonne Université — Maison de la recherche, 28 rue Serpente, 75006 Paris, France

2 Laboratoire Dynamiques Sociales et recomposition des espaces (Ladyss) – CNRS, Université Paris I Panthéon Sorbonne, Université Paris Nanterre, Université Vincennes-Saint Denis, Université Paris Cité – Campus Condorcet, Aubervilliers, France

Les vagues de chaleur sont l'un des effets observables du changement climatique au Sénégal. Pour limiter leurs impacts sanitaires, le Comité National Climat et Santé (CNCS) publie des bulletins d'alertes précoces aux vagues de chaleur. Ainsi 12 bulletins ont été publiés entre mars et juin 2024. Le CNCS définit une vague de chaleur comme "une période de temps anormalement chaude et sèche ou chaude et humide qui persiste pendant au moins trois jours consécutifs". Il s'agit de vague de chaleur sèche, lorsque la température maximale journalière dépasse le 95<sup>ème</sup> percentile pendant au moins trois jours consécutifs et de vague de chaleur humide lorsque l'indice de chaleur est supérieur à 40 °C pendant au moins trois jours consécutifs.

Ces vagues de chaleur et leurs impacts sanitaires sont des défis sociétaux préoccupants, notamment dans des agglomérations comme la Presqu'île de Dakar où les températures sont exacerbées par les îlots de chaleur urbains (ICU). Dès lors, il peut être intéressant d'identifier les zones les plus sensibles à ces phénomènes, afin de planifier et de mettre en œuvre des mesures d'atténuation. C'est dans cette perspective que s'inscrit cette recherche, dont l'objectif principal est de cartographier la prédisposition aux vagues de chaleur dans la région de Dakar, à travers une analyse spatiale multicritère, basée sur la superposition additive non pondérée.

Nous mobilisons dans cette étude des facteurs thermodynamiques (îlots de chaleur urbains, émissivité, humidex, albédo, vitesse du vent) et l'occupation du sol qui influencent la variation des températures au niveau local, et qui, selon une revue systématique des facteurs conditionnant l'effet îlot de chaleur urbain, menée par (Deilami et al., 2018) sont pertinents pour cartographier la prédisposition aux vagues de chaleur.

Le résultat cartographique met en évidence des îlots de fraîcheur (eau libre et couvert végétal dense) et des zones prédisposées aux vagues de chaleur plus ou moins intense. Les zones extramuros, peu peuplées, plus proches de la terre ferme présentent une prédisposition aux vagues de chaleur modérée à élevée, en raison de l'effet de continentalité, accentué au sud-est par le faible albédo du substrat géologique. Les quartiers intramuros caractérisés par une forte densité du bâti et la prépondérance de surfaces imperméables présentent une prédisposition aux vagues de chaleur modérée à haute. Les quartiers littoraux présentent une faible prédisposition aux vagues de chaleur.

Le résultat indique que les zones prioritaires pour des interventions ciblées comme la renaturation, comprennent les quartiers densément peuplés avec peu d'espaces verts et les quartiers continentaux. La carte montre aussi que l'expansion urbaine vers l'intérieur des terres, notamment la création de villes nouvelles pour des populations touchées par les inondations à répétition dans les zones dépressionnaires des Niayes ou pour désengorger le centre-ville doit impérativement intégrer des trames fraîches. Cette

étude propose une méthode solide et reproductible pour identifier les zones les plus sensibles aux épisodes de chaleur accablante. Ce résultat peut être utilisé pour élaborer des stratégies d'aménagement urbain visant à atténuer les effets des vagues de chaleur et à améliorer la résilience climatique de Dakar.



# Conséquences du changement climatique sur l'accessibilité routière face au risque d'avalanche dans les Alpes françaises (2002-2023)

Hippolyte Kern <sup>1</sup>, Solal Edouard <sup>2</sup>, Brice Anselme <sup>1</sup>, Delphine Grancher <sup>2</sup>,  
Nathalie Thommeret <sup>2</sup>, Nicolas Eckert <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Pôle de recherche pour l'organisation et la diffusion de l'information géographique (PRODIG) – CNRS, Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne, Université Paris Cité, IRD, AgroParisTech – 2 rue Valette, 75005 Paris, France

<sup>2</sup> Laboratoire de géographie physique : Environnements Quaternaires et Actuels (LGP) – CNRS, Université Panthéon-Sorbonne, Université Paris-Est Créteil Val-de-Marne – 94320 Thiais, France

<sup>3</sup> Institut des Géosciences de l'Environnement (IGE) – Institut polytechnique de Grenoble, CNRS, IRD, Grenoble Alpes, INRAE – 38400 Saint-Martin d'Hères, France

Notre étude se concentre sur l'évolution de l'accessibilité routière des Alpes françaises face aux avalanches entre 2002 et 2023. Les Alpes françaises connaissent d'importantes modifications récentes du climat, qui entraînent une évolution du risque sur les réseaux routiers en modifiant les dynamiques des aléas et de la vulnérabilité. Les conséquences du changement climatique sur le risque d'avalanche restent encore largement méconnues. Bien que la fréquence des hivers à forte activité avalancheuse soit susceptible de diminuer, cette tendance n'élimine pas la possibilité d'événements extrêmes dépassant parfois largement les plus forts connus à ce jour.

Le changement climatique affecte les différentes composantes de l'environnement montagnard, ce qui nécessite une analyse plus globale de ces effets, intégrant les modifications sociodémographiques des territoires de montagne. En raison de la raréfaction des chutes de neige, l'attractivité touristique s'est partiellement déplacée vers des stations offrant de grands domaines skiables, dont une partie des pistes se situe à haute altitude. Cela modifie la répartition saisonnière et permanente des populations, entraînant des variations significatives du trafic sur les axes routiers alpins. Les conséquences de ces variations sur l'intensité du trafic sont importantes et augmentent les impacts économiques des coupures de routes. À ce contexte de changement climatique et de mutation de la pression touristique s'ajoute la volonté d'accueillir les JO d'hiver dans ces territoires en 2030.

À partir de données historiques relatives à l'aléa et aux caractéristiques socioéconomiques des territoires, ainsi que d'analyses de réseaux de graphes, nous proposons trois indices qui permettent d'analyser les variations du risque sur les routes depuis 2003 : exposition, isolement territorial et déviation. Ces indices permettent de caractériser quantitativement l'évolution spatiotemporelle du risque d'accessibilité routière en fonction de la fréquence et de l'intensité des coupures (évaluées par les dimensions des dépôts d'avalanches) ainsi que des variations de populations, qu'elles soient permanentes ou touristiques.

Notre étude met en évidence une diminution de l'exposition du réseau routier aux coupures de routes, avec une importante variabilité spatiale. L'isolement territorial apparaît comme une problématique s'intensifiant dans des territoires de plus en plus localisés, où l'on observe une hausse de la pression touristique. Les résultats présentés dans ces travaux constituent un apport pour la gestion opérationnelle des coupures de routes dans les Alpes françaises, en prenant en compte les changements globaux qui supposent de concevoir la vulnérabilité comme un phénomène dynamique et d'adapter les méthodologies employées. L'intégration des variables socio-économiques et, notamment, touristiques permet de calibrer une réponse résiliente des secteurs isolables en cas de crise, et apporte des informations nécessaires à l'adaptation des territoires de montagne aux effets des changements

climatiques. Nos travaux ouvrent de multiples perspectives de recherche, notamment en lien avec une approche multi-aléa et l'identification des variables de contrôle météorologique influençant les variations du risque.

# Complexité de l’agir climatique : apports et limites du dispositif Artivistes en Recherche Action Participative

Lionel Scotto D’apollonia <sup>1</sup>, Raphael Merven <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire citoyen Artivistes CHAIRE UNESCO COMPLEXITE – Université Montpellier II – France

<sup>2</sup> Fondation des îles de l’océan Indien – Maurice

Depuis son émergence globale à la fin du siècle dernier, le défi climatique demeure à l’heure actuelle un enjeu social, politique et scientifique majeur. Bien que la nécessité d’agir sur les effets du changement climatique fasse désormais consensus (Le Treut, 2022), la problématisation de l’agir climatique s’avère une tâche complexe (Scotto d’Apollonia, 2022). L’agir climatique est défini comme un agir politique qui se distingue de l’agir technique en prenant en compte à la fois la fabrique et le pilotage des politiques publiques et territoriales. Les freins à l’efficacité de cette action sont pluriels et interreliés : enjeux de gouvernance, d’échelles, de temps et de spatialisation de l’action. Afin d’explorer la complexité de l’agir climatique, il apparaît pertinent de croiser les problématiques d’échelles micro-méso-macro avec trois plans analytiques interreliés portant : (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 implications réflexives en retour des pratiques de l’interdisciplinarité et des cadres d’analyse.

Aussi dans cette communication nous proposons de présenter un retour d’expérience de nos travaux mobilisant le dispositif de Recherche Action Participative (Chevalier et al. 2013) " Artivistes " (Dosias-Perla, et al. 2018) visant d’une part à mobiliser les citoyens et d’autre part à les impliquer dans la construction de l’action publique articulant trois plans analytiques. La méthodologie de recherche résolument interdisciplinaire articule : (1) un dispositif participatif émancipateur sur le plan de la mobilisation citoyenne, de la construction de l’action et de la mise en œuvre de l’évaluation de son efficacité avec (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. Pour cela nous nous appuyons sur les retours de quatre terrains d’investigation d’accompagnement de la construction de quatre Plan Climat Air Energie Territoriaux (PCAET Pays de l’Or Agglomération – Communauté de Communes Rhony Vistre Vidour - le Montpellier Méditerranée Métropole (M3M) - Communauté d’agglomération Arles Crau Camargue Montagnette) et la construction de l’Agenda2030 à l’échelle de la commune de Vendargues (PCAET M3M).

Sur la base de la présentation de nos résultats de recherche, nous proposons d’ouvrir la réflexion sur les implications : (a) sur le plan de la Recherche, la nécessité et la difficulté de pratiquer l’interdisciplinarité et les répercussions sur nos cadres théoriques ; (b) sur le plan de l’Action, les difficultés à mettre en œuvre des indicateurs répondant à des injonctions parfois contradictoire c’est-à-dire permettant de s’adapter aux spécificités territoriales et culturelles à des micro-échelles et permettant d’uniformiser l’évaluation à l’échelles des communautés de communes ; (c) et sur le plan de la Participation, l’implication réelle des parties prenantes citoyennes, acteurs économiques et sociaux dans la construction de l’action et sa pérennisation.

# Using the theory of planned behavior to identify key beliefs underlying heat adaptation behaviors

Pierre Valois <sup>1</sup>, Johann Jacob <sup>1</sup>, Maxime Tessier <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Université Laval – Canada

One of the consequences of climate change is the growing number of extreme weather events, which have substantial impacts on the health of populations. Given that heat waves episodes are occurring at a greater rate due to climate change, individuals must adopt certain adaptation behaviors to prevent the anticipated or negative impact of such events on their health.

Because some individual beliefs can be linked to facilitating factors, barriers, perceived advantages and disadvantages to the decision to take action, a better understanding of what motivates people to adopt preventive behaviors to protect themselves from the heat is important.

More specifically, using the theory of planned behavior, this study aimed at developing a more thorough understanding of what motivates people from the province of Quebec (Canada) to adopt preventive behaviors to protect themselves from the heat, and to identify the most important beliefs that influence people's preventive behavior.

A telephone sample was used to explore the decision-making process of 2017 persons in a way that led us to illustrate specific variables that could be targeted for awareness raising. Results from a structural equation modeling analysis showed that all three variables of the Theory of planned behavior (i.e., attitude, perceived social pressure, and perceived behavioral control) had a statistically significant impact on intention to adapt, while intention itself was linked to adoption of preventive behaviors.

Results of a series of multiple regression analysis also showed that behavioral, normative and control beliefs were all significant distant predictors of the respondents' decision to adopt preventive behaviors to protect themselves from the heat, with behavioral beliefs being the strongest. These findings can be used to guide educational and awareness-raising campaigns to promote the adoption of pro-adaptive behaviors to protects from the heat.

## 4 - Changement climatique et santé

# Impact des changements climatiques sur les maladies vectorielles en Tunisie

Ali Bouattour<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Institut Pasteur de Tunis (IPT) – 13, Place Pasteur, 1002 Tunis, Tunisie

Comme tous les pays du monde, la Tunisie est affectée par les impacts du changement climatique, principalement les irrégularités des précipitations et la hausse des températures. Les changements climatiques observés, plus particulièrement ceux en relation avec l'augmentation régionale de la température et les inondations touchent directement et indirectement le cycle de vie des arthropodes vecteurs, notamment les moustiques et les phlébotomes avec des conséquences sur les maladies qu'ils transmettent. En effet, en Tunisie, ces dernières décennies, les changements environnementaux, notamment ceux liés aux changements climatiques, ont créé des conditions favorables au développement des moustiques *Culex perexiguus* et *Cx pipiens* vecteurs du virus West Nile. La hausse de la température favorise la prolifération des moustiques et l'allongement de leur durée d'activité. La sécheresse a favorisé la pollution des eaux stagnantes et par conséquent à la multiplication des larves de *Culex*. Ainsi ces deux espèces sont devenues dominantes en milieu urbain et rural et ont participé à l'émergence des épidémies de fièvre à virus West Nile (WNV Flavivirus, famille des Flaviviridae) et ont contribué au maintien (processus d'endémisation) du WNV en Tunisie. Après la première épidémie de FVWN en 1997, le pays en a connu quatre autres (2003, 2012, 2018 et 2023) dans différentes régions, et qui ont fait des dizaines de décès. Les changements climatiques et les changements écologiques ont également affecté la répartition et l'abondance des phlébotomes vecteurs de leishmanioses. Par conséquent, nous avons assisté, ces dernières décennies, à une augmentation significative de la leishmaniose canine et par conséquent celle de la leishmaniose viscérale humaine dans toutes les zones bioclimatiques de Tunisie et confirme la propagation continue de l'infection des chiens et de l'homme dans la zone aride du pays. Il en est de même pour la leishmaniose cutanée à *Leishmania major* dont le nombre de cas ainsi que l'ère de répartition ne cessent d'augmenter.

# Les Interactions Complexes entre Changement Climatique et Santé Urbaine : Mécanismes, Impacts et Stratégies d'Atténuation

Ayat-Allah Bouramdane <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Université Internationale de Rabat (UIR) – Technopolis Rabat-Shore Rocate Rabat-SaléRabat, Maroc

Le changement climatique a des effets variés et différenciés sur les différentes régions du globe, influençant la répartition et l'intensité des précipitations ainsi que la vitesse de réchauffement de certaines zones. Cette communication explore les mécanismes sous-jacents à ces variations, notamment les dynamiques atmosphériques, les courants océaniques et l'influence des caractéristiques géographiques spécifiques. En milieu urbain, les caractéristiques physiques et les activités humaines exacerbent ou atténuent les impacts du changement climatique. Les îlots de chaleur urbains, générés par une densité élevée de bâtiments et des surfaces imperméables, augmentent la température locale. L'urbanisation intensive, l'absorption et la rétention de chaleur par les surfaces dures, ainsi que les activités humaines telles que la circulation automobile, les industries et l'utilisation de la climatisation, amplifient ces effets. La réduction de la végétation et des espaces verts aggrave la situation en limitant le refroidissement naturel. Cette communication montrera que ces interactions urbaines avec le changement climatique ont des implications significatives pour la santé publique. Le stress thermique, l'augmentation des maladies vectorielles, les problèmes respiratoires dus à la formation de l'ozone troposphérique, ainsi que l'impact des incendies de forêt sont des préoccupations majeures. De plus, la santé mentale est affectée par l'exacerbation des conditions climatiques extrêmes. Enfin, cette communication proposera des stratégies efficaces pour atténuer ces effets et promouvoir la résilience urbaine. La gestion des îlots de chaleur urbains, l'amélioration de la qualité de l'air, la gestion proactive des maladies vectorielles, la résilience face aux événements climatiques extrêmes et la promotion de modes de vie sains seront discutées. Ces actions nécessitent une planification urbaine intégrée, une gouvernance adaptative et une sensibilisation accrue du public pour construire des villes résilientes face aux défis climatiques actuels et futurs.

# West Nile Virus in equines from the North of Tunisia

Khalil Dachraoui <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Institut Pasteur de Tunis – Tunisie

This study aimed to assess the presence of West Nile virus (WNV) in the north of Tunisia by conducting serological and molecular testing of apparently healthy equines. A total of 200 sera were collected from 20 equines over the course of 10 months, encompassing two seasons (June 2022 to December 2022 and November 2023 to January 2024). The reference Microneutralisation test (MNT) has been set up in the laboratory to examine equine serum samples using a Tunisian strain of WNV. WNV-neutralizing antibodies were detected in 4 out of 20 equine sera (20 %) with two positive sera identified during the first season and two during the second season. No WNV RNA was identified in equine whole blood. The occurrence of WNV antibodies in equines from northern Tunisia suggests that the virus is circulating in the country. Given that equines serve as important sentinels for WNV, regional collaboration is necessary to address WNV among equids in Tunisia and reduce the threat of WNV to humans. Public health authorities should plan a risk assessment and implement disease control program accordingly.



# The Sahel, a "new" area of high-risk for malaria

Médard Djedanem <sup>1</sup>, Noura Mamane Sale <sup>1</sup>, Wilfred Hounkanrin <sup>1</sup>,  
Zaneidou Zakari <sup>2</sup>, Luc Descroix <sup>3</sup>, Jean Testa <sup>4</sup>, Ronan Jambou <sup>5</sup>

<sup>1</sup> CERMES – BP 10884, Niamey, Niger

<sup>2</sup> Direction de la Surveillance et de la Riposte aux Epidémies (DSRE) – Minsitère de la Santé, Niamey, Niger

<sup>3</sup> Patrimoines Locaux et Gouvernance (PALOC) — MNHN, IRD — 75231 Paris Cedex, France

<sup>4</sup> Université Nazi Boni Bobo-Dioulasso – Burkina Faso

<sup>5</sup> Institut Pasteur – Institut Pasteur de Paris – 25, rue Dr Roux, France

The Sahel covers a vast area stretching from the Sahara Desert in the north to the tropical savannahs in the south. It extends to the Atlantic Ocean in the west and the Red Sea in the east. It is a semi-arid area characterized by a long dry season of about 8-9 months and a short rainy season of 3-4 months.

Although arid, the Sahel is highly susceptible to vector-borne diseases, with a large diversity of Anopheles vectors making it a malaria endemic zone.

Weather forecast models predict a slow increase in rainfall, particularly in the western part of the Sahel, including Niger, after a long period of drought. This increase is already noticeable and is associated with flooding, which will have enormous consequences for human health. This perennial presence of water, resulting from rainfall and drought, can stabilize malaria transmission throughout the year. As a result, national statistics show an 8.5% annual increase in malaria cases in Niger over the past five years. Severe malaria already accounts for 10% of these cases in children. It is also spreading to older children. At the same time, transmission is extending in duration (into the dry season) and in area (into the Sahara) due to this persistence of surface water.

These habitat changes are also associated with the re-emergence of *Anopheles funestus* in the Sahel, eradicated in the 1980s, and the invasion of *An. stephensis* from India and East Africa into West Africa.

Until now, preventive measures, including chemoprevention of seasonal malaria and indoor residual spraying, have been used only during the rainy season. Chemoprevention is an effective strategy that has reduced the incidence of malaria in children under five years of age by 55 to 73%. However, the situation has already changed and decision makers as well as national programs need to rethink the prevention strategies currently used to better adapt them to the future climatic context of the Sahelian zone.

The aim of this study is to present data supporting this change of transmission in Niger and to review the factors modulated by climate and land-use which will impact occurrence of malaria outside the current transmission season in Sahelian zones.

# Climatic factors driving influenza transmission in Sahelian area: a twelve-year retrospective study in Niger (2010-2021)

Adamou Lagare <sup>1</sup>, Emeline Perthame <sup>2</sup>, Ronan Jambou <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Centre de Recherche Médicale et Sanitaire (CERMES) – 634 Bld de la Nation, Niamey, Niger

<sup>2</sup> Institut Pasteur (IPP) – Université Paris Cité – France

<sup>3</sup> Institut Pasteur (IPP) – Global Health department – France

Influenza is an acute viral respiratory infection that causes significant morbidity and mortality worldwide. Environmental factors such as temperature, wind and humidity can influence the transmission of influenza particularly in this era of climate change. Indeed, the association between flu transmission and climate have many implications in public health particularly on epidemics occurrence and disease severity. This study aims to determine the effect of climate factors on the transmission of influenza using modelling analysis. We used twelve years influenza sentinel surveillance data and meteorological parameters including minimal and maximal temperature, rain, humidity and wind speed. Climatic and virological data have been plotted over the weeks of the years and the association was estimated using the R programming language, version 4.3.3. Impact of the predictive variables were determined using generalized additive modelling (GAM). Furthermore, a multivariate approach was used to identify clusters of weeks with homogenous climatic conditions independently of the period of the year. A total of 9836 influenza suspected patients were tested between 2010 to 2021, from which 982 (9.98%) were confirmed positive for either influenza virus A or B. 631 (64.25%) of the influenza A/B positive cases were detected during the periods of low temperature corresponding to the months of December to February. Moreover, an inverse correlation was found between influenza and rain ( $r=-0.36$ ,  $p < 10e-3$ ) or humidity ( $r=-0.40$ ,  $p < 10e-3$ ) and minimal temperature ( $r=-0.34$ ,  $p < 10e-3$ ) while no correlation was detected with wind speed ( $r=-0.04$ ,  $p=0.34$ ) nor maximal temperature ( $r=-0.06$ ,  $p=0.17$ ). In conclusion, it appears that low temperature and wind are the predominant factors driven influenza transmission in Niger. this study highlights that clustering and GAM models can be considered as an efficient and simple approach to analyze impact of climatic conditions on the transmission of influenza disease and beyond.

# Climate Influences on the Spread of the Omicron Variant of COVID-19: A Global Analysis

Leonado López <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Salud Global - Institute For Global Health [Barcelona] (ISGlobal) – Espagne

**Introduction:** The COVID-19 pandemic, driven by the SARS-CoV-2 virus, has had profound global impacts. Variants of concern, particularly the Omicron variant (B.1.1.529), have introduced new challenges due to their increased transmissibility and potential for immune evasion. The interplay between climate variables and the transmission dynamics of SARS-CoV-2, including the Omicron variant, has been a critical area of investigation. Factors such as temperature and humidity significantly influence virus spread, and understanding these relationships is crucial for developing effective public health interventions.

**Objective:** This study investigates the relationship between climatological variables—specifically temperature and humidity—and the Omicron variant (B.1.1.529) incidence of COVID-19. By analyzing data across different spatial and temporal scales, we seek to understand how climate influences the spread of this highly transmissible variant.

**Methods:** We utilized genomic data from GISAID, which provides a comprehensive repository of SARS-CoV-2 sequences, to track the prevalence of the Omicron variant. We applied Scale-Dependent Correlation (SDC) analysis to detect transient processes in time series data, focusing on short-lived interactions between climate variables and COVID-19 incidence. Temperature and humidity data were integrated with COVID-19 case data to explore their influence on the spread of the Omicron variant.

**Results:** Our analysis revealed significant transient associations between climate variables and the spread of the Omicron variant. Colder temperatures (12-18 C) and lower absolute humidity (4-12 g/m<sup>3</sup>) were linked to increased transmission rates. The Omicron variant's rapid rise in prevalence from November 2021, peaking in early 2022, was closely associated with these climatic conditions. SDC analysis highlighted that the strongest correlations occurred during specific transient periods, emphasizing the importance of timely public health interventions.

**Discussion:** These findings underscore the critical role of climate in influencing the transmission dynamics of the Omicron variant. The transient nature of the observed climate-virus interactions suggests that public health strategies must adapt and respond to changing climatic conditions. Our study provides a framework for incorporating climate data into pandemic preparedness and response plans, particularly for managing highly transmissible variants like Omicron.

**Conclusion:** Understanding the climate-virus relationship is essential for effectively managing COVID-19 and future pandemics. Temperature and humidity, necessitating climate-informed public health strategies significantly influence the Omicron variant's spread. This research contributes to a deeper understanding of how climatic factors affect the dynamics of COVID-19 variants, aiding in the development of targeted interventions and policies.

# Leveraging Machine Learning to Understand and Combat Tuberculosis in Argentina

Leonado López <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Salud Global - Institute For Global Health [Barcelona] (ISGlobal) – Espagne

**Introduction:** Tuberculosis (TB), caused by the bacterium *Mycobacterium tuberculosis*, remains a significant public health challenge worldwide. Argentina, like many countries, continues to struggle with TB, particularly in regions marked by poverty and limited healthcare access. Despite advances in medical treatments and public health initiatives, TB persists, driven by factors such as urbanization, migration, and drug resistance. This study aims to explore the dynamics of TB in Argentina, focusing on identifying patterns in transmission and treatment outcomes using machine learning (ML) techniques.

**Objective:** The primary objective is to apply ML techniques to existing TB data in Argentina to uncover patterns, identify high-risk areas and periods, and predict treatment outcomes. This involves preprocessing data, clustering for transmission patterns, and employing predictive models to determine factors influencing treatment success.

**Methods:** The study utilizes data from national health records, which include demographic, clinical, and socioeconomic variables. Exploratory data analysis was conducted to preprocess and standardize the data, addressing issues such as missing values and inaccuracies. Clustering algorithms were applied to identify transmission patterns over time and space. Advanced predictive modeling techniques, including Random Forest and time series analysis (ARIMA, SARIMA, and LSTM models), were used to identify key factors affecting treatment outcomes and to predict future TB incidence.

**Results:** The analysis revealed significant patterns in TB transmission, with notable clusters in the provinces of Salta/Jujuy and Buenos Aires (CABA). Key variables influencing treatment success included age, population density, climate factors, and access to sanitation. Random Forest models achieved high accuracy (0.99), identifying critical predictors such as age, estimated population, and obesity index. Time series analysis indicated that SARIMAX models, while effective, were outperformed by LSTM neural networks in terms of predictive accuracy, particularly in regions with distinct climatic and population density characteristics.

**Discussion:** The findings underscore the importance of integrating diverse data sources, including climatic and socioeconomic variables, to understand TB dynamics comprehensively. The superior performance of LSTM models highlights the potential of neural networks for time series prediction, although traditional models like SARIMAX provide better interpretability. The study demonstrates how ML can enhance the understanding of TB spread and treatment outcomes, informing targeted public health interventions.

**Conclusion:** This research highlights the power of machine learning in uncovering complex relationships in TB data, facilitating more effective disease control strategies. By identifying critical risk factors and predicting treatment outcomes, the study provides valuable insights for public health officials in Argentina. Future work should focus on incorporating more detailed and current data, including comorbidities and treatment adherence, to further refine predictive models and improve TB management.

# Modeling Dengue Dynamics with Antibody-Dependent Enhancement and Cross Immunity for Improved Early Warning Systems

Leonado López <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Salud Global - Institute For Global Health [Barcelona] (ISGlobal) – Espagne

**Introduction:** The study of Dengue virus dynamics is critical due to the disease's significant public health impact. Dengue fever, caused by four related virus serotypes, poses challenges due to complex interactions among human hosts, mosquito vectors, and environmental factors. This research develops a comprehensive model considering Antibody-Dependent Enhancement (ADE) and cross-immunity to better understand Dengue transmission dynamics.

**Objectives:** The primary objective of this study is to develop an Ordinary Differential Equation (ODE) model that incorporates two Dengue virus strains, ADE, and cross-immunity, intending to enhance early warning systems for Dengue outbreaks. By integrating climate factors and mosquito density data into the model, we aim to improve the accuracy of predictions related to disease transmission. This model will help in understanding the dynamics of Dengue infections under various environmental scenarios, ultimately contributing to more effective public health interventions and early warning systems.

**Methods:** An ODE model was constructed to describe the dynamics of Dengue infection, with compartments for Susceptibles, Exposed, Infected, Asymptomatic, Cross Immunity, Recovered, and Deceased. Transmission rates were modulated using environmental parameters (humidity, temperature), mosquito density data, and a seasonal sinusoidal function. Preliminary data analysis involved correlation and periodogram analysis to detect causal relationships. The model was fitted using historical data from Foz do Iguaçu for the years 2017-2021. Autoregressive models (AR(1), ARIMA) were employed for baseline comparisons, and combined models incorporating climate and mosquito data were evaluated for predictive accuracy. Sensitivity analysis was performed using Sobol indices.

**Results:** The analysis revealed that although linear correlations between climate factors and Dengue notifications were weak, there was a strong synchronization pattern between temperature, humidity, and Dengue cases. The model fitting demonstrated that incorporating mosquito density data significantly improved prediction accuracy compared to models based solely on seasonal variations. Furthermore, the combined model, which integrated both climate and mosquito data, provided the most accurate fit, effectively capturing the peaks and durations of Dengue outbreaks. Sensitivity analysis highlighted key parameters that influence the model's output variance, showing significant interaction effects. These results underscore the model's potential to serve as a robust tool for early warning systems, offering improved predictions and aiding in the timely implementation of public health interventions.

**Discussion:** The findings underscore the importance of integrating environmental and vector data for accurate Dengue transmission modeling. The enhanced model offers robust predictions, aiding public health strategies. Future work could focus on refining parameter estimates and expanding the model to include additional environmental factors.

# The Role of Neuroscience Research in Solving the Climate Crisis

Chitaranjan Mahapatra <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Institut des Neurosciences Paris Saclay (NeuroPSI) — CNRS, Université Paris-Saclay, Université Jean Monnet Saint-Etienne, INSERM, CEA — CEA Paris Saclay, 91400 Saclay

Neuroscience research has a crucial role in addressing the climate crisis by helping to better understand human behavior and cognitive responses to environmental challenges. One of the key obstacles in mobilizing collective action against climate change is the psychological distance many people feel regarding its consequences. Neuroscience can contribute by identifying the neural and cognitive mechanisms behind why individuals often fail to act, despite awareness of the crisis. By understanding decision-making processes, neuroscience can help design more effective strategies for climate communication, reducing the psychological distance between individuals and climate impacts. Furthermore, neuroscience provides insights into emotional regulation and how stress related to climate change affects individuals' cognitive functions. These insights are vital for shaping policies and interventions that can foster more adaptive responses, such as increased empathy and collective action. Moreover, by investigating neural responses to environmental changes, neuroscience can support the development of evidence-based policies that encourage sustainable behaviors and inform climate-related decision-making at both individual and societal levels. Neuroscientific research offers tools to interpret the often-unconscious biases that hinder pro-environmental behavior, making it a valuable resource for overcoming inaction in the face of global climate threats. Overall, leveraging neuroscience can strengthen public engagement with climate issues, enhance policy efficacy, and ultimately contribute to more sustainable environmental stewardship.

# Exploring the contribution of recent climate change to the range expansion of invasive *Aedes albopictus* mosquito in Western Europe

Andrea Radici<sup>1,2</sup>, Pachka Hammami<sup>2,3</sup>, Claire Garros<sup>3</sup>, Hélène Guis<sup>3</sup>,  
Florence Fournet<sup>1</sup>, Didier Fontenille<sup>1</sup>, Cyril Caminade<sup>4</sup>

<sup>1</sup> MIVEGEC – CNRS-IRD-Université de Montpellier – France

<sup>2</sup> Université de Montpellier – 163 rue Auguste Broussonnet - 34090 Montpellier, France

<sup>3</sup> Animal, Santé, Territoires, Risques et écosystèmes (ASTRE) – CIRAD, INRAE – 34998 Montferrier sur Lez, France

<sup>4</sup> Abdus Salam International Centre for Theoretical Physics [Trieste] (ICTP) – Strada Costiera 11, I - 34151 Trieste, Italie

Vector-borne diseases tremendously affect human health, causing around 1 million deaths annually. This burden is mainly concentrated in tropical areas, where environmental conditions favor the presence of arthropods and the transmission of arboviruses. *Aedes albopictus*, autochthonous of Southeast Asia, is a competent vector of dengue, Zika, and chikungunya. In the last century it was introduced in America, Africa and Europe, rapidly adapting to new environments. In recent decades, autochthonous transmissions of arboviruses occurred in Europe, raising attentions around an unprecedented public health challenge in this region.

Here we use a climate-driven mechanistic model to study the recent change in the spatial suitability of *Ae. albopictus* in France and in western Europe. The model describes the mosquito populations into five classes (eggs, diapausing eggs, juveniles, immature adults, and adults) and accounts for environmental (human density and photoperiod) and meteorological (daily maximal, mean and minimum temperature, and daily rain) drivers affecting its survival, fertility and development rates.

We first validated the model using recent observation data in Europe (GBIF and ECDC) and France (Signalement-moustique). Next, we investigated the change in suitable area to the establishment of *Ae. albopictus* through the indicator  $E_0$ , i.e., the yearly growing rate of diapausing eggs. We computed the spatialized  $E_0$  in two periods, 2007-2014 ("2010s") and 2015-2022 ("2020s"), using GPWv4 human density data and EObs weather reanalysis.

Results show that non-mountainous areas of Portugal, Spain, Italy, and coastal areas of France and Croatia were already suitable in the 2010s. By the 2020s, the suitable area increased in these countries and appeared in UK, Belgium, the Netherlands, Germany and Austria, especially in big cities (London, Vienna). France experienced the greatest suitability increase, which passed from 12.5 to 36% of its metropolitan surface, notably in the western regions and in big northern cities (Paris, Rennes, Strasbourg, Lille). Moreover, we used the estimated density of adult females to compute the basic reproduction number ( $R_0$ ). This allowed to quantify the change in the length of positive transmission period (i.e., the number of days in which  $R_0 > 1$ ) for Zika and dengue in western Europe. In the 2020s, the area at risk of potential transmission of both diseases expanded from the Iberian and Italian peninsula to France.

Beside some limitations (invasion dynamics are neglected; adaptation phenomena are only partially accounted for), these results provide a better understanding of the observed northward spread of *Ae. albopictus* in Europe and the increasing outbreaks of arboviruses. By including future climate scenarios, we will help to rethink current nuisance and disease control strategies to mitigate the burden of *Ae. albopictus*.

# Impact du climat sur la dynamique des phlébotomes et la transmission du parasite *Leishmania*

Marwa Wesleti <sup>1</sup>, Jamila Ghrab <sup>2</sup>, Olfa Souissi <sup>2</sup>, Karim Aoun <sup>2</sup>, Aida Bouratbine <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire de Recherche de Transmission, Contrôle et Immunobiologie des Infections - Laboratory of Transmission, Control and Immunobiology of Infection (LR11IPT02) – Institut Pasteur de Tunis, Tunisie

<sup>2</sup> Laboratoire de Recherche de Parasitologie Médicale, Biotechnologie et Biomolécules (LR16IPT06) – Institut Pasteur de Tunis, Tunisie

Les phlébotomes sont des insectes dont les femelles sont hématophages. Ils sont responsables de l'un des plus importants groupes de maladies à transmission vectorielle dans le monde, les leishmanioses dont l'agent causal est un protozoaire du genre *Leishmania*. Cette étude examine l'effet du changement climatique, associé aux facteurs météorologiques, sur la dynamique du peuplement phlébotomien et leur infection par le parasite *Leishmania* (L.) dans une région endémique de leishmaniose viscérale à faible incidence en Tunisie. Entre juin et novembre 2016 et 2017, des phlébotomes ont été collectés mensuellement à l'aide de pièges lumineux de type CDC, installés dans les habitations et les abris d'animaux. Les mâles ont été identifiés morphologiquement par microscopie pour déterminer l'espèce. L'ADN a été extrait individuellement des femelles et a servi d'abord pour un screening par qPCR ciblant l'ADNk pour la détection de *Leishmania* spp et l'estimation de la charge parasitaire. L'identification des espèces de *Leishmania* a été réalisée par séquençage des produits de PCR ciblant le gène ribosomal ITS1. L'identification des phlébotomes femelles infectées a été effectuée par barcoding ciblant le gène mitochondrial cytochrome oxydase I. Les conditions climatiques de la période d'étude ont été fournies par l'Institut national de météorologie et ont permis le calcul de l'indice d'aridité des deux saisons de l'étude. L'analyse morphologique des spécimens mâles a révélé que *Phlebotomus* (Ph.) *pernicius* et Ph. *perfiliewi* étaient les espèces dominantes au cours des deux saisons entomologiques. Toutefois, en 2016, Ph. *perfiliewi* a prédominé avec un pic en juillet, tandis qu'en 2017, Ph. *pernicius* a été l'espèce la plus abondante, avec un pic en août et septembre. Cette variation est attribuée à des conditions climatiques favorables à l'une ou l'autre espèce : l'indice d'aridité annuelle, basé sur la température moyenne et les précipitations, a indiqué que 2016 était une année sub-humide (Ia = 15,4), tandis que 2017 était une année aride (Ia = 8,6) avec une période sèche prolongée. Un total de 878 femelles a été testé par qPCR ciblant l'ADNk pour la détection de *Leishmania* spp et l'estimation de la charge parasitaire. En 2016, aucune infection par *Leishmania* n'a été détectée par qPCR. En 2017, quatre spécimens (0,7 %) étaient positifs, et l'identification de *L. infantum* a été possible pour un seul spécimen fortement parasité, une femelle gravide de Ph. *pernicius* capturée dans un abri d'animaux en septembre 2017. Cette recherche souligne l'influence des facteurs climatiques sur la répartition des vecteurs et sur la dynamique de la transmission des leishmanioses, qui constituent un enjeu majeur de santé publique. Mots clés : *Phlebotomus pernicius*, *Phlebotomus perfiliewi*, Leishmaniose viscérale, Température moyenne, Précipitations, Indice d'aridité.



# Le changement climatique et son impact sur la santé psychologique et l'adaptation académique des étudiants

Yefsah Noura <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire Dynamiques Sociales et recomposition des espaces (Ladyss) – CNRS, Université Paris I Panthéon Sorbonne, Université Paris Nanterre, Université Vincennes-Saint Denis, Université Paris Cité, – 92001 Nanterre Cedex

Face aux changements climatiques, un nombre de population est submergé par la peur, Le stress et l'inquiétude du futur, et une large palette d'émotions et de comportements (Colère, violence, tristesse, culpabilité, agressivité...) peuvent être ressentie. Les chercheuses parlent de " l'éco-anxiété " qui désigne un état de malaise Psychologique, caractérisé par l'appréhension d'une menace plus au moins éloignée dans le Futur et significativement associée à la catastrophe écologique. Selon le rapport de la Fondation Jean Jaurès (2022) " 74% des Français de moins de 25 ans jugent l'avenir effrayant en raison des inquiétudes grandissantes face au dérèglement climatique ". Et selon la psychiatre fanny Jacq (2022) " 85% des étudiants et étudiantes se disent inquiet face a L'avenir et au changement climatique ".

L'objectif de ma recherche est d'éclairer ce concept d'éco-anxiété, son degré chez les étudiants et identifier son impact sur leur vécu psychologique et leur adaptation académique.

Une étude quantitative et descriptive a été produite auprès de 382 étudiants sur quatre (04) sites universitaires : institut de Géographie de Paris Sorbonne, l'institut de Géographie de Paris 8, l'institut de géographie de Paris10 (Nanterre) et l'institut d'économie De Paris 7 (Paris Cité). Les étudiants sont âgés entre 17 et 24 ans, ils ont répondu à un Questionnaire qui a fait l'objet d'une analyse.

Mots clefs : le changement climatique, l'éco-anxiété, la santé psychologique des étudiant, l'adaptation académique.

## 5 - Le patrimoine naturel et culturel face au changement climatique

# Vernacular landscape and the risk of climate change in Rize, Türkiye

Gül Aktürk Hauser <sup>1</sup>, Stephan Hauser <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universiteit Leiden = Leiden University – Einsteinweg 2, Leiden, Pays-Bas

<sup>2</sup> Helsingin yliopisto = Helsingfors universitet = University of Helsinki – Yliopistonkatu 4, Helsinki, Finlande

The city of Rize in Türkiye has various listed vernacular heritage sites, including barns, mills, kilns, and natural heritage sites, including forests and rivers. Vernacular landscapes in the city are exposed to the compound risk of climate change, including extreme rainfalls, precipitation, flooding, and landslides. In addition, rural development projects such as river formations and deforestation as well as land use changes multiply the effects of the events. Due to the increasing and intensifying events in the last decade, there are requests for risk assessments in the region. However, the risk assessments do not focus on the cultural and natural heritage sites at risk. This presentation presents the extent of the damage on vernacular heritage sites at different scales, including landscape, urban, and building levels by using historical spatial analysis. It reveals the underlying cause of increasing vulnerability of specific vernacular heritage sites and the need to building resilience.

# Heat and water transfer modeling in karst environments to study the impact of climate change on the future of decorated caves: Application to the Villars Cave (Dordogne)

Clément Artigue <sup>1</sup>, Claude Mugler <sup>1</sup>, Dominique Genty <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (LSCE) — CEA, CNRS, Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines – Université Paris-Saclay, 91191 Gif-sur-Yvette Cedex, France

<sup>2</sup> Environnement, et Paléoenvironnement Océaniques et Continentaux (EPOC) – CNRS, Université de Bordeaux, Bordeaux INP, EPHE Paris, Université Paris sciences et lettres – 33615 Pessac Cedex, France

The effects of global warming have already been recorded in many decorated caves located in karst systems, and some prehistoric paintings are already deteriorating. Modeling the micro-climate of caves under various climate change scenarios will enable to adapt the conservation strategy for rock art heritage. In this study, we consider the first step in this modeling approach: the simulation of heat and water transfers from the soil surface to the cave through the soil/epikarst/karst system.

For heat transfer modeling, the thermal rock characteristics are calibrated using sensor data taken at various depths in the soil and in the karst over a few years, and in the cave thanks to long-term monitoring. To provide long-term climate forcing, a transfer function is established between meteorological data measured at a height of 2 meters by Météo France and the temperature measured at the ground surface.

Water transfer is modeled within the same system using a double-permeability approach. A sensitivity analysis was conducted to assess the influence of various parameters on the model's behavior. Calibration of the model was achieved by comparing the simulated water flux at the model's exit with the observed drip rates from stalagmites.

Then, this heat and water transfer model is fed with projections from regional climate downscaling models. This modeling approach, which integrates both current data and climate projections, will be a significant step towards the effective management and conservation of decorated caves, which are not only geological wonders but also hold critical historical and archaeological significance.

# Perception des bienfaits restaurateurs des environnements naturels et urbains en France

Florent Beclin<sup>1</sup>, Stéphane Rusinek<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Psychologie : interactions, temps, émotion, cognition (PSITEC) — Université de Lille — 59653 Villeneuve d'Ascq Cedex

En France, l'urbanisation croissante limite les opportunités pour les citoyens de se reconnecter avec la nature et de profiter de ses bienfaits. Il est donc essentiel de mener des recherches sur la manière dont les espaces naturels peuvent contribuer à restaurer le bien-être mental des Français.

Un total de 320 participants ont répondu à une enquête évaluant trois types d'environnements : des espaces naturels situés au cœur des villes, des zones urbaines et des endroits mixtes combinant des éléments naturels et urbains. Les analyses portaient sur le potentiel de restauration, les préférences environnementales, le bonheur ressenti, le sentiment de sécurité et la volonté de passer du temps dans ces environnements.

Les résultats révèlent que les Français préfèrent les espaces naturels situés en milieu urbain, perçus comme plus régénérateurs que les environnements mixtes ou strictement urbains. De plus, il a été constaté que l'ajout d'éléments naturels dans un environnement accroît son attrait et son pouvoir restaurateur, réduisant ainsi le stress et améliorant les fonctions cognitives des individus. L'étude a également confirmé que les préférences esthétiques peuvent servir d'indicateur fiable du potentiel de restauration.

En résumé, cette étude souligne l'importance d'intégrer des espaces naturels dans les zones urbaines, car les bienfaits psychologiques qu'ils procurent sont comparables à ceux des environnements naturels situés en dehors des villes.

Mots clés : effet restaurateur de la nature, France, environnements naturels, environnements urbains, préférences esthétiques.

# Le Partenariat européen " Resilient Cultural Heritage " : de nouvelles opportunités de financement pour la recherche

Ann Bourgès <sup>1</sup>, Pascal Liévaux <sup>2</sup>, Causse Alexandre <sup>3</sup>, Cazenave Elodie <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Centre de recherche et de restauration des musées de France (C2RMF) — CNRS, Ministère de la Culture – Palais du Louvre, 75001 Paris

<sup>2</sup> chair de l'Initiative européenne de programmation conjointe pour le patrimoine culturel (JPI-CH) – Ministère de la Culture et de la Communication – France

<sup>3</sup> Fondation des Sciences du Patrimoine – Ministère de la Culture et de la Communication – France

Le changement climatique représente un défi global qui a de graves répercussions sur le patrimoine culturel. Au-delà de l'étude des vulnérabilités du patrimoine culturel dans un contexte de crise climatique et environnementale et du développement de solutions d'adaptation et d'atténuation pour le préserver, il est urgent de reconnaître et d'utiliser les sciences du patrimoine comme un moyen de consolider les connaissances scientifiques sur le climat, de ses variabilités jusqu'à leurs impacts sur les sociétés passées et actuelles. Le patrimoine culturel doit être considéré comme un agent porteur de solutions innovantes dans la lutte contre le changement climatique et comme une ressource pour renforcer la résilience de nos sociétés contemporaines et atteindre les objectifs mondiaux de développement durable et de neutralité carbone.

Une telle recherche doit être transnationale. Le programme cadre Horizon Europe s'empare de ses enjeux et propose dans son plan de travail 2025-2027 le Partenariat Resilient Cultural Heritage qui utilisera une part conséquente des fonds de la destination " Innovative Research on European Cultural Heritage and Cultural and Creative Industries " pour consolider, par une recherche innovante et collaborative, la résilience du patrimoine culturel et celle de la société face aux changements climatiques.

D'une durée de sept à dix ans, ce Partenariat, le premier en SHS et dans le Cluster 2 " Culture, créativité et société inclusive ", renforcera la recherche sur le patrimoine culturel afin de développer et promouvoir de nouvelles solutions, systèmes d'évaluation, stratégies d'adaptation et d'atténuation et des modèles de gestion des risques. Avec un abondement de la Commission européenne d'un maximum de 100 millions d'euros, équivalents à au moins 30% du budget total alloué par les États membres, ce Partenariat représente une opportunité non-négligeable pour la communauté scientifique pour financer des projets de recherche transnationaux, et ce, dès 2026.

La coordination du dispositif sera assurée par la Fondation des sciences du patrimoine, avec le soutien, y compris financier, du ministère de la Culture, du ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche, et de l'Agence nationale de la recherche.

Le Partenariat fait état de deux principaux défis : 1) la recherche insuffisante et le manque de données sur les stratégies d'adaptation et l'impact des changements climatiques et environnementaux sur le patrimoine culturel et 2) la nécessité d'améliorer la compréhension, l'utilisation et la reconnaissance de la façon dont le patrimoine culturel peut informer les politiques et guider les mesures de mise en œuvre, y compris le rôle des connaissances traditionnelles et locales. Il vise à améliorer la coordination et collaboration des chercheurs en SHS et STIM – en particulier les sciences du climat – dans une démarche interdisciplinaire et par le partage de connaissances, de données, d'outils et de méthodologies, pour à terme, transformer les défis de la transition climatique en opportunités pour la recherche et la société.

# Impact de l'environnement dans le phénomène de brunissement du plomb employé dans les monuments historiques

Mathias Clément<sup>1</sup>, Aurélia Azéma<sup>1</sup>, Anne Chabas<sup>2</sup>, Aline Petitmangin<sup>2</sup>, Marine Bayle<sup>3</sup>, Maxime L'héritier<sup>4</sup>, Guillaume Sarah<sup>5</sup>, Celia Els Mouats<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Centre de Recherche sur la Conservation (CRC) — CNRS, MNHN, Ministère de la culture — 77 Champs-sur-Marne, France

<sup>2</sup> Laboratoire Inter-universitaire des Systèmes Atmosphériques (LISA) — CNRS, Université Paris-Est Créteil Val-de-Marne, Université Paris Cité — 94010 Créteil, France

<sup>3</sup> A-corros Expertise — Arles, France

<sup>4</sup> Archéologies et Sciences de l'Antiquité (ArScAn) — CNRS, Ministère de la Culture, Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne, Université Paris Nanterre, Université Vincennes-Saint Denis, INRAP — Maison Archéologie & Ethnologie, 92000 Nanterre, France

<sup>5</sup> Institut de Recherches sur les Archéomatériaux (IRAMAT) — CNRS, Ministère de la culture, Université Bordeaux Montaigne, Université Orléans, Université de Technologie de Belfort-Montbéliard, Université Bourgogne Franche-Comté, CEA, INRAP — 45071 Orléans, France

L'environnement est le principal acteur de l'altération du patrimoine bâti. Il affecte de manière directe ou indirecte les matériaux constitutifs des monuments historiques sur des échelles de temps pouvant varier de quelques jours à plusieurs dizaines d'années. Dans le contexte des changements climatiques de ces dernières décennies, la compréhension et l'évaluation de l'impact de ces variations sur les édifices patrimoniaux permet d'orienter les différents acteurs de la conservation du patrimoine.

Depuis quelques dizaines d'années, un brunissement des surfaces du plomb employé en tant qu'élément de couverture ou élément de décor sur de nombreux édifices est observé, modifiant l'aspect des surfaces. Le phénomène concerne des édifices dont le plomb présentait déjà une couche de corrosion grise constituée de carbonates et de sulfates de plomb. Ce composé brun a été identifié par analyses physico-chimiques (DRX,  $\mu$ -spectroscopie Raman, ...) comme étant un oxyde double de plomb IV, la plattnérite. Des observations stratigraphiques ont localisé la nouvelle couche de PbO<sub>2</sub> au-dessus des couches préexistantes de carbonates et de sulfates de plomb.

La corrosion atmosphérique peut être influencée de plusieurs façons. Une modification physique ou chimique de la matrice métallique peut orienter les réactions de formation des produits de corrosion. Dans le cas du plomb de couverture, une étude de la composition des éléments brunis a montré une corrélation entre la teneur en impuretés (notamment l'étain) et la coloration de surface (Syvilay et al. 2023). Cependant, plusieurs suivis photographiques montrent que le brunissement s'étend rapidement et que la présence de traces ne suffit pas à expliquer son apparition. Certaines tables de la couverture de la cathédrale Notre-Dame de Paris, grises au début des années 2000, étaient entièrement brunies en 2019 (avant l'incendie). L'évolution des concentrations de certains polluants atmosphériques est soupçonnée (baisse du SO<sub>2</sub>, augmentation de O<sub>3</sub> et des NOx...)

Afin d'étudier la contribution des polluants atmosphériques au brunissement du plomb, une campagne de vieillissements accélérés en chambres climatiques a été réalisée sur des échantillons de plomb métallique pur à 99,9 % (analyses ICP Filab) et de composés du plomb en poudre (oxydes, sulfates et carbonates de plomb purs). Un premier lot de 36 coupons métalliques et 6 poudres de composés du plomb a été placé sous flux de polluants gazeux (CO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> et O<sub>3</sub>) pendant quatre mois. Un second lot de 42 coupons métalliques et 6 poudres de composés du plomb a subi des cycles quotidiens

d'humidification/séchage avec dépôt d'aérosols salins. Un protocole analytique multi-échelle associant colorimétrie de surface, observations en microscopie optique et électronique et techniques d'analyses élémentaires (MEB-EDS) et structurales (DRX et  $\mu$ -spectroscopie Raman) a été mis en place afin de suivre les évolutions de ces échantillons. Si le brunissement n'a pas encore pu être établi, ces travaux mettent en évidence la formation majoritaire de carbonates de plomb (hydratés ou non) de manière systématique et qui pourrait être un précurseur de la formation de la plattnérite. Une suspicion de brunissement est d'ailleurs observée sur les poudres altérées en chambres qui nécessitent des expérimentations sur plus long terme.



# Projet COLISEUM : Corrélation des données du changement climatique avec le comportement des matériaux du patrimoine

Adèle Cormier <sup>1,2,3,4</sup>, Fabrice Surma <sup>1</sup>, Jean-Marc Vallet <sup>4</sup>, Odile Guillon <sup>4</sup>, Martin Laboure <sup>5</sup>, Ann Bourgès <sup>3</sup>, Nistor Grozavu <sup>2</sup>

<sup>1</sup> EPITOPOS – EPITOPOS – 20 rue des Serruriers 67000 Strasbourg, France

<sup>2</sup> Equipes Traitement de l'Information et Systèmes (ETIS) —CNRS, ENSEA Cergy, CY Cergy Paris Université — 95014 Cergy Pontoise Cedex, France

<sup>3</sup> Centre de recherche et de restauration des musées de France (C2RMF) — CNRS, Ministère de la Culture – Palais du Louvre, 75001 Paris, France

<sup>4</sup> Centre Interdisciplinaire de Conservation et Restauration du Patrimoine (CICRP) – Ministère de la Culture et de la Communication –13003 Marseille, France

<sup>5</sup> MESCLA – 17 rue de Sodbronn Illkirch, France

Projet : L'intensification des variations climatiques réduit la durée de vie des monuments. De nombreuses études sur l'impact du changement climatique sur le patrimoine ont été réalisées. Elles prouvent la nécessité de quantifier les évolutions actuelles et futures des comportements des matériaux du patrimoine. Leurs altérations dépendent de nombreux facteurs, notamment des conditions climatiques, anthropiques et des caractéristiques morphologiques du matériau. Il est donc difficile d'établir une corrélation précise entre l'évolution de l'altération d'un site et ses variations climatiques. Pour prédire ces évolutions, il est nécessaire de collecter des données climatiques en même temps qu'un suivi de l'évolution des matériaux.

Depuis les années 2000, des recherches autour de la collecte de données sur les matériaux du patrimoine et leur climat ont été menées. D'une part, elles concernent l'étude de la réponse spécifique d'un matériau à ses conditions de conservation. En parallèle, des méthodologies d'évaluation de l'état de conservation d'un matériau patrimonial sont proposées. Parmi toutes ces avancées, la question du changement d'échelle mettant en relation les données comportementales locales à une échelle globale environnementale a été peu abordée. Le caractère multimodal des données (images, valeurs numériques, textes) rend les corrélations difficiles, et ce sur différentes échelles de temps.

Objectif : Ce projet de thèse propose une approche nouvelle qui consiste en l'utilisation de modèles informatiques de prédiction par apprentissage supervisé (thèse collaborative avec celle de D. Roqui). De tels modèles d'intelligence artificielle permettent de corréler et de traiter des données pour prédire l'altération du matériau en fonction des paramètres à la fois climatiques et physico-chimiques. Il sera par la suite possible de réaliser des prédictions futures de l'altération grâce aux données connues des différents scénarios du changement climatique.

Méthode : Afin de collecter des données, des suivis climatiques sont réalisés sur 3 sites culturels en France pendant 3 ans : la flèche de la cathédrale Notre-Dame de Strasbourg (67), le site archéologique de Bibracte (71), la chapelle Saint-Pierre de Villefranche sur Mer (06). Chaque site est soumis à un climat différent, et possède des matériaux spécifiques. Tout d'abord, une évaluation de l'état d'altération de chaque site est effectuée. In situ, des capteurs microclimatiques enregistrent en continu les variations de la température, de l'humidité relative et des paramètres de la maçonnerie au cours du temps. L'état d'altération est suivi à intervalles réguliers au moyen d'analyses chimiques, de mesures cartographiques

avec des campagnes d'imagerie. A plus grande échelle, des données climatiques satellitaires seront intégrées dans les modèles.

Conclusion : Les thèses conjointes proposent l'élaboration d'une méthodologie d'exploitation des données intégrant une approche multi échelle pour suivre l'évolution de matériaux patrimoniaux. Implémentées dans des modèles prédictifs, ces données permettront d'évaluer avec précision les tendances de détérioration de monuments selon leurs conditions. Le modèle conçu sera aussi un outil permettant d'anticiper des plans de conservation préventive.

# Assessment of the impact of climate change on Argan tree in the Mediterranean GIAHS site, Morocco: current and future distributions

Oualid Hakam<sup>1</sup>, Victor Ongoma<sup>1</sup>, Adnane Beniaich<sup>2</sup>, Brahim Meskour<sup>3</sup>, Moussa Ait El Kadi<sup>3</sup>, Youssef Brouziyne<sup>4</sup>, Mohammed Hssaisoune<sup>1,3,5</sup>, Abdellaali Tairi<sup>3</sup>, Adnane Labbaci<sup>3</sup>, Lhoussaine Bouchaou<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup> International Water Research Institute — Mohammed VI Polytechnic University — Ben-Guerir — Maroc

<sup>2</sup> Agricultural Innovation and Technology Transfer Center, College of Agriculture and Environmental Science — University Mohammed VI Polytechnic — Ben-Guerir — Maroc

<sup>3</sup> Laboratory of Applied Geology and Geo-Environment — Ibn Zohr University — Agadir, Maroc

<sup>4</sup> International Water Management Institute — MENA Office, Giza, Égypte

<sup>5</sup> Faculty of Applied Sciences — Ibn Zohr University — Ait Melloul, Maroc

Climate change significantly challenges the sustainability of forest ecosystems, with broad socio-ecological impacts insufficiently assessed. This study examines one such critical system, the Globally Important Agricultural Heritage Systems (GIAHS), focusing on preserving the Argan tree in the Ait Souab-Ait Mansour region of southern Morocco. The region, including the Massa and Tamanart river basins, is crucial for Argan tree conservation, yet there is limited information on how climate change will affect the tree. This study aims to analyze climate variability trends and potential impacts on Argan tree distribution using observed (1983–2022) and projected rainfall and temperature data up to 2080. The MaxEnt model projected Argan tree distribution for 2041–2060 and 2061–2080 under four scenarios (SSP1-2.6, SSP2-4.5, SSP3-7.0, SSP5-8.5). Findings reveal significant climatic disparities, with warming of 0.4 °C between 1983 and 2022 and future temperatures reaching up to 4°C between 2041 and 2080. Rainfall shows considerable variability, with a decrease of approximately 2.5 mm per decade during the rainy season. Projections indicate a decline in annual precipitation, impacting seasonality and increasing the frequency of extreme events during the argan fruit production season. Suitable areas for Argan trees are expected to decline, particularly in the Tamanart and Massa River basins. The study highlights a 47–65% reduction in highly adapted zones in the med term (2041–2060), and 49–81% in the long term (2061–2080), emphasizing the need for proactive adaptation measures in effort to conserve and increase Argan tree's survival and productivity.

# Développement d'un Transformer Multimodal pour l'Analyse et la Conservation du Patrimoine Culturel

David Roqui <sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Centre de recherche et de restauration des musées de France (C2RMF) — CNRS, Ministère de la Culture — Palais du Louvre, 75001 Paris, France

<sup>2</sup> Equipes Traitement de l'Information et Systèmes (ETIS) — CNRS, ENSEA Cergy, CY Cergy Paris Université — 95014 Cergy Pontoise Cedex, France

Nous assistons à une explosion des sources de données numériques, accompagnée par une diversification des modalités telles que les images, les données climatiques et les données de capteurs. Cette prolifération de données hétérogènes soulève des questions quant à l'efficacité des modèles traditionnels, qui sont souvent limités à une seule modalité. Les modèles unimodaux, bien qu'efficaces dans des contextes simples, peuvent s'avérer insuffisants dans des situations où les informations sont dispersées sur plusieurs types de données. En effet, l'approche unimodale peine à capturer la richesse contextuelle fournie par des données multimodales, ce qui peut mener à des résultats moins robustes et moins précis.

L'intégration multimodale permet, quant à elle, de compenser les lacunes d'une modalité par les forces d'une autre, offrant ainsi une vision plus complète et nuancée du problème étudié. Toutefois, cette intégration pose des défis complexes, notamment la nécessité de préserver le contexte et les relations entre les différentes modalités. Les transformers, avec leur mécanisme d'attention et leur architecture flexible en couches, se révèlent particulièrement adaptés à cette tâche. Initialement conçus pour des tâches unimodales, les transformers ont été étendus ces dernières années pour prendre en charge des données multimodales.

Cependant, ces modèles existants présentent des limitations lorsqu'il s'agit de gérer des flux de données particulièrement variés et contextuellement riches. C'est dans ce cadre là que nous proposons un modèle de transformer multimodal capable de traiter simultanément des flux de données hétérogènes, telles que des images, des données climatiques et des données de capteurs, afin d'améliorer la compréhension contextuelle dans des applications complexes. L'objectif principal est de démontrer l'efficacité de ce modèle pour fusionner ces différentes modalités de manière synergique, permettant une analyse plus profonde et plus précise que les modèles unimodaux traditionnels.

Pour illustrer l'efficacité de notre approche, nous appliquons ce modèle au domaine de la préservation du patrimoine culturel. Le transformer multimodal est utilisé pour analyser trois sites patrimoniaux français (Bibracte, la Cathédrale de Strasbourg et la chapelle Saint-Pierre) dans le but de prédire leur dégradation future en combinant des images, des données climatiques et des données de capteurs. L'objectif sera de prédire un indice de dégradation de ces sites via application d'un transformer multimodal.

6 - Interactions entre les agroécosystèmes et le changement climatique – opportunités, adaptation et mitigation – dynamiques passées et actuelles

# Évolution de l'usage des pesticides sur trois décennies d'agriculture intensive en Arizona

Alice Agblekey<sup>1</sup>, Régis Ferrière<sup>1,2</sup>, Melissa Furlong<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Institut de biologie de l'École Normale Supérieure (IBENS) — CNRS, ENS Paris, Université Paris sciences et lettres —  
75230 Paris Cedex 05, France

<sup>2</sup> University of Arizona – Tucson, AZ, États-Unis

Au regard des changements globaux auxquels les agroécosystèmes issus de l'agriculture conventionnelle sont soumis, leur fonctionnement actuel questionne leur vulnérabilité et leur résilience. Outre les impacts directs du changement climatique sur la production agricole, tels que la destruction de cultures par des événements climatiques extrêmes toujours plus fréquents et intenses, les impacts indirects portant sur les dynamiques du vivant au sein des agroécosystèmes sont également préoccupants. Les interactions plantes - insectes (ravageurs comme auxiliaires), et la réponse humaine apportée sous forme de régulation des insectes, forment un sous-système fortement influencé par de nombreux facteurs abiotiques, notamment météorologiques et atmosphériques. Ceux-ci déterminent pour grande part le développement des populations d'insectes ravageurs et leur comportement envers les cultures agricoles. Il a été mis en évidence que les modifications de températures, de précipitations ou encore de la concentration en CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère affectent le nombre de générations d'insectes, leur niche écologique ou encore leur rythme de diapause. Ces mêmes facteurs abiotiques impactent les cultures, en les rendant notamment plus ou moins vulnérables face aux attaques des insectes ravageurs. Leur régulation, induite par ces dynamiques plantes - insectes, fait partie intégrante des agroécosystèmes. Dans le cadre de l'agriculture conventionnelle, cette réponse humaine se résume le plus souvent au recours à des produits phytosanitaires, présentés comme garants de la sécurité alimentaire depuis l'après Seconde Guerre mondiale. Il est donc légitime de se questionner sur l'évolution du recours à ces produits en parallèle de l'évolution de la crise climatique. Certains travaux ayant, de plus, mis en évidence l'effet du niveau de perception du changement climatique de fermiers sur leur utilisation de pesticides, il est nécessaire d'interroger le futur comportement des acteurs agricoles clés soumis à ces pressions environnementales, s'agissant de nouvelles stratégies d'adaptation, ou au contraire d'un renforcement des pratiques agricoles déjà employées.

Nous avons analysé l'évolution des applications de trois classes chimiques d'insecticides (les organophosphorés, les carbamates et les pyréthrinoides) de 1992 à 2020 au sein de trois comtés du sud de l'Arizona, l'une des régions les plus arides des États-Unis. En analysant les séries temporelles annuelles à l'aide de modèles à effets fixes incluant des variables explicatives météorologiques telles que la température moyenne et le cumul de précipitations, nous avons mis en évidence le caractère significatif de ces facteurs climatiques pour expliquer l'évolution de l'usage d'insecticides, tout en faisant état de dépendances non linéaires. Nous avons également complété ce travail par des entretiens avec des agronomes en charge de l'application des pesticides en Arizona, afin d'explorer leurs perceptions du changement climatique.

Une évolution d'usage de pesticides est indissociable d'une évolution de l'exposition des populations humaines. Cette première analyse ouvre la voie à un futur travail associant des projections d'usage de pesticides en fonction de différents scénarios de changement climatique, et l'étude des conséquences induites en termes d'effets sanitaires.

# Hydrometeorological variability and agricultural yields: Comparing process-based and machine learning models

Erik Chavez <sup>1</sup>, Daniel Ohara <sup>2</sup>, Michael Ghil <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Imperial College London – Royaume-Uni

<sup>2</sup> Laboratoire de météorologie dynamique (LMD) — CNRS, ENS Paris, École Polytechnique, Sorbonne Université, Institut polytechnique de Paris, Université Paris sciences et lettres, École des Ponts ParisTech — 91128 Palaiseau Cedex, France

The study focuses on identifying the features of hydrometeorological variability that drive agricultural yields, with the aim to decrease the basis risk in parametric weather risk transfer models. We studied and compared different approaches to model the crop-weather relationships, combining different techniques to improve inference at an interannual scale, particularly for extremes in weather events. The models designed are broadly divided into two categories: linear models and nonlinear machine learning models. We tested the inference performance of these models based on daily gridded remote sensing data at the global scale in comparison with the output data of land surface process-based models (GEPIC and PEGASUS). Different linear models designed were focused on testing high-level vegetation physiological features to temperature and moisture variability accounting for temperature and precipitation-based variables following calendar or cumulative growth degree days aggregation. We also included a neural net-based model to allow for more complex relationships between weather factors and yields, capturing nonlinear interactions. Cross-validation was used to compare the performance of these models. While improvements in overall predictive accuracy were achieved through physiologically based temporal weather data aggregation, pixel-level inference was preserved even when models were reduced or aggregated. This indicates that both linear and nonlinear models have potential, but the benefits of increased complexity must be weighed against the marginal improvements they offer.

# Variabilité climatique et productivité des pâturages naturels dans le bassin de l'Ouémé Supérieur au Bénin

Gildas Louis Djohy <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Université de Parakou, Faculté des Lettres, Arts et Sciences Humaines (FLASH), Département de Géographie et Aménagement du Territoire (DGAT) – Parakou, Bénin

La pression exercée par les activités humaines, combinée aux effets néfastes des changements climatiques, impacte fortement la productivité des espèces herbacées et ligneuses fourragères des pâturages naturels. Cette étude vise à évaluer la richesse et la diversité floristique, ainsi que la productivité et la capacité de charge des pâturages naturels dans le bassin de l'Ouémé Supérieur au Bénin, dans un contexte de variabilité climatique. Les relevés floristiques et l'évaluation de la phytomasse et de la capacité de charge ont été réalisés dans les pâturages communaux de Tchaourou et Djougou. Pour cela, des relevés de la phytomasse herbacée (791 placettes de 1 m<sup>2</sup>) et des estimations de la biomasse foliaire des ligneux fourragers basées sur des mesures dendrométriques (113 placettes de 900 m<sup>2</sup>) ont été réalisés pour déterminer la productivité des pâturages. Les données climatiques couvrant la période de 1980 à 2019, issues des stations synoptiques de la zone d'étude, ont également été analysées. Des analyses descriptives (moyennes  $\pm$  écart-types), des analyses de variance et la spatialisation des productivités ont été effectuées à l'aide des logiciels " R " et " ArcGIS ". Les résultats montrent une instabilité pluviométrique, avec 52,5 % d'années déficitaires et 47,5 % excédentaires au cours des quatre dernières décennies dans la zone d'étude. L'analyse des séries pluviométriques de 1980 à 2019 n'a révélé aucune tendance significative dans les hauteurs de pluie ( $P = 0,426$ ), tandis que les températures moyennes ont augmenté de 26,8°C à 28,3°C (+1,5°C) sur cette même période ( $P = 0,000$ ). L'inventaire floristique a recensé 164 espèces réparties en 130 genres et 54 familles, parmi lesquelles les Fabaceae (20,7 %), les Poaceae (11 %, notamment *Andropogon gayanus* et *Brachiaria falcifera*) et les Asteraceae (9,8 %) sont les plus représentées. La productivité des pâturages varie selon les sites, allant de 0,7 à 1,5 t MS/ha, tout comme la capacité de charge, qui oscille entre 0,11 et 0,43 UBT/ha. La spatialisation des données climatiques et de productivité a révélé que les pâturages à faible productivité (0,7 à 1,0 t MS/ha, couvrant 12 % de la zone d'étude) sont situés dans des zones à forte et moyenne variabilité climatique (28,2 % de la zone d'étude). Les pâturages de productivité moyenne (1,0 à 1,2 t MS/ha, représentant 59,8 % de la zone d'étude) se trouvent dans des zones à variabilité climatique moyenne et faible, tandis que les pâturages à forte productivité (1,2 à 1,5 t MS/ha, couvrant 28,2 % de la zone d'étude) sont situés dans des zones à faible et moyenne variabilité climatique (12 % de la zone d'étude). Ces résultats sont essentiels pour orienter les politiques de gestion des pâturages et d'adaptation au changement climatique.

E-mail : gildasdjohy@gmail.com



# Variabilité climatique et développement agricole dans le Nkam (Littoral-Cameroun)

Charlie Wuitaker Dongmo <sup>1</sup>, Paul Tchawa <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Université de Yaoundé I (UY1) – B.P. 337 Yaoundé, Cameroun

Le ralentissement du développement agricole de la localité du Nkam est une résultante des impacts potentiels des changements climatiques, qui constituent depuis plusieurs décennies une des grandes préoccupations majeures tant à l'échelle internationale que nationale. Ainsi, depuis 2015, le Programme de développement durable à l'horizon 2030, dans ses objectifs 2 et 13, attend éradiquer la faim, garantir la sécurité alimentaire, améliorer la nutrition et promouvoir l'agriculture durable, tout en agissant d'urgence contre le changement climatique et ses impacts. Car, celui-ci a des effets négatifs sur la production agricole, la sécurité alimentaire de cette localité et constituent un frein à l'alimentation des villes des régions du Littoral et Ouest en denrées alimentaires. Les observations de terrain relèvent un manque de denrée alimentaire et une hausse des prix sur les marchés ne favorisant pas le panier de la ménagère. Cet article vise à analyser les impacts de la variabilité climatique sur le développement agricole dans le Nkam. L'étude opte pour une démarche hypothético-déductive axée sur la recherche documentaire, les observations de terrain couplées des données climatiques et statistiques des cartes d'occupation du sol des années 1975, 1986, 2019 et 2023, les entretiens avec les personnes ressources et les enquêtes socio-économiques auprès de 488 ménages agricoles choisis de façon aléatoire dans les 16 principaux bassins de production agricole de la localité. Les résultats de l'étude indiquent que le changement climatique est responsable du ralentissement du développement agricole de la localité du Nkam. D'après les enquêtes de terrain, 91,3% des enquêtés affirment avoir observé des retards de pluies entre 1980 et 2023 contre 8,7% qui estiment que le changement climatique est inexistant. Ceci a eu un impact négatifs considérable sur le calendrier et la production agricole. Or près de 65% des agriculteurs disent insatisfaisants de leur production agricole en 2023, associés à l'analyse diachronique des cartes d'occupation du sol, il ressort que la superficie des cultures a régressé de 7523 hectares entre 1975 et 1986. Entre 1986 et 2019, elle a légèrement évolué à 324 hectares et a baissé à 2330 hectares entre 1975 et 2019. La situation de 2023 reflète celle de 2019 avec un faible écoulement des produits agricoles hors du Nkam.

Mots clés : Variabilité climatique, développement agricole, Nkam au Cameroun

# Les régions françaises de grande culture face au changement climatique : l'agroécologie au service de l'adaptation ? Le cas de la Champagne marnaise.

Eva Guilman <sup>1</sup>, Nadège Garambois <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Pôle de recherche pour l'organisation et la diffusion de l'information géographique (PRODIG) – CNRS, Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne, Université Paris Cité, IRD, AgroParisTech – 2 rue Valette, 75005 Paris, France

A l'instar de l'ensemble du Bassin parisien, les exploitations de grande culture champenoises sont de plus en plus soumises aux effets du changement climatique. L'augmentation des températures s'accompagne d'une pousse plus précoce des adventices (Gibot-Leclerc et al., 2009), accentue les risques d'échaudage (Gate et al., 2008) et fragilise les plants face à la pullulation des insectes ravageurs (Hmimina, 2016). L'augmentation et l'irrégularité de la pluviométrie contribuent à accroître la pression des maladies fongiques (Zito, 2021). L'ensemble de ces phénomènes participe, depuis une décennie, à la baisse des rendements des principales cultures champenoises. Ils conduisent à s'interroger sur les tentatives d'adaptation déployées par les agriculteurs afin d'accroître leur résilience face au changement climatique. Cette recherche conduite dans le cadre d'une thèse de doctorat en agroéconomie et selon une démarche d'Agriculture comparée (Cochet, 2011), s'appuie sur un travail de terrain approfondi incluant une soixantaine d'entretiens auprès d'agriculteurs champenois. Nos travaux révèlent deux principales voies d'adaptation.

La première est mise en œuvre au sein d'exploitations qui s'efforcent de limiter ces effets tout en essayant de maintenir leurs niveaux et types de production. Seules les cultures les plus sujettes aux baisses de rendement sont légèrement réduites dans l'assolement. Les dates de semis sont adaptées : plus tôt pour allonger la durée de végétation et pallier la baisse des rendements, ou plus tard afin d'amplifier la lutte mécanique contre les adventices pré-semis. Sur les cultures les plus sensibles, un supplément d'engrais organiques est apporté pour favoriser la robustesse des plants. Ces ajustements ne parviennent cependant pas à empêcher une hausse de la fréquence des traitements herbicide, dans un contexte où la baisse d'efficacité des substances actives (résistance) pèse aussi sur les systèmes de grandes cultures. Ces changements s'accompagnent également d'investissements dans de nouveaux équipements et d'une souscription aux assurances multirisques climatiques. L'ensemble de ces évolutions n'empêche donc pas une diminution de la richesse créée par hectare.

Parallèlement, depuis une quinzaine d'années, un petit nombre d'agriculteurs champenois développent des systèmes agro-écologiques (Altieri, 1986). Dans ce cadre, ils déploient une seconde voie d'adaptation, caractérisée par des changements de bien plus grande ampleur. Les cultures les plus sensibles aux variations du climat et aux agents pathogènes sont largement réduites voire arrêtées au profit de cultures plus résistantes, ou pratiquées en cultures associées. Tout en jouant sur les couverts, ces choix d'assolement visent à accroître la couverture du sol pour lutter contre les adventices en complément d'un travail mécanique. La réduction systémique de l'usage systémique de produits phytosanitaires et la mise en place d'infrastructures agro-écologiques favorise les régulations biologiques face aux pressions des maladies et ravageurs. Ces changements systémiques qui visent à renforcer la durabilité de ces exploitations et à accroître la richesse créée par hectare (Devienne & Garambois, 2020), se révèle comme une voie prometteuse d'adaptation au changement climatique.

# Processus d'adaptions agroécologiques face au changement climatique et aux contraintes du marché dans la région du Cap Bon, Tunisie

Alia Gana <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire Dynamiques Sociales et recomposition des espaces (Ladyss) – CNRS, Université Paris I Panthéon Sorbonne, Université Paris Nanterre, Université Vincennes-Saint Denis, Université Paris Cité – 92001 Nanterre Cedex

La Tunisie figure parmi les pays méditerranéens les plus affectés par les effets du changement climatique. Ils touchent plus particulièrement l'agriculture, aggravant la crise structurelle de ce secteur stratégique de l'économie tunisienne. Si des mesures incitatives sont mis en œuvre par les pouvoirs publics pour encourager les agriculteurs à " rationaliser " l'usage de l'eau, elles ne remettent pas fondamentalement en cause les systèmes de production intensifs et ne s'inscrivent pas dans une vision globale de l'adaptation de l'agriculture au changement climatique. Certes, les modèles de l'agriculture durable diffusés par les bailleurs de fonds internationaux ont bien fait leur chemin en Tunisie et figurent en bonne place dans les programmes d'appui à la lutte contre le changement climatique et la pauvreté rurale. Toutefois, les projets mis en oeuvre, y compris ceux se référant à l'agroécologie, ciblent de manière privilégiée les régions agricoles dites " marginales " et s'inscrivent le plus souvent dans une optique de conservation des eaux et des sols et de réduction de l'exode rural, plutôt que de production agricole. Pourtant, on observe dans les zones d'agriculture intensive, telle que celle du Cap Bon au nord-est de la Tunisie, des changements notables dans les pratiques agricoles qui correspondent à des adaptations à une crise aggravée de l'exercice de l'activité agricole. Cette crise multiforme, liée à la fois aux effets combinés du changement climatique, de la hausse des coûts de production et des difficultés d'accès au financement et au marché, a en effet conduit de nombreux agriculteurs de la région à réduire les superficies en irrigué, à diversifier leur système de production (association cultures/élevage, réintroduction des grandes cultures et de l'arboriculture en sec), et à réduire leurs achats d'intrants. Conduite dans le cadre du projet MA4SURE " Mediterranean Agroecosystems for Sustainability and Resilience under Climate Change " et s'appuyant une approche multiscale, notre recherche montre que les stratégies d'adaptation mises en place par les exploitants de la zone d'étude s'apparentent pour une bonne part au développement de pratiques agroécologiques, visant une plus grande autonomie vis-à-vis des contraintes d'accès à l'eau et au marché. L'enquête auprès d'une diversité d'exploitations agricoles met en évidence la variété des solutions techniques et organisationnelles adoptées par les agriculteurs, susceptibles d'ouvrir la voie à une transformation agroécologique. Même si ces adaptations ne semblent pas, en premier lieu, être motivées par des préoccupations environnementales. Les résultats de la recherche permettent ainsi de renouer avec une conception de l'agroécologie comme issue des pratiques de la petite agriculture familiale diversifiée (Holt-Giménez & Altieri, 2013). Ils font également ressortir les limites des politiques publiques visant à réduire les effets du changement climatique, qui restent en retrait par rapport aux transformations initiées par les agriculteurs. Enfin, ils contribuent à nourrir une réflexion sur une approche de la transformation agroécologique permettant de saisir le caractère multidimensionnel (à la fois politico-institutionnel, socioéconomique, environnemental et technique) des processus qui y participent.

# Exposure Analysis of potential and current Neotropical agroforestry areas suggest lowland widespread vulnerability

Andres Fernando Gonzalez-Gonzalez <sup>1</sup>, Juan Fernández Manjarrés <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Ecologie Systématique et Evolution (ESE) – CNRS, AgroParisTech, Université Paris-Saclay – Université Paris-Saclay, 91405 Orsay Cedex, France

Neotropical agroforestry systems are vulnerable to climatic variability driven by the El Niño- Southern Oscillation (ENSO). Despite numerous studies on ENSO impacts, there is still a need for comprehensive spatial and temporal analyses rather than focusing on isolated events. This study examines the continental-scale exposure of potential agroforestry areas and 41 agroforestry sites in the Neotropics to ENSO fluctuations over the past 30 years. Our main approach is based on the analysis of atmospheric teleconnections between the Pacific Ocean and the Neotropical zone in the American continent. Pearson correlations between 1990-2020 time series of Oceanic Niño Index (ONI) anomalies and six terrestrial climate variables were analyzed using high-resolution meteorological data (Terraclimate). In addition, we selected 41 current agroforestry sites from the literature and conducted a principal component analysis on detrended time series of ONI and the six terrestrial climate variables for each site to conduct a cluster analysis. Our results show that ENSO-induced terrestrial temperature changes correlated mostly, but not always, with decreasing precipitation patterns on a continental scale. Overall, this study can be used to identify zones where agroforestry systems would need different priority management to cope with ENSO fluctuations because of their tightly linked teleconnections with the temperatures of the Pacific Ocean.

# Anthropisation, pratiques agricoles et dynamiques des sols intertropicaux depuis la période précolombienne : une approche géoarchéologique et micromorphologique

Anaëlle Joseph-Julien <sup>1,2</sup>, Benoît Berard <sup>2,3</sup>, Louise Purdue <sup>4</sup>, Marine Laforge <sup>5,6</sup>

<sup>1</sup> Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne – France

<sup>2</sup> Archéologie des Amériques (ArchAm) — CNRS, Université Panthéon-Sorbonne Paris 1, Ministère de la Culture — 75004 Paris, France

<sup>3</sup> Université des Antilles (Pôle Martinique) – Martinique

<sup>4</sup> Culture et Environnements, Préhistoire, Antiquité, Moyen-Age (CEPAM) — CNRS, Université Nice Côte d’Azur – Pôle universitaire Saint-Jean-d’Angély - 06357 Nice Cedex 4, France

<sup>5</sup> Etudes et valorisations archéologiques (EVEHA) — Rennes, France

<sup>6</sup> Centre de Recherche en Archéologie, Archéosciences, Histoire (CREAAH) — Université Rennes 2, Le Mans Université, CNRS, Nantes Université, Université de Rennes, Ministère de la Culture, INRAP — 35042 Rennes Cedex, France

Face aux bouleversements environnementaux actuels, les milieux intertropicaux sont confrontés à des enjeux majeurs, notamment liés à la gestion durable des ressources en eau et des sols. Ces problématiques résonnent avec celles auxquelles ont dû faire face les premières communautés agro-céramistes de Méso-Amérique et des Antilles, où les conditions environnementales étaient parfois défavorables à une agriculture intensive. Dans ces milieux tropicaux humides, les sols subissent des contraintes pédogénétiques spécifiques, principalement dues à l’intensité des processus de lessivage causés par l’alternance marquée entre saisons sèches et humides. Pour mieux gérer ces sols, il est essentiel de comprendre leur origine et leur évolution. Il faut également prendre en compte l’intensité des phénomènes biologiques et pédoclimatiques auxquels ils ont été soumis, ainsi que l’impact des activités humaines sur leur transformation au fil du temps. Les activités humaines, autrefois comme aujourd’hui, jouent en effet un rôle déterminant dans l’évolution des sols. Ce projet de thèse repose sur une approche géoarchéologique intégrant des analyses micromorphologiques, granulométriques et physico-chimiques pour explorer l’histoire dynamique de ces sols intertropicaux. L’étude de neuf sites archéologiques implantés dans les petites Antilles et en Méso-Amérique permettra d’identifier les pratiques d’aménagement et d’exploitation des sols par les communautés précolombiennes, ainsi que l’impact de l’anthropisation à long terme. Ces sociétés, bien que culturellement distinctes, développent des stratégies d’adaptation similaires pour répondre aux contraintes de leur environnement, adoptant des pratiques agricoles et domestiques spécifiques. En analysant ces occupations, nous pourrions éclaircir les modalités d’anthropisation des sols antillais et mésoaméricains depuis la période précolombienne, en mettant en évidence des marqueurs géoarchéologiques spécifiques dans les archives sédimentaires. Ce colloque sera ainsi l’opportunité de présenter ce projet de thèse, visant à éclairer les interactions entre l’Homme et son environnement dans ces régions intertropicales, tout en clarifiant l’ensemble des processus qui ont façonné ces sols au fil du temps.

# Impact of drought on crop weather insurance loss ratio in France in a context of recent global warming

Léa Laurent <sup>1</sup>, Thierry Castel <sup>1</sup>, Albin Ullmann <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Biogéosciences – Université Bourgogne Dijon, EPHE Paris, Université Bourgogne Franche-Comté, CNRS, Université Paris sciences et lettres, Institut national d'enseignement supérieur pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement – 21000 Dijon, France

Climate change modifies climatic hazards and requires to reconsider agro-climatic risks. Drought is one of the main risks impacting the agricultural production and the performance of crop weather insurance (Brisson et al., 2010). Understanding the regionalized effects of climate change on agro-climatic risks is therefore a major challenge for the agricultural world, specifically for insurers. This study, resulting from a collaboration between an insurer and a research laboratory, aims at developing a water stress index that would provide a robust and relevant explanation of the evolution of "MultiRisques Climatiques" (MRC) insurance claims. Wheat and maize being important crops in the company's portfolio, they are particularly studied in this work.

The Safran-Isba-Modcou (SIM) dataset, produced by Météo France, can be used to quantify changes in the climatic hazard associated with the water cycle on a regional scale over the 1959- 2021 period (Soubeyroux et al., 2008). Taking into account the vulnerability of plant species through the use of a simplified water balance model provides an opportunity to assess changes in water stress in the major production basins of the crops of interest (Jacquart & Choisnel, 1995). The definition of a water stress threshold for each crop leads to the development of a drought index. The correlation between this drought index and the MRC loss ratio (S/P) is studied for each production basin, allowing to evaluate whether the drought index can constitute a robust explanatory factor for changes in the S/P ratio.

Results show that for maize, the drought index taking into account the phenology of the crop studied provides a more robust explanation of the trend in MRC insurance claims than other drought index that do not consider plant characteristics. For wheat, the results are more mixed, with a high variability of scores that needs to be investigated.

The results are very encouraging, demonstrating the potential interest of the water stress index as a proxy for insurance risk. Detailed characterization of drought combined with the integration of the crops vulnerability increases the robustness of the correlation between this index and the MRC loss ratio. However, the link between the water stress index and claims experience is not unequivocal, and depends on multiple factors (cultural or territorial factors) - as shown by the more contrasting results for wheat crops. The S/P ratio taken into account in this study also includes claims costs linked to all hazards covered by MRC insurance, without isolating only those linked to drought. The results therefore need to be refined and consolidated using a finer spatial scale approach, and taking into account the various types of claims.

Brisson, N., Gate, P., Gouache, D., Charmet, G., Oury, F.-X., Huard, F., 2010. Why are wheat yields stagnating in Europe? A comprehensive data analysis for France. *Field Crops Research* 119, 201–212. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2010.07.012>

Jacquart, C., Choisnel, E., 1995. Un modèle de bilan hydrique simplifié à deux réservoirs utilisable en agrométéorologie. *La Météorologie 8ème série*, 29–44. <https://doi.org/10.4267/2042/51939> Soubeyroux, J.-M., Martin, E., Franchisteguy, L., Habets, F., Noilhan, J., Baillon, M., Regimbeau, F., Vidal, J.-P., Lemoigne, P., Morel, S., 2008. Safran-Isba-Modcou (SIM): Un outil pour le suivi hydrométéorologique opérationnel et les études. *Météorologie* 8, 40. <https://doi.org/10.4267/2042/21890>

# Cartographie des changements d'occupation du sol dans le bassin de la Moyenne Vallée du fleuve Sénégal dans un contexte de changement climatique

Ephigénie Mackane Madioune <sup>1,2</sup>, Honoré Dacosta <sup>1</sup>, Awa Niang Fall <sup>1,2</sup>,  
Waly Faye <sup>1,2</sup>, Nathalie Pottier <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Université Cheikh Qnta Diop de Dakar (UCAD) – BP 5005 DAKAR-FANN, Sénégal

<sup>2</sup> Unité Mixte Internationale Soutenabilité et Résilience (UMI SOURCE) – Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines (UVSQ) – 47 Boulevard Vauban, 78280 Guyancourt, France

L'intervention proposée vise à contribuer au débat sur le changement climatique dans la région de la moyenne vallée du fleuve Sénégal en lien avec l'étude de l'évolution des modes d'occupation des sols entre 1970 et 2024. Elle apporte des connaissances sur les changements tangibles opérés dans l'utilisation des terres, la couverture biophysique. La dynamique d'occupation du sol dans l'écosystème est devenue pour l'heure une problématique environnementale majeure. En effet, les changements environnementaux ou de couverture terrestre peuvent s'expliquer à la fois par la variabilité climatique des précipitations et des températures et par des facteurs anthropiques ; les deux ayant des impacts déterminants sur le fonctionnement des écosystèmes et sur la disponibilité des ressources naturelles qui conditionne les activités socio-économiques. L'étude menée dans la moyenne vallée du fleuve Sénégal met en évidence une analyse géospatiale des unités morphopédologiques avant et après la construction des barrages. Notre méthodologie relève d'une exploration des images satellitaires multitudes complétées par les données du terrain (photo interprétation de haute résolution sur Google Earth). Il s'agit des scènes d'images spectrales de Modis et Landsat ETM et 8. La classification dirigée par l'algorithme du maximum de vraisemblance a été utilisée pour la cartographie des changements d'occupation du sol. L'analyse diachronique basée sur les caractéristiques physiographiques (forêts et savanes, sol nu et habitat, plans d'eau, zones humides, et les zones de cultures et jachères) ont révélées une augmentation des plans d'eau, l'extension des exploitations agricoles et industrielles, une diminution des étendues des steppes arbustives et herseuses et une légère progression de la végétation aquatique. Ces modifications dans l'occupation du sol sont aussi marquées par la déchéance des cultures de décrue et les cultures pluviales sur les 50 dernières années. Ces résultats mettent à l'évidence les liens forts entre la variation des chroniques climatiques et les impacts en termes de mutation des systèmes de culture actuels et passés fortement dépendants de la disponibilité et des ressources en eau. Reste à évaluer la capacité des acteurs agricoles à prendre en compte l'impact du changement climatique dans leurs perspectives d'avenir, une étape essentielle abordable par des enquêtes de terrain pour compléter cette étude.

Mots clés : Moyenne vallée du fleuve Sénégal, occupation du sol, télédétection, analyse diachronique, utilisation des terres, méthode du maximum de vraisemblance.

# Habiter les inondations dans la vallée du logone (Extreme-nord Cameroun)

Kaardi Moïse <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Centre de recherche sur l'habitat -ENSA VAL DE SEINE (CRH -ENSA VAL DE SEINE) – Terres australes françaises

La vallée du Logone située à l'extrême nord Cameroun constitue une vaste plaine inondable qui subit de façon récurrente les inondations. De 2012 à 2024, des épisodes d'inondations se sont succédé en laissant des empreintes socio spatiales. Elles interviennent dans un contexte de précarité des habitants en leur imposant une nouvelle façon d'habiter le territoire. Comment les populations s'organisent-elles pour faire face aux inondations en fonction des différents épisodes ? Comment les pouvoirs publics se déploient t-ils sur le territoire pour gérer les inondations ? A partir des observations et des enquêtes de terrain, j'analyserai ce que les inondations fabriquent comme perception dans la vallée du Logone et comment cette perception alimente les motivations d'habiter ledit territoire. Ensuite, j'analyserai les rapports que les inondations créent entre les pouvoirs publics et les habitants dans un contexte de risque.



# Adaptation des agroécosystèmes sahéliens au changement climatique : pratiques agroécologiques et défis agricoles dans les pays de la Grande Muraille Verte au Sahel

Ousmane Ndione <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Institut d'écologie et des sciences de l'environnement de Paris (iEES Paris) – CNRS, Université Paris est Créteil Val de Marne, IRD, Sorbonne Université, INRAE, Université Paris Cité — campus de Jussieu – 75005 Paris Cedex 05, France

La communication que je propose vise à partager les résultats de ma thèse dont l'un des objectifs majeurs est d'explorer les stratégies d'adaptation des agriculteurs sahéliens face aux impacts du changement climatique. Le travail de terrain, mené principalement dans les pays de la Grande Muraille Verte – Djibouti, Tchad, Niger et Sénégal – s'appuie sur des enquêtes quantitatives en milieu rural.

L'objectif de cette communication est double : (1) exposer les principales pratiques agroécologiques mises en œuvre par les agriculteurs sahéliens pour faire face aux effets du changement climatique, en se focalisant sur les stratégies locales d'adaptation et les techniques de restauration des sols ; (2) analyser les défis structurels et conjoncturels auxquels sont confrontés ces systèmes de production ruraux, en tenant compte des spécificités écologiques, sociales et économiques des régions étudiées.

Les résultats obtenus montrent une adoption significative de pratiques agroécologiques, particulièrement en ce qui concerne la gestion des sols et la conservation de l'eau. Les paysans, et notamment les femmes, démontrent une connaissance fine des techniques de restauration des sols, telles que l'agroforesterie et le zaï, qui permettent de maintenir la fertilité des terres et de s'adapter aux régimes pluviométriques de plus en plus erratiques. Toutefois, les défis restent nombreux : érosion des sols, sécheresse récurrente, manque de ressources pour investir dans des technologies résilientes, et faible accès aux marchés.

En conclusion, cette communication apportera un éclairage sur les dynamiques socio-environnementales en cours dans les agroécosystèmes sahéliens et les opportunités qu'elles représentent en matière d'adaptation et de mitigation. Elle proposera une réflexion sur les solutions robustes mises en place par les agriculteurs sahéliens, tout en considérant les limites et les défis à relever pour assurer la pérennité des systèmes agricoles face au changement climatique.

# Global Commodity Price Variability Driven by Nonlinear Disequilibrium in Coupled Human-Natural Dynamics

Daniel Ohara <sup>1</sup>, Michael Ghil <sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire de météorologie dynamique (LMD) — CNRS, ENS Paris, École Polytechnique, Sorbonne Université, Institut polytechnique de Paris, Université Paris sciences et lettres, École des Ponts ParisTech — 91128 Palaiseau Cedex, France

<sup>2</sup> University of California — Los Angeles, USA

The mark of periodic or quasi-periodic modes in a power spectrum has been fundamental in the development of climate scientists' understanding of the natural dynamics of the earth's climate. This type of mark is by and large disregarded by modern macroeconomists as well as by modelers of the coupled macroeconomy-climate system. In both fields of study, the lack of significant structure in temporal variability leads researchers to assume that the essential dynamics are in generalized equilibrium.

We address here an example of disequilibrium and nonlinear human-natural dynamics neglected by equilibrium simplifications, namely the problem of the multiple temporal scales of global commodity price variability. We use a simple data-driven coupled model of the El-Niño Southern Oscillation and the macroeconomy. The model's success at matching key features of global commodity price variability motivates the need to further develop the approach herein and apply it to more detailed Integrated Assessment Models, as a necessary complement to current practice.

# Potential production of energy cover crop in France: consequences on food crop production and environmental impacts based on scenarios simulation at high resolution

Helene Raynal <sup>1</sup>, Julie Constantin <sup>1</sup>, Sabine Houot <sup>2</sup>, Camille Launay <sup>1</sup>

<sup>1</sup> AGroécologie, Innovations, teRritoires (AGIR) — INP Toulouse, INRAE — 31326 Auzeville, France

<sup>2</sup> Ecologie fonctionnelle et écotoxicologie des agroécosystèmes (ECOSYS) — AgroParisTech, INRAE, Université Paris-Saclay — Université Paris-Saclay, 91120 Palaiseau, France

Cover crops could be considered either as multi-services crops (MSC) that are included in rotation for different agronomical purposes (N leaching limitations, storage of Carbon ...) or as raw materials used to produce biogas in fermenter by an anaerobic digestion process (AD)). In this latter case, we considered them as energy cover crop (ECC). Some European countries are exploring the idea of replacing dedicated crops with ECC for biogas production, accompanied with specific regulation measures in order to avoid competition with food crops for land use and to sustain crop services such as limitation of N leaching. In France, some studies gave an estimation of 18 and 23 Mt covering 11 to 30% of our gas needs by 2050 but based on simple assumptions and coarse calculations.

We present here the methodology and the results of a study conducted by Launay C (Launay 2023) about the estimation of the potential production of ECC at France scale and the impacts on food production and on environment. One of the originality of this work has consisted in the design of a modelling chain combining different models in order to represent the different processes from field to energy production. Then, we applied it at France scale. We developed the experimental plan on 4 scenarios: i) Baseline with current cropping systems, ii) Multi-services cover crops extension: generalization of the use of MSCC to produce different ecosystem services in addition to N leaching reduction, such as providing N to the following crop with legumes or increasing soil carbon storage with grasses, iii) Energy cover crops: Introduction of AD and ECC. The ECC species were chosen for their high biomass production potential; iv) Energy crops extension: Modification of the crop rotations and crop precocity to integrate more ECCs to produce more biogas.

We based the analyses of the results on two dimensions: i) Production of biomass (cover crops production of biomass, exportation of ECC biomass, main crops production of biomass), ii) Environmental impact on non-livestock systems (climate change mitigation, air quality improvement, water resource saving, reduction of groundwater eutrophication).

ECCs can be a major source of energy in France: from 17 to 115 TWh. They are indeed a lever for climate change mitigation, despite their fertilization and the associated increase in N<sub>2</sub>O emissions, due to the substitution of fossil gas and the storage of C in the soil. However, the additional biomass production and fertilization are likely to be at the expense of air quality and water availability. They still reduce nitrate pollution but to a lesser extent than some MSCC species. As for food production, harvest dates and species of ECC should be chosen carefully to avoid pre-emptive competition with the following crop while still producing enough biomass for biogas.

*Launay C. Insertion of energy cover crops in cropping systems in France: multi-scale assessment of potential production and water-nitrogen-carbon impacts. PhD . 2023*

# Vegetation, climate changes and human practices during the last 15,000 years recorded at Lake Matese, in Italy

Mary Robles <sup>1,2</sup>, Elisabetta Brugiapaglia <sup>2</sup>, Odile Peyron <sup>1</sup>, Guillemette Ménot <sup>3</sup>, Stéphane Guédron <sup>4</sup>, Bruno Paura <sup>2</sup>, Laurent Charlet <sup>4</sup>, Sabine Wulf <sup>5</sup>, Jacques-Louis De Beaulieu <sup>6</sup>, Sébastien Joannin <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Institut des Sciences de l'Évolution de Montpellier (ISEM) – CNRS, EPHE Paris, IRD, Université de Montpellier, Université Paris sciences et lettres, CIRAD, INRAP – 34095 Montpellier Cedex 05, France

<sup>2</sup> University of Molise (UNIMOL) – Campobasso, Italie

<sup>3</sup> Laboratoire de Géologie de Lyon - Terre, Planètes, Environnement (LGL-TPE) – CNRS, ENS Lyon, Université Claude Bernard Lyon 1, Université Jean Monnet Saint-Etienne — 69622 Villeurbanne Cedex, France

<sup>4</sup> Institut des Sciences de la Terre (ISterre) – CNRS, Université Savoie Chambéry, IRD, Université Grenoble Alpes, Université Gustave Eiffel — 38058 Grenoble Cedex 9, France

<sup>5</sup> University of Portsmouth – Winston Churchill Avenue Portsmouth PO1 2U, Royaume-Uni

<sup>6</sup> Institut méditerranéen de biodiversité et d'écologie marine et continentale (IMBE) – Avignon Université, CNRS, IRD, Aix Marseille Université – Faculté St-Jérôme, 13397 Marseille Cedex, France

Southern Italy is a key area to study relationships between vegetation, climate and human activities during the Lateglacial and the Holocene: (1) vegetation history is poorly documented at mid- and high elevations, (2) human impacts have been present for a long time (Neolithization started 8150 years ago), and (3) it is a transitional zone between atmospheric processes. Our study proposes to (1) evaluate the modern pollen rain in the Matese massifs, (2) reconstruct vegetation, human activities and climate changes in Southern Italy over the last 15,000 years from the sequence of Lake Matese. We used a multi-proxy approach including magnetic susceptibility, geochemistry (XRF), pollen, Non-Pollen Palynomorphs (NPPs), and molecular biomarkers (brGDGTs). Climate reconstructions are based on brGDGTs, and pollen transfer functions associated with a multi-method approach: Modern Analogue Technique, Weighted Averaging Partial Least Squares regression, Random Forest, and Boosted Regression Trees. The modern pollen rain is dominated by Mediterranean evergreen taxa at low elevation and by deciduous arboreal taxa at higher elevations, except on the Lake Matese catchment with southern exposure where Poaceae is dominant. Significant water level changes in Lake Matese are recorded with higher water level during the Lateglacial (maximum during the Younger Dryas) compared to the Late Holocene. The past vegetation record shows a large proportion of Poaceae and Artemisia during the Lateglacial with an increase in deciduous arboreal taxa during the Bølling–Allerød. The Late Holocene begins with the persistence of Poaceae and then the development of Fagus. Deciduous Quercus remains abundant throughout the sequence. The first clear evidence of human activities appears relatively recently with the emergence of Juglans and they become more intense with the appearance of cereals and Olea, while regional arboreal taxa decline. Climate reconstructions based on brGDGTs and pollen are rather consistent during the Lateglacial whereas they diverge during the Late Holocene. Our study suggests a significant impact of climate changes on vegetation dynamics and a recent impact of human activities. Moreover, the trend in water-level changes does not appear directly linked to climate change.

# CONFLITS ALIMENTAIRES DANS LES TERROIRS AGRO-PASTORAUX DU NORD-BENIN : TYPOLOGIE, ACTEURS ET MECANISMES ENDOGENES DE GESTION

Enock Mahouklo Zinho <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Université de Parakou – Bénin

L'alimentation est un processus par lequel les communautés où les êtres humains se procurent, produisent, préparent, partagent, consomment et digèrent leurs aliments. Elle reste une grande priorité dans les zones rurales qui sont confrontées à l'insécurité alimentaire. En dépit des stratégies développées par les communautés locales pour faire face à cette insécurité alimentaire, des inégalités sociales qui caractérisent les pratiques alimentaires ne garantissent pas un accès équitable aux sources alimentaires et sont à la base de divers conflits. La présente étude s'est intéressée aux conflits alimentaires qui se manifestent dans les communautés agro-pastorales du nord-Bénin, dans la perspective d'analyser les formes qu'ils prennent, les acteurs impliqués, ainsi que les mécanismes endogènes de leur gestion. Les travaux de terrain ont été menés dans deux districts du nord-Bénin, notamment Nikki et Banikoara. Des données qualitatives ont été collectées à travers des entretiens individuels (102) et collectifs (07) semi-structurés et ouverts avec des femmes (56) et des hommes (46) des communautés Peulh, Bariba et Boo. En termes de résultats, on retient que : (1) les conflits autour du manger, dans le processus de production/travaux champêtres, dans la constitution et la gestion du stock alimentaire, dans la cuisine, autour du processus de services des aliments, dans la récolte, autour de compétences culinaires et autour des totems sont, entre autres, les types de conflits alimentaires observés dans les terroirs agropastoraux ; (2) les individus qui sont au cœur des conflits alimentaires (acteurs directs) et les personnes extérieures au conflit alimentaire (acteurs indirects) sont les acteurs impliqués dans la manifestation des conflits alimentaires ; (3) la gestion des conflits alimentaires se fait généralement dans les terroirs agro-pastoraux par le compromis, la conciliation et la confrontation des problèmes avec la construction d'une nouvelle réalité. La prise en compte de ces résultats de recherche permettra de réorienter les politiques dans le cadre de vie des populations pour une bonne cohésion sociale dans les zones arides du Bénin.

## 7 - Ressources en eaux continentales et changement climatique

# Evaluating Water Resources in Madagascar: A Study of Evapotranspiration and Streamflow Dynamics

Rojin Alimohammad Nejad <sup>1</sup>, Simon Carrière <sup>1</sup>, Camille Ollivier <sup>1</sup>, Ludovic Oudin <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Milieux Environnementaux, Transferts et Interactions dans les hydrosystèmes et les Sols (METIS) — CNRS, EPHE Paris, Sorbonne Université, Université Paris sciences et lettres — 4 place Jussieu, 75252 Paris Cedex 05, France

This study focuses on improving evapotranspiration (ET) estimates in Madagascar, a region characterized by limited in-situ meteorological data and highly variable climatic conditions. By integrating global gridded datasets and using a water balance approach, we assessed the performance of 12 ET products across nine catchments over the period 2000 to 2019. The datasets include remote sensing products, land surface models, and reanalysis datasets. Precipitation

(P) data from an ensemble dataset and streamflow (Q) measurements were used to validate ET estimates. The analysis revealed significant variability among ET products, with ERA5 showing the best overall performance, while MERRA-2 and GLDAS CLSM exhibited higher errors and biases. The impact of extreme weather events, particularly cyclones, was evident in the temporal patterns of ET, P, and Q, underlining the importance of selecting appropriate datasets for effective water resource management in such environments. Results from this research would guide the additional parameter refinement required for the ET estimates in order to further improve their accuracy and performance in regions with limited ET data availability.

# Apport de la télédétection et de la géophysique à l'étude de la fracturation de la boutonnière d'Ait Abdellah (Anti Atlas occidental-Maroc) : implication hydrogéologique

Asma Bougayou<sup>1</sup>, Mustapha Ikirri<sup>1</sup>, Ibtissam Rezouki<sup>2</sup>, Abdollah Khouz<sup>3,4,5</sup>,  
Siham Afraou<sup>5</sup>, Said Boutaleb<sup>1</sup>, Farid Faik<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Département des sciences de la terre, Faculté des sciences — Université Ibnou Zohr — Agadir, Maroc

<sup>2</sup> Département des sciences de la terre, Faculté des sciences — Université Moulay Ismail — Meknès, Maroc

<sup>3</sup> Centro de Estudos Globais — Universidade Aberta — Lisbon, Portugal

<sup>4</sup> Institute of Geography and Spatial Planning, Centre of Geographical Studies — University of Lisbon — Lisbon, Portugal

<sup>5</sup> Higher School of Technology Essaouira, Laboratory of Applied Sciences for the Environment and Sustainable Development (SAEDD)— Cadi Ayyad University — Marrakech, Maroc

La zone d'étude, située dans le sud-ouest du Maroc sur l'Anti-Atlas occidental, se distingue par un socle précambrien constitué principalement d'ignimbrites et de volcans sédimentaires, ainsi qu'une couverture carbonatée d'âge paléozoïque. Ces formations offrent un contexte hydrogéologique complexe, en raison de leur localisation sur des discontinuités de fracture. La cartographie des ces fractures a permis d'améliorer la compréhension structurale de la zone. Des méthodes statistiques telles que CART, LOR et AHP ont ensuite été utilisées pour identifier les zones potentielles d'eau souterraine. La précision de chaque modèle a été évaluée et validée à l'aide de la courbe ROC. Le modèle CART s'est révélé le plus précis, suivi des modèles LOR, tandis que le modèle AHP a montré une précision de 80 %. Une nouvelle carte structurale a été établie en interprétant les données géophysiques, en particulier la gravimétrie. Cette carte confirme l'existence de nombreuses failles précédemment identifiées ou supposées, ainsi que de nouvelles failles significatives, avec leurs tendances et profondeurs respectives. Les zones de forte concentration en eaux souterraines se situent généralement à proximité des principales failles et des talwegs, comme le montre la superposition des données hydrogéologiques sur la carte structurale. L'étude inclut des synthèses hydro-structurales pour caractériser les aquifères, en fournissant des détails sur leur importance, leur conductivité hydraulique et leur continuité. Les résultats obtenus, représentant l'état approximatif de la distribution des eaux souterraines dans la région d'Aït Abdellah, sont précieux pour orienter la planification future de l'exploration et de la gestion des ressources en eau souterraine dans cette zone et d'autres régions similaires.

Mots clés : Région d'Ait Abdellah, Hydrogéologie, Méthodes statistiques, Gravimétrie, Hydrostructurales, Courbe ROC.



# Évolution des interactions eaux de surface – eaux souterraines dans un contexte de changement climatique à l'échelle de la France

Lisa Baulon<sup>1</sup>, Delphine Allier<sup>1</sup>, Clara Fischer<sup>1</sup>, Jean-Baptiste Charlier<sup>2,3</sup>,  
Yvan Caballero<sup>2,3</sup>, Claire Magand<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) — BRGM – Orléans, France

<sup>2</sup> Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) — BRGM – Montpellier, France

<sup>3</sup> G-eau, UMR 183 – UMR G-EAU Montpellier France – Montpellier, France

<sup>4</sup> Office Français de la Biodiversité, Direction de la recherche et de l'appui scientifique – Office Français de la Biodiversité (OFB) – Nantes, France

Le changement climatique implique des extrêmes climatiques plus fréquents et plus intenses. Ces extrêmes climatiques que sont les sécheresses et les pluies abondantes, impactent directement les eaux souterraines et les eaux superficielles. D'une manière générale, les eaux souterraines, qui réagissent plus lentement, sont considérées comme plus résilientes aux extrêmes climatiques. Par ailleurs, le lien entre les eaux souterraines et les eaux superficielles diffère en fonction du contexte hydro(géo)logique, et ce lien peut varier dans l'espace et au cours du temps.

L'étude vise à mieux comprendre l'influence des différentes lithologies et contextes hydroclimatiques sur le lien entre les eaux souterraines et les eaux superficielles (ESO-ESU), et d'apporter des éléments de réponse sur l'évolution du lien ESO-ESU dans un contexte de changement climatique en se focalisant sur les extrêmes hydroclimatiques, en particulier les étiages. Cette étude est réalisée par une approche de screening à l'échelle nationale à l'aide de méthodes statistiques.

Dans un premier temps, une base de données regroupant des bassins versants avec des couples de stations piézométriques et hydrométriques en France a été réalisée. Les bassins versants pour lesquels une forte relation ESO-ESU semble exister (sur la base d'indicateurs hydrologiques et de corrélations croisées entre signaux) ont ensuite été sélectionnés afin de calculer les tendances à long terme. Enfin, l'évolution du lien ESO-ESU à long terme a été analysée.

Les premiers résultats de l'étude montrent, en général, une baisse conjointe des niveaux piézométriques et des débits moyens et minimums annuels. Cette baisse est plus prononcée pour les débits que la piézométrie. Certains bassins présentent tout de même des tendances piézométrie- débits non cohérentes voire opposées. Une baisse de l'intensité du lien ESO-ESU est par ailleurs observée pour les couples étudiés. Une évolution des interactions ESO-ESU semble donc avérée, dans un contexte de changement climatique. La suite des travaux consistera à analyser à l'échelle de certains bassins versants, les processus décrivant les interactions ESO/ESU, pour bien identifier les effets seuils ou les points de rupture.

# Recharge et paléorecharge de l'aquifère multicouche de Beauce sous Sologne

Adrien Claveau <sup>1</sup>, Christelle Marlin <sup>1</sup>, Julie Lions <sup>2</sup>, Véronique Durand <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Géosciences Paris Saclay (GEOPS) – Université Paris-Saclay, CNRS – Université Paris Saclay, bât. 504 & 510, 91405 Orsay Cedex, France

<sup>2</sup> Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) — BRGM – Orléans, France

La dégradation quantitative et qualitative des nappes d'eau superficielles, du fait de leur surexploitation et la pollution, conduit à recherche de ressources en eau alternatives. En profondeur dans les bassins sédimentaires, les aquifères captifs et sous couverture, encore généralement à l'abri des impacts anthropiques, sont connus pour comporter d'importantes quantité d'eau, souvent de bonne qualité. En région Centre (France), l'aquifère captif des calcaires de Beauce est déjà sollicité pour l'adduction en eau potable, notamment pour l'agriculture et l'alimentation de certaines villes comme Orléans mais l'impact de son exploitation nécessite de comprendre le fonctionnement de cet aquifère pour en assurer une gestion pérenne, qualitative et quantitative. Ceci implique de (1) localiser les zones de recharge et de décharge, (2) d'identifier les transferts verticaux dans le système aquifère et (3) de modéliser l'état géochimique de la nappe.

Cette présentation concerne une synthèse de plusieurs études concernant l'état des connaissances sur la nappe de l'aquifère multicouche de Beauce sous la Sologne (Sud de la Loire). Une réinterprétation des données à partir des données de portails publiques et de données de projets a été effectuée. Il en résulte que les eaux de la nappes captive de Beauce ont des origines diverses avec un écoulement général de la nappe de l'Est vers l'Ouest avec des signatures géochimiques variables sur un petit territoire de 5000 km<sup>2</sup>.

L'étude hydrogéologique indique que la recharge s'effectue en différents endroits :

- A l'Est de la Sologne dans un secteur où l'aquifère n'affleure pas. La recharge s'y effectuerait par échange avec les Sables et Argiles de Sologne sus-jacent et/ou avec la craie (échanges verticaux et horizontaux),
- Au Sud, dans la région de Contres où une formation anticlinale fait affleurer les calcaires,
- Au Nord, en bordure de Loire où les formations quaternaires sus-jacentes sont peu épaisses. La répartition géographique des éléments majeurs et traces présente une grande hétérogénéité au sein des différents aquifères vraisemblablement causée par des échanges importants avec les formations aquifères adjacentes. Les isotopes du carbone inorganique dissous (<sup>13</sup>C, <sup>1</sup>C) montrent un vieillissement apparent des eaux allant dans le sens inverse de l'écoulement avec la présence d'eaux datant de l'Holocène (Ouest, Nord et Sud) et du Pléistocène Tardif (Est). La présence d'eau ancienne (jusqu'à 35 ka B.P.) dans la partie Est (proche de la zone de recharge) pourrait résulter d'un mélange avec l'eau de la craie située sous les calcaires de Beauce via le système de failles nord/sud de Sennely. Les isotopes stables de la molécule d'eau (<sup>2</sup>H, <sup>1</sup>O) mis en relation avec le temps de séjour radiocarbone confirment l'effet paléoclimatique enregistré dans la nappe des calcaires de Beauce sous Sologne. La présence d'eau ancienne, rechargée sous un climat différent de l'actuel, doit être pris en compte dans la gestion de la nappe.

# Influence de l'océan Atlantique et de l'occupation du sol sur la qualité de la nappe profonde du Continental Terminal dans le district d'Abidjan (Côte d'Ivoire)

Armandine Doris Durand <sup>1</sup>, Christelle Marlin <sup>1</sup>, Véronique Durand <sup>1</sup>,  
Bernard Adiaffi <sup>2,3</sup>, Elisabeth Gibert <sup>1</sup>, Marie-Solange Oga <sup>2,3</sup>

1 Géosciences Paris Saclay (GEOPS) – Université Paris-Saclay, CNRS – Université Paris Saclay, bât. 504 & 510, 91405 Orsay Cedex, France

2 Université Félix Houphouët-Boigny – 01 B.P. V 34 Abidjan, Côte d'Ivoire

3 Laboratoire des Sciences et Techniques de l'Eau et de l'Environnement (LSTEE), UFR STRM – Université Félix Houphouët-Boigny – 22 BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire

Les eaux souterraines sont soumises à de multiples contraintes naturelles et/ou anthropiques qui influent sur leur quantité (e.g. changement climatique, surexploitation) et sur leur qualité (e.g. intrusion d'eau de mer, urbanisation, déforestation et grandes plantations). Ces contraintes sont d'autant plus importantes dans les zones côtières urbanisées de faibles altitudes où s'exerce une forte pression démographique. C'est le cas du Grand Abidjan en Côte d'Ivoire, où l'aquifère du Continental Terminal (CT), à proximité de la mer, est la principale source d'approvisionnement en eau potable.

Comprendre les influences respectives des variations climatiques (passées et présentes, y compris la hausse du niveau de l'océan) et de la pression anthropique exercée sur cette nappe est une nécessité pour garantir la pérennité de la ressource dans un contexte des changements environnementaux subis par la région (réchauffement climatique, diminution de la pluviométrie, déforestation, installation de grandes cultures et augmentation significative de la démographie. Pour ce faire, il y a nécessité (1) d'avoir accès à cette nappe dans toutes ses dimensions (surface et profondeur, côtière et continentale, sous zones urbaines et agricoles) et (2) de coupler des approches hydrodynamiques et géochimiques pour en étudier les caractéristiques des eaux souterraines.

Nous présentons ici les résultats acquis en 2024 sur un réseau de 28 piézomètres allant jusqu'à 300 m de profondeur dans la nappe du CT permettant d'étudier la nappe dans ses 3D. La piézométrie actuelle de la nappe est en accord avec la topographie. Des chroniques piézométriques sont en cours d'acquisition auprès de l'organisme local de distribution d'eau potable (ONEP), mais les données disponibles (sur une période de 2 ans) ne sont pas encore suffisantes pour indiquer des tendances claires.

Du point de vue géochimique, les données de conductivités électriques acquises verticalement dans les piézomètres montrent localement une stratification géochimique de la nappe, plus minéralisée en profondeur. L'urbanisation influe clairement sur la qualité des eaux, qui se distingue de celle des zones agricoles par une minéralisation plus importante, marquée par des teneurs en nitrates plus élevées. Le pH des eaux est parmi les valeurs les plus faibles rencontrés dans des eaux souterraines en contexte non volcanique ou tectonique (pH moyen de 5.1). L'acidité des eaux est en accord avec la nature silicatée de l'aquifère, augmentée possiblement par une oxydation de sulfures. Une partie des eaux du CT est sujette à une intrusion d'eau saline comme montré par les teneurs en <sup>18</sup>O et <sup>2</sup>H et en chlorures. Les teneurs en <sup>18</sup>O et <sup>2</sup>H indiquent que la nappe du CT sous couverture du Quaternaire au sud des lagunes d'Abidjan pourrait résulter d'une recharge ancienne (effet paléoclimatique) par rapport à l'ensemble des eaux du CT libre.

# Contribution of deep soil layers to the transpiration of a temperate deciduous forest: implications for the modelling of productivity

Nicolas Delpierre <sup>1,2</sup>, Christophe François <sup>1</sup>, Alexandre Morfin <sup>1</sup>, Gaëlle Vincent <sup>1</sup>,  
Daniel Berveiller <sup>1</sup>

<sup>1</sup>Écologie Systématique et Évolution (ESE) – CNRS, AgroParisTech, Université Paris-Saclay – Université Paris-Saclay, 91405 Orsay Cedex, France

<sup>2</sup>Institut universitaire de France (IUF) – Maison des Universités 103 Boulevard Saint-Michel 75005 Paris, France

Climate change is imposing drier atmospheric and edaphic conditions on temperate forests. Here, we investigated how deep soil (down to 300 cm) water extraction contributed to the provision of water in the Fontainebleau-Barbeau temperate oak forest over five years, including the 2018, 2020 and 2022 record droughts. Deep water provision was key to sustain canopy transpiration during drought, with layers below 150 cm contributing up to 60% of the transpired water in August 2018, despite their very low density of fine roots. We further showed that soil databases used to parameterize ecosystem models largely underestimated the amount of water extractable from the soil by trees, due to a considerable underestimation of the tree rooting depth. The consensus database established for France gave an estimate of 207 mm for the soil water holding capacity (SWHC) at Fontainebleau-Barbeau, when our estimate based on the analysis of soil water content measurements was 1.9 times as high, reaching 390 +/- 17 mm. Running the CASTANEA forest model with the database-derived SWHC yielded a 350 gC m<sup>-2</sup> y<sup>-1</sup> average underestimation of annual gross primary productivity under current climate, reaching up to 700 gC m<sup>-2</sup> y<sup>-1</sup> under climate change scenario RCP8.5. It is likely that the strong underestimation of SWHC that we show at our site is not a special case, and concerns a large number of forest sites. Thus, we argue for a generalisation of deep soil water content measurements in forests, in order to improve the estimation of SWHC and the simulation of the forest carbon cycle in the current context of climate change.

# Effets des variations climatiques sur l'écosystème lac Fetzara (NE- Algérie)

Larbi Djabri <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire Ressource en Eau Développement Durable. Université Badji Mokhtar Annaba-Algérie – Algérie

Le lac Fetzara est situé à l'extrême Nord-est de l'Algérie. Il est situé entre les quatre communes de la wilaya d'Annaba, limité au Nord par la commune de Draa Erich, au Sud par Ain Berda, à l'Ouest par Berrahal et à l'Est par El Hadjar. Ce lac est considéré parmi les plus importants lacs dans ce secteur. Il est classé comme un site RAMSAR depuis 2003. Ce lac doit être protégé surtout que 17 000 oiseaux migrateurs représentant 15 espèces différentes passent chaque année par cet écosystème. Près de 8 000 des oiseaux sont des canards siffleurs et 800 sont des "Erismatures" à tête blanche (une espèce de petit canard à large bec plat et bleu). Cette richesse en faune et flore aquatiques est aujourd'hui menacée par la disparition suite au manque de précipitations qui a conduit à la diminution de la quantité des eaux alimentant ce lac et à la détérioration de sa qualité.

Les variations interannuelles des précipitations ont été décelées par des stations pluviométriques et pluviométrique entourant le lac.

Afin d'étudier l'évolution spatio-temporelle de la surface humide du lac Fetzara, une seule scène d'images Landsat 8 "p193 r34" de quatre dates différentes (novembre 2016 ; mars 2017 ; novembre 2017 et avril 2018) a été utilisée. Cette scène contient 12 bandes. On a utilisé les 6 bandes multispectrales (trois visibles et trois infrarouges) de 30 m de résolution qui sont B2, B3, B4, B5, B6 et B7 (à 30 m de résolution). Les différentes tâches de SIG à savoir la cartographie, la gestion des données, l'analyse géographique, la mise à jour des données ont été effectuées à l'aide de trois applications (ArcMap, ArcCatalog et ArcToolbox) intégrées dans l'ArcGis.

Les cartes réalisées montrent une relation entre la variabilité des précipitations et la quantité d'eau dans le lac. La fluctuation de la surface d'eau entre apports et exhaures est liée aux apports s'effectuant à partir des monts entourant le lac et par les Oueds (El Mellah, El Hout et Zied) se déversant dans le lac. Ces apports assurent la pérennité du lac. Ce qui a été remarqué est que l'extension du lac change en fonction des saisons et des années (pluvieuses ou sèches). Ceci rend particulièrement le lac vulnérable vis-à-vis de la minéralisation ayant lieu en chaque saison.

# Accéder à la réserve utile du sol, une étape essentielle à l'évaluation de la vulnérabilité de nos forêts aux changements climatiques

Arsène Druel <sup>1</sup>, Julien Ruffault <sup>1</sup>, Hervé Cochard <sup>2</sup>, Miquel De Cáceres <sup>3</sup>,  
Nicolas Delpierre <sup>4</sup>, Nicolas Martin-Stpaul <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Écologie des Forêts Méditerranéennes (URFM) — INRAE — 84914 Avignon, France

<sup>2</sup> Physique et Physiologie Intégratives de l'Arbre en environnement fluctuant (PIAF) — INRAE — Site INRAE Crouël, 63039 Clermont-Ferrand, France

<sup>3</sup> Centre for Ecological Research and Applied Forestries (CREAF) – Centre for Research on Ecology and Forestry Applications (CREAF) — Cerdanyola del Vallès, Barcelona, Spain, Espagne

<sup>4</sup> Écologie Systématique et Évolution (ESE) – CNRS, AgroParisTech, Université Paris-Saclay – Université Paris-Saclay, 91405 Orsay Cedex, France

La succession, année après année, de vagues de chaleur et de sécheresses perturbe profondément l'équilibre et la pérennité des forêts, entraînant une augmentation des risques d'incendies, de maladies ou d'invasions biologiques. De nombreuses études récentes ont identifié la rupture hydraulique comme un facteur clé dans le dépérissement des forêts. Cette rupture, causant une perte de conductance hydraulique due à l'interruption irréversible du flux de sève, peut être simulée à l'aide de modèles hydrauliques de végétation. Si les principales données nécessaires à ces modèles sont accessibles -telles que les conditions climatiques, les traits hydrauliques (comme la résistance à la cavitation du xylème et la régulation stomatique), et l'indice foliaire-, la réserve utile du sol demeure peu disponible à grande échelle. La réserve utile du sol est pourtant un des facteurs clé permettant d'estimer la vulnérabilité spatiale et temporelle des forêts aux changements climatiques. Afin d'estimer la réserve en eau du sol disponible pour les forêts, nous avons développé une méthode d'inversion de la réserve utile basée sur une hypothèse d'équilibre écohydrologique. Cette hypothèse postule que les arbres ajustent leur développement en fonction de la capacité totale en eau disponible à travers la profondeur d'enracinement, selon les conditions climatiques, les traits physiologiques et l'indice de surface foliaire, afin d'éviter une rupture hydraulique en conditions "normales" (hors sécheresses extrêmes). Nous avons ici utilisé le modèle hydraulique SurEau (Cochard et al., 2021 ; Ruffault et al., 2022) pour estimer le risque de rupture hydraulique des forêts sur les trois dernières décennies. Notre méthode d'inversion permet alors de définir la réserve utile correspondant à l'équilibre écohydrologique, définie en fonction de plusieurs critères. Nous présenterons ici cette méthode générique, applicable à grande échelle, ainsi que ses premières évaluations sur les sites forestiers ICOS (Integrated Carbon Observation System).

# Exploration des modèles d'eaux souterraines dans le bassin montagneux de Souss-Massa, Maroc : Une fusion de l'analyse fractale et des techniques d'apprentissage automatique appliquées aux données gravimétriques

Fatima Zahra Echogdali <sup>1</sup>, Said Boutaleb <sup>1</sup>, Mustapha Ikirri <sup>1</sup>, Maryem Hamidi <sup>2</sup>, Tariq Aqil <sup>3</sup>, Manal El Mekkaoui <sup>1</sup>, Abdelrahman Kamal <sup>4</sup>, Amine Bendarma <sup>5</sup>, Mohammed Ouchchen <sup>1</sup>, Mohamed Abioui <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Department of Earth Sciences, Faculty of Sciences — Ibnou Zohr University — Agadir, Maroc

<sup>2</sup> Laboratory of Geosciences, Water and Environment, Department of Earth Sciences, Faculty of Sciences — Mohammed V University — Rabat, Maroc

<sup>3</sup> Department of Wildlife, Fisheries and Aquaculture, College of Forest Resources — Mississippi State University, USA

<sup>4</sup> Department of Geology Geophysics, College of Science — King Saud University — Riyadh, Arabie Saoudite

<sup>6</sup> Laboratory for Sustainable Innovation and Applied Research, Universiapolis—International University of Agadir — Agadir, Maroc

Le potentiel en eaux souterraines dans le bassin montagneux de Souss-Massa (SMMB) au Maroc est identifié à l'aide d'outils géospatiaux et de données géologiques. Nous avons utilisé quatre modèles mathématiques, à savoir l'Overlay Multi-index Basé sur les Données (DMIO), la Moyenne Géométrique (GA), la Machine à Vecteurs de Support (SVM) et la Régression Logistique (LR), pour établir des modèles basés sur les données en tenant compte de neuf facteurs influents : la densité de drainage, la perméabilité, la pente, la distance aux rivières, l'altitude, la densité de linéaments, la distance aux linéaments, la densité des nœuds d'intersection et les précipitations. Sur la base de l'approche fractale Concentration-Surface (C-A), les résultats des quatre modèles ont été développés et classés en cinq niveaux de potentialité allant de très faible à très élevée. Les régions désignées comme ayant une haute et très haute potentialité par les modèles DMIO, GA, SVM et LR représentent respectivement 22,44 %, 9,80 %, 19,36 % et 26,77

% de l'ensemble du bassin. Nous avons validé les modèles en calculant l'aire sous la courbe ROC (AUC) pour chacun d'eux. Les valeurs d'AUC estimées dépassent 70 %, ce qui suggère que les modèles sont performants. La comparaison des performances des quatre modèles révèle que le modèle SVM surpasse les autres. Les données gravimétriques montrent que les zones potentiellement riches en eaux souterraines coïncident étroitement avec les linéaments gravimétriques. Les résultats de cette étude peuvent fournir des informations précieuses aux décideurs, leur permettant d'améliorer les processus de prise de décision et de développer une gestion holistique des ressources en eaux souterraines dans le bassin montagneux de Souss-Massa (SMMB).

Mots-clés: Eaux souterraines, Apprentissage automatique, Fractale, Bassin montagneux de Souss-Massa.

# L'impact de l'augmentation de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère sur les tendances hydrologiques en France au cours du 21<sup>ème</sup> siècle

Peng Huang<sup>1</sup>, Agnès Ducharne<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Milieux Environnementaux, Transferts et Interactions dans les hydrosystèmes et les Sols (METIS) — CNRS, EPHE Paris, Sorbonne Université, Université Paris sciences et lettres — 4 place Jussieu, 75252 Paris Cedex 05, France

La concentration élevée de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère a réchauffé la planète et modifié le régime des précipitations mondiales. Les études d'impact typiques qui examinent la réponse hydrologique régionale au changement climatique sont basées sur les modèles hydrologiques forcés par les projections des modèles climatiques. Cependant, les effets physiologiques du CO<sub>2</sub> sur les plantes, qui se manifestent par une réduction de la transpiration via la fermeture partielle des stomates des feuilles et une augmentation de la photosynthèse, sont souvent négligés dans ces études d'impact.

Ici, l'impact potentiel des effets physiologiques du CO<sub>2</sub> sur les tendances hydrologiques en France au cours du 21<sup>ème</sup> siècle est évalué à l'aide du land surface model (ORCHIDEE) à haute résolution validé (Huang et al., 2023). Le modèle ORCHIDEE est forcé avec 4 projections climatiques régionalisées issues de la projection d'ensemble CMIP5 sous le scénario RCP 8.5, avec lequel nous testons l'effet de deux conditions de CO<sub>2</sub> atmosphérique : un niveau de CO<sub>2</sub> constant de l'année 2005 et une augmentation de la concentration de CO<sub>2</sub> du RCP 8.5.

Nous constatons que les effets physiologiques du CO<sub>2</sub> entraînent une diminution de l'évapotranspiration et une augmentation du ruissellement total en France pour les 4 projections. Par conséquent, les effets physiologiques du CO<sub>2</sub> renforcent la tendance à l'augmentation des débits des cours d'eau dans les projections humides et atténuent la tendance à la diminution des débits des cours d'eau dans les projections sèches au cours du 21<sup>ème</sup> siècle. Malgré les incertitudes du modèle, notre étude confirme l'importance des effets physiologiques du CO<sub>2</sub> sur la disponibilité de l'eau en France dans le futur, et ce résultat est probablement valable à plus grande échelle.



# Contribution des données gravimétriques à la caractérisation structurale de la boutonnière d'Ifni, Anti-Atlas occidental, Maroc : Implications hydro-géologiques

Mustapha Ikirri <sup>1</sup>, Mohammed Jaffal <sup>2</sup>, Ibtissam Rezouki <sup>3</sup>,  
Fatima Zahra Echogdali <sup>1</sup>, Said Boutaleb <sup>1</sup>, Kamal Abdelrahman <sup>4</sup>, Farid Faik <sup>1</sup>,  
Azzouz Kchikach <sup>2</sup>, Mohamed Abioui <sup>1,5</sup>

<sup>1</sup> Department of Earth Sciences, Faculty of Sciences — Ibnou Zohr University – Agadir, Maroc

<sup>2</sup> Georessources, Geoenvironment and Civil Engineering Laboratory, Department of Earth Sciences, Faculty of Sciences and Techniques — Cadi Ayyad University – Marrakech, Maroc

<sup>3</sup> Department of Earth Sciences, Faculty of Sciences — Moulay Ismail University – Meknes, Maroc

<sup>4</sup> Department of Geology Geophysics, College of Science — King Saud University – Riyadh, Arabie saoudite

<sup>5</sup> MARE-Marine and Environmental Sciences Centre - Sedimentary Geology Group, Department of Earth Sciences, Faculty of Sciences and Technology — University of Coimbra – Coimbra, Portugal

La région de Sidi Ifni, dans le sud-ouest du Maroc, est principalement affectée par les changements climatiques et composée de roches cristallines avec une capacité de stockage d'eau souterraine limitée. Ces ressources en eau drainent surtout les zones de failles avec une forte perméabilité des fractures. L'objectif principal de cette étude est de décrire la structure géologique de la région pour optimiser les futurs emplacements de forage. Les données gravimétriques ont été traitées en utilisant diverses techniques, telles que le gradient horizontal total, la dérivée d'inclinaison et la déconvolution d'Euler, en conjonction avec l'interprétation des données géologiques pour créer une nouvelle carte structurale. Cette carte confirme la présence de nombreuses failles identifiées ou supposées auparavant et identifie de nouvelles failles significatives avec leurs tendances et profondeurs respectives. L'analyse de cette carte montre des failles majeures orientées NNE-SSW et NE-SW, tandis que les failles mineures s'orientent dans les directions E-W, NW-SE et NNW-SSE. La superposition des données hydro-géologiques avec la carte structurale révèle que les valeurs élevées de débit d'eau souterraine dans les forages sont situées à proximité des failles majeures et des talwegs. Les structures déduites du filtrage et de l'interprétation des données gravimétriques suggèrent que le système hydro-géologique de l'inlier d'Ifni est contrôlé par ses structures. Par conséquent, cette nouvelle carte structurale aidera à planifier les futures enquêtes hydro-géologiques dans cette région.

# Cartographie du potentiel des eaux souterraines dans une zone fracturée à l'aide de l'apprentissage automatique et de la prospection géophysique dans un socle cristallin de la région d'Ifni (Anti-Atlas occidental, Maroc).

Mustapha Ikirri <sup>1</sup>, Maryem Hamidi <sup>2</sup>, Ibtissam Rezouki <sup>3</sup>, Fatima Zahra Echogdali <sup>1</sup>, Jitendra Khatti <sup>4</sup>, Faik Farid <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Department of Earth Sciences, Faculty of Sciences — Ibnou Zohr University — Agadir, Maroc

<sup>2</sup> Laboratory of Geosciences, Water and Environment, Department of Earth Sciences, Faculty of Sciences — Mohammed V University — Rabat, Maroc

<sup>3</sup> Department of Earth Sciences, Faculty of Sciences — Moulay Ismail University — Meknes, Maroc

<sup>4</sup> Department of Civil Engineering — Rajasthan Technical University — Kota, Rajasthan, Inde

La région de Sidi Ifni, située dans le sud-ouest du Maroc, est principalement composée de roches cristallines avec une capacité de stockage des eaux souterraines limitée. L'exploration et la cartographie de ces ressources en eau nécessitent l'utilisation d'outils technologiques appropriés. Dans ce contexte, cette étude vise à comparer les performances de quatre modèles d'apprentissage automatique (CART, SVM, MDA et LR) pour cartographier le potentiel des eaux souterraines en utilisant 14 facteurs de conditionnement clés. Les facteurs géologiques, ainsi que certains facteurs hydrologiques et topographiques, influencent de manière significative la productivité hydrogéologique de la zone. Les résultats ont montré que le modèle CART présentait la plus grande précision prédictive (91 %), suivi de près par les modèles LR (90 %) et SVM (80,2 %), tandis que le modèle MDA avait une précision prédictive relativement plus faible (87 %). La précision de chaque modèle a été évaluée et validée en utilisant la courbe ROC et des paramètres mesurés. De plus, cette étude intègre des informations géophysiques, notamment des profils de tomographie électrique, qui ont fourni des informations précieuses sur les caractéristiques des aquifères, y compris leur importance, leur conductivité hydraulique et leur continuité. Ces informations peuvent contribuer à soutenir la planification future pour l'exploration et la gestion des ressources en eaux souterraines dans le bassin versant de l'Oued Ifni et d'autres régions où la gestion des ressources en eau est essentielle pour la survie de la vie rurale et urbaine.

# Impacts futurs du changement climatique sur les ressources en eau des montagnes de l'Atlas au Maroc

Ouiaam Lahnik<sup>1</sup>, Yves Tramblay<sup>2</sup>, Lahoucine Hanich<sup>1</sup>, Redouane Lguensat<sup>3</sup>, Aicha Ilmi Ahmed<sup>2</sup>, Benjamin Sultan<sup>2</sup>, Jafet Andersson<sup>4</sup>, Joël Dahne<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Faculté des Sciences et Techniques Marrakech (FSTG) – 112 Boulevard Abdelkrim Al Khattabi, Guéliz Marrakech, Maroc

<sup>2</sup> Observation spatiale, modèle et science impliquée (ESPACE-DEV) — Université La Réunion, IRD, Université des Antilles, Université de la Guyane, Université de Montpellier, Université de Perpignan, Université Nouvelle-Calédonie, CNES — 34093 Montpellier Cedex 05, France

<sup>3</sup> Laboratoire Inter-universitaire des Systèmes Atmosphériques (LISA) – CNRS, Université Paris-Est Créteil Val-de-Marne, Université Paris Cité – 94010 Créteil, France

<sup>4</sup> Swedish Meteorological and Hydrological Institute (SMHI) – SE-601 76 Norrköping, Suède

Les montagnes de l'Atlas jouent un rôle crucial dans la gestion des ressources en eau au Maroc, contribuant de manière significative à l'approvisionnement en eau potable. Dans cette étude, nous analysons les impacts futurs du changement climatique sur les ressources hydriques de cette région en utilisant les projections climatiques de 10 modèles de l'ensemble CORDEX- Afrique (CMIP5) avec le scénario RCP 8.5. Deux modèles hydrologiques, HYPE et GR4J- CemaNeige, ont été calibrés et validés pour simuler les variations futures des précipitations, de l'évapotranspiration et des débits dans 24 bassins hydrographiques des montagnes de l'Atlas. Les résultats mettent en évidence une diminution significative des débits annuels dans l'ensemble des bassins, liée à une baisse des précipitations associée à une augmentation de l'évapotranspiration, ce qui entraîne une pression accrue sur les ressources en eau dans les régions montagneuses. En outre, une hétérogénéité spatiale des impacts est observée, avec certains bassins, notamment ceux des zones les plus arides, particulièrement vulnérables aux changements projetés. Ces résultats suggèrent que, sous le scénario RCP 8.5, la disponibilité des ressources en eau dans les montagnes de l'Atlas pourrait être significativement réduite, posant des défis majeurs pour la gestion des ressources hydriques dans cette région. En conclusion, cette étude souligne l'importance de développer des stratégies d'adaptation pour une gestion durable des ressources en eau face aux impacts du changement climatique au Maroc.

Mots-clés : Changement climatique, CORDEX Afrique, RCP 8.5, Ressources en eau, Modélisation hydrologique, Montagnes de l'Atlas

# Tipping points in hydrology: an inquiry into Sahelian watersheds regime shifts with a dynamical model and past climate simulations

Erwan Le Roux<sup>1</sup>, Valentin Wendling<sup>2</sup>, Jeremy Panthou<sup>3</sup>, Paul-Alain Raynal<sup>4</sup>, Abdramane Ba<sup>5</sup>, Ibrahim Bouzou Moussa<sup>6</sup>, Jean-Martial Cohard<sup>3</sup>, Jerome Demarty<sup>7</sup>, Fabrice Gangneron<sup>8</sup>, Manuela Grippa<sup>8</sup>, Basile Hector<sup>3</sup>, Pierre Hiernaux<sup>9</sup>, Laurent Kergoat<sup>8</sup>, A. Emmanuel Lawin<sup>10</sup>, Thierry Lebel<sup>3</sup>, Olivier Mora<sup>11</sup>, Eric Mougouin<sup>8</sup>, Caroline Pierre<sup>4</sup>, Jean-Louis Rajot<sup>4</sup>, Jean-Pierre Vandervaere<sup>3</sup>, Christophe Peugeot<sup>7</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire des Sciences et Techniques de l'Information, de la Communication et de la Connaissance (LAB-STICC) — Université de Bretagne Occidentale, Université de Bretagne Sud, CNRS, IMT Atlantique, ENI Brest, ENSTA Bretagne — Technopôle Brest-Iroise, 29238 Brest Cedex 3, France

<sup>2</sup> HydroSciences Montpellier (HSM) — CNRS, IRD, Université de Montpellier, IMT Mines Alès — Alès, France

<sup>3</sup> Institut des Géosciences de l'Environnement (IGE) — Institut polytechnique de Grenoble, CNRS, IRD, Grenoble Alpes, INRAE — 38400 Saint-Martin d'Hères, France

<sup>4</sup> Institut d'écologie et des sciences de l'environnement de Paris (iEES Paris) — CNRS, Université Paris est Créteil Val de Marne, IRD, Sorbonne Université, INRAE, Université Paris Cité — campus de Jussieu — 75005 Paris Cedex 05, France

<sup>5</sup> Faculté des Sciences et Techniques (FST) — Université de Bamako, Mali

<sup>6</sup> Faculté de Géographie, UAM — Niger

<sup>7</sup> HydroSciences Montpellier (HSM) — CNRS, IRD, Université de Montpellier, IMT Mines Alès — Faculté de Pharmacie, 34090 Montpellier, France

<sup>8</sup> Géosciences Environnement Toulouse (GET) — CNRS, Université Toulouse 3, IRD, BRGM, CNES — 31400 Toulouse, France

<sup>9</sup> Pastoc — 30 chemin de Jouanal, 82160, Caylus, France

<sup>10</sup> Institut National de l'Eau (INE) — Bénin

<sup>11</sup> Délégation à l'Expertise scientifique collective, à la Prospective et aux Études — INRAE — France

The Sahel, the semi-arid fringe south of the Sahara, experienced severe meteorological droughts in the '70s-'80s. During these droughts, four watersheds of the Central Sahel (Gorouol, Dargol, Nakanbé, Sirba) may have experienced an hydrological regime shift leading to an increase in annual runoff coefficient (annual runoff normalized by annual precipitation).

To investigate these regime shifts, we introduce a lumped model that represents feedback between soil and hydrology at the watershed scale and annual time step using runoff coefficient as constraint for the state variable and precipitation as external forcing. For each watershed, one million sampled parametrizations of this model are run with observed precipitation as forcing; and we select an ensemble of 1000 parameterizations that best reproduce runoff coefficient observations.

For each selected parametrization, using its bistable bifurcation diagram, we define two non-asymptotic regimes: a low and a high runoff coefficient regime.

Our results show that ensembles forced with observed precipitation capture the first order dynamic of runoff coefficient, and reproduce past regime shifts. Indeed, for each watershed, most runoff coefficient trajectory of the ensemble belongs to the low regime in 1965 and to the high regime in 2014. Finally, to study the sensitivity of regime shifts to external forcing, we run each ensemble with past climate simulations of precipitation as forcing.

# La nappe monte sous Nouakchott (Mauritanie): impact anthropique ou impact climatique ?

Christelle Marlin <sup>1</sup>, Valérie Plagnes <sup>2</sup>, Gaspard Dubois <sup>1,2</sup>, Ahmed Salem  
Mohamed <sup>3</sup>, Thomas Thiebault <sup>2</sup>, Haidara Taleb Ahmed <sup>4</sup>, Christian Leduc <sup>5</sup>,  
Aurélie Noret <sup>1</sup>, Jeanne Riaux <sup>5</sup>

<sup>1</sup> Géosciences Paris Saclay (GEOPS) – Université Paris-Saclay, CNRS – Université Paris Saclay, bât. 504 & 510, 91405 Orsay Cedex, France

<sup>2</sup> Milieux Environnementaux, Transferts et Interactions dans les hydrosystèmes et les Sols (METIS) – CNRS, EPHE Paris, Sorbonne Université, Université Paris sciences et lettres — 4 place Jussieu, 75252 Paris Cedex 05, France

<sup>3</sup> Ecole supérieure Polytechnique (ESP) – Nouakchott, Mauritanie

<sup>4</sup> Université de Nouakchott – Mauritanie

<sup>5</sup> Gestion de l'eau, acteurs et usages (G-EAU) – AgroParisTech, IRD, CIRAD, INRAE, BRGM, Institut Agro, CIHEAM — 34196 Montpellier Cedex 5, France

Nouakchott, capitale de la Mauritanie, le pays sahélien qui possède la plus grande bande côtière d'Afrique de l'Ouest, abrite un tiers de la population du pays et connaît une croissance démographique et urbaine exponentielle (de moins de 1 000 habitants dans un simple campement en 1950 à 1,5 million en 2023 dans une ville de 1 000 km<sup>2</sup>). Ce développement exerce une pression considérable sur l'environnement et la gestion de l'eau. Alors que la région est particulièrement aride ( $P < 100$  mm/an), et que la baisse des précipitations a déjà entraîné une diminution des apports en eau douce et une augmentation de la salinité des eaux, la piézométrie de la nappe de Nouakchott, contenue dans des formations quaternaires et du continental terminal, est en hausse. Elle atteint aujourd'hui le niveau du sol dans plusieurs quartiers de la ville, provoquant d'importantes perturbations environnementales, sanitaires et sociales. Cette nappe est naturellement très minéralisée en raison de la proximité de l'océan (actuel et/ou passé), de la présence de dépôts salés dans la plaine (anciennes sebkhas) et d'une évaporation intense. Avec ou sans les changements climatiques, la ville de Nouakchott est ainsi menacée par la submersion et ce par de l'eau saumâtre et des saumures, ce qui est déjà visible dans plusieurs quartiers. Ce risque d'inondation est associé au cumul de facteurs naturels et anthropiques qu'il est difficile de distinguer. Parmi les facteurs naturels, on peut citer la proximité de l'Océan Atlantique, la faible altitude du terrain et la présence de formations géologiques imperméables (argiles, évaporites). Les facteurs anthropiques sont l'extraction de matériaux (abaissement topographique) pour la construction de la ville, l'existence de fuites dans le réseau d'approvisionnement en eau potable (provenant du fleuve Sénégal du projet Aftout es Saheli) et l'augmentation des rejets d'eaux usées dans le sous-sol (absence d'un réseau d'assainissement généralisé) en lien avec l'essor démographique. Cet apport d'eau " douce " du fleuve conduit à la présence d'eaux souterraines moins minéralisées dans certaines zones. Dans cette présentation, en croisant les données hydrogéologiques et géochimiques (éléments majeurs, traces, contaminants organiques, isotopes stables de la molécule d'eau), nous discuterons de l'origine de cette hausse piézométrique au regard des types chimiques des eaux souterraines sous Nouakchott, et tenterons de donner des indicateurs d'évolution (quantité, qualité) pour le futur.

# Analyse de la variabilité hydroclimatique dans le bassin de la Moyenne Vallée du fleuve Sénégal

Ephigénie Mackane Madioune <sup>1,2</sup>, Awa Niang Fall <sup>1,2</sup>, Waly Faye <sup>1,2</sup>,  
Nathalie Pottier <sup>2</sup>, Honoré Dacosta <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Université Cheikh Anta Diop de Dakar (UCAD) – BP 5005 Dakar-Fann, Sénégal

<sup>2</sup> Unité Mixte Internationale Soutenabilité et Résilience (UMI SOURCE) – Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines – 47 Boulevard Vauban, 78280 Guyancourt, France

Dans un contexte de changement climatique, de pollution et de surexploitation des ressources en eau dans la moyenne vallée du fleuve Sénégal, l'analyse spatio temporelle de la variabilité hydroclimatique reste pour l'heure un défi méthodologique. En effet, la dynamique de l'hydrosystème est affectée, ces dernières décennies, par la célérité des contrastes saisonniers. Des manifestations globales ayant traits aux températures, aux précipitations, à la sécheresse ont été décelées, mais les variations pluviométriques restent les plus manifestes. Elles se traduisent, d'une part, par un déficit extrême de ressources en eaux souterraines et de surface et d'autre part, par une augmentation des écoulements au Sahel, du fait de la dégradation des états de surface, et ce malgré la baisse des pluies, sans oublier la recrudescence des risques hydroclimatiques extrêmes aux conséquences dramatiques. L'objectif de cette recherche est d'analyser les impacts de la variabilité spatio-temporelle des précipitations sur les ressources en eau de la Moyenne vallée du fleuve Sénégal de 1950 à 2022. Cela implique d'évaluer les extrêmes hydropluviométriques d'avant et après barrages. Pour y parvenir, nous avons exploité les données hydroclimatiques à l'aide de méthodes d'analyses statistiques et de la modélisation pluie-débit. Les résultats de l'analyse des séries chronologiques des pluies montrent une variabilité inter annuelle des précipitations avec une succession d'années déficitaires et d'années excédentaires. L'analyse des débits met en évidence une augmentation des écoulements et cela, malgré la baisse des précipitations. Mots clés : Analyse, variabilité hydroclimatique, Moyenne vallée du fleuve Sénégal, ressource en eau, impact.

# Construction de scénarios climatiques synthétiques basés sur la classification de Köppen-Geiger compatibles pour une modélisation de la dynamique lacustre

Ahmed Naceur Mama <sup>1</sup>, Benoit Chauveau <sup>1</sup>, Arnaud Pujol <sup>1</sup>

<sup>1</sup> IFP Energies nouvelles (IFPEN) – IFPEN — 92852 Rueil-Malmaison, France

Dans un contexte de changement climatique rapide, plusieurs environnements doivent être surveillés avec attention. Le système lacustre est particulièrement concerné puisqu'il représente une partie de notre réserve d'eau douce facilement accessible. Savoir comment un lac va réagir à un forçage climatique est parfois difficile en raison de la complexité des processus mis en jeu dans le contrôle de la qualité de l'eau. Les modèles numériques apportent une solution pour aborder ce problème. Il devient alors envisageable de déployer de telles stratégies, soit pour mieux comprendre la dynamique des paléo-lacs, soit pour prédire la dynamique des lacs actuels dans une perspective pluri-décennale en lien avec un scénario d'évolution climatique plausible. Cela dit, même si l'on dispose de données très complètes pour étudier la dynamique des lacs actuels, il peut être difficile de construire des scénarios climatiques réalistes avec peu de données. Pour pallier ce manque de données, nous proposons de nous appuyer sur la classification climatique de Köppen-Geiger pour construire des scénarios climatiques synthétiques. La classification de Köppen-Geiger est basée sur des notions moyennes de température et de précipitations, mais ne considère pas explicitement d'autres paramètres indispensables pour une modélisation lacustres que sont la radiation solaire, l'humidité relative, la vitesse du vent ou encore la couverture nuageuse. En s'appuyant sur la base de données du projet POWER (Prediction Of Worldwide Energy Resources) de la NASA, nous avons construit des scénarios climatiques représentant les variations annuelles de l'ensemble des variables d'intérêt. La considération de ces variables sous forme de courbes annuelles nous a parfois contraint à définir des sous-classes climatiques aux classes de Köppen-Geiger. Ensuite, nous avons cherché à illustrer la pertinence de cette approche en modélisant le régime de stratification d'un lac donné soumis au scénario climatique synthétique propre à sa zone géographique. Le lac Mendota (Etats-Unis) a été choisi, ayant préalablement fait l'objet d'une étude GLM (General Lake Model, un modèle 1D vertical de dynamique lacustre) à partir des véritables données climatiques (Ladwig et al., 2021). Les résultats montrent que l'état stationnaire atteint à l'aide d'une simulation multi-annuelle utilisant le scénario climatique synthétique est proche du régime moyen annuel obtenu à partir des données réelles.

# Variabilité climatique et dynamique des sols salés dans les zones insulaires et estuariennes : relation et impact de la salinisation sur la qualité des ressources en eau douce dans le delta du Saloum (Sénégal).

Mouhamadou Mansour Nguirane<sup>1</sup>, Coura Kane<sup>2</sup>, Faye Waly<sup>1</sup>, Nathalie Pottier<sup>3</sup>, Abdoulaye Faty<sup>4</sup>, Birane Cisse<sup>4</sup>, Awa Fall Niang<sup>4</sup>, Alioune Kane<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Université Cheikh Anta Diop de Dakar - Rectorat, BP 5005 Dakar-fann, Sénégal

<sup>2</sup> Université Alioune Diop de Bambey – Route de Diourbel BP 30, Bambey, Sénégal

<sup>3</sup> Centre d'Études sur la mondialisation, les conflits, les territoires et les vulnérabilités (Cemotev) – Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines – UFR des sciences sociales, 78280 Guyancourt Cedex, France

<sup>4</sup> Université Cheikh Anta Diop de Dakar – Dakar, Sénégal

<sup>5</sup> Unité mixte internationale Résiliences (UMI RESILIANCES) – Université Cheikh Anta Diop de Dakar, IRD – 18524 Dakar, Sénégal

Le delta du Saloum, situé dans la région de Fatick au Sénégal, est un écosystème unique caractérisé par une dynamique complexe des sols salés. Cette région est particulièrement vulnérable aux variations climatiques et aux activités anthropiques, ce qui a conduit à une salinisation croissante des sols. Dans le bassin du Sine-Saloum, les déficits pluviométriques enregistrés au cours de la sécheresse des années 1970-1980 ont été de plus de 30 % dans la zone estuarienne et de 15 % dans le haut bassin. Cette dégradation climatique a entraîné un assèchement des eaux superficielles, un abaissement des nappes et l'envahissement des basses vallées par des intrusions d'eaux océaniques. L'extension des sols salés s'accompagne d'une avancée du biseau salé qui affecte les nappes phréatiques, essentielles pour les populations locales. Cette situation, associée à la surexploitation et à la mauvaise gestion des ouvrages hydrauliques, accentue les problèmes d'accès à l'eau potable.

Cette recherche vise à analyser l'impact de la dynamique des terres salées (tanns) sur les ressources en eau douce dans la zone du Saloum. Pour ce faire, en plus de l'analyse des données climatiques et hydrauliques, nous avons effectué des mesures in-situ de la qualité de l'eau sur un réseau de 35 puits à l'aide du multiparamètre Consort C6010. Les paramètres mesurés dans les échantillons d'eau et de sols incluent le pH, la conductivité électrique, la salinité et le Total Dissous de Solide (TDS). Nous avons à l'aide de la télédétection, effectué le traitement des images satellitaires multi-dates de 1982, 1992, 2012 et 2022. Ce travail nous a permis de déterminer la dynamique de l'occupation des sols validée par des vérifications de terrain. De plus, nous avons réalisé des enquêtes auprès des ménages et des entretiens avec les gestionnaires de l'eau. Les résultats mettent en évidence une relation intrinsèque entre la variabilité pluviométrique, l'extension des tanns et la dégradation de la qualité des nappes superficielles. Toutefois, des taux de salinité élevés sont observés dans les puits situés à côté des tanns et les zones à fortes intrusions d'eaux océaniques. Par ailleurs, on note une forte résilience des communautés qui ont développé des stratégies d'adaptation ingénieuses permettant de restaurer les terres dégradées et de préserver les ressources hydriques de la région.

Mots clés : Delta du Saloum, terres salés (tanns), qualité eau, résilience, télédétection



# Quantification des ressources en eau dans un contexte de changement climatique par simulation-optimisation multi-objectif sous incertitude

Alexandre Pryet <sup>1</sup>, Marc Saltel <sup>2</sup>, Etienne Buscarlet <sup>2</sup>, Jean-Pierre Vergnes <sup>2</sup>,  
Noémie Neverre <sup>2</sup>, Cabaret Olivier <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Environnement, et Paléoenvironnement Océaniques et Continentaux (EPOC) – CNRS, Université de Bordeaux, Bordeaux INP, EPHE Paris, Université Paris sciences et lettres – 33615 Pessac Cedex, France

<sup>2</sup> Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM), France

A l'échelle des bassins versants, les scénarios de prélèvement " durables " doivent permettre d'assurer la satisfaction de l'ensemble des bénéficiaires de la ressource, qu'ils soient humains ou naturels. Cette planification nécessite une anticipation sur plusieurs décennies, au cours desquelles les effets du changement climatique doivent être considérés. Les modèles hydrogéologiques couplés surface-subsurface peuvent être utilisés pour simuler la réponse d'un bassin versant à différentes sollicitations (prélèvements en aquifère ou en rivière) avec de multiples scénarios climatiques. Associés à des algorithmes d'optimisation, ils permettent d'explorer les compromis entre prélèvements et impacts.

La mise en œuvre d'une approche de simulation-optimisation sous incertitude est illustrée dans un bassin versant agricole de 600 km<sup>2</sup> situé dans le sud-ouest de la France. Un modèle d'écoulement couplé surface-subsurface à base physique (Marthe) a été mis en place. Ses paramètres ont été ajustés par calage d'historique avec une méthode d'ensemble. L'analyse des projections climatiques régionalisées issues du projet Explore2 a permis d'engager une approche comparative des conditions climatiques actuelles et futures sur ce bassin versant. Un algorithme d'optimisation évolutionnaire (NSGA-II) a ensuite été mis en œuvre avec deux objectifs : la maximisation des pompages (rivière et aquifère) et la minimisation du déficit d'écoulement des rivières. Des contraintes ont été imposées sur les niveaux en nappe afin d'éviter un rabattement excessif et le dénoyage des aquifères captifs.

Les résultats soulignent la résilience de la recharge des aquifères, et par conséquent du volume prélevable en nappe et en rivière sur les scénarios futurs. Cependant, les conditions sèches et humides sont susceptibles d'être exacerbées, ce qui pourrait accentuer l'écart entre ressource " disponible " et demande en eau agricole. L'approche de simulation-optimisation permet une quantification rationnelle du débit d'exploitation durable et une exploration plus large des stratégies de pompage. Cet effort doit s'inscrire dans une démarche itérative et évolutive avec les acteurs de la gestion de la ressource en eau sur le territoire.

## 8 - Biominéralisation et changement(s) climatique(s)

# Impacts du changement climatique sur la calcification de l'ormeau Européen *Haliotis tuberculata*

Stéphanie Auzoux Bordenave <sup>1</sup>, Justine Fouassier <sup>2</sup>, Aïcha Badou <sup>3</sup>,  
Philippe Dubois <sup>4</sup>, Sophie Martin <sup>5</sup>, Sabine Roussel <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Biologie des organismes et écosystèmes aquatiques (BOREA) — CNRS, MNHN, IRD, Sorbonne Université, Université de Caen Normandie, Université des Antilles — 75231 Paris Cedex, France

<sup>2</sup> Laboratoire des sciences de l'environnement marin (LEMAR) — Université de Brest, IRD, IFREMER, CNRS — 29280 Plouzané, France

<sup>3</sup> Direction générale déléguée à la recherche, à l'expertise, à la valorisation et à l'enseignement-formation (MNHN – DGD REVE) – MNHN – 29900 Concarneau, France

<sup>4</sup> Université libre de Bruxelles – Avenue Franklin Roosevelt 50, 1050 Bruxelles, Belgique

<sup>5</sup> Adaptation et diversité en milieu marin (ADMM) – CNRS, Sorbonne Université – 29682 Roscoff Cedex, France

L'accumulation d'importantes quantités de CO<sub>2</sub> dans les océans entraîne la diminution du pH océanique, phénomène appelé 'acidification des océans' (AO) ainsi que des perturbations dans la chimie des carbonates. Ces modifications affectent les organismes calcifiants notamment les mollusques qui dépendent des carbonates pour former leur coquille en carbonate de calcium (CaCO<sub>3</sub>). L'ormeau européen *Haliotis tuberculata* est une espèce naturellement présente sur le littoral breton qui représente une importante ressource économique pour la pêche et l'aquaculture. Ce gastéropode est un bon modèle pour étudier les impacts de l'acidification océanique car il possède une coquille en aragonite, une forme de CaCO<sub>3</sub> très sensible à l'acidification. En milieu naturel, la diminution du pH se conjugue notamment avec l'élévation de la température, un facteur qui pourrait moduler les effets de l'acidification.

Les effets de deux scénarios climatiques sur la calcification de l'ormeau ont été examinés au cours de plusieurs expérimentations en laboratoire grâce une approche multi-paramètres combinant des techniques de morphométrie, de microscopie et de biomécanique. Les effets de l'acidification seule ont été évalués sur les coquilles à différents stades de vie (adultes, larves, juvéniles) en exposant les ormeaux à une diminution du pH correspondant à différents scénarios prévus pour 2100 (-0,2 à -0,4 unité pH). Chez les larves, nos résultats ont montré que l'AO entraînait des anomalies du développement et de la formation de la coquille. Chez les juvéniles et les adultes, une diminution de 0,3 unité pH entraîne des altérations dans la structure de la coquille et une réduction de la force de fracture, ce qui indique une fragilisation de la coquille. Cette fragilité de la coquille impliquerait une plus grande vulnérabilité des ormeaux en condition d'acidification.

Les effets combinés de l'AO et du réchauffement ont été étudiés dans le cadre d'une expérimentation menée en 2024 dans le cadre du projet GENORMALG (Océanopolis Brest). Des ormeaux de 18 mois ont été exposés pendant 7 mois à deux scénarios climatiques en milieu contrôlé : scénario 2024 (pH ambiant \* T°C ambiante locale) et scénario 2100 (pH ambiant – 0.3 unité \* T°C locale + 2,6°C) en association ou non avec des macroalgues. Les valeurs de pH et de température ont été ajustées quotidiennement afin de reproduire la variabilité journalière et saisonnière de l'environnement naturel de l'ormeau. Le traitement avec les macroalgues avait pour objectif d'évaluer le potentiel de bioremédiation des algues qui captent une partie du CO<sub>2</sub> lors de la photosynthèse.

Les résultats préliminaires montrent que la croissance coquillière augmente au cours du cycle

saisonnier (hiver à été) avec une meilleure croissance observée pour le scénario 2100 en présence d'algues par rapport aux trois autres traitements expérimentaux. Ces premiers résultats suggèrent qu'à l'horizon 2100, la présence des algues pourrait atténuer les effets négatifs de l'acidification océanique sur la croissance des animaux. Des analyses complémentaires de biomécanique et de microstructure de la coquille sont en cours afin de confirmer cette hypothèse. Ces travaux permettent de mieux comprendre les réponses des organismes calcifiants face au changement climatique.

# Future evolution of coral reef carbonate production from a global climate-coral reef coupled model

Nathaelle Bouttes <sup>1</sup>, Lester Kwiatkowski <sup>2</sup>, Elodie Bougeot <sup>1</sup>, Manon Berger <sup>3</sup>, Victor Brovkin <sup>4</sup>, Guy Munhoven <sup>5</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (LSCE) — CEA, CNRS, Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines – Université Paris-Saclay, 91191 Gif-sur-Yvette Cedex, France

<sup>2</sup> Laboratoire d'Océanographie et du Climat : Expérimentations et Approches Numériques (LOCEAN) – Sorbonne Université, CNRS, MNHN, IRD — 4 place Jussieu - 75252 Paris Cedex 05, France

<sup>3</sup> Laboratoire de météorologie dynamique (LMD) — CNRS, ENS Paris, École Polytechnique, Sorbonne Université, Institut polytechnique de Paris, Université Paris sciences et lettres, École des Ponts ParisTech — 91128 Palaiseau Cedex, France

<sup>4</sup> Max Planck Institute for Meteorology – Hamburg, 20146, Allemagne

<sup>5</sup> Département d'Astrophysique, de Géophysique et d'Océanographie — Université de Liège – 4000 Liège, Belgique

Coral reefs are currently under threat due to climate change and ocean acidification. However, future atmospheric CO<sub>2</sub> levels, climate change and associated impacts on coral reefs remain uncertain. Critically, corals not only respond to atmospheric and climatic conditions but modify them. The calcification of corals modifies the concentration of dissolved inorganic carbon and total alkalinity in the upper ocean, impacting air-sea gas exchange, atmospheric CO<sub>2</sub> concentrations, and ultimately climate. These feedbacks between atmospheric conditions and coral biogeochemistry can only be accounted for with a coupled coral-carbon-climate model. To simulate coral-mediated climate-carbon interactions, we have implemented a coral reef calcification module into the iLOVECLIM Earth system model of intermediate complexity. After tuning, the model simulates the presence of coral reefs and regional-to-global carbonate production values in good agreement with data-based estimates. We have used this new coupled model to project future changes in coral reef carbonate production. The use of a computationally efficient intermediate complexity model allows us to cover a large range of possible futures that encompass different emissions scenarios (SSPs), climate sensitivities (hence different levels of warming) as well as the possibility of coral reefs adapting to higher SSTs which would reduce the risk of bleaching. We found a high sensitivity of the simulations to the ability of corals to adapt to thermal changes and to climate sensitivity, with the possibility of 20 to 100% coral extinction in scenario SSP1-2.6 depending on these parameters. This highlights the importance of improving the constraints on these factors in models and observations.

# Les microbialites, des écosystèmes biominéralisateurs possiblement impactés par la crise climatique

Jeanne Caumartin <sup>1,2</sup>, Karim Benzerara <sup>1</sup>, Elodie Duprat <sup>1</sup>, Robin Havas <sup>3,4</sup>,  
Christophe Thomazo <sup>5,3</sup>, Neha Mehta <sup>1</sup>, Ana Gutiérrez-Preciado <sup>2</sup>,  
Miguel Iniesto <sup>2</sup>, Paola Bertolino <sup>2</sup>, Maria Ciobanu <sup>2</sup>, Luis Carlos Colocho Hurtarte <sup>6</sup>,  
Marine Cotte <sup>7,8</sup>, David Moreira <sup>2</sup>, Purificación Lopez-Garcia <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Institut de Minéralogie, de Physique des Matériaux et de Cosmochimie (IMPMC) — CNRS, MNHN, Sorbonne Université, IRD — 75252 Paris Cedex 05, France

<sup>2</sup> Écologie Systématique et Évolution (ESE) — CNRS, AgroParisTech, Université Paris-Saclay — Université Paris-Saclay, 91405 Orsay Cedex, France

<sup>3</sup> Biogéosciences — Université Bourgogne Dijon, EPHE Paris, Université Bourgogne Franche-Comté, CNRS, Université Paris sciences et lettres, Institut national d'enseignement supérieur pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement — 21000 Dijon, France

<sup>4</sup> Environnement, et Paléoenvironnement Océaniques et Continentaux (EPOC) — CNRS, Université de Bordeaux, Bordeaux INP, EPHE Paris, Université Paris sciences et lettres — 33615 Pessac Cedex, France

<sup>5</sup> Institut universitaire de France — Université Bourgogne Franche-Comté — France

<sup>6</sup> Diamond Light Source Ltd., Didcot, Oxfordshire — Royaume-Uni

<sup>7</sup> European Synchrotron Radiation Facility (ESRF) — 71 Avenue des Martyrs, 38000 Grenoble, France

<sup>8</sup> Laboratoire d'archéologie moléculaire et structurale (LAMS) — CNRS, Sorbonne Université — 4 place Jussieu, 75005 Paris, France

La crise climatique actuelle ainsi que les activités anthropiques impactent drastiquement les conditions physico-chimiques des systèmes lacustres comme la température et le pH, la concentration d'éléments majeurs dont le calcium (e.g. Weyhenmeyer et al., 2019), ou encore la dynamique des colonnes d'eau et des populations du phytoplancton induisant le développement de zones anoxiques. Parmi les systèmes biominéralisateurs dont le fonctionnement pourrait ainsi être fortement influencé par de tels changements mais dont l'étude reste marginale dans ce cadre, on trouve les microbialites. Les microbialites sont des roches carbonatées formées par des communautés microbiennes benthiques (Burne et Moore, 1987). Elles ont reçu une attention particulière, notamment parce que les plus anciennes, sous forme fossile, sont datées jusqu'à ~3,5 Ga et comptent parmi les plus anciennes traces de vie non-ambigües connues sur Terre. Les microbialites sont ainsi d'une part des écosystèmes particuliers se développant dans une diversité d'environnements sur la Terre actuelle mais aussi d'autre part des archives paléobiologiques fournissant des informations sur les biogéochimies des environnements passés et leurs évolutions au cours du temps.

Malgré cela, leurs conditions et processus de formation sont encore peu compris. Pourtant, une meilleure compréhension serait susceptible de nous informer sur leur possible fragilité et devenir dans le contexte de la crise climatique actuelle.

Au cours de ma thèse, j'ai mis en place une base de données recensant un grand nombre des microbialites actuelles connues. L'analyse statistique a montré que les eaux où se forment les microbialites sont systématiquement très sursaturées vis-à-vis de la calcite et pour la plupart saturées vis-à-vis de phases carbonatées précurseurs comme les carbonates de calcium amorphes (Caumartin et al., 2023). Ceci suggère que de telles conditions de saturation pourraient être nécessaires à la biominéralisation de ces écosystèmes et que les changements environnementaux impactant les

paramètres physico-chimiques concernés pourraient ainsi profondément modifier leur fonctionnement. De plus, nous avons étudié des microbialites actuelles découvertes dans des zones profondes saisonnièrement anoxiques du lac alcalin Alchichica (Mexique) en couplant des analyses minéralogiques, géochimiques et de la diversité microbienne. Nous avons montré une relative résilience de ces écosystèmes dans ces conditions avec d'une part une minéralogie globalement inchangée et d'autre part une conservation des taxons par rapport aux conditions en permanence oxiques, malgré des fluctuations relatives d'abondances taxonomiques identifiées par metabarcoding. Au final, ces travaux ouvrent une série de questions sur le devenir, dans le cadre des changements globaux, de ces systèmes microbiens importants vis-à-vis de notre bio-géo-patrimoine mais aussi potentiellement pour les cycles géochimiques locaux du carbone (Havas et al., 2023).

# ANR project COR-Resilience : Investigating tropical CORal Resilience to global/local changes over the last centuries: biogeochemical observations and modelling

Eric Douville <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (LSCE) — CEA, CNRS, Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines – Université Paris-Saclay, 91191 Gif-sur-Yvette Cedex, France

Initiated by experimental researchers and climate and biogeochemical modellers from LSCE, LOV, LOCEAN, EPOC and CSM, the ANR program COR-Resilience aims at reconstructing, quantifying and evaluating past, present and future impacts of anthropogenically-driven climate change (ocean acidification & global warming), and local stressors (e.g. heavy metals, nutrients) on the calcification and growth mechanisms of two of the main reef-building coral genera (Porites and Diploastrea) found in the Indo-Pacific region, and their associated microboring flora. To achieve this objective, the project applies a combined "biogeochemical data – modelling" approach and reconstructs long-term key environmental parameters over the 2-5 last centuries based on coral geochemistry. Decadal to centennial scale records of past seawater temperature, carbonate chemistry and heavy metal concentration will be reconstructed and compared with the temporal variability of the microboring flora and the skeletal growth parameters to improve predictions of coral calcification and growth responses to natural and human-induced environmental changes. Such comparisons are rare given that they require a large effort in collecting multiple information on coral growth parameters, dynamics of skeletal colonization by microborers and geochemical proxies. The project working hypothesis is that coral growth and skeletal macro and micro-structures are not directly affected by the ambient seawater parameters, but by the direct influence of abiotic/biotic factors on the chemistry of the calcifying fluid from which aragonite precipitates and potentially on the abundance of microboring flora. The main purpose of COR-Resilience project is to provide: i - a full characterization of the present-day and past variability of the carbonate chemistry within the extracellular calcifying fluid of several colonies of Porites and Diploastrea from the Indo-Pacific region. Coral geochemistry will be also used to reconstruct the long-term SST variability and heavy metal contents of the ambient seawater; ii - a "data – model" comparison of the seawater carbonate chemistry and SST changes over the last centuries; iii- a comprehensive evaluation of the effects of multiple stressors on the growth mechanisms of two of the main reef-building coral genera (Porites and Diploastrea), using both field and cultured specimens. To achieve these goals, the COR-Resilience consortium has access to high quality ambient environmental data acquired during recent oceanographic cruises and field campaigns (TARA-Pacific, 2016-2018 and TAAF CLIM-Eparges, 2019), as well as a unique collection of long coral cores. COR-Resilience is scientifically innovative because it will combine a diverse set of established and emerging geochemical proxies ( $\delta^{18}\text{O}$ ,  $\delta^{13}\text{C}$ ,  $\delta^{11}\text{B}$ , B/Ca, Sr/Ca, Li/Mg, etc.) with the analysis of coral growth parameters (e.g. density) using advanced X-Ray Computed Tomography (XCT &  $\mu\text{CT}$ ) at various scales (from core size to micrometer). To illustrate methodology used and expected results during the project and based on Marine Canesi's doctoral works published recently (Canesi et al. 2024; <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.168552>), the impacts of natural long-term exposure to low-pH seawater on the chemical regulation and growth of reef-building Porites collected from Palau Archipelago will be presented and discussed.



# Past microbial activity as a tracer of African Humid Periods' hydrological variability during MIS 5 and MIS 1 in the northern East African Rift System

Carlo Mologni<sup>1</sup>, Nathalie Vigier<sup>2</sup>, Isabelle Couchoud<sup>3</sup>, Hsun-Ming Hu<sup>4</sup>,  
Chuan-Chou Shen<sup>4</sup>, Marie Revel<sup>1</sup>, Christophe Renac<sup>1</sup>, Lamy Khalidi<sup>5</sup>,  
Guillemette Menot<sup>6</sup>, Véronique Michel<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Géoazur — CNRS, Observatoire de la Côte d'Azur Nice, IRD, Université Côte d'Azur — 06560 Valbonne, France

<sup>2</sup> Institut de la Mer de Villefranche (IMEV) — CNRS, Sorbonne Université — 06234 Villefranche-sur-Mer, France

<sup>3</sup> Environnements, Dynamiques et Territoires de la Montagne (EDYTEM) — CNRS, Université Savoie Chambéry, Ministère de la Culture — 73376 Le Bourget du Lac Cedex, France

<sup>4</sup> High-Precision Mass Spectrometry and Environment Change Laboratory (HISPEC) — National Taiwan University — Taipei 10617, Taiwan, ROC, Taiwan

<sup>5</sup> Culture et Environnements, Préhistoire, Antiquité, Moyen-Age (CEPAM) — CNRS, Université Nice Côte d'Azur — Pôle universitaire Saint-Jean-d'Angély - 06357 Nice Cedex 4, France

<sup>6</sup> Laboratoire de Géologie de Lyon - Terre, Planètes, Environnement (LGL-TPE) — CNRS, ENS Lyon, Université Claude Bernard Lyon 1, Université Jean Monnet Saint-Etienne — 69622 Villeurbanne Cedex, France

The East African Rift System (EARS) preserves several key geological sequences recording regional- to global-scale climatic processes. Long and continuous archives, such as lake sediments, were used to track precipitation intensities or air mass displacements over the continent, providing a large-scale overview of climatic processes.

This paper focuses on overlooked lacustrine biomineralization products from East African lakes: microbialites. Resulting from the precipitation of micritic/sparitic laminae from cyanobacteria microbial activity, such bioaccumulations record changes in lacustrine hydrological patterns through the time (Cohen et al., 1997). Here, we present the results of a multi-proxy study (microscopy, elemental geochemistry, lithium, oxygen and carbon stable isotopes and U-Th with <sup>14</sup>C dating) of past and present microbialites from the Lake Abhe basin (Ethiopia), revealing two major lake transgressions during the MIS5 and MIS1, associated to African Humid Periods and to changes in regional precipitations. Changes in water chemistry and in microbial patterns was likely determined by water inputs/evaporation balance and transient fluvial interconnectivity (overflows) with contiguous basins. Extensive geomorphological surveys for reconstructing lake level fluctuations and tectonic deformations (Mologni et al., 2021), combined with the study of present-day of  $\delta^{18}\text{O}_{\text{runoff}} / \delta^{18}\text{O}_{\text{lake waters}}$  and  $\delta^{18}\text{O}_{\text{microbialite}}$ , allow us to propose evaporation/inputs balance and close/open lake system models during the investigated periods. Three major isotopic shifts at the end of MIS5 (between  $\sim 100 - \sim 77$  ka BP) suggest a hydrological instability towards the MIS4 drying of Lake Abhe. Correlation and anticorrelation of  $\delta^{18}\text{O}_{\text{microbialite}}$  and  $\delta^{13}\text{C}_{\text{microbialite}}$  indicate an alternating open/close lake system at this period. Lithium isotopy values ( $\delta^7\text{Li}$ ) suggest an increase of silicate weathering or a detrital discharge (source effect) in concomitance of high waters inputs periods. During the Holocene ( $\sim 10 - \sim 4.5$  Ka cal BP), changes in water chemistry are likely linked to shifts of the lake overflowing system and a change in water inputs/evaporation intensity occurred at  $\sim 10$ ,  $\sim 8$  and  $\sim 4.5$  ka BP.

We highlight direct (precipitations) and indirect (e.g. transient overflows) effects of climate change on one of the greatest lacustrine basin into the Afar Region (Ethiopia). This study offers new and original insights on the understanding of the impact of climate variability on regional hydro-systems in the northern EARS region, which still suffers from low spatial and temporal resolution of climate studies,

particularly regarding the MIS5.

Cohen, A.S., Talbot, M.R., Awramik, S.M., Dettman, D.L., Abell, P., 1997. Lake level and paleoenvironmental history of Lake Tanganyika, Africa, as inferred from late Holocene and modern stromatolites. *Geological Society of America Bulletin* 18.

Mologni, C., Bruxelles, L., Schuster, M., Davtian, G., Ménard, C., Orange, F., Doubre, C., Cauliez, J., Tazaz, H.B., Revel, M., Khalidi, L., 2021. Holocene East African monsoonal variations recorded in wave-dominated clastic paleo-shorelines of Lake Abhe, Central Afar region (Ethiopia & Djibouti). *Geomorphology* 391, 107896. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2021.107896>

# Variations ponctuelles des paramètres de biominéralisation dans des organismes carbonatés marins

Guillaume Paris <sup>1</sup>, Claire Rollion-Bard <sup>2</sup>

1 Centre de recherches pétrographiques et géochimiques (CRPG) — CNRS, Université de Lorraine — 54501 Vandoeuvre les Nancy Cedex, France

2 Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (LSCE) — CEA, CNRS, Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines — Université Paris-Saclay, 91191 Gif-sur-Yvette Cedex, France

L'étude des archives sédimentaires permet de comprendre l'évolution du climat au cours de l'histoire de notre planète, mais également d'appréhender les conséquences des perturbations environnementales liées à l'activité humaine, notamment certaines des conséquences de l'augmentation de la teneur en CO<sub>2</sub> de l'atmosphère : réchauffement climatique et acidification de l'océan. Les conditions paléoenvironnementales sont reconstruites à partir de différentes informations contenues dans les sédiments parmi lesquels les carbonates biogéniques sédimentaires et leur composition chimique représentent une source d'information privilégiée pour la reconstruction des climats anciens.

Un des principaux obstacles à l'utilisation des traceurs géochimiques est les processus de biominéralisation impliqués lors de la précipitation des biocarbonates. Ceux-ci interfèrent souvent avec l'enregistrement des traceurs environnementaux. Cette interférence, appelée effet vital (Urey et al, 1951), correspond à la différence entre la signature géochimique attendue pour un carbonate inorganique à l'équilibre avec l'eau de mer environnante et celle obtenue pour un carbonate biogénique. Cet effet résulte à la fois de processus biologiques comme le transport actif d'ions par des protéines transmembranaires (ex. pompe Ca<sup>2+</sup>/H<sup>+</sup>), mais aussi de processus purement thermodynamiques comme les effets cinétiques liés aux vitesses de précipitation. Pour pouvoir utiliser les traceurs environnementaux au mieux, il est donc nécessaire de mieux comprendre les processus de biominéralisation.

Les isotopes du calcium, dont les rapports dans les carbonates biogéniques ont été envisagés comme potentiels traceurs de température (Gussone et al, 2003), de pH (e.g Lemarchand et al, 2004), ou de taux de précipitation (Lemarchand et al, 2004 ; Tang et al, 2008), peuvent également renseigner sur les processus de précipitation. Dans ce contexte, nous avons étudié la variabilité interne de la composition isotopique du calcium au sein de différents carbonates biogéniques ayant grandi dans des températures constantes en couplant analyses ponctuelles des rapports isotopiques du bore et du calcium. Nous présentons de premières analyses des rapports isotopiques du bore afin d'apporter des contraintes sur certains aspects des conditions de cristallisation (pH, (CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>)) parfois mis en avant pour expliquer les variations de δ<sup>44</sup>Ca dans les carbonates. Dans des organismes ayant vécu dans des conditions de températures connues, nous serons ainsi à même d'apporter des contraintes nécessaires à l'origine des fractionnements isotopiques du calcium dans les carbonates biogéniques. Ce couplage analytique, jamais réalisé jusqu'à ce jour, permettra ainsi à la fois de progresser dans la compréhension des mécanismes de biominéralisation et dans l'utilisation de la composition isotopique du calcium comme traceur environnemental.

# Une approche multi-isotopiques ( $\delta^{13}\text{C}$ , $\delta^{18}\text{O}$ , $\Delta_{47}$ , $\Delta_{48}$ , $\Delta^{17}\text{O}$ ) pour mieux contraindre l'origine des effets vitaux dans les coraux profonds

Marie Pesnin <sup>1</sup>, Mathieu Daëron <sup>1</sup>, Justin Chaillot <sup>1</sup>, Thibault Clauzel <sup>2</sup>,  
Miguel Bernecker <sup>3</sup>, Jens Fiebig <sup>3</sup>, Samir Kassi <sup>4</sup>, Sébastien Nomade <sup>1</sup>,  
Claire Rollion-Bard <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (LSCE) — CEA, CNRS, Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines – Université Paris-Saclay, 91191 Gif-sur-Yvette Cedex, France

<sup>2</sup> Centre de recherche et de restauration des musées de France (C2RMF) — CNRS, Ministère de la Culture – Palais du Louvre, 75001 Paris, France

<sup>3</sup> Institut für Geowissenschaften – Institut für Geowissenschaften, Goethe Universität — 60438 Frankfurt am Main, Allemagne

<sup>4</sup> Laboratoire Interdisciplinaire de Physique (LIPHY) — CNRS, Université Grenoble Alpes — 38058 Grenoble cedex 9, France

Les biominéraux carbonatés produits par les organismes marins (foraminifères, coraux, bivalves, brachiopodes, bryozoaires) sont des archives naturelles cruciales pour reconstituer les conditions environnementales passées. Depuis les travaux de Harold Urey (1947), il est bien établi que la composition isotopique en oxygène des carbonates ( $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ ) dépend de la température de cristallisation et de l'isotopie de l'eau environnante. Ce rapport isotopique est devenu un outil clé en paléoclimatologie. Cependant, l'idée que ce fractionnement reflète un équilibre thermodynamique entre le carbonate et l'eau a été remise en question dès 1951. Chez certains organismes (foraminifères, bivalves), ce fractionnement varie de manière prédictive avec la température. En revanche, d'autres, comme les coraux et brachiopodes, montrent des écarts isotopiques, révélant des facteurs supplémentaires, regroupés sous le terme " effets vitaux ". Ces mécanismes, encore mal compris, compliquent l'interprétation des signatures isotopiques dans le registre fossile.

En complément des traceurs isotopiques classiques ( $\delta^{13}\text{C}$  et  $\delta^{18}\text{O}$ ), de nouveaux indicateurs comme le  $\Delta^{17}\text{O}$ , le  $\Delta_{47}$  et le  $\Delta_{48}$  apportent des perspectives nouvelles pour comprendre ces mécanismes. Les modèles théoriques suggèrent que l'utilisation combinée de ces traceurs permet : (1) d'identifier les processus à l'origine des déséquilibres isotopiques ; (2) de quantifier l'influence de facteurs environnementaux autres que la température (salinité, pH, carbone dissous) sur la composition isotopique des biocarbonates ; (3) de corriger les reconstitutions paléoclimatiques affectées par ces déséquilibres.

Les récents progrès en spectrométrie de masse et le développement de la spectroscopie d'absorption laser permettent désormais de combiner ces mesures sur un même échantillon, offrant ainsi l'opportunité de confronter, pour la première fois, les modèles théoriques à des données expérimentales complètes. Cette présentation introduit l'approche multi-isotopique comme une méthode prometteuse pour corriger les déséquilibres isotopiques dans les carbonates marins. Nous nous appuyons sur les résultats de la première caractérisation simultanée des isotopes stables ( $\delta^{13}\text{C}$ ,  $\delta^{18}\text{O}$ ) et des anomalies isotopiques ( $\Delta^{17}\text{O}$ ,  $\Delta_{47}$ ,  $\Delta_{48}$ ) dans des squelettes de coraux d'eau froide modernes, connus pour leurs effets vitaux marqués.

Les résultats de cette étude montrent que l'association d'observations multi-isotopiques et de modèles théoriques ajustés est essentielle pour interpréter correctement les signatures isotopiques des biocarbonates et mieux prendre en compte les effets biologiques et environnementaux sur leur composition.

# Asian Monsoon dynamics revealed by calcified root cells in Northwest China during the MIS 5

Charlotte Prud'homme <sup>1,2</sup>, Eric Verrecchia <sup>2</sup>, Yue Li <sup>3</sup>, Aditi Dave <sup>2</sup>, Jorge Spangenberg <sup>2</sup>, Hubert Vonhof <sup>4</sup>, Torsten Vennemann <sup>2</sup>, Yougui Song <sup>3</sup>, Kathryn Fitzsimmons <sup>5</sup>

<sup>1</sup> Centre de recherches pétrographiques et géochimiques (CRPG) — CNRS, Université de Lorraine — 54501 Vandoeuvre les Nancy Cedex, France

<sup>2</sup> Institut des Dynamiques de la Surface Terrestre — Université de Lausanne (IDYST-UNIL) — 1015 Lausanne, Suisse

<sup>3</sup> State Key Laboratory of Loess and Quaternary Geology, Institute of Earth Environment — Chinese Academy of Sciences — Xi'an 710061, Chine

<sup>4</sup> Max Planck Institute for Chemistry (MPIC) — 55128 Mainz, Allemagne

<sup>5</sup> Department of Geosciences, Faculty of Mathematic-Natural Sciences — University of Tübingen — Allemagne

Loess deposits are widespread in China and serve as important archives of Quaternary climate and environmental changes in East Asia. The alternation between paleosols and loess units in this region reveals that glacial and interglacial cycles are predominantly influenced by the interaction between the East Asian summer and winter monsoons.

In this study, we focus on a Chinese loess-paleosol sequence in northwest Beijing, with particular attention to the MIS 5 palaeosol and the loess units above and below it. We investigate a potential new palaeoenvironmental proxy: the calcified root cells (CRC) formed by biomineralization of root cells which are typical of herbaceous vegetation of steppe environments and indicate seasonal variations in dryness.

Our findings suggest that CRC form contemporaneously with their surrounding sediments, providing a reliable record of past environmental conditions. OSL dating, CRC concentration variability combined with stable isotope analyses reveal that CRC capture variations driven by the East Asian Summer Monsoon (EASM) and the Siberian High. The isotopic signatures of CRC indicate seasonal formation phases: depleted  $\delta^{18}\text{O}$  and  $\delta^{13}\text{C}$  values during warm, humid summers reflect an intensified monsoon, while higher values during cold, dry winters indicate the Siberian High's influence. This suggests that CRC form during specific seasons, providing insight into the interplay between monsoon and arid cycles. The isotopic variability within CRC points to multiple formation episodes under changing climate conditions, highlighting their value in reconstructing paleoclimate records. These findings improve our understanding of past monsoon dynamics.

9 - Incendies et changements globaux:  
comprendre les régimes de feux passés et  
présent pour mieux prédire les risques futurs

# Végétation et régime des feux Holocène dans les contreforts du massif du Pamir (Nurata et Samarqand, Ouzbékistan)

Chéïma Barhoumi <sup>1</sup>, Lucas Dugerdil <sup>1,2</sup>, Julie Alibert <sup>1</sup>, Marie-Estelle Delpiroux <sup>1</sup>, A. Adam Ali <sup>1</sup>, Sebastien Joannin <sup>1,3</sup>

<sup>1</sup> Institut des Sciences de l'Evolution de Montpellier (ISEM) – CNRS, EPHE Paris, IRD, Université de Montpellier, Université Paris sciences et lettres, CIRAD, INRAP – 34095 Montpellier Cedex 05, France

<sup>2</sup> Laboratoire de Géologie de Lyon - Terre, Planètes, Environnement (LGL-TPE) – CNRS, ENS Lyon, Université Claude Bernard Lyon 1, Université Jean Monnet Saint-Etienne — 69622 Villeurbanne Cedex, France

<sup>3</sup> Earth, Environment Society, Faculty of Science — McMaster University – Canada

Le bassin du Touran est une zone aride (alternance de désert et de steppes) d'Asie centrale située entre la mer Caspienne et la chaîne montagneuse du Pamir-Alaï. Ce vaste bassin coupé entre l'Ouzbékistan, le Kazakhstan, le Turkménistan et le Tadjikistan est traversé par deux fleuves importants (le Syr-Daria et l'Amou-Daria) qui ont accueilli sur leurs rives plusieurs civilisations importantes depuis l'âge de Bronze. Parmi eux, on trouve le complexe archéologique de BMAC (complexe archéologique Bactriane) plus connu sous le nom de civilisations de la vallée de l'Oxus. Cette civilisation florissante, riche, hiérarchisée et proto-urbaine a soudainement disparu lors du passage à l'âge de Fer. Les causes de cette transition sont très mal connues et différentes hypothèses sont étudiées. Cette étude examine la dynamique de la végétation (pollen), de l'activité humaine (pollen et NPP) et de l'activité des feux (macro-charbons) à partir de deux carottes de sédiments lacustres du lac Fazilman (massif de Nurata) et du lac Ogshagil (province de Samarqand), couvrant l'Holocène. Les résultats fourniront une synthèse claire et précise des régimes de végétation et de feux pour le nord de l'Ouzbékistan à l'Holocène et en particulier à l'âge de Bronze afin de la discuter et de la comparer aux synthèses archéologiques de la région.



# Analyse des Dynamiques des Incendies de Forêt à l'Échelle Mondiale et Européennes avec l'Indice de Danger de Feu

Ayat-Allah Bouramdane <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Université Internationale de Rabat (UIR) – Technopolis Rabat, Shore Rocate, Rabat-SaléRabat, Maroc

Le triangle de l'ignition, comprenant le carburant (végétation), un agent oxydant (air et oxygène) et une source d'ignition (activités accidentelles ou délibérées), est essentiel pour comprendre les feux de forêt. Cette communication souligne l'importance de comprendre la dynamique des feux de forêt à l'échelle mondiale et européenne, en se concentrant sur les impacts environnementaux, la sécurité publique et la santé, ainsi que les répercussions économiques. Les objectifs de cette étude sont multiples : (1) analyser les variations spatiales et temporelles de l'Indice de Danger de Feu (Fire Weather Index, FWI) à travers le monde, avec un accent particulier sur les régions européennes et leur impact sur les systèmes agrivoltaïques ; (2) identifier les facteurs climatiques et environnementaux spécifiques contribuant à l'augmentation du FWI dans différentes zones ; (3) utiliser les résultats obtenus pour informer des stratégies de gestion des incendies ciblées pour les régions européennes. L'originalité de l'étude repose sur l'utilisation des données du European Forest Fire Information System (EFFIS), partie du Copernicus Emergency Management Service (CEMS), disponibles via le Climate Data Store (CDS) du European Commission Joint Research Centre. Les données couvrent la période de 1991 à 2022, permettant une analyse complète des tendances de danger d'incendie, avec un focus sur les mois d'été de mai à septembre pour capturer la période de danger maximal. Les résultats mettent en lumière les schémas temporels et spatiaux de FWI dans le monde et dans les régions européennes, identifiant des zones à faible et haut risque. Les implications pratiques couvrent l'impact des feux de forêt sur les systèmes agrivoltaïques (production d'énergie, implications économiques sur l'agriculture, stratégies de résilience). La communication aussi discute les facteurs contribuant à un FWI élevé (extrêmes de température, humidité relative, régimes de précipitations, type et structure de la végétation, topographie, vitesse et direction du vent). Enfin, la communication proposera des stratégies pour une gestion efficace des feux de forêt, incluant des mesures proactives et l'installation de systèmes agrivoltaïques. Les conclusions résumeront les principaux résultats, les implications politiques, les limitations de l'étude (analyse basée sur les données du FWI sans considération des occurrences réelles de feux ou des sources d'ignition) et les orientations futures (incorporation de variables supplémentaires telles que les données de foudre ou les caractéristiques de couverture terrestre pour améliorer la capacité prédictive de l'analyse ; exploration de l'impact des feux de forêt sur les systèmes agrivoltaïques réels pour fournir des insights précieux sur l'intersection du risque d'incendie, du climat et de l'agriculture).

# Dynamiques des feux en Afrique Sub-Saharienne durant les derniers 25000 ans en lien avec les changements du climat et les activités anthropiques

Laurent Bremond <sup>1</sup>, Julie Aleman <sup>2</sup>, Charly Favier <sup>1</sup>, Olivier Blarquez <sup>2,3</sup>, Daniele Colombaroli <sup>4,5</sup>, Simon E. Connor <sup>6</sup>, Carlos Cordova <sup>7</sup>, Colin Courtney-Mustaphi <sup>8</sup>, Abraham Dabengwa <sup>9</sup>, Graciela Gil-Romera <sup>10,11</sup>, William D. Gosling <sup>12</sup>, Tamryn Hamilton <sup>9</sup>, Vincent Montade <sup>1</sup>, Andriantsilavo H.i. Razafimanantsoa <sup>13</sup>, Mitchell J. Power <sup>14</sup>, Estelle Razanatsoa <sup>15</sup>, Ibouiraïma Yabi <sup>16</sup>, Boris Vannièrè <sup>17,18</sup>, Contributors GPD <sup>19</sup>

<sup>1</sup> Institut des Sciences de l'Evolution de Montpellier (ISEM) – CNRS, EPHE Paris, IRD, Université de Montpellier, Université Paris sciences et lettres, CIRAD, INRAP – 34095 Montpellier Cedex 05, France

<sup>2</sup> Centre de Recherche et d'Enseignement de Géosciences de l'Environnement (CEREGE) – Collège de France, CNRS, IRD, Aix Marseille Université, INRAE – 13545 Aix-en-Provence, France

<sup>3</sup> Département de Géographie – Université de Montréal – Canada

<sup>4</sup> Royal Holloway [University of London] – Egham, Surrey, TW20 0EX, Royaume-Uni

<sup>5</sup> deceased

<sup>6</sup> School of Culture, History Language – Australian National University – Canberra ACT-2601, Australie

<sup>7</sup> Department of Geography – Oklahoma State University – 337 Murray Hall Stillwater, OK 74078, États-Unis

<sup>8</sup> Geoecology, Department of Environmental Sciences – University of Basel – Klingelbergstrasse 27, 4056 Basel, Suisse

<sup>9</sup> Evolutionary Studies Institute, University of the Witwatersrand, Johannesburg – Afrique du Sud

<sup>10</sup> Department of Ecology – Philipps-Marburg University – Marburg, Allemagne

<sup>11</sup> IPE-CSIC – Avda. Montañana, 1005, 50054, Zaragoza, Espagne

<sup>12</sup> Institute for Biodiversity Ecosystem Dynamics – University of Amsterdam – Amsterdam, Pays-Bas

<sup>13</sup> Plant Conservation Unit, Department of Geological Sciences – University of Cape Town – Cape Town, Afrique du Sud

<sup>14</sup> Natural History Museum of Utah, Department of Geography – University of Utah – Salt Lake City, Utah, États-Unis

<sup>15</sup> Plant and Conservation Unit – University of Cape Town (UCT) – Cape Town, South Africa, Afrique du Sud

<sup>16</sup> Département de Géographie et Aménagement du Territoire (DGAT) – Université d'Abomey-Calavi – Bénin

<sup>17</sup> CHRONO-ENVIRONNEMENT – Université Franche-Comté Besançon, Université Bourgogne Franche-Comté, CNRS, INRAP, Ministère de la Culture – 25030 Besançon cedex, France

<sup>18</sup> Institute of Plant Sciences, Oeschger Centre for Climate Change Research, University of Bern – Suisse

<sup>19</sup> GPD contributors

L'objectif de cette étude est d'identifier les facteurs influençant la dynamique des incendies à long terme en Afrique subsaharienne. Pour cela, nous avons réalisé une synthèse des enregistrements de charbons sédimentaires disponibles sur les 25 derniers milliers d'années. Nous avons utilisé les données accessibles dans la Global Paleofire Database, mises à jour avec les données récemment publiées, afin de reconstituer la combustion de biomasse passée sur l'ensemble du continent. Nous avons analysé et normalisé les enregistrements fossiles de charbons sédimentaires, regroupés par région (Afrique centrale, Afrique de l'Est, Afrique australe et océan Indien) et par type de végétation (forêt, savane et arbustes).

Un des premiers résultats a été de constater qu'il y avait peu de données de qualité à l'échelle du continent dès que nous dépassions les 5 derniers milliers d'années.

Nous observons également que l'analyse à l'échelle continentale masque fortement les particularités

régionales. Nos résultats suggèrent que les changements de biomasse brûlée sont nuancés et ne peuvent pas être simplement attribués au climat ou aux activités anthropiques, et qu'ils ont varié en fonction de l'histoire de chaque sous-région et de chaque type de végétation : en Afrique centrale, les feux de biomasse ont augmenté après la fin de la période humide africaine et la première vague de migration des populations de langue bantoue, tandis qu'en Afrique de l'Est et dans les îles de l'océan Indien, il semble que la croissance de la population humaine ait été le principal moteur de l'activité des feux. En Afrique du Sud, la diminution des précipitations semble compenser l'activité des incendies due à la croissance démographique en réduisant la biomasse potentiellement inflammable. Bien que la diversité des techniques méthodologiques utilisées pour quantifier les charbons sédimentaires rende les comparaisons difficiles, ces données permettent de dégager des tendances régionales. Cette synthèse souligne ainsi la nécessité d'augmenter le nombre de sites disposant de données sur les charbons sédimentaires et d'harmoniser les méthodes d'extraction et de quantification des charbons dans toute l'Afrique afin d'améliorer les évaluations régionales et continentales de l'histoire des incendies.

# Détermination des conditions climatiques post-incendiaires par la dendro-geochimie des isotopes stables du carbone et hydrogène de 1600 C.E. à 2006 C.E. au Nord de la Suède

Emma Cuenot <sup>1</sup>, Igor Drobyshchev <sup>2</sup>, Fourel François <sup>3</sup>, Nicolas Patris <sup>4</sup>, Nina Ryzhkova <sup>5</sup>, Florian Voron <sup>6</sup>, Ilham Bentaleb <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Institut des Sciences de l'Évolution de Montpellier (ISEM) – CNRS, EPHE Paris, IRD, Université de Montpellier, Université Paris sciences et lettres, CIRAD, INRAP – 34095 Montpellier Cedex 05, France

<sup>2</sup> Swedish University of Agricultural Sciences – Suède

<sup>3</sup> Laboratoire d'Écologie des Hydrosystèmes Naturels et Anthropisés (LEHNA) – CNRS, Université Claude Bernard Lyon 1, ENTPR, INRAE – 69622 Villeurbanne Cedex, France

<sup>4</sup> HydroSciences Montpellier – Université Montpellier, CNRS, IRD – France

<sup>5</sup> University of Eastern Finland – Educa, Tulliportinkatu 1, 80130 Joensuu, Finland, Finlande

<sup>6</sup> OSU OREME, AETE ISO – IRD, Université Montpellier – France

Les feux de forêt sont amenés à être de plus en plus fréquents à l'avenir. Dans la forêt boréale suédoise, ce sont des perturbations d'origine naturelle causées par des facteurs climatiques, ou d'origine anthropique. Les cernes de croissances des arbres enregistrent les conditions climatiques par leur composition isotopique. Cette étude utilise la dendro-géochimie des isotopes stables du carbone afin de déterminer les facteurs climatiques qui contrôlent les feux de forêt, et d'identifier un signal isotopique qui survient systématiquement avant un feu. Pour cela des analyses d'isotopes stables de  $\delta^{13}\text{C}$  ont été réalisées avec une résolution sub saisonnière sur une période d'environ un millénaire. Les valeurs de  $\delta^{13}\text{C}$  sont plus faibles lors des années de grand feu indiquant que les pins (*Pinus sylvestris*) souffraient de stress hydrique. La dendroisotopie semble montrer des résultats prometteurs pour étudier les LFY. L'étude à haute résolution temporelle dans les cernes de croissances montre de très bons résultats et peut être généralisée pour l'étude d'évènements discrets tel que les feux de forêts de grandes ampleurs.

# Cropland fires : an emerging risk in the context of climate change

Gabriel De Blic <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire de géographie physique : Environnements Quaternaires et Actuels (LGP) – CNRS, Université Panthéon-Sorbonne, Université Paris-Est Créteil Val-de-Marne – 94320 Thiais, France

Cropland fires are under-studied in the scientific literature. When they are, it is mostly regarding their emissions and their effect on atmospheric pollution. Yet, these fires pose a significant threat to agricultural production and to the agricultural-urban interface in the Seine-et-Marne department (France). Moreover, the specific dynamics of these fires pose a management issue to fire departments. Since 2021, a joint research program was established with one Fire Department. This project faces different challenges, mainly the lack of specific literature about cropland fires as a risk, as they usually are studied through the scope of their emissions. The aim of this program is to produce scientific knowledge regarding cropland fires, an emerging risk for firefighters and farmers throughout the Paris Basin in the context of climate change. Also, there is a lack of specific cropland fire data, considering the fact that the vast majority of these fires are not appearing on remote sensing images such as MODIS database. The part of the project we are presenting here aims at building said specific database and understanding how weather parameters affect fire hazard and propagation in agricultural vegetation. To achieve this, we use fire department sources to build a cropland fire database, we then correlate cropland fire occurrences with climate and weather conditions using already-existing agricultural weather sensors, a unique approach in fire research.

The study area is the Seine-et-Marne department, covering half of the Ile-de-France capital region. It is characterized by extensive agriculture on fertile soils, mostly cereal and oilseed crops. The Seine-et-Marne is also home to 1,5 million inhabitants, mostly located in the suburbs of the capital city of Paris. The landscape of the Seine-et-Marne is thus characterized by a vast agricultural-urban interface, especially prone to cropland fire risks.

To build our fire database we extracted all the firefighting intervention for vegetation fires between 2011-2019 from the ARTEMIS intervention management software used by the Seine-et-Marne FD. We then processed these interventions via their label but also spatial (we made them appear and crossed with the land cover on GIS) and temporal (seasonal) criteria. By compiling our data according to these criteria, we obtain 1,498 interventions for crop fires from 2010 to 2019. For our weather database, we are exploiting the weather data from Sencrop weather stations, a commercial weather provider for farmers, to compensate for the lack of sufficient open access weather station at such a scale. We will correlate past fires with the closest weather sensor, to identify the weather parameters at the time of the fire.

The use of the fire database allows us to consider the number of fires, their location (buildings maps using GIS) and their temporality. We observe some seasonal trends, but also interannual differences. We observe that interface areas are the most fire-prone. We also observe a daily peak in the fire activity between 4 and 6 PM. We can correlate these results with our weather data, observing a very strong link between temperature, humidity but also nocturnal temperature. Some days such as the 25<sup>th</sup> July 2019 had an exceptional fire activity. This allows us to consider not only the effect of synoptic weather conditions but also local-scale weather conditions as a parameter for fire risk, but also the threat posed by climate change that would worsen fire conditions in this area.

# Utilisation du microcharbon dans les sédiments marins pour comprendre les régimes d'incendies modernes en Méditerranée occidentale.

Marion Genet <sup>1</sup>, Anne-Laure Daniau <sup>2</sup>, Florent Mouillot <sup>3</sup>, Bernard Dennielou <sup>4</sup>,  
Muriel Georget <sup>2</sup>, Sabine Schmidt <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire Géosciences Océan (GEO-OCEAN) — Université de Brest, CNRS, IFREMER, Université Bretagne-Sud, SHOM — 29280 Plouzané, France

<sup>2</sup> Environnement, et Paléoenvironnement Océaniques et Continentaux (EPOC) – CNRS, Université de Bordeaux, Bordeaux INP, EPHE Paris, Université Paris sciences et lettres – 33615 Pessac Cedex, France

<sup>3</sup> Centre d'Écologie Fonctionnelle et Évolutive (CEFE) — CNRS, Université Paul Valéry Montpellier 3, EPHE Paris, IRD, Université de Montpellier, Institut Agro, INRAE — 34293 Montpellier Cedex 5, France

<sup>4</sup> Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer (IFREMER) – Université de Brest – France

Les microcharbons sont des particules de végétation brûlée lors des incendies, transportées dans les sédiments par les fleuves et le vent, et utilisées comme proxy des incendies. Lorsqu'ils sont observés dans des enregistrements sédimentaires, ils permettent de reconstruire l'évolution de la biomasse brûlée et de l'activité des incendies. En revanche, pour interpréter avec précision les variations du microcharbon au fil du temps, il est crucial d'avoir une compréhension approfondie de ce proxy, c'est-à-dire de la manière dont il reflète les conditions environnementales et les caractéristiques des incendies. Cependant, l'interprétation du microcharbon n'est pas simple, car sa quantité est influencée non seulement par les paramètres des incendies (nombre de feux, surface brûlée, intensité des feux), mais aussi par des facteurs climatiques (températures, précipitations, humidité) et le type de végétation (forêts, prairies). Dans cette étude, nous avons examiné la concentration de microcharbons et leurs caractéristiques morphométriques, en particulier le rapport d'élongation (rapport longueur/largeur), dans 277 échantillons de sédiments de surface prélevés dans la région de la Méditerranée occidentale. Les résultats révèlent qu'une concentration accrue de microcharbons n'est pas associée à une grande superficie brûlée ou à un nombre élevé d'incendies, mais est plutôt liée à l'expansion de la végétation ouverte ainsi qu'à des climats plus chauds et plus secs. De plus, les particules de microcharbon de forme carrée étaient associées à la combustion d'arbustes et d'arbres, tandis que les particules allongées étaient liées aux incendies dans les zones de végétation ouverte. Cette étude permet une meilleure compréhension du proxy "microcharbon", en démontrant que la distribution du microcharbon est influencée non seulement par des paramètres liés aux incendies, tels que le nombre de feux, la surface brûlée et l'intensité des feux, mais aussi par les conditions climatiques et le type de végétation brûlée. L'utilisation combinée de la quantité de microcharbons et de leur forme permettrait d'interpréter de manière plus robuste les changements dans le type de biomasse brûlée (forêt/végétation ouverte) et dans le type d'incendie (de surface ou de cime), en analysant la forme des particules de microcharbon (allongée/carrée), tandis que la combustibilité de la végétation liée aux conditions climatiques (sèches/humides) pourrait être évaluée en analysant la quantité de microcharbons (élevée/faible).

# Multi-millennial modeling of North-western France vegetation

Marion Lestienne <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Institut des Sciences de l'Evolution de Montpellier (ISEM) – CNRS, EPHE Paris, IRD, Université de Montpellier, Université Paris sciences et lettres, CIRAD, INRAP – 34095 Montpellier Cedex 05, France

In North-western France, the Massif Armorican, historically less prone to wildfires due to its climate and vegetation, is projected to experience significantly increased fire risks in the coming decades. This risk is exacerbated by pastoral decline, leading to the development of heathland, fuel accumulation and thus fire spread, especially in military training areas prone to ignition. The exceptional fire activity during the summer of 2022, which saw over 3800 hectares of vegetation burned in Brittany, supports these predictions. While wildfires may promote plant diversity in some regions, their impact on historically less fire-affected areas like Brittany remains unknown. Hence, understanding the long-term vegetation dynamics is crucial for anticipating potential changes in these ecosystems in the context of climate change.

Palynology is the most commonly used method for reconstructing past plant biodiversity. However, representing plant biodiversity through pollen is challenging due to variations in pollen production and dispersion among species. The Landscape Reconstruction Algorithm (LRA), incorporating models like REVEALS and LOVE, offers a promising approach to vegetation reconstruction based on pollen data, while effectively reducing biases caused by the complex pollen-vegetation relationship. These models have been tested and validated in various regions, including southern Sweden, and will be used to reconstruct past plant biodiversity in Brittany. Reconstruction will use pollen data from the Armorican database, containing pollen records from 60 well dated sites studied throughout the Armorican Massif. Various diversity indices are used showing an increase in plant richness over the last two millennia, mainly due to traditional human activities. A decline in this diversity can be observed in the records over the last few centuries records due to pastoral decline, agricultural intensification and the possible increased frequency of fires.

This presentation will provide an overview of the initial findings of this project, which aims in the long term to reconstruct the history of fires, human activities, vegetation dynamics during the late Holocene in Armorica, and to model vegetation and fire hazard.

10 - Comprendre la dynamique du climat à différentes échelles de temps : du développement méthodologique aux applications paléoenvironnementales



# Eastern Mediterranean dynamics during sapropel S1: new insights from AI

Mathias Ageron <sup>1</sup>, Sonia Chaabane <sup>2</sup>, Camille Godbillot <sup>2</sup>, Laetitia Licari <sup>2</sup>,  
Anthony Gramoullé <sup>2</sup>, Vincent Guarinos <sup>2</sup>, Tachikawa Kazuyo <sup>2</sup>,  
Thibault De Garidel-Thoron <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Centre de Recherche en Cancérologie et Immunologie Intégrée Nantes Angers (CRCI2NA) — Université Angers, INSERM, Nantes Université — 44007 Nantes, France

<sup>2</sup> Centre de Recherche et d'Enseignement de Géosciences de l'Environnement (CEREGE) – Collège de France, CNRS, IRD, Aix Marseille Université, INRAE – 13545 Aix-en-Provence, France

Current climate change has a significant impact on marine ecosystems, especially in the Mediterranean Sea, identified as a climate 'hotspot,' where temperature and salinity changes could disrupt the basin's thermohaline circulation. Such events happened during the recent climatic past, when sapropel deposits events marked large perturbations of the oxygenation and salinity in the eastern Mediterranean Sea. To improve our understanding and prediction of such changes, it is crucial to examine past events. Here we focus on the last sapropel, S1, an episode of deep-water anoxia that occurred during the early Holocene, between ~10.5 and ~6 cal. ka BP in the Eastern Mediterranean Sea.

This event is marked by a wet and humid phase over Northern Africa, associated to the precessional forcing which drove massive increases of terrestrial runoffs. However, the impact of terrestrial fluxes on the surface salinities in the Mediterranean Sea remains poorly constrained, with most of the studies located off the Nile river, and the S1 event is also thought to be multiphasic with a return of significant deep-water oxygenation between ~8.5 and ~7.8 cal. ka BP.

To decipher the spatio-temporal sequence of this event, we used an original approach based on combined (1) micropaleontological, and (2) AI analysis in two sediment cores from the Levantine Basin: SL95, collected from the Gulf of Sirte, and MD04-2724, collected off the Nile Delta. Beside benthic and planktonic foraminiferal assemblage data, we investigate the morphometric traits of planktic foraminifera (chamber size and test size). The method employed for measuring these two types of proxies is innovative, as it integrates automated image capture, species identification, and morphometric trait measurement using two automated systems, supported by the application of a convolutional neural network.

We show that S1a (~10.5 to ~8.5 cal. ka BP) is characterized by a morphological response of planktic foraminifera to deep-water anoxia in the Nile Delta ; S1b (~7.8 to ~6 cal. ka BP) response is located in the Gulf of Sirte based on 12.000 images analyses of planktic foraminifera. It implies that the S1a and S1b are characterized by a different source of freshwater. Such a diachronous response needs to be further investigated through modelling studies.

# The paleoceanography of the southwest subtropical Pacific during the past 1.2 Myr

Vera Christanti Agusta <sup>1,2</sup>, Mary Elliot <sup>1</sup>, Franck Bassinot <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire de Planétologie et Géosciences (LPG Nantes) — Université Angers, Le Mans Université, Nantes Université, CNRS, CNES — 44322 Nantes Cedex 3, France

<sup>2</sup> National Research and Innovation Agency Republic of Indonesia (BRIN) — Jl. Sangkuriang 40135 Bandung, Indonésie

<sup>4</sup> Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (LSCE) — CEA, CNRS, Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines — Université Paris-Saclay, 91191 Gif-sur-Yvette Cedex, France

This study presents new data on the variability in vertical water gradient in the southwest of the Pacific Ocean region impacted by the southward flow of Tropical waters. In order to reconstruct changes in the water column structure during past Glacial-Interglacial terminations, we analysed multiple species of planktonic foraminifera with known ecological differences such as depth habitats and season of life. Our study uses sediment core MD06-3018 collected from 2470 m depth in the eastern side of New Caledonia Trough (NCT), during a Marion Dufresne cruise in 2006. Our strategy is to analyse both Mg/Ca and  $\delta^{18}\text{O}$  on multi-species of planktonic foraminiferal to reconstruct the vertical thermal-hydrological variabilities over specific intervals of the past million years. The age model of this sediment core is well constrained by tuning the  $\delta^{18}\text{O}$  record of benthic foraminifera *Cibicides wuellerstorfi* to reference stratigraphic record. We analysed four different species of foraminifera: surface dwellers (*Globigerinoides ruber* s.s., with a depth habitat 0-50 meters water depth), mid-depth dwellers (*Pulleniatina obliquiloculata* and *Neogloboquadrina dutertrei*, at ~75-125 meters water depth) and deeper thermocline dwellers (*Globorotalia truncatulinoides* at > 300m). We focus on specific Glacial-Interglacial transitions: Marine Isotope Stage (MIS) 2/1, MIS 6/5, and MIS 12/11. Our preliminary results reveal striking differences between the changes in subsurface water hydrology associated with each termination.

# Reconstructing past ocean density to evaluate numerical climate models at the Last Glacial Maximum (LGM)

Héloïse Barathieu <sup>1</sup>, Thibaut Caley <sup>1</sup>, Didier Roche <sup>2</sup>, Niclas Rieger <sup>3</sup>,  
Tamara Happé <sup>4</sup>

<sup>1</sup> Environnement, et Paléoenvironnement Océaniques et Continentaux (EPOC) – CNRS, Université de Bordeaux, Bordeaux INP, EPHE Paris, Université Paris sciences et lettres – 33615 Pessac Cedex, France

<sup>2</sup> Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (LSCE) — CEA, CNRS, Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines – Université Paris-Saclay, 91191 Gif-sur-Yvette Cedex, France

<sup>3</sup> Centre de Recerca Matemàtica (CRM) – 08193 Bellaterra, Barcelona, Espagne

<sup>4</sup> Institute for environmental studies (IVM) – Vrije Universiteit Amsterdam — Faculty of Science, Amsterdam, Pays-Bas

The hydrological cycle plays a crucial role in the Earth's climate and has a direct impact on human populations. Despite advances, the IPCC AR6 report highlights persistent uncertainties concerning future projections of potential changes in this hydrological cycle. Past climates offer a unique opportunity to assess the ability of numerical models to simulate various natural perturbations.

Some studies show that the spatial pattern of sea surface salinity (SSS) is strongly correlated with the mean spatial pattern of the evaporation-precipitation (E-P) balance, making it a good tracer of the water cycle. In addition, salinity in combination with temperature determine the density of sea water and therefore the ocean dynamics.

In this study we investigated and revisited the use of the  $\delta^{18}\text{O}_c$  of planktonic foraminifera as a surface paleodensity proxy for the whole ocean (from low to high latitudes). We then reconstructed past density changes during the last glacial maximum (LGM) using an extended database covering all ocean basins, and evaluated numerical climate models (PMIP3 and PMIP4 experiments) in their ability to simulate this parameter during this extreme climatic period.

Similarities and differences between reconstructed density and model simulations are discussed in detail, highlighting potential biases and challenges in modelling water density at the LGM.

We will also briefly introduce how our new approach based on density reconstruction allow to extract past quantitative salinity changes and we will discuss the associated uncertainties and potential applications.

# Past quantitative salinity and density reconstructions: new approach and applications.

Héloïse Barathieu <sup>1</sup>, Thibaut Caley <sup>1</sup>, Valentin Portmann <sup>1</sup>, Didier Swingedouw <sup>1</sup>,  
Didier Roche <sup>2</sup>, Niclas Rieger <sup>3</sup>, Bruno Malaize <sup>1</sup>, Marion  
Peral <sup>1</sup>, Emilie Dassie <sup>1</sup>, Karine Charlier <sup>1</sup>, Franck Bassinot <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Environnement, et Paléoenvironnement Océaniques et Continentaux (EPOC) – CNRS, Université de Bordeaux, Bordeaux INP, EPHE Paris, Université Paris sciences et lettres – 33615 Pessac Cedex, France

<sup>2</sup> Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (LSCE) — CEA, CNRS, Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines – Université Paris-Saclay, 91191 Gif-sur-Yvette Cedex, France

<sup>3</sup> Centre de Recerca Matemàtica (CRM) –08193 Bellaterra, Barcelona, Espagne

The hydrological cycle plays a crucial role in the Earth's climate and has a direct impact on human populations. Despite advances, the IPCC AR6 report highlights persistent uncertainties concerning future projections of potential changes in this hydrological cycle, in particular for low latitudes monsoonal systems. Some studies show that the spatial pattern of sea surface salinity (SSS) is strongly correlated with the mean spatial pattern of the evaporation-precipitation (E-P) balance, therefore constituting a good tracer of the water cycle.

In this study, we present a new approach to quantitatively reconstruct past sea surface salinity based on planktonic foraminifera derive density and temperature reconstructions (Mg/Ca,  $\Delta 47$ ). Preliminary results on marine sediment cores extracted from regions under the influence of the south Asian monsoon system will be highlighted. We will also present a preliminary framework on how these new past quantitative reconstructions (density and salinity) could be used as predictor in emergent constraints methods, using PMIP and CMIP numerical climate modelling experiments, in order to reduce uncertainties on future Asian monsoon precipitation changes.

# Temperature-sensitivity of water stable isotopes in global precipitation: a noble gas-based, paleoclimate perspective

David Bekaert <sup>1</sup>, Alizé Longeau <sup>1</sup>, Gabriel Fénisse <sup>1</sup>, Pierre-Henri Blard <sup>1</sup>,  
Charlotte Prud'homme <sup>1</sup>, Werner Aeschbach <sup>2</sup>, Roi Ram <sup>2</sup>, Camille Risi <sup>3</sup>,  
Sylvia Dee <sup>4</sup>, Kanon Kino <sup>5</sup>, Alexandre Cauquoin <sup>5</sup>, Kei Yoshimura <sup>5</sup>,  
Allegra Legrande <sup>6</sup>, Hayoung Bong <sup>6</sup>, Dominique Genty <sup>7</sup>, Jian Zhang <sup>7</sup>,  
Alan Seltzer <sup>8</sup>

<sup>1</sup> Centre de recherches pétrographiques et géochimiques (CRPG) — CNRS, Université de Lorraine — 54501 Vandoeuvre les Nancy Cedex, France

<sup>2</sup> Heidelberg University — Allemagne

<sup>3</sup> Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (LSCE) — CEA, CNRS, Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines — Université Paris-Saclay, 91191 Gif-sur-Yvette Cedex, France

<sup>4</sup> Rice University — États-Unis

<sup>5</sup> The University of Tokyo — Japon

<sup>6</sup> NASA Goddard Institute for Space Studies and Center for Climate Systems Research, Columbia — États-Unis

<sup>7</sup> Environnement, et Paléoenvironnement Océaniques et Continentaux (EPOC) — CNRS, Université de Bordeaux, Bordeaux INP, EPHE Paris, Université Paris sciences et lettres — 33615 Pessac Cedex, France

<sup>8</sup> Woods Hole Oceanographic Institution — États-Unis

Water stable isotopes ( $\delta D$  and  $\delta^{18}O$ ) serve as a valuable geochemical tool for reconstructing past hydrological changes and paleoclimate variations across various natural archives, including ice cores, lake and ocean sediment layers, coral reefs, and cave formations. However, a common limitation of this proxy is that fossil records of past  $\delta D$ – $\delta^{18}O$  changes reflect changes not only in local temperature, but also in circulation changes, moisture source conditions and various hydrological processes along air mass trajectories. Observed correlations between the  $\delta D$ – $\delta^{18}O$  of modern precipitation and local temperature variations have been proposed as a potential method to isolate paleoclimate signals from water stable isotope fossil records. Nevertheless, the applicability of these modern, seasonal correlations to longer timescales (e.g., glacial–interglacial transitions) remains uncertain. Here, we use fossil groundwater as a direct archive of past annual temperature and  $\delta D$ – $\delta^{18}O$  co-variations to constrain the temperature sensitivity of water stable isotope variations in precipitation worldwide over the past ~40,000 years. On one hand, the  $\delta^{18}O$  of soil water mainly reflects that of rainfall, which is itself linearly dependent on the mean air temperature at mid and high latitudes. On the other hand, due to their temperature-dependent solubility in water and insensitivity to biological and chemical processes, dissolved atmospheric noble gas concentrations in ancient groundwater constitute reliable, physics-based proxies of past climates. We show that co-variations of groundwater stable isotopes and noble gas temperatures (NGT) over the last deglaciation represent a promising, yet underexploited, avenue to constrain the sensitivity of the stable isotope thermometer for high resolution  $\delta^{18}O$ -based paleoclimate reconstructions (e.g., from speleothems). This first comprehensive compilation of fossil groundwater water stable isotope and NGT records from around the world (746 samples from 38 locations) reveals that, although significant correlations can be found worldwide, European fossil groundwaters preserve the most consistent temperature–water stable isotope relationships. These are compatible with a primarily temperature-driven evolution of  $\delta D$ – $\delta^{18}O$  during deglacial warming. We infer that water stable isotope variations in European natural archives can be reliably used for isotope-based paleoclimate reconstructions. Weaker

correlations in North America, Asia, and Africa likely reflect additional influences from global atmospheric circulation changes, primarily attributed to topographic changes (e.g., due to the retreat of the Laurentide ice sheet) and glacial-interglacial Hadley cell variations. In these regions, paleotemperature reconstructions based on water stable isotope variations may be less reliable. Finally, we propose that the long term  $\delta^{18}\text{O}$ -temperature correlations derived in this study provide a useful tool for evaluating the ability of General Circulation Models (GCMs) simulations of the LGM and transient simulations of the last deglaciation to reproduce the long-term evolution of precipitation isotopic compositions in the continental realm.

# Dépôts éoliens pléistocènes en Europe : distribution et chronologie

Pascal Bertran <sup>1,2</sup>, Mathieu Bosq <sup>1</sup>, Sebastian Kreuzer <sup>3</sup>, Philippe Lanos <sup>4,5</sup>, Philippe Dufresne <sup>4,5</sup>, Christoph Schmidt <sup>6</sup>

<sup>1</sup> De la Préhistoire à l'Actuel : Culture, Environnement et Anthropologie (PACEA) – CNRS, Ministère de la Culture, Université de Bordeaux, EPHE, INRAP, Université Paris Sciences et Lettres – Université de Bordeaux, 33615 Pessac, France

<sup>2</sup> Centre de recherches archéologiques de Bègles (Inrap – Grand Sud-Ouest) – INRAP – BP 161, 210 cours Victor-Hugo, 33130 Bègles, France

<sup>3</sup> Institute of Geography – University of Heidelberg – Heidelberg, Allemagne

<sup>4</sup> Archéosciences-Bordeaux : Matériaux, temps, Images et Sociétés (Archéosciences Bordeaux) – CNRS, Université Bordeaux Montaigne – Maison de l'Archéologie, 33607 Pessac, France

<sup>5</sup> Geosciences Rennes – CNRS, Université de Rennes – Campus de bBaulieu, 35042 Rennes cedex, France

<sup>6</sup> Institute of Earth Surface Dynamics – University of Lausanne – Géopolis, 1015 Lausanne, Suisse

Des travaux récents sur la distribution et la chronologie des dépôts éoliens européens renouvellent leur connaissance et permettent de mieux appréhender les facteurs à l'origine de leur mise en place. Ces travaux comprennent (1) une révision de la cartographie des sables éoliens et des lœss fondée sur la base de données européenne de texture des sols (LUCAS), (2) le traitement des âges OSL obtenus sur de nombreuses séquences afin de déterminer les principales périodes de sédimentation. La nouvelle cartographie proposée met en évidence plusieurs systèmes éoliens distincts en Europe, chacun comprenant une bande de sable à proximité des sources, puis une bande de lœss sableux et de lœss à plus grande distance. Les deux principaux systèmes sont liés aux calottes glaciaires fennoscandienne (FIS) et alpine (AIS), qui ont produit en abondance des particules fines (sable, limon) évacuées par les écoulements proglaciaires et mis à la disposition de la déflation dans les plaines alluviales. Des systèmes éoliens plus réduits existaient également le long des côtes atlantiques et dans des bassins continentaux où affleurent des terrains détritiques peu consolidés susceptibles à la déflation. Le gradient de végétation qui existait au SIM 2 explique en partie la variabilité granulométrique des lœss. La végétation arbustive du sud de l'Europe a piégé efficacement les sables et les limons grossiers à proximité des cours d'eau et généré ainsi d'épaisses accumulations de lœss sableux. La chronologie des dépôts éoliens n'apparaît pas homogène en Europe, mais des spécificités propres à chaque système existent. Le pic de sédimentation des lœss nord-européens est plus tardif d'environ deux millénaires par rapport à celui des lœss périalpins. Cette différence reflète la croissance asynchrone de la FIS et de l'AIS. Des facteurs paléogéographiques, notamment le développement du lac baltique pendant le SIM 3 et la réorganisation des écoulements proglaciaires suite à la coalescence de la FIS et de la calotte britannique, expliquent d'autres particularités chronologiques des lœss du nord de l'Europe. Pour les systèmes côtiers et continentaux, les pics de sédimentation semblent liés aux événements de Heinrich, pendant lesquels la déflation était favorisée par une végétation réduite et un climat plus sec.

# AquaOxy

Nicolas Bienville <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (LSCE) — CEA, CNRS, Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines – Université Paris-Saclay, 91191 Gif-sur-Yvette Cedex, France

## Contexte

L'étude du paléoclimat à partir des archives climatiques est essentielle pour améliorer notre compréhension du système climatique terrestre, en particulier en l'absence de perturbations anthropiques.

La biosphère joue un rôle crucial dans ce système, et l'étude de sa productivité, ainsi que de ses variations au cours du temps, permet d'explorer ses interactions avec le climat, notamment via les modifications de l'atmosphère (cycle du carbone et de l'oxygène).

Les carottes de glace sont une archive privilégiée car les bulles d'air qu'elles contiennent permettent justement d'accéder à l'atmosphère du passé. Il est cependant difficile d'y mesurer la concentration en dioxygène, mais nous pouvons en revanche mesurer sa composition isotopique ( $\delta^{18}\text{O}$  et  $\delta^{17}\text{O}$ ), qui peut servir de traceur de la productivité de la biosphère et du cycle hydrologique.

## Objectifs

Pour le moment les relations entre ces paramètres sont surtout de nature qualitative, et nous souhaitons donc les quantifier en mesurant les coefficients de fractionnement isotopiques associés aux processus biologiques.

## Résultats

Pour cela des chambres biologiques aquatiques fermées ont été développées, avec des mesures isotopiques précises réalisées grâce à une technologie innovante de spectroscopie optique.

Après avoir été assemblés et testés, ils ont été déployés à l'Écotron Île-de-France pour des séries de mesures.

Les premiers résultats ont permis de mesurer le signal des cycles jour/nuit et de calculer les coefficients de fractionnement isotopique associés.

L'objectif est ensuite d'intégrer ces données dans des modèles de système Terre afin de reconstituer les variations historiques de la productivité biologique et d'améliorer la datation des carottes de glace.



# An insight into the global biosphere productivity during the Last Glacial Maximum from Stratospheric oxygen chemistry: preliminary results from the box-model approach

Lekshmi Mudra Bindhu <sup>1</sup>, Ji-Woong Yang <sup>1</sup>, Christof Janssen <sup>2</sup>, Slimane Bekki <sup>3</sup>,  
Amaelle Landais <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement – LSCE-IPSL (CNRS-CEA-UVSQ), Université Paris-Saclay, Gif-sur-Yvette, France – France

<sup>2</sup> De la Molécule aux Nanos-objets : Réactivité, Interactions et Spectroscopies (MONARIS) – Sorbonne Université UPMC Paris VI, Centre national de la recherche scientifique - CNRS (France) – France

<sup>3</sup> Laboratoire Atmosphères et Observations Spatiales – LATMOS-IPSL, Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines, CNRS, Sorbonne Université, Guyancourt, France – France

The triple isotope composition ( $\Delta^{17}\text{O}$ ) of atmospheric oxygen ( $\text{O}_2$ ) has been suggested as a tracer of the global biosphere productivity, based on the fact that the  $\Delta^{17}\text{O}$  of tropospheric  $\text{O}_2$  is determined by the biosphere productivity (i.e., photosynthesis) and stratospheric photo-chemistry (Luz et al., 1999). Ice-core measurements highlight glacial-interglacial cycles of  $\Delta^{17}\text{O}$  of  $\text{O}_2$ , which have been interpreted as indicators of past global biosphere productivity changes (Blunier et al., 2002, 2012; Brandon et al., 2020; Yang et al., 2022). However, the possible role of stratospheric processes in these past  $\Delta^{17}\text{O}$  ( $\text{O}_2$ ) changes is unclear because our current understanding of past stratospheric changes and of their influence on  $\Delta^{17}\text{O}$  of tropospheric  $\text{O}_2$  is still limited. For example, climate-chemistry model simulation studies suggest a stratospheric warming (Wang et al., 2020) and changes in stratosphere-troposphere exchange (Rind et al., 2009; Fu et al., 2020) during Last Glacial Maximum (LGM); however, their impact on  $\Delta^{17}\text{O}$  of tropospheric  $\text{O}_2$  is unknown. The lack of knowledge on the past stratosphere remains a significant uncertainty in interpreting the ice-core  $\Delta^{17}\text{O}$  ( $\text{O}_2$ ) records in terms of past global biosphere productivity (Yang et al., 2022). To address this limitation, we use a box model of  $\Delta^{17}\text{O}$  of  $\text{O}_2$  that includes of a complex reaction scheme (55 reactions) of stratospheric oxygen chemistry and its isotopologues (Young et al., 2014; Valerio, 2021). We carried out model experiments to explore the sensitivity of  $\Delta^{17}\text{O}$  of  $\text{O}_2$  to lower  $\text{CO}_2$  concentration, warmer stratosphere, and weaker/stronger stratosphere-troposphere exchange (STE). Our preliminary results show that the magnitude of the stratospheric mass-independent fractionation (MIF) is reduced when the model is forced with lower  $\text{CO}_2$  concentration or a warmer stratospheric temperature (i.e.,  $\Delta^{17}\text{O}$  of stratospheric  $\text{O}_2$  is less depleted than tropospheric  $\text{O}_2$ ). The slowdown (acceleration) of STE increases (reduces) the magnitude of the stratospheric isotope effect. The combined effect of a warmer stratosphere and lower  $\text{CO}_2$  further reduces the magnitude of  $\Delta^{17}\text{O}$  depletion in stratospheric  $\text{O}_2$ , and therefore favors lower-than-present global biosphere productivity, from  $\sim 80$  (8K warming) to 90 (0K warming) % modern. The influence of STE on  $\Delta^{17}\text{O}$  ( $\text{O}_2$ ) budget is small relative to other factors because the effects of slowdown (acceleration) of STE and increase (decrease) of the magnitude of stratospheric isotope effect on  $\Delta^{17}\text{O}$  of tropospheric  $\text{O}_2$  largely cancel each other. However, our preliminary estimate of LGM global productivity has considerable uncertainty associated with incomplete knowledge about the past stratospheric photochemistry (e.g.,  $\Delta^{17}\text{O}$  of  $\text{CO}_2$  in the past) and isotope fractionation by biological/hydrological processes. Further studies using a 3D Climate-Chemistry Model, an isotope-enabled Earth System Model, or biological chamber experiments could increase our knowledge on  $\Delta^{17}\text{O}$  ( $\text{O}_2$ ) in the past atmosphere.

# StripesCounter: A new tool for high resolution cyclicity analysis, applies to paleoclimate archives

Clara Boutreux<sup>1</sup>, Patrick Brockmann<sup>2</sup>, Mary Elliot<sup>1</sup>, Matthieu Carré<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire de Planétologie et Géosciences (LPG Nantes) — Université Angers, Le Mans Université, Nantes Université, CNRS, CNES — 44322 Nantes Cedex 3, France

<sup>2</sup> Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (LSCE) — CEA, CNRS, Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines — Université Paris-Saclay, 91191 Gif-sur-Yvette Cedex, France

<sup>3</sup> Laboratoire d'Océanographie et du Climat : Expérimentations et Approches Numériques (LOCEAN) — Sorbonne Université, CNRS, MNHN, IRD — 4 place Jussieu - 75252 Paris Cedex 05, France

Current global warming introduces significant uncertainties in the behavior of rapid climate phenomena such as the El Niño-Southern Oscillation (ENSO) and the Indian Ocean Dipole (IOD). These phenomena greatly influence global climate patterns, regional weather systems, and ecosystems. Instrumental data is too short to constrain the relationship between the mean climate state and interannual climate variability. We explore methods to reconstruct past climate variability using fossil archives. Growth patterns (sclerochronological data) of shells of marine bivalves reflect changes in both biological and environmental factors and can potentially provide valuable high-resolution records of past climate variability. Giant clams (*Tridacna* spp.), the largest family of bivalve mollusks, inhabit the shallow, warm waters of tropical regions. Their longevity and aragonite shells make them valuable climate archives, offering seasonal to diurnal chronologies with exceptional sensitivity to environmental variations. However, traditional methods of analyzing growth bands often face challenges in terms of accuracy and efficiency. To address these limitations, we introduce StripesCounter, a semi-automated software tool designed to detect growth bands in high-resolution images. To test its effectiveness and determine whether *Tridacna gigas* shells respond to rapid climate change, we analyzed daily growth variations in a modern specimen from Papua New Guinea (Hu-04-MT7), which experienced three major ENSO events during the 20th century. Using confocal laser scanning microscopy (LSCM) and the StripesCounter software, we measured daily increments of shell growth. The results demonstrate the reproducibility of this high-resolution study method and are consistent compare to traditional method. We used several detrending methods for substracting the biological trend. Results show that, shell growth is sensitive to seasonal climatic variability caused by ENSO in this region. This can be observed in the semi-annual variability of the growth rate through a disturbance that can be attributed to a disruption in the semi-annual cycle of sea surface productivity. Our findings not only validate the method's reliability for high temporal resolution studies but also enable the detection of subtle growth variations tied to environmental changes. Furthermore, this program can be utilized in other paleoclimatology fields, such as dendrochronology, and in various scientific domains to investigate the cyclic formation of complex structures. Its versatility expands research possibilities, providing a detailed analysis of growth cycles and environmental changes, and offering deeper insights into historical and natural processes across diverse scientific contexts.

# Modelling the triple-isotopic composition of oceanic oxygen

Emeline Clermont<sup>1</sup>, Ji-Woong Yang<sup>1</sup>, Didier M. Roche<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (LSCE) — CEA, CNRS, Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines — Université Paris-Saclay, 91191 Gif-sur-Yvette Cedex, France

<sup>2</sup> Cluster Earth and Climate [Amsterdam] — Vrije Universiteit Amsterdam — Amsterdam, Pays-Bas

Glacial/interglacial transitions are key periods in past climates with major changes in the biosphere, concerning carbon and climate exchanges. While the ocean and permafrost are suspected of having transferred large quantities of carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) to the atmosphere during these periods (e.g., Lourantou et al., 2010; Sigman & Boyle, 2000), there is a lack of quantitative estimates of the global biosphere productivity change. Although there are different proxy records for paleoproductivity, they are mostly indirect geochemical tracers and reflect the regional signals. Instead, the triple isotopic composition of oxygen ( $17\delta = \ln(1 + \delta^{17}\text{O}) - 0.516 \times \ln(1 + \delta^{18}\text{O})$ ) has been proposed as a tracer of the global biosphere productivity in the past (Luz et al., 1999). The  $17\delta$  budget of tropospheric O<sub>2</sub> is driven by the triple-isotopic composition of O<sub>2</sub> produced by marine ( $17\delta_{\text{ocean}}$ ) and terrestrial biosphere ( $17\delta_{\text{terr}}$ ). Much effort has been made to infer changes in  $17\delta_{\text{terr}}$  under different climate condition (e.g., Last Glacial Maximum) (e.g., Landais et al., 2007), however, our current understanding on  $17\delta_{\text{ocean}}$  is limited partly due to the lack of Earth System Model capable of calculating the triple isotopic composition of dissolved O<sub>2</sub>. In order to identify the contribution of the oceanic biosphere to the productivity of the global biosphere, a new proxy, the  $17\delta_{\text{ocean}}$ , has been added to the iLOVECLIM intermediate complexity climate model. Contrary to the tracer definition proposed by Luz & Barkan, 2005, preliminary sensitivity tests obtained for the pre-industrial period reveal that the tracer is sensitive to respiration. In addition, the  $17\delta_{\text{ocean}}$  is sensitive to the differential integration of oxygen isotopes by organisms. Initial results obtained with the iLOVECLIM model show good agreement with previous estimates. By adding the  $17\delta_{\text{terr}}$  to the model, for the first time it will be possible to reconstruct the past  $17\delta$  using a coupled climate model.

## References:

- Landais, A., Lathiere, J., Barkan, E., & Luz, B. (2007). Reconsidering the change in global biosphere productivity between the Last Glacial Maximum and present day from the triple oxygen isotopic composition of air trapped in ice cores. *Global Biogeochemical Cycles*, 21(1), 2006GB002739. <https://doi.org/10.1029/2006GB002739>
- Lourantou, A., Lavrič, J. V., Köhler, P., Barnola, J., Paillard, D., Michel, E., Raynaud, D., & Chappellaz, J. (2010). Constraint of the CO<sub>2</sub> rise by new atmospheric carbon isotopic measurements during the last deglaciation. *Global Biogeochemical Cycles*, 24(2), 2009GB003545. <https://doi.org/10.1029/2009GB003545>
- Luz, B., & Barkan, E. (2005). The isotopic ratios  $17\text{O}/16\text{O}$  and  $18\text{O}/16\text{O}$  in molecular oxygen and their significance in biogeochemistry. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 69 (5), 1099–1110. <https://doi.org/10.1016/j.gca.2004.09.001>
- Luz, B., Barkan, E., Bender, M. L., Thiemens, M. H., & Boering, K. A. (1999). Triple-isotope composition of atmospheric oxygen as a tracer of biosphere productivity. *Nature*, 400 (6744), 547–550. <https://doi.org/10.1038/22987>
- Sigman, D. M., & Boyle, E. A. (2000). Glacial/interglacial variations in atmospheric carbon dioxide. *Nature*, 407 (6806), 859–869. <https://doi.org/10.1038/35038000>

# Enregistrement par les paramètres magnétiques sédimentaires des variations climatiques du Pacifique équatorial ouest lors des derniers 40 ka.

Louise Dauchy-Tric<sup>1</sup>, Julie Carlut<sup>1</sup>, Franck Bassinot<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Institut de physique du Globe de Paris (IPGP) – CNRS, Institut de Physique du Globe de Paris, Université Paris Cité, Université La Réunion – 75238 Paris Cedex, France

<sup>2</sup> Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (LSCE) — CEA, CNRS, Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines – Université Paris-Saclay, 91191 Gif-sur-Yvette Cedex, France

Les propriétés magnétiques permettent d'étudier les changements climatiques enregistrés dans les sédiments marins à différentes échelles de temps. Les variations de concentration et de granulométrie magnétique peuvent notamment être utilisées pour reconstruire les changements de précipitations et de circulation océanique profonde. Notre étude porte sur l'analyse magnétique de la carotte MD01-2385 (0.22 S, 134.24 E), prélevée au niveau de la marge nord-ouest de la Papouasie-Nouvelle-Guinée, dans l'océan Pacifique équatorial ouest. Cette zone se trouve au cœur du " bassin chaud du Pacifique ouest " (Western Pacific Warm Pool, WPWP), une zone majeure de transfert de chaleur et d'humidité vers l'atmosphère, impactant le climat à grande échelle. Le climat de cette région est affecté par la mousson Indo-Australienne ainsi que par le phénomène El Niño-Oscillation Australe (ENSO) ce qui rend très complexes la reconstruction et la compréhension de ses variations passées.

Nous avons développé un modèle d'âge à haute-résolution basé sur 47 datations <sup>14</sup>C, mettant en évidence un taux de sédimentation moyen élevé, de 30 cm/ka. Nous avons prélevé un échantillon tous les 2 cm, ce qui correspond à une résolution temporelle d'environ 70 ans. Les proxies de granulométrie magnétique (ARM/SIRM et Karm/K) montrent une décroissance progressive de la taille des grains lors de la dernière transition glaciaire-interglaciaire (~17 ka), ce qui suggère une diminution de l'intensité des courants de fond. Les valeurs de granulométrie restent ensuite stables à partir de ~8 ka. De 40 à ~13 ka, les oscillations millénaires du rapport ARM/SIRM semblent présenter des similitudes avec les changements de  $\delta^{18}\text{O}$  enregistrés au site EDML, en Antarctique. La fin de la déglaciation semble être plus en phase avec les variations de  $\delta^{18}\text{O}$  du forage glaciaire NGRIP (Groenland).

Les données magnétiques montrent des oscillations associées à la précession. Nous les interprétons comme traduisant les variations passées d'intensité des précipitations, en accord avec les variations des traceurs géochimiques et sédimentaires de l'altération continentale obtenues par Yu et al. (2023) sur la même carotte.

Nous avons daté à ~ 25.5 ka BP un niveau sédimentaire composé de gros grains magnétiques et de particules volcaniques. Il pourrait s'agir d'un dépôt associé à la super-éruption d'Oruanui du volcan Taupo en Nouvelle-Zélande, datée à ~ 25.6 ka. Des analyses géochimiques permettront de confirmer cette hypothèse.

# Reconstruction du niveau marin pendant la dernière déglaciation à partir du récif de Tahiti : nouvelles données et nouvelles contraintes sur l'amplitude du MWP-1A

Pierre Deschamps<sup>1</sup>, Abel Guihou<sup>1</sup>, Jennifer Weil-Accardo<sup>1</sup>, Edouard Bard<sup>1</sup>,  
Gilbert Camoin<sup>1</sup>, Bruno Hamelin<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Centre de Recherche et d'Enseignement de Géosciences de l'Environnement (CEREGE) – Collège de France, CNRS, IRD, Aix Marseille Université, INRAE – 13545 Aix-en-Provence, France

Une façon d'appréhender la dynamique des calottes de glaces et donc d'améliorer la modélisation et la prévision des variations futures du niveau marin est de s'appuyer sur des archives géologiques qui ont enregistré les variations passées du niveau marin. À ce titre, les carottes forées dans les récifs coralliens comme Tahiti et le Barbade fournissent des indications particulièrement précieuses sur ces variations et donc sur le comportement des calottes glaciaire par le passé. Des enregistrements obtenus à l'aide de ces archives ont ainsi mis en évidence des remontées extrêmement rapides du niveau de la mer, en particulier lors de la dernière déglaciation. Au cours de cette période qui a vu le niveau marin passer de la cote -120/130 mètres depuis le dernier maximum glaciaire, au niveau actuel, la remontée du niveau marin n'a pas été constante mais a été ponctuée par des accélérations rapides du niveau marin associées à des débâcles massives des calottes. La plus importante de ces accélérations, intitulée " MeltWater Pulse 1A " (MWP- 1A) en anglais, a en particulier été précisément enregistrée dans les carottes du récif coralien de Tahiti prélevées dans le cadre de l'expédition internationale IODP 310. Une première reconstitution du MWP-1A obtenue à partir de datations de coraux provenant essentiellement des sites de Tiarei et Maraa a mis en évidence une élévation de 12 à 22 m du niveau marin en 340 ans, de 14,65 à 14,31 ka BP à Tahiti (Deschamps et al., Nature 2012), donc synchrone du réchauffement du Bolling. Le principal facteur d'incertitude sur l'amplitude du MWP-1A résulte de la faible contrainte sur la paléobathymétrie basée sur la tranche d'eau d'habitat des assemblages coralliens qui marquaient le début et la fin du MWP-1A. Nous présentons ici de nouvelles datations de coraux provenant de carottes situées sur les marges du site de Tiarei. Dans ces carottes, le développement du récif coralien est nettement moins continu que par ailleurs, mais les assemblages sont caractéristiques de la zone de brisant de la houle. Les nouvelles datations obtenues paraissent indiquer que le niveau marin était 8 m plus élevé que précédemment estimé vers 15,5 ka BP et possiblement de 3 m plus élevé juste avant le MWP-1A. Cette dernière contrainte conduit à réduire l'amplitude du MWP-1a à 13,8 1,3 m, ce qui implique une contribution moindre d'eau de fonte en provenance de l'Antarctique pendant cet évènement, par rapport à celles des calottes fennoscandienne et laurentide.

# Past million years climatic evolution in numerical climate transient simulations

Thomas Extier <sup>1</sup>, Thibaut Caley <sup>1</sup>, Alicia Hou <sup>1</sup>, Didier Roche <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Environnement, et Paléoenvironnement Océaniques et Continentaux (EPOC) – CNRS, Université de Bordeaux, Bordeaux INP, EPHE Paris, Université Paris sciences et lettres – 33615 Pessac Cedex, France

<sup>2</sup> Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (LSCE) — CEA, CNRS, Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines – Université Paris-Saclay, 91191 Gif-sur-Yvette Cedex, France

The mechanisms associated with the climatic changes of the past million years are not fully addressed and understood. Only very few transient simulations with numerical climate models exist and cover the last 3 Ma (Willeit et al., 2019; Yun et al., 2023). Here, we will show the setup and preliminary results of the first long transient simulations over the last 4.5 Ma using the coupled Earth system model of intermediate complexity iLOVECLIM. This model will be used in this project since it is well-suited for long-term paleoclimate simulations, as already shown in Caley et al. (2014; 2018).

Running this 4.5 Ma transient simulation would require several years of continuous calculation. To reduce this computing time to a couple of months we follow the recent approach of Yun et al. (2023). We split the experiment into 44 individual chunks, starting during an interglacial period and covering at least one glacial/interglacial cycle. Each chunk overlaps with the next chunk by 20 ka so that the issue of initial conditions and spin-up time can be evaluated properly. We also use an acceleration factor of 5 for the orbital parameters, greenhouse gases concentration and ice-sheet forcing. The final climate trajectory is obtained by combining the individual chunks and by using sliding linear interpolation in the chunk-overlap periods.

This unique 4.5 Ma transient simulation will serve to (1) better understand global climate evolution and dynamic over long time period, (2) perform model intercomparison over the last 3 Ma (CLIMBER-2 – Willeit et al., 2019; CESM1.2 – Yun et al., 2023), (3) realize data-model comparison and integration with various climate records from different components of the climate system.

# Reconstitutions paléoclimatiques sur la base de données polliniques depuis le dernier maximum glaciaire en Europe : approches multi-méthodes, inversion probabiliste et mégabiomisation

Gabriel Fénisse<sup>1</sup>, Manuel Chevalier<sup>2</sup>, Odile Peyron<sup>3</sup>, David Bekaert<sup>1</sup>,  
Pierre-Henri Blard<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Centre de recherches pétrographiques et géochimiques (CRPG) — CNRS, Université de Lorraine — 54501 Vandoeuvre les Nancy Cedex, France

<sup>2</sup> Institute for Geosciences, Department of Meteorology – University of Bonn — Bonn, Allemagne

<sup>3</sup> Institut des Sciences de l'Évolution de Montpellier (ISEM) – CNRS, EPHE Paris, IRD, Université de Montpellier, Université Paris sciences et lettres, CIRAD, INRAP – 34095 Montpellier Cedex 05, France

Les données polliniques constituent un des proxys les plus abondants et résolus spatio-temporellement dans les zones humides européennes (i.e., lacs, marais, tourbières) pour contraindre l'évolution du climat depuis le dernier maximum glaciaire (LGM, 19-26 kyr). Cette période de quasi-stabilité climatique, caractérisée par un climat drastiquement différent de l'actuel, forme un point d'ancrage majeur pour évaluer la fiabilité des modèles de climat liés aux projections du changement climatique anthropique. Les assemblages de pollens peuvent documenter des gradients spatiaux climatiques, les effets de proximité des calottes et les saisonnalités (e.g., (1)). En revanche, les nombres de sites fossiles, les qualités des enregistrements et les contraintes d'âge restent limités. En Europe, les différentes inversions polliniques décrivent des évolutions climatiques différentes (e.g., MAT et WAPLs, (2), (3)) et dépendantes des climats analogues (modernes) échantillonnés.

Nous présentons ici une compilation de séquences polliniques, avec des modèles d'âge révisés en Europe, et une synthèse des reconstitutions obtenues à partir du dernier jeu de données de calibration européen le plus exhaustif : EMPD2 ((4)). Les températures et précipitations reconstituées à partir de la méthode d'analogie moderne (MAT) et des moindres carrés (WAPLs), sont comparées à la probabiliste CREST ((5)) pour la première fois appliquée en Europe. Dans les zones étudiées, nous démontrons l'intérêt de suivre une approche de mégabiomisation ((6)) plutôt qu'une méthode de biomisation de PFT plus détaillées ((7)) afin de quantifier des évolutions climatiques cohérentes. En comparant les paléoclimats site par site, nous montrons que CREST est particulièrement sensible et performant pour les pollens plus détaillés taxonomiquement et moins dépendant du manque d'analogie que MAT et WAPLs. De plus, les reconstitutions issues de CREST montrent des variabilités des reconstitutions moins abruptes que les résultats des deux autres méthodes.

Au LGM, nos reconstitutions multi-méthodes sont plus froides et sèches que celles de la littérature (e.g., (1)), pouvant s'expliquer par un biais lié à l'abondance d'analogie. Au sein de ces reconstitutions, les variabilités des moyennes des mois les plus froids sont plus importantes que les mois les plus chauds. En plus des effets locaux, les gradients climatiques altitudinaux sont bien plus marqués que les variations latitudinales.

Pour juger la significativité des refroidissements et assèchements déduits des pollens, nous proposons une étude synthèse inter-proxys continentaux et les comparons avec ceux extraits du modèle de climat à complexité intermédiaire iLOVECLIM ((8)).

- (1) Brewer S. +, <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2008.08.029>.
- (2) Overpeck J. + 1994, [https://doi.org/10.1016/0033-5894\(85\)90074-2](https://doi.org/10.1016/0033-5894(85)90074-2)
- (3) Ter Braak C. + 1993
- (4) Davis B.A.S. + 2020, <https://doi.org/10.5194/essd-12-2423-2020>
- (5) Chevalier M. 2022, <https://doi:10.5194/cp-18-821-2022>.
- (6) Prentice C. + 1996, <https://doi.org/10.1007/BF00211617>
- (7) Li C. + 2024, <https://doi.org/10.5194/egusphere-2024-1862>
- (8) Roche D. M. + 2014, <https://doi.org/10.5194/gmd-7-1377-2014>



# PROJET EC2CO-ESPALIER : LES ENVIRONNEMENTS LACUSTRES PASSES EN ANATOLIE OCCIDENTALE AU QUATERNAIRE SUPERIEUR - LE LAC BURDUR (TURQUIE)

Elisabeth Gibert-Brunet<sup>1</sup>, Alina Tudryn<sup>1</sup>, Nevzat Ozgur<sup>2</sup>, Aurélie Noret<sup>1</sup>,  
Iskender Gulle<sup>3</sup>, Erdal Kosun<sup>4</sup>, Piotr Tucholka<sup>5</sup>, Serdar Kapucu<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Géosciences Paris Saclay (GEOPS) – Université Paris-Saclay, CNRS – Université Paris Saclay, bât. 504 & 510, 91405 Orsay Cedex, France

<sup>2</sup> JEOSER YERBIL – Isparta, Turquie

<sup>3</sup> Département de Biologie – Université Mehmet Aktif Ersoy – Burdur, Turquie

<sup>4</sup> Département de Géologie – Université Akdeniz – Antalya, Turquie

<sup>5</sup> Département de Géologie – Université de Varsovie – Varsovie, Pologne

Aujourd'hui, la compréhension des changements climatiques affectant La Méditerranée orientale et le Moyen-Orient fait de l'étude ces régions un enjeu direct et significatif. En effet, ces régions se réchauffent presque deux fois plus vite que la moyenne mondiale. Toutefois, en raison des difficultés liées aux enregistrements continentiels souvent discontinus et à la surimposition des activités humaines, l'évolution climatique de la région anatolienne et ses mécanismes ne sont pas encore bien établis ou compris.

A la question générale de la compréhension de la dynamique climatique du Proche et Moyen Orient, se surimpose depuis quelques décennies une évolution rapide des hydrosystèmes lacustres. Confrontés à des désordres environnementaux liés à la surimposition du changement climatique (modification des précipitations : origine, quantité, variabilité) et des impacts anthropiques (sur-exploitation des eaux de surface et souterraines), ces hydrosystèmes sont en danger.

Situé en Anatolie et un des plus grands et profonds lacs de Turquie, le lac Burdur est aujourd'hui en danger avec une baisse de plus de 12 m de son niveau. L'impact anthropique lié à l'utilisation des ressources en eau est mis en cause pour 90%, les 10% restant étant attribués au dérèglement climatique.

Les principaux objectifs du projet scientifique ESPALIER sur le bassin du lac Burdur (Turquie) sont (1) de déchiffrer les modèles et les tendances de l'évolution environnementale du lac en relation avec les changements naturels et anthropiques (échelle infrarégionale) à l'Actuel (bilans) et au cours du Quaternaire supérieur, (2) d'intégrer les résultats dans des stratégies de gestion durable de l'eau et des écosystèmes, et (3) de comparer les enregistrements multidisciplinaires obtenus à l'échelle suprarégionale pour tenter une reconstitution globale à l'échelle de l'Anatolie et du Moyen Orient.

Une mission de terrain a eu lieu en septembre 2024, et nous a permis de prélever 19 échantillons d'eau (de surface et souterrains) ainsi qu'un sondage sédimentaire de plus de 30 m de long. Nous présentons ici les premiers résultats : (i) la description du sondage en lien avec la géologie du site, et (ii) les données des isotopes stables de l'eau, qui vont nous permettre d'établir le bilan actuel du lac, préalable indispensable à la compréhension des changements passés.

# Halite fluid inclusions as direct archives of past lake temperature and chemical composition: application to the Last Interglacial and Holocene Dead Sea

Emmanuel Guillerm<sup>1</sup>, Tim Lowenstein<sup>2</sup>, Yves Krüger<sup>3</sup>, Mebrahtu Weldeghebriel<sup>4</sup>,  
Véronique Gardien<sup>5</sup>, Frédéric Caupin<sup>6</sup>, Achim Brauer<sup>1</sup>

<sup>1</sup> GFZ German Research Centre for Geosciences, Section Climate Dynamics and Landscape Evolution — Potsdam, Allemagne

<sup>2</sup> Binghamton University – Binghamton University State University of New York — 4400 Vestal Parkway East Binghamton, NY 13902, États-Unis

<sup>3</sup> University of Bergen – Universitetet i Bergen |— Postboks 7800, NO-5020 Bergen, Norvège

<sup>4</sup> Department of Geosciences – Princeton University — Guyot Hall, Princeton, NJ 08544-1013, États-Unis

<sup>5</sup> Laboratoire de Géologie de Lyon - Terre, Planètes, Environnement (LGL-TPE) – CNRS, ENS Lyon, Université Claude Bernard Lyon 1, Université Jean Monnet Saint-Etienne — 69622 Villeurbanne Cedex, France

<sup>6</sup> Institut Lumière Matière (ILM) — Université Claude Bernard Lyon 1, CNRS — 69622 Villeurbanne Cedex, France

Past temperature and chemical composition of lakes are valuable windows into paleoclimates. However, few proxies allow direct reconstruction of these variables. Here, we present new methods for exploiting the potential of fluid inclusions in halite as archives of lake temperature and chemical composition. We illustrate these methods with results from halites sampled in cores from the deepest floor of the Dead Sea, in the southern Levant, in the scope of the Horizon 2020 CROSSROADS project. Brillouin spectroscopy, nucleation-assisted microthermometry and laser ablation inductively coupled mass spectrometry on fluid inclusions in halite, now allow characterization of the temperature and absolute concentration of major and minor elements of ancient hypersaline lake waters. We show that water temperature was notably colder than today at the peak of the present and last interglacials. The twofold increase in magnesium concentration, reflecting a twofold decrease in lake volume, highlights increasingly dry conditions from the start to the end of interglacials. Several elements, such as calcium, strontium, barium and lithium, increase significantly throughout the Holocene, suggesting a gradual reequilibration of the lake's composition following a major change in the relative contribution of inflows at the end of the last glacial. These results pave the way to a better understanding of past climate conditions and atmospheric circulation changes in the Dead Sea and other hypersaline lakes.

# Late Holocene paleoenvironmental and paleoclimatic reconstruction inferred from Sidi Ali El Mekki lagoon in the northeast of Tunisia.

Wiem Hamzaoui <sup>1,2</sup>, Meryem Mojtahid <sup>1</sup>, Soumaya Boussetta <sup>2</sup>, Nejib Kallel <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire de Planétologie et Géosciences (LPG Nantes) — Université Angers, Le Mans Université, Nantes Université, CNRS, CNES — 44322 Nantes Cedex 3, France

<sup>2</sup> Laboratoire Géoressources, Matériaux, Environnements et Changements Globaux (GEOGLOB) — Université de Sfax — Faculté des Sciences de Sfax, Sfax, 3000, Tunisie

The Mediterranean is considered as one of the hotspot regions with respect to the climatic changes. Particularly, its coastal area is affected not only by natural hazards but also by the increase of population and infrastructure. Previous studies (Sabatier et al., 2008, Dezileau et al., 2011, affouri et al., 2017, BS Kohila et al., 2023, and Khalifaoui, O., et al. 2023) have shown that lagoon sediment archives are sensitive to climatic change, and could record efficiently paleoenvironmental evolution.

In this context, our study aims to reconstruct the environmental evolution of the Sidi Ali El Mekki lagoon over the past ~1600 years and makes the link with natural climate variability and human activities. Using a multidisciplinary approach that integrates benthic foraminiferal analysis, sedimentology, geochemistry, and a chronology derived from radiocarbon (<sup>14</sup>C) dating, we recorded along the core GEMP1 collected from Sidi Ali El Mekki lagoon a significant shift in sedimentary dynamics and benthic fauna assemblages across key climatic periods: the Dark Age (DA), the Medieval Climate Anomaly (MCA), the Little Ice Age (LIA), and the Industrial Period (IP).

During the Dark Age (393–1100 AD), grain size analyses showed low clay content. Geochemical data indicated elevated levels of calcium (Ca) and strontium (Sr), interpreted as a high contribution of biogenic marine material, while low concentrations of iron (Fe) and titanium (Ti) pointed to minimal terrestrial input. We assume that at the time, the Sidi Ali El Mekki lagoon functioned as an open bay, maintaining regular exchanges with the sea. These conditions favored the proliferation of benthic foraminifera, with *Haynesina depressula* dominating the foraminiferal assemblage. While, the Medieval Climate Anomaly (1100–1690 AD) is characterized by an increase in fine terrigenous input, particularly iron (Fe) and titanium (Ti) accompanied with an increase in clay content and sedimentation rates. This reflects an increase in continental influence, probably in link with more humid conditions over the continent. These changes led to an intriguing significant decline in benthic foraminiferal density, likely due to the dilution effect caused by increased terrestrial inputs or by unfavorable ecological conditions. By 1690 AD, during the Little Ice Age (LIA), we recorded a sharp drop in clay content, along with a significant increase in terrigenous input and a decrease in strontium (Sr) and calcium (Ca) concentrations. These changes were concomitant to the dominance of *Ammonia morphogroup tepida*, a morphogroup well-adapted to fluctuating salinity and organic-rich sediments. Our results may indicate that the lagoon transitioned into a closed system, which led to reduced water exchange with the sea and an increase in internal sedimentation. Finally, during the Industrial Period (post-1900), we recorded increased concentrations of iron (Fe) and titanium (Ti), indicating enhanced terrestrial input. We also recorded a decline in benthic foraminiferal biodiversity. These changes can be linked to enhanced human activities that characterized this period such as agriculture and urbanization that may have accelerated erosion and sediment input and with it pollutants input.

# Impact of riverine sediment mineralogy on seawater Nd isotope compositions in the northeastern part of the Indian Ocean during the last two glacial cycles

Yi Huang <sup>1,2</sup>, Christophe Colin <sup>1</sup>, Franck Bassinot <sup>3</sup>, Zhaojie Yu <sup>4</sup>, Quentin Dubois-Dauphin <sup>1</sup>, Arnaud Dapoigny <sup>3</sup>, David J. Wilson <sup>5</sup>, Germain Bayon <sup>6</sup>

<sup>1</sup> Géosciences Paris Saclay (GEOPS) – Université Paris-Saclay, CNRS – Université Paris Saclay, bât. 504 & 510, 91405 Orsay Cedex, France

<sup>2</sup> School of Geosciences and Info-Physics – Central South University – 410083, Changsha, Chine

<sup>3</sup> Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (LSCE) – CEA, CNRS, Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines – Université Paris-Saclay, 91191 Gif-sur-Yvette Cedex, France

<sup>4</sup> Key Laboratory of Marine Geology and Environment, Institute of Oceanology – Chinese Academy of Science – Qingdao, Chine

<sup>5</sup> Institute of Earth and Planetary Sciences, – University College London, Birkbeck, University of London – Gower Street, London, WC1E 6BT, UK., Royaume-Uni

<sup>6</sup> Laboratoire Géosciences Océan (GEO-OCEAN) – Université de Brest, CNRS, IFREMER, Université Bretagne-Sud, SHOM – 29280 Plouzané, France

Radiogenic neodymium isotope compositions ( $\epsilon\text{Nd}$ ) are used as a tracer for water mass circulation and continental weathering at different timescales. However, uncertainties remain in the relative roles of these two factors in driving past seawater  $\epsilon\text{Nd}$  variability in settings under the influence of terrestrial or riverine sediment inputs. In this study, Nd isotopes of mixed planktonic foraminifera species and  $\delta^{18}\text{O}$  and  $\delta^{13}\text{C}$  of *Cibicides wuellerstorfi* were analyzed on three cores from the northeastern Indian Ocean to better assess the impact of lithogenic inputs from Himalayan rivers and deep-water hydrological changes on the past  $\epsilon\text{Nd}$  distribution in the Bay of Bengal (BoB). Our  $\epsilon\text{Nd}$  data indicate relatively homogenous and radiogenic values (from

-8.4 to -7.5) during glacial periods in the BoB, similar to the composition of glacial water masses of the Southern Ocean. In contrast, interglacials were characterized by more unradiogenic  $\epsilon\text{Nd}$  and a pronounced north-south gradient of  $\sim 4.5$   $\epsilon\text{Nd}$  units (from -12.9 to -8.5) in bottom water, similar to the present-day distribution in the BoB, pointing to a strong lithogenic control by seawater-particulate interactions. Notably, this significant decoupling of the local Nd isotope signature from the Southern Ocean composition occurred when Himalayan riverine inputs were dominated by the erosion of Indo-Gangetic plain soils during interglacial periods, whereas the preferential delivery of fresh primary mineral assemblages during glacial periods appears to have had little impact on Nd exchange with seawater. These findings provide direct evidence that the degree of seawater-particulate exchange at continental margins is governed by the mineralogy of riverine inputs, with further implications for the use of Nd isotopes as palaeoceanographic tracers.

# $\delta^{18}\text{O}$ of oak cellulose as useful proxy for reconstructing past summer drought in central France

Charlie Hureau <sup>1,2</sup>, Valérie Daux <sup>2</sup>, Monique Pierre <sup>2</sup>, Michel Stievenard <sup>2</sup>, Edouard Régnier <sup>2</sup>, Emmanuèle Gautier <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire de géographie physique : Environnements Quaternaires et Actuels (LGP) – CNRS, Université Panthéon-Sorbonne, Université Paris-Est Créteil Val-de-Marne – 94320 Thiais, France

<sup>2</sup> Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (LSCE) – CEA, CNRS, Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines – Université Paris-Saclay, 91191 Gif-sur-Yvette Cedex, France

Understanding natural climate variability by documenting it during the preindustrial period is crucial for assessing climate variability and its drivers, improving the quality of simulation models, and specifying the anthropogenic contribution to climate change. In Europe, tree ring width (TRW) and maximum latewood density (MXD) have been widely used to reconstruct past temperature and precipitation variations, particularly in high-altitude or high-latitude regions. However, to correct age-related growth effects, analyses based on TRW and MXD require standardization procedures, which can affect long-term, low-frequency signals.

The study of variations in the oxygen isotopic composition in tree-ring cellulose ( $\delta^{18}\text{O}$ ) offers a promising alternative. This isotopic proxy is sensitive to both temperature and water stress and is less or even not affected by age-related growth effects. Several climate reconstructions, based on stable isotopes or tree-ring width and covering the past millennium, exist across Europe. However, none have been conducted for low-altitude regions in France. Our long-term goal is to fill the gap in isotopic data, for the 1200-1400 CE period, of the quasi-millennial  $\delta^{18}\text{O}$  chronology (1046-2007 CE) already existing in France (Etien et al., 2008; Labuhn et al., 2016).

Yet, in dendroclimatology as in dendroisotopy, climate reconstructions require regional transfer functions based on modern reference chronologies. Here, we present a new  $\delta^{18}\text{O}$  chronology from oak trees sampled in the Bertranges forest (Nièvre department, central France) over the period 1910-2023 CE, enabling us both to extend the millennial chronology currently under construction and to update isotope-climate relationships during the instrumental period.

The relationships between  $\delta^{18}\text{O}$  and monthly or seasonal instrumental data were assessed using bootstrapped Pearson correlations for the period 1910-2023. We confirm that oak cellulose  $\delta^{18}\text{O}$  is a reliable proxy for reconstructing climate variables, including July maximum temperature ( $r = 0.65$ ,  $p < 0.001$ ), June-July precipitation ( $r = -0.63$ ,  $p < 0.001$ ) and, especially, June- July drought conditions (SPEI;  $r = -0.75$ ;  $p < 0.001$ ). Furthermore, our chronology aligns well with previous research in northern, western and southwestern France as well as central England. Additionally, spatial correlations with CRU TS4.08 SPEI gridded data highlight the strength of the isotopic signal, the robustness of the statistical relationships, and the regional climate coherence over Western Europe. These results provide a solid foundation for reconstructing past hydroclimatic variability in central France between 1200 and 1400 CE, offering an unprecedented insight into the climatic transition from the Medieval Climate Anomaly to the Little Ice Age in the lowland regions of France.

Etien, N., Daux, V., Masson-Delmotte, V., Stievenard, M., Bernard, V., Durost, S., Guillemin, M. T., Mestre, O., & Pierre, M. (2008). A bi-proxy reconstruction of Fontainebleau (France) growing season temperature from A.D. 1596 to 2000, *Climate of the Past*, 4, 91–106.

Labuhn, I., Daux, V., Girardclos, O., Stievenard, M., Pierre, M., & Masson-Delmotte, V. (2016). French summer droughts since 1326 CE: a reconstruction based on tree ring cellulose  $\delta^{18}O$ . *Climate of the Past*, 12, 1101–1117.

# Applicability of bacterial membrane lipids as environmental proxies in lacustrine settings from French Alps and Chilean regions

Sai Ke <sup>1</sup>, Judith Lemarié <sup>1</sup>, Sergio Contreras <sup>2</sup>, Pierre Sabatier <sup>3</sup>, Charline Giguet-Covex <sup>3</sup>, Erwan Messenger <sup>3</sup>, Andréa Julien <sup>3</sup>, Arnaud Huguet<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Milieux Environnementaux, Transferts et Interactions dans les hydrosystèmes et les Sols (METIS) — CNRS, EPHE Paris, Sorbonne Université, Université Paris sciences et lettres — 4 place Jussieu, 75252 Paris Cedex 05, France

<sup>2</sup> Universidad Católica de la Santísima Concepción — Concepción, Chili

<sup>3</sup> Environnements, Dynamiques et Territoires de la Montagne (EDYTEM) — CNRS, Université Savoie Chambéry, Ministère de la Culture — 73376 Le Bourget du Lac Cedex, France

Studies on paleoclimate have revealed the unique mechanisms of climate system and have been used to improve our predictions of the future climate. Current paleoclimate records are mostly based upon marine archives, due to the stable deep-sea sedimentation environments. High-resolution paleoclimate reconstruction of lakes and terrestrial areas are still scarce. To obtain more reliable knowledge on the past climate, it is essential to solve this orphan state.

Lipids preserved in sediments are widely applied to paleoclimate reconstructions, including 3- hydroxy fatty acids (3-OH FAs). These molecules produced by gram-negative bacteria can be distinguished into the normal (straight chain), iso (methyl on the penultimate position), and anteiso (methyl on the antepenultimate position) groups. Since 2016, several regional and global calibrations between 3-OH-FA relative abundance and temperature/pH have been published based mainly on soil samples from global mountainous regions (1). However, the potential of 3-OH FAs as temperature and pH proxies in lakes has only been scarcely investigated, despite the interest of lacustrine cores for high resolution paleoreconstructions. The aim of this work was to investigate the applicability of 3-OH FAs as temperature and pH quantitative reconstitution in lakes.

3-OH FAs were analyzed in sediments from 50 lakes of the French Alps and 20 lakes in southern Chile (Araucania and Los Lagos). As comparison, soils of the same regions are also analysed, if not previously reported (1). The difference of 3-OH FA distribution of lakes and soils is significant. This suggests that the 3-OH FAs can be produced in situ (in the water column and/or sediments) in lakes and vary from terrestrial-origin compositions. In contrast with soils, no linear correlation was observed between 3-OH FA distribution and MAAT or pH in the French and Chilean lakes. To take into account the complex effect of multiple environmental parameters on the 3-OH FA relative abundance in lakes, non-linear, machine-learning algorithms were used. We combined our lacustrine data to those available for 20 Chinese lakes (2) and tested different models. One machine learning algorithm (random forest) allowed to obtain strong ( $R^2 > 0.6$ ) and significant correlations between 3-OH FA relative abundance and either MAAT or pH, with reasonable prediction accuracy (root mean square error of 3.5°C for MAAT and 0.3 for pH).

This shows the potential of 3-OH FAs as temperature and pH proxies in lakes.

*Références : (1) Véquaud et al., 2021. Biogéosciences, 18(12), 3937–3959. (2) Yang et al., 2021. Organic Geochemistry 160, 104277.*



# Modern planktonic foraminifera communities in the Bay of Bengal

Rose Manceau <sup>1</sup>, Meryem Mojtahid <sup>1</sup>, Gianluca Marino <sup>2</sup>, Eelco Rohling <sup>3,4</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire de Planétologie et Géosciences (LPG Nantes) — Université Angers, Le Mans Université, Nantes Université, CNRS, CNES — 44322 Nantes Cedex 3, France

<sup>2</sup> Centro de Investigación Mariña, GEOMA, Palaeoclimatology Lab – Universidade de Vigo — Vigo, 3610, Espagne

<sup>3</sup> Department of Earth Sciences – Utrecht University — Vening Meinesz building A, 3584 CB Utrecht, Pays-Bas

<sup>4</sup> Ocean and Earth Science, National Oceanographic Centre Southampton – University of Southampton, Southampton SO14 3ZH, Royaume-Uni

Planktonic foraminifera are widely used as proxies for reconstructing past climate using both test geochemistry and assemblages. Here we evaluate the modern planktonic foraminifera communities in the Bay of Bengal (BOB), where hydrography is influenced by monsoon precipitation and river runoff. We use available plankton tow data from the BOB (Chaabane et al. 2023) to investigate: (1) the spatial and vertical distribution of planktonic foraminifera; and (2) test to which extent modern assemblages reflect hydrography in the BOB. Preliminary results show that the modern planktonic foraminifera assemblages in the Bay of Bengal consist of typical tropical communities, dominated by species such as *Neogloboquadrina dutertrei*, *Globigerinoides ruber*, *Trilobus sacculifer*, *Globorotalia cultrata*, *Globigerinita glutinata*. In terms of spatial distribution, certain species tend to be more abundant in coastal areas (e.g., *N. dutertrei*) while others are more common in the open ocean (e.g., *G. ruber*). The vertical distribution is characterised by a high abundance of *N. dutertrei*, *G. ruber*, and *T. sacculifer* in the first 40 m of the water column.

# Vers l'utilisation des alcénones lacustres comme paléothermomètre dans les lacs de moyennes latitudes : établissement d'une calibration en Suisse

Céline Martin <sup>1,2</sup>, Nora Richter <sup>1</sup>, Linda Amaral-Zettler <sup>3</sup>, Francesco Pomati <sup>1</sup>,  
Nathalie Dubois <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Institut Fédéral Suisse des Sciences et Technologies de l'Eau (EAWAG) – Suisse

<sup>2</sup> Institut des sciences de la Terre d'Orléans (ISTO) — Université d'Orléans, CNRS, BRGM — 45071 Orléans Cedex 2, France

<sup>3</sup> Institut royal néerlandais de recherche sur la mer (NIOZ) – Pays-Bas

Connaître l'évolution des températures dans le passé, au-delà des enregistrements historiques, est indispensable pour comprendre la dynamique à long terme du climat et tester la capacité des modèles climatiques à reconstituer la variabilité naturelle du climat. Pourtant, il existe encore peu de reconstructions quantitatives des températures continentales en Europe au cours de l'Holocène, les 12 derniers milliers d'années. De plus, les paléothermomètres existants donnent accès aux températures moyennes annuelles ou aux températures d'été ce qui limite notre compréhension de la variabilité du climat durant les saisons intermédiaires et l'hiver. Les alcénones sont des lipides sensibles à la température produits par les algues Isochrysidales. Ils sont utilisés depuis plusieurs décennies pour reconstituer quantitativement les changements de température des eaux de surface dans l'océan. Bien que les alcénones ne soient pas présents dans tous les lacs, ils sont de plus en plus signalés dans les lacs salés et d'eau douce de l'hémisphère nord. Les alcénones lacustres ont déjà été utilisés avec succès pour reconstruire les températures dans le passé dans des lacs de hautes latitudes. En fonction de la saison du dégel des lacs, ils enregistrent les températures de printemps ou d'été. Le suivi temporel du lac St Moritz, un lac d'altitude au Sud-Est de la Suisse, a montré que le pic de production des alcénones intervient au printemps dès le dégel du lac. L'établissement d'une calibration in situ entre les indices calculés à partir des alcénones (UK37 et UK''37) et les températures de l'eau mesurées pendant le suivi devrait nous permettre d'appliquer ce nouveau paléothermomètre dans le passé pour reconstruire les températures de printemps. En parallèle, les analyses génétiques de la communauté d'Isochrysidales ainsi que le suivi des paramètres physico-chimiques de l'eau du lac et de la succession des groupes de phytoplancton vont apporter de nouvelles informations sur l'écologie des producteurs d'alcénones et les facteurs contrôlant le timing du bloom. Cette étude va permettre de poser les bases de l'utilisation des alcénones lacustres comme proxy de température dans les lacs d'Europe centrale.

# Age constraints on Antarctic ice-sheet meltwater pulses during the Last Interglacial Period

Maddalena Passelergue<sup>1</sup>, Russell Drysdale<sup>1</sup>, Isabelle Couchoud<sup>2</sup>,  
John Hellstrom<sup>1</sup>, Pauline Treble<sup>3</sup>, Alan Greig<sup>1</sup>

<sup>1</sup> School of Geography, Earth and Atmospheric Sciences — University of Melbourne — Parkville 3010, VIC, Australie

<sup>2</sup> Environnements, Dynamiques et Territoires de la Montagne (EDYTEM) — CNRS, Université Savoie Chambéry,  
Ministère de la Culture — 73376 Le Bourget du Lac Cedex, France

<sup>3</sup> Institute for Environmental Research, Australian Nuclear Science and Technology Organisation — Lucas Heights 2234,  
NSW, Australie

According to recent IPCC estimations based on the intermediate scenario, global warming will likely result in a 0.8-1.5 m sea-level rise by 2100. Since polar ice sheets are the major potential contributors to sea-level rise, it is crucial to understand their response to past warmer periods for better constraining ice-sheet and climate models used for future predictions. The Last Interglacial (LIG; 129 to 116 ka BP) is a suitable period for this approach since temperatures have been estimated at 1.5 C above pre-industrial temperature, which is likely to be reached by the middle of the century. During the LIG, several Meltwater Pulses (MWP) occurred, as identified in ocean-sediment cores from both Hemispheres. However, the timing and boundary conditions of Antarctic MWP remain uncertain due to poorly constrained chronologies. Here we will present preliminary results of a project aimed at reducing the chronological uncertainties of LIG ice-sheet MWP by linking marine sediment records from the Southern Hemisphere with Australasian speleothems. These paleoclimate archives are datable with high precision and have a proven track record at registering climate perturbations triggered by high-latitude meltwater releases. Atmospheric changes related to MWP will be identified through a high-resolution multiproxy analysis of the speleothems, and their timing constrained with high-density U-Th dating and Synchrotron-X-ray Fluorescence microscopy lamina counting. Synchronisation of speleothem and ocean-sediment core time-series will allow us to produce a new precise chronology for Southern Hemisphere ocean-sediment records that preserve LIG MWP. Furthermore, the well-constrained chronologies will be used to resolve the phasing of MWP from both SH and NH ice sheets, which is crucial information for testing ice-sheet model simulations and for evaluating future responses to global warming.

# Fractionnement du dioxygène lors des processus biologiques : application à la reconstruction de la productivité passée de la biosphère

Clémence Paul <sup>1</sup>, Clément Piel <sup>2</sup>, Joana Sauze <sup>2</sup>, Amaëlle Landais <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (LSCE) — CEA, CNRS, Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines — Université Paris-Saclay, 91191 Gif-sur-Yvette Cedex, France

<sup>2</sup> Écotron européen de Montpellier — CNRS — 34980 Montferrier sur Lez

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. Le travail de cette thèse a été d'améliorer l'interprétation du  $\delta^{18}\text{O}$  de l' $\text{O}_2$ . Pour cela, nous avons affiné la détermination des différents coefficients de fractionnement associés au cycle de l'oxygène au niveau de la biosphère terrestre, c'est-à-dire pendant les processus de respiration et de photosynthèse. Afin de quantifier ces coefficients de fractionnement, nous avons développé un nouveau dispositif expérimental qui repose sur un système de chambres biologiques fermées multiplexées dans lesquelles tous les paramètres environnementaux sont contrôlés, stabilisés et mesurés. Ces chambres biologiques fermées ont un volume de 120 L permettant d'étudier un système " plante + sol ". La première étape a été de développer un prototype avec une seule chambre biologique et de faire une première étude sur de la fétuque (*Festuca arundinacea*). Ensuite, un deuxième développement a permis de travailler sur plusieurs chambres biologiques via un système multiplexé. Ensuite, un deuxième développement a permis de travailler sur plusieurs chambres biologiques via un système multiplexé. Nous avons aussi développé un instrument de spectrométrie optique (SARA-O2) afin de mesurer en continu la concentration et composition isotopique de l' $\text{O}_2$  pendant les expériences en chambres multiplexées. Ceci remplace la mesure par spectrométrie de masse d'échantillons prélevés dans les chambres de façon manuelle. Ce système a permis d'étudier les coefficients de fractionnement pour plusieurs plantes (fétuque, bananier, laurier, maïs). Nous avons notamment mis en évidence un fractionnement isotopique associé à la photosynthèse terrestre. Les fractionnements biologiques trouvés lors de ces expériences ont finalement été intégrés dans des calculs globaux de composition isotopique du dioxygène de l'air et comparés aux mesures effectuées sur la dernière déglaciation. Ceci permet de conclure que les variations passées de  $\delta^{18}\text{O}$  de l' $\text{O}_2$  dans l'atmosphère sont principalement liées aux variations du cycle hydrologique aux basses latitudes.

# The Mid-Pleistocene transition enigma with combination of planktonic and benthic clumped isotopes and Os measurements

Marion Peral<sup>1</sup>, Inigo A. Müller<sup>2</sup>, Lucien Nana Yobo<sup>3</sup>, Thibaut Caley<sup>1</sup>,  
Bruno Malaize<sup>1</sup>, Thomas Extier<sup>1</sup>, Dominique Blamart<sup>4</sup>, Franck Bassinot<sup>4</sup>,  
Mathieu Daëron<sup>4</sup>, Steven Goderis<sup>2</sup>, Philippe Claeys<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Environnement, et Paléoenvironnement Océaniques et Continentaux (EPOC) – CNRS, Université de Bordeaux, Bordeaux INP, EPHE Paris, Université Paris sciences et lettres – 33615 Pessac Cedex, France

<sup>2</sup> Vrije Universiteit — Bruxelles, Belgique

<sup>3</sup> Texas AM University – États-Unis

<sup>4</sup> Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (LSCE) — CEA, CNRS, Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines – Université Paris-Saclay, 91191 Gif-sur-Yvette Cedex, France

The Mid-Pleistocene transition (MPT) is marked by a progressive increase of glacial-interglacial cycle amplitude, a shift of the climatic response from a 41-ka cycle dominated to a 100 ka-cycle, a prominent asymmetry in large glacial inception and an extension of glaciation. This transition is associated with a cooling of the sea surface temperatures and an increase of the atmospheric CO<sub>2</sub> concentration, that could be associated with a change in the ice-sheet volume. One of the hypotheses to explain the MPT transition is the regolith hypothesis, based on the basal erosion of glaciers, resulting in changes in weathering and in ice-sheet volume. Here, we present two new clumped isotope records covering the MPT: (1) the core MD96-2048 from the southwest sector of the Indian Ocean, in which we analysed a surface-living planktonic foraminifer; and (2) the "Shackleton" site (IODP Expedition 397 Site U1385) in the Northeast Atlantic Ocean, with a focus on the benthic foraminifera. The clumped isotope data are combined with Os measurements to track potential weathering changes.

The clumped isotope thermometer ( $\Delta_{47}$ ) is not affected by secondary biases, allowing, in theory, accurate reconstructions of water temperatures. Our results show colder  $\Delta_{47}$ -temperatures compared to the other foraminiferal thermometers (transfer function and Mg/Ca) and organic thermometers (TEX86 and UK'37). Also, no obvious cooling at the ocean surface is observed with  $\Delta_{47}$  during glacial and interglacials, but an increase in the amplitude difference of temperatures between the glacial periods before and after the MPT.

The  $\Delta_{47}$  also has the advantage of being independent from the isotopic composition of the seawater ( $\delta^{18}\text{O}_{\text{sw}}$ ). As a consequence, by combining  $\Delta_{47}$  and  $\delta^{18}\text{O}$  from foraminifera, the  $\delta^{18}\text{O}_{\text{sw}}$  can be reconstructed. Our data are compared to osmium (Os) isotope measurements to observe potential changes in weathering intensity and ice sheet dynamics. Thanks to this unique combination of Os isotope and  $\Delta_{47}$ , we can test the many hypothesis around the enigma of the Mid-Pleistocene transition.

This work is still ongoing, the data that will be presented are still ongoing.

# Vegetation and climate changes at the Early to Late Pliocene Transition in Eurasia: the case of Lake Burdur in South-Western Turkey

Mary Robles<sup>1</sup>, Valérie Andrieu<sup>1</sup>, Pierre Rochette<sup>1</sup>, Séverine Fauquette<sup>2</sup>,  
Odile Peyron<sup>2</sup>, François Demory<sup>1</sup>, Eliane Charrat<sup>3</sup>, Jérémy Jacob<sup>4</sup>,  
Mehmet Cihat Alçiçek<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Centre de Recherche et d'Enseignement de Géosciences de l'Environnement (CEREGE) – Collège de France, CNRS, IRD, Aix Marseille Université, INRAE – 13545 Aix-en-Provence, France

<sup>2</sup> Institut des Sciences de l'Évolution de Montpellier (ISEM) – CNRS, EPHE Paris, IRD, Université de Montpellier, Université Paris sciences et lettres, CIRAD, INRAP – 34095 Montpellier Cedex 05, France

<sup>3</sup> Institut méditerranéen de biodiversité et d'écologie marine et continentale (IMBE) – Avignon Université, CNRS, IRD, Aix Marseille Université – Aix-en-Provence, France

<sup>4</sup> Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (LSCE) — CEA, CNRS, Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines – Université Paris-Saclay, 91191 Gif-sur-Yvette Cedex, France

<sup>5</sup> Department of Geology – Pamukkale University – Turquie

The Pliocene Epoch (5.33-2.58 Ma) is particularly interesting for understanding future climate change linked to the increase in greenhouse gases. Around the Mediterranean basin, the Early to Late Pliocene transition (~3.6 Ma) was marked by the establishment of a Mediterranean climate with a seasonal rhythm, including summer droughts and cool, wet winters. In contrast to the western Mediterranean, the eastern part of the Mediterranean area is poorly documented regarding vegetation and climate changes during this period. The Eastern Mediterranean is considered a biodiversity hotspot and an important refuge area for plants. This region is also the cradle of agriculture at the beginning of the Holocene and a major center for crop plants diversification. The domestication of Poaceae by humans and thus the appearance of cereals is attested at around 12,000 cal BP in the Fertile Crescent. However, cereal harvesting is evidenced 23,000 cal BP in the Levant (Ohalo II), and the presence of pollen of Cerealia-type (proto-cereals) is attested in Lake Acigöl, South-Western Turkey since 2.3 Ma (Andrieu-Ponel et al., 2021). As proposed by Andrieu-Ponel et al. (2021), the appearance of proto-cereals could be linked to the pressure of large herbivore herds on steppe ecosystems, leading to gene mutations of Poaceae.

As part of the ANR project FOOD-RE, the environmental and climate study of the Early-Late Pliocene transition of Lake Burdur (ca. 30 km west of Lake Acigöl) is currently being conducted. The aim of this study is to (1) reconstruct vegetation, lake dynamics, and water level changes based on pollen and Non-Pollen Palynomorphs (NPPs), (2) morphologically characterize the pollen grains of large Poaceae (Cerealia-type), and (3) quantitatively reconstruct the climate using a multimethod approach (Modern Analogue Technique, Weighted Averaging Partial Least Squares regression, Random Forest, Boosted Regression Trees and Climatic Amplitude Method).

Our first results indicate that, during the Early to Late Pliocene Transition, the vegetation was dominated by steppes with Poaceae, Artemisia, and Amaranthaceae. After 3.8 Ma, arboreal taxa significantly decreased, and there is the alternation of steppe grasslands with deciduous Quercus and steppes dominated by Amaranthaceae. The lacustrine ecosystem was characterized by semi-aquatic vegetation and freshwater algae, which exhibit alternating oligotrophic and eutrophic conditions. Pollen of large Poaceae (Cerealia-type) is recorded in the series, but the percentages are lower than at Acigöl (Andrieu-Ponel et al., 2021), not exceeding 3.5%. Morphological characteristics of pollen of large Poaceae

from Burdur are similar to pollen from domesticated cereals in recent periods and do not permit a clear distinction between pollen of wild and domesticated Poaceae. Climate reconstructions show similar trends among different methods, and the reconstructed values during the Early-Late transition are close to present-day values. Following a climatic optimum of precipitation and temperature, climate reconstructions show an alternation between cool, wet conditions and warm, dry conditions after 3.8 Ma. Around the Mediterranean basin, climate reconstructions indicate warmer conditions with contrasting precipitation patterns between 3.3 and 3 Ma.

*Andrieu-Ponel et al., 2021. Continuous presence of proto-cereals in Anatolia since 2.3 Ma, and their possible co-evolution with large herbivores and hominins. Sci Rep 11, 8914.*

# Electrospray-Orbitrap: a groundbreaking new tool for clumped isotopologue analysis of ice core oxyanions

Jack Saville <sup>1</sup>, Julien Witwicky <sup>1</sup>, Elsa Gautier <sup>1</sup>, Joel Savarino <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Institut des Géosciences de l'Environnement (IGE) – Institut polytechnique de Grenoble, CNRS, IRD, Grenoble Alpes, INRAE — 38400 Saint-Martin d'Hères, France

Despite decades of research, the relationship between climate and atmospheric chemistry remains cloudy. One promising research pathway involves isotopic analyses of nitrate and sulphate oxyanions from ice cores, which hold valuable clues about the past oxidative capacity of Earth's atmosphere. However, traditional bulk isotope analysis techniques for oxyanions, such as IRMS and ICP-MS, fail to extract sufficient isotopic information to demystify the link between climate and atmospheric oxidation.

Recent enhancements in Electrospray-Orbitrap mass spectrometry provide fresh hope. Unlike existing methods that break down molecules for bulk isotope analysis, Electrospray-Orbitrap keeps molecules intact and directly quantifies isotopologue ratios, preserving the sample's finer isotopic details. This innovation paves the way to a new era in stable isotope analysis, moving beyond traditional bulk isotope ratios (e.g.  $\delta^{15}\text{N} - \text{NO}_3^-$ ) and towards isotopologue-specific quantifications (e.g.  $\delta^{15}\text{N}^{18}\text{O}^{16}\text{O}_2^-$ ).

We demonstrate Electrospray-Orbitrap's ability to sensitively and simultaneously quantify an extended range of nitrate and sulphate isotopologue ratios at high mass-resolution, including the previously unmeasurable doubly-substituted isotopologues. This breakthrough enables the first-ever clumped isotopologue analysis of oxyanions, offering a wealth of new ice core proxies that may illuminate past atmospheric oxidative capacity.

Despite these significant advantages, questions remain regarding the accuracy and precision of Orbitrap measurements compared to the gold-standard IRMS and ICP-MS methods. To validate its performance, we present a comprehensive comparison between measurements obtained using Electrospray-Orbitrap and these gold-standard techniques.



# Status of the in situ $^{14}\text{C}$ extraction system at CEREGE (Aix en Provence, France) – An emerging tool for dating Holocene deglaciation

Irene Schimmelpfennig <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Centre de Recherche et d'Enseignement de Géosciences de l'Environnement (CEREGE) – Collège de France, CNRS, IRD, Aix Marseille Université, INRAE – 13545 Aix-en-Provence, France

Thanks to its relatively short half-life of 5.7 kyr, cosmogenic  $^{14}\text{C}$ , produced in situ in quartz, provides the opportunity to investigate exposure histories and surface processes on time scales up to 25 ka ago. In situ  $^{14}\text{C}$  particularly boosts the cosmogenic toolbox, because it can be coupled with the longer-lived  $^{10}\text{Be}$  and  $^{26}\text{Al}$  in the same samples to constrain complex exposure, burial and erosion histories, such as those related to glacier fluctuations over the Holocene. In particular, the emerging approach of paired  $^{10}\text{Be}$  -  $^{14}\text{C}$  dating of recently deglaciated bedrock can be applied to constrain the duration of glacier recession during Holocene warm periods, thus complementing the precise  $^{10}\text{Be}$  moraine records that are becoming increasingly abundant for the Holocene (e.g., Schimmelpfennig et al., *Clim. Past* 18, 23-44, 2022). Also, in the polar regions, in situ  $^{14}\text{C}$  provides the opportunity of overcoming the "isotope inheritance" problems often encountered with  $^{10}\text{Be}$  and  $^{26}\text{Al}$ , when dating Holocene deglaciation of glacial surfaces of cold-based glaciers. Techniques to extract in situ  $^{14}\text{C}$  in the form of  $\text{CO}_2$  gas from quartz have been developed and refined for more than 20 years (e.g. Lifton et al., *GCA* 65, 1953-1969, 2001; Lifton et al., *Geochron.* 5, 361-375, 2023). However, extracting the minute amounts of in situ  $^{14}\text{C}$  from quartz remains challenging because of 1- the risk of contamination with the ubiquitous atmospheric  $^{14}\text{C}$  and 2- potentially incomplete extraction and recovery of all carbon species released from the heated quartz grains. Based on a modified version of the first extraction line design at ETH Zurich (Hippe et al., *Quat. Geochron.* 4, 493-500, 2009; Hippe et al., *NIMB* 294, 81-86, 2013), we implemented the first French in situ  $^{14}\text{C}$  extraction system at CEREGE: a vertical resistance furnace for heating 5 g quartz samples at 1650 C under (ultra-)high vacuum in a sapphire furnace tube, connected to a stainless-steel gas purification line. The extracted and purified  $\text{CO}_2$  is not graphitized but directly measured at the AixMICADAS Facility at CEREGE (Bard et al., *NIMB* 361, 80-86, 2015). We will show our results of procedural blanks and interlaboratory quartz samples that are comparable to those from other in situ  $^{14}\text{C}$  facilities.

# Thule/Iñupiat architectural wood, dendroclimatology and oxygen isotopes: a window into the Medieval Climate Anomaly (11th-12th centuries) in northwest Alaska?

Juliette Taieb <sup>1,2</sup>, Valérie Daux <sup>2</sup>, Claire Alix <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Archéologie des Amériques (ArchAm) — CNRS, Université Panthéon-Sorbonne Paris 1, Ministère de la Culture — 75004 Paris, France

<sup>2</sup> Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (LSCE) — CEA, CNRS, Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines – Université Paris-Saclay, 91191 Gif-sur-Yvette Cedex, France

In northwest Alaska, Thule/Iñupiat cultural changes observed in the archaeological record at the beginning of the 2nd millennium are often interpreted as responses to climatic and environmental variations. However, local paleoclimatic data for the Medieval Climate Anomaly (MCA, 9<sup>th</sup>-13<sup>th</sup> centuries CE), often considered a relatively warm period outside of Alaska, are scarce and offer limited temporal and spatial resolution.

Well-preserved in the frozen coastal deposits of northwest Alaska, timbers used to build Thule/Iñupiat winter houses represent a valuable resource for documenting climate variations at a local and annual scale. Composed mainly of white spruce (*Picea glauca*) driftwood that originated from the subarctic forests of interior and northwest Alaska, these remains offer a unique opportunity for reconstructing the climate variations at the onset of the 2<sup>nd</sup> millennium.

Conventional dendrochronology studies (analysis of ring-width variations) in the region revealed a complex relationship between summer temperatures and the growth of modern white spruce. Consequently, because of this complexity and the scarcity of archaeological samples from the MCA time period, using the available samples did not allow us to reconstruct the climatic conditions of that period.

However, in south Alaska and northwestern Canada, analyses of modern spruce tree-ring series show a strong correlation between climatic variations and the oxygen isotopic composition ( $\delta^{18}\text{O}$ ) of individual tree-rings, even with limited sampling. To assess the potential of the isotopic approach we had the opportunity to analyse well-preserved and well-documented architectural driftwood timbers from recently excavated house feature at a site in northwest Alaska dating to the MCA.

Results from five archaeological wood disks and six modern wood cores exhibit isotopic coherence. Their  $\delta^{18}\text{O}$  signals were averaged to create both a modern chronology (1945-2002 CE) and an archaeological chronology (1042-1123 CE). We identified a correlation between modern  $\delta^{18}\text{O}$  and the July Standardized Precipitation and Evapotranspiration Index (SPEI4), an indicator of spring and summer moisture conditions that reflects the influence of humidity on vegetation. The isotopic reconstruction based on this correlation showed that conditions between 1042 and 1123 were generally wetter than in the modern period, with a gradual trend towards slightly drier conditions over these 80 years. This study offers a unique insight into the specific hydroclimatic conditions of the MCA, thus contributing to our understanding of the immediate environment of the Thule/Iñupiat people.

# Multiproxy analyses for a network of firn cores covering the last 40 years from coastal Adélie Land

Titouan Tcheng<sup>1</sup>, Elise Fourné<sup>1</sup>, Léa Baubant<sup>1</sup>, Coralie Lassalla-Bernard<sup>1</sup>,  
Roxanne Jacob<sup>1</sup>, Frédéric Prié<sup>1</sup>, Frédéric Parrenin<sup>2</sup>,  
Olivier Jossoud<sup>1</sup>, Bénédicte Minster<sup>1</sup>, Cécile Agosta<sup>1</sup>, Christophe Leroy-  
Dos Santos<sup>1</sup>, Mathieu Casado<sup>1</sup>, Marie Bouchet<sup>1</sup>, Vincent Favier<sup>2</sup>,  
Olivier Magand<sup>2</sup>, Emmanuel Le Meur<sup>2</sup>, Ghislain Picard<sup>2</sup>, Alexandre  
Cauquoin<sup>4</sup>, Martin Werner<sup>5</sup>, Amaëlle Landais<sup>1</sup>, Bruno Jourdain<sup>2</sup>,  
Laurent Arnaud<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (LSCE) — CEA, CNRS, Université de Versailles Saint-  
Quentin-en-Yvelines – Université Paris-Saclay, 91191 Gif-sur-Yvette Cedex, France

<sup>2</sup> Institut des Géosciences de l'Environnement (IGE) – Institut polytechnique de Grenoble, CNRS, IRD, Grenoble Alpes,  
INRAE — 38400 Saint-Martin d'Hères, France

<sup>4</sup> Institute of Industrial Science – Meguro City, Tokyo 153-8505, Japon

<sup>5</sup> Alfred Wegener Institute for Polar and Marine Research –Allemagne

Water stable isotopes signals recorded in snow, firn and ice cores were successfully used to investigate past temperatures on glacial/interglacial scales (Jouzel and Masson-Delmotte 2010, Dansgaard, 1964). However, as evidenced by Goursaud et al. (2018) in coastal Adélie Land, many uncertainties hampered the interpretation of water isotope records at sub-annual to decadal resolution as a proxy of past temperature variations only (Goursaud et al. 2018). Condensation, sublimation and/or redistribution of snow triggered by strong katabatic winds as well as precipitation intermittencies, origin of moist air masses bringing precipitation and diffusion within firn lessen the representativity of a single isotopic profile to reconstruct past temperature in this region (Grazioli et al. 2017, Khale et al. 2018, Picard et al. 2019, Casado et al. 2020, Hirsch et al. 2023). In order to mitigate the non-representativity of a single isotopic profile, a solution consists in averaging several records to increase signal to noise ratios. However, to do so, it is necessary to provide a good correspondence between the different cores of interest.

In this study, we make good use of water stable isotopes and major chemistry records from 9 firn core (20 to 40m deep) drilled at 3 sites (so called D47, Stop5 and Stop0) during the ASUMA campaign. These sites display a high mean accumulation rate of about 250 mm.weq/year and a wide range of environmental conditions with elevation ranging from 1550m to 2460m, distance from coast ranging from 103km to 423km and different katabatic winds influence. In particular, we use the IceChrono1 probabilistic model with water stable isotopes signals and major chemistry records coupled with beta-gamma and RADAR data to obtain the best correspondence between the different cores. We then quantify how the stacking of several cores permit to increase the signal to noise ratio at the different sites and can provide a faithful record to document variations of the temperature and/or atmospheric water cycle over the last decades in this region.

# Circulation changes in the Mediterranean Sea over the last 30,000 years – constraints from deep-water Nd isotopes

Jiawang Wu<sup>1</sup>, Yan Zhang<sup>1</sup>, Christophe Colin<sup>2</sup>, Guohui Gao<sup>2</sup>, Huang Huang<sup>3</sup>, Marcus Gutjahr<sup>3</sup>, Qiong Wu<sup>4</sup>, Pahnke Katharina<sup>5</sup>, Gert De Lange<sup>6</sup>

<sup>1</sup> Sun Yat-Sen University – Chine

<sup>2</sup> Géosciences Paris Saclay (GEOPS) – Université Paris-Saclay, CNRS – Université Paris Saclay, bât. 504 & 510, 91405 Orsay Cedex, France

<sup>3</sup> GEOMAR – Allemagne

<sup>4</sup> Hohai University – Chine

<sup>5</sup> Carl-von-Ossietzky Universität, Oldenburg – Allemagne

<sup>6</sup> Utrecht University – Pays-Bas

The circulation in the Mediterranean Sea is thought to play a key role in the rhythmic deposition of organic-rich sedimentary layers, known as sapropels, which signify anoxic deep-water phases in the geologic past. However, the intricate interactions among climatic and oceanographic processes related to circulation dynamics, surface hydrology, and sea level changes are still highly debated. Here, we present a deep-water record of Nd isotope composition ( $\epsilon\text{Nd}$ ) for the eastern Mediterranean Sea (EMS) over the past  $\sim 30,000$  years, using the reliable archives of fish teeth/debris and foraminifera shells. The seawater  $\epsilon\text{Nd}$  record of core CP10/11, collected from the open Ionian Sea at 1,501 m water depth, reflects the evolution of deep-water properties in the EMS. By combining our data with published authigenic  $\epsilon\text{Nd}$  records and applying a refined box model of the Nd budget, we constrain the Mediterranean circulation variations since the Last Glacial Maximum (LGM), including sapropel S1.

During the LGM, unradiogenic  $\epsilon\text{Nd}$  values ( $-7.4$  to  $-6 \pm 2$ ) indicate a  $44\% \pm 2\%$  decline in water exchange across the Strait of Sicily, caused by the lower global sea level. An increasing trend of  $\epsilon\text{Nd}$  towards the time of S1 formation, despite a rising sea level and hence gradual increase in exchange with the Atlantic, is largely attributed to enhanced Nile runoff that is the only significant source of radiogenic  $\epsilon\text{Nd}$ . However, the stepwise increase of deep-water  $\epsilon\text{Nd}$  is not concurrent with Nile records. This is likely due to a "reservoir effect" of EMS deep waters in response to surface freshening. The latter is primarily caused by the increased inflow of fresher, unradiogenic Atlantic water driven by deglacial sea-level rise.

During the S1 period, constant and radiogenic  $\epsilon\text{Nd}$  values ( $-5.0$  to  $-4.7 \pm 0.3$ ) which are also found at other cores, indicate a basin-wide stagnating condition at  $> 800$  m depth in the EMS. Such deep-water stagnation initiated  $\sim 1,000$  years prior to the onset of S1, linked to intensified Nile runoff and rapid sea-level rise at  $\sim 11$  kyr. It gradually attenuated after  $\sim 8.2$  kyr and terminated by a full deep-water renewal indicated by a shift to less radiogenic  $\epsilon\text{Nd}$ . Our EMS deep-water  $\epsilon\text{Nd}$  record show a close correspondence with intermediate-water record of core MD01-2472 in the western Mediterranean Sea (WMS), reflecting the EMS–WMS water exchange. For the S1 period, a 50% decrease in this exchange and decoupling of deep and intermediate waters between the EMS and WMS, are derived with a 2-fold increase in Nile discharge. Our findings highlight the dominant role of the Nile River in shaping the  $\epsilon\text{Nd}$  distribution and circulation in the EMS.

# Neodymium isotope variations in the South China Sea: implications for water mass exchange and particle dissolution

Qiong Wu<sup>1</sup>, Christophe Colin<sup>2</sup>, Zhifei Liu<sup>3</sup>, Eric Douville<sup>4</sup>, Yulong Zhao<sup>3</sup>,  
Jiawang Wu<sup>5</sup>, Arnaud Dapoigny<sup>4</sup>, Louise Bordier<sup>4</sup>, Pengfei Ma<sup>3</sup>,  
Yi Huang<sup>2</sup>

<sup>1</sup> College of Oceanography — Hohai University — Chine

<sup>2</sup> Géosciences Paris Saclay (GEOPS) — Université Paris-Saclay, CNRS — Université Paris Saclay, bât. 504 & 510, 91405 Orsay Cedex, France

<sup>3</sup> State Key Laboratory of Marine Geology — Tongji University — Chine

<sup>4</sup> Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (LSCE) — CEA, CNRS, Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines — Université Paris-Saclay, 91191 Gif-sur-Yvette Cedex, France

<sup>5</sup> School of Marine Sciences — Sun Yat-Sen University — Chine

Neodymium isotopic composition ( $\epsilon\text{Nd}$ ) has been used as a quasi-conservative proxy for tracking changes of ocean circulation in the past. However,  $\epsilon\text{Nd}$  distributions in the ocean and underlying controlling mechanisms are still not well understood. As the largest marginal sea in the western Pacific Ocean, the South China Sea (SCS) is an ideal region to study the processes that potentially influence dissolved  $\epsilon\text{Nd}$  variations and its marine cycling. Here we present  $\epsilon\text{Nd}$  obtained from six stations spread across the SCS. The results show large variations of  $\epsilon\text{Nd}$  ( $-6.7$  to  $-2.8$ ) and high Nd concentrations in the surface water, indicating the influence of dissolution of riverine and marine particles. The SCS deep water shows a narrow  $\epsilon\text{Nd}$  range from  $-4.3$  to  $-3.4$ , showing the presence of the North Pacific Deep Water in the deep SCS. The intermediate water in the SCS is characterized by a more negative  $\epsilon\text{Nd}$  signal ( $-4.2$  to  $-3.4$ ) than its counterpart in the West Pacific ( $-3.5$  to  $-2.8$ ), implying alterations by deep water through three-dimensional overturning circulation from the northern to southern SCS below  $\sim 500$  m. In addition, the Nd contributions of external sources were quantitatively estimated for the SCS. The dissolution of particles from the SCS surrounding rivers and continental margins may play an important role in providing additional Nd to the SCS surface water.

11 - Événements climatiques extrêmes et leurs impacts à différentes échelles de temps : fréquence, intensité et processus

# Évolution des Pluies Extrêmes dans le Bassin Versant de la Rivière San-Pédro au Barrage Hydroélectrique de Fayé

Franck Hervé Akaffou <sup>1</sup>, Salomon Obahoundje <sup>2</sup>, Bérenger Koffi <sup>3</sup>,  
Loukou Alexis Brou <sup>1</sup>, Wawogninlin Brice Coulibaly <sup>1</sup>, Kouakou Lazare Kouassi <sup>1</sup>,  
Arona Diedhiou <sup>4</sup>

<sup>1</sup> Université Jean Lorougnon Guédé – Côte d'Ivoire

<sup>2</sup> International Water Management Institute – Ghana

<sup>3</sup> Institut National Polytechnique Félix Houphouët Boigny – Côte d'Ivoire

<sup>4</sup> Université Grenoble Alpes – Université Grenoble Alpes – France

La vulnérabilité de l'Afrique de l'Ouest aux inondations pourrait s'accroître dans les années à venir en raison des effets des changements climatiques. Ainsi, il est urgent de mieux appréhender l'occurrence et la sévérité des pluies extrêmes afin de développer des stratégies d'adaptation. L'objectif de cette étude est de caractériser l'évolution des pluies extrêmes dans le bassin versant de la rivière San-Pédro au barrage hydro-électrique de Fayé. Pour ce faire, les données pluviométriques du produit Climate Hazard Group Infrared Precipitation with Station (CHIRPS) ont été utilisées comme observation pour calculer sept indices de pluie (CWD, PRCPTOT, R1mm, R99pTOT, Rx1day, Rx5day, et SDII) à l'échelle annuelle et durant les deux saisons pluvieuses (avril-juillet et octobre-novembre) sur la période 1982-2021. Le test statistique de Mann-Kendall a été appliqué afin d'analyser la significativité de la tendance. Les résultats montrent que les indices ont globalement connu une tendance haussière non-significative. Les valeurs d'indices affichées à l'échelle annuelle, sont également enregistrées au cours de la grande saison pluvieuse (avril-juillet), au cours de laquelle tombe environ 2/3 de la précipitation annuelle. En ce qui concerne la distribution spatiale des indices, les résultats révèlent une variation spatiale similaire à l'échelle annuelle et pendant grande saison pluvieuse. Les valeurs les plus élevées d'indices sont observées dans la partie ouest du bassin versant d'étude, où la pluviométrie est plus élevée en raison de la présence du Parc National de Taï. Ainsi, les pluies extrêmes ont varié proportionnellement à la pluviométrie totale. Cette tendance haussière des pluies extrêmes pourrait engendrer des crues importantes qui vont inonder le barrage de Fayé. La mise en place de projection des indices pourrait aider le gestionnaire de ce barrage dans l'anticipation des inondations.

Mots clés : Indice de pluie, Pluie extrême, Inondation, CHIRPS, Barrage hydroélectrique de Fayé

# Reconstruction of extreme flood events in the southeast Tunisia during the two last millennium from El Bibane lagoon sediment cores

Aida Affouri <sup>1</sup>, Soumaya Boussetta <sup>1</sup>, Nejib Kallel <sup>1</sup>, Laurent Dezileau <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire Géoresources, Matériaux, Environnements et Changements Globaux (GEOGLOB) — Université de Sfax — Faculté des Sciences de Sfax, Sfax, 3000, Tunisie

<sup>3</sup> Morphodynamique Continentale et Côtière (M2C) — Université de Caen Normandie, Université Rouen, CNRS — 14000 Caen, France

The extreme events such as coastal storms or flood events are considered among the most destructive and dangerous natural disasters that caused significant human and economic damages along coastal regions. Hence, several studies have focused on these extreme meteorological events and on their link with climate change (Sabatier et al., 2008, Dezileau et al., 2011, affouri et al., 2017, and BS Kohila et al., 2023). It has been demonstrated that lagoon sediments archives have the potential to reconstruct these events during the late Holocene.

In this context our study aims to reconstruct the historical extreme flood-event record during the two last millennium using a multi-proxy approach based on geochemical, sedimentological, and geochronological analysis of three sediment cores BL12–5, BL12–7 and BL12–10 collected in the El Bibane coastal lagoon, southeast of Tunisia. Our results display the occurrence of past floods levels in the lagoonal sedimentary column, which can reach even ten events in some cores. They are characterized by fine material such as clay and silt and their geochemical signature are marked by high values of the elemental ratios Ti/Ca and Fe/Ca. They are probably the result of enhanced precipitation that increased the terrigenous material supply into the El Bibane lagoon by the Fessi River.

The chronology of our cores has been established using the <sup>137</sup>Cs and <sup>210</sup>Pb measurements for the uppermost 30 cm of three cores and by <sup>14</sup>C dates. We have then compared our reconstructed palaeo-flood events with those described in historical archives (DGRE, 2000; Boujarra and Ktita, 2009; Fehri, 2014). Moreover, a good agreement is observed between instrumental records and recent flood events recorded in the El Bibane Lagoon. On the other hand, comparison with North Atlantic and regional paleo-climatic records (Bond et al., 2001, Marquer et al., 2008, and Steinhilber et al., 2009) displays that the periods of increased flood frequency coincide with the two major cooling intervals in the Northern Hemisphere (Bond events NAC-0 and NAC-1) which are associated also to low solar irradiance.



# East Asian climate and western Pacific warmpool controls on the typhoon activities affecting Taiwan during the late Holocene

Joffrey Bertaz <sup>1,2,3</sup>, Kevin Jacq <sup>4,5</sup>, Zhifei Liu <sup>2</sup>, Christophe Colin <sup>1</sup>, Maxime Debret <sup>5</sup>, Hongchao Zhao <sup>2</sup>, Quentin Dubois-Dauphin <sup>1</sup>, Franck Bassinot <sup>6</sup>, Andrew Tien-Shun Lin <sup>7</sup>

<sup>1</sup> Géosciences Paris Saclay (GEOPS) – Université Paris-Saclay, CNRS – Université Paris Saclay, bât. 504 & 510, 91405 Orsay Cedex, France

<sup>2</sup> State Key Laboratory of Marine Geology – Shanghai 200092, Chine

<sup>3</sup> Institut des Sciences de la Terre (ISTerre) – CNRS, Université Savoie Chambéry, IRD, Université Grenoble Alpes, Université Gustave Eiffel – 38058 Grenoble Cedex 9, France

<sup>4</sup> Laboratoire Commun SpecSolE – Envisol CNRS, Université Savoie Mont Blanc – Chambéry, 73000, France

<sup>5</sup> Morphodynamique Continentale et Côtière (M2C) – Université de Caen Normandie, Université Rouen, CNRS – 14000 Caen, France

<sup>6</sup> Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (LSCE) – CEA, CNRS, Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines – Université Paris-Saclay, 91191 Gif-sur-Yvette Cedex, France

<sup>7</sup> Department of Earth Sciences-NCU – Taoyuan 32001, Taiwan

The reconstruction of paleo-typhoon activity in East Asia, with associated climatic and environmental forcing mechanisms, is a crucial element in understanding the evolution of typhoon frequency and intensity in the context of ongoing anthropogenic global warming. In this study, we combined high-resolution non-destructive analyses of Fe/Ca and Si/Al by X-ray fluorescence (XRF) core scanning and darkness (Rmean) and clay-fraction content (Clay R2200) by hyperspectral imaging with punctual measurements of X-ray diffraction (XRD) bulk mineralogy and laser grain size of fine laminate (millimetric to centimetric) sediments of Core MD18-3574, which was collected on the western levee of the Gaoping submarine canyon off Taiwan in the northeastern South China Sea. The main goal of this study is to establish the frequency and intensity of typhoon activity over the past 4500 yrs. Core MD18-3574 sediments consist mainly of fine silt (mean grain size  $\sim 13.4 \mu\text{m}$ ) presenting relatively fine-grained and coarse-grained laminations. Slightly thick coarse-grained laminae display a fining-upward and asymmetric sorting of typical turbidite deposits. Principal component analysis (PCA) indicates that the darker laminae are composed of coarser sediments with high Si/Al (quartz and feldspar-rich) and Clay\_R2200 values and low Fe/Ca (calcite-rich) which are the result of gravity flows. Conversely, lighter laminae are composed of finer sediments with low Si/Al (muscovite and illite-rich), Clay\_R2200 and high Fe/Ca, indicative of hemipelagic deposition. This interpretation was subsequently extended to the core scale to identify gravity flow deposits. Consequently, approximately 2,400 dark laminae were identified, which were attributed to hyperpycnal flow and were mainly induced by high-intensity typhoons that affected Taiwan. We thus calculated, for the first time, a detailed record of the frequency of typhoons, indicating a decrease in their frequency since 4 cal kyr BP in response to a reduction in sea surface temperature in the western Pacific warm pool and an intensification of the East Asian winter monsoon. The intensity of tropical storms deduced from the thickness of turbidites has increased since 2 cal kyr BP in La Niña-like periods. This indicates that the surge of super-typhoons hitting Taiwan could be triggered by El Niño–Southern Oscillation (ENSO) variability. It can therefore be inferred that the tropical storm activity has been controlled by ENSO conditions of the western Pacific warm pool and the East Asian monsoon system during the late Holocene. The findings of this study contribute to our understanding of how ongoing climate change may affect storm activity in the western Pacific Ocean.

# The Urban Heat Island of Paris megacity as a natural experiment to study forest responses to warming

Jonathan Barichivich <sup>1</sup>, Valérie Daux <sup>1</sup>, Olivier Mestre <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (LSCE) — CEA, CNRS, Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines – Université Paris-Saclay, 91191 Gif-sur-Yvette Cedex, France

<sup>2</sup> Centre national de recherches météorologiques (CNRM) — CNRS, Météo-France — 31507 Toulouse Cedex, France

Altered biogeochemical cycles, with higher CO<sub>2</sub> concentrations and warmer atmosphere than in their rural surroundings make cities a natural climate change experiment. Current conditions in metropolitan regions simulate some of those that natural ecosystems will experience with similar intensity in the near future, notably warming. In our study, we explore whether the urban-rural gradient between the Paris megacity and the Fontainebleau Forest can be leveraged to study both short-term forest responses (e.g., growth extremes) and long-term adaptations (e.g., water use efficiency, stomatal responses) to climate change, in particular to warming and increasingly intense heatwaves. Since the summer of 2019, we have monitored the intensity of the urban heat island (UHI) and its variations during repeated heatwaves. We have also quantified the physiological responses of vegetation specifically growth and water use efficiency to the development of the UHI by comparing the growth and carbon and oxygen isotopic composition in oak tree rings from the Fontainebleau Forest, and from Vincennes and Montsouris parks, over the period 1950-2018. In this presentation, we will discuss to what extent urban trees and forests in Paris can be used as indicators of long-term warming effects on tree physiology. We will also examine how the UHI modulates the intensity and duration of heatwaves in comparison to a natural forest environment. Our findings will contribute to refine the approach to use cities as a unique setting to project long-term responses of trees to warming.

# DISTRIBUTIONS DE TEMPÉRATURES À DIFFÉRENTS NIVEAUX DE RÉCHAUFFEMENTS GLOBAUX EN SIMULATIONS TRANSITOIRES VERSUS STABILISÉES

Isaline Bossert <sup>1</sup>, Roland Séférian <sup>1</sup>, Yeray Santana-Falcon <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Centre national de recherches météorologiques (CNRM) — CNRS, Météo-France — 31507 Toulouse Cedex, France

Les vagues de chaleur marine, qui se définissent par des périodes de températures océaniques anormalement élevées, ont des effets dévastateurs sur les écosystèmes marins. Avec le réchauffement climatique, leur intensité, leur fréquence et leur étendue devraient continuer à croître, entraînant des changements dans les conditions environnementales à travers tous les bassins océaniques. De plus, certaines études mettent en avant le rôle crucial des variations de température, par rapport aux changements de moyenne, sur la viabilité des espèces. En effet, l'augmentation des extrêmes de température peut être attribuée soit à un déplacement global de la distribution vers des valeurs plus élevées, soit à des modifications de la forme de cette distribution, y compris sa variabilité et son asymétrie. La plupart des connaissances actuelles sur ces extrêmes sont basées sur des états transitoires de notre système Terre, obtenus par le biais d'observations ou de modèles. Néanmoins, cette approche pourrait sous-estimer la réponse de l'océan à un niveau de réchauffement donné, la variabilité interne pouvant atténuer voire masquer les événements les plus extrêmes. Dans cette étude, nous examinons la réponse des vagues de chaleur marine à un climat stabilisé. Dans ce cadre, nous explorons de nouveaux types de scénarios futurs idéalisés stabilisant le réchauffement à différents niveaux de réchauffement globaux. Nous posons la question de la plus-value des simulations stabilisées dans l'analyse des distributions de température par rapport aux simulations transitoires en étudiant les modes caractéristiques de ces distributions.

# Can we detect changes in tropical cyclone related hazards?

Stella Bourdin <sup>1</sup>, Faranda Davide <sup>2</sup>, Suzana Camargo <sup>3</sup>, Chia-Ying Lee <sup>3</sup>, Jonathan Lin <sup>4</sup>, Mathieu Vrac <sup>2</sup>, Pradeebane Vaittinada Ayar <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Department of Atmospheric, Oceanic and Planetary Physics (AOPP) – Department of Physics, University of Oxford – Clarendon Laboratory, Parks Road, Oxford OX1 3PU, Royaume-Uni

<sup>2</sup> Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (LSCE) – CEA, CNRS, Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines – Université Paris-Saclay, 91191 Gif-sur-Yvette Cedex, France

<sup>3</sup> Lamont-Doherty Earth Observatory (LDEO) – University of Columbia – Palisades, New York 10964, États-Unis

<sup>4</sup> Cornell University – Ithaca, New York 14853, États-Unis

Tropical Cyclones (TCs) pose a great threat to human lives and assets, being the second deadliest and most costly weather-related disaster. Yet, it is not clear how climate change might affect these phenomena. Part of this deficiency is due to a short observational record, dating back only to the satellite era. In this study, we make use of synthetic track generators to go beyond the limitations of the past record.

Our work aims to identify whether a change in hazard over the last decades is detectable for 9 case studies of impactful tropical cyclones in the North Atlantic. To do so, we find analogues of our studied storms and see how their properties have changed over time. Starting from the ClimaMeter/flow-analogue method, we show how changing the analogue selection, and using synthetic track generators allow us to access more analogues, yielding a more robust statistical analysis.

Our analysis shows that there has been little change in tropical cyclones' number, intensity, translation speed, or seasonality over the last decades. On the contrary, precipitation is already seen to increase.

# Analysis of marine heatwaves along the central and northern coast of São Paulo (SE Brazil) over the last four decades

Breylla Campos Carvalho <sup>1,2</sup>, Áurea Maria Ciotti <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP) – Brésil

<sup>2</sup> Universidade de São Paulo (USP) – Brésil

Marine heatwaves (MHW) can be considered extreme events in which seawater temperatures exceed the historical average and persist for more than five days. The thermal stress caused by the anomaly impacts marine biodiversity (e.g. coral bleaching or changes in the vertical distribution of organisms). In recent years, the number of studies on global MHWs have grown worldwide but there is still a knowledge gap in some oceanic sectors, such as the coast of São Paulo (SE Brazil). The São Paulo coast is of significant ecological vulnerability as it concurrently houses tens of marine environmental conservation units and intense commercial and economic activities, such as the largest port in Latin America. This study aims to analyze the occurrence of MHWs in this important area (central and northern coast of São Paulo (-47.0 to -44.5 W, -24.5 to -23.0 S), using daily data from the Operational Sea Surface Temperature and Ice Analysis (OSTIA), via the Copernicus Marine Service (CMEMS), from 1982 to 2021. The OSTIA provides sea surface temperature (SST) obtained from satellite data from the GHRSSST project and in situ observations, with an approximate spatial resolution of 6 km. The MHWs were detected when temperatures exceeded the 90th percentile of the climatology. Subsequently, the data was analyzed both spatially (pixel-by-pixel) and temporally (means of the entire study area) The MHW events showed on average higher intensity in the central area of the inner continental shelf (between the 20 and 50 m isobaths), while in the regions near the coast (depths of up to 20

m) the events were more frequent per year, and tended to last longer. Of the 95 MHW events recorded, the strongest occurred between 14/Dec/2018 and 06/Feb/2019. Between 2002 and 2005 and 2019 and 2020, there were more than four events per year, with the events in 2019 and 2020 being more intense (up to 30.6 °C) and of longer duration (average of 20 days), for a total of 16 MHW events. From 1995 onwards, the Atlantic Multidecadal Oscillation became positive, at the same time, the climate anomaly reached 0.35 °C and continued to increase. From 2002 to 2021, the positive temperature anomalies almost always coincide with El Niño events. These results agree with other investigations worldwide showing an increase in the intensity, duration, and frequency of MHWs in recent years for this region. The increase in SST, which in turn has implications for marine biodiversity such as the intense 2019 bleaching of several coral reefs, including those on the north coast of São Paulo. This work will be used to identify the areas most vulnerable to extreme MHW events, as well as help to understand their implications for the region's marine biodiversity.

# RHITA: a framework for real-time and automated detection of hazards

Greta Cazzaniga <sup>1</sup>, Adrien Burq <sup>1</sup>, Mathieu Vrac <sup>1</sup>, Davide Faranda <sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (LSCE) — CEA, CNRS, Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines — Université Paris-Saclay, 91191 Gif-sur-Yvette Cedex, France

<sup>2</sup> Laboratoire de météorologie dynamique (LMD) — CNRS, ENS Paris, École Polytechnique, Sorbonne Université, Institut polytechnique de Paris, Université Paris sciences et lettres, École des Ponts ParisTech — 91128 Palaiseau Cedex, France

Event identification and tracking tools have become essential in weather and climate research due to the rapid growth of weather and climate model data. These algorithms automate the detection of extreme weather events and hazardous phenomena, along with their corresponding features, thereby enhancing predictive capabilities. Our study introduces RHITA (Real-time Hazards Identification and Tracking Algorithm), a real-time, open, and flexible framework designed for the real-time and automated identification and tracking of various hazard types from a Lagrangian perspective. RHITA spans multiple spatial and temporal scales, providing insights into the dynamics and behavior of hazardous events. This framework applies to a wide range of scenarios, from historical hazard analyses to the evaluation of future climate scenarios. Additionally, it facilitates the investigation of weather patterns that give rise to these hazards and enables the assessment of their impacts. The algorithm relies on connected components and distance thresholds to identify and track events in space and time, allowing for event merging and splitting dynamics over time. Furthermore, it characterizes events based on diverse features such as duration, volume, intensity, trajectory, and rarity. The framework includes visualization tools for displaying event trajectories and the three-dimensional evolution of the events. It also enables statistical analyses of detected time series derived from historical records and climate model outputs (e.g., identifying trends, exploring correlations between feature pairs, and analyzing feature distributions). RHITA can be applied in real-time by exploiting MSWX datasets, a reanalysis dataset with short latency and high update frequency, making it useful for operational purposes. We applied RHITA to detect major weather-related hazards such as heatwaves, cold spells, heavy precipitation events, hydrological droughts, and even combinations of these events, known as compound events.

# Flood Risk Assessment, Using HEC-RAS, GIS and remote sensing, a Case Study in an Arid Environment of Southeast Morocco

Khadija Diani <sup>1</sup>

<sup>1</sup> LO3G Laboratory, Department of Earth Sciences, Faculty of Sciences — Mohammed V-Agdal University — Rabat, Maroc

Since the early 1980s, several regions of Morocco have experienced alternating series of wet and dry periods related to climate change, with significant consequences for the country's economy. This study aims to map flood hazards by using a hydraulic modeling approach, with a specific focus on the Oued (river) Zaouiat Sidi Hamza passing through Zaouiat Sidi Hamza township belonging to the High Ziz watershed (province of Midelt, region of Drâa-Tafilalet, Morocco). Hydraulic modeling and flood simulation was carried out followed by mapping of the flood hazard. The Oued Zaouiat Sidi Hamza River can cause torrential flooding issues, particularly during periods of heavy storms, impacting agricultural land and certain buildings on both riverbanks. All the cultivated areas developed alongside the river are at risk of flooding. Moreover, undermining and erosion of the river's banks lead to rising high-water levels and flooding agricultural terraces. The use of geographic information systems (GIS) and hydraulic modeling tools is essential to gain a deeper understanding of this situation. Also, the mapping of lineaments and fractures in the study area, carried out by satellite image processing, helped to quantify the directional influence of these lineaments on the flow of the hydrographic network, on the orientation of the circulation of surface water, and on the storage of groundwater. According to this study, the most vulnerable areas to flooding and erosion are those that receive the most water in the basin and have steep slopes. Decision-makers can use the results to produce development plans tailored to combat these risks and raise awareness among the population concerned, improving water resource evaluation and forecasting, as well as improving agricultural production.

# ClimaMeter: contextualizing extreme weather in a changing climate

Faranda Davide <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (LSCE) — CEA, CNRS, Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines – Université Paris-Saclay, 91191 Gif-sur-Yvette Cedex, France

Climate change is a global challenge with multiple far-reaching consequences, including the intensification and increased frequency of many extreme-weather events. In response to this pressing issue, we present ClimaMeter, a platform designed to assess and contextualize extreme-weather events relative to climate change. The platform offers near-real-time insights into the dynamics of extreme events, serving as a resource for researchers and policymakers while also being a science dissemination tool for the general public. ClimaMeter currently analyses heat-waves, cold spells, heavy precipitation, and windstorms. This paper elucidates the methodology, data sources, and analytical techniques on which ClimaMeter relies, providing a comprehensive overview of its scientific foundation. We further present two case studies: the late 2023 French heatwave and the July 2023 Storm Poly. We use two distinct datasets for each case study, namely Multi-Source Weather (MSWX) data, which serve as the reference for our rapid-attribution protocol, and the ERA5 dataset, widely regarded as the leading global climate reanalysis. These examples highlight both the strengths and limitations of ClimaMeter in expounding the link between climate change and the dynamics of extreme-weather events.



# Fingerprint of Extreme Precipitation Events on Erosion: From Decadal to Millennial Timescales

Éric Gayer<sup>1</sup>, Laurent Michon<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Institut de physique du Globe de Paris (IPGP) – CNRS, Institut de Physique du Globe de Paris, Université Paris Cité, Université La Réunion – 75238 Paris Cedex, France

Extreme precipitation events play a pivotal role in shaping Earth's surface by influencing hillslope processes and sediment transport in rivers. Although the impact of such meteorological events is evident during floods, their role in the long-term evolution of landscapes remains less clear. In this study, we use the unique climatic setting of Réunion Island - characterized by a steep precipitation gradient between its windward and leeward sides, as well as intense cyclonic activity - to investigate the impact of extreme precipitation on landscape evolution over short- term (daily to decadal) and long-term (millennial) timescales. To understand how these extreme precipitation events influence landslides and sediment transport at the short-time scale, we focused on an historical catastrophic rock avalanche that occurred in May 1965 in La Rivière des Remparts, a deeply incised valley of the Piton de la Fournaise volcano. The avalanche occurred one day after heavy rainfall, and was subsequently interpreted as a mud/debris flow event. Using photogrammetric techniques applied to historical aerial images, we reconstructed nine DEMs of the entire canyon over a six-decade period. By analyzing differences in DEMs and estimating sediment volumes, we assessed the spatio-temporal evolution of the canyon and the drainage of sediment from major landslides and rock avalanches between 1950 and 2011. Our results indicate that the 1965 landslide introduced nearly 60 Mm<sup>3</sup> of sediment into the river, with two additional catastrophic events in 1995 and 2001 contributing a further 20 Mm<sup>3</sup>. We estimate that 40 Mm<sup>3</sup> (95 Mt) of sediment was transported out of the watershed between 1950 and 2011 via bedload waves, from a total input of 80 Mm<sup>3</sup>. Furthermore, we modeled the flow dates of this ephemeral river and found that this sediment export occurred over only 391 days across the 62-year period, at an average rate of 0.1 Mm<sup>3</sup>/day (0.25 Mt/day). Our investigation confirms that sediment transport coincided with officially recorded extreme meteorological events, such as cyclones, and was predominantly concentrated on days corresponding to high-percentile precipitation events. This demonstrates that sediment transport primarily occurs during intense rainfall periods. Our findings confirm the general notion that the majority of erosional work occurs through discrete, short-term events such as floods and landslides, with varying magnitudes and frequencies. However, on longer timescales, erosion is often treated as a continuous process, and the influence of temporal rainfall variability on long-term landscape evolution remains unclear. By comparing erosion rates (0.8 to ~10 mm/yr over ~70 ka), estimated from paleo-volcanic reconstructions across Réunion's steep rainfall gradient, with geostatistical analysis of daily rainfall records, we reveal that erosion rates are highest in the driest areas, where the difference between extreme rainfall events and average precipitation is greatest. This suggests that extreme precipitation events leave an imprint on long-term landscape evolution, but that erosion is driven not only by these extreme events, but also by background rainfall-induced factors, such as humidity and dryness, which influence the erosion threshold of Earth's Critical Zone.

# Érosion littorale et évènements extrêmes : le cas de Saint-Martin (Caraïbes) et de l'ouragan Irma (2017)

Julien Gargani<sup>1</sup>, Gwenael Jouannic<sup>2</sup>, Kelly Pasquon<sup>2</sup>, Benjamin Piccinini<sup>2</sup>, Élise Banton<sup>3</sup>, Oscar Navarro<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Géosciences Paris Saclay (GEOPS) – Université Paris-Saclay, CNRS – Université Paris Saclay, bât. 504 & 510, 91405 Orsay Cedex, France

<sup>2</sup> Centre d'Études et d'Expertise sur les Risques, l'Environnement, la Mobilité et l'Aménagement - Direction Ouest (CEREMA) – Direction Ouest, BP 46223 – 44262 Nantes Cedex 2, France

<sup>3</sup> Détection, évaluation, gestion des Risques Chroniques Émergents (CHROME) – Université de Nîmes – Université de Nîmes, 30021 Nîmes Cedex, France

La montée du niveau marin, l'augmentation de l'intensité des évènements extrêmes et l'évolution littorale durant les ouragans sont documentés de façon toujours plus précise. Cependant ce qui se passe en termes d'évolution du littoral et de transport sédimentaire juste après les évènements extrêmes a été beaucoup moins étudié et est moins bien contraint. Cette étude vise à comprendre la dynamique de l'érosion et de la sédimentation juste après un ouragan à partir du cas de Saint-Martin dans les Caraïbes, où plusieurs ouragans ont eu lieu durant les dernières décennies (1,2). Sur cette île, les ouragans ont conduit à des destructions significatives (3), du fait des nombreuses constructions sur le domaine littoral (4), ainsi que sur le reste du territoire.

A partir de l'analyse d'images satellites, de photos aériennes, d'une étude de terrain et de modélisations numériques, conduites notamment durant l'ANR RELEV, nous proposons de décrire les cycles de l'érosion sur le domaine littoral (amplitude, taux) et les mécanismes de transport observés à Saint-Martin. De façon plus appliquée, nous discutons la pertinence du choix des indicateurs d'érosion utilisés pour caractériser l'érosion littorale (limite de végétation, limite du " jet de rive ",...), ainsi que comme outil d'aide à la décision et à la réglementation.

(1) Pasquon et al., *Evolution de l'urbanisme et exposition au risque cyclonique à Saint-Martin de 1954 à 2017. Vertigo*, 22, 2022

(2) Jouannic et al., *Recovery of the Island of Saint Martin after Hurricane Irma: An Interdisciplinarity Perspective. Sustainability*, 12(20), 8585, 2020.

(3) Gargani, *Impact of major hurricanes on electricity production. Int. J. Disaster Risk Reduc.*, 67, 2022

(4) Pasquon et al., *Vulnerability to marine inundation in Caribbean islands of Saint-Martin and Saint-Barthélemy. Int. J. Disaster Risk Reduc.*, 78, 2022

# L'activité des typhons extrêmes dans l'ouest du Pacifique Nord lors des 4 dernières décennies (1980-2019)

Karl Hoarau <sup>1,3</sup>, Pierre Camberlin <sup>2</sup>, Freddy Vinet <sup>3</sup>, Monique Gherardi <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire de géographie et d'aménagement (PLACES) — CY Cergy Paris Université — 95011 Cergy Pontoise, France

<sup>2</sup> Biogéosciences – Université Bourgogne Dijon, EPHE Paris, Université Bourgogne Franche-Comté, CNRS, Université Paris sciences et lettres, Institut national d'enseignement supérieur pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement — 21000 Dijon, France

<sup>3</sup> Laboratoire de Géographie et d'Aménagement de Montpellier (LAGAM) — Université Paul Valéry Montpellier 3 – 34199 Montpellier cedex 5, France

D'après la base IBTrACS, l'ouest du Pacifique Nord (100°E à 180°) est le bassin océanique le plus actif avec 30% de l'activité cyclonique sur la période 1980 à 2019. Dans le débat actuel sur le réchauffement atmosphérique et l'évolution du nombre global des cyclones tropicaux, certaines études ont mis en évidence une augmentation de la fréquence des cyclones des catégories 4 et 5 dans les 6 bassins océaniques.

Nous avons voulu déterminer si une telle tendance existait dans le plus grand bassin cyclonique du globe avec les typhons d'une intensité d'au moins 155 nœuds (80 m/s). Ces phénomènes extrêmes (le haut de la catégorie 5) nécessitent un contenu thermique océanique élevé ainsi que des conditions atmosphériques optimales. La base IBTrACS indique que 42 cyclones de cette intensité se sont formés sur le globe sur les 4 dernières décennies (1980-2019). 27 (64%) se sont produits dans l'ouest du Pacifique Nord sur cette période. IBTrACS donne l'évolution suivante du nombre décennal pour les typhons d'au moins 155 nœuds : 1 pour 1980-1989, 8 pour 1990-1999, 5 pour 2000-2009, et 13 pour 2010-2019. Le nombre significativement plus faible de la décennie 1980-1989 est d'autant plus surprenant que tous les typhons de la période 1980-1987 ont bénéficié des reconnaissances aériennes. Afin d'apprécier la qualité de ces données représentées par le vent maximal soutenu sur 1 minute, nous avons procédé à la ré-analyse de l'intensité des typhons observés par avion et de ceux ayant évolué de 1988 à 2019. Cette ré-analyse a été effectuée avec la méthode de Dvorak (1984) qui utilise les images en infrarouge thermique des satellites météorologiques.

Les résultats de la ré-analyse aboutissent à un nombre significativement plus élevé des typhons extrêmes dans l'ouest du Pacifique Nord pour la période 1980 à 2019, 72, par rapport aux données d'IBTrACS, 27. S'il n'existe pas de tendance à la hausse du nombre des typhons extrêmes, leur durée a augmenté sur les 4 dernières décennies. De même, les typhons extrêmes de la décennie 2010-2019 se sont intensifiés de manière plus rapide et ont atteint leur intensité maximale à une latitude plus élevée que ceux des décennies précédentes. En l'absence d'une diminution du cisaillement vertical du vent (entre 200 et 850 hPa) lors des 40 dernières années, ces observations peuvent s'expliquer, en grande partie, par la hausse de la température de l'océan dans l'ouest du Pacifique Nord en lien avec le réchauffement atmosphérique. 60% des typhons extrêmes ont évolué en fin de saison d'octobre à novembre, et 32% sont intervenus en pleine saison de juillet à septembre. Les épisodes El Niño ont produit deux fois plus de typhons extrêmes (26) que les phases La Niña (13) alors que le nombre pour les périodes neutres a été de 33 typhons. Lors d'un épisode El Niño significatif, les typhons se forment plus à l'est, et ayant une trajectoire plus longue, ils ont plus de temps pour rencontrer des conditions favorables à une intensification plus marquée et atteindre une intensité plus forte.

# End-of-century marine heatwaves in the California Current System in a regional climate model

Eike E. Köhn<sup>1</sup>, Gesa Eirund<sup>1</sup>, Matthias Münnich<sup>1</sup>, Nicolas Gruber<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Environmental Physics, Institute of Biogeochemistry and Pollutant Dynamics — ETH Zurich — Zurich, Suisse

With ongoing ocean warming, marine heatwaves (MHWs) like the impactful Blob in the Northeast Pacific in 2014-2016 are expected to become more frequent and intense in the future. Yet, how these MHWs will affect the biologically productive and economically important California Current System (CalCS) is still uncertain, though addressing this question could guide future policy-making and ecosystem management. In this study, we examine the future of MHWs in the CalCS by the end of the 21st century using a high-resolution, regionally coupled ocean-atmosphere model (ROMSOC). Using the pseudo-global warming (PGW) approach under the SSP5-8.5 and SSP2-4.5 scenarios, we simulate what the Blob would look like at the end of the 21<sup>st</sup> century (pseudo years 2096-2106), assuming large-scale weather patterns similar to those observed from 2011 to 2021. We find that under the SSP5-8.5 scenario, the future CalCS is not only warmer by 2°C on average, but this warming is more pronounced during the summer months (June-October), with temperatures increasing by up to 3°C. This means that the already warmest months of the year are warming more rapidly than other months. The amplified summer warming is linked to a shoaling mixed layer depth (MLD) and a weakening of summer upwelling winds. Applying the seasonally varying 90th percentile extreme threshold from the present-day 2011-2021 period to the SSP5-8.5 future scenario (fixed baseline), we find a large increase in the frequency and intensity of extremes throughout the year. In contrast, using a moving baseline - by adjusting the present-day extreme threshold for the annual mean future warming - we primarily see an increase in the frequency and intensity of extremes in the summer months. This change is driven by the amplified seasonal cycle and intensified short-term variability of sea surface temperature anomalies. These findings suggest that marine organisms adapted to cooler summer temperatures due to upwelling may be pushed beyond their thermal tolerances during summer MHWs, adding stress to the future CalCS ecosystem. Furthermore, our results indicate that climate change mitigation, specifically transitioning from the SSP5-8.5 to the SSP2-4.5 scenario, could significantly reduce the number and intensity of extremes affecting the CalCS at the end of the 21<sup>st</sup> century.

# Spatiotemporal Patterns of Dry and Wet Spells in Ghana's Savanna and Transitional Zones: A 40-Year Analysis

Salomon Obahoundje <sup>1</sup>, Seifu A. Tilahun <sup>1</sup>, Petra Schmitter <sup>1</sup>

<sup>1</sup> International Water Management Institute (IWMI) – Ghana

West Africa is highly vulnerable to climate change and variability, with increasing droughts and floods, particularly driven by changes in dry and wet spells. This study examines the spatiotemporal variability of dry and wet spells across the northern agroecological zones of Ghana- namely, the Sudan Savanna, Guinea Savanna, and Transitional zones-over the past 40 years (1984–2023). Daily precipitation data from the Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station data (CHIRPS) were used to assess trends in critical indices, including consecutive dry days (CDD), consecutive wet days (CWD), total precipitation (PRCPTOT), rainfall intensity (SDII), and rainy days (RR1) over the rainy season from April to October.

The results highlight a slight decrease in maximum CDD and a significant decrease in maximum CWD in the Sudan Savanna, accompanied by a slight increase in RR1 and SDII. This has led to a modest increase in precipitation during the rainy season (April to October). In contrast, the Guinea Savanna shows steady trends in both maximum CDD and CWD, with a slight decline in RR1 and SDII, resulting in a reduction in PRCPTOT during the same period. The Transitional zone experiences the most pronounced changes, with a significant increase in both maximum CDD and CWD, coupled with a substantial decrease in RR1 and SDII. These changes suggest increasing dryness and variability in rainfall intensity.

In recent decades, a decadal analysis reveals a trend toward more frequent but shorter dry and wet spells in all three agroecological zones. These findings provide critical insights into the evolving climate dynamics in northern Ghana and underscore the need for adaptive strategies to mitigate the impacts of increasing climate variability on agriculture and water resources.

# Etude multiscalaire des dépôts sédimentaires du lac du Lauzet (Vallée de l'Ubaye, Alpes du Sud) : évolution de l'aléa hydro-gravitaire au cours de l'Holocène.

Eah Opitz <sup>1</sup>, Elodie Brisset <sup>1,2</sup>, Frédéric Guiter <sup>2</sup>, François Demory <sup>1</sup>,  
Francoise Chalié <sup>1</sup>, Hanane Idabdellah <sup>1</sup>, Doriane Delanghe <sup>1</sup>, Kasuyo Tachikawa <sup>1</sup>,  
Laurence Vidal <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Centre de Recherche et d'Enseignement de Géosciences de l'Environnement (CEREGE) – Collège de France, CNRS, IRD, Aix Marseille Université, INRAE – 13545 Aix-en-Provence, France

<sup>2</sup> Institut méditerranéen de biodiversité et d'écologie marine et continentale (IMBE) – Avignon Université, CNRS, IRD, Aix Marseille Université – Faculté St-Jérôme, 13397 Marseille Cedex, France

Les milieux de montagne sont particulièrement concernés par les risques hydro-gravitaires. Les crues torrentielles, glissements et coulées de débris, et d'avalanche sont régulièrement dévastateurs dans les Alpes françaises. Ces phénomènes sont difficiles à anticiper et pourraient voir leur fréquence et leur ampleur augmenter sous l'effet du changement climatique (GIEC, 2021). Leurs récurrence et intensité sont modulées par des facteurs locaux très spécifiques : climat régional, géologie, topographie, taille des bassins versants, usage des sols.

Les sédiments lacustres de montagne constituent de précieux enregistrements de l'occurrence des événements hydro-sédimentaires passés (Sabatier et al., 2022) qui, mis en perspective des trajectoires hydrologiques et biologiques locales, permettent de comprendre les facteurs d'atténuation ou d'exacerbation des aléas hydro-gravitaires à l'échelle millénaire.

Cette étude se focalise sur la séquence lacustre du Lauzet (44 25'37"N, 6 26'02"E), prélevée en base vallée du bassin versant de l'Ubaye (Alpes du Sud) à 890 mètres d'altitude. La séquence composite LAU21 d'une longueur de 15 mètres couvrant les derniers 14 000 ans (datations carbone 14).

Ce travail présente les résultats obtenus sur deux sections sédimentaires couvrant la période Mid-Holocène. Une approche multiscalaire, combinant des analyses lithologiques, granulométriques, géochimiques, géophysiques et l'observation micrométrique de lames minces, a été conduite. Cet ensemble de données a permis de proposer une caractérisation précise d'une sédimentation continue, composée des fractions autochtone endogène/biogène et allochtone détritique. Un certain nombre de dépôts sont caractéristiques d'apports détritiques instantanés qui s'intercalent avec de dépôts finement laminés, dont l'analyse micrométrique pourrait révéler l'existence d'une signature saisonnière. A ce stade, nos observations permettent de distinguer (il sera possible de les compter) deux types de dépôts instantanés associés à des crues torrentielles, et à des coulées de débris et/ou d'avalanches. Ces résultats, lorsqu'ils sont replacés dans un cadre temporel précis et comparés aux analyses palynologiques (réalisées sur la même séquence), permettent de discuter les interactions entre les dynamiques de végétation locale et les aléas hydro-gravitaires à l'échelle du bassin versant. Trois périodes sont mises en évidence : i) une sédimentation dominée par les dépôts instantanés marque la période qui précède le Mid-Holocène ; ii) entre 8 000 et 3 000 cal. BP environ, un couvert végétal forestier dense est présent et la sédimentation est dominée par des dépôts laminés, et organiques ; iii) après 3000 cal. BP, l'ouverture des paysages et l'augmentation des marqueurs pollinique rudéro-anthropiques correspond à un retour de la sédimentation détritique, et des dépôts instantanés particulièrement épais. Ces premiers résultats

illustrent le potentiel de cette archive pour documenter l'évolution millénaire des aléas hydrogravitaires dans les Alpes méridionales.

- Mots clé : Aléa hydro-gravitaire, Paléoenvironnements, Sédiments lacustres, Alpes du Sud, Holocène.

# A distance learning algorithm for analog methods

Paul Platzer<sup>1</sup>, Pierre Tandeo<sup>2</sup>, Arthur Avenas<sup>3</sup>, Bertrand Chapron<sup>1</sup>,  
Léo Vinour<sup>4</sup>, Lucas Drumetz<sup>2</sup>, Alexis Mouche<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire d'océanographie physique et spatiale (LOPS) — Université de Brest, IRD, IFREMER, CNRS — 29280 Plouzané, France

<sup>2</sup> Laboratoire des Sciences et Techniques de l'Information, de la Communication et de la Connaissance (LAB-STICC) — Université de Bretagne Occidentale, Université de Bretagne Sud, CNRS, IMT Atlantique, ENI Brest, ENSTA Bretagne — Technopôle Brest-Iroise, 29238 Brest Cedex 3, France

<sup>3</sup> ESA — Italie

<sup>4</sup> France Energies Marines – Technopole Brest-Iroise, 29280 Plouzané, France

Analogs are similar states of a system, occurring at remote times within independent numerical simulations or previous observations. This concept was developed in atmospheric sciences and further used in atmospheric and ocean sciences for forecasting, downscaling, upscaling, extreme event attribution, among others.

The distance is a key feature of analog methods. Most studies are based on the Euclidean distance or other pre-defined metrics. In this investigation, we leverage distance learning algorithms originally designed for classification and regression and adapt them for statistical forecasting objectives, using in particular the continuous-ranked probability score as a loss function. To our knowledge, this is the first time that the gap between distance learning and analog methods is bridged.

Our algorithm learns a linear transformation of the feature variables that is applied ahead of a classical Euclidean-distance-based analog ensemble methodology. This allows to jointly optimize three key hyperparameters of analog methods: the feature space, the distance, and the number of analogs used. In particular, this algorithm allows to reduce the feature space dimension while keeping analog ensemble performances as high as possible, a key requirement for small and medium-sized datasets.

We test our algorithm on the three-variable Lorenz system and on a small-size tropical cyclone dataset from meteorological agencies. Experiments on the Lorenz system suggest that the optimal distance strongly depends on the forecast horizon and the number of available data, and that our algorithm allows for reasonable performances of analog ensemble methods even for small-size datasets. For low-size synthetic Lorenz system datasets, we observe strong variations of the optimal distance with catalog size, followed by stabilization above a given threshold and eventually convergence. We also observe the growth of the scale of the optimal distance with forecast horizon, indicating that a more severe selection of analogs is needed for long-term forecasts. We finally show that a CRPS-based optimization allows to have better uncertainty quantification from analog ensembles compared to RMSE-based optimization.

We use our algorithm with IBTrACS tropical cyclone data to weight input variables in the case of TC intensity forecasting. Our algorithm allows for significant improvement with respect to a baseline of analog forecast where all input variables are given equal weights. Even without regularization our algorithm can remove irrelevant input variables. To further reduce the number of variables we add a regularization term, allowing to reveal which variables contribute the most to the optimal definition of distance for analog ensemble forecasting of TC intensity.

Our approach is not limited to forecasting and can assist the search for optimal hyperparameters of any analog method, enhancing exploration possibilities and improving overall performances.



# Sampling effects on weather regime dimension estimates

Paul Platzer<sup>1</sup>, Bertrand Chapron<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire d'océanographie physique et spatiale (LOPS) — Université de Brest, IRD, IFREMER, CNRS — 29280 Plouzané, France

Large-scale atmospheric circulation is driven by recurring patterns called " weather regimes ". In the last decade, the multi-fractal formalism of dynamical systems has allowed to relate typical values of local dimension to specific weather regimes. It was shown that the local dimension decreases near peak weather regime index, and increases near regime-transitions, confirming the physical grounding and dynamical footprint of weather regimes.

This work is separated in two parts. First, we show that variations in local dimension may originate from uneven sampling of phase-space, by studying absolutely continuous random variables. For the latter and in the absence of zeros and singularities, the theoretical value of this local dimension is constant and equals the phase-space dimension. However, due to uneven sampling across the dataset, practical estimations of the local dimension may diverge from this theoretical value, depending on both the phase-space dimension and the position at which the dimension is estimated. To explore such variations of the estimated local dimension of absolutely continuous random variables, approximate analytical expressions are derived and further assessed in numerical experiments. These variations are expressed as a function of 1. the random variables' probability density function, 2. the threshold used to compute the local dimension, and 3. the phase-space dimension. Largest deviations are anticipated when the probability density function has a low absolute value, and a high absolute value of its Laplacian. Numerical simulations of random variables of dimension 1 to 30 allow to assess the validity of the approximate analytical expressions. These effects may become important for systems of moderately-high dimension and in case of limited-size datasets.

Second, we propose a methodology to evaluate the effect of uneven sampling on dimension estimates from reanalysis data, namely ERA5 500-mb geopotential height over the North-Atlantic ocean and Europe. We build " stochastic twins " of the atmosphere in the space of truncated empirical orthogonal function, based on the Gaussian-mixture-model fit used to define weather regimes from ERA5-reanalysis 500mb-geopotential height. By estimating sampling-driven variations of local dimension using stochastic twin samples, one can explain more than 50% of the variations of local dimension computed from atmospheric data alone. The dimension estimated from stochastic twins bears similar properties to that of atmospheric data in terms of decreasing dimension near weather regime peak index, however with a weaker inter-regime variability. This methodology can be applied to any observed system whose sampling distribution can be approximated. It can be generalized to separate sampling-density-driven and multi-fractal-driven variations of the local dimension, in an attempt to better estimate actual variations of the number of degrees of freedom.

# Étude expérimentale de l'impact d'évènements pluvieux extrêmes sur l'érosion de technosols.

Gabriel Portzer <sup>1,2</sup>, Jean-Louis Grimaud <sup>2</sup>, Olivier Stab <sup>2</sup>, Jean-Alain Fleurisson <sup>2</sup>,  
Samuel Abiven <sup>3</sup>, Albert Marchiol <sup>4</sup>, Frédéric Ego <sup>4</sup>, Philippe  
Pellerej <sup>1</sup>, Yara Maalouf <sup>1</sup>, Nicole Khoueiry <sup>1</sup>

<sup>1</sup> WSP France – 40 Avenue des Terroirs de France, 75012 Paris, France

<sup>2</sup> Centre de Géosciences (GEOSCIENCE) — ENSM Paris, Université Paris sciences et lettres — 77300 Fontainebleau

<sup>3</sup> Centre de recherche en écologie expérimentale et prédictive - Ecotron Ile de France (CEREPEP) — CNRS, ENS Paris, Université Paris sciences et lettres — 77140 Saint-Pierre les Nemours, France

<sup>4</sup> Agence Nationale pour la Gestion des Déchets Radioactifs (ANDRA) — ANDRA – Centres Industriels de l'Andra dans l'Aube (CSA et Cires), 10200 Soullaines-Dhuys, France

Le changement climatique entraîne une recrudescence des événements extrêmes tels que des précipitations intenses, des tempêtes et des sécheresses prolongées. Ces phénomènes peuvent accentuer l'érosion des sols, notamment dans les régions où les infrastructures doivent maintenir leur intégrité sur le long terme. Dans cette étude, nous nous focalisons sur la zone du Cotentin, située en Normandie. Les projections climatiques du Laboratoire des Sciences du climat et de l'Environnement (LSCE) pour la région prévoient des étés plus secs et des périodes de précipitations intenses de l'automne au printemps, qui sont propices à l'augmentation des taux d'érosion des sols.

Afin de regarder la réponse érosive aux événements anticipés par les modèles climatiques, nous avons développé un dispositif expérimental d'érosion installé dans une chambre climatique. Les technosols de la zone ont été échantillonnés sur le terrain et caractérisés (densités, humidité, distribution granulométrique et teneur en matière organique du sol), afin de reproduire au mieux leur état en laboratoire. En s'appuyant sur l'analyse statistique réalisée sur les jeux de données météorologiques locales, nous avons extrait les événements pluvieux d'intensité décennale, centennale, millénaire et décamillénaire. En utilisant les capacités des chambres climatiques du laboratoire Ecotron à Nemours (France) nous testons également plusieurs niveaux d'humidité du sol avant simulation : très humide, modérément humide et sec. Chaque expérience est répétée plusieurs fois afin d'évaluer l'effet de "mémoire" de la topographie sur l'érosion.

L'érosion est quantifiée en mesurant les concentrations de sédiments dans les eaux de ruissellement et d'infiltration collectées à la sortie du modèle couplées à des acquisitions topographiques réalisées par photogrammétrie.

# Hurricane Irma: an unprecedented event over the last 3700 years?

Pierre Sabatier <sup>1</sup>, Maude Biguenet <sup>2,1</sup>, Eric Chaumillon <sup>2</sup>, Fabien Arnaud <sup>1</sup>, Thibault Coulombier <sup>2</sup>, Nathalie Feuillet <sup>6</sup>

<sup>1</sup> Environnements, Dynamiques et Territoires de la Montagne (EDYTEM) — CNRS, Université Savoie Chambéry, Ministère de la Culture — 73376 Le Bourget du Lac Cedex, France

<sup>2</sup> Littoral, Environnement et Sociétés (LIENSs) — CNRS, La Rochelle Université – Technoforum, 17031 La Rochelle, France

<sup>6</sup> Institut de physique du Globe de Paris (IPGP) – CNRS, Institut de Physique du Globe de Paris, Université Paris Cité, Université La Réunion – 75238 Paris Cedex, France

Low-lying coasts and small islands, such as in the Lesser Antilles, are particularly vulnerable to extreme climatic event such as hurricane. In September 2017, category 5 Hurricane Irma, with winds up to 360 km.h<sup>-1</sup>, hit the northern Caribbean islands and caused the destruction of 95% of the structures on Barbuda Island. We investigated the geomorphological impacts and the sedimentological record related to the storm surge of hurricane in Barbuda's Codrington Lagoon. Following Hurricane Irma, two wide inlets developed across the Codrington sandy barrier. One of these inlets was enlarged and was still open 4 years later. From available data, it seems that this barrier remained continuous for the last 250 years before Hurricane Irma. At a longer timescale, very high-resolution seismic exploration combined with sediment cores sampled in Codrington Lagoon were used to investigate Irma deposits and environmental changes for the last 3700 years. The evolution from a low-energy small and shallow lagoon to the modern wide and relatively high-energy lagoon recorded by its sediment-fill was related to both long-term sea-level rise and subsidence. The top of the lagoon fill consists of a thick and extensive sand sheet recording an abrupt increase in energy. Given (1) its location at the top of the cores ; (2) its very recent age, supported by short-lived radionuclide data ; (3) large inlets opening and barrier erosion after Irma that imply a large sand supply to the lagoon ; this sand sheet was attributed to Hurricane Irma. From our cores, it appears that this deposit is unique over more than 3700 years. Both the opening of a new inlet and the thick upper sand sheet support the exceptional character of Irma at the scale of centuries to millennia. Our study reinforces the idea that Hurricane Irma was exceptional in terms of intensity and may be associated with global warming.

13 - Variabilité climatique décennale à pluricentennale dans le passé et implications pour la prévision du climat et les services climatiques

# Variabilité Climatique Pluri-Centennale en Europe durant l'Holocène : Implications pour les Projections Climatiques futures

Amen Al-Yaari <sup>1</sup>, Didier Swingedouw <sup>1</sup>, Pascale Braconnot <sup>2</sup>, Paul Lincoln <sup>3</sup>, Laura Boyall <sup>3</sup>, Olivier Marti <sup>2</sup>, Thibaut Caley <sup>1</sup>, Thomas Extier <sup>1</sup>, Celia Martin-Puertas <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Environnement, et Paléoenvironnement Océaniques et Continentaux (EPOC) – CNRS, Université de Bordeaux, Bordeaux INP, EPHE Paris, Université Paris sciences et lettres – 33615 Pessac Cedex, France

<sup>2</sup> Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (LSCE) – CEA, CNRS, Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines – Université Paris-Saclay, 91191 Gif-sur-Yvette Cedex, France

<sup>3</sup> Royal Holloway – University of London] – Egham, Surrey, TW20 0EX, Royaume-Uni

Le climat varie naturellement, et ses fluctuations interagissent avec les effets du changement climatique anthropique causé par les émissions massives de gaz à effet de serre depuis la révolution industrielle. Bien que le réchauffement observé au cours du siècle dernier soit principalement attribué à ces gaz à effet de serre, les simulations historiques et futures sont marquées par une grande incertitude. Depuis les années 1980, l'Europe s'est réchauffée plus rapidement que la moyenne globale, avec une augmentation des températures moyennes annuelles deux fois supérieure à la moyenne mondiale (Organisation météorologique mondiale). Cependant, la moyenne d'ensemble des simulations des modèles GCM (General Circulation Models) de CMIP6 (Coupled Model Intercomparison Project Phase 6) tend à sous-estimer ce réchauffement par rapport aux observations. Dans ce contexte, notre étude se concentre sur la variabilité interne du climat, et son rôle potentiel dans le réchauffement marqué de l'Europe de ces dernières décennies. Nous nous concentrons en particulier sur les fluctuations climatiques sur des échelles de temps pluri-centennales. Pour comprendre ce type de fluctuation très basse fréquence, une longue période de temps est nécessaire, c'est pourquoi nous nous sommes focalisés sur l'Holocène. Nous avons comparé des simulations transitoires de plusieurs modèles, ainsi que plusieurs reconstructions paléoclimatiques et réanalyses (intégrant modèles et données de la base TEMP12k) en Europe pour :

- (i) Évaluer les principales caractéristiques de la variabilité climatique à travers ces différentes sources d'informations paléoclimatiques.
- (ii) En déduire l'impact potentiel d'une telle variabilité naturelle sur les fluctuations récentes observées et celles à venir.

Nos premières analyses ont révélé des pics de variabilité situés entre 100 et 250 ans dans les reconstructions, ainsi que dans certaines simulations, que nous avons associés à la circulation méridienne de retournement dans l'Atlantique Nord (AMOC). Cette variabilité multi-centennale présente une signature spatiale distincte et se manifeste dans toute l'Europe. En utilisant le grand ensemble de simulations historiques prolongées d'IPSL (IPSL-EHS), nous en avons déduit que le réchauffement très marqué observé en Europe depuis 1980, faiblement capturé par la moyenne multi-modèle de CMIP6, pourrait contenir une composante naturelle importante qui amplifie ces tendances. Ces résultats offrent de nouvelles perspectives sur les tendances climatiques historiques et leurs projections futures en Europe. En particulier, la variabilité naturelle pourrait avoir amplifié les récentes périodes de réchauffement en Europe et pourrait continuer à influencer ces tendances jusqu'au milieu du 21ème siècle. Ces résultats soulignent l'importance de bien prendre en compte la variabilité interne pour réduire l'incertitude des projections climatiques.

# Les forçages externes comme moteurs des tendances décennales de l'Oscillation Nord-Atlantique

Ramdane Alkama <sup>1</sup>, Didier Swingedouw <sup>1</sup>, Juliette Mignot <sup>2</sup>, Guillaume Gastineau <sup>2</sup>, Jérôme Ogée <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Environnement, et Paléoenvironnement Océaniques et Continentaux (EPOC) – CNRS, Université de Bordeaux, Bordeaux INP, EPHE Paris, Université Paris sciences et lettres – 33615 Pessac Cedex, France

<sup>2</sup> Laboratoire d'Océanographie et du Climat : Expérimentations et Approches Numériques (LOCEAN) – Sorbonne Université, CNRS, MNHN, IRD — 4 place Jussieu - 75252 Paris Cedex 05, France

<sup>3</sup> Interaction Sol Plante Atmosphère (ISPA) — ENSA Bordeaux, INRAE — 33883 Villenave d'Ornon, France

Comprendre et anticiper les phénomènes atmosphériques tels que l'Oscillation Nord-Atlantique (NAO) est essentiel pour prévoir les impacts climatiques en Europe et développer des services climatiques adaptés. De 1960 à 2005, les tendances décennales de la NAO ont été prédictibles avec succès grâce à un grand nombre de simulations. Cependant, la précision des prévisions s'est détériorée pour les périodes plus récentes, soulevant des doutes quant à la fiabilité des systèmes de prévision à long terme.

Pour améliorer cette fiabilité, une nouvelle méthode a été développée à partir du système de prévision décennale du CMIP6, permettant d'affiner les prévisions de la NAO même pour les périodes récentes. Toutefois, une diminution de la précision après 2014 a été observée, coïncidant avec l'arrêt de l'utilisation des forçages externes observés dans les simulations, comme les aérosols d'origine humaine et les gaz à effet de serre.

L'analyse des simulations historiques du CMIP6, et plus spécifiquement du projet DAMIP, a révélé que les aérosols d'origine humaine jouent un rôle clé dans la variabilité inter-décennale de la NAO, tandis que les gaz à effet de serre influencent davantage les tendances à long terme.

En conclusion, cette étude souligne l'importance des forçages externes dans la prévisibilité de la NAO et propose des méthodes de post-traitement alternatives pour améliorer la précision des prévisions décennales futures.

# La variabilité du climat à l'échelle humaine

Ariane Burke <sup>1</sup>, Masa Kageyama <sup>2</sup>, Mathieu Vrac <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Anthropologie – Université de Montréal — Centre-Ville Montréal, QC Canada H3C 3J7, Canada

<sup>2</sup> Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (LSCE) — CEA, CNRS, Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines – Université Paris-Saclay, 91191 Gif-sur-Yvette Cedex, France

Dans le contexte actuel prédire l'impact écologique du réchauffement planétaire est à notre portée mais prédire son impact humain est plus contentieux. Les archéologues disposent d'un registre archéologique qui permet théoriquement de cerner les sources de vulnérabilité et de résilience de populations passées face au changement climatique. Les collaborations entre paléoclimatologues et archéologues nous permettent donc d'explorer la relation entre le climat et l'humain dans des contextes analogiques à celles qui sont sur le point de se réaliser dans le futur proche. Nous pouvons ainsi documenter les solutions recherchées par diverses sociétés humaines dans le passé pour parer les défis climatiques et leurs retombées, réussites comme échecs. L'échelle de temps à laquelle les humains perçoivent et réagissent au changement climatique est une question clé qui ressort de ces collaborations. Dans cette communication nous décrivons comment nous avons quantifié la variabilité climatique à l'échelle mensuelle/saisonnaire afin d'explorer son impact sur les décisions prises par des populations humaines vivant en Europe au cours du Pléistocène récent.

# High resolution paleo-hydrological record from carbonate deposits in the Roman aqueduct of Traconnade (Aix-en-Provence, SE France).

Christelle Claude <sup>1</sup>, Laurence Vidal <sup>1</sup>, Cees Passchier <sup>2</sup>, Bernard Angeletti <sup>1</sup>, Abel Guihou <sup>1</sup>, Gül Sürmelihindi <sup>3</sup>, Angèle Ricolleau <sup>4</sup>, Ghislain Gassier <sup>1</sup>, Marc Panneau <sup>5</sup>, Corrine Sonzogni <sup>1</sup>, Doriane Delanghe <sup>1</sup>, Pierre Deschamps <sup>1</sup>, Marc Fuhry <sup>6</sup>, Bernard Fino <sup>6</sup>, Philippe Leveau <sup>7</sup>, Lionel Marié <sup>1</sup>, Nuria Nin <sup>8,9</sup>

- 1 Centre de Recherche et d'Enseignement de Géosciences de l'Environnement (CEREGE) – Collège de France, CNRS, IRD, Aix Marseille Université, INRAE – 13545 Aix-en-Provence, France  
2 Department of Earth Sciences — University of Mainz – Allemagne  
3 School of Archaeology — University of Oxford – Royaume-Uni  
4 Centre Interdisciplinaire de Nanoscience de Marseille (CINaM) — CNRS, Université Aix-Marseille, 13288 Marseille Cedex 09, France  
5 Institut de recherche sur l'architecture antique (IRAA) — CNRS, Université Aix-Marseille, INRAP, Université Pau et Pays de l'Adour — 13100 Aix-en-Provence, France  
6 Service d'archéologie d'Aix en Provence – 13290 Aix-en-Provence, France  
7 Laboratoire Méditerranéen de Préhistoire Europe Afrique (LAMPEA) – Aix Marseille Université, CNRS, Ministère de la Culture et de la Communication – MMSH 5 rue du château de l'horloge, 13094 Aix-en-Provence, France  
8 Direction Archéologie et Muséum d'Aix-en-Provence (DAMVA) — 13616 Aix-en-Provence Cedex 1, France  
9 Archéologie des sociétés méditerranéennes (ASM) — CNRS, Ministère de la Culture, Université Paul Valéry Montpellier 3, INRAP — Université Paul-Valéry, 34090 Montpellier, France

Carbonate deposits in Roman aqueducts are potential valuable archives of the paleo-hydrological record. Here we present a new high-resolution record from carbonate deposits in the aqueduct of Traconnade built for Aix-en-Provence, the Roman city of Aquae Sextiae. As its name indicates, Aquae Sextiae was built around an abundant source of water. The Traconnade aqueduct carbonate provides sufficient temporal resolution to explore environmental variations on a seasonal scale. Through a combination of micromilling and in situ analysis (LA–MC–ICPMS) on thin sections, we measured geochemical variations (stable isotopes and trace elements) and performed sampling for absolute U-Th dating. Geochronological results based on classical correction and isochron along with archaeological observations confirm that the carbonate concretion was deposited in Roman times on the walls of the Traconnade aqueduct, built no later than AD 140. Carbonate  $\delta^{18}\text{O}$  records document the presence of clear geochemical cycles that were mainly controlled by seasonal variations in temperature and  $\delta^{18}\text{O}$  from water circulating in the aqueduct. Minima and maxima in  $\delta^{18}\text{O}$  values were attributed to summer and winter conditions, respectively in agreement with the modern spring's stable isotope values. The other tracers (Mg/Ca, Sr/Ca and  $\delta^{13}\text{C}$ ) also show marked cyclicities with maximum values occurring in summer. The enrichment in trace elements and  $\delta^{13}\text{C}$  were linked to processes occurring during dry periods (1) prior precipitation of calcite in the epikarst, and/or (2) a greater degree of  $\text{CO}_2$  degassing. The geochemical variations in Ba/Ca, U/Ca and Rb/Ca behave differently and their co-variations may reflect the water-rock interactions in the karst system. We highlight that these tracers can be used as a proxy for intense precipitation events. These results suggest the occurrence of a double rainy season (spring and autumn) in the Aix-en-Provence region, similar to present-day climatic conditions. Our study confirms the high potential of aqueduct concretions for paleo-hydrological studies.



# Palaeoclimate synthesis of the central Mediterranean area from pollen data

Léa D'oliveira <sup>1</sup>, Sébastien Joannin <sup>1</sup>, Guillemette Menot <sup>2,3</sup>, Nathalie Combourieu-Nebout <sup>4</sup>, Lucas Dugerdil <sup>1,5</sup>, Marion Blache <sup>6</sup>, Elisabetta Brugiapaglia <sup>7</sup>, Assunta Florenzano <sup>8</sup>, Alessia Masi <sup>9</sup>, Anna Maria Mercuri <sup>10</sup>, Mary Robles <sup>11</sup>, Laura Sadori <sup>9</sup>, Marie Balasse <sup>12</sup>, Odile Peyron <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Institut des Sciences de l'Évolution de Montpellier (ISEM) – CNRS, EPHE Paris, IRD, Université de Montpellier, Université Paris sciences et lettres, CIRAD, INRAP – 34095 Montpellier Cedex 05, France

<sup>2</sup> Laboratoires Mixtes Internationaux : Dynamique des écosystèmes continentaux d'Afrique Centrale (LMI DYCOFAC) – IRD, Université de Yaoundé 1, IRGM – BP1857, Yaoundé, Cameroun

<sup>3</sup> Laboratoire de Géologie de Lyon - Terre, Planètes, Environnement (LGL-TPE) – CNRS, ENS Lyon, Université Claude Bernard Lyon 1, Université Jean Monnet Saint-Etienne – 69622 Villeurbanne Cedex, France

<sup>4</sup> Histoire Naturelle de l'Homme Préhistorique (HNHP) – CNRS, Université de Perpignan via Domitia, MNHN, IRD – 75013 Paris Cedex, France

<sup>5</sup> Laboratoire de Géologie de Lyon - Terre, Planètes, Environnement (LGL-TPE) – CNRS, ENS Lyon, Université Claude Bernard Lyon 1, Université Jean Monnet Saint-Etienne – 69622 Villeurbanne Cedex, France

<sup>6</sup> Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue (UQAT) – 445 Boulevard de l'université, Rouyn-Noranda, Canada

<sup>7</sup> University of Molise (UNIMOL) – Via Francesco De Sanctis, 1 - Campobasso, Italie

<sup>8</sup> Laboratorio di Palinologia e Paleobotanica, Dipartimento di Scienze della Vita – Università di Modena e Reggio Emilia – Italie

<sup>9</sup> Università degli Studi di Roma "La Sapienza" (UNIROMA) – Piazzale Aldo Moro 5, 00185 Roma, Italie

<sup>10</sup> Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia (UNIMORE) – 41121 Modena Reggio Emilia, Italie

<sup>11</sup> Centre de Recherche et d'Enseignement de Géosciences de l'Environnement (CEREGE) – Collège de France, CNRS, IRD, Aix Marseille Université, INRAE – 13545 Aix-en-Provence, France

<sup>12</sup> Archéozoologie, archéobotanique, Sociétés, pratiques et environnements (AASPE) – CNRS, MNHN, INRAP – 75231 Paris cedex 05, France

Many studies suggest that the Holocene is characterized by longitudinal and latitudinal complex and different climatic trends in the central Mediterranean region. This particularity in the regional climate system has been highlighted by multiple proxies showing contrasting trends of climate variations. Chironomid temperature-based reconstructions indicate the presence of a thermal optimum in Italy (10,000 – 7,000 cal. BP), contradicting the pollen-inferred quantification of Northern Europe. Those discrepancies point to the need for further investigation concerning the Holocene climate of the Mediterranean region. To date, various studies have attempted to quantify the climate signal through different approaches without being able to propose a consistent climate reconstruction between proxies and sites.

In this context, a pollen-based multi-method approach has been developed to quantify the Holocene climate in the central Mediterranean through a regional approach using multiple sites in Southern France and Italy. We show the results here based on various sites extracted from international pollen databases (NEOTOMA or European Pollen Database). The pollen-inferred climate is quantified by a multi-method approach, using four different methods (MAT, WA-PLS, BRT and RF) and three modern pollen databases (regional and global).

This study highlights the existence of strong inter-regional differences in the Holocene climate in the central Mediterranean. The results show that not all of the northern Mediterranean basin is marked by a Holocene thermal optimum and that there is strong spatial variability. Western southern France seems to show the presence of a thermal optimum, but this pattern is not observed in the rest of the Mediterranean basin, particularly in southern Italy. Southern France and northern Italy show more variable climatic patterns, where altitude seems to play a particular role. Seasonality also appears to be

an important aspect of the Mediterranean climate, and its study enables us to highlight different climatic dynamics and gain a better understanding of the particular characteristics of the Holocene climate in this region.

# Climate changes during the Holocene in central Mediterranean area reconstructed from the new Monticchio record (Potenza, Italy) using a coupled pollen and lipid biomarkers (brGDGT) approach

Léa D'oliveira<sup>1</sup>, Odile Peyron<sup>1</sup>, Sebastien Joannin<sup>2,1</sup>, Nathalie Combourieu-Nebout<sup>3</sup>, Lucas Dugerdil<sup>1,4</sup>, Sébastien Nomade<sup>5</sup>, Alison Pereira<sup>6</sup>, Marie Balasse<sup>7</sup>, Guillemette Menot<sup>8,4</sup>

<sup>1</sup> Institut des Sciences de l'Évolution de Montpellier (ISEM) – CNRS, EPHE Paris, IRD, Université de Montpellier, Université Paris sciences et lettres, CIRAD, INRAP – 34095 Montpellier Cedex 05, France

<sup>2</sup> School of Geography and earth sciences – Canada

<sup>3</sup> Histoire Naturelle de l'Homme Préhistorique (HNHP) – CNRS, Université de Perpignan via Domitia, MNHN, IRD – 75013 Paris Cedex, France

<sup>4</sup> Laboratoire de Géologie de Lyon - Terre, Planètes, Environnement (LGL-TPE) – CNRS, ENS Lyon, Université Claude Bernard Lyon 1, Université Jean Monnet Saint-Etienne – 69622 Villeurbanne Cedex, France

<sup>5</sup> Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (LSCE) – CEA, CNRS, Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines – Université Paris-Saclay, 91191 Gif-sur-Yvette Cedex, France

<sup>6</sup> Géosciences Paris Saclay (GEOPS) – Université Paris-Saclay, CNRS – Université Paris Saclay, bât. 504 & 510, 91405 Orsay Cedex, France

<sup>7</sup> Archéozoologie, archéobotanique, Sociétés, pratiques et environnements (AASPE) – CNRS, MNHN, INRAP – 75231 Paris cedex 05, France

<sup>8</sup> Laboratoires Mixtes Internationaux : Dynamique des écosystèmes continentaux d'Afrique Centrale (LMI DYCOFAC) – IRD, Université de Yaoundé 1, IRGM – BP1857, Yaoundé, Cameroun

Past climatic changes in southern Europe are characterised by a strong spatial and temporal heterogeneity whose patterns are still poorly understood. This is particularly true for Italy, where several studies have highlighted north-south regional patterns during the Holocene. The distinct characteristics of the regional climate system have been highlighted by various proxies that reveal differing climate trends and rapid climate events. Temperature reconstructions based on chironomid data suggest a thermal optimum in North Italy during the Middle Holocene, which contrasts the model-based assessments from the central Mediterranean region. Pollen data and lake-levels have shown opposite climatic dynamics north and south of 40° N latitude, with maximum humidity between 8000 and 4000 cal BP; this process reverses around 4000 cal BP. These inconsistencies highlight the necessity for additional research into the Holocene climate of the Mediterranean region.

The Lago Grande di Monticchio (Potenza, Italy) is an emblematic sequence in the Mediterranean region and has already been the subject of several studies, focusing on tephrochronology, geochemistry, palynology and palaeoclimatology. Here, a multi-proxy approach combining pollen and lipid biomarkers (branched Glycerol Dialkyl Glycerol Tetraethers, brGDGTs) is applied to a new record in the Lago Grande di Monticchio, to reconstruct at high resolution the climate changes over the last 13,000 years in southern Italy. To provide reliable climate reconstructions, we have performed a multi-method approach based on transfer functions applied to pollen data (MAT, BRT) and lipid biomarkers (brGDGTs).

Preliminary results indicate that pollen and brGDGT-inferred climate trends are consistent between the pollen and brGDGT reconstructions. The Lateglacial and Early Holocene periods are characterised by colder conditions and are followed by a relatively warm Middle Holocene. The Late Holocene is characterised by a cooling to present-day conditions. Altogether, our preliminary results from the Lago Grande di Monticchio sequence reveal coherent trends between independent proxies, supporting the reliability of our reconstruction.

# Evaluation and Attribution of a Warm Winter Bias Over Arctic Sea Ice in a Climate Model

Nicolas Michalezyk <sup>1</sup>, Guillaume Gastineau <sup>1</sup>, Martin Vancoppenolle <sup>1</sup>, Clément Rousset <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire d'Océanographie et du Climat : Expérimentations et Approches Numériques (LOCEAN) – Sorbonne Université, CNRS, MNHN, IRD — 4 place Jussieu - 75252 Paris Cedex 05, France

<sup>2</sup> Institut Pierre-Simon-Laplace – Sorbonne Université – France

Climate models often show important winter near-surface temperature biases over Arctic sea ice, increasing uncertainties in future sea ice and Arctic climate projections. Such biases reflect difficulties in representing air-sea-ice interactions, and limited observations in the Arctic. Mitigating them in future model versions requires proper evaluation and understanding of their origin. The climate variability in the models is strongly linked to the mean state simulated. In this contribution, we compare historical simulations using atmosphere-only and coupled configurations of the IPSL-CM6A-LR climate model regarding near-surface air temperature and find substantial differences. To establish a reliable baseline for evaluating simulations, we identified a linear relationship between ERA5 near-surface air temperature values and their bias relative to in situ observations from Soviet North Pole drift stations. This relationship is then used to correct the bias in ERA5 data. We find the winter near surface temperature bias in the atmosphere-only IPSL-CM6A-LR configuration turns from cold to warm once ERA5 is linearly corrected, reaching +2.2°C over Arctic multiyear ice. The bias increase to +4.8°C in the fully-coupled configuration. A pan-Arctic energy budget evaluation indicates that excess poleward atmospheric heat transport is the most likely cause of the warm bias. In the coupled configuration, presumably due to interactive sea ice and ocean components, we find compensation effects between high atmospheric heat transport, low poleward oceanic heat transport and surface energy budget. This translates to a weaker-than-expected heat release from the ocean to the atmosphere. The methods developed here could be used in multi-model evaluations to further progress in understanding and reducing biases in climate models, and to diminish the uncertainties weighing on the future climate.

# Sensibilité à la prise en compte du niveau marin dans les simulations du climat du dernier interglaciaire

Gilles Ramstein <sup>1</sup>, Manua Ewart <sup>1</sup>, Sébastien Nguyen <sup>1</sup>, Zhongshi Zhang <sup>2</sup>

<sup>1</sup>Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (LSCE) — CEA, CNRS, Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines – Université Paris-Saclay, 91191 Gif-sur-Yvette Cedex, France

<sup>2</sup>Université de Wuhan – Chine

La remontée du niveau marin (GMSL global mean sea level) est perçue comme une conséquence du changement climatique. Celle-ci est d'abord liée à la dilatation des molécules d'eau, mais ce processus va être bientôt largement dominé par la contribution en eau douce liée à la fonte partielle des calottes de glace, à la fois celle du Groenland mais également celle de l'Antarctique. Or il a été récemment montré que la remontée du niveau marin pouvait devenir un facteur forçant du changement climatique.

Cet effet a été illustré dans le cadre du dernier Interglaciaire (LIG pour Last Inter Glacial à 130-115 ka BP) où le niveau marin global était plus élevé (de 3 à 9 m), du fait de la réduction importante des volumes des calottes du Groenland et de l'Antarctique de l'ouest. Les forçages climatiques " classiques " pour simuler le dernier interglaciaire utilisées dans PMIP4 (Otto-Bliesner CP2021) sont d'abord les paramètres orbitaux, en particulier, la précession qui donne une forte saisonnalité et les concentrations à gaz à effet de serre (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> et N<sub>2</sub>O) qui sont peu différentes de celles de l'Holocène.

La prise en compte du niveau marin du LIG a, pour la première fois, été simulée (Zhang 2023) avec le GCM NORESM versionF1 et a montré une forte sensibilité climatique avec en particulier

- (1) une amélioration sensible des températures de surface de l'océan comparées aux données dans l'hémisphère sud ;
- (2) une augmentation marquée des températures dans le détroit de Béring.

Il était donc important de tester ce même forçage avec un autre GCM pour évaluer la robustesse de ce résultat.

Nous montrons à travers une série de simulations de sensibilité avec le modèle de l'IPSL (CM6LR) que

- (1) La prise en compte du GMSL est déterminante pour simuler le climat du LIG ;
- (2) la réponse des 2 modèles présente des caractéristiques communes, mais aussi des différences importantes. Celles-ci sont principalement liées aux caractéristiques propres de chaque modèle dans leurs simulations du climat pré-industriel (e.g. AMOC) et à la distribution spatiale utilisée, en particulier pour le détroit de Béring.

Enfin pour notre interglaciaire, la prise en compte d'une augmentation du niveau marin, au cours de ce siècle (0.5-1 m) et à l'échelle de 2300 (jusqu'à 13m) (résumé pour décideurs du W1 du GIEC, figs. 8d et 8e) pourrait devenir un facteur déterminant du changement climatique à travers des processus linéaires et non linéaires, liés en particulier aux effets de seuils produits par l'augmentation du niveau marin dans les détroits sur la circulation océanique en Arctique et en Atlantique nord.

# A Regime View of ENSO Flavors Through Clustering in CMIP6 Models

Pradeebane Vaittinada Ayar<sup>1</sup>, David Battisti<sup>2</sup>, Camille Li<sup>3</sup>, Martin King<sup>4</sup>, Mathieu Vrac<sup>1</sup>, Jerry Tjiputra<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (LSCE) — CEA, CNRS, Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines – Université Paris-Saclay, 91191 Gif-sur-Yvette Cedex, France

<sup>2</sup> University of Washington – Box 351640 Seattle, WA 98195, États-Unis

<sup>3</sup> University of Bergen and the Bjerknes Centre for Climate Research – Jahnebakken 5 5007 Bergen, Norvège

<sup>4</sup> Geophysical Institute [Bergen] (GFI / BiU) – Universitetet i Bergen, Geofysisk institutt, Allégaten 70, 5020 Bergen, Norvège

<sup>5</sup> NORCE Climate Bjerknes Centre for Climate Research – Jahnebakken 5 5007 Bergen, Norvège

El Niño-Southern Oscillation (ENSO) flavors in the tropical Pacific are studied from a regime perspective. Five recurring spatial patterns or regimes characterizing the diversity of ENSO are established using a clustering approach applied to the HadISST sea surface temperature (SST) anomalies. Compared to previous studies, our approach gives a monthly characterization of the diversity of the warm and cold phases of ENSO established from observations but commonly applied to models and observations. Two warm (eastern and central El Niño), two cold (basin wide and central La Niña) and a neutral reference regimes are found. Simulated SST anomalies by the models from the latest Coupled Model Intercomparison Project Phase 6 are then matched to these reference regimes. This allows for a consistent assessment of the skill of the models in reproducing the reference regimes over the historical period and the change in these regimes under the high-warming Shared Socio-economic Pathway (SSP5.8.5) scenario. Results over the historical period show that models simulate well the reference regimes, with some discrepancies. Models simulate more intense and spatially extended ENSO patterns and have issues in capturing the correct regime seasonality, persistence, and transition between regimes. Some models also have difficulty simulating the frequency of regimes, the eastern El Niño regime in particular. In the future, both El Niño and central La Niña regimes are expected to be more frequent, accompanied by a less frequent neutral regime. The central Pacific El Niño and La Niña regimes are projected to increase in amplitude and variability.

## 14 - Variabilités climatiques et cycle du carbone au cours du Quaternaire

# Réponse de la végétation et du climat dans la péninsule coréenne pendant les Interstadias du Groenland 8 et 12

Léa Baubant <sup>1</sup>, Coralie Zorzi <sup>2</sup>, Jong Hyun Kim <sup>3</sup>, María Sánchez Goñi <sup>4</sup>

<sup>1</sup> PhD Track Graduate School Géosciences, Climat, Environnement, Planètes – Université Paris-Saclay – France

<sup>2</sup> Centre of Marine Sciences - Instituto Português do Mar e da Atmosfera (CCMAR-IPMA) – Portugal

<sup>3</sup> Centre for Glacial and Cryospheric Research - Korea Polar Research Institute – Corée du Sud

<sup>4</sup> Environnement, et Paléoenvironnement Océaniques et Continentaux (EPOC) – CNRS, Université de Bordeaux, Bordeaux INP, EPHE Paris, Université Paris sciences et lettres – 33615 Pessac Cedex, France

La dernière période glaciaire a été marquée par une succession rapide d'interstadias (phases tempérées, GI) et stadias (phases froides, GS) au Groenland. Les mécanismes modulant la variabilité rapide du climat sont encore mal compris en Asie de l'Est, une région influencée par les moussons d'été et d'hiver, qui apportent respectivement des conditions chaudes/humides et froides/sèches. Malheureusement, les modèles climatiques actuels ne représentent pas encore avec fiabilité la distribution et la saisonnalité des précipitations dans cette région face au changement climatique. Ce travail étudie les changements de végétation et du climat sur la péninsule coréenne pendant les Interstadias de Groenland (GI)-8 (-38.3 à -36.6 ka) et GI-12 (-44.3 à -46.8 ka). Un interstadaire est caractérisé par un réchauffement rapide suivi d'un refroidissement progressif, avec une température relativement élevée. Ces GI sont des analogues stratégiques pour comprendre la réponse régionale des écosystèmes face à un réchauffement abrupt. Ces deux périodes partagent une forte hausse des températures au Groenland et une insolation similaire, mais diffèrent par leurs configurations orbitales.

L'analyse palynologique de la carotte marine ES14-GC01 montre que lors des réchauffements au Groenland, la végétation coréenne réagit par une expansion des forêts tempérées de feuillus et une diminution des conifères boréaux. Cela suggère une hausse des températures et des précipitations, en accord avec le  $\delta^{18}\text{O}$  des spéléothèmes de Hulu Cave et la taille des grains de loess de Gulang, indiquant une réponse de la végétation à la variabilité du système de mousson Est-asiatique. Cependant, les assemblages polliniques diffèrent entre les deux GIs. Les forêts tempérées de feuillus et de conifères sont davantage développées durant le GI-12, tandis que le GI-8 se distingue par une forêt chaude-tempérée et une plus grande abondance de taxons steppiques et de conifères boréaux. Le développement de ces taxons suggère une augmentation de la saison humide estivale et un allongement de la saison sèche hivernale, reflétant un contraste saisonnier plus marqué, lié au minimum de précession pendant le GI-8. En revanche, le GI-12, avec un maximum d'obliquité, favorise un ensoleillement annuel plus important et des hivers plus doux, ainsi qu'une intensification de la mousson d'été, entraînant un développement plus fort des forêts. Ces réchauffements initiaux favorisent l'expansion forestière sur la péninsule coréenne, mais l'ampleur et la composition des forêts sont modulées par les paramètres orbitaux.



# Holocene Integrative Vegetation Evolution (HIVE) : dynamical modelling with different models under transient climate conditions in Europe

Isabeau Bertrix <sup>1</sup>, Didier M. Roche <sup>1</sup>, Hisashi Sato <sup>2</sup>, Nicolas Viovy <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (LSCE) — CEA, CNRS, Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines – Université Paris-Saclay, 91191 Gif-sur-Yvette Cedex, France

<sup>2</sup> Department of Environmental Geochemical Cycle Research — Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology — Japon

Climate always had a strong influence on both vegetation cover and human population size, which in turn is a big influencer of landscape. Indeed, if we look at the Holocene period, human activities such as deforestation, hunting and agriculture, have led to substantial changes in the European vegetation cover (Nikulina et al 2024), as well as a rise in CO<sub>2</sub> levels more recently (Petit et al, 2020). Moreover, land cover is an integral component of the climate system that can lead to two types of feedback loops: biogeophysical (albedo, thermal conductivity) and biogeochemical (carbon dioxide absorption or release during photosynthesis or decomposition). Human societies impact on vegetation thus modify the climate directly and through the mediation of the carbon cycle. Additionally, for a given set of climate and human impact conditions the vegetation cover is not ubiquitous but is also a result of the past history.

A good candidate to solve this three-body problem is the comparison between pollen-based reconstructions and Dynamical Global Vegetation Models (DGVMs) simulations. Indeed, pollen-based reconstructions represent the vegetation effectively affected by human activities and climate conditions, whereas the DGVMs simulations represent the Potential Natural Vegetation (PNV) that could have lived in the absence of homo sapiens. DGVMs use climatic data as inputs, so they can be sensitive to climatic variations too.

We aim at exploring the difference between the results of two DGVMs model, SEIB-DGVM and ORCHIDEE-DGVM, compared to pollen-based reconstruction.

The DGVMs simulations were running using climatic inputs from the intermediate complexity climatic model iLOVECLIM, using a downscaling approach to increase the spatial resolution and a bias correction method to improve the climate representation over the European area. Using steps of 300 years time windows periods from 8.5K bp to the preindustrial period, we present the results of those simulations and the comparison with the pollen database as well as comparison between the two DGVMs to assess the inter-model dispersion. The immediate outcome of our work is to validate a generic methodology to intercompare models outputs taking into account their differences in processes, complexity etc., as well as to infer what is the robust signal that can be extracted from the data – model comparison. In a second step, this will lead to more robust estimations of vegetation response in a climate change context and particularly in the view to help us understand how our species has shaped the lands even before agricultural times.

*Nikulina A., MacDonald K., Zapolska A., Serge M. A., Roche D. M., Mazier F., Davoli M., Svenning J., Wees D, Pearce E. A., Fyfe R., Roebroeks W., and Scherjon F.. Hunter-gatherer impact on european interglacial vegetation: A modelling approach. Quaternary Science Reviews, 324:108439, 2024. ISSN 0277-3791. doi: <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2023.108439>. URL*

*Jean-Robert Petit and Dominique Raynaud. Forty years of ice-core records of CO<sub>2</sub>., 579(7800):505– 506, March 2020. doi:10.1038/d41586-020-00809-8.7*

# Changements environnementaux et climatiques au cours des MIS 37-31 (~1,25-~1,06 Ma) en Méditerranée occidentale : vers une meilleure compréhension de l'occupation tardive de l'Europe de l'Ouest par les Hominines

Maé Catrain<sup>1</sup>, Nathalie Combourieu-Nebout<sup>1</sup>, Vincent Lebreton<sup>1</sup>,  
Séverine Fauquette<sup>2</sup>, Odile Peyron<sup>2</sup>, Sébastien Joannin<sup>2</sup>, Morgane Fries<sup>3</sup>,  
Viviane Bout-Roumazeilles<sup>4</sup>, Lionel Dubost<sup>1</sup>, Patricia Richard<sup>3</sup>,  
Jeanne Lepelletier<sup>1</sup>, Marie-Hélène Moncel<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Histoire Naturelle de l'Homme Préhistorique (HNHP) — CNRS, Université de Perpignan via Domitia, MNHN, IRD — 75013 Paris, France

<sup>2</sup> Institut des Sciences de l'Évolution de Montpellier (ISEM) — CNRS, EPHE Paris, IRD, Université de Montpellier, Université Paris sciences et lettres, CIRAD, INRAP — 34095 Montpellier Cedex 05, France

<sup>3</sup> Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (LSCE) — CEA, CNRS, Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines — Université Paris-Saclay, 91191 Gif-sur-Yvette Cedex, France

<sup>4</sup> Laboratoire d'océanologie et de géosciences (LOG) — CNRS, Université Littoral-Côte d'Opale, Université de Lille, IRD — 59650 Villeneuve d'Ascq, France, France

Les premières traces de peuplement de l'Europe occidentale sont datées de 1.4 et 1.2 Ma en Espagne (Fuente Nueva 3 et Sima del Elefante) et sont bien postérieures à celles du Caucase (1.8 Ma) et de l'Asie (2 Ma). Cette colonisation tardive coïncide avec le début de la Early Middle Pleistocene Transition (EMPT, 1.4 à 0.4 Ma), au cours de laquelle les cycles climatiques présentant une période de 41 ka sont remplacés progressivement par des cycles de 100 ka forcés non plus par l'obliquité mais par l'excentricité. Cette période de temps est climatiquement complexe, mais très peu documentée. Il est donc essentiel de comprendre les changements climatiques et environnementaux survenus au cours de l'EMPT, ce qui permettra de mieux appréhender ces trajectoires différentes de peuplement. Cette étude est basée sur des analyses palynologiques du site Leg 161 ODP 976 dans la mer d'Alboran, au sud de la péninsule ibérique. Cette séquence marine est le seul enregistrement continu pour cette période en Méditerranée occidentale.

Les nouvelles données polliniques de la carotte ODP 976 couvrent les stades isotopiques marins (MIS) 37-31 (1,25 - 1,06 Ma) et améliorent notre compréhension des environnements méditerranéens au Pléistocène inférieur. Notre étude est multi-proxies : données polliniques, assemblages de foraminifères planctoniques, analyse de la composition des argiles, permettant ainsi une reconstruction des changements climatiques au cours des différentes périodes glaciaires et interglaciaires. Cette étude pluridisciplinaire propose une vision détaillée de la dynamique climatique du sud-ouest de la Méditerranée au cours des cycles à 41 ka.

Les résultats montrent que les transitions entre les conditions glaciaires et interglaciaires sont caractérisées par des successions récurrentes de la végétation, qui seront comparées à celles des séquences continentales clés en Méditerranée. Ils soulignent également des corrélations entre les changements observés dans les courbes polliniques et celles des assemblages de foraminifères planctoniques, tandis que les données issues de l'analyse des argiles dans les sédiments indiquent la provenance des dépôts en lien avec des variations des flux atmosphériques. Ces recherches viennent

préciser le cadre environnemental et climatique contemporains des premiers peuplements de l'Europe occidentale et permet de discuter les changements des comportements techniques et de subsistance ainsi que de la mobilité des premiers Hominines pendant cette période clé de l'EMPT.

# Towards a continuous single site record of Quaternary CO<sub>2</sub>

Thomas Chalk<sup>1</sup>, Rachel Brown<sup>1</sup>, Elwyn De La Vega<sup>2</sup>, Paul Wilson<sup>3</sup>,  
Gavin L. Foster<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Centre de Recherche et d'Enseignement de Géosciences de l'Environnement (CEREGE) – Collège de France, CNRS, IRD, Aix Marseille Université, INRAE – 13545 Aix-en-Provence, France

<sup>2</sup> University of Galway – Irlande

<sup>3</sup> University of Southampton – Royaume-Uni

Ice core records of trapped past CO<sub>2</sub> span the last 800,000 years in a continuous fashion, less than half of the Quaternary epoch. Beyond that exist snapshots of discontinuous 'blue ice' where older ice preserves deeper time as discrete datapoints. Marine records comprising boron isotope ratios from planktic foraminifera have the proven potential to substitute for direct CO<sub>2</sub> measurements in the geological past, and are especially powerful over the Quaternary. One marine site in particular, ODP Site 999, has been extensively proven for the Plio-Pleistocene, but not yet complete. Here we explore the comparison of existing ice core and  $\delta^{11}\text{B}$ -derived records of past CO<sub>2</sub>, where they co-exist in the latest Pleistocene to exploring the potential implications arising from this comparison – in particular over the interval of the discontinuous 'blue ice'. Marine records are capable of providing high fidelity reconstructions of pH and therefore CO<sub>2</sub> (albeit less so than that of the ice cores), but they can also add much needed context and information on the mechanisms of CO<sub>2</sub> change where they diverge from the atmosphere. There is much to be learned via the extensive proxy-training period with the ice cores interval, which we then seek to apply over the entire Pleistocene to connect with the Pliocene.

# Environmental changes during Heinrich Stadial 4 and DO 8 in SW Mediterranean: insights from new high-resolution palynological analyses and climate reconstructions.

Liz Charton <sup>1,2</sup>, Nathalie Combourieu-Nebout <sup>1</sup>, Adele Bertini <sup>2</sup>, Odile Peyron <sup>3</sup>,  
Marie-Hélène Moncel <sup>1</sup>, Vincent Lebreton <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Histoire Naturelle de l'Homme Préhistorique (HNHP) — CNRS, Université de Perpignan via Domitia, MNHN, IRD — 75013 Paris, France

<sup>2</sup> Dipartimento di Scienze della Terra — Università degli Studi di Firenze — Via la Pira 4, 50121 Firenze, Italy, Italie

<sup>3</sup> Institut des Sciences de l'Évolution de Montpellier (ISEM) — CNRS, EPHE Paris, IRD, Université de Montpellier, Université Paris sciences et lettres, CIRAD, INRAP — 34095 Montpellier Cedex 05, France

During the last glacial period (MIS 4-2), the Northern hemisphere experienced submillennial climate oscillations (Dansgaard-Oeschger cycles) as evidenced through the study of Atlantic sedimentary cores and the Greenland ice records. Heinrich Stadials were described as phases of extreme and abrupt shift toward cold and dry conditions on the continent, linked with major iceberg discharges in the North Atlantic. Palynological studies of marine cores from the Iberian margins already evidenced vegetation changes associated to the submillennial climate variability and Heinrich events, but generally with low resolution. Leg 161 ODP 976 marine core is located in the Alboran Sea, 50km south of Malaga, and already provided important insights into the fast climate variability of the Last Glacial. Here, we report the results of ultra-high resolution palynological analyses for the interval between 41-34 ka BP including the Heinrich Stadial 4 (HS4) and the Dansgaard-Oeschger 8 (DO8). An updated age model was built using radiocarbon ages and calibration with the Greenland isotopic chronology. Vegetation and climate changes are discussed on the basis of 1) pollen counting and identification, and 2) multiple methods of pollen-based climate reconstructions: Modern Analogue Technique (MAT), Weighted Averaging Partial Least Squares regression (WA-PLS), and machine learning methods as Random Forest (RF) and Boosted Regression Trees (BRT). Results show the fast spread at centennial-scale of semi-arid vegetation with the main taxa *Artemisia*, *Amaranthaceae* and *Ephedra* reaching more than 60% of the total pollen sum during the main phase of the HS4. The transition to the following DO 8 climate amelioration is progressive, displaying a major instability with a vegetation succession that mimics the pattern of the last deglaciation. The climate reconstruction shows cold conditions during HS4 and enhanced aridity mostly linked to the winter rainfall deficit caused by the abrupt disturbance of the Mediterranean seasonal regime of precipitations. The regional comparison with available palynological and paleoclimatic records from the western Mediterranean and the Atlantic sheds light on the spatial expression of the arid event from both sides of the Gibraltar Strait. The typical three-phased pattern for the HS4 described in Greenland (and in Brazil from speleothems) is also identified in SW Mediterranean records, supporting the connection between

Greenland and lower latitudes hydroclimatic changes while the north Atlantic cores record a two-phased pattern. The comparison also evidences a westward trend in aridification in the Iberian Peninsula toward the Mediterranean: a more intense drying is reconstructed in the SW Mediterranean region compared to the Atlantic, with a drop in precipitations of 100 to 400 mm during the main phase of the event. The Alboran Sea is confirmed to be a critical area at the interface of the Atlantic and Mediterranean influences, recording the particular expression of fast climate oscillations in the westernmost part of the Mediterranean. The results of this study are of particular relevance for the debate on the impact of fast climate variability on the dynamics of Neanderthal and Homo sapiens populations during MIS3 in Southern Europe.

# Terrestrial biosphere evolution during Termination V: a model-data comparison

Thomas Extier<sup>1</sup>, Audrey Zimmer<sup>1</sup>, Stéphanie Duchamp-Alphonse<sup>2</sup>, Antoine Séjourné<sup>2</sup>, María Sánchez Goñi<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Environnement, et Paléoenvironnement Océaniques et Continentaux (EPOC) – CNRS, Université de Bordeaux, Bordeaux INP, EPHE Paris, Université Paris sciences et lettres – 33615 Pessac Cedex, France

<sup>2</sup> Géosciences Paris Saclay (GEOPS) – Université Paris-Saclay, CNRS – Université Paris Saclay, bât. 504 & 510, 91405 Orsay Cedex, France

Glacial terminations of the past 800,000 years are key periods associated with a rise of 50- 100 ppm of the atmospheric carbon dioxide concentrations ( $p\text{CO}_2$ ) within a few thousand years. However, the mechanisms that led to these deglacial transitions remain elusive even if evidence suggests that terrestrial biosphere may have played a key role in regulating the  $p\text{CO}_2$ . At the late Pleistocene, the Termination V (TV  $\sim 430$  ka) is characterized by a minimum in eccentricity together with unprecedented increases in sea level, Antarctic air temperature and  $p\text{CO}_2$ . It is also associated with a 20% increase of global primary productivity compared to other terminations (Brandon et al., 2020; Yang et al., 2022) as well as the likely development of the temperate and boreal forests, based on a pollen database (Hes et al., 2021). We present here an updated version of the compilation of terrestrial biosphere records, including new pollen and  $\delta^{13}\text{C}_{\text{wax}}$  records, qualitatively interpreted as indirect marker of terrestrial primary productivity changes. In addition, we performed a transient simulation between 460 and 350 ka, bracketing MIS12-10 and hence TV, with the coupled model of intermediate complexity iLOVECLIM to investigate vegetation patterns. Results show a strong increase of 60 PgC in terrestrial productivity during TV, mainly due to the development in the northern hemisphere of mid to high latitudes shrub and temperate forests. These biomes suggest warmer and wetter conditions during the MIS11, compared to MIS 12, together with an ice-sheet decrease of 25%. One cannot exclude that the low eccentricity context that characterizes this period also allows for conducive conditions for a wider vegetation cover. All together, these results indicate a higher terrestrial productivity by  $\sim 30\%$  during the TV, supporting the hypothesis of a larger contribution of the terrestrial biosphere to the global primary productivity at that time (Yang et al., 2022).

# Réponse de la végétation méditerranéenne aux cycles climatiques millénaires d'après un nouvel enregistrement pollinique marin du golfe du Lion

Tiffanie Fourcade <sup>1,2</sup>, Maria Fernanda Sanchez Goñi <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Archéosciences-Bordeaux : Matériaux, temps, Images et Sociétés (Archéosciences Bordeaux) — CNRS, Université Bordeaux Montaigne — Maison de l'Archéologie, 33607 Pessac, France

<sup>2</sup> Environnement, et Paléoenvironnement Océaniques et Continentaux (EPOC) — CNRS, Université de Bordeaux, Bordeaux INP, EPHE Paris, Université Paris sciences et lettres — 33615 Pessac Cedex, France

Les archives polliniques provenant de la marge de l'Europe occidentale indiquent que la végétation régionale oscillait entre forêt et steppe au cours de la dernière période glaciaire en réponse à la variabilité climatique multi-centennale, en particulier les cycles de Dansgaard-Oeschger (D-O) et les événements de Heinrich (HE). Cependant, la dynamique de la végétation dans le nord-ouest de la région méditerranéenne pendant cette période reste mal comprise, en raison de la nature fragmentaire des séquences disponibles.

Dans cette étude, nous présentons un nouvel enregistrement pollinique marin, provenant du golfe du Lion (MD99-2343, 40° 29'N, 4° 01'E), documentant la réponse de la végétation du nord-ouest de la Méditerranée pendant les stades isotopiques marins (MIS) 4 à 2 (~73 – 14 kyrs).

Les premiers résultats révèlent que l'expansion forestière, colonisant les vallées du Rhône et de l'Èbre, en réponse aux cycles de D-Os, est modulée par la précession, comme précédemment observé dans les enregistrements polliniques situés au sud de 40 °N sur la marge de l'Europe occidentale. Dans ces régions, les HEs sont généralement associés à une expansion des steppes. Cependant, l'enregistrement de la carotte MD99-2343 met en évidence un scénario différent, où les couvertures forestières ouvertes dominent pendant les HE 6 et 2. Nous proposons que des processus atmosphériques et marins locaux spécifiques, corrélés à la quantité d'eau douce dans le golfe du Lion, ont favorisé le développement d'une forêt dans cette région pendant les événements HE 6 et 2. Ces résultats soulèvent de nouvelles questions quant à la complexité des interactions climatiques et environnementales dans le nord-ouest de la Méditerranée durant les périodes glaciaires.



# Dynamique d'accumulation des tourbes et quantification des stocks de carbone dans les tourbières alluviales holocènes du bassin de la Somme

Chloé Garcia <sup>1</sup>, Pierre Antoine <sup>2</sup>, Emmanuel Kramarczyk <sup>1</sup>, Boris Brasseur <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Écologie et dynamique des systèmes anthropisés (EDYSAN) — Université Picardie Jules-Verne Amiens, CNRS — 80037 Amiens Cedex 1, France

<sup>2</sup> Laboratoire de géographie physique : Environnements Quaternaires et Actuels (LGP) – CNRS, Université Panthéon-Sorbonne, Université Paris-Est Créteil Val-de-Marne – 94320 Thiais, France

A l'échelle mondiale les écosystèmes tourbeux constituent d'importants stocks de carbone (1/3 du C des sols pour 3% de la surface continentale). Formée principalement de débris végétaux fossiles, la tourbe possède un important potentiel de reconstruction paléoenvironnementale (pollens, macrofossiles) et de stockage de C organique. La formation et la conservation de la tourbe sont dépendantes de la disponibilité en eau et de l'évolution de la dynamique fluviale : périodes d'incision ou de crues, variabilité des apports détritiques. Dans le contexte actuel du changement global, les tourbières font face à différents changements susceptibles de perturber leur fonctionnement et donc la dynamique de stockage du C : drainage, extraction de la tourbe, pollution par les engrais et pesticides. Ces perturbations peuvent alors en faire des sources émettrices de carbone sous l'effet de la dégradation de la matière organique. Les tourbières " actives " sont de plus en plus citées comme des espaces naturels à protéger et restaurer grâce à leur capacité à séquestrer du C. Les enjeux de conservation de la tourbe dite " fossile " (ne se formant plus) accumulée depuis plusieurs millénaires sur des épaisseurs parfois importantes sont également de forts : baisse des niveaux de nappe, artificialisation du sol, etc. En Europe de l'Ouest, le bassin de la Somme recèle une des tourbières alluviales des plus étendues (20 à 30 000 ha), au sein de laquelle une grande quantité de C a été capté depuis le début de l'Holocène sous la forme d'un épais colmatage tourbeux (4 m en moyenne). La dynamique de recherche mise en place depuis 2020 nous permet actuellement de disposer d'une reconstitution précise des variations de la dynamique des tourbières et du système fluvial du bassin la Somme en relation avec les modifications climatiques et l'impact anthropique depuis plus de 11 ka. L'enjeu des nouvelles recherches en cours (FenSom), est donc pour la première fois de quantifier le volume de tourbe fossile et de C stockés, sur la base de données morphostratigraphiques. Les contours de ce système tourbeux n'étaient jusqu'à maintenant pas cartographiés et les épaisseurs précises reconnues seulement ponctuellement. Le premier objectif est de délimiter le système fossile à l'échelle du bassin en utilisant une base de données SIG composée de 750 points de sondages dont 310 localisés sur 10 transects stratigraphiques détaillés. Le volume et la teneur en C des grands ensembles stratigraphiques identifiés sera ensuite modélisée sur la base des caractéristiques sédimentaires et géochimiques précédentes collectées. Le volume de tourbe extraite pour son utilisation en tant que combustible sera évalué à partir des surfaces en eau, cicatrices d'extraction, et des profondeurs d'extraction moyenne. Ce volume sera alors retiré afin d'estimer le volume de tourbe et de C perdu. Les résultats seront livrés aux gestionnaires des espaces naturels et des politiques publiques territoriales afin de les sensibiliser aux questions liées au stockage de carbone dans la tourbe, et à la nécessité de favoriser leur conservation.

# The return of permafrost in Última Esperanza (Patagonia, Chile) during the Antarctic Cold Reversal (12-15 ka)

Igor Girault <sup>1</sup>, Dominique Todisco <sup>2</sup>, Joël Rodet <sup>3</sup>, Carole Nehme <sup>2</sup>,  
Isabelle Couchoud <sup>4</sup>, Fabiana Martin <sup>5</sup>, Luis Borrero <sup>6</sup>, Damase Mouralis <sup>2</sup>

1 Histoire Naturelle de l'Homme Préhistorique (HNHP) — CNRS, Université de Perpignan via Domitia, MNHN, IRD — 75013 Paris, France

2 Identité et Différenciation de l'Espace, de l'Environnement et des Sociétés (IDEES) — Université Caen Normandie, Université Rouen, Université Le Havre, CNRS — 76821 Mont-Saint-Aignan Cedex, France

3 Morphodynamique Continentale et Côtière (M2C) — Université de Caen Normandie, Université Rouen, CNRS — 14000 Caen, France

4 Environnements, Dynamiques et Territoires de la Montagne (EDYTEM) — CNRS, Université Savoie Chambéry, Ministère de la Culture — 73376 Le Bourget du Lac Cedex, France

5 Centro de Estudios del Hombre Austral — Universidad Magallanes — Instituto de la Patagonia, Punta Arenas, Chili

6 Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) — Avda. Rivadavia, Buenos Aires, Argentine

We document evidence of periglacial activity during the Antarctic Cold Reversal (ACR) in several caves located in Última Esperanza (Patagonia, Chile) based on new sedimentary records and geochronological data. The ACR is an episode of climate cooling that took place in the Southern Hemisphere between ca. 15 and 12 ka BP. It is marked in Patagonia by paleovegetation records dominated by steppe pollen assemblages, glacier readvances, as well as ice-wedge casts indicative of permafrost activity, previously reported in Santa Cruz, Argentina. Recent archaeological and paleontological excavations in Cueva del Milodón (Última Esperanza, Chile) have brought to light a one-metre-deep wedge penetrating a layer of ground sloth dung. This structure is interpreted as an ice-wedge cast based on morphological evidence such as downwardarcuate cast strata indicative of slumping following ice thawing. Previous radiocarbon dating of bones and new radiocarbon dating of coprolites from both host and cast strata bracket the age of ice wedge development between ca. 11 and 13 ka cal. BP. In the neighbouring Cueva del Medio and Cueva Chica, recent excavations and new analyses of sediment thin sections also document macroscopic and microscopic periglacial features, including soliflucted deposits, indicative of seasonal ground freezing before and during the ACR. In Cueva Chica, calcite flowstone yields U-Th ages of 11.1 ± 1 and 14.3 ± 2 ka. Considering that the bedrock was unfrozen at that time, these results suggest a brief return of permafrost during the ACR rather than a continuous presence through the last glacial termination. The return of permafrost in Última Esperanza seemingly coincides with the arrival of the first human population in Última Esperanza, considering that the oldest evidence of cave occupation dates back 12.5–13.5 ka cal. BP in Cueva del Medio, and slightly precedes the extinction of most of megafauna taxa, occurring between 11 and 13 ka cal. BP.

# Organic Carbon Fluxes on Seasonal to Decennial Timescales in Patagonia's largest Fjord-River System

Sophie Hage <sup>1</sup>, Sébastien Bertrand <sup>1,2</sup>, Benjamin Amann <sup>3</sup>, Brian Reid <sup>4</sup>,  
Elke Vandekerkhove <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Géosciences Paris Saclay (GEOPS) – Université Paris-Saclay, CNRS – Université Paris Saclay, bât. 504 & 510, 91405 Orsay Cedex, France

<sup>2</sup> Renard Centre of Marine Geology (RCMG) – Gent, Belgique

<sup>3</sup> Littoral, Environnement et Sociétés (LIENSs) – CNRS, La Rochelle Université – Technoforum, 17031 La Rochelle, France

<sup>4</sup> Centro de Investigación en Ecosistemas de la Patagonia (CIEP) – Coyhaique, Chili

Fjord sediments are recognized as globally significant sinks of organic carbon (OC), contributing to the long-term storage of atmospheric CO<sub>2</sub>. Despite this recognition, the transfer and burial of OC in fjord sediments are still poorly quantified and suffer from a sampling bias towards fjord distal environments where marine OC is dominant. Here we present organic geochemical data obtained on a series of sediment samples (river sediments, sediment trap, sediment core) collected in the Baker fjord-river system, with a particular focus on the submarine Baker River delta, which is fed by Chile's largest river. We measured total OC contents and OC stable isotope composition to quantify the amount and type of OC (marine or terrestrial) stored into the fjord submarine delta. We find that OC fluxes are twice higher in summer (106 g OC/m<sup>2</sup>/yr) than in winter (53 g OC/m<sup>2</sup>/yr) due to higher sediment discharge from meltwater. Sediment trap OC fluxes are on the same order of magnitude than those in the nearby sediment core (103 g OC/m<sup>2</sup>/yr) during the last 35 years, suggesting no OC degradation in fjord sediments. In addition, carbon isotope data suggest that the OC stored into the fjord submarine delta is entirely of terrestrial origin. We estimate that the Baker submarine delta buries 3.8 kt OC/yr, which corresponds to 35% of the estimated OC annual flux delivered by the Baker River (~10.8 ± 1.8 kt OC/yr). Fjord head deltas should thus be taken into account in fjord OC budgets as they could raise global estimates of terrestrial OC burial in marine sediments.

# Evolution du réseau fluvial et de la sédimentation alluviale de la Haute Seine à l'Holocène : forçages climatiques et anthropiques

Grimaud Jean-Louis <sup>1</sup>, Patrick Gouge <sup>2</sup>, Damien Huyghe <sup>1</sup>, Joseph Fournier <sup>1</sup>, Inès Gabert <sup>1</sup>, Christophe Petit <sup>4</sup>

<sup>1</sup> Centre de Géosciences (GEOSCIENCE) — ENSM Paris, Université Paris sciences et lettres — 77300 Fontainebleau

<sup>2</sup> Service départemental d'archéologie de Seine-et-Marne – Centre Départemental Archéologie de la Bassée — 77118 Bazoches-lès-Bray, France

<sup>4</sup> Archéologies et Sciences de l'Antiquité (ArScAn) — CNRS, Ministère de la Culture, Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne, Université Paris Nanterre, Université Vincennes-Saint Denis, INRAP — Maison Archéologie & Ethnologie, 92000 Nanterre, France

Les plaines alluviales constituent des zones humides qui permettent le stockage du carbone. Cependant, le potentiel séquestration de carbone dépend de l'espace de stockage disponible, qui résulte de la sédimentation terrigène et de la dynamique fluviale. Ces dynamiques sont en partie liées à l'évolution du climat. En se basant sur l'analyse des chenaux abandonnés mais préservés, l'évolution fluviale dans la plaine alluviale de la Bassée, située entre la confluence de la Seine avec l'Aube et celle avec l'Yonne, est reconstituée durant l'Holocène. Une cinquantaine de transects carottés a été réalisée et complétée par environ 70 analyses du radiocarbone afin de dater l'abandon des chenaux et calculer les taux de sédimentation dans les bras morts de la Seine. La réalisation de coupes géologiques à partir de ces carottages dans les chenaux a permis d'analyser la dynamique de leur comblement et de proposer une restitution de la taille de ces bras morts lorsqu'ils étaient encore actifs. En complément, les mesures des largeurs de plein bord et de rayon de courbures de ces bras ont été effectuées en s'appuyant sur des données topographiques de haute résolution. Elles permettent de proposer des estimations de paléo-débits de la Seine. À ces analyses, on a ajouté des données provenant de la plaine alluviale voisine du Loing et des diagrammes polliniques issus de la littérature, afin de contraindre plus en détail l'évolution paléoenvironnementale régionale. Les résultats obtenus confortent, mais complètent également, les travaux existants. Ainsi après le Tardiglaciaire, période durant laquelle le système fluvial est interprété comme étant en tresse, on observe le développement vers le milieu de l'Holocène de grands chenaux méandriformes, dont les débits pouvaient être jusqu'à 10 à 20 fois supérieurs à l'actuel. Les débits estimés ont ensuite diminué en allant vers le présent. On observe également la concomitance vers 4500 BP de l'essor de l'Aulne dans les diagrammes polliniques et de la transition vers un système d'anabranchement. Ce changement, synchrone de la mise en place de marais en vallée du Loing, correspondrait à un épisode climatique plus humide qui aurait provoqué une remontée du niveau des nappes phréatiques. Le fonctionnement de la Seine d'alors aurait donc été proche de celui d'une plaine deltaïque. Cette période semble avoir été favorable au stockage de carbone dans les fonds alluviaux de la région. Enfin, on constate l'augmentation des taux de sédimentation depuis la fin du Mésolithique avec la multiplication des indices d'activités agro-pastorales, ce qui suppose un impact anthropique sur l'érosion qui aurait provoqué une hausse de la charge sédimentaire terrigène vers les fonds de vallée.

# Integrating High-Resolution Ice Core and Marine Sediment Data to Resolve Chronological Incoherence Across Termination VIII

Anna Klüssendorf<sup>1</sup>, Ellyn Auriol<sup>1</sup>, Marie Bouchet<sup>1</sup>, Mathieu Casado<sup>1</sup>,  
Héloïse Guilluy<sup>2</sup>, Frédéric Parrenin<sup>2</sup>, Émilie Capron<sup>2</sup>, Elisabeth Michel<sup>1</sup>,  
Frédéric Prié<sup>1</sup>, Grégory Teste<sup>2</sup>, Soizic Salaun<sup>1</sup>, Amaelle Landais<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (LSCE) — CEA, CNRS, Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines – Université Paris-Saclay, 91191 Gif-sur-Yvette Cedex, France

<sup>2</sup> Institut des Géosciences de l'Environnement (IGE) – Institut polytechnique de Grenoble, CNRS, IRD, Grenoble Alpes, INRAE — 38400 Saint-Martin d'Hères, France

Past climate and environmental changes can be reconstructed from palaeoclimate archives including marine sediment and polar ice cores. Understanding mechanisms associated with major climate changes requires an accurate and precise chronology of each archive and the synchronisation of these individual chronologies to a common multi-proxy timescale. However, discrepancies between the individual chronologies can lead to misinterpretation of the phase relationships and the climate dynamics. Across Termination VIII (~720,000 years before present), the increase in atmospheric CO<sub>2</sub> concentration detected in ice cores is found to lag behind the sea level rise recorded in marine sediment cores according to their respective age scales. This strongly contradicts the established understanding of the climate mechanisms during deglaciations based on observations over the seven most recent terminations, suggesting a mismatch between the site-specific chronologies.

In this study, we explore the incoherence within and between the AICC2023 ice core chronology and modelled LR04 age scale for the marine sediment cores for the period between 600,000 to 800,000 years ago utilising new high-resolution data (~700 years on average instead of > 1000 years on average in the previous chronology reconstruction) from the deepest 200 meters of the EPICA Dome C (EDC) ice core. Modified by solar insolation, the elemental and isotopic compositions of atmospheric O<sub>2</sub> and N<sub>2</sub> measured in the air bubbles enclosed in the ice matrix are essential for orbital dating of deep ice cores. By analysing the new records of  $\delta^{18}\text{O}$  of O<sub>2</sub> and  $\delta(\text{O}_2/\text{N}_2)$  we revise the existing depth-age relationship for the EDC ice core on its deepest section. Further, using the statistical dating tool Paleochrono-1.1 we integrate chronological information from the ice core and a continuous high-resolution stable oxygen isotope record of planktic and benthic foraminifera over this period to link the ice chronology to marine sediment cores. This enabled us to present an improved and coherent timescale and to reconceive the CO<sub>2</sub> and sea level scenario over Termination VIII.

# Unexpected wet and warm conditions during glacial periods in the Central North Atlantic as recorded by paleosols from Flores Island (Azores)

Laura Loïodice <sup>1</sup>, Francisco Hevia-Cruz <sup>2</sup>, Anthony Hildenbrand<sup>1</sup>,  
Nathan D. Sheldon <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Géosciences Paris Saclay (GEOPS) – Université Paris-Saclay, CNRS – Université Paris Saclay, bât. 504 & 510, 91405 Orsay Cedex, France

<sup>2</sup> Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (LSCE) — CEA, CNRS, Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines – Université Paris-Saclay, 91191 Gif-sur-Yvette Cedex, France

<sup>3</sup> Department of Earth and Environmental Sciences — University of Michigan— USA

Major climatic variations (e.g., during glacial-interglacial transitions) induce local effects such as temperature and precipitation changes. In turn, these local changes can significantly impact the chemical and physical degradation of volcanic islands, affecting the evolution of volcanic edifices (1). The Azores Archipelago, located in the Central North Atlantic region, is particularly sensitive to climate changes due to its position influenced by regional climatic drivers such as the North Atlantic Oscillation atmospheric system and the oceanic North Atlantic Gyre. Paleosols (PSs) are key targets for studying the paleoclimate of this region, as they record the atmospheric conditions during their formation. Recent work (2) on PSs spanning the past 1 Myr in the Central and Eastern Azores showed pulses of soil formation during wet and warm interglacial stages. Flores Island, located in the westernmost part of the archipelago, is the perfect target to further document paleoclimate reconstructions at the Regional scale (3) (~600 km separation between Western and Eastern Azores).

In this work, K-Ar geochronology of volcanic units under and overlying PSs was used to precisely constrain their mean ages and formation times. This was complemented with paleoclimatic proxies based on the PSs' whole-rock geochemistry, which allowed us to achieve reconstructions of Mean Annual Precipitation (MAP) and Mean Annual Air Temperature (MAAT) (4) during the PS formation time. Our results show two groups of PS ages (550 ka and 633–679 ka), that were formed during glacial periods, in contrast with PSs in other Azores islands dominantly formed in interglacial stages (2). PS profiles in Flores are depleted in alkali (K, Na) and alkaline earth (Ca, Mg) elements due to leaching by weathering, and enriched in Al and Fe, showing a gradual increase of weathering indexes for most PSs. Our reconstructions of mean atmospheric conditions show that mild and wet conditions prevailed in Flores, with MAAT and MAP reaching 21.5°C and 1339 mm yr<sup>-1</sup>, respectively. These conditions are relatively hotter and drier than current mean annual conditions (17°C and 1716 mm yr<sup>-1</sup>) (5). However, they show wetter/warmer conditions than those reached around interglacial peaks (MIS20, MIS19, MIS11, MIS09, and MIS05) in the Central and the Eastern Azores.

These data are consistent with current paleoclimate conditions in the whole Archipelago. As PS ages between Flores and other Azores islands are not overlapped, these new data could indicate (1) persistent wet and warm local paleo-conditions in Flores due to its position farther to the north compared to the Central and Eastern Azores, and consequently less impacted by the North Atlantic Oscillation (Azores High) and westerlies' direction; or (2) a regional warm and wet climate around 550 ka and 650 ka that remains to be investigated in the other parts of the Archipelago and in the Atlantic region at a broader scale (e.g., the Canary volcanic archipelago). Further investigations of PSs could improve the temporal

and spatial resolutions of paleoclimatic data in the Azores, and consequently our understanding of the local terrestrial response to global climatic forcing.

- (1) Boulesteix, et al. (2012). *Geomorphology*, 138, 61–73 (2) Hevia-Cruz, et al. (2024). *Paleoceanogr. Paleoclimatol.*, 39 (5), e2023PA004810 (3) Hildenbrand, et al. (2018). *Sci. rep.*, 8, 13898 (4) Sheldon, N. D. & Tabor, N. (2009). *Earth-Sci. Rev.*, 95(1-2), 1-52 (5) Observatório do Ambiente dos Açores, OAA.

# A new insight of the MIS 3 Dansgaard-Oeschger climate oscillations in western Europe from the study of a Belgium isotopically equilibrated speleothem

Marion Peral <sup>1</sup>, Marta Marchegiano <sup>2</sup>, Sophie Verheyden <sup>3</sup>, Steven Goderis <sup>4</sup>,  
Tiffanie Fourcade <sup>5,1</sup>, Van Helden Tom <sup>6</sup>, Frank Vanhaecke <sup>6</sup>,  
Thibaut Van Acker <sup>6</sup>, Hai Cheng <sup>7</sup>, Jens Fiebig <sup>8</sup>, Philippe Claeys <sup>4</sup>

<sup>1</sup> Environnement, et Paléoenvironnement Océaniques et Continentaux (EPOC) – CNRS, Université de Bordeaux, Bordeaux INP, EPHE Paris, Université Paris sciences et lettres – 33615 Pessac Cedex, France

<sup>2</sup> Department of Earth Sciences, University of Geneva – Rue des Maraîchers 13, 1205 Geneva, Suisse

<sup>3</sup> Royal Belgian Institute of Natural Sciences (RBINS) – Rue Vautier 29, 1000 Bruxelles, Belgique

<sup>4</sup> Vrije Universiteit [Brussel] – Belgique

<sup>5</sup> Archéosciences-Bordeaux : Matériaux, temps, Images et Sociétés (Archéosciences Bordeaux) – CNRS, Université Bordeaux Montaigne – Maison de l'Archéologie, 33607 Pessac, France

<sup>6</sup> Department of Chemistry, Atomic and Mass Spectrometry – Ghent University – Campus Sterre, Krijgslaan 281-S12, BE-9000 Ghent, Belgique

<sup>7</sup> Institute of Global Environmental Change, Xi'an Jiaotong University, Xi'an, China – Chine

<sup>8</sup> Goethe-Universität – Allemagne

The Marine Isotope Stage (MIS) 3 records abrupt transitions from cold stadial to temperate interstadial climate conditions, termed Dansgaard-Oeschger (DO) events. Reconstructing these rapid climate changes is crucial for documenting the prevailing climatic conditions in Europe during the extinction of the Neanderthals. However, only few continental records are available to define the continental climatic responses to DO changes. Here, the elemental and stable isotope compositions of a well-dated speleothem in Belgium covering the MIS 3 are documented. This speleothem precipitated under equilibrium conditions based on  $\Delta_{48}$  thermometry, allowing the use of  $\Delta_{47}$  thermometry with confidence. The acquired unique thermometry paleoclimatic dataset enables the reconstruction of temperature and the hydrological information (oxygen-18 of drip water;  $\delta^{18}\text{O}_w$ ) to shed new light on the DO climate variations. A temperature differential of  $\sim 7^\circ\text{C}$  is associated with alternating temperate warm and wet Interstadials to cold and dry stadials. The DO-12 is the most pronounced MIS 3 interstadial in the record and appears to be marked by a delay of 1000 years between climate enhancement (warmer temperature) and water availability (moisture increase). By combining our speleothem record with other continental archives, the spatial variability of DO changes in Europe during the MIS 3 is defined. A gradual climate deterioration with colder and drier conditions, associated with the Heinrich 4 event, progressed southwards through Europe. This spatial climatic degradation, during the last phase of Neanderthal populations occupation in Europe, provides better environmental constraints for human mobility models.



# Carbonate counter pump dynamic over the past 800 000 ka in the Southern Ocean and its impact on atmospheric pCO<sub>2</sub>

Nicolas Pige <sup>1</sup>, Margaux Brandon <sup>1,2,3</sup>, Yu Wang <sup>1</sup>, Stephanie Duchamp-Alphonse <sup>1</sup>, Amaëlle Landais <sup>2</sup>, Sophie S epulcre <sup>1</sup>, Elisabeth Michel <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Géosciences Paris Saclay (GEOPS) – Université Paris-Saclay, CNRS – Université Paris Saclay, b ts. 504 & 510, 91405 Orsay Cedex, France

<sup>2</sup> Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (LSCE) – CEA, CNRS, Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines – Université Paris-Saclay, 91191 Gif-sur-Yvette Cedex, France

<sup>3</sup> Royal Netherlands Institute for Sea Research (NIOZ) – 1790 AB Den Burg, Texel, Pays-Bas

During the glacial-interglacial cycles of the past 800 000 years (800 ka), atmospheric CO<sub>2</sub> concentrations (pCO<sub>2</sub>) changed with amplitudes of 50-100 ppm, the fastest increases being recorded during glacial terminations. Biological productivity in the Southern Ocean (SO) plays an important role in such pCO<sub>2</sub> variations, impacting the ocean-atmosphere exchanges of CO<sub>2</sub> through changes in the Biological Carbon Pump strength that includes the Soft Tissue Pump (i.e., the net downward flux of phytoplanktonic carbon that draws down pCO<sub>2</sub>) and the Carbonate Counter Pump (CCP i.e., the export of planktonic carbonate that influences the surface-to-depth alkalinity gradient and increases pCO<sub>2</sub>).

Existing paleoclimate studies usually focus on the Soft Tissue Pump and demonstrate that its weakening in the Southern Ocean (Subantarctic Zone) may contribute to the increase in pCO<sub>2</sub> during glacial terminations. Not much is known about the CCP due to the lack of high-resolution studies in the SO based on both, micropaleontological and geochemical approaches.

Recently, using new data and previously published records from site MD04-2718<sup>o</sup> (48°53,31S, 65°57,42E), retrieved in the Indian sector of the Subantarctic Zone, Brandon et al., (2022) demonstrated that the exceptional 30 ka-plateau of pCO<sub>2</sub> that defines MIS 11 might be partly attributed to a reinforced CCP. Indeed, the calcite production and export by coccolithophores and planktonic foraminifera drastically increased. Such pattern might be the result of the elevated sea surface temperature that characterize MIS 11 together with the increased nutrient availability that is associated to the reinvigoration of the Southern Ocean upwelling at that time. The low eccentricity signal recorded during MIS 11 could have additionally strengthened the CCP, exerting a specific control on *Gephyrocapsa* morphotypes.

Consequently, we aim to reconstruct changes in CCP strength over the past 800 ka and understand their impact on pCO<sub>2</sub>. This study is part of the BIOCOD ANR project (2023-2026). Following the strategy used in Brandon et al., (2022), we will perform micropaleontological (coccolith, foraminifera) and geochemical (TOC, Ca XRF, δ<sup>13</sup>C *N. pachyderma*) analyses on the sediment core MD97-2115 (43°10,84S, 171°48,55W), which was retrieved in the Pacific sector of the Subantarctic Zone and records the past 800 ka. The study of coccoliths will be performed using the SYstème de Reconnaissance Automatique de COccolithes (SYRACO) that allows for precise morphometric measurements and reconstruction of coccolith abundances.

# A new sea-surface temperature synthesis over the MIS 9 (300 - 350 ka): temperature changes under high natural CO<sub>2</sub> concentrations

Nathan Stevenard <sup>1</sup>, Émilie Capron <sup>1</sup>, Etienne Legrain <sup>1,2,3</sup>, Claire Coutelle <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Institut des Géosciences de l'Environnement (IGE) – Institut polytechnique de Grenoble, CNRS, IRD, Grenoble Alpes, INRAE — 38400 Saint-Martin d'Hères, France

<sup>2</sup> Laboratoire de Glaciologie – Université Libre de Bruxelles — 50 Avenue F.D. Roosevelt, Bruxelles, Belgique

<sup>3</sup> Vrije Universiteit Brussel (VUB) – Pleinlaan 2, Brussel, Belgique

Les périodes chaudes (interglaciaires) du Quaternaire offrent une série de laboratoires naturels qui permettent d'étudier les processus au sein du système Terre pour un large éventail de conditions chaudes, comparables à aujourd'hui ou légèrement plus chaudes (de l'ordre de  $\sim 1^\circ\text{C}$ ). Dans cette optique, la communauté scientifique s'est d'abord focalisée sur l'étude du dernier Interglaciaire (MIS 5e), présentant des températures et un niveau marin supérieurs à la période préindustrielle (PI). Ces études ont permis une meilleure compréhension des changements climatiques se déroulant dans un environnement " chaud " et une évaluation des modèles du climat. Un autre interglaciaire, le MIS 9e (320 - 334 ka), montre les valeurs de Gaz à Effet de Serre (GES) les plus élevées des derniers 800 ka (excluant la période impactée par les rejets d'origine anthropiques). Cependant, les enregistrements de températures à la surface du globe disponibles pour cette période présentent un manque d'homogénéisation dues principalement aux différences entre les traceurs, calibrations et chronologies utilisées. Ces difficultés ne permettent ni d'avoir une vision globale des changements climatiques ayant lieu durant cette période, ni de comparer ces données aux simulations climatiques réalisées sous un forçage naturel de fortes concentrations en GES.

Dans cette étude, nous avons compilé 94 enregistrements de températures de surface de la mer (sea-surface temperature, SST) distribués dans les divers océans du globe et couvrant la période allant de 300 à 350 ka. Nous avons d'abord produit une chronologie commune pour l'ensemble des enregistrements sélectionnés. Ce cadre temporel commun repose sur la dernière chronologie de référence AICC2023 des carottes de glace antarctiques et tient compte des différentes sources d'incertitudes (alignement, erreur de la référence, erreur absolue AICC2023) à partir d'une approche bayésienne. Les quatre différents traceurs sélectionnés pour cette étude (UK'37, MAT,  $\delta^{18}\text{O}$  et Mg/Ca) sont convertis en SST en utilisant les calibrations bayésiennes les plus récentes, permettant une meilleure valorisation des incertitudes associées à chaque traceur. Ces approches ont permis de produire des courbes d'évolution des températures océaniques de surface (globales et régionales) de façon plus précise, exploitant l'ensemble des erreurs induites par ce type de synthèse. Les résultats montrent des températures océaniques de surface globales inférieures de  $\sim 0.5^\circ\text{C}$  au PI, alors que les taux de CO<sub>2</sub> atmosphérique sont supérieurs. Cependant, une grande hétérogénéité est observée entre les différents bassins océaniques, aussi bien d'un point de vue des valeurs de températures que des phases de variations observées. Par exemple : le pic interglaciaire est atteint vers 338 ka dans l'Atlantique Sud, alors que le bassin Nord-Pacifique montre ses températures les plus faibles de la période étudiée.

Cette synthèse représente une nouvelle base de données de référence pour des comparaisons modèles-données et ainsi permet d'estimer la capacité des modèles à simuler un climat caractérisé par un fort forçage de GES. Elle permettra également une comparaison avec les autres interglaciaires et ainsi améliorer notre compréhension du système climatique dans des environnements " chauds " naturels.

# Sans limite mais en transition : caractérisation chronostratigraphique du passage Pléniglaciaire moyen – Pléniglaciaire supérieur dans les loëss Weichselien du Nord de la France

Salomé Vercelot <sup>1</sup>, Pierre Antoine <sup>1</sup>, David Hérisson <sup>2</sup>, Olivier Moine <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire de géographie physique : Environnements Quaternaires et Actuels (LGP) – CNRS, Université Panthéon-Sorbonne, Université Paris-Est Créteil Val-de-Marne – 94320 Thiais, France

<sup>2</sup> Archéologies et Sciences de l'Antiquité (ArScAn) — CNRS, Ministère de la Culture, Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne, Université Paris Nanterre, Université Vincennes-Saint Denis, INRAP — Maison Archéologie & Ethnologie, 92000 Nanterre, France

Les séquences loëss-paléosols constituent un support fondamental pour la reconstitution des environnements paléoclimatiques, essentiellement durant le Dernier glaciaire (Weichselien). Dans le nord de la France, ces archives sédimentaires enregistrent des alternances de phases d'accumulation loëssique (sous un climat froid et sec) et de développement de sols (intervalles plus doux). Cette alternance répond aux oscillations climatiques cycliques stade-interstade de la dernière période glaciaire et aux changements environnementaux qu'elles engendrent.

Dans ce contexte, la limite entre le Pléniglaciaire moyen (PGM) et le Pléniglaciaire supérieur (PGS) représente un moment clé dans les séquences loëss-paléosols. Elle marque en effet un changement radical dans la sédimentation, avec une augmentation importante et rapide du taux de sédimentation des dépôts loëssiques au début puis au cours du PGS, qui recouvrent les sols bruns arctiques du PGM. Dans les séquences loëssiques régionales, la distinction entre ces deux périodes est généralement définie par la présence d'un horizon de gley de toundra, associé à un vaste réseau de grandes fentes de gel associées au développement du pergélisol dans la majorité des profils à l'échelle régionale.

Sur la base des études des sites de référence de Havrincourt (Somme, France) et Nussloch (haute vallée du Rhin, Allemagne), le dernier horizon du PGM peut être associé aux interstades GI-7 ou GI-6 (~34 cal. kBP) de NGRIP. Cependant les connaissances actuelles sur le moment exact de cette transition sont contraintes par de nombreux phénomènes d'érosion et de cryoturbations, induits par le gel/dégel qui affectent la préservation des dépôts sédimentaires. Ainsi, malgré une augmentation du taux de sédimentation à cette période contemporaine de pics de poussière distincts dans les carottes de glace du Groenland, la résolution des enregistrements sédimentaires reste trop faible et limite la précision des reconstitutions de l'évolution paléoenvironnementale de cette période charnière.

Récemment, l'étude du site d'Haynecourt (Pas-de-Calais) a apporté un nouvel éclairage sur cette transition en permettant l'observation de nouveaux horizons entre le dernier sol du PGM et le premier gley de toundra du PGS. Ces nouvelles unités sont constituées d'un gley de toundra et d'un loëss brun-gris clair massif à structure lamellaire à polyédrique fine avec des revêtements orange et présentant des terriers (crotovinas) d'une dizaine de centimètres de diamètre. Les descriptions pédostratigraphiques indiquent des conditions plus froides que pendant le PGM, mais plus douces (présence d'activité biologique et faunique) que pendant les phases stadias caractérisées un milieu de type désert polaire.

Huit datations <sup>14</sup>C sur granules de calcite de vers de terre ont été réalisées sur ces unités au Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (LSCE). Les résultats montrent un taux de sédimentation

exceptionnellement faible et continu pour la période étudiée. Ces nouvelles données chronostratigraphiques permettent d'aborder le passage PGM/PGS non plus comme une limite abrupte mais comme une période de transition allant des interstades GI-10 à GI-5.1 de NGRIP (~41 à 31 cal. kBP).

# Impact of the biological carbon pump on atmospheric pCO<sub>2</sub> over the past 800 000 years

Yu Wang<sup>1</sup>, Stéphanie Duchamp-Alphonse<sup>1</sup>, Sophie Sepulcre<sup>1</sup>, Margaux Brandon<sup>2,1</sup>, Elisabeth Michel<sup>3</sup>, Vikki Lowe<sup>4</sup>, Johan Etourneau<sup>4</sup>, Xavier Crosta<sup>4</sup>, Julius Nouet<sup>1</sup>, Annachiara Bartolini<sup>5</sup>, Amaelle Landais<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Géosciences Paris Saclay (GEOPS) – Université Paris-Saclay, CNRS – Université Paris Saclay, bât. 504 & 510, 91405 Orsay Cedex, France

<sup>2</sup> Royal Netherlands Institute for Sea Research (NIOZ) – Royal Netherlands Institute for Sea Research, Landsdiep 4, 1797 SZ 't Horntje, Texel, The Netherlands, Pays-Bas

<sup>3</sup> Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (LSCE) — CEA, CNRS, Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines – Université Paris-Saclay, 91191 Gif-sur-Yvette Cedex, France

<sup>4</sup> Environnement, et Paléoenvironnement Océaniques et Continentaux (EPOC) – CNRS, Université de Bordeaux, Bordeaux INP, EPHE Paris, Université Paris sciences et lettres – 33615 Pessac Cedex, France

<sup>5</sup> Centre de recherche en paléontologie Paris (CR2P) — CNRS, MNHN, Sorbonne Université — 75005 Paris, France

Atmospheric CO<sub>2</sub> concentration (pCO<sub>2</sub>) varied in a cyclic Glacial-Interglacial pattern over the past 800,000 years (800 ka), a phenomenon that is mainly related to ocean carbon cycle changes. One of the major hypotheses invokes marine productivity's role, namely the Biological Carbon Pump (BCP), as the production and downward export of planktonic organic and inorganic carbon act as a sink and source of CO<sub>2</sub> for the atmosphere, respectively. Many evidences hint towards the BCP's role in modulating pCO<sub>2</sub> over the last glacial cycle, but its evolution and impacts on the climate system beyond that period remain elusive. Here, based on micropaleontological, geochemical and Scanning Electron Microscope analyses of the sediment core MD04-2718 (48°53,31S, 65°57,42E), retrieved in the Indian sector of the Subantarctic Zone, together with a compilation of published data, we are able to reconstruct millennial changes in BCP strength over the last 800 ka, and integrate them within a coherent Glacial-Interglacial climate scenario, including pCO<sub>2</sub> changes. We show that the carbonate (CaCO<sub>3</sub>%) and organic (TOC%, δ<sup>13</sup>C<sub>org</sub>, C/N) fractions of the studied core reflect coccolith and planktonic foraminifera productivity as well as organic matter export productivity respectively, and that the sedimentary TOC/CaCO<sub>3</sub> ratio may be used as a powerful tool to reconstruct changes in BCP strength. We find that increased BCP during glacial periods is related to increased organic carbon export production due to the iron fertilization of the photic zone. Conversely, decreased BCP during interglacial periods reflects enhanced coccolith and planktonic foraminifera export production, probably due to sea-surface temperatures rise and the reinvigoration of the Southern Ocean upwelling that brings nutrient-rich water to the surface. Overall, our results show that strengthened BCP during glacial intervals enhanced the CO<sub>2</sub> sequestration into the deep ocean, while weakened BCP during interglacial periods contributed to the ocean CO<sub>2</sub> leakage.

# Casse-tête climatique (et saisonnier !) en Asie de l'Est : reconstitution de la végétation et forçages orbitaux modulant les moussons d'été et d'hiver au cours des derniers 70 kans

Coralie Zorzi <sup>1,2</sup>, Maria Fernanda Sanchez Goñi <sup>3</sup>, Léa Baubant <sup>4</sup>, Jung-Hyun Kim <sup>5</sup>

<sup>1</sup> Centre of Marine Sciences (CCMAR) – Campus de Gambelas, Universidade do Algarve, Faro, Portugal

<sup>2</sup> Instituto Português de Investigação do Mar e da Atmosfera (IPMA) – Avenida Brasília, 1449-006 Lisboa, Portugal

<sup>3</sup> Environnement, et Paléoenvironnement Océaniques et Continentaux (EPOC) – CNRS, Université de Bordeaux, Bordeaux INP, EPHE Paris, Université Paris sciences et lettres – 33615 Pessac Cedex, France

<sup>4</sup> Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (LSCE) – CEA, CNRS, Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines – Université Paris-Saclay, 91191 Gif-sur-Yvette Cedex, France

<sup>5</sup> Korea Polar Research Institute (KOPRI) – Incheon 406-840, South Korea, Corée du Sud

Une forte augmentation des précipitations hivernales est proposée en Asie de l'Est par les modèles climatiques simulant le devenir du cycle hydrologique. Cependant, une telle prédiction diverge avec la distribution saisonnière des précipitations dans cette région, soumise à l'influence du système de mousson asiatique oriental, caractérisé par des étés chauds et humides (mousson d'été) et des hivers froids et secs (mousson d'hiver). Cette divergence interroge sur la compréhension des forçages affectant la distribution et saisonnalité des précipitations en Asie de l'Est. Ainsi, cette étude vise à reconstruire les changements de végétation, dont l'évolution est intrinsèquement liée aux variations hydroclimatiques, afin de mieux comprendre les mécanismes affectant les moussons d'été et d'hiver au cours des derniers 70 ka.

Pour ce faire, l'étude se base sur l'analyse des grains de pollen et des spores de la carotte ES14- GC01, collectée en mer de l'Est. La végétation de la dernière période glaciaire se distingue par l'expansion de la végétation steppique, marqueur de conditions froides et sèches, dont le maximum est atteint entre 33 et 14 ka. La seconde partie du stade isotopique 3, caractérisée par le remplacement progressif de la forêt tempérée par la forêt boréale, reflète un refroidissement au cours de l'hiver, qui est également enregistré par l'indice de température calculé sur l'ensemble de l'assemblage pollinique. Le développement maximal des feuillus tempérés, associés au maximum de l'indice d'humidité basé sur la végétation, indique le maximum de la mousson d'été au début de l'Holocène. L'augmentation abrupte de la forêt tempérée de feuillus, et donc de la mousson été, est également observée au cours des réchauffements de l'hémisphère nord (interstadiers) tandis qu'une réponse contrastée de la végétation est enregistrée durant les stadiers de Heinrich (HS), avec le développement de la steppe durant les HS 2 et 6 et de la forêt tempérée de conifères durant les HS 3, 4, 5.

A l'échelle orbitale, la succession végétale enregistrée au cours de la dernière période glaciaire démontre l'impact de l'augmentation du volume de glace, qui en intensifiant l'anticyclone sibérien, renforce progressivement la mousson d'hiver en Asie de l'Est. Également, les changements de végétation confirment une réponse directe de la mousson d'été à l'insolation de l'hémisphère nord telle que proposée par l'étude des spéléothèmes asiatiques. Néanmoins, pour la première fois, nos données suggèrent le rôle clef de l'obliquité dans la modulation de la mousson d'été au cours de la période glaciaire. Ce mécanisme avait déjà été proposé par les modèles mais jamais démontré par les données. De plus, notre étude suggère l'importance de l'obliquité pour moduler l'amplitude des changements rapides de la mousson d'été, bien qu'une étude comparative réalisée à plus haute résolution pour chaque événement millénaire serait nécessaire pour valider cette hypothèse de façon circonscrite.

15 - Dynamique des changements  
climatiques et interactions avec les  
écosystèmes et sociétés humaines en  
régions tropicales et sub-tropicales  
au cours du Quaternaire

# Le $^{17}\text{O}$ -excess des phytolithes pour reconstruire l'humidité relative atmosphérique du passé : développements en cours et résultats préliminaires.

Julie Aleman <sup>1</sup>, Charlotte Mention <sup>1,2</sup>, David Au Yang <sup>1</sup>, Jean-Charles Mazur <sup>1</sup>, Corinne Sonzogni <sup>1</sup>, Yannick Garcin <sup>1</sup>, Christelle Hely <sup>2</sup>, Anne Alexandre <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Centre de Recherche et d'Enseignement de Géosciences de l'Environnement (CEREGE) – Collège de France, CNRS, IRD, Aix Marseille Université, INRAE – 13545 Aix-en-Provence, France

<sup>2</sup> Institut des Sciences de l'Évolution de Montpellier (ISEM) – CNRS, EPHE Paris, IRD, Université de Montpellier, Université Paris sciences et lettres, CIRAD, INRAP – 34095 Montpellier Cedex 05, France

L'humidité relative atmosphérique (HR) 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 entre végétation et climat. Depuis le début du 20<sup>ème</sup> siècle, l'HR continentale tend à diminuer – et le déficit de pression de vapeur à augmenter – et cette tendance est associée à une augmentation de la mortalité des arbres tropicaux, notamment forestiers. Alors que cette tendance à l'augmentation de l'HR devrait s'amplifier dans le cadre des changements globaux en cours, il est crucial de mieux comprendre les interactions entre HR et végétation sur une longue période temporelle.

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 qui précipitent dans ou entre les cellules des végétaux) exprimée par le  $^{17}\text{O}$ -excess ( $\delta^{17}\text{O} - 0.528 \times \delta^{18}\text{O}$ ) et mesuré par fluorination-laser associée à la spectrométrie de masse. Des calibrations en chambre de culture et en conditions naturelles, associées à des modélisations, ont permis de montrer que le  $^{17}\text{O}$ -excess variant peu dans les précipitations, le  $^{17}\text{O}$ -excess des phytolithes reflétait directement la dépendance à l'HR du  $^{17}\text{O}$ -excess de l'eau de feuille évaporée. Cette relation est également valable quelle que soit l'espèce de plante, la température ou la concentration en  $\text{CO}_2$  atmosphérique.

De plus, la morphologie des phytolithes est un indicateur de la végétation passée, notamment dans les zones tropicales où elle permet de distinguer les forêts des savanes, ainsi que de reconstituer le couvert arboré des savanes. En associant l'analyse du  $^{17}\text{O}$ -excess à l'analyse morphologique des phytolithes, on dispose ainsi d'un marqueur permettant de reconstituer indépendamment les changements d'HR et de végétation, permettant ainsi de mieux comprendre les interactions passées entre HR et végétation à la même résolution temporelle.

Sur ce poster, nous complétons les calibrations déjà effectuées en présentant le  $^{17}\text{O}$ -excess de phytolithes de sol échantillonnés sur plusieurs sites africains (Sénégal, Bénin, Congo, Cameroun) et localisés sur un transect d'HR. Ces résultats sont comparés au  $^{17}\text{O}$ -excess de phytolithes issus de sédiments lacustres et de tourbières, afin de mieux contraindre les processus taphonomiques qui pourraient influencer sur l'enregistrement de l'HR par les phytolithes issus de séquences sédimentaires lacustres. L'ensemble des calibrations effectuées permet ainsi de préciser justesse et incertitude de ce nouvel indicateur hydro-climatique.

Ces recherches sont réalisées dans le cadre de l'ANR PAST-17 et du projet Thresholds (European Union's Horizon 2020 research and innovation program).



# Réponse d'une steppe arborée dans les Monts Zagros (Iran) aux changements hydrologiques et anthropiques au cours des 3000 dernières années.

Elisa Brandstatt <sup>1,2</sup>, Elodie Brisset <sup>3,2</sup>, Abdolmajid Naderi-Beni <sup>4</sup>, Ahmad Azadi <sup>5</sup>, Dahvya Belkacem <sup>2</sup>, Nadine Tisnérat-Laborde <sup>6</sup>, Marjan Mashkour <sup>1</sup>, Andrea Ricci <sup>7</sup>, Silvia Balatti <sup>8</sup>, Morteza Djamali <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Archéozoologie, archéobotanique, Sociétés, pratiques et environnements (AASPE) — CNRS, MNHN, INRAP — 75231 Paris cedex 05, France

<sup>2</sup> Institut méditerranéen de biodiversité et d'écologie marine et continentale (IMBE) — Avignon Université, CNRS, IRD, Aix Marseille Université — Faculté St-Jérôme, 13397 Marseille Cedex, France

<sup>3</sup> Centre de Recherche et d'Enseignement de Géosciences de l'Environnement (CEREGE) — Collège de France, CNRS, IRD, Aix Marseille Université, INRAE — 13545 Aix-en-Provence, France

<sup>4</sup> Iranian National Institute for Oceanography and Atmospheric Sciences — Iran

<sup>5</sup> Iranian Center for Archaeological Research — Iran

<sup>6</sup> Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (LSCE) — CEA, CNRS, Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines — Université Paris-Saclay, 91191 Gif-sur-Yvette Cedex, France

<sup>7</sup> Kiel University — Allemagne

<sup>8</sup> Institut für Klassische Altertumskunde — Abt. Alte Geschichte, Kiel University, Leibnizstr. 8, 24118 Kiel, Germany.,

La surexploitation des forêts au profit des terres arables est une des causes principales de l'appauvrissement des sols et des ressources hydriques dans le massif du Zagros, constituant un risque majeur pour les populations rurales. L'état des forêts est d'autant plus critique que les données climatiques suggèrent une nette augmentation des températures moyennes annuelles en réponse aux déforestations. Les études intégrant à la fois des reconstructions paléobotanique et paléohydrologique sont encore rares dans l'Ouest de l'Iran, et n'ont porté que sur les plaines intermontagneuses. Cette étude vise ainsi à reconstituer l'histoire des interactions Climat-Homme-Végétation dans un contexte intramontagnard et enclavé du Zagros.

Une séquence sédimentaire a été prélevée dans le lac de Barm-e Alvan (1075 m a.s.l., projet HighStepLands), sur laquelle ont été croisées des analyses palynologiques (pollen, palynomorphe non pollinique), sédimentologiques et en géochimie élémentaire (DRX, XRF core scanner), avec une chronologie significativement améliorée par rapport à l'état de l'art avec l'apport de datations <sup>14</sup>C sur micro-quantités de carbone (Introduction Gaz-MICADAS).

Les résultats montrent une présence continue de la forêt décidue (*Quercus*, *Pistacia*, *Prunus cf scoparia*) durant la totalité des derniers 2500 ans, avec des traces d'activités agricoles (*Cerealia*) et pastorales (*Sporormiella*, *Plantago lanceolata*) assez fluctuantes. Dans le détail, l'association de conditions hydrologiques ayant permis l'existence d'un plan d'eau pérenne relativement profond (silts laminés de carbonates de calcium avec halite et gypse, remplacés par un faciès à cristaux de gypse grossier, parfois induré) est associée à des activités pastorales plus marquées entre 2500 et 1800 cal. BP. Des conditions hydriques plus sèches s'installent vers 1800 cal. BP (lac au niveau fluctuant, ponctué par des assèchements) alors qu'une végétation hygrophilite (*Tamarix*) domine et que les marqueurs pastoraux déclinent. Ce changement hydrologique centré à 2000 cal. BP est similaire aux résultats obtenus ailleurs (Lac Maharlou). Aucun impact significatif de ce changement hydrologique ne transparaît dans le signal de la chênaie. La forêt décline durant le dernier siècle suite de probables déforestations (augmentation des microcharbons).

Considérant l'importance des activités saisonnières dans les usages des communautés humaines de cette région, il est possible que la présence fluctuante des indicateurs agricoles et pastoraux soit le résultat d'incursions répétées dans le temps, mais relativement discrètes dans l'espace. À ce jour, aucun site d'occupation permanente n'a été découvert aux environs immédiats du lac, corroborant cette hypothèse. Ces activités pourraient avoir été plus ou moins favorisées par des conditions un peu plus humides que l'actuel, avant 2000 cal. BP. Cependant, ni ces activités, ni les changements hydrologiques n'ont eu d'impact drastique sur la dynamique forestière pendant près de 2 millénaires.

# Transition forêt/savane durant la fin de l'Holocène au Cameroun (Afrique centrale)

Fiona Cornet<sup>1</sup>, Vincent Montade<sup>1</sup>, Charly Favier<sup>1</sup>, Laurent Bremond<sup>1</sup>, Julie Aleman<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Institut des Sciences de l'Évolution de Montpellier (ISEM) – CNRS, EPHE Paris, IRD, Université de Montpellier, Université Paris sciences et lettres, CIRAD, INRAP – 34095 Montpellier Cedex 05, France

<sup>2</sup> Centre de Recherche et d'Enseignement de Géosciences de l'Environnement (CEREGE) – Collège de France, CNRS, IRD, Aix Marseille Université, INRAE – 13545 Aix-en-Provence, France

Les forêts tropicales d'Afrique centrale ont vu leur structure et leur composition nettement changer au cours des derniers milliers d'années, et plus particulièrement du milieu à la fin de l'Holocène. Ces forêts ont même parfois laissé place à des écosystèmes plus ouverts souvent constitués de savanes, comme cela a pu être observé aux abords du bassin du Congo. Cette période de transition et les changements de végétation observés ont pu être potentiellement induits par deux forçages : un changement climatique et un impact anthropique. En effet, l'assèchement plus ou moins brutal du climat à la fin de la Période Humide Africaine pourrait avoir fortement contribué à la transformation des forêts en savanes. Par ailleurs, l'impact anthropique croissant, avec le développement d'innovations telles que la métallurgie, notamment liée à la migration des populations de langues Bantoues dans toute l'Afrique tropicale à partir de 3000 cal. BP, a été proposé comme l'une des raisons majeures de ces changements de végétations enregistrés au Cameroun. Cependant, cette question reste largement discutée, sans toutefois pouvoir pleinement discriminer un éventuel effet climatique et/ou anthropique. Dans ce contexte, les travaux présentés ont pour objectif de comparer les dynamiques de la végétation et du régime des feux enregistrées par le lac Ndoumkain, un nouveau site d'étude dans le Nord-Ouest du Cameroun, au cours des 7500 dernières années. Ces résultats seront intégrés dans une comparaison régionale de sites, selon un gradient altitudinal, permettant ainsi de s'affranchir des changements locaux propres à chaque site d'étude dans le but d'identifier des changements communs à l'échelle de la région.

# Paleoenvironmental and paleoclimate variations in northeastern Brazil during the last deglaciation: an organic isotope geochemistry approach

Iñaki Dejean<sup>1</sup>, Caroline Gauthier<sup>1</sup>, Christiano Chiessi<sup>2</sup>, Aline Govin<sup>1</sup>, Christophe Griggo<sup>3</sup>, Marie Haut-Labourdette<sup>1,4</sup>, Jérémy Jacob<sup>1</sup>, Marie-Pierre Ledru<sup>4</sup>, Rodrigo Nascimento<sup>1,5</sup>, Soleine Riausset<sup>1</sup>, Eric Boeda<sup>6</sup>, Christine Hatté<sup>1,7</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (LSCE) — CEA, CNRS, Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines — Université Paris-Saclay, 91191 Gif-sur-Yvette Cedex, France

<sup>2</sup> School of Arts, Sciences and Humanities, University of São Paulo, São Paulo — Brésil

<sup>3</sup> Environnements, Dynamiques et Territoires de la Montagne (EDYTEM) — CNRS, Université Savoie Chambéry, Ministère de la Culture — 73376 Le Bourget du Lac Cedex, France

<sup>4</sup> Institut des Sciences de l'Évolution de Montpellier (ISEM) — CNRS, EPHE Paris, IRD, Université de Montpellier, Université Paris sciences et lettres, CIRAD, INRAP — 34095 Montpellier Cedex 05, France

<sup>5</sup> Center for Marine Studies, Federal University of Paraná, Pontal do Paraná — Brésil

<sup>6</sup> Archéologies et Sciences de l'Antiquité (ArScAn) — CNRS, Ministère de la Culture, Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne, Université Paris Nanterre, Université Vincennes-Saint Denis, INRAP — Maison Archéologie & Ethnologie, 92000 Nanterre, France

<sup>7</sup> Silesian University of Technology — Gliwice, Poland, Pologne

Northern northeastern (NNE) Brazil is mainly under the influence of the Intertropical Convergence Zone (ITCZ). For example, increased precipitation in March-April is expected as the ITCZ moves northwards due to low North Atlantic surface temperatures and high South Atlantic surface temperatures. Fluctuations in the volume and annual distribution of precipitation impact the partitioning of vegetation in NNE Brazil between Cerrado, Caatinga, Atlantic forest and Amazon forest, thereby modifying the quality and quantity of plant resources available to wildlife and potentially impacting the long-term settlement of human groups.

Assessing whether a concordance link can be drawn between human occupations recognized over at least the last 40,000 years in the Serra da Capivara National Park located in NNE Brazil and paleoenvironmental changes forms the backbone of the ANR SESAME project. The aim of the study presented here is to investigate paleoenvironmental changes in the Parnaíba River drainage basin, that encompasses the Serra da Capivara National Park, during a period of major climatic changes, id est the last deglaciation (19-11.7 cal ka BP) and of the Early Holocene.

To this end, core MD23-3670Q recovered off the Parnaíba River delta during the AMARYLLIS- AMAGAS II cruise was analyzed for the period 15.5 - 8.8 cal kBP from the point of view of organic isotope geochemistry. This approach makes it possible to partition the origin of sedimentary organic matter between continental and marine (C/N), to differentiate the predominant photosynthetic cycle of terrestrial plant ( $\delta^{13}\text{C}$  - C3 and C4) and their nitrogen behavior ( $\delta^{15}\text{N}$  - leguminous and non-leguminous) during phases marked by a massive input of continental organic matter.

The results reveal two relatively dry periods, coinciding with the Bølling-Allerød and the Preboreal, and two wetter periods, coinciding with Heinrich stadial 1 and the Younger Dryas. During the latter episodes, the essentially continental record shows notable differences, which we interpret in terms of vegetation evolution: Cerrado dominating during Heinrich stadial 1, evolving in two stages towards a mixture of Caatinga and Cerrado during the Younger Dryas.

# North-eastern Brazil hydroclimate reconstructions over the last 150 ka: first interpretation of environmental magnetic measurements

Aline Govin <sup>1</sup>, Gwenaël Hervé <sup>1</sup>, Camille Wandres <sup>1</sup>, Catherine Kissel <sup>1</sup>, Rodrigo Nascimento <sup>1,2</sup>, Marie Haut-Labourdette <sup>1,3</sup>, Cristiano M. Chiessi <sup>4</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (LSCE) — CEA, CNRS, Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines – Université Paris-Saclay, 91191 Gif-sur-Yvette Cedex, France

<sup>2</sup> Center for Marine Studies, Federal University of Paraná, Pontal do Paraná – Brésil

<sup>3</sup> Institut des Sciences de l'Évolution de Montpellier (ISEM) – CNRS, EPHE Paris, IRD, Université de Montpellier, Université Paris sciences et lettres, CIRAD, INRAP – 34095 Montpellier Cedex 05, France

<sup>4</sup> School of Arts, Sciences and Humanities, University of São Paulo, São Paulo – Brésil

The Northeastern (NE) Brazil region is a semiarid zone inhabited by ca. 30 million people, who have been severely affected by drought events in the recent past and will likely experience increased aridity in the future. In this context, paleoclimatic records provide a unique opportunity to better understand the natural variability of NE Brazil hydroclimate, its drivers and related mechanisms, by investigating contrasted past climatic conditions.

Here we aim to document hydroclimate changes over the last 150 ka within the Parnaíba River basin and smaller neighbouring drainage basins located in the northern zone of NE Brazil. We reconstruct the past provenance of NE Brazil terrigenous material by using environmental magnetic properties measured in the marine sediment cores MD23-3670Q and MD23-3671, which have been collected in June 2023 about 200 km away from the Parnaíba River mouth during the AMARYLLIS-AMAGAS II cruise.

We performed quasi-continuous measurements of magnetic susceptibility, Natural, Anhysteretic and Isothermal Remanent Magnetizations (NRM, ARM, IRM, respectively) on "u-channels" of both cores. We also accomplished additional magnetic analyses (e.g. thermomagnetic curves, hysteresis parameters, FORC) on selected discrete samples to better characterize downcore changes in magnetic mineralogy.

Preliminary results indicate strong downcore changes in magnetic mineralogy over the last 150 ka. Increased proportions of high-coercivity minerals (e.g. goethite, hematite) are observed during Heinrich and Greenland stadials of the last 150 ka. Heinrich stadials 1 and 11 exhibit by far the strongest relative increase in the content of high-coercivity minerals. In contrast, magnetite ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) seems to dominate during interglacials *sensu stricto* (Marine Isotopic Stage MIS 5e and the Holocene) and to be replaced elsewhere by greigite ( $\text{Fe}_3\text{S}_4$ ) or other iron sulfide minerals, possibly reflecting the occurrence of deep-ocean low-oxygen conditions. In the coming months, the magnetic mineralogy of modern terrestrial samples will be characterized to help the identification of the geographical provenance of magnetic minerals within the Parnaíba basin as well as other smaller basins in NE Brazil.

# Benthic foraminifera from early Glacial to late Holocene coastal upwelling sediments: case study from the eastern subtropical Pacific, off Peru

Sikandar Hayat <sup>1</sup>, Meryem Mojtahid <sup>1</sup>, Mary Elliot <sup>1</sup>, Jorge Cardich <sup>2</sup>, Emmanuelle Geslin <sup>1</sup>, Thibault De Garidel-Thoron <sup>3</sup>, Matthieu Carré <sup>4</sup>, Christine Barras <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire de Planétologie et Géosciences (LPG Nantes) — Université Angers, Le Mans Université, Nantes Université, CNRS, CNES — 44322 Nantes Cedex 3, France

<sup>2</sup> CIDIS-Facultad de Ciencias e Ingeniería — Universidad Peruana Cayetano Heredia — Lima, Pérou

<sup>3</sup> Centre de Recherche et d'Enseignement de Géosciences de l'Environnement (CEREGE) — Collège de France, CNRS, IRD, Aix Marseille Université, INRAE — 13545 Aix-en-Provence, France

<sup>4</sup> Laboratoire d'Océanographie et du Climat : Expérimentations et Approches Numériques (LOCEAN) — Sorbonne Université, CNRS, MNHN, IRD — 4 place Jussieu - 75252 Paris Cedex 05, France

The Peruvian upwelling system (PUS) is one of the strongest upwelling systems in the world ocean that is embedded into the permanent, intense, and shallow oxygen minimum zone (OMZ) of the eastern subtropical South Pacific. The features of the PUS are impacted at interannual time scales by the El Niño-Southern Oscillation (ENSO). Paleoceanographic reconstructions of bottom-water oxygenation and surface productivity are instrumental to i) place recent climate-related changes of the PUS in a longer-term context, beyond the ~200 years of direct measurements, and ii) understand if its dynamics are linked or not to ENSO variability during changing climatic conditions. The first step toward achieving these goals is understanding the changes in benthic foraminiferal communities during the last 25 kyrs. The benthic foraminifera assemblage composition (> 125 µm) was documented for two sediment cores, G-10 (312 m depth) and G-14 (400 m depth), collectively covering the last 25 kyrs, extracted from the Peruvian margin, off-shore Pisco (14° S). A total of 30 species were identified, exhibiting varying presence across the cores (0-16 species). Few or no foraminifera were observed during the intervals of less intense upwelling, low organic carbon in bottom sediments, and weak OMZ, i.e., Early Glacial, Last Glacial Maximum, Bølling-Allerød, and some intervals in the Holocene. *Bolivina humilis* was the most abundant species throughout the cores, with relative abundance reaching up to 80%, while species of *Fursenkoina* (*F. complanata*, *F. fusiformis*, and *F. texturata*) dominated the Heinrich Stadial 1 (HS1). Additionally, *Suggrunda porosa*, *Bolivina costata*, *B. plicata*, *Epistominella obesa*, and *Cassidulina pulchella* were among the major species. Most of the samples exhibit a low species diversity but high population densities, a characteristic of OMZ foraminiferal communities. No significant variations were observed among the studied intervals in the Shannon diversity index. Nevertheless, discernible patterns emerged for different species; notably, the highest population density and relative abundance of *Fursenkoina* species were observed during HS1, coinciding with less reducing conditions at the sediment-water interface and a slight increase in organic matter flux. Compared with *Fursenkoina* species, *Bolivina humilis* shows the opposite trend in relative abundance indicating strong reducing conditions. *Bolivina plicata* was present only during the Holocene intervals characterized by elevated organic matter flux. The high biogenic silica content (diatoms) in foraminifera-rich intervals probably indicates its role in foraminifera preservation.

# Forçages à l'origine des variabilités de la productivité primaire en mer d'Arabie occidentale depuis le Dernier Maximum Glaciaire : un rôle majeur des poussières minérales

Alice Karsenti<sup>1</sup>, Charlotte Skonieczny<sup>1</sup>, Stéphanie Duchamp-Alphonse<sup>1</sup>, Xinquan Zhou<sup>2</sup>, Kara Labidi<sup>3</sup>, Nicolas Musial<sup>3</sup>, Ana Alves<sup>4</sup>, Maxime Leblanc<sup>1</sup>, Amélie Plautre<sup>1</sup>, Julius Nouet<sup>1</sup>, Sebastien Bertrand<sup>1</sup>, Eva Moreno<sup>5</sup>, Annachiara Bartolini<sup>4</sup>, Catherine Kissel<sup>3</sup>, Franck Bassinot<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Géosciences Paris Saclay (GEOPS) – Université Paris-Saclay, CNRS – Université Paris Saclay, bât. 504 & 510, 91405 Orsay Cedex, France

<sup>2</sup> Tongji University – 1239 Siping Road, Shanghai, Chine

<sup>3</sup> Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (LSCE) — CEA, CNRS, Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines – Université Paris-Saclay, 91191 Gif-sur-Yvette Cedex, France

<sup>5</sup> Centre de recherche en paléontologie Paris (CR2P) — CNRS, MNHN, Sorbonne Université — 75005 Paris, France

Localisée dans la partie nord-ouest de l'océan Indien, la mer d'Arabie est sous l'influence de la dynamique atmosphérique associée au système de mousson indienne qui par l'intermédiaire d'une bascule saisonnière des vents engendre, un upwelling côtier dans sa partie occidentale en été, et du mélange convectif en surface au-delà de 15°N hiver. Cette région océanique est également soumise à la dynamique des vents régionaux, qui contribuent, en balayant les régions continentales désertiques de son pourtour, à d'importants apports de poussières minérales. Ces trois mécanismes sont à l'origine d'apports de nutriments conséquents à la zone euphotique de la mer d'Arabie occidentale et contribuent à faire de cette région océanique la plus productive au monde. Cependant, leurs rôles respectifs restent mal contraints, en particulier en ce qui concerne le passé, où le manque de reconstructions des apports éoliens et de la productivité primaire notamment, limite notre compréhension des différents mécanismes impliqués. Dans ce contexte, cette étude propose une reconstruction des variabilités des dynamiques océanique et atmosphérique, ainsi que de la productivité primaire de cette région depuis le Dernier Maximum Glaciaire (LGM). Cet intervalle temporel couvre la dernière transition glaciaire-interglaciaire ainsi que des variations climatiques rapides induisant notamment des fluctuations du volume des calottes glaciaires et représente ainsi une période permettant d'explorer les principaux forçages climatiques impliqués dans les mécanismes d'apports de nutriments au cours du temps. Basées sur une approche multi-outils, incluant de la granulométrie, de la minéralogie des argiles, de la géochimie élémentaire ainsi que de la micropaléontologie, menée sur deux archives sédimentaires, combinée aux travaux antérieurs effectués dans la région, les reconstructions proposées à partir de l'étude de ces archives, mettent en évidence pour la première fois, le rôle dominant des apports de poussières minérales sur la productivité primaire de la mer d'Arabie occidentale depuis le LGM. Dans la partie nord, le mélange convectif joue également un rôle important sur la productivité primaire, alors que dans la partie sud, l'upwelling, communément considéré comme mécanisme majeur impactant la productivité primaire de cette région, ne semble contribuer que ponctuellement. La haute résolution de ce travail a mis en évidence une réponse des enregistrements éoliens, océaniques et de productivité primaire aux échelles à la fois orbitale (LGM vs Holocène) et millénaire (déglaçiation caractérisée par les événements rapides de l'Atlantique Nord), révélant des apports éoliens, un mélange convectif et une productivité primaire plus importants/réduits en contexte glaciaire/interglaciaire.

# Nouvelles perspectives géochronologiques du bassin de la Cagayan (Philippines) et des implications concernant ses occupations

Jean-Baptiste Lambard <sup>1</sup>, Alison Pereira <sup>2</sup>, Pierre Voinchet <sup>3</sup>, Hervé Guillou <sup>1</sup>, Marian C. Reyes <sup>4,5</sup>, Sébastien Nomade <sup>1</sup>, Xavier Gallet <sup>3</sup>, Maricar Belarmino <sup>4</sup>, Jean-Jacques Bahain <sup>3</sup>, John De Vos <sup>6</sup>, Marcel Guillong <sup>7</sup>, Christophe Falguères <sup>3</sup>, Andrea Cosalan <sup>5</sup>, Thomas Ingicco <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (LSCE) — CEA, CNRS, Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines — Université Paris-Saclay, 91191 Gif-sur-Yvette Cedex, France

<sup>2</sup> Géosciences Paris Saclay (GEOPS) — Université Paris-Saclay, CNRS — Université Paris Saclay, bât. 504 & 510, 91405 Orsay Cedex, France

<sup>3</sup> Histoire Naturelle de l'Homme Préhistorique (HNHP) — CNRS, Université de Perpignan via Domitia, MNHN, IRD — 75013 Paris, France

<sup>4</sup> National Museum of the Philippines — Rizal Park, Manila, Philippines

<sup>5</sup> University of the Philippines Diliman (UP Diliman) — Quezon City, Philippines

<sup>6</sup> Naturalis Biodiversity Center — Leiden, Pays-Bas

<sup>7</sup> Institute of Geochemistry and Petrology — ETH Zürich — 8092 Zürich, Suisse

Le site paléolithique de Kalinga, situé dans le bassin de la Cagayan (île de Luzon), conserve les plus anciennes traces connues à ce jour d'occupation(s) humaine(s) de l'archipel des Philippines (709 68 ka, Ingicco et al., 2018). Celles-ci soulèvent de nombreuses questions quant aux modalités et périodes d'arrivées des humains et de faunes originaires du continent sur un archipel qui ne fut jamais connecté à celui-ci, y compris lors des maxima glaciaires. L'origine de ces différentes populations est continentale et leur arrivée sur un archipel océanique est difficile à définir et fait l'objet de nombreuses hypothèses.

La découverte de nombreux vestiges paléontologiques et outils lithiques en surface dans les années 30 a conduit à la réalisation de nombreuses fouilles, des années 1970 à aujourd'hui dans la région de Kalinga. Depuis 2014, un nouveau projet, mené par notre équipe de recherche, a mis au jour des centaines de vestiges archéologiques (outils lithiques et traces de boucherie sur ossements) découverts in situ dans plusieurs séquences stratigraphiques. En dehors des âges pléistocènes moyens obtenus pour le site de Kalinga, la géochronologie de la région reste encore largement méconnue. Les résultats d'une étude géochronologique portant sur la partie centrale de la vallée de la Cagayan sont ici présentés. Ils portent sur une étude qui vise à dater plusieurs sites, témoins d'occupations humaines, complétant ainsi les données publiées sur Kalinga.

Les différents vestiges et sites sont inclus dans des séquences de dépôts sédimentaires. Dans cette région, les dépôts sont fortement tectonisés. Ce sont des sables alluviaux riches en minéraux volcaniques dont la nature est propice à une approche de datation multi-méthodes. Nous avons pu mettre en œuvre la datation ESR sur quartz blanchis optiquement, la méthode <sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar sur plagioclase et la méthode U-Pb sur zircons.

Nos résultats mettent en évidence des âges d'occupations de la zone de Kalinga située à l'est de la déformation principale, compris entre 800 ka et 230 ka. Ils permettent également de montrer que dans ce secteur le plissement tectonique serait probablement plus récent que 220 ka, soit environ 600 ka après les occupations humaines les plus anciennes. Proche de cette date, le lit de la rivière aurait été contraint physiquement vers le nord par le plissement, ce qui aurait conduit à l'arrêt de la sédimentation à l'est du bassin.



Cette analyse multi-méthodes a pour objectif de participer à la reconstruction des paléo-paysages de la région en lien avec les occupations humaines et fauniques. Cette reconstruction permettra de mieux comprendre l'environnement des occupations.

# 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>1</sup>, Aloys Bory<sup>2</sup>,  
Viviane Bout-Roumazeilles<sup>2</sup>, Serge Miska<sup>1</sup>, Julius Nouet<sup>1</sup>,  
Romain Abraham<sup>2</sup>, Marion Delattre<sup>2</sup>, Bruno Malaizé<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Géosciences Paris Saclay (GEOPS) – Université Paris-Saclay, CNRS – Université Paris Saclay, bât. 504 & 510, 91405 Orsay Cedex, France

<sup>2</sup> Laboratoire d'océanologie et de géosciences (LOG) – CNRS, Université Littoral-Côte d'Opale, Université de Lille, IRD – 59650 Villeneuve d'Ascq, France, France

<sup>3</sup> Environnement, et Paléoenvironnement Océaniques et Continentaux (EPOC) – CNRS, Université de Bordeaux, Bordeaux INP, EPHE Paris, Université Paris sciences et lettres – 33615 Pessac Cedex, France

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°05'N ; 21°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.

# Changements environnementaux et climat dans le Nordeste brésilien au cours de l'Holocène (données paléoécologiques et modèles)

Marie-Pierre Ledru <sup>1</sup>, Sergio Xavier <sup>1</sup>, Katerine Escobar Torrez <sup>1</sup>, Francisca Soares Araújo <sup>2</sup>, Myriam Khodri <sup>3</sup>, Ilana Wainer <sup>4</sup>

<sup>1</sup> Institut des Sciences de l'Évolution de Montpellier (ISEM) – CNRS, EPHE Paris, IRD, Université de Montpellier, Université Paris sciences et lettres, CIRAD, INRAP – 34095 Montpellier Cedex 05, France

<sup>2</sup> Université fédérale du Ceará (UFC) – Brésil

<sup>3</sup> Laboratoire d'Océanographie et du Climat : Expérimentations et Approches Numériques (LOCEAN) – Sorbonne Université, CNRS, MNHN, IRD – 4 place Jussieu - 75252 Paris Cedex 05, France

<sup>4</sup> Université de São Paulo (USP) – Brésil

La variabilité climatique impacte directement ou indirectement les activités humaines. Les modifications des écosystèmes qui représentaient les ressources principales des populations précoloniales du Brésil ont fortement contribué à leurs migrations sur des échelles de temps décennale à millénaire. Dans ce domaine, le Nordeste brésilien est riche d'une histoire de plus de 40 000 ans avec des phases d'occupation et d'abandon de sites archéologiques abondants sur tout son territoire. Le semi-aride brésilien, ou Nordeste, représente l'extrême d'aridité des basses terres tropicales sur le continent sud-américain. Paradoxalement il est situé juste à côté de son extrême d'humidité, l'Amazonie. Les variations de la position de la zone de convergence inter tropicale (ITCZ) et la zone de convergence de l'Atlantique sud (SACZ), de l'intensité et l'amplitude de la mousson sud-américaine (SASM) ont entraîné de nombreuses réorganisations entre ces deux régions notamment au cours de l'Holocène. Les recherches paléoécologiques ont été freinées par l'absence de conditions favorables au dépôt et à la préservation des sédiments dans ce qui est aujourd'hui le domaine de la Caatinga, le biome du semi-aride. Nous présenterons une série de nouveaux résultats paléoécologiques distribués le long d'un gradient longitudinal (est-ouest) afin de discuter les réponses des végétations du Nordeste aux réorganisations successives des régimes de précipitation sur les basses latitudes au cours de l'Holocène. Nous montrerons l'existence d'un gradient de précipitation déphasé entre l'est et l'ouest du Nordeste et ce que cela implique pour la biodiversité. Notre étude indique que l'extrême aridité qui prévaut aujourd'hui à l'est du NE résulte de l'influence combinée des paramètres orbitaux et du déplacement des zones de convergence (ITCZ et SCAZ). Nos interprétations s'appuient sur les données du modèle TraCE-21k et replaceront les changements observés au cours de l'Holocène dans le contexte du réchauffement climatique actuel.

# Mid to late Holocene GDGT-based air temperatures from a crater lake in Cameroon (Central Africa)

Guillemette Menot <sup>1</sup>, Salomé Ansanay-Alex <sup>1</sup>, Valerie F. Schwab <sup>2</sup>,  
Gilbert Todou <sup>3,4</sup>, Oivier Séné <sup>5</sup>, Jean-Michel Onana <sup>6,7</sup>, Gerd Gleixner <sup>8</sup>,  
Dirk Sachse <sup>8</sup>, Yannick Garcin <sup>9</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire de Géologie de Lyon - Terre, Planètes, Environnement (LGL-TPE) – CNRS, ENS Lyon, Université Claude Bernard Lyon 1, Université Jean Monnet Saint-Etienne — 69622 Villeurbanne Cedex, France

<sup>2</sup> Max-Planck-Institut für Biogeochemie – Jena, Allemagne

<sup>3</sup> Laboratoire de Botanique-Écologie — Université de Maroua – Faculté des Sciences, Maroua, Cameroun

<sup>4</sup> Université de Garoua – Faculté des Sciences, Garoua Cameroun

<sup>5</sup> US Forest Service — USDA — Yaoundé, Cameroun

<sup>6</sup> Department of Plant Biology—University of Yaoundé I — Faculty of Science, Yaoundé, Cameroun

<sup>7</sup> National Herbarium of Cameroon – IRAD — Yaoundé, Cameroun

<sup>8</sup> German Research Centre for Geosciences (GFZ) – Potsdam, Allemagne

<sup>9</sup> Centre de Recherche et d'Enseignement de Géosciences de l'Environnement (CEREGE) – Collège de France, CNRS, IRD, Aix Marseille Université, INRAE – 13545 Aix-en-Provence, France

African low latitude regions tend to be underrepresented in global continental temperature reconstructions, limiting our understanding and reliability of predictions of past and future changes in temperature and precipitation in this part of the world. The lack of continuous sedimentary archives and of quantitative temperature proxies further complicates this matter, especially outside areas outside Eastern Africa. Here, we use data collected in a Cameroon lake to assess branched glycerol dialkyl glycerol tetraether brGDGT-based temperature proxies and to examine potential confounding variables impacting temperature reconstructions. By analyzing GDGT distributions in soil, water column, and surface sediment samples from Cameroon lake watersheds, we confirm that mean annual temperatures primarily control 5 methyl-isomers. Additionally, we confirm conductivity and pH as controlling factors impacting the abundance of 6 methyl-isomers. Moreover, we provide a first reconstruction of Mid- to Late-Holocene GDGT- based air temperatures for a crater lake in Cameroon (Central Africa), yielding a temperature decrease of about 2°C over the last 7000 years, which agrees with recently published records for East Africa but exceeds current model predictions. These discrepancies require additional studies to focus on this geographically underrepresented area.

# Nutricline patterns in the Western Tropical Atlantic: toward a better understanding of North Brazil Current and AMOC dynamics over the past 300 000 years

Guilherme Pedrão <sup>1,2</sup>, Stéphanie Duchamp-Alphonse <sup>1</sup>, Natalia Vázquez Riveiros <sup>2</sup>,  
Rodrigo Nascimento <sup>3</sup>, Julius Nouet <sup>1</sup>, Felipe Toledo <sup>4</sup>, Karen Costa <sup>4</sup>, Ana Luiza  
Spadano Albuquerque <sup>5</sup>

<sup>1</sup> Géosciences Paris Saclay (GEOPS) – Université Paris-Saclay, CNRS – Université Paris Saclay, bât. 504 & 510, 91405 Orsay Cedex, France

<sup>2</sup> Laboratoire Géosciences Océan (GEO-OCEAN) — Université de Brest, CNRS, IFREMER, Université Bretagne-Sud, SHOM — 29280 Plouzané, France

<sup>3</sup> Universidade Federal do Paraná (UFPR) – Pontal do Paraná, Brésil

<sup>4</sup> University of Sao Paulo (USP) – Praça Oceanográfico, 191 - Cidade Universitaria, São Paulo, Brésil

<sup>5</sup> Geoscience Institute — Universidade Federal Fluminense (UFF) – Geology and Geophysics Department, Niteroi, Brésil

In the western tropical Atlantic (WTA), the Atlantic Meridional Overturning Circulation (AMOC) is partly represented by the North Brazil Current that promotes the northward and cross-equatorial transport of heat. The dynamics of this current in the past remain unclear, preventing us from having a clear overview of heat distribution in the area and how it affected heat transport at a broader scale. In this study, based on coccolith assemblages from marine sediment core GL-1180 (8°27'18"S, 33°32'53"W, 1037 m water depth), we explore nutricline dynamics of the WTA over the past 300,000 years to track variations in the expansion of the nutrient-rich South Atlantic Central Water (SACW) and try to understand how it impacted the Brazil Current system. The results show that ~90% of the coccolith assemblages were represented by *Florisphaera profunda*, Small *Gephyrocapsa*, *Gephyrocapsa* spp., *Emiliania huxleyi*, and *Gladiolithus flabellatus*. The use of the N ratio index (i.e. the ratio between the oligotrophic coccolith

*F. profunda* and the more mesotrophic coccolith small *Gephyrocapsa*) together with previous sea surface temperature data, allows us to reconstruct stratification versus mixing of the upper water column at orbital scale. It appears that more stratified waters (decreased N ratio and deep nutricline) and oligotrophic conditions are established during glacial periods, terminations, and cold sub-stages of interglacial periods. In contrast, more mixed waters (increased N ratio and shallow nutricline) might have prevailed during interglacials. Such changes in nutricline dynamics are probably related to the intensity of trade winds. Stronger winds during glacial periods could have piled up a higher amount of water in the WTA, leading to a deeper nutricline. During glacial terminations, when the AMOC is the weakest, the deeper nutricline is associated with increased SST, suggesting both heat accumulation in the WTA and a weaker North Brazil Current. Such patterns might also be related to the ITCZ's southward migration during cold periods, which would have minimized the influence of the SACW and nutrient inputs into the photic zone. Our findings highlight the advantages of using of coccolithophores to register the sensitivity of WTA to AMOC variability.

# Les colonies coralliennes massives (porites) à Moorea (Polynésie Française) et impact d'ENSO 2024

Aitu Raufauore <sup>1</sup>, Emilie Dassie<sup>1</sup>, Laetitia Hédouin <sup>2</sup>, Bruno Malaize <sup>1</sup>,  
Benoit Espiau <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Environnement, et Paléoenvironnement Océaniques et Continentaux (EPOC) – CNRS, Université de Bordeaux, Bordeaux INP, EPHE Paris, Université Paris sciences et lettres – 33615 Pessac Cedex, France

<sup>2</sup> Centre de Recherches Insulaires et Observatoire de l'Environnement (CRIOBE) – CNRS, Université de Perpignan via Domitia, EPHE, Université Paris sciences et lettres – 98729, Polynésie française, Polynésie française & 66860 Perpignan, France

Depuis le début de l'utilisation des énergies fossiles, des milliards de tonnes de dioxyde de carbone ont été émis dans l'atmosphère modifiant ses paramètres chimiques. Parmi ces paramètres, il y a le rapport isotopique du carbone atmosphérique ( $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ ), calculé sous la forme du  $\delta^{13}\text{C}$  atmosphérique. La signature en  $\delta^{13}\text{C}$  des énergies fossiles étant plus faible que celle mesurée dans l'atmosphère, le  $\delta^{13}\text{C}$  mesuré dans l'atmosphère diminue depuis plusieurs décennies (effet Suess).

Les océans, premiers régulateurs de température du climat, absorbent le dioxyde de carbone atmosphérique via des processus physico-chimiques. Le dioxyde de carbone marin se retrouve alors sous différentes formes dissoutes. Les coraux vivent en symbiose avec des algues nommées zooxanthelles qui utilisent le dioxyde de carbone environnant pour effectuer leur photosynthèse. Cela fournit aux coraux la majeure partie de l'énergie dont ils ont besoin pour créer ces structures calcifiantes. Par les processus biologiques, le dioxyde de carbone marin se retrouve incorporé au sein du squelette corallien. La diminution du  $\delta^{13}\text{C}$ , observée dans l'atmosphère, pourrait alors se retrouver dans le  $\delta^{13}\text{C}$  marin, et enfin se retrouver dans le  $\delta^{13}\text{C}$  corallien.

Il est possible de mesurer le  $\delta^{13}\text{C}$  corallien depuis l'extérieur de sa structure jusqu'à l'intérieur par l'intermédiaire du carottage. Associées à des mesures de datations, ces mesures permettent de reconstruire l'évolution du signal  $\delta^{13}\text{C}$  corallien au cours du temps. Ainsi, comparer les signaux temporels de  $\delta^{13}\text{C}$  atmosphérique et corallien permet d'avoir une idée des échanges physico-chimiques entre l'atmosphère et l'océan. En particulier, il est possible de savoir si l'océan est émetteur (source) ou capteur de  $\text{CO}_2$  (puit).

Le but de ma thèse est d'estimer le lien entre les paramètres biologiques des coraux massifs du genre Porites, (espèces des coraux et des zooxanthelles) dans la région pacifique tropicale, et le  $\delta^{13}\text{C}$  corallien. En l'occurrence, mon étude se porte sur l'île de Moorea (Polynésie française). Il est nécessaire tout d'abord d'établir un bilan environnemental en récoltant des données des communautés de colonies massives présentes sur nos sites. Les étapes commencent donc par l'échantillonnage de tissus vivants des coraux jusqu'à l'extraction de l'ADN en laboratoire, puis à l'évaluation des paramètres physiques des colonies présentes sur nos sites jusqu'au traitement statistique de leurs données. Ce poster présente dans un premier temps les méthodes utilisées pour créer ce bilan environnemental. Dans un second temps, nous montrerons la distribution géographique des colonies en fonction de leur mortalité partielle (surface morte/surface totale de chaque colonie), mais aussi de certains paramètres environnementaux. Et enfin, vous verrez le bilan de santé des coraux massifs face à un épisode de blanchissement survenu en avril 2024, un aléa environnemental qui a touché une grande partie de la Polynésie française.

# Le lac Abhé en République Djiboutienne : comparaison de la prospection sismique à haute résolution et d'une séquence sédimentaire sur les derniers 6500 ans

Marie Revel<sup>1</sup>, Florian Bretonnière<sup>1</sup>, Fabien Arnaud<sup>2</sup>, Eric Chaumillon<sup>3</sup>,  
Guillemette Ménot<sup>4</sup>, Jérémy Jacob<sup>5</sup>, Jessie Cauliez<sup>6</sup>, Emmanuel Malet<sup>2</sup>, Bernard  
Fanget<sup>2</sup>, Pierre Sabatier<sup>2</sup>, Oceane Vitse<sup>1</sup>, Nicolas Thouveny<sup>7</sup>, Flavio S.  
Anselmetti<sup>8</sup>, Alice Molard<sup>2</sup>, Carlo Mologni<sup>9,6</sup>, Laure Schenini<sup>1</sup>, Medhi Messous<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Géoazur — CNRS, Observatoire de la Côte d'Azur Nice, IRD, Université Côte d'Azur — 06560 Valbonne, France

<sup>2</sup> Environnements, Dynamiques et Territoires de la Montagne (EDYTEM) — CNRS, Université Savoie Chambéry,  
Ministère de la Culture — 73376 Le Bourget du Lac Cedex, France

<sup>3</sup> Littoral, Environnement et Sociétés (LIENSs) — CNRS, La Rochelle Université – Technoforum, 17031 La Rochelle,  
France

<sup>4</sup> Laboratoire de Géologie de Lyon - Terre, Planètes, Environnement (LGL-TPE) — CNRS, ENS Lyon, Université Claude  
Bernard Lyon 1, Université Jean Monnet Saint-Etienne — 69622 Villeurbanne Cedex, France

<sup>5</sup> Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (LSCE) — CEA, CNRS, Université de Versailles Saint-  
Quentin-en-Yvelines – Université Paris-Saclay, 91191 Gif-sur-Yvette Cedex, France

<sup>6</sup> Travaux de Recherches Archéologiques sur les Cultures, les Espaces et les Sociétés (TRACES) — CNRS, Ministère de la  
Culture, Université de Toulouse 2, EHESS Paris, INRAP — 31058 Toulouse Cedex 9, France

<sup>7</sup> Centre de Recherche et d'Enseignement de Géosciences de l'Environnement (CEREGE) – Collège de France, CNRS,  
IRD, Aix Marseille Université, INRAE – 13545 Aix-en-Provence, France

<sup>8</sup> Institute of Geological Sciences and Oeschger Centre for Climate Change Research, University of Bern – Suisse

<sup>9</sup> Culture et Environnements, Préhistoire, Antiquité, Moyen-Âge (CEPAM) – CNRS, Université Nice Côte d'Azur – Pôle  
universitaire Saint-Jean-d'Angély - 06357 Nice Cedex 4, France

En Afrique de l'Est, l'oscillation El Niño-Southern (ENSO) est identifiée comme l'un des moteurs de la variabilité inter-annuelle des précipitations, à l'échelle de l'Holocène, affectant la disponibilité en eau des hydrosystèmes. C'est par exemple le cas des rivières Nil Bleu et Awash, alimentées par les précipitations de mousson concentrées sur les hauts plateaux éthiopiens (Blanchet et al., 2024, Mologni et al., 2024).

Dans la Corne de l'Afrique, il existe encore peu d'archives reconstituant les paramètres du climat à haute résolution. De telles archives permettrait de comprendre l'importance relative des systèmes météorologiques tropicaux et méditerranéens ainsi que la réactivité des écosystèmes continentaux aux variations climatiques/tectoniques passés.

Dans ce contexte, la mission DESIREE (<https://geoazur.oca.eu/fr/anr-nilafar>) a permis de réaliser une prospection sismique à haute résolution et de prélever une carotte sédimentaire de 15.43 mètres dans le lac Abhé afin de décrypter l'évolution des conditions environnementales, climatiques et des sociétés humaines dans la dépression Afar. Le bassin du lac Abhé est le réceptacle endoréique d'eau douce et de charge particulaire provenant des hauts plateaux éthiopiens, représentant ainsi un système hydro-sédimentaire particulièrement réactif aux changements de précipitations de la Corne de l'Afrique. Le lac Abhé occupait une surface de 6000 km<sup>2</sup> pendant la dernière période humide africaine (Gasse, 1977) alors qu'il est aujourd'hui réduit à 300 km<sup>2</sup>. Les premières datations relatives basées sur la variation séculaire du champ magnétique terrestre (déclinaison, inclinaison et paléo-intensité) indiquent que la carotte ABH23 couvrirait les derniers 6500 ans, soit un taux de sédimentation de 2 mm/an en moyenne. 7 séquences

sédimentaires sont identifiées dans la carotte par des marqueurs sédimentologiques et géochimiques. Ces 7 séquences se corrèlent parfaitement avec les unités sismiques et mettent en lumière une forte variabilité temporelle dans la sédimentation. Ainsi, une unité acoustique transparente que l'on retrouve sur l'ensemble de la partie djiboutienne du lac correspond à un dépôt de diatomite, daté autour de 5000 ans, et qui enregistrerait un haut niveau du lac. Il est recouvert par un sédiment terrigène argileux suggérant une aridification autour de 4400 ans, en phase avec les variations hydro-climatiques enregistrées, par exemple, dans le lac Aschenge en Éthiopie. Les 7.4 m de sédiments les plus récents (derniers 3500 ans environ) correspondent à une unité acoustique marquée par des réflecteurs plus ou moins marqués et parallèles. Ce sédiment présente des lamines infra millimétriques et millimétriques de couleurs variées : vert, gris et ocre. Ces dernières suggèrent des dépôts terrigènes saisonniers permettant un enregistrement hydrologique à comparer avec les oscillations ENSO.

*Blanchet et al., 2024. Climatic pacing of extreme Nile floods during the North African Humid Period. Nature geosciences doi.org/10.1038/s41561-024-01471-9*

*Mologni et al., 2024. 50-year seasonal variability in East African droughts and floods recorded in central Afar lake sediments (Ethiopia) and their connections with the El Niño–Southern Oscillation. Clim. Past. 20, 1837-1860.*

*Gasse, 1977. Evolution of Lake Abhe from 70,000 BP. Nature 265, 42-45.*



# Influence of local environmental changes on paleoclimatic reconstructions based on pollen and lipid biomarkers from a Cameroonian peat deposit

Valentine Schaaff<sup>1</sup>, Vincent Grossi<sup>1,2</sup>, Matthew Makou<sup>1</sup>, Yannick Garcin<sup>3</sup>, Pierre Deschamps<sup>3</sup>, Bruno Hamelin<sup>3</sup>, Christopher A. Kiahtipes<sup>4</sup>, David Sebag<sup>5</sup>, Benjamin Ngounou Ngatcha<sup>6</sup>, Guillemette Ménot<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire de Géologie de Lyon - Terre, Planètes, Environnement (LGL-TPE) – CNRS, ENS Lyon, Université Claude Bernard Lyon 1, Université Jean Monnet Saint-Etienne — 69622 Villeurbanne Cedex, France

<sup>2</sup> Institut Méditerranéen d'océanologie (MIO) — Université de Toulon, CNRS, IRD, Aix-Marseille Université — 13288 Marseille Cedex 09, France

<sup>3</sup> Centre de Recherche et d'Enseignement de Géosciences de l'Environnement (CEREGE) – Collège de France, CNRS, IRD, Aix Marseille Université, INRAE – 13545 Aix-en-Provence, France

<sup>4</sup> University of South Florida – Tampa, États-Unis

<sup>5</sup> IFP Énergies nouvelles (IFPEN) – 92852 Rueil-Malmaison, France. – France

<sup>6</sup> Université de NGaoundéré – NGaoundéré, Cameroun

Our understanding of the termination of the African Humid Period (AHP) in West and Central Africa is still limited by the small number of archives. In peatlands, the predominant anoxic conditions favor good preservation of organic matter, which is particularly favorable for studies based on pollen or lipid biomarkers. However, peatlands can be affected by strong environmental changes such as variations in peat water level and changes in the vegetation covering the peatland. These changes are likely to affect the input of pollen and lipid biomarkers from vegetation as well as the peat microbial community, which could bias paleoclimatic and paleoenvironmental reconstructions. In this study, we investigate a continuous and homogenous 6-meter peat core from the NGaoundaba peat deposit (Northeastern Cameroon) covering the last 10 ka using a large panel of lipid biomarkers and pollen analyses. The impact of local changes and confounding factors is evaluated for each proxy tested. All proxies indicate a major transition around 5.7-5.6 ka cal BP, clearly recording the end of the AHP. This transition is marked by strong local and regional changes, with a transition from an open-water wetland to a vegetated peatland, the disappearance of several forest taxa and the spread of grass and sedge pollens. The progressive terrestriation of the peat surface also had an impact on lipid biomarkers. Large variations in the hydrogen isotopic composition of long-chain n-alkanes during the Holocene suggest an increased contribution from local wetland plants, such as sedges and grasses, growing in peat water. Similarly, temperature variations reconstructed using bacterial branched glycerol dialkyl glycerol tetraethers (brGDGTs) could be affected by confounding factors such as changes in peat pH or moisture content. The NGaoundaba peat deposit records a major turnover in vegetation at the end of the AHP, associated with changes in precipitation amount and/or seasonality, which had a significant impact on the peat microbial community. In addition, the NGaoundaba peat record highlights short "dry" events happening around 9-8 ka and 4.5-3.5 ka cal BP with a distinct response from local vegetation and peat microbial community.

# Exploring a new lake sediments archive from Oman to unprecedentedly reconstruct the Holocene humid period in the Middle East

Charlotte Skonieczny<sup>1</sup>, Johan Etourneau<sup>2</sup>, Mohammed Al Kindi<sup>3</sup>, Farhana Mederbel<sup>1</sup>, Alice Karsenti<sup>1</sup>, Maxime Leblanc<sup>1</sup>, Amélie Plautre<sup>1</sup>, Enno Schefuß<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Géosciences Paris Saclay (GEOPS) – Université Paris-Saclay, CNRS – Université Paris Saclay, bât. 504 & 510, 91405 Orsay Cedex, France

<sup>2</sup> Environnement, et Paléoenvironnement Océaniques et Continentaux (EPOC) – CNRS, Université de Bordeaux, Bordeaux INP, EPHE Paris, Université Paris sciences et lettres – 33615 Pessac Cedex, France

<sup>3</sup> Earth Sciences Consultancy Centre (ESCC) – Ghala Street, Muscat, Oman

<sup>4</sup> Center for Marine Environmental Sciences (MARUM) –Bremen, Allemagne

Au cours du Quaternaire, les variations d'insolation reçues au niveau des basses latitudes du continent africain et du Moyen-Orient ont régi la dynamique de la mousson dans ces régions engendrant ainsi la récurrence de périodes d'intenses précipitations. Ces périodes humides se caractérisent par une transformation majeure du cycle hydrologique favorisant le développement de vastes réseaux fluviaux, de lacs, de la faune et flore tropicales dans des régions parmi les plus désertiques à l'actuel (Sahara, Péninsule Arabique). Dans le contexte actuel de réchauffement, les mécanismes et réponses environnementales associés à ces périodes humides ainsi que leurs transitions avec des états d'aridité extrême demeurent cruciaux à comprendre afin d'améliorer les projections climatiques de ces régions du monde particulièrement vulnérables. Toutefois, bien que fortement étudiées et discutées sur le continent africain, ces périodes humides demeurent encore relativement peu documentées au niveau du Moyen-Orient. Ceci est très probablement lié à la difficulté de trouver des archives climatiques permettant de reconstruire les changements passés du cycle hydrologique de façon continue et à haute résolution temporelle dans ces régions climatiquement hostiles à l'actuel. Lors d'une mission de terrain exploratoire en 2022, une séquence sédimentaire paléo-lacustre a été découverte dans le Sud d'Oman, en Péninsule Arabique. Des argiles, coquilles de mollusques et indices archéologiques ont pu être identifiés dans ces sédiments confirmant leur contemporanéité avec la dernière période humide qui s'est produite au milieu de l'Holocène. Les résultats préliminaires notamment de granulométrie et teneurs en carbone organique semblent particulièrement encourageants quant à la reconstruction du cycle hydrologique passé de cette région. Ainsi, le projet OMAN vise à retourner échantillonner la séquence à plus haute résolution en décembre 2024, à réaliser un travail analytique à la fois in situ (équipements portatifs) et en laboratoire (échantillons ponctuels) combinant de façon inédite traceurs organiques, inorganiques et datations afin de proposer un nouvel enregistrement climatique à haute résolution temporelle de la période humide Holocène de cette région du monde.

16 - Impact du dérèglement climatique aux hautes latitudes : conséquences du dégel du pergélisol

# Dynamique du carbone, de l'azote et du phosphore dans les tourbières à mares des basses-terres de la baie d'Hudson dans un contexte de dégel du pergélisol

Julien Arsenault <sup>1</sup>, Frédéric Bouchard <sup>1</sup>, Maialen Barret <sup>2</sup>, Lucile Cosyn Wexsteen <sup>1</sup>, Rémi Trémouille <sup>2</sup>, Laure Gandois <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Département de géomatique appliquée — Université de Sherbrooke — Canada

<sup>2</sup> Centre de Recherche sur la Biodiversité et l'Environnement (CRBE) — Institut National Polytechnique Toulouse, Université Toulouse 3 - Paul Sabatier, CNRS, IRD — 31326 Castanet Tolosan Cedex, France

Le pergélisol qui caractérise les milieux humides des régions froides du globe dégèle de plus en plus rapidement en raison des changements climatiques. La décomposition de la matière organique (MO) de ces sols, qui contient de grandes quantités de carbone (C), d'azote (N) et de phosphore (P) stockées parfois depuis des millénaires, mène à l'émission de gaz à effets de serre et à la remise en circulation de nutriments essentiels à la croissance des plantes. Le dégel du pergélisol mène aussi à la formation de mares dans les tourbières subarctiques. Les impacts du développement des mares sur le fonctionnement des tourbières à pergélisol demeurent cependant peu étudiés. Dans les basses-terres de la baie d'Hudson, les résultats d'échantillonnages menés aux étés 2023 et 2024 montrent une origine terrigène de la matière organique dissoute dans les mares, suggérant une forte connectivité entre les mares et la tourbe. Nous avons aussi mesuré des concentrations en P dissous jusqu'à 1000 fois plus élevées dans l'eau du sol que dans les mares et en moyenne 20 fois plus élevées dans la glace du pergélisol que dans l'eau de la couche active. Les concentrations en N dissous sont quant à elles, en moyenne, quatre à dix fois plus élevées dans la tourbe que dans les mares. Nos résultats illustrent une remise en circulation du P et du N initialement contenu dans la MO de la tourbe lors du dégel du pergélisol et démontrent que la biogéochimie des tourbières subarctiques est appelée à de profonds bouleversements au cours des prochaines décennies en raison de transferts accrus en nutriments des écosystèmes terrestre vers les eaux de surfaces.

# Étude cryolithologique du pergélisol dans l'Ouest Yukon à partir de tomographie par résistivité électrique et de forages

Cesar Ciebiera <sup>1</sup>, Antoine Séjourné <sup>1</sup>, Marc Pessel <sup>1</sup>, Rémi Lambert <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Géosciences Paris Saclay (GEOPS) – Université Paris-Saclay, CNRS – Université Paris Saclay, bât. 504 & 510, 91405 Orsay Cedex, France

The PRISMARCTYC project, led by Antoine Séjourné, is a long-term monitoring of permafrost in the Arctic. It studies its composition, degradation and impact when it thaws. In August 2023, a field campaign took place to take measurements near Beaver Creek in the Yukon, Canada. This report is a cryolithological study of two sites near Beaver Creek (Lake 15 and Lake 4-5) based mainly on drilling and ERT profiles (Electrical Resistivity Tomography). In order to interpret the results, it is necessary to compare them with a bibliographical database compiled earlier.

In the Lake 15 area, 3 layers have been identified as permafrost. The upper layer corresponds to resistive Holocene permafrost composed of silt and clay. Ice wedges are observed in one borehole and on an ERT profile.

Under this unit, permafrost observed corresponding to a layer of transition between the Upper Pleistocene and the Holocene. It bears witness to the interglacial period (~12.000 years) with high fluvial transport energy. Drilling shows that this layer is composed of coarse sediments (sand, gravel, pebbles). The ERT profile highlights this layer with high resistivities in frozen areas and very low resistivities in thawed areas. Although the lower layer has not been drilled, it is interpreted as Upper Pleistocene permafrost with very high resistivity.

In the Lake 4-5 area, a block of pure ice has been identified in a frozen moraine dating from the McConnell glaciation (22,000 years). Fluvio-glacial deposits were also observed in the boreholes and the ERT profile. Permafrost of varying ice content has been identified at the bottom of the valley, but its age is unknown. The thermokarst lakes at both sites cause the thawing of Holocene and Upper Pleistocene permafrost. Taliks of various sizes are clearly observed on the ERT profiles.

# Évaluation de l'assèchement des lacs dans le Parc national de Wapusk (Canada) : une approche paléolimnologique

Lucile Cosyn Wexsteen <sup>1,2,3</sup>, Frédéric Bouchard <sup>1,2,3</sup>, Dermot Antoniades <sup>2,3,4</sup>, Zimmermann Claudia <sup>4</sup>

<sup>1</sup> Département de géomatique appliquée – Université de Sherbrooke—Canada

<sup>2</sup> Groupe de recherche interuniversitaire en limnologie et en environnement aquatique GRIL — Montréal, Canada

<sup>3</sup> Centre d'études nordiques (CEN) – Université de Laval — Québec, Canada

<sup>4</sup> Département de Géographie - Université Laval – Québec, Canada

Les basses terres de la Baie d'Hudson, en domaine subarctique, sont la deuxième plus grande étendue de tourbières en zone de pergélisol au monde et comptent des milliers de lacs peu profonds, principalement thermokarstiques (formés par le dégel d'un pergélisol riche en glace). On y trouve le Parc national de Wapusk, découpé en trois écozones : la taïga (ou forêt boréale), le plateau tourbeux et la toundra côtière. Le parc offre un habitat pour plus de 500 espèces différentes y compris les ours polaires et certaines espèces d'oiseaux migrateurs. Cependant, de récentes études montrent une baisse de niveau d'eau, voire un assèchement total de certains lacs. Ce type de perturbation hydrologique pourrait, à long terme, avoir un impact dramatique sur la biodiversité présente.

L'objectif principal de ce projet est de déterminer comment le dégel du pergélisol induit par le réchauffement depuis la fin du XX<sup>ème</sup> siècle a impacté l'équilibre hydrologique régional, notamment la connectivité des lacs le long d'un gradient écologique (écozones) et géomorphologique (pergélisol discontinu à continu).

Trois lacs ont été échantillonnés à l'été 2023 dans le Parc national de Wapusk, soit un lac dans chaque écozone. Les premières analyses de carottes de sédiments lacustres montrent trois profils différents en termes de composition (type de sédiment, concentration en matière organique allant de 10 à 95%) avec des âges plus anciens pour les carottes les plus éloignées de la côte. Le comptage et l'identification des diatomées fossiles le long des carottes de sédiments lacustres sont actuellement en cours et montrent des assemblages différents selon les écozones.

# Permafrost Degradation and Re-Aggradation in the Beaver Creek Floodplain (Yukon Territory)

Thomas Dépret<sup>1</sup>, Emmanuele Gautier<sup>1</sup>, Frédéric Gob<sup>1</sup>, Daniel Fortier<sup>2</sup>,  
Marc Pessel<sup>3</sup>, Rémi Lambert<sup>3</sup>, Clément Virmoux<sup>1</sup>, Marie Mousset<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire de géographie physique : Environnements Quaternaires et Actuels (LGP) – CNRS, Université Panthéon-Sorbonne, Université Paris-Est Créteil Val-de-Marne – 94320 Thiais, France

<sup>2</sup> Centre d'études Nordiques – Université de Montréal – Complexe des sciences, Montréal, Canada

<sup>3</sup> Géosciences Paris Saclay (GEOPS) – Université Paris-Saclay, CNRS – Université Paris Saclay, bât. 504 & 510, 91405 Orsay Cedex, France

This work seeks to gain a better understanding of the role fluvial dynamics in the formation or degradation of permafrost. Through a case study of the middle Beaver Creek River (Yukon), we analyse the way fluvial dynamics control permafrost distribution at the alluvial plain scale and we try to determine the time needed for permafrost aggradation in undisturbed fluvial deposits.

The Beaver Creek River, a tributary of the White River, drains a 2308 km<sup>2</sup> basin (Yukon and Alaska), located in the north of the Kluane Range. The river flows east from a glacier and then north through the Wellesley basin where the study site is located. This middle part of the catchment remained unglaciated during the last glacial maximum. The area corresponds to the extensive discontinuous permafrost zone and the Pleistocene permafrost is ice-rich with networks of ice-wedges.

We combined different approaches at different spatial and temporal scales. First, we aim to determine the spatial distribution of the permafrost in different sites along the river. To do so, we associated, along three cross-sections perpendicular to the river, electrical resistivity tomography (ERT) surveys together with permafrost coring using a portable core-drill. The chronology of the various floodplain levels was obtained by radiocarbon dating and the presence of White River Ash in the soil (eruption in A.D. 803, Lerbekmo and Campbell, 1969). Second, we determined along a 18km-long reach of the river, the spatial distribution of the permafrost in the plain using the results obtained on the basis of (i) the field surveys; (ii) the reconstruction of the fluvial landform mobility since 1977 by remote sensing analysis and (iii) a detrended LiDAR DEM.

This preliminary study highlights several points concerning interrelations between fluvial dynamics and permafrost. First, in the case of the Beaver Creek River, the aggradation of permafrost in abandoned fluvial sediments requires more than 40-50 years and likely a few centuries, as shown by the absence of permafrost the units stabilized since the late 1970's. The active lateral mobility of the river inhibits thus the formation of permafrost. Therefore, the most part of the recent floodplain doesn't support permafrost. Then, the second youngest unit of the floodplain, which is at least 100 years old according to the vegetation, is also free of permafrost. Finally, the oldest unit is entirely affected by permafrost, formed after the WRA deposits, i.e. younger than AD 800. These observations imply that permafrost took between more than a century and less than 1,200 years to form. It differs from colder Arctic regions where the permafrost formation, around 30 years, is much faster (Gautier et al., 2021). These preliminary results need further investigations in order to better understand interactions between fluvial dynamics, permafrost and climate change.

*Gautier, E. et al. 2021. Fifty-year dynamics of the Lena River islands (Russia): Spatio-temporal pattern of large periglacial anabranching river and influence of climate change. Science of the Total Environment 783: 147020. 10.1016/j.scitotenv.2021.147020> .*

*Lerbekmo, J.F., Campbell F.A., 1969. Distribution, composition and source of the White River Ash, Yukon Territory. Canadian Journal of Earth Sciences, 6: 109: 110-116. DOI: 10.1139/e69- 011.*

# The last frontier of marine permafrost in North America is threatened by the collapse of the Ward Hunt Ice Rise (Nunavut, Canada)

Daniel Fortier <sup>1</sup>, Eliot Sicaud <sup>1</sup>, Bastien Ruols <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Centre d'études Nordiques – Université de Montréal – Complexe des sciences, Montréal, Canada

<sup>2</sup> Université de Lausanne (UNIL) – 1015 Lausanne, Suisse

Ice rises are cryospheric features similar to glaciers associated with ice shelves. They are characterized by an accumulation of layers of ice forming a clearly defined dome-shaped elevation of the otherwise flatter ice shelf. Ice rises in the Arctic are only found within the Ward Hunt Ice Shelf situated along the north coast of Ellesmere Island. Contrary to Antarctic ice shelves which represent the floating continuity of continental ice masses, the Ward Hunt Ice Shelf is mostly composed of sea ice and nearly static. Patterns in the distribution of Arctic ice rises suggest that their formation is triggered by the anchoring of ice shelves to the seabed at relatively shallow depths. To better understand the processes behind the formation and evolution of this particular type of ice rises, the first objective of this project is to characterize the morphology and structure of the Ward Hunt Ice Rise. The Ward Hunt Ice Rise is located a few kilometers off the north coast of Ellesmere Island, adjacent to Ward Hunt Island which represents the northern terrestrial limit of North America. During a field campaign conducted in May 2024, measurements of the ice thickness of the Ward Hunt Ice Rise were carried out using a snowmobile-towed GPR (Ground Penetrating Radar) and a drone-based GPR. The snowmobile-towed GPR was used to acquire multi-kilometers long lines covering the entire Ward Hunt Ice Rise. The drone-based GPR was used to acquire high density lines in hard-to-access locations (i.e. the interface between the ice rise and the ice shelf). Ongoing data analysis will help to map the distribution of ice thickness, calculate the total ice volume, and describe the internal geometry (i.e. ice layers and seabed topography) of the Ward Hunt Ice Rise. Preliminary results show a mean ice thickness of ~50m and a cryostratigraphy composed of a sea ice base layer and an iced firn upper layer. The ice rise rests on the seabed which is presumably frozen (marine permafrost).



# Stœchiométrie et biochimie d'espèces arctiques dans un contexte de transitions de végétation de la toundra

Lucie Germain <sup>1,2</sup>, Marie Alexis <sup>1</sup>, Maryse Castrec-Rouelle <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Milieux Environnementaux, Transferts et Interactions dans les hydrosystèmes et les Sols (METIS) — CNRS, EPHE Paris, Sorbonne Université, Université Paris sciences et lettres — 4 place Jussieu, 75252 Paris Cedex 05, France

<sup>2</sup> Centre de Recherche sur la Biodiversité et l'Environnement (CRBE) — Institut National Polytechnique Toulouse, Université Toulouse 3 - Paul Sabatier, CNRS, IRD — 31326 Castanet Tolosan Cedex, France

Au cours des quarante dernières années, les régions arctiques ont connu une augmentation des températures presque quatre fois supérieure à la moyenne mondiale, conduisant à un dégel sans précédent du pergélisol (1,2). Ce dégel expose d'importantes quantités de carbone organique aux activités microbiennes, avec le potentiel de libérer des gaz à effet de serre, amplifiant ainsi le réchauffement climatique (2).

Parallèlement, le réchauffement rapide de l'Arctique entraîne des transitions significatives dans les communautés végétales de la toundra, favorisant notamment l'expansion des arbustes au détriment des lichens et des mousses (3). En modifiant la composition de la matière organique apportée au sol via la litière, ces changements de végétation pourraient influencer considérablement la production primaire en Arctique (4) et, à terme, la réponse et la rétroaction des écosystèmes arctiques face au réchauffement climatique.

Dans l'objectif de mieux comprendre les impacts potentiels de ces changements de végétation sur la composition de la litière, la stœchiométrie et la biochimie de onze espèces représentatives de ces changements ont été étudiées à l'aide d'extractions à l'eau, suivies d'analyses élémentaires et d'analyses en RMN 13C du liquide.

Nos résultats montrent que l'abondance accrue des arbustes pourrait entraîner un apport de litière avec un rapport carbone/azote (C/N) plus faible, mais un rapport carbone organique dissous/azote dissous (DOC/DN) plus élevé, contrebalançant la disponibilité de l'azote par rapport au carbone pour les plantes. De plus, la biochimie de la matière organique extractible à l'eau (WEOM) est influencée par le type de plante, remettant d'une part en cause l'idée d'une production uniforme de matière organique dissoute, et impliquant d'autre part que la WEOM des plantes vasculaires, plus riche en lignine, pourrait être moins biodégradable que celle des espèces non-vasculaires. Des études complémentaires seront nécessaires pour évaluer l'influence de ces processus opposés et mieux comprendre les dynamiques futures des écosystèmes arctiques.

(1) Rantanen, M. et al. (2022) 'The Arctic has warmed nearly four times faster than the globe since 1979', *Communications Earth & Environment*, 3(1), p. 168. Available at: <https://doi.org/10.1038/s43247-022-00498-3>.

(2) Schuur, E.A.G. et al. (2015) 'Climate change and the permafrost carbon feedback', *Nature*, 520(7546), pp. 171–179. Available at: <https://doi.org/10.1038/nature14338>.

(3) Mekonnen, Z.A. et al. (2021) 'Arctic tundra shrubification: a review of mechanisms and impacts on ecosystem carbon balance', *Environmental Research Letters*, 16(5), p. 053001. Available at: <https://doi.org/10.1088/1748-9326/abf28b>.

(4) Buckeridge, K.M. et al. (2010) 'Soil nitrogen cycling rates in low arctic shrub tundra are enhanced by litter feedbacks', *Plant and Soil*, 330(1), pp. 407–421. Available at: <https://doi.org/10.1007/s11104-009-0214-8>

# Projections de l'étendue des zones humides boréales en réponse au changement climatique.

Lucas Hardouin <sup>1</sup>, Bertrand Decharme <sup>1</sup>, Jeanne Colin <sup>1</sup>, Christine Delire <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Centre national de recherches météorologiques (CNRM) — CNRS, Météo-France — 31507 Toulouse Cedex, France

Les zones humides jouent un rôle essentiel dans le système terrestre, interagissant avec divers processus tels que le cycle hydrologique, les échanges d'énergie avec l'atmosphère, ainsi que les cycles mondiaux de l'azote et du carbone. L'évolution future des zones humides devrait être influencée non seulement par les activités humaines directes, mais également par le changement climatique. Aux hautes latitudes, cela se manifeste non seulement par des changements dans les flux atmosphériques de précipitations et d'évapotranspiration, mais aussi par le dégel du pergélisol. Nous présenterons notre évaluation des changements d'étendue des zones humides boréales, en mettant l'accent sur les principaux complexes de zones humides. Nous avons utilisé une approche basée sur un modèle hydrologique basé sur la topographie (TOPMODEL) et les projections de contenu en eau liquide des sols provenant de 14 modèles du Projet d'Inter-comparaison des Modèles Couplés phase 6 (CMIP6). Cependant, nous constatons, dans une première approche, une incertitude significative parmi les modèles CMIP6 concernant l'évolution du contenu en eau liquide des sols aux hautes latitudes. En analysant l'évolution du contenu en eau total et l'approfondissement de la couche active dans différentes régions, nous avons choisi de raffiner notre analyse sur 10 modèles qui semblent mieux représenter les processus hydrologiques liés au dégel du pergélisol. Nous obtenons alors un bien meilleur accord inter-modèle sur le signe des changements, avec une perte moyenne de 13 % de l'étendue au-delà de 50 N pour le scénario SSP370. Des zones spécifiques, comme les basses terres de la baie d'Hudson, subissent une diminution de 21 %, tandis que celles de la Sibérie occidentale accusent une diminution de 15 % pour ce même scénario.

# Mimicking periglacial landforms and processes in an ice-rich layered permafrost system with polydispersed melamine materials

Emmanuel Léger<sup>1</sup>, François Costard<sup>1</sup>, Rémi Lambert<sup>1</sup>, Albane Saintenoy<sup>1</sup>, Antoine Séjourné<sup>1</sup>, Maxime Leblanc<sup>1</sup>, Lasseigne Mikael<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Géosciences Paris Saclay (GEOPS) – Université Paris-Saclay, CNRS – Université Paris Saclay, bât. 504 & 510, 91405 Orsay Cedex, France

This study presents results on testing polydisperse melamine material versus sand for laboratory ice-rich layered soil systems under warming conditions. We demonstrate the potential of using polydisperse melamine particles in the aim of mimicking the permafrost geomorphological degradations found in periglacial environments. We stress that this type of particles, designed for flow and sedimentary processes in rivers due to their light particle density and the granulometric size they span, are as well adequate for modeling more realistic geomorphological thawing features observed in cryosphere environments such as slump blocks along retrogressive thaw slumps.

# Potential impact of degrading polygons to thermokarst lake water and carbon cycles in the context of Yedoma, Yukon, Canada.

Sarah Ollivier <sup>1</sup>, Antoine Séjourné <sup>1</sup>, Frédéric Bouchard <sup>2</sup>, Aurélie Noret <sup>1</sup>,  
Marc Pessel <sup>1</sup>, Rémi Lambert <sup>1</sup>, Laure Gandois <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Géosciences Paris Saclay (GEOPS) – Université Paris-Saclay, CNRS – Université Paris Saclay, bât. 504 & 510, 91405 Orsay Cedex, France

<sup>2</sup> Centre d'Applications et de Recherches en TELédétection (CARTEL) – Université de Sherbrooke – Faculté des lettres et sciences humaines, Département de géomatique appliquée, Sherbrooke, Canada

<sup>3</sup> Centre de Recherche sur la Biodiversité et l'Environnement (CRBE) – Institut National Polytechnique Toulouse, Université Toulouse 3 - Paul Sabatier, CNRS, IRD – 31326 Castanet Tolosan Cedex, France

In the Arctic, widespread ice-rich Yedoma permafrost is thawing, causing the formation of thermokarst lakes by ground subsidence (Soloviev, 1973). Hydrology and geochemistry of hydrosystems are also impacted with drainage modification and inputs of organic and inorganic elements previously stored in permafrost (Vonk et al., 2015). Ancient organic matter (OM) could be released, converted into greenhouse gases, and enhance the positive feedback on climate (Schuur et al., 2015). This study aims at understanding the impacts of ice-rich permafrost degradation on water fluxes and organic carbon cycle in thermokarst lakes in Yukon.

Our study site is located in Western Yukon, Canada. Around Beaver Creek village, the permafrost is discontinuous extensive and corresponds to Yedoma deposits (Fortier et al., 2018). We will focus on one large lake (20,000 m<sup>2</sup>) possibly formed by thermokarst during the early Holocene. Permafrost degradation around the lake is evidenced by degraded ice-wedge polygonal landscape.

We sampled the lake, permafrost porewater and ice wedges from the polygon area for three summer field campaigns, between 2022 and 2024. The lake was sampled following a depth profile in the center of the lake, where the maximal depth has been encountered (11m). In 2023, two additional sampling profiles were conducted on the western and eastern bank of the lake. Physico-chemical in situ parameters, water stable isotopes ( $\delta^{18}\text{O}$ ,  $\delta^2\text{H}$ ), major element concentrations, concentrations and <sup>14</sup>C isotope of dissolved organic carbon (DOC), specific ultraviolet absorbance of OM (SUVA) have been analyzed. In addition, electrical resistivity tomography (ERT) profiles have been conducted in the degrading area in 2023 and 2024.

Active thermokarst degradation of ice-wedge polygons occurred from 2022 to 2024 (10 m growth to the north). ERT profiles revealed a talik under the polygon area, where water might flow to the lake.  $\delta^{18}\text{O}$  and  $\delta^2\text{H}$  values along vertical profiles in the lake for each year showed a noticeable decrease of 1.5-2‰ between 2 and 4 m deep. We hypothesize that this is indicative of inputs of more depleted permafrost meltwater from the degradation area to the lake. No strong trend in DOC profiles or differences in parameters related to OM composition (SUVA) have been identified in the lake. <sup>14</sup>C signature of organic carbon in the lake showed recent ages, corresponding to current carbon cycle. This indicates no strong inputs of permafrost OM with meltwater, or permafrost OM signature cannot be detected. The latter can be due to rapid mineralization and production processes by microorganisms in the lake.

To conclude, degradation of ice wedges leads to inputs of depleted meltwater into the studied

thermocarst lake, but no changes have been detected on dissolved organic carbon cycle in terms of concentration, OM composition or age.

*Fortier, D., et al. 2018. 'Late Pleistocene Yedoma in south-western Yukon (Canada): a remnant of Eastern Beringia?'. 5th European Conference on Permafrost, Chamonix Mont-Blanc, France, 23rd June-1st July, Book of abstract, pp 637-638.*

*Schuur, E., et al. 2015. Climate change and the permafrost carbon feedback. Nature 520, 171–179.*

*Soloviev, P. A. 1973. Thermocarst phenomena and landforms due to frost heaving in Central Yakutia. Biuletyn Peryglacjalny 23: 135-155*

*Vonk, J.E., et al. 2015. Reviews and syntheses: Effects of permafrost thaw on Arctic aquatic ecosystems. Biogeosciences 12, 7129–7167.*

# Characterizing dispersed ice reservoir in permafrost peatlands under the influence of climate change-induced thaw

Lucia Perez Serrano <sup>1,2</sup>, Sergey Loiko <sup>3</sup>, Artem Lim <sup>3</sup>, Oleg Pokrovsky <sup>1</sup>,  
Jean-Luc Rols <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Géosciences Environnement Toulouse (GET) — CNRS, Université Toulouse 3, IRD, BRGM, CNES — 31400 Toulouse, France

<sup>2</sup> Centre de Recherche sur la Biodiversité et l'Environnement (CRBE) — Institut National Polytechnique Toulouse, Université Toulouse 3 - Paul Sabatier, CNRS, IRD — 31326 Castanet Tolosan Cedex, France

<sup>3</sup> BIO-GEO-CLIM Laboratory, Tomsk State University, Tomsk – Russie

Permafrost peatlands are vulnerable ecosystems in a context of climate change, as rising temperatures could cause the thawing of permafrost, which implies a potential deepening of the active layer. Melting permafrost may release a substantial amount of carbon as greenhouse gases, although the magnitude of this release is uncertain. A special concern has arisen related to small reservoirs of water in permafrost frozen layer: the dispersed ice. Dispersed ice is enriched in dissolved components, which may be highly reactive and even provide sizable contributions to the hydrological system via suprapermafrost flow (Lim et al., 2021). Therefore, assessing the nature of the dissolved phase in dispersed ice is paramount to understand climate-change related thawing consequences in ecosystem dynamics.

In West Siberia, permafrost peatlands hold the largest soil water and ice resources in the northern hemisphere, with dispersed ice from sporadic permafrost dominated by highly labile, low molecular weight dissolved organic matter (DOM) (Kuzmina et al., 2023). To characterize DOM composition in ice-rich, continuous permafrost, four cores (0-180 cm) were sampled in Tazovsky (West Siberia) following a bog-to-fen gradient. Chemical characterization in both the porewater (active layer) and the dispersed ice (frozen layer) has been assessed by element pool (C, N, P) through dissolved organic carbon (DOC), total dissolved nitrogen (TDN) and trace elements analysis. Moreover, structural quality of DOM has been studied through optical properties (UV– visible spectroscopy 200 – 800 nm) and the quantification of organic acids. This data has been coupled to inorganic nutrients concentration (e.g., NO, NH, PO<sup>3</sup>).

The dispersed ice is enriched in labile DOC, trace elements, TDN, and total phosphorus (TP) compared to the porewater in the active layer. Local maximum concentrations for these pools in dispersed ice vary according to the bog-to-fen gradient and the active layer depth. Maximum concentrations situated in the transient layer (70-100 cm) could be mobilized in an active layer deepening context, leading to an increase in nutrient and labile C fluxes into the hydrological network. This mobilization may enhance microbial activity and contribute to greenhouse gas emissions, affecting ecosystem function and reinforcing positive climate feedback.

Kuzmina, D. M., Lim, A. G., Loiko, S. V., Shefer, N., Shirokova, L. S., Julien, F., Rols, J.-L., & Pokrovsky, O. S. (2023). *Dispersed ice of permafrost peatlands represents an important source of labile carboxylic acids, nutrients and metals. Geoderma, 429, 116256. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2022.116256>*

Lim, A. G., Loiko, S. V., Kuzmina, D. M., Krickov, I. V., Shirokova, L. S., Kulizhsky, S. P., Vorobyev, S. N., & Pokrovsky, O. S. (2021). *Dispersed ground ice of permafrost peatlands: Potential unaccounted carbon, nutrient and metal sources. Chemosphere, 266, 128953. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.128953>*

# Diagnostic géophysique du contexte géocryologique de sites archéologiques inuits de l'archipel de Nain (Labrador, Canada)

Dominique Todisco <sup>1</sup>, Rachel Labrie <sup>2</sup>, Najat Bhiry <sup>2</sup>, Cécile Finco <sup>3</sup>,  
Armelle Couillet <sup>1</sup>, Héloïg Barbel <sup>4</sup>

<sup>1</sup> Identité et Différenciation de l'Espace, de l'Environnement et des Sociétés (IDEES) – Université de Rouen Normandie, Centre National de la Recherche Scientifique – 76821 Mont-Saint-Aignan Cedex, France

<sup>2</sup> Université Laval, Centre d'études nordiques (CEN), Québec – Canada

<sup>3</sup> CEREMA Normandie Centre – Ministère de la Transition écologique et de la Cohésion des territoires – Département Géosciences et Infrastructures, France

<sup>4</sup> Université Laval, Québec – Département des sciences historiques, Canada

Cette présentation vise, par l'entremise d'une approche géophysique multi-méthodes, à caractériser les conditions géocryologiques actuelles de deux sites archéologiques côtiers Inuit, situés sur deux îles distinctes de l'archipel de Nain (Labrador) : Oakes Bay 1 (Dog Island) et South Aulatsivik 6 (South Aulatsivik Island). L'étude repose sur l'utilisation de trois méthodes complémentaires non invasives : la tomographie de résistivité électrique (ERT), le géoradar (GPR) et l'induction électromagnétique (EMI). Les profils des zones clés des sites ont été analysés en fonction de leur contexte géomorphologique et archéologique. Les résultats obtenus ont permis de déterminer la variabilité spatiale du pergélisol à l'échelle des sites Inuit. L'ERT et le GPR ont permis d'évaluer l'épaisseur de la couche active et l'hétérogénéité des propriétés du sous-sol selon la microtopographie de surface des structures archéologiques. Ainsi, dans le centre des maisons semi-souterraines en dépression, le pergélisol est plus mince et moins riche en glace, tandis que les bourrelets périphériques abritent un pergélisol plus épais et riche en glace. Les zones proches de la côte et des étangs thermokarstiques sont presque dépourvues de pergélisol. Les zones couvertes par de la végétation arbustive sont exemptes de pergélisol alors que celles dominées par les lichens et les mousses comprennent des noyaux de pergélisol riche en glace. Il a aussi été révélé que la forte résistivité observée par endroits est due à la présence de sol gelé et de sédiments grossiers, ce qui influence la profondeur de pénétration de l'ERT et du GPR, alors que les données de conductivité électrique mesurées par l'EMI étaient parfois trop basses pour la résolution de l'appareil. Un modèle conceptuel découlant des trois analyses géophysiques synthétise le contexte géocryologique complexe d'Oakes Bay 1, mettant en évidence la dégradation thermique subie par le pergélisol due à la conduction et à l'advection. Le pergélisol du site est classifié comme climato-protégé, ne pouvant se régénérer dans les conditions climatiques actuelles et donc très sensible au réchauffement. Les analyses géophysiques effectuées à South Aulatsivik ont révélé la présence d'une mince couche discontinue de pergélisol résiduel sur le tombolo hébergeant le site archéologique, tout en documentant la formation postglaciaire du tombolo. La dégradation du pergélisol soutenant le site archéologique de South Aulatsivik 6 est déjà à un stade avancé. Cette étude représente une avancée significative dans l'exploration des conditions géocryologiques de sites archéologiques subarctiques de l'est du Canada. Elle a permis d'évaluer la situation du patrimoine inuit en réponse aux variations climatiques tout en promouvant l'utilisation d'une méthode relativement rapide et non invasive en géoarchéologie périglaciaire.

# Impact of bank collapse on methane emissions in permafrost peatlands: an experimental approach

Rémi Trémouille<sup>1</sup>, Maialen Barret<sup>1</sup>, Megan Andersen<sup>2</sup>, Julien Arsenault<sup>1,3</sup>, Frédéric Bouchard<sup>3</sup>, Lucile Cosyn Wexsteen<sup>3</sup>, Sylvain Ferrant<sup>4</sup>, Liudmila Shirokova<sup>5</sup>, Laure Gandois<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Centre de Recherche sur la Biodiversité et l'Environnement (CRBE) — Institut National Polytechnique Toulouse, Université Toulouse 3 - Paul Sabatier, CNRS, IRD — 31326 Castanet Tolosan Cedex, France

<sup>2</sup> Department of Soil, Water and Climate — University of Minnesota Twin Cities – Saint Paul, Minnesota, États-Unis

<sup>3</sup> Département de géomatique appliquée — Université de Sherbrooke – Sherbrooke QC, J1K 2R1, Canada

<sup>4</sup> Centre d'études spatiales de la biosphère (CESBIO) — CNRS, Université Toulouse 3 - Paul Sabatier, IRD, CNES, INRAE — 31041 Toulouse Cedex 9, France

<sup>5</sup> Géosciences Environnement Toulouse (GET) — CNRS, Université Toulouse 3, IRD, BRGM, CNES — 31400 Toulouse, France

In the permafrost ecosystems, warming can lead to thawing of ice wedges, through pond deepening and bank collapse. The transfer of long-term stored organic matter (OM) from permafrost into trough ponds raises uncertainties about its potential mineralisation and positive feedback to climate change through greenhouse gases (GHG) emissions (Prèskienis et al., 2024). Trough ponds could contain labile OM derived from primary production, which could increase peat mineralisation via a mechanism similar to priming effect (Wild et al., 2023). On the other hand, permafrost peat contains specific microbial communities, high dissolved organic carbon (DOC) and nutrient concentrations that could enrich trough pond ecosystems and influence GHG emissions (Ernakovich et al., 2022; Lim et al., 2021). In this complex context, incubation experiments under controlled conditions could help to disentangle and understand the different effects of bank collapse in trough ponds. The Hudson Bay Lowlands are one of the largest permafrost peatland complexes in the Arctic (Olefeldt et al., 2021). In a polygonal peatland context, peat, pore water and pond water analyses showed high nutrient ( $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ), DOC and organic acid content in the dispersed ground ice of the transient layer. Based on these results, we designed two sets of experiments. Long-term (6 months) incubations will mimic bank collapse in trough ponds under controlled conditions (temperature) to monitor GHG production, microbial community dynamics, nutrient content and OM properties. Different sections of permafrost peat and water from trough ponds would allow GHG emissions to be studied in different contexts of nutrient limitation, primary production and microbial community. This long-term incubation could dissociate the effects of priming and nutrient transfer during bank collapse. In addition, to focus on the effect of nutrient input on the mitigation potential through  $\text{CH}_4$  oxidation, water from trough ponds was incubated with shots of synthetic inorganic nutrients ( $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ) and/or nutrient-rich dispersed ground ice. Kinetic results of  $\text{CH}_4$  consumption showed that  $\text{CH}_4$  oxidation could be enhanced or decreased depending on nutrient inputs. These results, combined with those derived from long-term incubations will assess how permafrost thawing and subsequent nutrient transfer could affect  $\text{CH}_4$  cycling in trough ponds.

## References:

Ernakovich et al. 2022 <https://doi.org/10.1111/gcb.16231>

Lim et al. 2021 <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.128953> Olefeldt et al. 2021 [https://doi.org/10.1007/978-3-030-71330-0\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-030-71330-0_3) Prèskienis et al. 2024 <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ad1433> Wild et al. 2023 <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2023.109012>



# Modélisation mécaniste du dégel du pergélisol : impacts du changement climatique sur un bassin versant de Sibérie Centrale

Thibault Xavier <sup>1</sup>, Laurent Orgogozo <sup>1</sup>, Anatoly S. Prokushkin <sup>2</sup>, Esteban Alonso-González <sup>3</sup>, Simon Gascoin <sup>3</sup>, Oleg Pokrovsky <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Géosciences Environnement Toulouse (GET) — CNRS, Université Toulouse 3, IRD, BRGM, CNES — 31400 Toulouse, France

<sup>2</sup> V.N. Sukachev Institute of Forest — 660036 Krasnoyarsk, Russie

<sup>3</sup> Centre d'études spatiales de la biosphère (CESBIO) — CNRS, Université Toulouse 3 - Paul Sabatier, IRD, CNES, INRAE — 31041 Toulouse Cedex 9, France

La complexité des processus physiques impliqués dans le dégel du pergélisol, avec entre autres de fortes interactions entre transferts thermiques, hydriques et dynamique de la végétation, rend l'anticipation des impacts du réchauffement climatique sur les surfaces continentales boréales particulièrement problématique. Pour surmonter ces difficultés, la simulation numérique mécaniste des transferts dans les sols peut apporter une contribution décisive. Néanmoins ce type d'approche requiert des moyens computationnels importants. C'est la raison pour laquelle le projet ANR HiPerBorea ([hiperborea.omp.eu](http://hiperborea.omp.eu)) développe et met en œuvre des outils de modélisation du pergélisol en calcul à haute performance. Une application à la caractérisation quantitative de l'impact du réchauffement climatique sur le pergélisol du bassin versant de la Kulingdakan, dans la forêt boréale sur pergélisol continu de Sibérie Centrale, sera présentée. Les réponses du pergélisol à quatre scénarios de changement climatique CMIP6 ont été simulées jusqu'en 2100, ce qui permet de quantifier les évolutions de l'état thermique et hydrique des sols et des flux d'eau de ce bassin versant. Dans le cas du scénario de réchauffement climatique le plus sévère SSP5-8.5, l'augmentation de l'épaisseur de couche active d'ici 2100 dans ce bassin versant correspondrait à un déplacement de 350 km vers le sud en conditions climatiques actuelles. La réalisation de ces simulations a requis l'utilisation de 1,8 millions d'heures de calcul sur la partition ROME du supercalculateur IRENE du TGCC, illustrant la nécessité du calcul haute performance pour la mise en œuvre de ce type d'approche numérique mécaniste aux échelles d'intérêts pour l'étude de la réponse des surfaces continentales aux changements globaux.

17 - Variabilité climatique et cryosphère dans  
l'Hémisphère Sud et l'Océan Austral : SAM  
est-il bien celui qui conduit ?

# The roles played by the atmosphere and the ocean during the rapid climatic events at the end of marine isotope stage 3 in the southeast Pacific

Léna Andrzejewski <sup>1,2</sup>, Giuseppe Siani <sup>1</sup>, Elisabeth Michel <sup>2</sup>, Patricia Richard <sup>2</sup>,  
Gulay Isguder <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Géosciences Paris Saclay (GEOPS) – Université Paris-Saclay, CNRS – Université Paris Saclay, bât. 504 & 510, 91405 Orsay Cedex, France

<sup>2</sup> Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (LSCE) — CEA, CNRS, Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines – Université Paris-Saclay, 91191 Gif-sur-Yvette Cedex, France

Many doubts remain about the mechanisms controlling the rapid climatic variations of the last glacial period in the south-east Pacific sector. The aim of this study is to understand the influence of global atmospheric and oceanic processes on the Patagonian region by studying sediment core MD07-3119 (46° 05'S; 76° 06'W), taken along the southern margin of Chile. Oxygen and carbon isotope analyses of planktonic foraminifera and carbon-14 dating were performed to reconstruct the climatic variability of the region. Reconstructions of surface temperatures, using the method of modern analogues on planktonic foraminifera, and of freshwater anomalies in the region have enabled us to reconstruct the water balance over 45 000 years at 46°S. On the one hand, the results indicate that the general trend of the Patagonian ice sheet at 46°S shows a maximum glacial extension between 30 and 27 ka and a two-phase retreat between 27 and 20 ka and between 20 and 11 ka on the Andes Mountains. Furthermore, isotope analyses and XRF core scanner measurements, carried out prior to this study, show that the ocean surface at 46 S was locally impacted by five rapid advances and retreats of the Patagonian ice sheet over the Coastal Mountains. These rapid dynamics do not appear to be driven locally by temperature variations, but rather by the latitudinal migration of the Westerlies. These winds may have led to an increase in precipitation on the continent, as well as an influx of fresh water, organic matter and detrital sediments in core MD07-3119, enabling a high temporal resolution study.

# PALAS and SOUTHSPHERE joint programs, an unprecedented effort to reconstruct Kerguelen Holocene climate fluctuations based on lake sediments and glacier forms and deposits

Fabien Arnaud <sup>1</sup>, Jostein Bakke <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Environnements, Dynamiques et Territoires de la Montagne (EDYTEM) — CNRS, Université Savoie Chambéry, Ministère de la Culture — 73376 Le Bourget du Lac Cedex, France

<sup>2</sup> Department of Earth Science and Bjerknes Centre for Climate Research— University of Bergen — Bergen, Norvège

This contribution is the first joint publication of programs IPEV 1094 (PALAS) and Norwegian Research Council 267719 (Southsphere). All members of both programs are granted the co-authorship of it.

The Kerguelen Archipelago is among the most isolated in the world. As the emergent part of a giant igneous province, its geographical position, currently on the Polar Front, and its richness in lakes, peatlands, and glaciers make it a particularly relevant target for reconstructing the climate variations that have affected the Southern Indian Ocean over the past millennia. To exploit this potential, we conducted two sampling campaigns in 2014 and 2019. In 2014, two sediment cores, 7 and 9 meters long, were taken from Lake Armor, far from any glacial system. In 2019, six lakes (Guynemer, Héra, Athéna, Aphrodite, Five, and Cartographie) were cored near the Cook Ice Cap, and more than 100 samples were collected to date glacial advances using the <sup>36</sup>Cl method.

The initial stages of analysis allowed us to propose the first detailed mapping of glacial formations and landforms near the Cook Ice Cap's depressions, located in the north of Kerguelen's main island. Preliminary dating results confirm that the Guynemer Glacier was still in a very advanced position at the beginning of the Holocene, followed by significant retreat between 11,000 and 8,000 cal. BP. So far, only one glacial recurrence has been dated above Lake Guynemer, but the complexity of the landforms near the Chamonix Glacier suggests a potentially more intricate history of Holocene glacial dynamics.

The lake records provide complementary information to that of the periglacial deposits and landforms, particularly thanks to their continuity. Lake Cartographie shows a period of rapid disappearance of a local glacier between 12,000 and 10,000 cal. BP, a time during which summer temperatures were at least as high as today, according to data obtained from biomarkers (GDGT) at Lake Armor. Lake Aphrodite, on the other hand, has provided a high-resolution record showing the existence of four recurrences of the Chamonix Glacier, which crossed the lake's supply threshold over the past 1,200 years, refining our understanding of the archipelago's glacial variability. Lake "5" has yielded a record of pollen and aeolian deposits that suggest significant air mass inflows from Africa at the very beginning of the Holocene.

The project is now entering a phase of synchronization and synthesis of the results, which will provide insights into Holocene climate variability in the southern Indian Ocean and its relationship with major global climate variability patterns, such as the Southern Annular Mode (SAM), El Niño-Southern Oscillation (ENSO), and the Indian Ocean Dipole (IOD).

*Deline, P. et al. Mapping of morainic complexes and reconstruction of glacier dynamics north-east of Cook Ice Cap, Kerguelen Archipelago (49°S). Antarctic Science 36, 75–100 (2024).*

*Tuestad, T. et al. Late Glacial-Holocene cirque glacier chronology on sub-Antarctic Kerguelen Archipelago (49 S) based on cosmogenic <sup>36</sup>Cl exposure dating. Quaternary Science Reviews 336, 108754 (2024).*

*Zwier et al. - 2024 - Holocene changes in the position of the Southern H. Quaternary Science Reviews, in press*

# Changements climatiques sur l'archipel de Kerguelen (sud de l'océan Indien) à l'aide d'archives paléoclimatiques marines et continentales

Emeline Bellet <sup>1</sup>, Fabien Arnaud <sup>1</sup>, Xavier Crosta <sup>2</sup>, Guillemette Menot <sup>3</sup>, Vincent Grossi <sup>4</sup>, Christine Piot <sup>1</sup>, Marie-Alexandrine Sicre <sup>5</sup>, Mercedes Mendez <sup>5</sup>, Matthew Makou <sup>3</sup>, Salomé Ansanay-Alex <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Environnements, Dynamiques et Territoires de la Montagne (EDYTEM) — CNRS, Université Savoie Chambéry, Ministère de la Culture — 73376 Le Bourget du Lac Cedex, France

<sup>2</sup> Environnement, et Paléoenvironnement Océaniques et Continentaux (EPOC) — CNRS, Université de Bordeaux, Bordeaux INP, EPHE Paris, Université Paris sciences et lettres — 33615 Pessac Cedex, France

<sup>3</sup> Laboratoire de Géologie de Lyon - Terre, Planètes, Environnement (LGL-TPE) — CNRS, ENS Lyon, Université Claude Bernard Lyon 1, Université Jean Monnet Saint-Etienne — 69622 Villeurbanne Cedex, France

<sup>4</sup> Institut Méditerranéen d'océanologie (MIO) — Université de Toulon, CNRS, IRD, Aix-Marseille Université — 13288 Marseille Cedex 09, France

<sup>5</sup> Laboratoire d'Océanographie et du Climat : Expérimentations et Approches Numériques (LOCEAN) — Sorbonne Université, CNRS, MNHN, IRD — 4 place Jussieu - 75252 Paris Cedex 05, France

Kerguelen est un archipel subantarctique, éloigné des masses continentales et localisé dans le sud de l'Océan Indien (49 S-69 E). Il est situé à la limite nord du courant circumpolaire de l'Antarctique et au centre de la ceinture des vents d'ouest de l'hémisphère sud. Ces vents influencent notamment la position des courants océaniques, la température, l'humidité, et l'absorption océanique du CO<sub>2</sub>. Leur variabilité pourrait ainsi être à l'origine et/ou être le symptôme de changements climatiques régionaux, voire planétaires.

A Kerguelen, les connaissances sur la variabilité climatique passées se basent sur les enregistrements de pollens (1,2) et les avancés glacières (manques de données entre 10000 et 4300 cal BP) (3). Notre étude multiproxies, portant sur l'Holocène, s'appuie sur deux archives sédimentaires continentales et une océanique. Grâce à l'étude des biomarqueurs organiques et l'assemblage de diatomées, nous avons pu déduire les températures absolues de l'air et de la surface de l'océan, les changements relatifs des précipitations et le stress hydrique. La concordance des résultats entre les sites renforce la confiance dans les reconstructions climatiques et montrent la robustesse de l'utilisation de biomarqueurs organiques pour reconstituer la variabilité climatique aux hautes latitudes.

Le couplage océan-atmosphère est particulièrement marqué de 13000 à 8000 cal PB, période marqué par un optimum climatique avec des températures océaniques et atmosphériques élevées. Un brusque refroidissement s'est produit vers 8000 cal BP, conséquence de la migration au nord des vents d'ouest. Ces résultats sont cohérents avec ceux obtenus par l'observation des enregistrements de pollen au nord de l'île (1). Pour la première fois, une période de net réchauffement entre 3500 et 1900 cal BP a été enregistré. L'absence d'indices sur le retrait glaciaire (3) et la stabilisation de la végétation sur cette période (1) n'avaient jusqu'ici pas permis de détecter ce changement climatique. S'ensuit un " petit âge glaciaire régional " perdurant jusqu'à environ 900 cal BP (période bien documenté sur la région (3)). Enfin, sur la période récente nous observons un réchauffement extrêmement marqué, les températures d'été passant de 3.5 à 6.4°C.

Un des points importants de cette études est la similarité de nos résultats avec les enregistrements

régionaux (1-3) et renforce l'idée de divergences par rapport à des enregistrements plus éloignés, comme en Amérique du Sud (4,5).

*Références :*

*Zwier et al. QSR 2024*

*Van der Putten et al. QSR 2015*

*Tuestad et al. QSR 2024*

*Zwier et al. TH, 2022*

*Spoth et al. QSR, 2023*

# Late Pleistocene glacier evolution of the Kerguelen Archipelago (Southern Indian Ocean) constrained by $^{36}\text{Cl}$ Cosmic Ray Exposure dating

Joanna Charton <sup>1,2</sup>, Vincent Jomelli <sup>1</sup>, Irene Schimmelpfennig <sup>1</sup>, Deborah Verfaillie <sup>1</sup>, Guillaume Delpech <sup>3</sup>, Damien Guillaume <sup>4</sup>, Vincent Favier <sup>5</sup>, Laurie Menviel <sup>6</sup>, Aster Team (Georges Aumaître, Karim Keddadouche, Fawzi Zaidi) <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Centre de Recherche et d'Enseignement de Géosciences de l'Environnement (CEREGE) – Collège de France, CNRS, IRD, Aix Marseille Université, INRAE – 13545 Aix-en-Provence, France

<sup>2</sup> Lamont-Doherty Earth Observatory (LDEO) – University of Columbia – Palisades, New York 10964, États-Unis

<sup>3</sup> Géosciences Paris Saclay (GEOPS) – Université Paris-Saclay, CNRS – Université Paris Saclay, bât. 504 & 510, 91405 Orsay Cedex, France

<sup>4</sup> Laboratoire de Géologie de Lyon - Terre, Planètes, Environnement (LGL-TPE) – CNRS, ENS Lyon, Université Claude Bernard Lyon 1, Université Jean Monnet Saint-Etienne – 69622 Villeurbanne Cedex, France

<sup>5</sup> Institut des Géosciences de l'Environnement (IGE) – Institut polytechnique de Grenoble, CNRS, IRD, Grenoble Alpes, INRAE – 38400 Saint-Martin d'Hères, France

<sup>6</sup> UNSW – Australie

The Marine Isotopic Stage 3 (MIS 3; 60-26.5 ka) is characterized by a strong climate variability punctuated by several cold and warm millennial-events. Yet, terrestrial glacier reconstructions from the southern mid-latitudes, such as in Patagonia and New Zealand, indicate large glacier extents during this period, that pre-date the global Last Glacial Maximum (gLGM; 26.5 – 19 ka). More importantly, the climatic conditions that drove MIS 3 glacier evolution in the southern mid-latitudes remain discussed, and given their similarity – raise the question of whether or not all glaciers were driven by the same large-scale mechanisms. The sub-Antarctic Kerguelen Archipelago (49 S, 69 E) is therefore an excellent study site to contribute to the understanding of this issue, as it is one of the few places in the Indian sector of the Southern Ocean that hosts numerous glacial landforms that can be dated to investigate glacier fluctuations and their associated paleoclimates. Using  $^{36}\text{Cl}$  cosmic ray exposure dating on moraine boulders and glacially polished bedrock samples, we provide new time constraints spanning the last 40 to 19 ka. The moraine ages indicate that glacier culminations occurred during MIS 3 at  $42.2 \pm 4.9$  ka, and during the gLGM at  $21.5 \pm 3.2$  ka, at  $21.4 \pm 3.7$  ka and  $19.4 \pm 2.6$ . The presence of a MIS 3 moraine that was not obliterated by a gLGM advance suggests that the 42.2 ka glacier extent was at least as large as the gLGM glacier maxima on the archipelago and is consistent with observations in other southern mid-latitude regions.  $^{36}\text{Cl}$  ages of glacially polished bedrock surfaces sampled in different locations of the archipelago range from 39 ka to 19 ka. We interpret these results as reflecting periods of deglaciation that occurred in between the two glacier culminations and right after the gLGM on Kerguelen. Late Pleistocene glacier culminations on Kerguelen may have been in phase with cold conditions recorded in sea surface temperature records, which suggest a cooling around Kerguelen. However, climate drivers responsible for the larger MIS 3 glacier culmination on Kerguelen still remain unclear, although we hypothesize that, on top of temperature changes, precipitation changes could have also contributed to the glaciers advance and retreat.

# Variabilité glaciaire de la calotte Cook (Îles Kerguelen) : calibration du signal sédimentaire de la Baie de la Table et reconstruction sur 4000 ans

Léo Chassiot <sup>1,2</sup>, Emmanuel Chapron <sup>3</sup>, Elisabeth Michel <sup>4</sup>, Vincent Jomelli <sup>5</sup>, Vincent Favier <sup>6</sup>, Deborah Verfaillie <sup>5</sup>, Joanna Charton <sup>5</sup>, Anthony Foucher <sup>4</sup>, Martine Paterne <sup>4</sup>, Nathalie Van Der Putten <sup>7</sup>

<sup>1</sup> Centre Eau Terre Environnement (ETE) – INRS – 490 Couronne St, Quebec City, Canada

<sup>2</sup> Département de Géographie – Université Laval – 2405 rue de la Terrasse Québec, Canada

<sup>3</sup> Géographie de l'Environnement (GEODE) – CNRS, Université Toulouse - Jean Jaurès, Institut national universitaire Jean-François Champollion – 31058 Toulouse Cedex 9, France

<sup>4</sup> Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (LSCE) – CEA, CNRS, Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines – Université Paris-Saclay, 91191 Gif-sur-Yvette Cedex, France

<sup>5</sup> Centre de Recherche et d'Enseignement de Géosciences de l'Environnement (CEREGE) – Collège de France, CNRS, IRD, Aix Marseille Université, INRAE – 13545 Aix-en-Provence, France

<sup>6</sup> Institut des Géosciences de l'Environnement (IGE) – Institut polytechnique de Grenoble, CNRS, IRD, Grenoble Alpes, INRAE – 38400 Saint-Martin d'Hères, France

<sup>7</sup> Faculty of Science – Vrije Universiteit – Amsterdam, Pays-Bas

Les îles subantarctiques situées entre 40 et 60°S sont des masses terrestres circumpolaires influencées par la ceinture de vents d'ouest dont les déplacements latitudinaux sont entraînés par le 'Southern Annular Mode' (SAM) sur des échelles de temps décennales. Dans le secteur indien de l'océan Austral, les îles Kerguelen (49°S) forment un archipel volcanique qui abrite la calotte glaciaire de Cook, la plus grande masse de glace de la zone subantarctique. L'assèchement atmosphérique résultant d'une migration vers le pôle austral des vents d'ouest (phase positive du SAM) a été le principal moteur de la spectaculaire perte de glace au cours de la seconde moitié du 20e siècle. La cartographie géomorphologique des glaciers et la datation cosmogénique des dépôts ont récemment permis d'obtenir des informations sur la variabilité glaciaire de l'Holocène, avec toutefois des incertitudes importantes sur le timing et l'amplitude des fluctuations les plus récentes.

Un transect de carottes à pistons géants prélevées dans la Baie de la Table, un fjord situé sur la marge sud-ouest de la calotte glaciaire Cook, a été collecté pour évaluer la variabilité glaciaire au cours des quatre derniers millénaires. L'interprétation des proxys sédimentaires et géochimiques est étayée par des corrélations statistiques avec le bilan de masse surfacique de la calotte glaciaire de Cook sur la période instrumentale, et par comparaison avec les datations obtenues sur des dépôts glaciaires et tourbeux sur les deux derniers millénaires. Les données géochronologiques à haute résolution (<sup>137</sup>Cs, <sup>210</sup>Pb et <sup>14</sup>C) corrigées de l'effet de réservoir marin local ont permis de reconstruire les phases d'avancée et de recul des glaciers à l'échelle centennale. La calotte glaciaire de Cook a connu des périodes d'avancée glaciaire à 3.4-2.8, 2.3-1.7, 1.35-1.15 ka cal. BP, avec un maximum du " Petit Âge Glaciaire " identifié entre 0,7 ka cal. BP et le début du 20e siècle. Les archives suggèrent que des périodes de réduction de la taille des glaciers similaires à la situation actuelle (post-1950 CE) se sont produites à 2.8-2.3, 1.7-1.35 et 1.15-0.8 ka cal BP. La comparaison avec les enregistrements de la ceinture subantarctique et des latitudes moyennes méridionales (Patagonie, Nouvelle-Zélande) suggère que les précipitations induites par les vents d'ouest (conditions plus humides et plus venteuses) ont été le principal moteur de la variabilité des glaciers à l'échelle centennale dans les îles Kerguelen, notamment après 2,3 ka cal BP. L'enregistrement de la Baie de la Table représente le premier enregistrement continu de la variabilité glaciaire de



l'Holocène tardif dans les îles Kerguelen, ce qui permet de mieux comprendre l'évolution du climat dans le secteur indien de l'océan Austral, où les enregistrements sont encore rares.

# Centennial variability of the southern hemisphere westerly winds and of the southern annular mode over the past millennia

Hugues Goosse <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Earth and Life Institute – Université catholique de Louvain – Place Louis Pasteur, Louvain-la-Neuve, Belgique

Many observational evidences suggest large shifts in the position and strength of the southern hemisphere westerly winds (SHWW) at the centennial timescale over the past millennia, or of the strongly related Southern Annular Mode (SAM). However, no consistent view has emerged up to now on the timing of those variations and their spatial extent. It is thus difficult to determine when shifts actually occurred and if the suggested changes in the SHWW are regional features or if they are consistent across all longitudes. One additional issue is that climate models are in general not able to reproduce such large centennial variations in the SHWW. The goal of this presentation is to review existing evidence of SHWW variations based on different types of records influenced by local wind conditions such as those from trees, glaciers and lakes as well as from multiproxy reconstructions. The inter-hemispheric gradient of  $^{14}\text{C}$  in atmospheric  $\text{CO}_2$ , which are also strongly influenced by the SHWW, will provide an additional large-scale constraint. The periods that may be characterized by a shift in the SHWW will be identified and the potential origin of the discrepancies between records discussed.

# A speleothem record for the last interglacial and penultimate glaciation (116 to 186 ka) from the Madre de Dios archipelago (50°S) in southern Patagonia.

Charlotte Honiat<sup>1,2</sup>, Stacy Carolin<sup>1</sup>, Christopher Day<sup>1</sup>, Christoph Spötl<sup>3</sup>, R. Lawrence Edwards<sup>4</sup>, Richard Maire<sup>2,5</sup>, Membre de l'association Centre-Terre<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Department of Earth Sciences — University of Oxford — South Parks Road, Oxford, Royaume-Uni

<sup>2</sup> Association Centre-Terre — Centre Terre 25 rue Louis de Broglie 31100 Toulouse, France

<sup>3</sup> Institut für Geologie — Universität Innsbruck — Innsbruck, Autriche

<sup>4</sup> Department of Earth Sciences — University of Minnesota — Minneapolis, États-Unis

<sup>5</sup> PASSAGES — Université Bordeaux Montaigne, CNRS, Ecole Nationale Supérieure d'Architecture et de Paysage de Bordeaux, Université de Bordeaux — 33607 Pessac Cedex, France

Southern South America stands out as one of the few landmasses in the path of the Southern Westerly Winds (SWW), a key feature of large-scale circulation in the Southern Hemisphere. The variability of the SWW can be controlled by the difference in the zonal mean sea-level pressure between 40°S (mid-latitudes) and 65°S (Antarctica), referred to as the Southern Annular Mode (SAM), which is an important driver of global climate variability (Hernández et al., 2020). Positive phases of SAM (defined by higher atmospheric pressure in the mid-latitudes and lower atmospheric pressure in Antarctica) strengthen and shift the SWW poleward, inducing significant climate changes (precipitation, temperature, oceanic circulation, glacier melting) in the Southern Hemisphere (Fletcher and Moreno, 2011).

Our study site, the Madre de Dios archipelago (50°S), is the southernmost karst region in the world, preserving unique climate archives, such as speleothems, from external erosion (e.g., glacier ablation). This region is strategically positioned to record shifts in the SWW. Speleothems could represent high-quality archives from Patagonia that, unlike alternative surface records, can be precisely dated beyond the radiocarbon limit using U-Th techniques (Kilian et al., 2012). Late Glacial and Holocene climates in southern South America are most widely inferred from pollen preserved in lake sediments and peat bogs, with only a few studies based on inorganic proxies linked to (hydro)climate (e.g., Solari et al., 2010; Nehme et al., 2023), which display high resolution and no older than 16 ka.

Here, we present preliminary stable isotope data for the last interglacial (MIS5e) and penultimate glacial (MIS6) periods from a subglacial speleothem. Such records are extremely rare because the area was buried beneath the Patagonian ice sheet. For the first time, we have evidence of speleothem growth during glacial periods, clearly indicating the presence of water and non-freezing conditions in at least parts of this karst system. The interpretation of the  $\delta^{18}\text{O}$  proxy remains unresolved, as it likely reflects a complex combination of factors such as temperature, precipitation amount, moisture source (especially during glacial times), and potential fractionation processes during freezing/melting of glacier water above the cave. Modern monitoring data suggest calcite precipitation at equilibrium and the geochemical signature of the epikarst water resembles mean annual precipitation at our site. Nevertheless, these datasets open a new window on past climates in Patagonia and may provide the first terrestrial record of changes in the position and/or strength of the SWW.

# Increased warming of the sub-Antarctic islands in the 21st Century

David Hedding<sup>1</sup>, Werner Nel<sup>2</sup>, Elizabeth Rudolph<sup>3</sup>

<sup>1</sup> University of South Africa (UNISA) – Johannesburg, Afrique du Sud

<sup>2</sup> University of Fort Hare (UFH) – Dikeni, Afrique du Sud

<sup>3</sup> University of the Free State (UFS) – Bloemfontein, Afrique du Sud

The sub-Antarctic islands represent ideal sentinels for climate change research in the Southern Hemisphere. These islands are located close to the Antarctic Polar Front, with air temperatures that are consistently cool and with annual and seasonal variability buffered by the surrounding cold ocean. This oceanic setting makes them extremely sensitive to shifts in climate. The islands that constitute the 'core' of the sub-Antarctic region are South Georgia, Marion and Prince Edward islands, the archipelagos of Crozet and Kerguelen, Heard and McDonald islands and Macquarie Island. Climatic records from these sub-Antarctic islands display a considerable warming trend throughout most of the mid- to late 20<sup>th</sup> Century; with numerous reports of drastic landscape and ecological responses. However, has the documented warming trend continued into the 21<sup>st</sup> Century? Here we evaluate Mean Annual Air Temperature (MAAT) for the sub-Antarctic islands from 1950-2020 to assess the current state of climate change and highlight potential impacts. For comparison, the MAAT for the "sub-Antarctic" islands of Campbell and Auckland were also analysed. As expected, the warming trend established during the 20<sup>th</sup> Century is continuing into the 21<sup>st</sup> Century, but the recent (2000-2021) trend of warming is, in all respects, higher than the long-term trend. From linear extrapolation of the long-term trends up to 2000, the predicted MAAT in 2050 is 5.3°C at Macquarie, 5.9°C at Kerguelen and 6.7°C at Marion Island. However, from the rate measured since 2000, MAAT in the middle of the century (2050) is predicted to be 6°C at Macquarie, 6.3°C at Kerguelen and 7.2°C at Marion Island. Importantly, these measured (and extrapolated) warming trends in MAAT at the sub-Antarctic islands are impacting landscape and ecosystem processes on the islands. Moreover, under an increasingly warming climate, the risks posed by invasive species to the ecology of the sub-Antarctic islands is predicted to intensify.

# Extent and dynamics of the western Patagonian Ice Sheet during the late Quaternary

Karim Lebeaupin <sup>1</sup>, Sebastien Bertrand <sup>1</sup>, Giuseppe Siani <sup>1</sup>, Elisabeth Michel <sup>2</sup>,  
Léna Andrzejewski <sup>2</sup>, Albane Pellegrini <sup>1</sup>, Julie Leonetti <sup>1</sup>, Lise Chantelauze <sup>3</sup>,  
Adrien Poupart <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Géosciences Paris Saclay (GEOPS) – Université Paris-Saclay, CNRS – Université Paris Saclay, bât. 504 & 510, 91405 Orsay Cedex, France

<sup>2</sup> Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (LSCE) — CEA, CNRS, Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines – Université Paris-Saclay, 91191 Gif-sur-Yvette Cedex, France

<sup>3</sup> Département des Géosciences - ENS Paris, Université Paris sciences et lettres – 75005 Paris, France, France

During the Last Glacial Maximum (LGM), the Patagonian Ice Sheet (PIS) was the second largest ice mass in the Southern Hemisphere after Antarctica, extending along the southern Andes from ~38°S to 55°S. Only 5% of this ice mass remains today. Here, we aim to reconstruct PIS variability during the late Quaternary based on two radiocarbon-dated marine sediment cores from the Patagonian margin (MD07-3088 and MD07-3119; 45°S). We focus on inorganic indicators such as grain size, Ice-Rafted Debris (IRD), inorganic geochemistry, bulk and clay mineralogy, and carbonate content to reconstruct changes in sediment provenance and transport processes.

Both sediment cores were scanned at 1 cm resolution on an Avaatech XRF core scanner. To constrain the interpretation of the geochemical data in terms of grain size and sediment provenance, a series of 25–42 sub-samples were selected in each core based on a PCA analysis and measured for detrital grain size, bulk and clay mineralogy, and carbonate content. In addition, IRD were counted in the > 150 µm fraction at 10 cm resolution.

The most distal sediment core (MD07-3119) indicates three phases of variable glacier dynamics on the western side of the PIS over the last 46 kyr. The first phase (46–36 kyr cal BP) suggests a reduced, non-calving, PIS, represented by low accumulation rates and no IRD. The second phase (36–13 kyr cal BP) shows five periods of rapidly alternating glacier expansion-contraction marked by abrupt changes in sediment provenance and terrigenous accumulation rates. The last calving activity was identified at 18 kyr cal BP. The last phase corresponds to the end of the deglaciation and the Holocene, and it reflects the progressive retreat of the ice front and the reorganization of the hydrological network.

The more proximal sediment core (MD07-3088) allows us to investigate the deglaciation in more details. It indicates that the western side of the PIS was mostly land-terminating over the last 22 kyr, except for intense calving between 20–18 kyr cal BP. This period corresponds to the highest accumulation rate and finer grain size, representing glacial rock flour input. Over the Holocene, sediment grain size gradually increases, reflecting ice retreat and the eastward displacement of the Andean divide.

Taken together, our results show that the PIS extent has varied significantly over the last 46 kyr. Most of the abrupt glacier variability occurred between 36 and 18 kyr cal BP, with five periods rapidly alternating between calving and land-based glaciers. After 18 kyr cal BP, the PIS retreated on land and progressively further east, resulting in an eastward shift of the Andean divide and a reorganization of the hydrological network. Overall, this study shows that the extent of the PIS before the LGM was much more variable than what has been suggested from geomorphic records on the eastern side of the Andes.

# Sub-Antarctic Marion Island's Quaternary glaciations: insights and unknowns

Elizabeth Rudolph <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Department of Geography — University of the Free State — Bloemfontein, Afrique du Sud

For paleoclimate studies of the Southern Hemisphere, sub-Antarctic Islands act as important sentinels to assess the nature and timing of Quaternary glaciations. The character and extent of past glaciations on sub-Antarctic Marion Island (46 S; 37 E) offer valuable insights into regional climatic variability. In this talk, I provide an overview of the temporal and spatial variations of glaciations on Marion Island throughout the Quaternary and highlight gaps in our current understanding. By combining cosmogenic <sup>36</sup>Cl exposure ages with geomorphological mapping, multiple events of ice advances, stand stills and retreat have been reconstructed across the island from approximately 56 to 17 ka ago. However, gaps in the chronology persist due to limitations in the dataset and current sampling capabilities. The existing chronology provides insights into the role of regional climatic drivers, identifying sea surface temperatures, sea ice extent and the latitudinal position of the Southern Westerly Wind belt as key controls on equilibrium-line altitudes and ice accumulation. Additionally, local physiographical and topographical factors significantly influence the island's microclimate as is shown through the asynchronous deglaciation of individual glacier lobes at an island scale. This review emphasizes that deglaciation chronologies at smaller scales (i.e., island scale) are crucial for understanding the role of climatic drivers across the Southern Ocean and the Southern Hemisphere as a whole.

# Study of the variability of the Southern Annular Mode using a model and observational approach

Emma Samin<sup>1</sup>, Cécile Agosta<sup>1</sup>, Elise Fourné<sup>1</sup>, Amaelle Landais<sup>1</sup>, Thomas Combacal<sup>1</sup>, Valérie Daux<sup>1</sup>, Niels Dutrievoz<sup>1</sup>, Bénédicte Minster<sup>1</sup>, Inès Ollivier<sup>1,2</sup>, Tiphaine Penchenat<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (LSCE) — CEA, CNRS, Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines — Université Paris-Saclay, 91191 Gif-sur-Yvette Cedex, France

<sup>2</sup> Geophysical Institute —University of Bergen, Bjerknes Centre for Climate Research —Bergen, Norvège

The southern Annular Mode (SAM) is the main mode of climate variability in the Southern Hemisphere and depends on the zonal mean atmospheric pressure difference between latitudes 40°S and 65°S. It controls high-latitude temperatures and precipitation distribution. The evolution of the SAM in the context of global warming is a major question for understanding future regional atmospheric changes. To answer this question, SAM's past trend is usually studied through its impact on temperature, as there is a strong correlation between both in some regions of the Southern Hemisphere. As the water isotope fractionation is also related to the temperature, we investigate the imprint of SAM on  $\delta^{18}\text{O}$ . We show that models equipped with water isotopes and forced by reanalyses data (since 1979), display a correlation between SAM and precipitation  $\delta^{18}\text{O}$  at the southern tip of South America (positive) and over East Antarctica (negative). Besides these promising results, it appears that combining two regions of positive and negative correlation using the gradient of the  $\delta^{18}\text{O}$  of the precipitation reinforces the correlation with the SAM through the teleconnection between the two areas. We thus conclude that there is a great potential for using archives recording the  $\delta^{18}\text{O}$  of precipitation in these regions to recover the footprint of the SAM over longer timescales.

We also compare model outputs to data over the recent decades. It has already been shown that the  $\delta^{18}\text{O}$  of tree cellulose near the Perito Moreno Glacier exhibits a positive correlation with the SAM when reconstructed from paleo-temperature proxies (Abram et al., 2014, Grießinger et al., 2018). Here, we show that the model outputs agree with variations of the measured  $\delta^{18}\text{O}$  of precipitation in East Antarctica (Dome C) and variations of  $\delta^{18}\text{O}$  at Perito Moreno Glacier, themselves correlated with variations of the SAM index, directly calculated from the pressure gradient between latitudes 40°S and 65°S given by models.

Our perspectives include longer reconstruction of the SAM variations using ice core  $\delta^{18}\text{O}$  records. In addition, we are opening up the possibility of using regional stacks in both South America and Antarctica, possibly combined, to improve links between isotopic proxies and SAM.

## 18 - Volcans et changement climatique



# Reconstruction of the hydroclimate variability in the southern Andaman Sea over the last 110 ka and impact of the Toba eruptive activity

Ana Alves <sup>1</sup>, Annachiara Bartolini <sup>1</sup>, Franck Bassinot <sup>2</sup>, William Gray <sup>2</sup>, Benoît Caron <sup>3</sup>, Giulia Del Manzo <sup>4</sup>, Anne Le Friant <sup>4</sup>, Eva Moreno <sup>5</sup>

<sup>1</sup> Centre de recherche en paléontologie Paris (CR2P) — CNRS, MNHN, Sorbonne Université — 75005 Paris, France

<sup>2</sup> Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (LSCE) — CEA, CNRS, Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines — Université Paris-Saclay, 91191 Gif-sur-Yvette Cedex, France

<sup>3</sup> Institut des Sciences de la Terre (ISTerre) — CNRS, Université Savoie Chambéry, IRD, Université Grenoble Alpes, Université Gustave Eiffel — 38058 Grenoble Cedex 9, France

<sup>4</sup> Institut de physique du Globe de Paris (IPGP) — CNRS, Institut de Physique du Globe de Paris, Université Paris Cité, Université La Réunion — 75238 Paris Cedex, France

<sup>5</sup> Laboratoire d'Océanographie et du Climat : Expérimentations et Approches Numériques (LOCEAN) — Sorbonne Université, CNRS, MNHN, IRD — 4 place Jussieu - 75252 Paris Cedex 05, France

Large explosive volcanic events are major climatic and environmental disruptors, especially if the eruptive dynamics lead to the formation of sulphuric aerosols in the stratosphere, where they block incoming sunlight, causing a cooling of the planet's surface and a slowing of the hydrological cycle (Robock 2000; Church et al. 2005). Here we focus on the impact of the Toba super-eruption, 74000 years ago, on the hydroclimate of the southern Andaman Sea region.

The Andaman Sea receives freshwater from both precipitation and runoff during the Indian Summer Monsoon (ISM) season. Its southern part, close to the equator within the Indo-Pacific Warm Pool (IPWP), is a strategic area for reconstructing the variability of convection activity over the IPWP and the Walker circulation.

The main objectives of our work are 1) to investigate changes in Sea Surface Salinity (SSS) related to the orbital-suborbital variability of the regional hydroclimate during the last glacial- interglacial cycle; 2) to highlight perturbations of such variability related to the Toba eruptive activity.

To do this, we studied core BAR94-25, located in the southern Andaman Sea. Recently, new high-resolution tephrostratigraphic data from this core have challenged the eruptive history of Toba, showing that in addition to the Younger Toba Tuff (YTT), several large explosive events occurred repeatedly during the MIS5-MIS4 interglacial transition (Caron et al. 2023). High-resolution coupled Mg/Ca and  $\delta^{18}\text{O}$  data from the planktonic foraminifera *Globigerinoides ruber* ss were obtained in core BAR94-25 collected in the southern Andaman Sea, to estimate sea-surface temperature (SST) and seawater  $\delta^{18}\text{O}$  ( $\delta^{18}\text{O}_{\text{sw}}$ ) over the past 110 ka.

Our results show that the variability of SSS in the southern Andaman Sea is dominated by precessional cycles (23 ka) in phase with the boreal autumn insolation, as is the Borneo stalagmite  $\delta^{18}\text{O}$  record, showing sensitivity to the convection activity over the Pacific Warm Pool and to El Niño-Southern Oscillation (ENSO) variability. However, it is out of phase with the Chinese stalagmite  $\delta^{18}\text{O}$ , sensitive to the East Asian Summer Monsoon (EASM). Thus, on an orbital precessional scale, our results suggest a possible interaction between the equatorial western Pacific and the eastern Indian Ocean via the Walker circulation system. The strong salinity changes inferred from the  $\delta^{18}\text{O}_{\text{sw}}$  record of the BAR94-25 core may reflect, on precessional time-scale, interplay of IOD and ENSO dynamics in the Indian summer Monsoon rainfall.

Special focus was made on the multiple explosive eruptions of the Toba super-volcano during the MIS

5/4 interglacial-glacial transition, including the YTT, to test their impact on the regional hydroclimate. Several abrupt salinity increases associated with explosive eruptions of the Toba volcano between 50 and 95 ka have been detected and correlated with other key published hydroclimate records, such as Bay of Bengal  $\delta^{18}\text{O}_{\text{sw}}$ , Northern Borneo and Chinese  $\delta^{18}\text{O}$  stalagmites. Taken together, this enables to highlight severe regional draughts associated with some of the largest explosive Toba eruptions, which caused weakening of the ISM and EASM associated with a decrease in the activity of convection over the IPWP and the Walker circulation.

# Lunar eclipses as a proxy for investigating the chronology and climate impact of volcanism during the Little Ice Age

Lucas Boissel <sup>1,2</sup>, Charlie Hureau <sup>2,3</sup>, Sébastien Guillet <sup>4</sup>, Franck Lavigne <sup>2</sup>, Salem Dahech <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Pôle de recherche pour l'organisation et la diffusion de l'information géographique (PRODIG) – CNRS, Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne, Université Paris Cité, IRD, AgroParisTech – 2 rue Valette, 75005 Paris, France

<sup>2</sup> Laboratoire de géographie physique : Environnements Quaternaires et Actuels (LGP) – CNRS, Université Panthéon-Sorbonne, Université Paris-Est Créteil Val-de-Marne – 94320 Thiais, France

<sup>3</sup> Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (LSCE) – CEA, CNRS, Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines – Université Paris-Saclay, 91191 Gif-sur-Yvette Cedex, France

<sup>4</sup> Climate Change Impacts and Risks in the Anthropocene (C-CIA), Institute for Environmental Sciences – University of Geneva – 1205 Geneva, Suisse

Explosive volcanism is one of the main drivers of natural climate variability. The massive injection of sulfate aerosols into the upper atmosphere leads to the reflection of solar radiation, causing a temporary cooling of the Earth's surface and disrupting the entire climate system. However, the chronology, the estimates of the altitude (tropospheric vs. stratospheric) and the burden of volcanic aerosols of these events are still subject to uncertainties, despite progress in the study and dating of ice cores.

Descriptions of lunar eclipse observations mentioned in historical texts can provide valuable insights for estimating the chronology and impact of volcanism over the past millennium. The visibility of lunar eclipses is influenced by the amount of volcanic aerosols present in the upper atmosphere. After large-magnitude eruptions, eclipses tend to appear darker due to the reduced refraction of solar radiation within Earth's shadow cone caused by the increased concentration of aerosols.

We propose here to refine existing data on explosive volcanism and its impact on climate during the period 1600-1800 CE based on texts describing 94 total lunar eclipses. Drawing on over 900 documents, we were able to rate the color of the moon of 60 total eclipses using the Danjon scale. These data allow us to construct a chronology of stratospheric turbidity, expressed as sulfate aerosol optical depth (SAOD) values.

This new SAOD chronology derived from historical records has been compared with bipolar ice core data, aerosol models (AOD; aerosol optical depth), and climate data based on tree rings. First results show that our SAOD data are consistent with the estimated AOD data from Sigl et al. (2015) and Toohey and Sigl (2017). Moreover, when comparing the Nvolc2 Northern Hemisphere tree-ring based climate reconstruction (Guillet et al., 2020), which is highly sensitive to volcanic forcing derived from volcanic sulfate deposition in ice cores ( $r = -0.61$ ,  $p < 0.001$ ), we observe that of the 10 coldest years within the 40 years for which we have eclipse color data, 7 correspond to the darkest observed eclipses ( $SAOD > 0.02$ ).

These findings suggest that lunar eclipses could be a useful proxy for more accurately reconstructing the chronology and impact of volcanism during the Little Ice Age, as has already been done for the period 1100-1300 CE (Guillet et al., 2023). However, certain events within our chronology that are inconsistent with AOD and climate data will be discussed, as well as the limitations of this new approach.

*Sigl, M., Winstrup, M., McConnell, J. et al. (2015). Timing and climate forcing of volcanic eruptions for the past 2,500 years. Nature, 523, 543–549.*

*Toohey, M., Sigl, M. (2017). Volcanic stratospheric sulfur injections and aerosol optical depth from 500 BCE to 1900 CE. Earth Syst. Sci. Data, 9, 809–831.*

*Guillet, S., Corona, C., Ludlow, F. et al. (2020). Climatic and societal impacts of a "forgotten" cluster of volcanic eruptions in 1108-1110 CE. Sci. Rep, 10, 6715.*

*Guillet, S., Corona, C., Oppenheimer, C. et al. (2023). Lunar eclipses illuminate timing and climate impact of medieval volcanism. Nature, 616, 90–95.*

# Fast basalt weathering and CO<sub>2</sub> uptake close to interglacial peaks: insights from precise dating and geochemistry of paleosols in the Azores Archipelago

Francisco Hevia-Cruz <sup>1</sup>, Anthony Hildenbrand <sup>2</sup>, Nathan D. Sheldon <sup>3</sup>,  
François Chabaux <sup>4</sup>, Fernando O. Marques <sup>5</sup>, Julie Carlut <sup>6</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (LSCE) — CEA, CNRS, Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines — Université Paris-Saclay, 91191 Gif-sur-Yvette Cedex, France

<sup>2</sup> Géosciences Paris Saclay (GEOPS) — Université Paris-Saclay, CNRS — Université Paris Saclay, bât. 504 & 510, 91405 Orsay Cedex, France

<sup>3</sup> Department of Earth and Environmental Sciences, University of Michigan, USA — États-Unis

<sup>4</sup> Institut Terre Environnement Strasbourg (ITES) — ENGEEES Strasbourg, CNRS, Université Strasbourg — 67084 Strasbourg Cedex, France

<sup>5</sup> Retired — Portugal

<sup>6</sup> Institut de physique du Globe de Paris (IPGP) — CNRS, Institut de Physique du Globe de Paris, Université Paris Cité, Université La Réunion — 75238 Paris Cedex, France

The weathering of volcanic islands plays a crucial role in global carbon cycling (1). Intense precipitation and frequent denudation accelerate weathering processes in these environments, thus favoring the uptake of atmospheric CO<sub>2</sub> (2, 3). While most estimates of weathering rates are derived from river chemistry, soils and paleosols—the solid residue of protracted interaction between surface waters and the volcanic substrate—remain underexplored. Developed in contact with the atmosphere and incorporated into the geological record once sealed by volcanic deposits, paleosols record valuable environmental information, including the paleoclimatic conditions under which they were formed (4). In this study, we investigated the geochemistry of paleosols developed in the Central and Eastern Azores Archipelago over the past 1 Myr. Precise geochronology of volcanic units bracketing paleosols revealed pulses of fast soil formation during interglacial peaks (5, 6). Soil production rates ranged from 3 to 128 mm kyr<sup>-1</sup>, similar to modern soil formation rates in tropical volcanic islands. A floral humidity province reconstruction indicates moments when tropical conditions were reached, which could also explain the particularly high soil formation rates observed here (6). Those pulses of soil formation were favored by wet and warm local conditions, as indicated by paleoclimatic reconstructions based on the geochemistry of paleosols. This suggests periods over which the Azores High-pressure system was weakened or centered farther to the south of its current position, allowing humid air masses to reach the Azores region (6). This may have also impacted the climate of Europe and Northeastern Africa. Geochronological evidence suggests high initial soil formation rates, rapidly decreasing to near zero after ~35 kyr. Paleosols have generally developed faster on pyroclastic deposits than on lava flows. However, due to their higher density, those formed on lava flows required less vertical development to sustain high cation exports. Based on the geochemistry of paleosols and their parental materials, we estimated the amount of cation exports (5–1500 t km<sup>-2</sup> yr<sup>-1</sup>) and associated CO<sub>2</sub> uptake (0–32 106 Mol km<sup>-2</sup> yr<sup>-1</sup>). These estimates generally exceed previous estimates based on the geochemistry of modern rivers in the Eastern Azores, by a factor of up to tenfold. This suggests that the current weathering of volcanic islands might be underestimated and that atmospheric CO<sub>2</sub> may have experienced short episodes of intense sequestration during interglacial stages, possibly contributing to subsequent cooling events over the past 1 Myr. A preliminary study of U-series geochronology on paleosols of the Azores provided promising results, consistent with our previous Ar geochronology (7). This is expected to provide a better understanding of the evolution of past weathering rates and consequent

CO<sub>2</sub> consumption in this and other volcanic settings.

- (1) Berner & Kothavala (2001) *Am. J. Sci.*, 301(2), 182-204;
- (2) Gaillardet, et al. (2011) *Am. J. Sci.*, 311(10), 851-894;
- (3) Gayer, et al. (2019) *Earth Planet. Sci. Lett.*, 517, 61-70;
- (4) Sheldon & Tabor (2009) *Earth Sci. Rev.*, 95(1-2), 1-52;
- (5) Hevia-Cruz, et al. (2024a) *Quat. Sci. Rev.*, 324, 108438;
- (6) Hevia-Cruz, et al. (2024b) *Paleoceanogr. Paleoclimatol.*, 39 (5), e2023PA004810;
- (7) Chabaux et al. (2024) *Goldschmidt Conference, Chicago, USA.*

# Tephrochronology, cryptotephrochronology are we ready to jump in a moving train?

Sébastien Nomade <sup>1</sup>, Alison Pereira <sup>2</sup>, Vincent Scao <sup>1</sup>, Hervé Guillou <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (LSCE) — CEA, CNRS, Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines – Université Paris-Saclay, 91191 Gif-sur-Yvette Cedex, France

<sup>2</sup> Géosciences Paris Saclay (GEOPS) – Université Paris-Saclay, CNRS – Université Paris Saclay, bât. 504 & 510, 91405 Orsay Cedex, France

The French geosciences community has long been at the forefront of tephrochronology, even pioneering the study of cryptotephra in marine sediments. Today, this research is carried out almost exclusively by Anglo-Saxon and northern European laboratories, which have developed techniques for the identification and geochemical characterization (chemical fingerprinting) of smaller glass shards (

During this presentation, we will illustrate with a few examples the use of tephra, cryptotephra as multi-archives dating tools, and emphasized the need for the French community to invest within next few years in human resources dedicated to the detection and characterization of cryptotephra in particular especially at a crucial time when the generation that pioneered these studies in France are now retiring.

# Identification of volcanoes from their crypto-tephra imprint in Antarctic ice cores

Jean Robert Petit <sup>1</sup>, Joel Savarino <sup>1</sup>, Elsa Gautier <sup>1</sup>, Barbara Delmonte <sup>2</sup>, Patrick Ginot <sup>1</sup>, Valentina Batanova <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Institut des Géosciences de l'Environnement (IGE) – Institut polytechnique de Grenoble, CNRS, IRD, Grenoble Alpes, INRAE — 38400 Saint-Martin d'Hères, France

<sup>2</sup> Dept. Earth Environmental Sciences-Ed. U1 (DISAT) – University Milano-Bicocca — Milano, Italie

<sup>3</sup> Institut des Sciences de la Terre (ISTerre) – CNRS, Université Savoie Chambéry, IRD, Université Grenoble Alpes, Université Gustave Eiffel — 38058 Grenoble Cedex 9, France

Strong eruptions could have a significant impact on the climate. The ejected gas and pyroclasts within the atmosphere and stratosphere, can reach the polar regions and imprint on Greenland and Antarctic ice cores. Over the last 2500 years, Sigl et al. (2015) reconstructed climate anomalies from the dendrochronological records and the ice core sulphur records. A part from a few volcanic eruptions documented in the historical chronicles, most of the prominent events with a bipolar imprint are associated with a significant climate anomaly and are volcanoes from tropical regions but unknown. The identification of the source by the elemental analysis of cryptotephra from polar ice cores is challenging because 1) the contamination issues as concentration is very low 2) the micron-meter size of the particles hindering the preparation of polished section.

Here we present the analysis of two well-dated events, corresponding to -426 CE and 1458 CE preserved in Antarctic ice cores. The unknown -426 CE event is associated with a significant climate cooling. The 1458 CE event occurred during a cool period and was initially associated with the Kuwae (Vanuatu) eruption. However, this association was disputed by Hartman et al. (2019) as they did not find Kuwae cryptotephra in a South Pole ice core.

For each event, the selected samples include the sulphate peak. When available, the size distribution of the particles was measured. The cryptotephra are separated by filtration and after carbon-coating are analysed with the EPMA microprobe set at ISTerre (JEOL JXA-8230 and JEOL FEG JXA-iHP200F). For the calibration and the analysis of unpolished cryptotephra, we apply the same method developed by Narcisi et al. (2019) who identified the 1259 CE Samalas event. The elemental composition of the cryptotephra (8 major elements Si, Ti, Al, Fe, Mg, Ca, Na, K converted to oxides and normalized to 100%) is then compared with the composition of proximal tephra from the literature.

As a result, the 1458 CE event has a medium-K dacite to rhyolite composition and is consistently observed in the Vostok and Dome C ice cores (218 values). The dacite composition is within the area of (old data) composition of the proximal deposits of Kuwae, while it perfectly matches new data as well as that of an ash layer found in the Emaotul lake sediment (~140 values) on Efate Island, 100 km south from Kuwae (Standberg et al, 2023). The rhyolitic patch is very close to the dacite patch except for higher (3%) SiO<sub>2</sub>, suggesting evolving in a layered magma prior to the eruption.

For the -426 CE event, the cryptotephra composition (220 values) is consistent in the three ice cores (Vostok, Dome C, Talos Dome) and belongs to high-K rhyodacite. Coincidentally it appears to be very close to the Kuwae composition and differs only in the higher K values, suggesting a common magmatic chamber. The Ambrym caldera could be the source: it is a part of the Vanuatu oceanic arc and located 50



km north of Kuwae, it collapsed ~2000 years ago and the two magmatic suites are present.

#### *References*

*Hartman et al. (2019). Nature Sci. Rep. 9. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-50939-x>.*

*Narcisi, B. et al., 2019. Quat. Sci. Rev. 210, 164-174 <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2019.03.005>. Sigl, M., et al. Nature 523, 543–549 (2015). <https://doi.org/10.1038/nature14565>*

*Strandberg NA et al., (2023). Front. Ecol. Evol. 11: 1087577. doi: 10.3389/fevo.2023.1087577*

# On the other side of the feedback loop: climate impacts on tropical volcanic island evolution and their potential implications for the carbon cycle

Michael Styllas <sup>1</sup>, Guillaume Le Hir <sup>1</sup>, Eric Gayer <sup>1</sup>, Céline Dessert <sup>1</sup>, Jérôme Gaillardet <sup>1</sup>, Julien Bouchez <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Institut de physique du Globe de Paris (IPGP) – CNRS, Institut de Physique du Globe de Paris, Université Paris Cité, Université La Réunion – 75238 Paris Cedex, France

Tropical volcanic eruptions affect global climate through injection of greenhouse gasses into the atmosphere, triggering hydroclimatic perturbations across scales. During periods of relative quiescence, tropical volcanic edifices are affected by regional and local climate gradients that drive temporal and spatial variations of their erosional regime, which in turn can affect the global carbon cycle through chemical weathering of reactive volcanic minerals. Here, we use the active volcanic complex of Basse-Terre Island in Guadeloupe, Lesser Antilles, to study the impact of climate change on tropical volcanoes erosional patterns. Basse-Terre with its north-to-south propagation axis of volcanic complexes, lying nearly perpendicular to trade wind and cyclonic precipitation trajectories, offers an ideal volcanic chronosequence to study climate-volcano interactions over the Quaternary. We use a series of modeling simulations to showcase how hemispheric-scale, ocean-atmosphere modes of variability, such as the Atlantic Meridional Overturning Circulation (AMOC), modulate orographic precipitation patterns and partition hill- slope and fluvial erosion between the windward (wetter) and leeward (drier) sides over the past

1.5 Myr. We test the sensitivity of initial edifice topographic characteristics on long (Myr)- and short (Kyr)-term erosional patterns, provide estimates of erosion rates that resulted to present-day topography and broadly discuss the implications of precipitation gradients on CO<sub>2</sub> consumption rates.

19 - Interactions climat, océan et système  
Terre aux longues (et courtes) échelles de  
temps

# Climatic and environmental impacts on source-to-sink processes in southwest Taiwan since the last deglaciation

Joffrey Bertaz <sup>1,2,3</sup>, Christophe Colin <sup>1</sup>, Zhifei Liu <sup>2</sup>, Arnaud Dapoigny <sup>4</sup>, Andrew Tien-Shun Lin <sup>5</sup>, Yanli Li <sup>2</sup>, Zhimin Jian <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Géosciences Paris Saclay (GEOPS) – Université Paris-Saclay, CNRS – Université Paris Saclay, bât. 504 & 510, 91405 Orsay Cedex, France

<sup>2</sup> State Key Laboratory of Marine Geology – Shanghai 200092, Chine

<sup>3</sup> Institut des Sciences de la Terre (ISTerre) – CNRS, Université Savoie Chambéry, IRD, Université Grenoble Alpes, Université Gustave Eiffel – 38058 Grenoble Cedex 9, France

<sup>4</sup> Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (LSCE) – CEA, CNRS, Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines – Université Paris-Saclay, 91191 Gif-sur-Yvette Cedex, France

<sup>5</sup> Department of Earth Sciences-NCU – Taoyuan 32001, Taiwan

In recent decades, scientific works have focused on present and past source-to-sink processes and their connection to climatic and environmental changes. In East Asia, the effects of typhoon and summer monsoon precipitation on sediment erosion and chemical weathering still require precision. We analyzed clay mineralogy, Nd and Sr isotopes compositions and major elements of sediments from Core MD18-3569 located close to the Penghu Canyon on the Taiwan margin (northeastern South China Sea). The objective of this study was to reconstruct the climatic and environmental controls of source-to-sink processes and weathering history of small river basins in south-west Taiwan since the last glacial period. The Sr and Nd isotopes compositions ( $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  and  $\epsilon\text{Nd}$ ) and the high content of illite and chlorite suggest that the small mountainous rivers of southwest Taiwan are the sources of sediments to the Taiwan margin since the last deglaciation. The aim of this study was to evaluate the past intensity of chemical weathering in the rivers of southwest Taiwan by analyzing variations in major element composition and clay mineral assemblages. The long-term changes in the intensity of chemical weathering in Taiwan are driven by variations in the East Asian summer monsoon rainfall. During the deglaciation, the progressive strengthening of rainfall enhanced the chemical weathering intensity which peaked in the early Holocene. The Holocene is characterized by a decrease of the chemical weathering degree of sediments derived from Taiwan. This is concurrent with the weakening of summer monsoon rainfall, an increase in typhoon activity, and changes in vegetation cover in southwest Taiwan. These processes have resulted in soil destabilization and erosion, regressive pedogenesis, and a reduction in chemical weathering intensity. This was due to the shorter residence time of sediments in the soils of southwest Taiwan. Our multi-proxy study highlights the strong link between summer monsoon and typhoon rainfalls, environmental changes, and chemical weathering history in Taiwan.

# Seawater oxygen isotope variability on orbital to secular timescales in the late Miocene eastern equatorial Indian Ocean

Clara Bolton <sup>1</sup>, Claire Martinot <sup>1</sup>, Eelco Rohling <sup>2</sup>, Laurence Vidal <sup>1</sup>,  
Corinne Sonzogni <sup>1</sup>, Kazuyo Tachikawa <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Centre de Recherche et d'Enseignement de Géosciences de l'Environnement (CEREGE) – Collège de France, CNRS, IRD, Aix Marseille Université, INRAE – 13545 Aix-en-Provence, France

<sup>2</sup> Utrecht University – Pays-Bas

The late Miocene (11.6 to 5.3 Ma) is a time interval characterized by global surface ocean cooling and decreasing atmospheric CO<sub>2</sub> concentrations, culminating in Antarctic ice-sheet expansion and ephemeral Northern Hemisphere glaciations. Profound changes in tropical ecosystems, including increased aridity and C4 plant expansion, accompanied this global cooling. In the area affected by the Asian monsoon, strong seasonal precipitation was likely already a feature of regional climate since the Eocene, although important paleogeographic changes led to the initiation of a modern-like atmospheric and ocean circulation in the northern Indian Ocean during the Miocene. Seawater oxygen isotope records can provide key information on ocean circulation and hydrological cycle dynamics in the geological past, potentially filling gaps in our knowledge related to south Asian monsoon precipitation history, as well as ocean circulation changes, during the late Miocene climate transition. Here, we present a new orbital-resolution (mean 5.5 kyr) record of mixed-layer seawater stable oxygen isotopic composition ( $\delta^{18}\text{O}_{\text{sw}}$ ), based on paired Mg/Ca-SST and  $\delta^{18}\text{O}_{\text{calcite}}$  analyses on the planktic foraminiferal species *Trilobatus trilobus*, spanning the late Miocene to earliest Pliocene from a sediment core in the eastern equatorial Indian Ocean (International Ocean Discovery Program Site U1443). Our ice-volume corrected (IVC)- $\delta^{18}\text{O}_{\text{sw}}$  record reveals a gradual long-term decrease of 1.2 ‰ starting at 8.1 Ma, amplifying from 7.4 to 5.9 Ma. Plausible hypotheses to explain this long-term trend are a change in SAM precipitation location potentially driven by cooling of the northern hemisphere and/or a progressive restriction of the Indonesian Throughflow linked to northward migration of Australia, and/or sea-level fall linked to Antarctic ice sheet expansion. In addition, we analyse orbital-scale variability in the Site U1443 IVC- $\delta^{18}\text{O}_{\text{sw}}$  record, which reveals higher amplitude swings and a dominant local insolation forcing when global climate was warmer before the late Miocene global cooling. With the onset of cooling, local IVC- $\delta^{18}\text{O}_{\text{sw}}$  became additionally sensitive to obliquity. Via a series of sensitivity tests, we show that high SSTs (> 30°C) and the amplification of IVC- $\delta^{18}\text{O}_{\text{sw}}$  fluctuations may be directly linked by evaporative processes

# Impact of marine gateways on oceanic circulation and carbon cycle in the Late Eocene

Emma Fabre <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (LSCE) — CEA, CNRS, Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines – Université Paris-Saclay, 91191 Gif-sur-Yvette Cedex, France

The Late Eocene is a period of global cooling and high-latitude tectonic changes culminating in the Eocene Oligocene Transition (34 Ma ago), one of the major climatic shifts of the Cenozoic. Across the Late Eocene, the Earth went from a largely ice-free greenhouse during the early Eocene climatic optimum to an icehouse with the ice sheet inception over Antarctica. This long-term cooling happened simultaneously with a decrease in the atmospheric content in carbon dioxide whose causes are still unclear. During the same period, marine gateways surrounding Antarctica (Drake Passage and Tasman Gateway) opened and deepened and Atlantic-Artic gateways changed configurations, thereby allowing the onset of oceanic currents such as the circumpolar current isolating Antarctica. Here, we investigate how coupled changes in the configuration of these gateways may impact oceanic circulation and carbon cycle using climate simulations performed with the IPSL-CM5A2 model, an Earth System Model equipped with the biogeochemical model PISCES. Our reference simulation uses the paleogeography from Poblete et al (2021), based on the paleobathymetry of Straume et al (2020). Several sensitivity experiments with different gateway configurations are then presented and discussed, with specific focus on global ocean circulation changes and implications for the carbon cycle.

# Dynamics of the North African climate over the last 600 kyr based on mineralogical and geochemical investigations of deep sediments of the western Mediterranean Sea

Guohui Gao <sup>1</sup>, Christophe Colin <sup>1</sup>, Zhifei Liu <sup>2</sup>, Amélie Plautre <sup>1</sup>, Sophie Sepulcre <sup>1</sup>, Giuseppe Siani <sup>1</sup>, Arnaud Dapoigny <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Géosciences Paris Saclay (GEOPS) – Université Paris-Saclay, CNRS – Université Paris Saclay, bât. 504 & 510, 91405 Orsay Cedex, France

<sup>2</sup> State Key Laboratory of Marine Geology – Chine

<sup>3</sup> Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (LSCE) — CEA, CNRS, Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines – Université Paris-Saclay, 91191 Gif-sur-Yvette Cedex, France

Carbonate contents, clay mineralogy, Ba/Al, Br/Cl and (Al+Fe)/(Si+K+Ti) ratios analyzed by XRF core scanner,  $\delta^{18}\text{O}$  of *Globigerina bulloides* and Sr-Nd isotopes compositions of core MD90-912, located south of Sardinia, were investigated in order to reconstruct variations in detrital input from North Africa and the related climatic processes controlling these inputs over the last 600 kyr. The combination of clay mineralogy assemblage with Sr and Nd isotope compositions of core MD09-912 indicates that eolian dust originates mainly from the Preferential Source Areas PSA1 (Tunisia and northern Algeria including the 'Zone of Chotts') with a moderate to low contribution from the PSA5 (Western Chad including the Bodélé depression) and PAS3 (Southern Algeria and northern Mali). Glacial MIS and low summer insolation periods are associated with an increase in terrigenous flux, and higher illite/kaolinite (I/K) and smectite content suggesting that the main dust source is located in the northern North Africa (PSA1). In contrast, African Humid Periods (AHPs) are associated with lower I/K ratios indicating that the main sedimentary source is located in the southern tropical region of North Africa, in agreement with a northward movement of the Intertropical Convergence Zone (ITCZ) and the extension of vegetation cover. In such conditions, dust emissions are reduced, and detrital material is transported to the southern Tyrrhenian Sea by the paleo-rivers draining the Tunisian wadi system. Variations in clay mineralogy as well as proxies of dust inputs to the Tyrrhenian Sea are controlled by cycles of eccentricity (100 ka) and obliquity (43 ka) rather than by a unique dominant precession cycle (23 ka). We have proposed that the aridity and the dust emission of the dominant proximal northern source (PSA1) to the studied site is strongly influenced by the high-latitude westerlies system. Overall, our study indicates that the emission of dust from the northern dust source of North Africa is the result of a complex interplay between high and low latitudes, rather than being solely due to the latitudinal migration of the ITCZ.

# Changes in the deep-water masses of the Eastern Mediterranean Sea during Sapropel S5 - New constraints from neodymium isotopes in foraminifera

Guohui Gao <sup>1</sup>, Christophe Colin <sup>1</sup>, Giuseppe Siani <sup>1</sup>, Sophie Sepulcre <sup>1</sup>, Zhifei Liu <sup>2</sup>, Elisabeth Michel <sup>3</sup>, Arnaud Dapoigny <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Géosciences Paris Saclay (GEOPS) – Université Paris-Saclay, CNRS – Université Paris Saclay, bât. 504 & 510, 91405 Orsay Cedex, France

<sup>2</sup> State Key Laboratory of Marine Geology, Tongji University – Chine

<sup>3</sup> Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (LSCE) — CEA, CNRS, Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines – Université Paris-Saclay, 91191 Gif-sur-Yvette Cedex, France

The Mediterranean Sea's thermohaline circulation, which is sensitive to global climate changes, influences the Atlantic Meridional Overturning Circulation and the occurrence of sapropel layers in Mediterranean sediments. The formation of sapropel is attributed to stagnant deep-water conditions and increased biological production during specific orbital cycles. However, debates persist concerning the complex interaction between climatic processes, circulation dynamics, and sapropel formation. XRF-major and trace elements concentrations,  $\delta^{18}\text{O}$  of *G. ruber*, and  $\epsilon\text{Nd}$  analyses of mixed planktonic foraminifera have been carried out on a core collected in the south-eastern Aegean Sea, on the pathway of the Aegean Deep-Water (AeDW), in order to constrain water mass circulation during the last climatic cycle. When combined with previous  $\epsilon\text{Nd}$  records from the Eastern Mediterranean Sea (EMS), we identify three regional patterns of the  $\epsilon\text{Nd}$  variations during the Sapropel S5 interval suggesting that the initial freshwater influx led to marked water stratification, limited deep-water formation and shifted foraminiferal  $\epsilon\text{Nd}$  towards a local signature due to a longer duration of Nd exchange between seawater and marginal sediments. Cores exhibiting a strong influence from Nile River discharge display radiogenic  $\epsilon\text{Nd}$  signatures (-3.7), whereas those from the northern EMS display more unradiogenic  $\epsilon\text{Nd}$  (-5.1). As S5 progresses,  $\epsilon\text{Nd}$  records of all cores indicate a mixing of deep-water masses accompanied by a decrease in the  $\epsilon\text{Nd}$  gradient between the northern and southern EMS. This is associated with the global decrease in temperatures and lower input of Nile River water, facilitating deep-water formation in the north and enhancing basin-wide circulation. This effective circulation conveys radiogenic  $\epsilon\text{Nd}$  Nile River signals to the north and the Western Mediterranean Sea (WMS) while non-radiogenic signals from the north are transported southward.



# Environmental and climatic conditions responsible for calcretes formation in North Africa during the Pliocene-Pleistocene

Farah Jarraya <sup>1</sup>, Nejib Kallel <sup>1</sup>, Mike Rogerson <sup>2</sup>, Barbara Mauz <sup>3</sup>,  
Noureddine Elmejdoub <sup>4</sup>, Abdeljalil Sghari <sup>5</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire Géoressources, Matériaux, Environnements et Changements Globaux (GEOGLOB) — Université de Sfax — Faculté des Sciences de Sfax, Sfax, 3000, Tunisie

<sup>2</sup> School of Environmental Sciences — Northumbria, Royaume-Uni

<sup>3</sup> School of Environmental Sciences — Liverpool, Royaume-Uni

<sup>4</sup> High Institute of Water Sciences and Techniques — Gabes, Tunisie

<sup>5</sup> University of Sfax, Faculty of Letters and Human Sciences — Sfax, Tunisie

The large spatial extent of calcretes in North Africa and the Middle East, formed during the Pliocene-Pleistocene and appearing at the outcrop in the form of a fossil thick metric horizon, indicates a huge climate change at the time of their formation. They were necessarily associated with enhanced wet conditions which transformed aquifers to non-saline ones everywhere in North Africa and the Middle East to permit deposition of carbonate in soil instead of evaporites under modern arid conditions. We studied the Tunisian calcrete along a north-south transect that crosses the modern climatic boundaries between Saharan arid area at the 33° N latitude and the subhumid Mediterranean zone in the North (37° N) to elucidate the palaeoenvironmental and climatic conditions responsible for their formation and to understand their absence during the wet humid intervals of the last climatic cycle.

Macroscopic, petrographic, Scanning Electron Microscopy (SEM), and Cathodoluminescence (CL) observations from fieldwork and thin sections across all sites have identified four facies: laminar, massive, brecciated, and groundwater. Notably, soil-forming processes are present at all sites except those further south, where groundwater characteristics predominate.

Spanish calcretes growing under modern conditions display similarities with Tunisian fossil calcretes and can be considered as a modern analogue. This suggests wetter conditions than in Tunisia today and that the wet season responsible for their deposition arrived during winter as today, with moisture originating from Mediterranean westerlies and followed by a long dry summer season. This indicates that at that time, climate remained Mediterranean, like today.

Such wet conditions have been also observed during the Holocene and the last interglacial and were responsible for the recharge of the low salinity deep aquifers of the Sahara-Sahel zone. However, these two humid periods, each of about 4000-6000 years duration, did not lead to the formation of thick mature calcretes, probably because the development of this pedologic horizon need more longer wet period.

Numerous climatic proxies show many episodes of enhanced rainfall in the region during the last three million years. Some of them seem to be almost continuous over many hundreds of thousands of years and could be favorable for calcretes formation. These wet time intervals which induce a green desert and reduce Sahara dust export, appeared between 3 and 2.85 Ma and between 1.900 and 1.700 Ma. Calcrete horizons in the region may have developed during each of these two extended humid time intervals.

Different climate models based on Mediterranean freshwater budget (Marzocchi et al., 2019) pollen data from the Spanish Padul Lake sediment (Camuera et al, 2022), pollen and isotope record from Lake Tislit, Morocco (Cheddadi et al, 2021) and the multi proxies synthesis (De Menocal, 2015; Pausata et al, 2020) show that during all humid periods experienced since the Miocene, rainfall increase is due to the enhanced West African Monsoon for the Sahara Sahel regions while in North Africa it was of North Atlantic origin and was linked to the southward shift of the Mediterranean storm track (Westerlies).

# Wind-driven sediment exchange between the Indian marginal seas over the last 18 000 years

Xiaoying Kang<sup>1,2</sup>, Zhaojie Yu<sup>1,3,4,5</sup>, Lina Song<sup>1,4</sup>, Christophe Colin<sup>6</sup>, David Wilson<sup>7</sup>, Zehua Song<sup>1</sup>, Bai Su<sup>1</sup>, Xiaojie Tang<sup>1,6</sup>, Fengming Chang<sup>1</sup>, Franck Bassinot<sup>8</sup>, Shiming Wan<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Key laboratory of Ocean Observation and Forecasting, Institute of Oceanology — Chinese Academy of Sciences — China

<sup>2</sup> University of Chinese Academy of Sciences — China

<sup>3</sup> Laboratory for Marine Geology — Qingdao Marine Science and Technology Center — China

<sup>4</sup> Center for Ocean Mega-Science — Chinese Academy of Sciences — China

<sup>5</sup> College of Earth Science and Engineering — Shandong University of Science and Technology — China

<sup>6</sup> Géosciences Paris Saclay (GEOPS) — Université Paris-Saclay, CNRS — Université Paris Saclay, bât. 504 & 510, 91405 Orsay Cedex, France

<sup>7</sup> Institute of Earth and Planetary Sciences, University College London and Birkbeck — University of London — Royaume-Uni

<sup>8</sup> Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (LSCE) — CEA, CNRS, Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines — Université Paris-Saclay, 91191 Gif-sur-Yvette Cedex, France

The Indian Coastal Current is the only channel for material exchange between the two largest marginal seas in the northern Indian Ocean: the Bay of Bengal and the Arabian Sea. However, its past history is poorly known, limiting accurate predictions of its future changes. Here, we present a new clay mineral record from south of India supported by interpretations of model simulations to trace its variability over the last 18 000 years. Decreased smectite/(illite+chlorite) ratios during the cold intervals suggest that a stronger northeasterly wind led to a mean southward flow of the Indian Coastal Current in the Bay of Bengal. In contrast, increased smectite/(illite+chlorite) ratios during the warm intervals suggest the opposite scenario. Combining the proxy record with model simulations, we infer that atmospheric circulation changes were the main driver of the changes. Moreover, a possible link is observed between a positive Indian Ocean Dipole (IOD) and weakened southward flow of the Indian Coastal Current in the Bay of Bengal during the Holocene. These findings imply that future warming scenarios, if associated with more intense positive IOD events as proposed, may lead to a reduction in freshwater transport from the Bay of Bengal to the Arabian Sea.

# Reconstructing Miocene climatic and oceanographic conditions in Baffin Bay: results from IODP Expedition 400, U1607 site

Sandrine Le Houedec <sup>1</sup>, Sarah Paul <sup>2</sup>, Expedition 400 Scientists <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire de Géologie de Lyon - Terre, Planètes, Environnement (LGL-TPE) – CNRS, ENS Lyon, Université Claude Bernard Lyon 1, Université Jean Monnet Saint-Etienne — 69622 Villeurbanne Cedex, France

<sup>2</sup> Université de Brest — Université de Bretagne Occidentale [UBO] – France

<sup>3</sup> IODP program – États-Unis

IODP U1607 was drilled at 739 mbsl on the northwestern Greenland shelf recovering 978 m (CSF-A) of sediment primarily consisting of fine terrigenous material (mud to fine sand). The core contains well preserved aragonitic bivalves, allowing to reconstruct past environmental and oceanographic conditions.

This study presents preliminary stable oxygen and carbon isotopes data, Ba/Ca ratio, and neodymium (Nd) isotopes values derived from the bivalves of core U1607, aimed at reconstructing the environmental conditions of the Miocene epoch (23 to 5.3 million years ago). The Miocene was a period of significant climatic and tectonic shifts, particularly in high-latitude regions like the Arctic, where Baffin Bay plays a critical role in global ocean circulation and climate feedbacks.

The  $\delta^{18}\text{O}$  isotope data from bivalves indicate a general downhole decrease, suggesting a paleotemperature change of around  $+6^\circ\text{C}$ . The Ba/Ca ratio, used as proxies for nutrient levels, follow the  $\delta^{18}\text{O}$  general trend and reveal potential shifts in deep water nutrient supply with the lowest Ba/Ca values corresponding to the lowest reconstructed seawater temperature. The  $\delta^{13}\text{C}$  data exhibit a more complex signature, ranging between  $+2$  and  $-2\text{‰}$  (V-PDB). Preliminary results suggest possible cyclic variations during the coolest time period, potentially indicating a reorganisation of the oceanic circulation in Baffin Bay. The Nd isotope analysis provides additional constraints on water mass sourcing and circulation patterns. Initial  $\epsilon\text{Nd}$  results suggest that Baffin Bay is influenced by two distinct sources, one most likely originating from North Atlantic.

Together, these geochemical proxies offer a comprehensive view of Miocene oceanographic and environmental conditions in Baffin Bay, shedding light on high-latitude climate dynamics during a key transitional period in Earth's history.

# Insights into the LGM-to-present evolution of the Greenland Ice Sheet from a data-evaluated ensemble of numerical model simulations

Tancrede Leger <sup>1,2</sup>, Jeremy Ely <sup>1</sup>, Christopher Clark <sup>1</sup>, Sarah Bradley <sup>1</sup>,  
Rose Archer <sup>1</sup>, Jiang Zhu <sup>3</sup>

<sup>1</sup> University of Sheffield – Western Bank Sheffield S10 2TN, Royaume-Uni

<sup>2</sup> Université de Lausanne (UNIL) – 1015 Lausanne, Suisse

<sup>3</sup> National Center for Atmospheric Research (NCAR) – Boulder, CO 80301, États-Unis

Ice sheets have a memory that is stored within both the geometry and thermal properties of the ice. The present-day Greenland Ice Sheet is not in equilibrium with today's climate, but is affected by a complex product of past changes that occurred over millennial timescales. Producing accurate model simulations of the late-Pleistocene evolution of the Greenland Ice Sheet is thus important to improve initialization procedures required by future projection modelling. Here, we present results from numerical ice-sheet model simulations scored against empirical data on the extent and timing of the grounded Greenland Ice Sheet margin from the global LGM (24 kyr BP) to the pre-industrial era (1850 AD). Given the numerous uncertain parameters and boundary conditions required by numerical ice sheet models, finding simulations which adequately replicate empirical data on past grounded ice extent is a difficult task. To address this challenge, we ran a perturbed parameter ensemble of 100 ice-sheet-wide simulations at 5 km spatial resolution using the Parallel Ice Sheet Model. Our simulations are forced by the latest transient paleo-climate and ocean simulations of the isotope-enabled Community Earth System Model (iCESM 1.2 and 1.3). Using quantitative model-data comparison tools and the newly developed, Greenland-wide PaleoGrIS 1.0 isochrone reconstruction of former grounded ice extent, each ensemble simulation's fit with empirical data is assessed quantitatively across both space and time. Using our best-scoring simulations, we here present new insights into the former Greenland Ice Sheet's response to transitional climatic phases throughout the last 24 thousand years. Moreover, after extending our best-scoring simulation to the end of the 21st century under CMIP6-derived forcing, we find that accounting for the ice-sheet's paleo-history modifies projections of its future evolution. Despite identical climate forcing, parameterisation, and ice-sheet geometry, we find that using a simulation that performs well at recreating past glacial history as initial state leads to a factor of two increase in projected end-of-21<sup>st</sup> century global mean sea level rise, compared to using a steady-state pre-industrial ice sheet as initial state. Our study thus shows that improving estimations of the Greenland Ice Sheet's thermal memory will notably impact future model projections, making paleo-hindcasting efforts important to better quantify the response of contemporary ice sheets to anthropogenic climate change.

# Modelling the Consequences of the Siberian Traps

Antonin Pierron <sup>1</sup>, Guillaume Le Hir <sup>1</sup>, Frédéric Fluteau <sup>1</sup>, Yves Godderis <sup>2</sup>, Pierre Maffre <sup>3</sup>, Clément Ganino <sup>4</sup>

<sup>1</sup> Institut de physique du Globe de Paris (IPGP) – CNRS, Institut de Physique du Globe de Paris, Université Paris Cité, Université La Réunion – 75238 Paris Cedex, France

<sup>2</sup> Géosciences Environnement Toulouse (GET) – CNRS, Université Toulouse 3, IRD, BRGM, CNES — 31400 Toulouse, France

<sup>3</sup> Centre de Recherche et d'Enseignement de Géosciences de l'Environnement (CEREGE) – Collège de France, CNRS, IRD, Aix Marseille Université, INRAE – 13545 Aix-en-Provence, France

<sup>4</sup> Géoazur — CNRS, Observatoire de la Côte d'Azur Nice, IRD, Université Côte d'Azur — 06560 Valbonne, France

The temporal synchronism between large igneous provinces (LIP) emplacements and mass extinction all along the Phanerozoic reveals a possible link between the two. The release of huge amount of gases (CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>,...) during the LIP emplacement is considered to cause major climate and environmental perturbations possibly leading to a biodiversity crisis. However, until now, no clear correlation can be drawn between LIP's properties i.e. the LIP size, the amount of gas released, etc... and the mass extinction severity.

Our primary focus was on investigating the impact of the Siberian traps emplacement which is considered to be responsible of the end-Permian mass extinction. This biodiversity crisis lead to the disappearance of 90% of the marine species and 75% of the terrestrial species. The Siberian volcanism has produced 3 to 5 Mkm<sup>3</sup> of magma over a period not exceeding 1 Myr according to U-Pb dating. This volcanism is accompanied by the release of huge amount of gases within the atmosphere, notably CO<sub>2</sub> and SO<sub>2</sub>.

These gases have two sources : the magmatic emissions and the thermogenic emissions generated by the intrusion of magmas in carbonate-rich, evaporite-rich or organic matter-rich sediments deposited within the Siberian basin. In the case of the Siberian trap the cumulative carbon emission could have ranged from 21.103 Gt of C to 1.056.105 Gt. We propose to explicitly model volcanism by considering both short-term and long-term scale processes along the entire LIP emplacement (1Myr) with different scenarios to mimic the sequence of volcanic and thermogenic gas emissions.

We modeled the consequences of the Siberian trap using the biogeochemical model GEOCLIM to simulate the changes of the ocean in term of temperature and pH as well as the perturbation in the carbon, oxygen, phosphorus and alkaline cycles caused by the LIP emplacement.

We explore the phase-space of different parameters for this LIP such as the volume of sills, the volatiles budget, the sediment basin in which the LIP is emplace, the emplacement duration... This approach enables a detailed exploration of the impact of LIP emplacement on the climate and geochemical cycles.

# A temperature-dependent model of carbonate accumulation in the open ocean during the early Paleogene hyperthermals.

Nicolas Pige <sup>1</sup>, Guillaume Suan <sup>1</sup>, Quillévéré Frédéric <sup>1</sup>, Pierre-Henri Blard <sup>2,3</sup>,  
Alessandro Menini <sup>1</sup>, Jeremy Höhne <sup>1</sup>, Antoine Triantafyllou <sup>1</sup>,  
Arnauld Vinçon-Laugier <sup>1</sup>, Emanuela Mattioli <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire de Géologie de Lyon - Terre, Planètes, Environnement (LGL-TPE) – CNRS, ENS Lyon, Université Claude Bernard Lyon 1, Université Jean Monnet Saint-Etienne — 69622 Villeurbanne Cedex, France

<sup>2</sup> Centre de recherches pétrographiques et géochimiques (CRPG) — CNRS, Université de Lorraine — 54501 Vandoeuvre les Nancy Cedex, France

<sup>3</sup> Laboratoire de Glaciologie – Université Libre de Bruxelles — Bruxelles, Belgique

Oceanic carbonate burial is the main carbon sink on geological timescale. Deep-sea records of Early Paleogene hyperthermals, abrupt greenhouse warming events associated with massive releases of carbon into the ocean-atmosphere system, show drastic changes in calcite burial. Such lithological perturbations have largely been attributed to chemically-induced modulation of the deep sea-floor calcite preservation.

Here, we use microfossil (nannofossil abundances; planktonic foraminifera fragmentation) and geochemical evidence (extraterrestrial <sup>3</sup>He; barium flux and ratio) to reconstruct calcareous nannofossil fluxes across ~15 hyperthermals (~57.5-53.5 million years ago) in a north Pacific deep-sea site located above the lysocline. We also reconstructed the nannofossil fluxes during the PETM (Paleocene-Eocene Thermal Maximum) in as south Atlantic and Southern Ocean sites, respectively using previously published <sup>3</sup>He data, to obtain a global picture of the biotic response of planktonic calcifiers in the open ocean.

We find a partial decoupling between seafloor saturation and calcareous nannofossil exportproduction. Repeated 40-99% decreases in nannofossil burial across hyperthermals were primarily driven by warming-induced falls in nannoplankton-derived calcite exported productivity, and secondarily, by changing bottom water chemistry. Our results emphasize shallow-water (< 1000 m) ecosystems and metabolic processes (respiration) as overlooked but key mechanisms in regulating carbon cycle feedbacks on geological timescales. In light of these new findings, we proposed a new model of carbonate accumulation during the hyperthermals.

# Fluctuations de la calotte Antarctique et dynamique des courants océaniques au cours de l'Holocène : apports du Be atmosphérique mesuré dans les sédiments marins en Terre Adélie

Marcelline Péan <sup>1,2</sup>, Yann Rolland <sup>1</sup>, Pierre Valla <sup>2</sup>, Johan Etourneau <sup>3</sup>,  
Xavier Crosta <sup>3</sup>, Regis Braucher <sup>4</sup>

<sup>1</sup> Environnements, Dynamiques et Territoires de la Montagne (EDYTEM) — CNRS, Université Savoie Chambéry, Ministère de la Culture — 73376 Le Bourget du Lac Cedex, France

<sup>2</sup> Institut des Sciences de la Terre (ISTerre)- — CNRS, Université Savoie Chambéry, IRD, Université Grenoble Alpes, Université Gustave Eiffel — 38058 Grenoble Cedex 9, France

<sup>3</sup> Environnement, et Paléoenvironnement Océaniques et Continentaux (EPOC) — CNRS, Université de Bordeaux, Bordeaux INP, EPHE Paris, Université Paris sciences et lettres — 33615 Pessac Cedex, France

<sup>4</sup> Centre de Recherche et d'Enseignement de Géosciences de l'Environnement (CEREGE) — Collège de France, CNRS, IRD, Aix Marseille Université, INRAE — 13545 Aix-en-Provence, France

L'EAIS (East Antarctic Ice Sheet) concentre les plus importants volumes de glace sur Terre et représente le plus haut potentiel de contribution à l'élévation du niveau marin global. Différents proxys environnementaux régionaux permettent d'étudier sa réponse aux fluctuations passées du climat de l'Antarctique et plus généralement du climat mondial. En Terre Adélie, les fluctuations Holocènes de la calotte glaciaire ont été étudiées à l'aide d'enregistrements sédimentaires marins (e.g.  $^{14}\text{C}$ ,  $^{230}\text{Th}$ ,  $\delta^{18}\text{O}$ ) et terrestres ( $^{10}\text{Be}$ ,  $^{26}\text{Al}$  produits in situ) qui parfois manquent de résolution temporelle et spatiale. Peu de travaux se sont intéressés au  $^{10}\text{Be}$  atmosphérique absorbé par les sédiments marins qui peut amener des informations complémentaires sur les oscillations de la calotte glaciaire en lien avec la dynamique des courants océaniques.

Le  $^{10}\text{Be}$  atmosphérique est produit dans l'atmosphère par la rencontre entre les particules énergétiques du rayonnement cosmique primaire et les atomes d'azote et d'oxygène. Il est transporté et déposé à la surface des planchers océaniques par les précipitations. En présence de calotte glaciaire, le  $^{10}\text{Be}$  est préalablement stocké dans la glace avant d'être transporté à l'océan, et se retrouve en excès dans les sédiments marins quand la glace fond. Pour cette raison, les fortes concentrations de  $^{10}\text{Be}$  dans les carottes sédimentaires ont d'abord été interprétées comme correspondant aux épisodes de fonte de glace et donc de retrait de la calotte ou des glaciers émissaires. Cependant, de plus en plus d'études constatent d'importantes concentrations dans des carottes sédimentaires situées plus au large des côtes terrestres, là où la fonte des glaciers n'a pas d'impact sur la présence de  $^{10}\text{Be}$  atmosphérique. D'autres processus physiques sont ainsi invoqués comme des sources potentielles de  $^{10}\text{Be}$  atmosphérique, notamment les courants marins. Les sédiments étant également pourvus de  $^9\text{Be}$  d'origine continentale, le rapport  $^{10}\text{Be}/^9\text{Be}$  permet d'isoler le  $^{10}\text{Be}$  atmosphérique d'origine glaciaire ou océanique.

Nous présentons ici les variations isotopiques dans la phase authigène de la carotte sédimentaire MD03-2601 (66°03.07'S ; 138°33.43'E) prélevée à 746m de profondeur d'eau sur les pentes du plateau continental de la Terre Adélie. Cet enregistrement sédimentaire a déjà été daté et étudié via plusieurs proxys environnementaux ( $^{14}\text{C}$ ,  $^{230}\text{Th}$ s, diatomées, et biomarqueurs) qui nous ont permis d'échantillonner avec une résolution de 200 ans sur l'ensemble de l'Holocène. Nos résultats illustrent une augmentation progressive du rapport  $^{10}\text{Be}/^9\text{Be}$  de 11 ka à environ 6 ka. Cette hausse est perturbée par



une chute du rapport autour de 5,9 ka. Une baisse d'ordre similaire est observée dans la carotte sédimentaire U1357A, prélevée à proximité de MD03-2601 mais plus proche de la côte et des systèmes glaciaires. À partir 4 ka, l'évolution du rapport redevient stable dans la carotte sédimentaire MD03-2601. Plusieurs mécanismes peuvent être à l'origine de ces variations. De 11 ka à 6 ka, l'augmentation du rapport peut s'expliquer par une période de retrait de la calotte glaciaire. En revanche, à partir de 9-8 ka, les fluctuations glaciaires restant limitées, les variations du rapport s'expliquent donc par d'autres processus, notamment les courants océaniques.

# Terrigenous provenance of late Oligocene–Miocene sediments in the central basin of the South China Sea and its implications for chemical weathering and climate change

Wei Shu <sup>1,2</sup>, Liu Zhifei <sup>1</sup>, Christophe Colin <sup>2</sup>, Ma Pengfei <sup>1</sup>, Huang Baoqi <sup>3</sup>, Dapoigny Arnaud <sup>4</sup>

<sup>1</sup> State Key Laboratory of Marine Geology — Shanghai, Chine

<sup>2</sup> Géosciences Paris Saclay (GEOPS) – Université Paris-Saclay, CNRS – Université Paris Saclay, bât. 504 & 510, 91405 Orsay Cedex, France

<sup>3</sup> School of Earth and Space Sciences – Peking University — Beijing, Chine

<sup>4</sup> Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (LSCE) — CEA, CNRS, Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines – Université Paris-Saclay, 91191 Gif-sur-Yvette Cedex, France

The oceanic red beds (ORB) are unique pelagic sediments in the global ocean, providing excellent archives for understanding the chemical weathering and relevant climate change in their source areas. Clay minerals, Nd and Sr isotopes, and major elements of terrigenous components were investigated on the ORB (27.0–10.6 Ma) recovered at International Ocean Discovery Program (IODP) Expedition 367 Site U1499 in the central basin of the South China Sea, to determine the terrigenous provenance and constrain the main factors controlling terrestrial chemical weathering during the late Oligocene–Miocene. The clay mineral assemblage of the ORB is characterized by dominant smectite (52–95%), moderate illite (4–23%), and minor kaolinite (0–19%) and chlorite (0–7%). Nd isotope value ( $\epsilon_{\text{Nd}}$ ) and  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  ratio vary from  $-12.1$  to  $-6.4$  and from 0.7122 to 0.7275, respectively. These results display a three-stage temporal variation pattern with the most significant shift in the sedimentary sources at  $\sim 23$  Ma. Stage I (27.0–23.0 Ma) sediments were mainly derived from Palawan, whereas Stages II (23.0–14.0 Ma) and III (14.0–10.0 Ma) sediments were derived from South China and Luzon. Simple Nd–Sr isotope mixing model result shows the greater terrigenous contribution of South China from Stage II (49–60%) to Stage III (64–80%), consistent with an increase in illite, chlorite, and kaolinite contents. Chemical index of alteration,  $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$  ratio,  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$  ratio, smectite/(illite+chlorite) ratio, and illite crystallinity indicate moderate chemical weathering intensity through the late Oligocene to the Miocene. The weathering was influenced by the lithology of parent rocks in Stage I and primarily by the climatic evolution during Stages II and III. The synchronous reduction of various indicators from the ORB reveals the weakening of terrestrial weathering around the South China Sea at  $\sim 14$  Ma, induced by the global cooling at the Middle Miocene Climate Transition.

# Late Oligocene–Miocene evolution of deep-water circulation in the abyssal South China Sea: insights from Nd isotopes of fossil fish teeth

Wei Shu <sup>1,2</sup>, Christophe Colin <sup>1</sup>, Zhifei Liu <sup>2</sup>, Arnaud Dapoigny <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Géosciences Paris Saclay (GEOPS) – Université Paris-Saclay, CNRS – Université Paris Saclay, bât. 504 & 510, 91405 Orsay Cedex, France

<sup>2</sup> State Key Laboratory of Marine Geology — Shanghai, China

<sup>3</sup> Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (LSCE) — CEA, CNRS, Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines – Université Paris-Saclay, 91191 Gif-sur-Yvette Cedex, France

A long-term neodymium isotope ( $\epsilon\text{Nd}$ ) record of fossil fish teeth was investigated to constrain the evolution of deep-water circulation in the abyssal South China Sea (SCS) during the late Oligocene–Miocene (27–10 Ma). Fish teeth samples were collected from the oceanic red beds at International Ocean Discovery Program Expedition 367 Site U1499 (water depth 3758 m). Seawater  $\epsilon\text{Nd}$  values (from  $-7.1$  to  $-4.8$ , average  $-6.1$ ) prior to 15 Ma indicate that water masses in the abyssal SCS resulted from the mixing of more radiogenic Upper Circumpolar Deep Water (UCDW, average  $-4.5$ ) and less radiogenic Lower Circumpolar Deep Water (LCDW, average  $-6.4$ ). The general decrease in  $\epsilon\text{Nd}$  values was attributed to an increasing influence of the unradiogenic LCDW at the studied site, consistent with the subsidence and the associated deepening of the SCS plain. After 15 Ma, seawater  $\epsilon\text{Nd}$  dropped significantly to a range of  $-8.9$  to  $-6.1$  (average  $-7.5$ ), indicating a slowdown in the hydrological connection between the deep-water masses in the SCS and the western Pacific Ocean. We argue that the formation of the Luzon Strait due to the uplift of the Luzon arc in the late Miocene led to the shallowing and narrowing of the SCS-Pacific channels. Consequently, penetration of LCDW was reduced and water masses in the abyssal SCS would have been less ventilated and strongly influenced by lithogenic input from the unradiogenic sediments of large Asian rivers draining the peri-Himalayan region.

# Orbital hydroclimate variability revealed by grain-size evidence in the tropical Pacific Islands since 140 ka

Xiaojie Tang<sup>1</sup>, Zhaojie Yu<sup>2</sup>, Zhengyao Lu<sup>3</sup>, Christophe Colin<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Géosciences Paris Saclay (GEOPS) – Université Paris-Saclay, CNRS – Université Paris Saclay, bât. 504 & 510, 91405 Orsay Cedex, France

<sup>2</sup> CAS Institute of Oceanology (IOCAS) – Qingdao, Shandong, China

<sup>3</sup> Department of Physical Geography and Ecosystem Science [Lund] – Lund, Suède

The past evolution of precipitation and atmospheric convection in the Western Pacific Warm Pool (WPWP) is critical for global climate changes but is under debate because of its forcing mechanisms. Here, we present a high temporal resolution (~156 years) grain-size record of core MD01–2385 over the last 140 kyr, in offshore northern New Guinea to reveal sediment dynamics as a proxy for precipitation changes. End-member analysis revealed that a two-endmember model was optimal. The end-member 1/end-member 2 (EM1/EM2) ratio could represent the variation in grain size and exhibited significant precessional cycles changes in phase with modelled Niño 3 SST anomaly from a global climate model transient simulation. From these data, we inferred orbital fluctuations in precipitation from tropical western Pacific islands, with general precipitation peaks during the time of perihelion at the boreal autumnal equinox (midpoint from a low to high precession index), corresponding to La Niña-like conditions and vice versa. Comparisons of our new record with published precipitation records showed that orbital precipitation changes in the WPWP are mainly dominated by El Niño-Southern Oscillation-like (ENSO-like) oscillations in the precession band, while the Intertropical Convergence Zone (ITCZ) mainly controls the distribution of precipitation over a larger spatial area.

# Reconstruction of intermediate and deep-water hydrology in the Pacific Ocean since the last glacial period

Xiaojie Tang<sup>1</sup>, Giuseppe Siani<sup>1</sup>, Christophe Colin<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Géosciences Paris Saclay (GEOPS) – Université Paris-Saclay, CNRS – Université Paris Saclay, bât. 504 & 510, 91405 Orsay Cedex, France

The Southern Ocean (SO) is a key area for global climate. It connects the deep water with the surface through upwelling, partly controlled by westerly winds. The deep SO, storing a large amount of carbon during the glacial period and releasing CO<sub>2</sub> during the deglacial period, is critical for the carbon cycle on orbital-millennial timescales.

Ocean circulation and stratification may differ between glacial and interglacial periods. In the Southeast Pacific (SEP), there are some reconstructions of intermediate and deep water, however, on the one hand, the reconstructions are mainly based on carbon isotopes. On the other hand, the available data is not enough to resolve spatial complexity and formation mechanisms of water masses.

Neodymium (Nd) isotopes in water mass is dominated by the crustal sources, which is spatially heterogeneous, enabling its wide application as water mass tracers.

Here, we try to investigate the hydrological changes and the geometrical variations at intermediate to bottom depth (~1,500 to ~3,500 m) in the SEP since the late glacial (~50 kyr) by Nd isotopes (<sup>144</sup>Nd/<sup>143</sup>Nd), which is firstly used in the SEP.

Five cores along the south Chilean margin have been selected, core MD07-3100 (41°36'S; 74°57'W; 1609 m depth), core MD07-3098 (40°55'S; 75°01'W; 3030 m depth), core MD07-3119 (46°05'S;

76°06'W; 2523 m depth), core MD07-3081 (49°25'S; 76°58'W; 1620 m depth) and core MD07-3088 (46°06'S; 75°41'W, 1536 m depth). They are located within the boundary of PDW or the transition between PDW and CDW. Additionally, to better constrain the evolution of deep and intermediate water, three cores located in the South West Pacific and Indo-Pacific region were additionally added. For the core in the SWP, it's also located in the transition between Pacific deep water and circumpolar deep water. For the cores in the Indo-Pacific region, one core is located in the upper circumpolar deep water; the other core is located in the outflow of Indonesian through flow. Up to now, 85 samples in 4 cores have been processed.

# The Origin of Ferruginous Concretions on the Sunda Shelf and Its Environment Implications

Kaikai Wu<sup>1</sup>, Xuefa Shi<sup>1</sup>, Shengfa Liu<sup>1</sup>, Franck Bassinot<sup>2</sup>, Christophe Colin<sup>3</sup>, Hui Zhang<sup>1</sup>, Che Abd. Rahim Mohamed<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Key Laboratory of Marine Geology and Metallogeny, First Institute of Oceanography — Ministry of Natural Resources  
Qingdao, China

<sup>2</sup> Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (LSCE) — CEA, CNRS, Université de Versailles Saint-  
Quentin-en-Yvelines – Université Paris-Saclay, 91191 Gif-sur-Yvette Cedex, France

<sup>3</sup> Géosciences Paris Saclay (GEOPS) – Université Paris-Saclay, CNRS – Université Paris Saclay, bât. 504 & 510, 91405  
Orsay Cedex, France

<sup>4</sup> Faculty of Science and Technology — National University of Malaysia — Selangor, Malaisie

Marine concretions hold important resource, climatic, and environmental significance. A large number of studies have focused on continental and deep-sea Fe/Mn concretions. However, the genesis of ferruginous concretions on the continental shelf remains unclear. In this study, we present the radiocarbon ages (AMS <sup>14</sup>C), elemental compositions, and mineral compositions of ferruginous concretions obtained from a gravity core on the central Sunda Shelf. The results indicate that the formation age of ferruginous concretions ranges from 10.5 to 7.5 cal ka BP from the bottom to the top. The predominant mineral identified in these concretions is goethite, which cements clay and other minerals in colloidal form. Notably, Fe, Si, and Al display distinct ring-band rhythmic variations. Our study suggests that ferruginous concretions are formed in subaerial and hydrogenetic environments, with a weathered stiff clay layer serving as the main stratum for concretion development. During periods of low sea levels (Before 10.5 cal ka BP), paleochannels likely provide fluctuating wet and dry conditions for the formation of light and dark concentric layers within ferruginous concretions. Between 10.5 and 7.5 cal ka BP, the Sunda Shelf experienced gradual inundation, leading to the partial transport of concretions from nearby channels. Subsequently, after 7.5 cal ka BP, the paleochannels became completely submerged, halting the formation of ferruginous concretions on the Sunda Shelf. Meanwhile, ferruginous concretions on the seafloor became mixed with sediments and marine organisms due to hydrodynamic sorting. The presence of ferruginous concretions can serve as indicators of paleochannel locations, aiding in the reconstruction of paleo-channel systems during periods of low sea level on the shallow continental shelf.