

Programme de la Journée
SGF –AFEQ–CNF INQUA
du 7 décembre 2015

SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE FRANCE
Société savante fondée le 17 mars 1830
Reconnue d'utilité publique le 3 avril 1832

Réunion spécialisée de la SGF

Holocène :
Quels forçages,
quelles réponses ?

07 décembre 2015 de 09 h à 17 h

Salle Van Straelen
77 rue Claude Bernard
75005 Paris

AFEQ
CNF INQUA



Holocène : quels forçages, quelles réponses ?

L'Holocène est la période chaude qui recouvre les derniers dix mille ans. La stabilité relative du climat durant l'Holocène en fait la période idéale pour tester notre compréhension du climat actuel. En effet, l'Holocène a vu une diminution de l'insolation aux hautes latitudes, qui contribue au refroidissement de ces régions, mais aussi une augmentation des gaz à effet de serre, qui, au contraire réchauffe la surface. L'équilibre entre ces deux forçages n'est pas évident, et tandis que les données paléo-climatologiques suggèrent un refroidissement, les modèles sont plus sensibles au forçage des gaz à effet de serre, et prédisent un réchauffement.

Pour explorer cette apparente contradiction, nous invitons les spécialistes de la reconstruction du climat, des forçages, et de la modélisation à se rassembler pour discuter des grandes tendances du climat durant l'Holocène, et identifier le lien entre forçage et réponse climatique. L'Holocène correspond également à une période particulière de l'histoire de l'homme. Comment les premières sociétés ont-elles été affectées par les variations du climat au cours de l'Holocène ? Pour apporter des éléments de réponse, nous convions également archéologues et historiens à venir échanger avec les climatologues.

Matinée : Reconstructions climatiques et interactions homme-climat

PRESENTATIONS ORALES

- 9h30 : **Xavier [Crosta](#)**, Forçage de la variabilité climatique holocène à différentes échelles de temps4
- 10h00 : **Emilie [Dassié](#)**, Reconstructions des variations climatiques dans l’Océan Pacifique tropical à partir des coraux5
- 10h30 : **David [Kaniewski](#)**, Le climat, moteur de l’évolution des sociétés ?6

SESSION POSTER (11h15-12h00)

- Eric [Armynot du Châtelet](#)**, Reconstitution du remplissage sédimentaire de la vallée de la Loire à Nantes : approche multiproxys7
- Raphaël [Certain](#) & Jean-Paul [Barusseau](#)**, Variations du niveau marin, apports et remaniements dans la plaine littorale du Banc d’Arguin (Mauritanie) au Néholocène8
- Aliénor [Lavergne](#)**, La composition isotopique de l’oxygène et du carbone de la cellulose des arbres patagoniens peut-elle être utilisée pour reconstituer les variations climatiques du dernier millénaire?9
- Marie [Nicolle](#)**, La haute résolution temporelle des enregistrements climatiques permet-elle une meilleure caractérisation de la variabilité de signaux ? Exemple de la zone subarctique-Atlantique10
- Philippe [Sorrel](#)**, Ayn-al-Zarqa : une archive paléoclimatique au Proche-Orient (Marges Arides, Syrie du Nord) à l’Holocène terminal11

Après-midi : Forçages et modèles

PRESENTATIONS ORALES

- 13h30 : **Mélanie [Baroni](#)**, Indicateurs de l’activité solaire au cours de l’Holocène : apports et limites pour les reconstructions climatiques13
- 14h00 : **Pascale [Braconnot](#)**, L’Holocène vu par les modèles couplés, résultats de PMIP314
- 14h30 : **Abdelfettah [Sifeddine](#)**, L’Holocène en Amérique du Sud.15

SESSION POSTER (15h15-16h00)

- Isabelle [Couchoud](#)**, Reconstruction des paléoprécipitations sur les îles Australes (Pacifique central) au cours des derniers millénaires à partir de spéléothèmes : résultats préliminaires.....16
- Dorine [Montout](#)**, Le passé géologique outil pour les prédictions ? Le cas des analogues naturels17
- Pierre [Sabatier](#)**, Reconstitution à haute résolution des apports de poussière saharienne en Europe du Sud au cours des derniers 3000 ans : influence des forçages atmosphériques18
- Marie-Agnès [Courty](#)**, Manifestations régionales violentes à 4000 ans BP révélant l’interaction des plasmas atmosphérique et des aérosols carbonés sur le forçage climatique.....19

Forçage de la variabilité climatique holocène des zones polaires à différentes échelles de temps

**Xavier CROSTA^{1,*}, Didier SWINGEDOUW¹, Jacques GIRAUDEAU¹, Loïc BARBARA^{1,2},
Philippine CAMPAGNE¹, Julien CRESPIN¹, Johan ETOURNEAU³, Guillaume MASSÉ^{3,4}**

¹ UMR 5805 EPOC, U. Bordeaux, Talence, France

² Instituto de Geofísica, UNAM, Mexico, Mexique

³ UMR 7159 LOCEAN, UPMC, Paris, France

⁴ UMI Takuvik, U. Laval, Québec, Canada

*x.crosta@epoc.u-bordeaux1.fr

Les régions polaires sont particulièrement sensibles au réchauffement climatique. Cependant, la courte durée temporelle des mesures instrumentales limite fortement notre compréhension de la réponse climatique aux forçages naturels et anthropiques. Il apparaît donc essentiel de documenter la variabilité naturelle de la machine climatique sur des périodes plus longues. La période Holocène (derniers ~11 500 ans) et, plus particulièrement, le dernier millénaire sur lequel le réchauffement récent a pris naissance, représente ainsi des périodes clés. Au cours de cette présentation, nous synthétiserons les informations de la littérature et de nos propres recherches pour illustrer la variabilité climatique holocène des zones polaires à différentes échelles de temps et sa réponse aux forçages externes sur cette période.

Les températures atmosphériques et océaniques des hautes latitudes nord et sud montrent globalement un refroidissement depuis l'Holocène Moyen (il y a ~6000 ans) jusqu'à l'Holocène Tardif, refroidissement sur lequel des variations à différentes échelles de temps apparaissent. La tendance pluri-millénaire répond essentiellement aux changements orbitaux de l'insolation alors que la variabilité millénaire semble liée à la variabilité interne ou forcée de la circulation océanique. La variabilité décennale à pluri-séculaire, quant à elle, a souvent été expliquée par la constante solaire. Cependant, aucune corrélation directe et stationnaire n'a pu être observée entre les enregistrements paléoclimatiques et la constante solaire. Une autre hypothèse met en avant la variabilité interne, de type ENSO-like, et les téléconnexions entre les basses et les hautes latitudes. Enfin, de récentes études ont démontré l'importance du forçage volcanique pour expliquer la chute des températures au cours du dernier millénaire, avec comme paroxysme le Petit Age Glaciaire. Cependant, le rôle du volcanisme, encore largement inconnu pour les périodes antérieures au dernier millénaire, aurait pu être différent suivant les conditions moyennes. Aux plus courtes échelles de temps, la variabilité climatique liée aux grands modes (NAO, SAM, ENSO) et aux forçages externes de type solaire ou volcanique devient dominante. Leurs interactions avec la variabilité climatique à plus basse fréquence sont cependant largement inconnues.

Il apparaît donc que l'on a encore du mal à répondre à la question : quels forçages pour quelles réponses, principalement à cause du manque d'études données/modèles couplant les différentes échelles de temps.

Reconstruction des variations climatiques dans l'Océan Pacifique tropical à partir des coraux.

Emilie DASSIÉ^{1,*}

¹Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement, CEA, Saclay

* e.dassie@gmail.com

La Zone de Convergence du Pacifique Sud (SPCZ) est une zone de grand intérêt particulièrement en raison de son influence sur les pluies tropicales ainsi que sur l'export d'humidité des tropiques aux hautes latitudes. Etudier l'amplitude ainsi que les variations périodiques de cette zone de convergence, aux échelles interannuelles à inter-décennales est une nécessité pressante particulièrement pour la gestion des catastrophes naturelles. De plus, une meilleure compréhension de la dynamique interne de cette zone de convergence permettra l'amélioration des modèles de prédictions. À l'extrémité Sud Est de la SPCZ se trouve un front de salinité qui suit les mouvements de cette zone de convergence. De ce fait, la reconstruction du front de salinité peut être utilisée pour reconstruire les variations spatiales et temporelles de la SPCZ.

Nous avons à notre disposition un unique réseau de données coralliennes de la région Fidjienne, région située sur le passage de ce front de salinité. Ce réseau est composé de cinq séries mensuelles de $\delta^{18}\text{O}$ corallien. Les variations interannuelles (I – de 2 à 9 ans) et décennales à inter-décennales (D/I de 10 à 50 ans) du composite corallien ont été extraites et comparé à différents enregistrements coralliens du Pacifique ainsi qu'à des indices climatiques. Les similitudes entre le composite corallien et les différents enregistrements soutiennent le fait que le composite corallien reflète les variabilités climatiques régionales et qu'il peut être utilisé pour prolonger les indices climatiques plus loin dans le temps.

De plus, de la fin du 18^{ème} siècle au milieu du 19^{ème}, l'amplitude du signal D/I domine le composite corallien alors que le signal I est relativement faible. Vers 1895, cette tendance s'inverse et nous observons une augmentation progressive de la variance du signal I vers le présent et une diminution drastique du signal D/I qui perd plus de 50% de son amplitude. Ce changement n'a pas d'égale durant les 250 années reconstruites et correspond peut être à une réorganisation climatique du Pacifique.

Le climat, moteur de l'évolution des sociétés ?

(Is the climate a trigger of societal evolution?)

David KANIEWSKI^{1,2,3}

¹Université Paul Sabatier-Toulouse 3, EcoLab (Laboratoire d'Ecologie Fonctionnelle et Environnement), Bâtiment 4R1, 118 Route de Narbonne, 31062 Toulouse cedex 9, France

²CNRS, EcoLab (Laboratoire d'Ecologie Fonctionnelle et Environnement), 31062 Toulouse cedex 9, France

³Institut Universitaire de France, 103 boulevard Saint Michel, 75005 Paris, France

One of the goals of climate scientists is to understand how climate shifts may have changed the course of History and influenced culture at millennial timescales. While the hypothesis of a climatic influence on the evolution of societies is not a new concept and can be traced back to Montesquieu who mentions in *l'Esprit des lois* (1748) that “*the first of all empires is the empire of climate*” (Book XIX), this idea was recently revived by the historian F. Locher (EHES-*CRH*) who suggested that “*historical crises rarely have a single cause. Climate plays a role when climatic hazards meet social vulnerability*”. This concept rests on the notion of a threshold in which climatic hazards become risks and can potentially impact the socio-economic stability of a region (at different temporal and spatial scales), depending on the population's response capacity, social structure and agro-innovations.

While severe climate changes have frequently occurred during the last 11,500 years in the Mediterranean and Western Asia, with uncertain overall effects, two periods of increasing aridity, termed the 4.2 and 3.2 kyr BP events, lie at the heart of the controversy, fueling fierce debates on the potential causal link between climate shifts and societal upheavals. Although the 4.2 kyr BP event is probably the most studied case, the 3.2 kyr BP event may represent the last record of climate pressures having supplanted the societal responses, leading to profound social changes. Drought seems to have hastened the fall of the Old World by sparking famine, invasions and conflicts, leading to the political, economic and cultural chaos termed “Late Bronze Age collapse”, in whose wake, new societies and new ideologies were created.

This example suggests that climate shifts may have been, during historical times, a forcing agent at the origin of socio-economic decline, leading to a profound societal evolution. It may also serve as a warning, particularly in the context of the present climate change.

Related references

Kaniewski D., Paulissen E., Van Campo E., Al-Maqdissi M., Bretschneider J. & Van Lerberghe K. 2008. Middle East coastal ecosystem response to middle-to-late Holocene abrupt climate changes. *P. Natl. Acad. Sci. USA* 105, 13941-13946

Kaniewski D., Paulissen E., Van Campo E., Weiss H., Otto T., Bretschneider J. & Van Lerberghe K. 2010. Late Second-Early First Millennium BC abrupt climate changes in coastal Syria and their possible significance for the history of the Eastern Mediterranean. *Quaternary Res.* 74, 207-215

Kaniewski D., Van Campo E. & Weiss H. 2012. Drought is a recurring challenge in the Middle East. *P. Natl. Acad. Sci. USA* 109, 3862-3867

Kaniewski D., Van Campo E., Guiot J., LeBurel S., Otto T. & Baeteman C. 2013. Environmental roots of the Late Bronze Age crisis. *PLoS ONE* 8(8), e71004, doi:10.1371

Kaniewski D., Guiot J. & Van Campo E. 2015. Drought led to societal collapse, 3200 years ago: a review. *WIREs Climate Change* 6, 369-382

Guiot J. & Kaniewski D. 2015. The Mediterranean Basin and Southern Europe in a warmer world: what can we learn from the past? *Frontiers in Earth Science* 3, 28. doi: 10.3389/feart.2015.00028

Reconstitution du remplissage sédimentaire de la vallée de la Loire à Nantes : approche multiproxys.

**Éric ARMYNOT DU CHÂTELET^{1,*}, Viviane BOUT-ROUMAZEILLES¹, Axelle GANNE²,
Évelyne GOUBERT³, Chantal LEROYER², Valérie LE CADRE³, Rémy ARTHUIS²**

1- UMR LOG 8187 : Laboratoire d'Océanologie et Géosciences, Université de Lille, Université du Littoral, eric.armynot@univ-lille1.fr, viviane.bout@univ-lille1.fr

2- UMR CReAAH 6566 et INRAP, Université de Rennes, Université de Nantes, chantal.leroyer@univ-rennes1.fr, axelle.ganne@gmail.com, remy.arthuis@inrap.fr

3- UMR GMGL 6538 : Géosciences Marines et Géomorphologie du Littoral, evelyne.goubert@univ-ubs.fr, valerie.le-cadre@univ-ubs.fr

L'objectif de l'étude est de proposer une reconstitution des paléoenvironnements qui se sont succédés depuis environ 10 000 ans dans la vallée de la Loire à Nantes. L'étude pluridisciplinaire (données sédimentologiques, minéralogiques (argiles), micropaléontologiques : foraminifères, thécamœbiens, dinokystes et végétales (pollens)) de carottages, au carrefour des influences marines et fluviales, permet de reconstituer les évolutions des environnements aussi bien continentaux que marins à des échelles locales et régionales dans un contexte de remontée du niveau marin.

Les observations permettent de mettre en évidence la succession d'un cortège sédimentaire de bas niveau marin constitué de sédiments grossiers pauvres en faune, suivi entre 10 000 et 4500 BP d'un cortège transgressif structuré en plusieurs phases, contrôlées successivement par les influences des différents bassins versants et de l'océan. Les assemblages faunistiques passent progressivement d'un environnement estuarien, dans un sédiment laminé, à un environnement marin. La minéralogie des argiles indique une augmentation des apports de la Sèvre Nantaise. Puis un prisme de haut niveau est caractérisé par des dépôts sableux continentaux entaillés de chenaux qui migrent rapidement. Les dépôts des berges se stabilisent entre 3000 et 1000 ans BP avec, pas à pas, l'influence de plus en plus prégnante des aménagements humains révélés notamment par les études historiques et archéologiques du paysage, ainsi que par les analyses polliniques, qui révèlent une ouverture marquée du paysage dès 2500 cal BP. Une faune typique de thécamœbiens atteste de la continentalisation du milieu.

Variations du niveau marin, apports et remaniements dans la plaine littorale du Banc d'Arguin (Mauritanie) au Néholocène.

Jean-Paul BARUSSEAU^{1,*}, Abdoul DIA², Raphaël CERTAIN¹, Nicolas ALEMAN¹, Robert VERNET³, Nicolas ROBIN¹, et Olivier RAYNAL¹

¹Centre de Formation et de recherche sur les environnements Méditerranéens, UMR5110 Université de Perpignan-CNRS, France

²Institut Mauritanien de recherche Océanographique et des Pêches, Nouadhibou, Mauritanie

³Institut Mauritanien de recherche Scientifique, Nouakchott, Mauritanie

* brs@univ-perp.fr, certain@univ-perp.fr

La plaine littorale du Banc d'Arguin (Mauritanie) présente un ensemble d'unités sédimentaires sableuses s'étendant sur un linéaire de près de 250 km et sur une largeur pouvant atteindre 11 km. Elles sont constituées de barres sableuses littorales d'origine variée (flèches sédimentaires, cordons littoraux, *beach ridges*, barres d'embouchure, tombolos), de faible hauteur, ennoyées dans de larges sand-flats. Une des collections les plus vastes au monde d'amas coquilliers néolithiques les recouvrent, qui a permis la préservation des structures sédimentaires au cours du fini-Holocène. Avec un ensemble de 273 dates radiocarbone, la succession des paléorivages progradants formés au cours du Néholocène, après le maximum de la transgression, a pu être reconstituée sur l'ensemble de la plaine littorale. Cinq périodes de construction sont définies (en ans cal BP): le Nouakchottien (6600-5500 BP), le Néholocène ancien (5300-4000 BP), le Méso-Néholocène (3700-2700 BP), le Néholocène récent (2400-1400 BP) et le Néholocène moderne (900-0). Comparé à d'autres environnements similaires, le rythme de cet accroissement est mis en perspective avec le rôle des apports éoliens et fluviaux et celui des remaniements marins. En conclusion (1) la stabilité du niveau marin depuis 6 ka est démontrée dans la région et constitue un forçage majeur, (2) cette particularité conduit à réévaluer les hypothèses sur la poursuite de la fusion glaciaire pendant l'épisode.

La composition isotopique de l'oxygène et du carbone de la cellulose des arbres patagoniens peut-elle être utilisée pour reconstituer les variations climatiques du dernier millénaire?

**Aliénor LAVERGNE¹, Valérie DAUX¹, Ricardo VILLALBA², Michel STIEVENARD¹,
Monique PIERRE¹ et Ana Marina SRUR²**

¹ Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement, Gif-sur-Yvette

² IANIGLA-CONICET (Mendoza, Argentine).

* alienor.lavergne@lsce.ipsl.fr

Mots clés : cernes d'arbre, paléoclimat, Patagonie, isotopes stables de la cellulose

L'Hémisphère Sud (HS), et plus précisément le sud de l'Amérique du Sud, sont sous-représentés dans les reconstitutions climatiques globales, du fait d'un manque de données paléoclimatiques robustes. Pourtant de tels enregistrements permettraient de mieux comprendre les variations climatiques passées dans l'HS et de documenter les téléconnexions tropiques/extratropiques. Ici nous étudions les enregistrements isotopiques des cernes d'arbre de deux espèces natives du nord de la Patagonie (*Fitzroya cupressoides* et *Nothofagus pumilio*) afin de déterminer leur potentiel comme traceur paléoclimatique. Cinq chronologies de la composition isotopique de l'oxygène ($\delta^{18}\text{O}$) et du carbone ($\delta^{13}\text{C}$) de la cellulose de ces arbres ont été développées avec une résolution annuelle pour l'étude de calibration. Au cours de leurs 60 années communes, les chronologies de $\delta^{18}\text{O}$ et $\delta^{13}\text{C}$ montrent un fort signal commun indiqué par les inter-corrélations significatives entre les deux espèces ($r = 0.61$ pour $\delta^{18}\text{O}$ et $r = 0.67$ pour $\delta^{13}\text{C}$, $p < 0.05$) et le fort pourcentage de la variance totale expliqué par le 1^{er} composant principal (65% pour $\delta^{18}\text{O}$ et 51% pour $\delta^{13}\text{C}$). Nos résultats montrent que le $\delta^{18}\text{O}$ de la cellulose de *N. pumilio* peut être utilisé comme traceur des variations de température entre Décembre et Mai ($r = 0.57$, $p < 0.05$). Le $\delta^{13}\text{C}$ de la cellulose de *N. pumilio* et de *F. cupressoides* enregistre les variations de température de l'été austral (Décembre à Février ; $r = 0.69$ et $r = 0.78$, $p < 0.05$, resp.). Les chronologies de $\delta^{18}\text{O}$ et $\delta^{13}\text{C}$ possèdent un signal régional des températures représentatif d'une large région au sud de 38°S, sous l'influence de l'Oscillation Antarctique. Cette étude indique que le $\delta^{18}\text{O}$ et $\delta^{13}\text{C}$ de *N. pumilio* et *F. cupressoides* sont des proxies prometteurs pour reconstruire non seulement les températures locales et régionales au sud de l'Amérique du Sud, mais aussi indirectement les variations de l'Oscillation Antarctique. Compte tenu de la longévité de *F. cupressoides* (plus de 3600 ans), cette espèce est largement la plus intéressante pour tracer ces variations sur les derniers millénaires. Une chronologie longue du $\delta^{13}\text{C}$ de *F. cupressoides* est en cours d'analyse.

La haute résolution temporelle des enregistrements climatiques permet-elle une meilleure caractérisation de la variabilité de signaux ? Exemple de la zone subarctique-Atlantique.

Marie NICOLLE^{1,*}, Maxime DEBRET¹, Nicolas MASSEI¹, Anne HORMES²

1 Université de Rouen, Département de Géosciences, 76821 Mont-Saint-Aignan, France – marie.nicolle@etu.univ-rouen.fr

2 Université de Gothenburg, Département des Sciences de la Terre, Suède

* marie.nicolle2@univ-rouen.fr

La sensibilité des proxies au système climatique, les processus d'archivages, les biais analytiques et induits par les modèles d'âge sont des facteurs complexifiant et modifiant le signal climatique enregistré dans les archives. Ce signal bruité est un défi pour les paléoclimatologues cherchant à déterminer les forçages naturels (e.g. solaire, volcanique, influence du système atmosphérique/océanique...) et anthropiques à l'origine de la variabilité climatique passée. Le traitement du signal (transformée de Fourier et analyse en ondelettes continue) est une méthode permettant de faire la distinction entre le bruit et le signal climatique enregistré par les proxies. Les résultats présentés sur les derniers 2000 ans dans la zone subarctique (secteur Atlantique nord) sont issus de l'analyse de la base de données Arctic2k d'archives à haute résolution [1]. Les spectres en ondelettes individuels des enregistrements montrent des signaux dominés par les hautes fréquences dus à la résolution annuelle. Or le rapport signal/bruit visible au travers de l'analyse de l'enregistrement moyen montre un signal majoritairement dominé par la présence de variabilité basses fréquences (pluri-décennales à pluri-centennales). La haute résolution (annuelle) caractéristique des enregistrements de la base de données semble ainsi atténuer, voir masquer, le signal climatique s'exprimant à des échelles de fréquences plus basses.

1 - McKay, N. P. and Kaufman, D. S. (2014) An extended Arctic proxy temperature database for the past 2,000 years. *Sci. Data* 1:140026 doi: 10.1038/sdata.2014.26

Ayn-al-Zarqa : une archive paléoclimatique au Proche-Orient (Marges Arides, Syrie du Nord) à l'Holocène terminal

Philippe SORREL¹, Jacqueline ARGANT², Franck BRAEMER³, Bernard GEYER⁴, Henri-Georges NATON⁵, Karen SERIEYSSOL⁶, Pascal VERDIN³

1 Lyon 1 Claude Bernard University, LGLTPE, UMR 5276 CNRS, 69622 Villeurbanne, France.

2 Aix-Marseille University, CNRS, MCC, LAMPEA UMR 7269, 13094 Aix-en-Provence, France

3 Nice Sophia Antipolis University, CEPAM, UMR 7264 CNRS, Nice, France

4 Lyon 2 Lumière University, Archéorient UMR 5133 CNRS, Maison de l'Orient et de la Méditerranée, France

5 GeoArcheon, Viéville-sous-les-Côtes, France

6 Jean Monnet University, EVS-ISTHME UMR CNRS 5600, St-Etienne, France

* philippe.sorrel@univ-lyon1.fr

En Syrie du Nord, à l'est du Croissant Fertile s'étend une zone semi-désertique où l'homme exploite le milieu naturel, le transforme, s'y adapte depuis près de 10 000 ans. Il y est confronté à des contraintes fortes, dont l'aridité. Parmi les sources actives certaines sont de type artésien : l'eau infiltrée dans les massifs calcaires circule dans un karst profond et, fortement minéralisée, remonte sous pression par un réseau de failles jusqu'à la surface en formant des plateformes gypseuses. 'Ayn-al-Zarqa', la plus vaste, présente plusieurs tertres au centre desquels se trouve une vasque en eau. Des sédiments limono-sableux riches en débris végétaux y ont été déposés, constituant de fait une archive sédimentaire remarquable, et unique, pour l'étude de la dynamique environnementale au Proche-Orient, là où si peu d'archives à haute-résolution sont disponibles pour la période de l'Holocène terminal.

Une carotte de 10.08 m a été prélevée et analysée à l'aide d'une approche multi-paramétrique (ou *multi-proxy*) couplant datations au ¹⁴C, sédimentologie de faciès, palynologie, diatomées et phytolithes. L'étude microfaciès (en cours) montre une sédimentation continue et la présence de sédiments laminés sur toute la longueur de la carotte (en particulier pour la partie basale). L'environnement apparaît régulièrement steppique, mais de faibles variations de l'humidité sont perceptibles, confirmées par l'étude des diatomées et des phytolithes. Aucune influence anthropique majeure n'a été décelée dans cet enregistrement. L'analyse pollinique conduite sur cette carotte (135 échantillons ; résolution temporelle: 30-40 ans) a ainsi permis d'obtenir un enregistrement à haute-résolution de la variabilité climatique en Syrie du Nord entre 600 et 1600-1700 AD, couvrant donc la fin de l'époque byzantine et la période islamique jusqu'au *Petit Age Glaciaire*.

Les résultats montrent une forte prédominance des taxons steppiques entre ca. 600 et 900 AD, suggérant une aridité prononcée à cette période dans la région d'Ayn-al-Zarqa'. En revanche, l'entrée dans l'*Optimum Climatique Médiéval* (autour de 900 AD) est marquée par une augmentation rapide, et nette, de l'humidité régionale jusqu'à environ 1100 AD. La période 1100-1350 AD est caractérisée par un retour vers des conditions d'aridité plus marquées, entrecoupées de phases d'augmentation d'humidité à court terme, et une variabilité à haute fréquence renforcée entre ca. 1350 et 1500 AD (début du *Petit Age Glaciaire*). La période 1500-

1700 AD se caractérise par des conditions d'aridité minimales, et le développement d'une zone marécageuse franche, riche en charophytes et autres taxons aquatiques (*Typha*, *Sparganium*).

Le tertre de source d'Ayn-al-Zarqa constitue ainsi une archive prometteuse pour l'étude de la dynamique environnementale en contexte semi-désertique, ouvrant de nouveaux horizons pour (i) l'étude de la variabilité climatique au Proche Orient au cours des 2000 dernières années et (ii) une meilleure compréhension des interactions Homme-Environnement-Climat dans les Marges arides de Syrie.

Indicateurs de l'activité solaire au cours de l'Holocène : apports et limites pour les reconstructions climatiques

Mélanie BARONI¹, Edouard BARD¹, ASTER TEAM¹

¹Aix-Marseille Université, CNRS, IRD, CEREGE UM34, 13545 Aix en Provence, France

Le forçage solaire est l'un des principaux forçages climatiques naturels avec les gaz à effet de serre, l'insolation ou le forçage volcanique. Les informations recueillies sur la variation du forçage solaire dans le passé et jusqu'à aujourd'hui, peuvent être utilisées dans les modèles climatiques et ainsi permettre de mieux contraindre la part du changement climatique actuel d'origine naturelle et celle d'origine anthropique.

Il existe différents indicateurs de l'activité solaire telles que les valeurs d'irradiance mesurées par satellite depuis 30 ans, les taches solaires observées à la surface du Soleil depuis le début du 17^{ème} siècle mais pour les époques plus lointaines, seuls les isotopes cosmogéniques tels que le carbone-14 (¹⁴C) ou le béryllium-10 (¹⁰Be), peuvent fournir des indications sur l'activité solaire passée.

La plupart de ces indicateurs sont indirects et présentent des limites : le nombre de taches solaires ne peut pas être inférieur à zéro, pourtant les valeurs d'irradiance associées peuvent continuer de varier. Le ¹⁴C entre dans le cycle du carbone avant d'être enregistré dans les cernes d'arbres, le signal solaire est donc très atténué si on le compare à celui observé dans les enregistrements glaciaires du ¹⁰Be mais ce dernier est influencé par la circulation atmosphérique. Ces paramètres doivent être pris en compte avant de proposer une reconstruction de l'activité solaire.

Les limites et possibilités de ces indicateurs seront présentées afin de discuter de la variation de l'activité solaire au cours de l'Holocène.

L'Holocène vu par les modèles couplés : résultats de PMIP3

Pascale BRACONNOT¹

¹Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement, unité mixte CEA-CNRS-UVSQ, orme des Merisiers, bât 712, 91191 Gif sur Yvette

L'un des aspects les plus marquants de l'Holocène concerne les changements d'hydrologie liés aux moussons ou à la variabilité du phénomène El Niño dans les régions tropicales. Les résultats du Paleoclimate Modeling Intercomparison Project (PMIP) indiquent à la fois une sous-estimation de l'amplification des moussons en Afrique et en Asie et de la réduction de l'amplitude des événements El Niño. Ces résultats suggèrent que les rétroactions liées à la végétation ne sont pas encore représentées de façon optimale dans les modèles et que les biais liés à la représentation du cycle annuel moyen doivent être pris en compte dans les comparaisons modèles données. Un accent sera également mis sur le phénomène El Niño, son rôle dans l'énergétique de la planète et les changements de teleconnexions associées.

L'Holocène En Amérique du Sud.

Abdelfettah SIFEDDINE^{1,*}

¹ Laboratoire D'océanographie et du climat : Expérimentations et Approches Numériques. Unité de Recherche Mixte IRD, CNRS, MNHN, UPMC. Centre IRD France Nord. Bondy-France

* abdel.sifeddine@ird.fr

En Amérique du Sud, les différentes études publiées à ce jour ont montré que l'Holocène moyen était caractérisé par une forte variabilité climatique bien marquée par l'existence d'un climat plus sec que le climat actuel. Cette hypothèse se base notamment sur le bas niveau du lac Titicaca, sur les fortes teneurs en poussières contenues dans les carottes de glace du Sajama, sur les paléoincendies amazoniens, sur l'ouverture de la végétation en Amazonie et dans le Sudeste brésilien. Au moins en partie, ces phases de climat sec peuvent être associées à la faible insolation qui existait durant cette période. Cependant, l'étude des paleo-incendies à Carajas a montré que cette période sèche était, en réalité, composée de plusieurs événements secs pluri-annuels intercalés avec des phases humides. En plus de ces événements, de récentes études ont montré que l'Holocène a été marqué aussi, dans ce continent, par une forte variabilité millénaire de la mousson sud américaine synchrone avec les événements «Bond » de l'Atlantique Nord.

Reconstruction des paléoprécipitations sur les îles Australes (Pacifique central) au cours des derniers millénaires à partir de spéléothèmes : résultats préliminaires

Isabelle COUCHOUD^{1,2,*}, Russell DRYSDALE^{2,1}, John HELLSTROM³, Quan HUA⁴, Christoph SPÖTL⁵, Samuel ETIENNE⁶

¹ EDYTEM, UMR5204 CNRS-Université de Savoie, Le Bourget du Lac, France

² School of Geography, University of Melbourne, Australia

³ School of Earth Sciences, University of Melbourne, Australia

⁴ Institute for Environmental Research (IER), Australian Nuclear Science and Technology Organisation, NSW, Australia

⁵ Institut für Geologie und Paläontologie, Universität Innsbruck, Austria

⁶ EPHE - CNRS UMR Prodig, Laboratoire de Géomorphologie et Environnement Littoral, Dinard, France

* isabelle.couchoud@univ-savoie.fr

La Zone de Convergence du Pacifique Sud (SPCZ) est une caractéristique majeure du bassin Pacifique Sud. Sa position et son intensité fluctuent de manière saisonnière et à des échelles interannuelles et décennales sous l'influence d'ENSO et de l'IPO, conduisant à des changements de température et de précipitations dans la région. L'association entre orientation zonale de la SPCZ et cyclogenèse dans le Pacifique central a été démontrée et induit de sérieux aléas pour les îles et populations de Polynésie française.

La reconstruction des positions et intensités passées de la SPCZ pour la période pré-industrielle pourrait aider à comprendre sa dynamique et améliorer les modèles visant à prévoir son évolution dans un contexte de changement climatique global. Toutefois les archives climatiques de la zone tropicale du Pacifique Sud et du Pacifique central sont rares.

Pour contribuer à combler cette lacune, nous avons collecté des spéléothèmes provenant de l'atoll soulevé de Rurutu, dans l'archipel des Australes (Polynésie française), dans la partie orientale de la SPCZ. Nous présentons ici des résultats préliminaires d'analyse du $\delta^{18}\text{O}$ de ces spéléothèmes, interprétés en terme de paléohydrologie. Leurs enregistrements couvrent les derniers millénaires et sont calés chronologiquement par une combinaison de datations uranium-thorium et radiocarbone.

Le passé géologique outil pour les prédictions ? Le cas des analogues naturels

Dorine MONTOUT^{1,*}

¹ Laboratoire CETCOPRA, UFR Philosophie, Paris 1 Panthéon-Sorbonne

* dorine.montout@free.fr

Dans le cadre d'une thèse, le CETCOPRA s'intéresse à des projets impliquant des analogues naturels : le projet d'injection d'aérosols soufrés pour « refroidir » le climat, celui du stockage géologique de CO₂ pour lutter contre le réchauffement climatique et un autre concernant la production d'hydrogène à faible coût énergétique pour réussir la transition. Dans ces projets, des phénomènes naturels respectivement éruptions volcaniques, accumulations de CO₂ dans certaines couches géologiques et serpentinisation sont appréhendés comme des analogues naturels du projet technique que l'on cherche à mettre en place. La thèse engagée vise à mener une analyse réflexive sur l'usage pratique des analogues au sein de ces projets technoscientifiques. L'un de ces usages est l'observation d'analogues afin de comprendre les mécaniques à l'oeuvre dans ces phénomènes naturels et notamment les mécanismes de long terme ; pour les imiter, en respectant les normes propres au design technique, et réussir le projet envisagé. Ainsi, les prédictions issues des modélisations et des expériences de laboratoire peuvent être ajustées. Le passé géologique, via les analogues naturels, apparaît comme un outil pour améliorer les prédictions. Le poster tentera de préciser, à travers des exemples, cet usage pratique des analogues naturels et ce que l'on entend par passé géologique.

Reconstitution à haute résolution des apports de poussière saharienne en Europe du Sud au cours des derniers 3000 ans : influence des forçages atmosphériques

Pierre SABATIER^{1,*}, Christine PIOT², Marie-Charlotte BELLINGERY^{1,2}, Christophe COLIN³, Marie NICOLLE⁴, Maxime DEBRET⁴, Anne-Lise DEVELLE¹, Yoann COPARD⁴, Jean-Louis REYSS⁵, Fabien ARNAUD¹, Boris VANNIERE⁶

1 : EDYTEM, Université de Savoie, CNRS, Le Bourget du Lac

2 : LCME, Université de Savoie, Le Bourget du Lac

3 : GEOPS, Université Paris-Sud, CNRS, Orsay

4 : M2C, Université de Rouen, CNRS, Rouen

5 : LSCE, Université de Versailles Saint-Quentin, CEA-CNRS, Gif-sur-Yvette

6 : Chrono-Environnement, Université de Franche-Comté, CNRS, Besançon

* pierre.sabatier@univ-savoie.fr

L'étude des aérosols observés dans le passé et issus de sources majeures d'émissions telles que les poussières minérales apparaît nécessaire pour réduire les incertitudes sur le climat futur en particulier à une échelle régionale. Dans cette étude nous proposons de reconstituer les apports en aérosols désertiques en utilisant les sédiments lacustres du lac de Bastani en Corse, qui est un lac pluviomètre, véritable échantillonneur des retombées atmosphériques. Les traceurs utilisés sont principalement basés sur des analyses sédimentologiques (granulométrie, minéralogique) et sur de la géochimie minérale (élémentaire) associées une chronologie basée sur les radioéléments de courtes période et le ¹⁴C. Nous avons ainsi pu reconstituer 3000 ans d'apport de poussière Saharienne en discriminant deux principales sources africaines d'apports de poussière (PSA1 et PSA2). Ces apports semblent influencés à la fois par la migration de la Zone de Convergence Inter-Tropicale (ITCZ) moteur de l'aridité donc de la disponibilité de matériel désertique plus ou moins important dans la région Nord Africaine et l'Oscillation Nord Atlantique (NAO) assurant le transport à travers la Méditerranée jusqu'au Sud de l'Europe.

Manifestations régionales violentes à 4000 ans BP révélant l'interaction des plasmas atmosphériques et des aérosols carbonés sur le forçage climatique

Marie-Agnès COURTY^{1,*}, Xavier CROSTA², Patrick WASSMER³, Pascal ANDRÉ⁴, Jean-Michel MARTINEZ¹, William BUSSIÈRE⁴ et Raymond PICCOLI⁵.

1. CNRS-UPR 8521 PROME, Tecnosud, Univ. Perpignan, Perpignan.

2. CNRS-UMR 5805 EPOC. Univ. Bordeaux, Pessac.

3. CNRS-UMR 8591, Univ. Paris 1, Panthéon-Sorbonne, Meudon, France

4. LAEPT ERA 36, Univ. Blaise Pascal, 24 Avenue des Landais, F 63177 Aubière Cedex, France

5. Lab. de Recherche sur la Foudre, UR Pégase, 27 route de Sarran, 15270 Champs-sur-Tarentaine, France.

* marie-agnes.courty@promes.cnrs.fr

En dépit de la fréquence élevée des éclairs (100/s) et de leur occurrence sur de vastes étendues continentales ou marines, il n'a jusqu'à présent jamais été envisagé que les plasmas atmosphériques déclenchés par l'activité électrique dans l'atmosphère jouent un rôle majeur sur le forçage climatique. Les résultats d'une étude exploratoire conduite sur les plasmas atmosphériques naturels nous permettent maintenant de consolider l'hypothèse que le cycle des aérosols est profondément modifié par la production de matières particulaires nanostructurées composites à partir de gaz (CH_4 , NH_3 , C_2H_2) et d'aérosols solides sous l'effet des arcs électriques, des chauffes transitoires et des chocs haute pression transitoires déclenchés dans l'atmosphère. Cette étude a permis d'établir un inventaire des produits formés dans les environnements actuels en altitude et à la surface de la terre par les phénomènes atmosphériques de haute énergie (arcs électriques, rentrées atmosphériques haute vitesse). Des expérimentations de laboratoire conduites aux différents niveaux d'énergie et de pression qui reproduisent les conditions atmosphériques et à partir des divers précurseurs analogues aux aérosols, ont permis de synthétiser des nanomatériaux composites identiques aux matériaux naturels nanostructurés produits par plasmas atmosphériques. Le traçage de ces nanomatériaux naturels dans une grande diversité d'archives géologiques atteste de leurs propriétés exceptionnelles : hydrophobes, réfractaires, non biodégradables.

Nous disposons maintenant d'un référentiel de signatures diagnostiques des plasmas atmosphériques qui permet d'évaluer la magnitude des manifestations déclenchées au sol par les phénomènes atmosphériques de haute énergie. Sur cette base, nous avons pu actualiser l'interprétation des événements enregistrés autour de 4000 ans BP dans différentes archives haute résolution. Trois situations sont comparées : (1) L'effondrement brutal des architectures en terre de cités monumentales de l'Empire d'Akkad en Syrie du nord et la déflation par des vents d'une violence sans précédent qui a suivi; (2) le paléotsunami de Banda Aceh (baie de Lampuuk, Sumatra, Indonésie); (3) le changement brutal de sédimentation dans la carotte marine MD032601 de Terre Adélie. L'identification des signatures diagnostiques de plasmas atmosphériques dans chacun de ces événements permet d'interpréter ces manifestations abruptes comme la conséquence de phénomènes atmosphériques de haute énergie en lien avec une augmentation notable des aérosols à forte charge carbonée, minérale et métallique à la suite

d'éruptions volcaniques et d'incendies répétés dans les périodes précédentes. La production considérable de polymères nanostructurés durables à partir des aérosols carbonés explique la qualité de préservation exceptionnelle de ces trois enregistrements d'événements instantanés. L'aridification qui a suivi l'épisode de vents violents en Mésopotamie du nord illustre les répercussions régionales à long terme de l'hyper-dessèchement de l'air et des sols déclenché au sol par les phénomènes atmosphériques de haute énergie.