



HAL
open science

Paléoenvironnements et sociétés humaines. Projets financés sur la période 2005-2022

Matthieu Ghilardi, Mélanie Pateau

► **To cite this version:**

Matthieu Ghilardi, Mélanie Pateau. Paléoenvironnements et sociétés humaines. Projets financés sur la période 2005-2022. Les Cahiers de l'ANR, 2023. hal-04141271

HAL Id: hal-04141271

<https://hal.science/hal-04141271v1>

Submitted on 26 Jun 2023

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License



RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE

*Liberté
Égalité
Fraternité*

anr ©
agence nationale
de la recherche

Paléoenvironnements et sociétés humaines

PROJETS FINANCÉS
SUR LA PÉRIODE 2005-2022

Les cahiers de l'ANR
NUMÉRO 15 – MAI 2023





Les cahiers de l'ANR

Les cahiers de l'ANR traitent de questions thématiques transverses aux différents appels à projets financés par l'Agence nationale de la recherche (ANR). Cette collection, qui existe depuis 2009, met en perspective les recherches, les innovations et les avancées en cours dans un domaine spécifique. Sans prétention d'exhaustivité, son objectif est de revenir sur les enjeux sociétaux et les défis d'avenir identifiés par les communautés de recherche mobilisées sur une thématique. *Les cahiers de l'ANR* s'adressent aussi bien aux chercheurs qu'aux décideurs politiques et au grand public.

Le présent *cahier* a pour thème principal les interactions entre les sociétés humaines du passé et les milieux dans lesquels elles ont évolué. Il fait référence aux différents projets de recherche financés par l'ANR dans ce domaine. Ce *cahier*, le 15^e de la collection, a été conçu par Matthieu Ghilardi, président de comité d'évaluation scientifique, et Mélanie Pateau, chargée de projets scientifiques, en collaboration avec la Direction de l'information et de la communication.

Nous remercions les coordinateurs et les coordinatrices des projets présentés dans ce *cahier* ainsi que les personnes qui ont contribué à son écriture et à sa relecture.

Les populations des ères industrielles et post-industrielles sont confrontées à des changements environnementaux globaux exacerbés par l'accroissement des activités humaines. Ces bouleversements menacent à la fois l'humanité et les écosystèmes, en intensifiant les événements climatiques extrêmes et en fragilisant la biodiversité, source de nombreux services écosystémiques pour les sociétés.

Cette situation interroge sur la vulnérabilité et la résilience des populations humaines contemporaines face aux changements environnementaux. Pourtant, les civilisations du passé ont également connu des changements climatiques avec des alternances de refroidissement et de réchauffement. Les conséquences de ces changements sur le fonctionnement des sociétés et des écosystèmes peuvent donc être examinées sur le temps long et permettre d'éclairer les situations actuelles.

Pendant des décennies, les connaissances sur l'histoire de l'évolution humaine, depuis le début du Quaternaire jusqu'à l'émergence de l'Anthropocène, ont été acquises au moyen d'approches archéologiques et environnementales, bien que les données n'aient pas toujours été mises en relation avec les sciences de l'environnement au sein de programmes de recherche collectifs.

Grâce à l'interdisciplinarité, les questionnements scientifiques ont été élargis pour tenter d'appréhender les interactions des sociétés humaines du passé avec leur environnement.

La recherche autour de sites archéologiques reste essentielle pour la collaboration entre les sciences humaines et sociales et les sciences de l'environnement, mais les fréquents changements d'échelles spatio-temporelles aident à mieux comprendre les changements paléoenvironnementaux.

En outre, les progrès conceptuels et les méthodes et technologies d'analyse des archives sédimentaires, depuis une vingtaine d'années, permettent de préciser les dynamiques paysagères du passé en considérant l'humain comme un élément à part entière du système Terre, ce qui apporte un éclairage et des connaissances nouvelles.

Ce *cahier* propose un état des lieux des projets financés par l'ANR sur le thème des interactions entre les sociétés humaines du passé et leurs environnements, sur la période de 2005 à 2022.

La première partie fournit aux lecteurs les clés d'analyse du contexte et des enjeux de cette thématique. Elle dresse également le bilan du financement alloué à son étude dans le cadre du Plan d'action de l'ANR. La deuxième partie détaille les principales problématiques et méthodes, ainsi que les résultats majeurs obtenus par les projets. Enfin, la troisième partie est dédiée à la présentation des projets financés dans le cadre de France 2030 opérés par l'ANR.

Préface

Anne-Hélène Prieur-Richard

Responsable du Département Environnements,
Écosystèmes, Ressources Biologiques de l'ANR

Depuis plusieurs décennies, les communautés scientifiques se penchent sur la compréhension des changements environnementaux globaux qu'ils soient d'ordre climatiques, paysagers, liés à l'exploitation des terres et mers, ou à la dégradation des écosystèmes... Ces bouleversements entraînent des mutations majeures au sein des sociétés humaines telles que les migrations climatiques, l'émergence de nouvelles technologies, l'accès réduit à l'eau. La prévision de ces conséquences et les solutions pouvant être proposées et mises en place pour les atténuer et adapter les sociétés humaines à de nouvelles conditions environnementales font également l'objet d'une attention soutenue.

Ce *cahier de l'ANR* contribue à informer le lecteur sur la diversité des équipes et des travaux menés dans le champ des interactions entre les environnements du passé (paléoenvironnements) et les sociétés humaines. Il éclaire sur la façon dont l'étude sur le temps long permet à la fois de mieux comprendre les processus actuels et d'élaborer des solutions adaptatives.

L'analyse des projets financés entre 2005 et 2022 par l'Agence nationale de la recherche (ANR) montre que l'Agence a financé sur le Plan d'action 97 projets impliquant 185 partenaires français et étrangers travaillant sur 128 sites d'étude répartis sur

l'ensemble du globe et ce, à hauteur de 35,5 millions d'euros. Concernant les Programmes d'investissements d'avenir/France 2030 gérés par l'ANR, 4,4 millions d'euros ont été alloués à des projets sur cette thématique au sein d'actions menées dans le cadre de sept Laboratoires d'excellence (LabEx) et d'une École universitaire de recherche (EUR).

Les projets de recherche présentés dans ce *cahier* confirment que l'étude des sociétés humaines du passé face aux changements environnementaux est résolument interdisciplinaire : en témoigne l'implication des géographes, des paléoécologues, des géologues, des paléoenvironnementalistes, des paléoclimatologues, des archéologues, des préhistoriens et des historiens, qu'ils soient coordinateurs ou partenaires des projets financés.

Ces communautés scientifiques coopèrent et reconstituent les paléoenvironnements en contexte d'occupation humaine sur le temps long, afin de mesurer le degré d'interaction entre les sociétés humaines et préhumaines, et les environnements qu'elles ont fréquentés, (sur)exploités et modifiés. Leurs recherches ont également pour ambition d'évaluer les conséquences des activités humaines sur les différentes enveloppes de notre planète sur une échelle de temps plus longue que celle adoptée dans le cadre d'études sur les sociétés industrielles et post-industrielles.

L'analyse présentée dans ce *cahier* est complémentaire du travail mené par le CNRS sur les paléoclimats et paléoenvironnements. La préparation de ce *Livre blanc*⁽¹⁾ s'inscrit dans une perspective plus large que les interactions avec les sociétés humaines et intègre des aspects structurels tels qu'un état des lieux du paysage de recherche français et la dynamique de recrutement dans ce domaine.

La publication de ce 15^e *cahier de l'ANR* est associée à l'organisation d'un colloque « Les sociétés humaines face aux changements environnementaux : le passé pour éclairer le futur » qui se déroulera le 23 mai 2023 à la Maison de la RATP à Paris. Ouvert à l'ensemble des communautés, il sera l'opportunité de discuter des fronts de recherche et d'échanger avec des acteurs de la préservation des écosystèmes et paysages, de l'aménagement des territoires et de la gestion de patrimoines naturels et bâtis. Les connaissances et fronts de sciences ouverts par les intervenants de ce colloque apporteront un regard particulièrement pertinent sur les enjeux que les pouvoirs publics devront traiter en réponse aux changements globaux actuels et futurs.

1. <https://www.insu.cnrs.fr/fr/cnrsinfo/un-livre-blanc-pour-identifier-collectivement-les-futurs-enjeux-pour-la-communaute>

Sommaire

P. 06

PARTIE 1 | PALÉOENVIRONNEMENTS ET SOCIÉTÉS HUMAINES : CONTEXTE, ENJEUX ET FINANCEMENTS

P. 08

Chapitre 1 | Activités anthropiques et changements environnementaux : quelles relations ?

P. 11

Chapitre 2 | Des champs de recherche en constante évolution

P. 20

Chapitre 3 | Le financement des projets « paléoenvironnements et sociétés humaines » au sein du Plan d'action de l'ANR

P. 31

Chapitre 4 | Bilan et perspectives

P. 34

PARTIE 2 | PANORAMA DES PROJETS FINANCÉS PAR LE PLAN D'ACTION DE L'ANR

P. 36

Chapitre 1 | Des premiers Anthropoïdes aux premiers agriculteurs : évolution, diffusion et influence des paramètres environnementaux

P. 58

Chapitre 2 | L'archéologie environnementale et l'archéométrie : le site d'occupation humaine comme *nexus* interdisciplinaire

P. 80

Chapitre 3 | La géoarchéologie : la reconstitution des unités paysagères dans lesquelles s'insèrent les sites d'occupation humaine

P. 106

Chapitre 4 | Les sociétés du passé et leurs environnements face aux défis des changements climatiques et hydroclimatiques

P. 122

Chapitre 5 | L'apport des paléoenvironnements dans la compréhension des modes de subsistance

P. 150

PARTIE 3 | PANORAMA DES PROJETS FINANCÉS PAR FRANCE 2030

P. 152 | LabEx LaScArBx

P. 156 | LabEx IMU

P. 158 | LabexMed

P. 160 | LabEx DRIIHM

P. 164 | LabEx ARCHIMEDE

P. 168 | LabEx DynamITe

P. 171 | LabEx OT-Med

P. 173 | EUR ISblue

P. 175

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

P. 178

INDEX DES FICHES PROJETS

P. 180

ANNEXES

PARTIE 1 **PALÉOENVIRONNEMENTS** **ET SOCIÉTÉS HUMAINES :** **CONTEXTE, ENJEUX** **ET FINANCEMENTS**

p. 08

Chapitre 1

Activités anthropiques et changements
environnementaux : quelles relations ?

p. 11

Chapitre 2

Des champs de recherche en constante évolution

p. 20

Chapitre 3

Le financement des projets « paléoenvironnements
et sociétés humaines » au sein du Plan d'action
de l'ANR

p. 31

Chapitre 4

Bilan et perspectives

Chapitre 1

Activités anthropiques et changements environnementaux : quelles relations ?

En ce début de XXI^e siècle, les effets des activités humaines sur l'environnement sont au cœur des préoccupations internationales en raison de la fragilisation des écosystèmes et de l'épuisement des ressources. Cette prise de conscience collective s'est véritablement opérée en 1992 lors du sommet « Planète Terre » des Nations Unies, dont l'objectif était de dresser un état des menaces que font peser les activités humaines sur le géosystème. D'autres organismes internationaux tels que le GIEC avaient alerté dès la fin des années 1980⁽¹⁾ sur la vulnérabilité des environnements face aux poids des activités anthropiques.

Le système Terre se compose de plusieurs enveloppes qui interagissent entre elles : la lithosphère, l'hydrosphère, l'atmosphère et la biosphère. Celles-ci connaissent, depuis le milieu du XIX^e siècle, des bouleversements inédits causés en grande partie par le développement des sociétés industrielles. Ces modifications sont enregistrées dans les sédiments, et l'utilisation combinée de méthodes et techniques de haute précision facilite le recueil de données physicochimiques (abiotiques) et biotiques à l'échelle pluridécennale, ce qui permet d'établir une quantification précise de l'impact des activités humaines sur les enveloppes de la Terre et de leur dégradation.

Une démarche interdisciplinaire

Avant le XIX^e siècle, la quantification précise des modifications environnementales devient plus complexe et la reconstitution des paléoenvironnements, par l'enregistrement d'indicateurs physico-chimiques ou biologiques des conditions écologiques et climatiques du passé, devient nécessaire afin, notamment, d'évaluer ce qui relève des dynamiques naturelles et/ou de l'action humaine. À ce titre, il convient d'adopter une approche qui débute du temps présent et qui remonte ensuite progressivement dans le passé. Il s'agit notamment de reconstituer, dans le temps et dans l'espace,



Accumulation sur 2 m de niveaux d'utilisation et de destruction de l'atelier d'amphores d'El Mohino ayant piégé des noyaux d'olives. Datation I^{er} s. ap. J.-C. Projet OLEASTRO, LabEx ARCHIMEDE.

© I. Gonzalez Tobar

les modifications environnementales induites par les sociétés humaines, mais aussi de mesurer les impacts des changements environnementaux sur les stratégies d'occupation et de subsistance humaine (degré de résilience sociétale). L'adoption d'une approche systémique et empirique, ainsi que la mobilisation de l'interdisciplinarité sont indispensables pour répondre de manière efficace à ces questionnements et défis sociétaux. Les sciences de l'environnement, de la Terre et du vivant, s'associent aux sciences humaines et sociales pour tenter de répondre à des problématiques communes sur les interactions humains-environnement. De fait, la stratégie d'échantillonnage des archives sédimentaires étudiées et le choix des méthodes de datation influencent grandement la résolution temporelle des reconstitutions paléoenvironnementales.

À cet égard, les emboitements d'échelles spatio-temporelles sont fréquents, de la décennie au million d'années, de la structure archéologique de quelques mètres carrés au bassin versant de milliers de kilomètres carrés.

L'utilisation de méthodes et techniques d'analyse des archives sédimentaires, empruntées à différentes disciplines, facilite l'intégration d'une grande diversité d'indicateurs. Les résultats interdisciplinaires ainsi obtenus sont ensuite capables de nous renseigner sur la caractérisation des environnements et l'évolution des paysages. Comprendre les interactions du passé entre les sociétés et l'environnement, c'est favoriser une analogie avec les évolutions des sociétés contemporaines et la construction de modèles prédictifs de la transformation des milieux impactés par l'humain au cours du XXI^e siècle et des conséquences de ces évolutions pour les écosystèmes de la planète.

De la Préhistoire à nos jours : un cadre chronologique privilégié

Le Quaternaire (de -2,6 millions d'années [Ma] à nos jours) est marqué par la diffusion de l'espèce humaine sur la surface de la Terre, avec la première sortie d'Afrique du genre *Homo*. Cette ère géologique couvrant les trois derniers millions d'années sert de cadre temporel de référence, avec l'inclusion des périodes charnières que sont le Pléistocène et l'Holocène et où l'Anthropocène s'invite en rupture, l'humain devenant un agent géologique et climatique majeur, capable de perturber voire d'altérer de manière irréversible l'environnement (selon la définition du prix Nobel de chimie, Paul Crutzen, formulée au début des années 2000⁽²⁾). Ce temps long permet de mettre en lumière le changement des déterminants anthropiques, qu'ils soient sociaux, politiques et économiques, qui animent ces trajectoires.

1. Houghton, et al., 1990.

2. Crutzen, 2002 et 2006.

Anthropocène

La phase initiale de l'Anthropocène reste débattue, même si le début de la révolution industrielle marque une accélération de ces processus. Certains auteurs proposent de retenir la date de l'invention et du perfectionnement de la machine à vapeur, tandis que les géologues stratigraphes considèrent que le début des premiers essais de l'utilisation de la bombe atomique est un bon marqueur permettant un enregistrement géologique (sédimentaire) synchrone des activités humaines⁽³⁾. À l'inverse, certains proposent de décaler le début de l'Anthropocène au début du Néolithique⁽⁴⁾, alors que d'autres auteurs⁽⁵⁾ l'inscrivent dans la très longue durée pour suivre les trajectoires croisées des sociétés et de la nature depuis l'émergence d'Homininés, soit environ 7 millions d'années.

À travers l'étude des projets financés par l'ANR, ce cahier ambitionne de mettre en perspective le débat sur le début de l'Anthropocène en l'insérant dans une évolution plus longue, à l'échelle du Quaternaire et de l'Holocène plus précisément. Cette dernière période climatique correspond à une phase de réchauffement global faisant suite à la dernière glaciation, achevée il y a environ 11 700 ans. Il s'agit également d'une transition majeure dans le mode de vie de l'espèce humaine, celle-ci passant d'activités de chasse, de pêche et de cueillette à une sédentarisation et une domestication de la nature, au début du X^e millénaire avant notre ère au Proche-Orient et en Méditerranée orientale.

Les paléoenvironnements pour étudier les rapports entre la nature et les sociétés humaines

La succession des cultures et civilisations de la Préhistoire à la période moderne a laissé une empreinte environnementale dans les archives sédimentaires que des équipes interdisciplinaires étudient à la surface des continents comme au fond des océans. La reconstitution des paléoenvironnements devient un enjeu scientifique majeur afin de déterminer le niveau d'interaction des ressources physicochimiques et biotiques de la planète avec l'humain. L'échelle spatiale de travail de ce cahier thématique couvre donc l'ensemble des terres émergées, avec des incursions ponctuelles dans le milieu océanique (essentiellement dues aux prélèvements de carottes marines).



Projet GEOPRAS. © Gregor Marchand

3. Crutzen, 2002 et 2006 ; Waters, *et al.*, 2016.

4. Ruddiman, 2003.

5. Magny, 2019.

Chapitre 2

Des champs de recherche en constante évolution

Les projets du Plan d'action présentés dans ce cahier ont été regroupés en cinq thèmes selon la thématique dominante du projet, même si certaines recherches peuvent concerner un ou plusieurs groupes thématiques.

Groupe thématique	Intitulé
1	Évolution humaine Des premiers Anthropoïdes aux premiers agriculteurs : évolution, diffusion et influence des paramètres environnementaux
2	Archéométrie L'archéologie environnementale ou archéométrie : le site d'occupation humaine comme <i>nexus</i> interdisciplinaire
3	Géoarchéologie La géoarchéologie : la reconstitution des unités paysagères dans lesquelles s'insèrent les sites d'occupation humaine
4	Climats Les sociétés du passé et leurs environnements face aux défis des changements climatiques et hydroclimatiques
5	Biodiversité L'apport des paléoenvironnements dans la compréhension des modes de subsistance

Des premiers Anthropoïdes aux premiers agriculteurs : évolution, diffusion et influence des paramètres environnementaux

Depuis le milieu des années 1970 et la découverte de Lucy, *Australopithecus afarensis*, datée d'environ trois millions d'années⁽⁶⁾, les recherches paléanthropologiques se sont attachées à caractériser dans un premier temps l'évolution morphologique des Hominidés. L'identification des différents restes osseux mis au jour en contexte stratigraphique a bénéficié, au cours des décennies écoulées, d'évolutions technologiques⁽⁷⁾ pour en restituer les moindres détails. Une meilleure définition des phases technologiques, associées à la caractérisation du matériel lithique découvert en contexte stratigraphique, a de fait été facilitée. Dans un second temps, la question des conditions environnementales particulières, et des impacts des changements globaux dans le développement des Hominidés à la surface de la planète, a également été au centre des recherches dans la mesure où elles auraient pu favoriser des trajectoires de migrations hors du foyer originel en Afrique de l'Est.

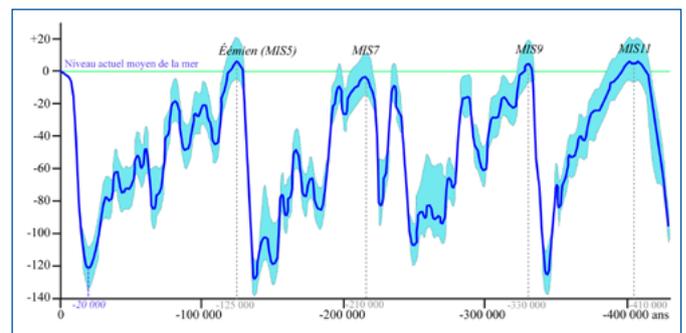
Les ossements dans leur contexte : étudier les environnements pour mieux dater

Parallèlement à l'étude paléanthropologique, des réflexions interdisciplinaires ont été engagées sur la configuration des paysages fréquentés par les Hominidés, orientant ainsi les recherches vers la reconstitution du contexte environnemental de fréquentation de ces populations⁽⁸⁾. En effet, la conservation des restes osseux dans des contextes de sédimentation lacustre, fluvio-lacustre, palustre, fluviale ou travertineuse a également favorisé la conservation de bioindicateurs (pollens, phytolithes, etc.) dans la matrice sédimentaire, dont l'identification nous renseigne sur les variations

de la végétation pour les niveaux datés⁽⁹⁾. La datation des restes osseux pétrifiés découverts et des environnements qui y sont associés est un enjeu important. La datation des matériels osseux et lithique découverts demeure indirecte et relative, car elle se focalise sur les sédiments qui ont permis de les fossiliser (matrice sédimentaire), et intervient en complément à l'identification d'une culture matérielle spécifique. Cependant, à mesure que la découverte de fossiles d'Hominidés s'intensifiait depuis les années 1970, les méthodes et les techniques de datation de ces environnements géologiques évoluaient sensiblement, d'abord fondées sur le paléomagnétisme⁽¹⁰⁾, puis le potassium/argon⁽¹¹⁾, elles font intervenir les nucléides cosmogéniques⁽¹²⁾ afin d'obtenir des chronologies permettant de mieux dater les phases d'occupation de populations d'Hominidés à l'échelle de l'Afrique et du continent eurasiatique au cours du Tertiaire et au début du Quaternaire principalement. Les trajectoires de diffusion ont ainsi pu être affinées et des hypothèses de cohabitation de plusieurs espèces du genre *Homo* ont pu être émises et datées de manière plus certaine. Le développement et le perfectionnement des différentes méthodes de datation sont sans conteste un des enjeux futurs de la recherche interdisciplinaire, avec le perfectionnement des études ADN, relative à l'évolution des préhumains dans leur contexte environnemental.

Genre *Homo* : mieux comprendre les dynamiques de dispersion

La question de la diffusion des populations du genre *Homo* depuis l'Afrique de l'Est vers l'Eurasie a été posée à la lueur de potentiels facteurs environnementaux (climat, contexte tectonique, variabilité spatio-temporelle de la morphologie des littoraux, etc.) et de grandes avancées scientifiques ont été réalisées dans l'identification des trajectoires de diffusion au cours du Quaternaire. La reconstitution des paléoenvironnements renseigne sur les types de paysages et de couverture végétale qui pouvaient exister au cours des derniers millions d'années et que les populations de préhumains ont pu fréquenter, mais aussi mettre à profit. En complément de ces modifications des paysages végétaux, le Quaternaire, qui correspond à l'avènement du genre *Homo*, se caractérise par de grandes phases de glaciation et de déglaciation dont les conséquences furent importantes sur les écosystèmes et, fort probablement, sur la diffusion des groupes humains, en raison de morphologies côtières fluctuantes dans le temps et de l'ouverture/fermeture de voies de passage.



Variations du niveau moyen de la mer depuis 400 000 ans environ. Ghilardi, 2021, adapté de Waelbroek, et al., 2002

De Néandertal à Sapiens : documenter l'apparition des premiers humains

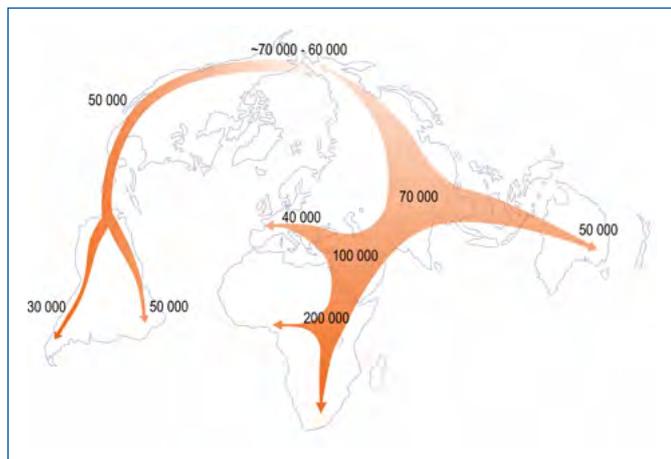
Parmi les phénomènes marquants de l'évolution des ancêtres d'*Homo sapiens*, on observe notamment l'émergence des Néandertaliens vers -400 000/-350 000 ans (Pléistocène supérieur). Une partie des recherches internationales au cours des dernières années a contribué à utiliser de manière combinée des techniques de datations reposant notamment sur le radiocarbone pour les périodes les plus tardives de Néandertal, ou sur la résonance de spin électronique⁽¹³⁾, pour affiner la phase terminale de présence de Néandertaliens et sa période de cohabitation avec *Homo sapiens* notamment. C'est d'ailleurs pour tenter de résoudre ce défi scientifique que le projet NeHos⁽¹⁴⁾ emploiera la méthode du radiocarbone selon une méthodologie innovante pour affiner les temporalités de coexistence d'*Homo sapiens* avec Néandertal. La chronologie de la migration d'*Homo sapiens* depuis l'Afrique orientale vers le reste des terres émergées demeure lacunaire et incertaine pour de nombreux secteurs géographiques. Le faible nombre de spécimens découverts et étudiés en est en partie la cause. En particulier, la question de l'apparition puis de la diffusion de populations humaines en direction de l'actuel continent américain demeure controversée avec la remise en cause du modèle standard d'une arrivée il y a environ 14 000 ans notamment par des équipes de recherche françaises financées par l'ANR⁽¹⁵⁾. Cette problématique scientifique occupe une place très importante dans la communauté des paléanthropologues et, si des datations par le radiocarbone réalisées en contexte de découverte archéologique nous renvoient à une arrivée de populations vers -50 000 à -30 000 ans (révision des dates obtenues dans le cadre du projet SESAME⁽¹⁶⁾), en contexte environnemental de glaciation, la temporalité et les modes de la diffusion demeurent largement méconnus à l'échelle intercontinentale. Les conditions paléoenvironnementales de cette arrivée sur le continent américain actuel par le détroit de Béring demeurent incertaines, et les conséquences environnementales des grandes phases de déglaciation et de glaciation sur les modes de déplacement des populations restent encore à étudier. D'autres trajectoires et temporalités de diffusion des populations humaines n'ont pas encore été datées précisément en de

nombreuses aires géographiques et culturelles, dont l'Extrême-Orient (Chine). Le rôle des espaces insulaires comme relais majeur de diffusion a longtemps été minoré et les perspectives de nouvelles recherches dans le Pacifique sud (Polynésie française à titre d'exemple), l'océan Indien (Madagascar), l'Océanie et en Méditerranée pourraient être d'un intérêt crucial pour les communautés scientifiques. L'avènement d'*Homo sapiens* est marqué, de manière synchrone, par la disparition des autres Hominines (Néandertaliens et Denisoviens plus particulièrement) qui ont pu coexister jusqu'il y a encore 35 à 30 000 ans. L'un des grands défis scientifiques dans les années à venir reposera sur les conditions de domination totale d'*Homo sapiens* sur les autres espèces d'Hominines. Les aspects paléoenvironnementaux seront peut-être une des clés de compréhension de ce phénomène unique à l'échelle de l'évolution humaine.

Des derniers chasseurs-cueilleurs aux premiers agriculteurs

Plus proches de nous dans le temps, et à la fin du Paléolithique en Europe, la planète connaît une phase de réchauffement climatique et la transition vers le Mésolithique, puis le Néolithique, s'opère. Progressivement, et grâce à la modification des environnements, les populations humaines diversifient leurs ressources alimentaires en milieu continental et marin, bien qu'elles demeurent en très grande majorité des chasseurs/cueilleurs/pêcheurs. Une rupture majeure intervient il y a environ 10 000 ans au Proche-Orient avec l'avènement du Néolithique, période des « révolutions »⁽¹⁷⁾. Le passage de groupes de populations nomades à la constitution de villages avec des populations sédentarisées marque l'essor d'une nouvelle ère dans le développement humain, prélude au fonctionnement des sociétés humaines contemporaines. L'essor de l'agriculture et de la domestication animale s'accompagne de progrès technologiques importants, avec le déploiement de cultures matérielles complexes. Les bases fondatrices de l'humanité moderne se dessinent : des liens s'établissent entre les communautés humaines au sein de régions et les échanges commerciaux se développent progressivement sur de vastes aires géographiques.

La notion d'homme est, depuis quelques années, définie au regard de la place des femmes et des enfants dans ces organisations sociales, faisant ainsi intervenir la distinction des genres et des rôles respectifs de chacun et chacune dans les relations avec les environnements. L'approche vise à déconstruire la notion d'homme du passé pour favoriser l'émergence de nouveaux champs d'investigation sur la condition des femmes et des enfants au sein de ces sociétés humaines, au début du Néolithique notamment⁽¹⁸⁾.



Diffusion d'*Homo sapiens* à la surface de la Terre. Pérez-Balarezo, et al., 2023

6. Johanson et Taieb, 1976.
7. Techniques liées à la caractérisation scanner, laser, etc.
8. Bonnefille, et al., 1987.
9. Novello, et al., 2017 ; Barboni, et al., 2019.
10. Aronson, et al., 1977.
11. Walter et Aronson, 1982.
12. Lebatard, et al., 2008 et 2010.
13. Michel, et al., 2013.
14. AAPG 2022, CES 27.
15. Pérez-Balarezo, et al., 2023.
16. Pérez-Balarezo, et al., 2023.
17. Guilaine, 2001 et 2003.
18. Augereau, 2021 ; Guilaine, 2022.

L'archéologie environnementale et l'archéométrie : le site d'occupation humaine comme *nexus* interdisciplinaire

Durant des décennies, les vestiges archéologiques mis au jour et le matériel associé ont été étudiés afin de documenter l'histoire de l'occupation humaine en renseignant les modes de fonctionnement des civilisations du passé. Plus récemment, l'analyse du matériel recueilli lors de fouilles, dans le cadre d'opérations préventives ou programmées, s'est progressivement accompagnée d'une étude stratigraphique systématique des différentes couches sédimentaires, faisant ainsi intervenir de nombreuses disciplines issues des sciences de la vie et de la Terre.

Collecter et analyser les données : deux étapes essentielles

Les sédiments accumulés durant des siècles, voire des millénaires, font l'objet d'analyses de laboratoire (identification des pollens, des graines, des charbons de bois, etc.) afin d'en extraire des informations qui peuvent renseigner l'histoire des paysages archéologiques et définir des interrelations entre le milieu physique et les sites d'occupation. Cette approche, qui ne s'est généralisée que récemment, favorise ainsi une meilleure reconstitution, à l'échelle intra-site, des différentes phases de développement/abandon des sites mais aussi celle de la mobilité des environnements morphologiques, hydrologiques et écologiques dans les abords immédiats des vestiges mis au jour. L'acquisition de données paléoenvironnementales s'effectue généralement grâce à des prélèvements de sédiments dans les couches archéologiques de sondages, ou de tranchées archéologiques et, parfois, de manière complémentaire, par la réalisation d'un semis dense de carottages plus profonds ; l'objectif final étant de superposer de manière tridimensionnelle les structures archéologiques avec les anciens environnements de sédimentation.

Approches interdisciplinaire et multiscalaire pour une restitution complète

Les ambitions scientifiques s'orientent désormais vers l'ouverture des sites archéologiques à différentes disciplines pour en reconstituer l'évolution dans le temps et dans l'espace en constante mobilité⁽¹⁹⁾. L'archéologie environnementale fait justement converger des champs disciplinaires assez étendus, des sciences humaines et sociales aux sciences de la vie et de la Terre⁽²⁰⁾, en se concentrant sur le périmètre d'un site parfois unique, de superficie réduite (échelle intra-site). Cette approche des interactions entre les sociétés humaines et leurs paysages, parfois coconstruits par l'action des humains, est de fait conditionnée par une survalorisation des facteurs humains dans l'évolution même de ces paysages environnants. Les limites de l'influence anthropique tendraient à décroître à mesure que l'on s'éloigne des structures mises au jour, et la transition vers une approche géoarchéologique s'avère donc nécessaire pour dépasser ce paradigme.

La spatialisation des sites archéologiques représente par ailleurs un enjeu important, notamment dans le cadre des politiques d'aménagement du territoire. Elle a bénéficié du développement et des progrès récents des méthodes et techniques de prospection géophysique et topographique à haute résolution, qui favorisent une meilleure visualisation de l'emprise globale des sites d'occupation humaine et la restitution de la géométrie des couches sédimentaires.



Pont d'Avignon. © Matthieu Chilardi

L'apport de l'archéométrie⁽²¹⁾, faisant intervenir des spécialistes en géologie, géophysique et géochimie notamment, est par ailleurs précieux pour la spatialisation des sites de fouilles, au-delà des seules structures visibles. L'intégration de géologues et de pétrographes facilite également l'identification de sources d'approvisionnement en matériaux (analyses géochimiques et pétrographiques) découverts sur les sites d'étude.

Toujours dans le domaine de l'archéométrie, l'obtention de séquences chronostratigraphiques à haute résolution temporelle est un avantage de l'échelle dite intra-site. En effet, la présence de matériel archéologique très bien caractérisé et daté d'un point de vue céramologique, parfois à la décennie près (pour l'Antiquité notamment), favorise des reconstitutions précises de l'histoire de l'occupation humaine dans leur contexte environnemental. L'utilisation de méthodes de datation complémentaires radiométriques, cosmogéniques et par luminescence bénéficient ainsi d'une calibration indépendante⁽²²⁾ des résultats obtenus, faisant ainsi progresser les techniques de datation pour les périodes les plus récentes de l'Holocène. Par ailleurs, les limites de l'approche restreintes à l'étude de structures archéologiques visibles ont été progressivement comblées au cours des dernières décennies par l'apport d'autres disciplines telles que la géophysique ou la télédétection, mais aussi grâce aux avancées technologiques et aux innovations dans le domaine de la topographie à haute résolution⁽²³⁾, de la photogrammétrie, de la caractérisation morphologique et de la digitalisation numérique à très haute définition⁽²⁴⁾ des structures bâties afin de réaliser des modélisations tridimensionnelles des sites d'occupation, mais également des paysages qui les entourent.

L'interdisciplinarité au service de l'intégration paysagère des vestiges

L'archéologie, l'archéométrie et l'archéologie environnementale s'associent désormais pour livrer une reconstitution fine de l'évolution des sites archéologiques dans le temps et dans l'espace où la notion d'intégration paysagère des structures découvertes est mise au centre de la problématique pluridisciplinaire. L'un des exemples les plus récents concerne le chantier d'étude et de restauration de la cathédrale Notre-Dame de Paris. Dans ce cadre, 50 équipes de recherche et 175 chercheurs apporteront des

informations utiles au chantier de restauration en renouvelant les connaissances sur l'édifice, son histoire, son environnement, mais aussi l'histoire de l'exploitation des forêts françaises au Moyen Âge. L'ANR finance d'ailleurs un projet, CASIMODO, au sein de ce vaste programme qui fait par ailleurs l'objet, depuis avril 2019, d'une souscription nationale.

Parmi les types de sites archéologiques particulièrement favorables et féconds en termes d'études d'archéométrie et d'archéologie environnementale, on peut citer les structures portuaires antiques, les établissements religieux, mais également des édifices de génie civil comme les ponts ou les aqueducs et même parfois des trames urbaines entières⁽²⁵⁾. La programmation archéologique nationale par le ministère de la Culture influence fortement les tendances de la recherche archéologique ainsi que les objets dans le cadre d'études à l'échelle intra-site ; à ce titre, les structures portuaires antiques tout comme les objets culturels ont été plébiscités depuis le milieu des années 2000 dans le cadre d'études pluridisciplinaires avec un fort développement d'études paléoenvironnementales. Ainsi, entre 2009 et 2013, l'ANR a financé cinq projets sur le seul thème des ports antiques de Méditerranée. L'Agence a également soutenu de nombreuses études pluridisciplinaires à l'échelle intra-site depuis 2005, qui se focalisent principalement sur des structures archéologiques localisées en France et à l'étranger, principalement en Méditerranée, au Proche et au Moyen-Orient ainsi que dans le Caucase. Le réseau français de collaborations s'appuie sur le territoire national sur les unités mixtes de recherche (UMR) du CNRS qui associent l'ensemble des acteurs de l'archéologie (État, universités, Inrap, services territoriaux et opérateurs privés).

À l'étranger, les missions soutenues par le ministère de l'Europe et des Affaires étrangères, ainsi que les instituts français de recherche, notamment ceux appartenant au REFE (Réseau des écoles françaises à l'étranger), sont d'importants relais institutionnels du développement des recherches en archéologie, archéométrie et archéologie environnementale. Ces institutions de la recherche archéologique nationale, implantées parfois depuis le XIX^e siècle dans des pays à très riche patrimoine archéologique (Égypte, Grèce, Italie) sont également présentes au sein des consortiums scientifiques des projets financés par l'ANR et France 2030.

La géoarchéologie : la reconstitution des unités paysagères dans lesquelles s'insèrent les sites d'occupation humaine

L'appréhension des interactions entre les sociétés humaines du passé et leur environnement ne se limite pas à l'emprise de sites d'occupation humaine et peut dépasser les limites physiques des structures archéologiques connues⁽²⁶⁾. En effet, depuis la fin des années 1960, et grâce aux travaux de géographes géomorphologues⁽²⁷⁾, la perception de ces relations a changé d'échelle géographique. Les changements et imbrications d'échelles spatiales sont plus importants qu'à l'échelle intra-site et les unités géographiques, géologiques et géomorphologiques deviennent le cadre environnemental de référence. Cette approche géoarchéologique des interactions humains-environnement ne se limite donc pas à la reconstitution paléoenvironnementale des sites étudiés (échelle intra-site des études en archéométrie et en archéologie environnementale) afin d'éviter la surreprésentation subjective des impacts anthropiques sur leur environnement⁽²⁸⁾. Par ricochet, le déterminisme environnemental, commandant l'occupation des sites, est supplantée par la notion de possibilisme environnemental, évoquée par le géographe Paul Vidal de La Blache. Cette dernière notion,

reprise par l'historien Lucien Febvre⁽²⁹⁾, établit notamment que les relations entre les sociétés humaines contribuent à créer des paysages nouveaux à partir d'environnements naturels. Il s'agit là d'un concept de la construction des territoires sur la longue durée qui se veut être un état antérieur et préalable à la notion de géohistoire définie par Fernand Braudel⁽³⁰⁾.

Unités paysagères et échelles géographiques

L'acquisition de données renseignant sur l'évolution des paysages en contexte d'occupation humaine prend une autre dimension spatiale et peut donc concerner des unités géographiques (lacs, rivières, montagnes, etc.), géomorphologiques (systèmes fluviaux, réseaux karstiques, etc.) ou géologiques (faisceaux de failles, affleurements géologiques ou minéralisés, etc.), en étudiant des surfaces de plusieurs dizaines, centaines voire milliers de kilomètres carrés. Ces grandes aires géographiques peuvent inclure des échelles de travail dites intra-site s'étendant de quelques mètres carrés à plusieurs hectares, mais ne dépassent que rarement le kilomètre carré, voire la dizaine de kilomètres carrés dans le contexte d'études urbaines. Bien que l'échelle géographique d'étude ne soit pas la même que celle privilégiée dans le cadre de l'approche d'archéologie environnementale et d'archéométrie, les données paléoenvironnementales sont acquises de manière similaire : les prélèvements de sédiments s'effectuent le long de coupes stratigraphiques naturelles (terrasses alluviales de cours d'eau par exemple) ou par le biais de carottages dans des plaines d'inondation ou fluvio-deltaïque ; dans certains cas des concrétions carbonatées (spéléothèmes) sont également échantillonnées. La spécificité de l'approche géoarchéologique repose en grande partie sur un emboîtement des échelles qui permettent de livrer des reconstitutions paléogéographiques des paysages à différentes échelles spatio-temporelles, en fonction de la densité et de la précision des prélèvements et analyses de laboratoire effectuées. Si dans le cadre de l'étude intra-site, la reconstitution des paysages inclut la composante anthropique, l'étude des paléoenvironnements en dehors du périmètre de l'emprise spatiale des sites permet, en revanche, souvent de raconter une histoire de l'archéologie de l'invisible⁽³¹⁾, faisant ainsi le lien entre les différents sites d'occupation connus et leur cadre environnemental plus large.

Les axes de recherche émergents

Dans un contexte de bouleversements climatiques posant la question combinée de la vulnérabilité et de la résilience des sociétés humaines, la reconstitution des événements climatiques et hydroclimatiques et de leurs effets sur les dynamiques sédimentaires sur le long terme est un axe de recherche à privilégier.

19. Butzer, 1982.
20. Burnouf, 2007 ; Burnouf, *et al.*, 2012.
21. Étude physicochimique des artefacts d'origine anthropique.
22. *Independent Age control*.
23. LiDAR.
24. Relevés laser.
25. Exemple de Pompéi en Italie ou de Délos en Grèce.
26. Butzer, 1982.
27. Butzer, 1968 et 1982.
28. Ghilardi, 2021.
29. Claval, 2000.
30. Braudel, 1949 ; Grataloup, 2015.
31. Ghilardi, 2020 et 2021.

Ces changements environnementaux ont un impact d'autant plus fort pour les sociétés que l'on se trouve aux marges d'un écoumène, qu'il s'agisse de la haute montagne, des bordures subdésertiques, ou proches du cercle polaire. Évaluer l'intensité de l'aléa environnemental sur de longues périodes en lien, notamment, avec des crues, des tsunamis, des tempêtes tropicales et des phases de sécheresse intense faciliterait la reconnaissance d'événements analogues permettant de modéliser les risques des XX^e et XXI^e siècles. La définition d'environnements de référence devient centrale dans les préoccupations scientifiques focalisant les recherches sur les sociétés du passé. L'appréhension de ces phénomènes environnementaux dans des contextes géographiques sensibles, comme les espaces littoraux et insulaires, plus exposés, est plus particulièrement souhaitable. En effet, la question de la submersion de ces environnements fragiles se pose en raison de la montée du niveau des océans de la planète, mais aussi de leur exposition aux événements climatiques extrêmes qui menacent directement les

populations et leurs activités (tourisme, industrie, agriculture). L'impact des phénomènes sismiques est également à considérer, en particulier dans le cadre de tsunamis capables de dévaster les aménagements humains et les écosystèmes sur de grandes étendues vers l'intérieur, au-delà des espaces littoraux.

Évaluer le degré de résilience de ces populations et de leurs environnements sur le long terme pourra fournir de précieux renseignements pour comparer la magnitude des événements climatiques extrêmes passés avec celles des phénomènes actuels. Avec l'augmentation de la population mondiale et la pression économique et urbaine exercée sur les espaces littoraux⁽³²⁾ et insulaires à faible relief, il est important de renseigner les événements extrêmes climatiques par le biais de l'approche paléoenvironnementale appliquée à l'échelle d'unités géographiques, géologiques ou géomorphologiques. Seule une approche régressive partant du présent pour remonter dans le temps pourra contribuer à établir des modèles prédictifs fiables pour la fin du siècle.



Crâne d'*Elephas antiquus*, datant de plus de 600 000 ans. Notarchirico, Italie. © Marie-Hélène Moncel



Prélèvement d'archives sédimentaires lacustres dans le lac Abhé (Djibouti) avec une barge Uwitek. © Marie Revel



Le retrait glaciaire au col du Lautaret, Hautes-Alpes. © Mélanie Pateau

Les sociétés du passé et leurs environnements face aux défis des changements climatiques et hydroclimatiques

Du passage de cycles climatiques naturels à une profonde modification due aux activités humaines

Depuis la fin de la dernière grande glaciation datée d'il y a environ 11 700 ans, la Terre a connu un réchauffement global, de sorte que nous nous situons aujourd'hui à nouveau dans un stade interglaciaire⁽³³⁾. La particularité de la phase de réchauffement actuelle réside dans le fait qu'elle est profondément affectée et accélérée par les activités humaines. Aucune espèce vivante animale n'avait, du moins au cours du Quaternaire, contribué à perturber autant le fonctionnement naturel du système climatique global. Les prévisions établies par les groupements de scientifiques experts du climat prédisent, d'ici à la fin du siècle, une accélération de la remontée du niveau marin, de l'érosion des côtes et de l'appauvrissement de la biodiversité, faisant redouter une sixième extinction de masse⁽³⁴⁾. Devant ce constat et ces prévisions alarmistes, des volontés individuelles et politiques globales proposent des solutions de gestion durable des environnements, des ressources et une moindre atteinte aux climats de la planète.

Afin d'appréhender les stratégies d'adaptation ou de « fatalisme climatique » actuelles, rappelons que cette situation est inédite à l'échelle du Quaternaire. Cependant, les civilisations du passé ont déjà expérimenté des phases de réchauffement climatique, mais aussi de refroidissement : la dernière en date correspond au Petit Âge glaciaire qui s'était installé sur l'Europe entre le milieu du XIV^e siècle et la fin du XIX^e siècle. L'alternance de ces phases de modifications du régime des températures et des précipitations est largement due au fonctionnement propre de la planète. Il semblerait alors que l'humain n'ait eu qu'un rôle mineur, voire même inexistant, sur ces processus qui ne peuvent se concevoir qu'à l'échelle pluriséculaire, dépassant donc largement le cycle d'une vie humaine.

Une diversité des méthodes et techniques de reconstitution des paléoclimats : à l'interface entre sciences de l'environnement et sciences humaines et sociales

Le prélèvement de carottes de glace et les analyses isotopiques qui y ont été associées ont favorisé la reconstitution de l'histoire climatique de la Terre à l'échelle du Quaternaire, principalement aux pôles. Plus finement, les carottes marines et lacustres ont permis de combiner de nombreux indicateurs géochimiques, magnétiques et paléoécologiques afin d'obtenir des reconstitutions de plus en plus précises, parfois atteignant la décennie, et de rendre compte de phénomènes environnementaux sur des pas de temps réduits. Sur une échelle de temps couvrant essentiellement les deux derniers millénaires, des analyses dendrochronologiques⁽³⁵⁾ et la compilation des sources archivistiques relatives à la phénologie et aux dates des vendanges ont livré des renseignements sur la variabilité interannuelle des conditions atmosphériques, favorisant l'établissement de courbes paléoclimatiques de haute précision, rentrant ainsi en résonance avec les relevés minutieux obtenus au cours des XX^e et XXI^e siècles. Sur ce dernier point, les travaux de référence des historiens Emmanuel Le Roy Ladurie⁽³⁶⁾ et Georges Pichard⁽³⁷⁾ ont ouvert la voie pour obtenir des reconstitutions paléoclimatiques très fines depuis le Moyen Âge.

32. Lagunes, marais, etc.

33. Waelbroek, *et al.*, 2002.

34. Kolbert, 2014.

35. Étude et datation de la croissance des cernes des arbres.

36. Le Roy Ladurie, 1967.

37. Pichard, 1999 ; Pichard et Roucaute, 2014.



© Adobe Stock

Les relations humains-changements paléoclimatiques : vers un déterminisme environnemental ?

Les menaces environnementales actuelles pesant sur les sociétés humaines en contexte de réchauffement climatique ont également été scrutées pour les civilisations du passé. Une causalité entre des phénomènes d'aridité accompagnés d'une hausse des températures et des dommages irréversibles sur le fonctionnement sociétal a souvent été avancée. Ces phénomènes se répéteraient de manière cyclique au cours de l'Holocène : ce sont les *Rapid Climate Changes*⁽³⁸⁾ et *Bond Events*⁽³⁹⁾. Certains de ces événements, en de nombreux points semblables à celui que nous connaissons, auraient affecté les sociétés humaines du Néolithique et de la fin de l'âge du Bronze en Méditerranée orientale, au point de voir s'effondrer des civilisations pourtant établies depuis des siècles, voire quelques millénaires. Les Mycéniens et les Hittites auraient été victimes d'une très forte aridification du climat au début du XII^e siècle avant notre ère et ce, en quelques années seulement⁽⁴⁰⁾. Cependant, les phases de réchauffement climatique (à nuancer par rapport aux phénomènes d'aridité prolongés) ne sont pas toujours perçues de façon négative à l'échelle historique. Elles sont également considérées comme de possibles facteurs de développement et d'échanges entre les sociétés humaines du passé, comme nous l'indique le projet InterArctic dans l'extrême nord du continent américain. À une échelle de temps plus ancienne, la fin du « Sahara vert » ou de la période humide africaine⁽⁴¹⁾ correspond à une aridification sensible du climat vers le milieu de l'Holocène et pourrait expliquer, selon certains auteurs⁽⁴²⁾, l'afflux puis la concentration de populations humaines le long du Nil, expliquant ainsi l'émergence de la civilisation égyptienne au milieu de l'Holocène. Des populations implantées dans l'actuel Sahara oriental auraient ainsi connu un épuisement de la ressource en eau les poussant à se regrouper, puis à établir une société hiérarchisée, dans la vallée du Nil. À l'échelle du Quaternaire, les variations climatiques ont régulièrement été étudiées pour tenter d'évaluer leurs impacts sur les stratégies de diffusion des populations d'Hominiés depuis l'Afrique



© Matthieu Ghilardi

orientale : c'est tout l'objet du projet HADoC. Toutefois, il est important de ne pas céder au déterminisme climatique qui justifie l'évolution des fonctionnements sociétaux par des facteurs environnementaux : des stratégies de résilience individuelle, mais aussi communes, peuvent être élaborées en réponse à ces changements globaux. Ce fatalisme, ou déterminisme, climatique a d'ailleurs fait l'objet d'un programme de recherche MISTRALS⁽⁴³⁾. Le volet de recherche PALEOMEX⁽⁴⁴⁾ a été consacré à l'étude, de manière simultanée, des conséquences des changements climatiques holocènes sur les modifications environnementales et du fonctionnement sociétal à l'échelle du bassin méditerranéen. L'un des objectifs pluridisciplinaires était d'évaluer le degré de résilience de sociétés humaines, a priori archaïques (du moins dépourvues de technologies permettant une réactivité efficace), face à l'aléa environnemental et climatique⁽⁴⁵⁾. À partir de nombreux sites implantés sur les rives de la Méditerranée⁽⁴⁶⁾ et de ses grands systèmes insulaires, des collaborations internationales ont été établies entre des géographes-géoarchéologues, des paléoécologues, des géochimistes, des paléoclimatologues et des spécialistes issus des sciences humaines et sociales⁽⁴⁷⁾, permettant ainsi de prendre en compte les différents aspects de la reconstitution des impacts des changements climatiques sur les environnements et les fonctionnements sociétaux. Ces approches interdisciplinaires privilégiant une approche systémique des relations humains-climats-environnements sur le temps long constituent une étape indispensable pour appréhender les effets des changements globaux actuels et le degré de résilience des sociétés humaines actuelles et futures. Replacer les études en lien avec la vulnérabilité des populations du passé et de leur organisation sociétale face aux changements du climat, qu'ils soient sous forme de transitions ou de ruptures brutales, revêt donc une importance particulière dans le contexte d'accélération du phénomène global de réchauffement climatique. Le développement de projets interdisciplinaires sur cette thématique, avec des équipes françaises, constitue donc un enjeu scientifique où la communauté internationale est déjà bien mobilisée.

L'apport des paléoenvironnements dans la compréhension des modes de subsistance

Le Néolithique comme point de départ des révolutions agricoles ?

Le Néolithique et ses « révolutions »⁽⁴⁸⁾ a permis à *Homo sapiens* d'exploiter le milieu physique dans le but de domestiquer la nature et d'y développer notamment l'agriculture, et cela au détriment des écosystèmes. Certains auteurs dans le domaine de la paléoclimatologie considèrent même que le début du Néolithique pourrait être considéré comme la phase initiale de l'Anthropocène (*voir encadré plus haut*). La transition entre le Paléolithique/Mésolithique et le Néolithique a longtemps focalisé l'attention sur le développement de sites sédentaires où l'agriculture était pratiquée, rompant ainsi avec la seule dynamique des activités cynégétiques antérieures. L'étude du matériel archéologique était ainsi destinée à mieux connaître l'origine géographique des premiers agriculteurs de Méditerranée et les formes d'organisation de ces sociétés déjà sédentaires dans des structures similaires à de petits villages. L'intérêt des études paléoécologiques, à l'échelle intra-site, a tout de suite été mis en avant, notamment pour identifier le type de plante cultivée⁽⁴⁹⁾ et les espèces animales domestiquées⁽⁵⁰⁾. Le paradigme de la caractérisation du Néolithique, par sa révolution des pratiques, des méthodes et des techniques agricoles en particulier, est désormais scruté selon une possible antériorité de la présence de céréales sur le pourtour du bassin méditerranéen.

Des projets financés par l'ANR ont fortement contribué à renouveler ce dernier paradigme par l'étude de la consommation de céréales avant le Néolithique, au cours de périodes où les activités prédatrices et de récolte étaient prédominantes. Dans le cadre des programmes FOOD-RE et Starch4Sapiens, des analyses palynologiques réalisées sur des séquences lacustres datées de plusieurs centaines de milliers d'années, et prélevées sur le pourtour méditerranéen, ainsi que des études portant sur les structures amyliées présentes sur des restes dentaires d'humains vieux de plusieurs dizaines de milliers d'années, ont permis de démontrer que les populations humaines du Pléistocène consommaient déjà des céréales. Le défi scientifique est de statuer sur une possible domestication de ces plantes avant le Néolithique.

Un des axes forts des recherches à développer sur la diversité des pratiques et des activités agricoles repose sur leurs impacts sur les espaces naturels, notamment forestiers. Dans le cadre de préoccupations actuelles sur la quantification précise des conséquences des défrichements et de la déforestation dans le bilan carbone, en lien avec les pratiques agricoles, estimer l'importance de l'impact environnemental de la mise en valeur des terres dans le passé revêt un intérêt majeur. En effet, au-delà de l'altération, voire de la destruction complète d'environnements naturels au profit de l'accroissement des surfaces cultivables, une ambition serait d'obtenir, sur le long terme, des estimations de bilan carbone par habitant de la planète, en relation avec la production agricole et l'extension démographique pour différentes périodes culturelles, remontant ainsi quasiment au début de l'Holocène. Une approche diachronique faciliterait la comparaison de la situation actuelle avec celles du passé. Dans cette perspective, une modélisation multiagents des interactions sociétés humaines agricoles du passé/sensibilité et vulnérabilité des environnements végétaux de la planète serait à développer. La définition spatio-temporelle du début de l'agriculture intensive sur le temps long reste aussi à établir, de même

que la rupture entre la pratique vivrière vers le développement du commerce des produits issus du travail de la terre, aussi bien sur le plan économique qu'écologique et qu'agronomique.

Vers une extinction de masse de la faune sauvage à l'échelle d'*Homo sapiens* ?

L'épuisement des ressources animales sauvages d'origine continentale et marine dû aux pratiques de chasse intensive constitue un autre axe de recherche fondamental. Peu d'études sont à ce jour disponibles sur le temps long pour documenter le rôle de l'exploitation des milieux sur la disparition de certaines populations animales en relation avec les activités humaines⁽⁵¹⁾. Certaines espèces ont été victimes de surchasse dès la fin du Paléolithique et ont disparu : on pense notamment, en Europe, aux populations d'hippopotames nains de l'île de Chypre⁽⁵²⁾, au *Prolagus sardus* de Corse⁽⁵³⁾ qui fut très consommé au cours de la Préhistoire et de la Protohistoire, avant son extinction de l'île au cours du Moyen Âge certainement. Les grands cétacés avaient, pour leur part, quasiment disparu des océans au cours du XX^e siècle.

La reconstitution des environnements du passé peut donc, à ce titre, prendre une place importante dans le débat actuel sur une possible sixième extinction de masse des espèces animales et végétales de la planète. Plus précisément, l'un des enjeux serait par exemple de pouvoir caractériser et de quantifier, depuis le Pléistocène supérieur, le nombre d'espèces disparues en raison de la prédation humaine et de définir des environnements de référence pour chaque grande période chronoculturelle des différentes régions de la planète.

38. Mayewski, 2004.

39. Bond, *et al.*, 1993 et 1997.

40. Cline, 2014 ; Manning, *et al.*, 2023.

41. deMenocal, *et al.*, 2000.

42. Kuper et Kröpelin, 2006.

43. CNRS (INSU-INEE).

44. Lespez, *et al.*, 2016.

45. Événements de sécheresse prolongée par exemple.

46. Pourtour du golfe du Lion, mer Égée et Maghreb.

47. Archéologues, préhistoriens, historiens et épigraphistes.

48. Guilaine, 2001 et 2003.

49. Analyses de carpologie, de palynologie et d'antracologie.

50. Archéozoologie.

51. Barnosky, *et al.*, 2004 ; Sandom, *et al.*, 2014.

52. Simmons, 1988.

53. Vigne, 1987 et 1988.

Chapitre 3

Le financement des projets « paléoenvironnements et sociétés humaines » au sein du Plan d'action de l'ANR

Le Plan d'action de l'ANR se structure en quatre composantes transversales, chacune d'entre elles disposant d'un budget, d'instruments de financements, d'appels à projets et de programmes spécifiques :

- L'**Appel à projets générique (AAPG)** existe depuis 2014 et est structuré en 56 axes de recherche^[54]. Avant 2014, la programmation s'organisait autour d'**appels thématiques**^[55] et **non thématiques**^[56].
- **Les appels spécifiques** sont mis en place hors du calendrier habituel de l'AAPG afin de répondre à des besoins urgents de recherches, à une priorité décidée par l'État ou encore dans le but de mettre en compétition ou de faire collaborer des équipes de recherche afin de lever des verrous scientifiques ou technologiques majeurs : l'appel Flash^[57], les Challenges^[58] ou encore les appels Sargassum, Chlordécone et le programme d'accueil PAUSE-ANR Ukraine.
- Les instruments de financement permettant aux équipes françaises de participer à des **programmes européens et internationaux** avec, entre autres, le Montage de réseaux scientifiques européens ou internationaux (MRSEI), le tremplin-ERC, les initiatives de programmation conjointe européennes (JPI), Horizon 2020, Horizon Europe, Belmont Forum... De même, l'ANR met en place des appels à projets dédiés dans le cadre de **collaborations bilatérales** stratégiques pour l'État, telle que la collaboration franco-allemande en sciences humaines et sociales (FRAL).

· Une composante orientée sur le **partenariat public-privé** et le transfert des résultats de la recherche publique vers le monde économique : LabComs, Chaires industrielles, Instituts Carnot, Astrid et Astrid Maturation...

L'ANR est également opérateur de l'État pour la gestion de France 2030, lancé en 2021 à la suite des Programmes d'investissements d'avenir (PIA) dont les objectifs sont de stimuler l'emploi, de renforcer la productivité et d'accroître la compétitivité des entreprises françaises en favorisant l'investissement et l'innovation dans des secteurs prioritaires, générateurs de croissance. La partie 3 est ainsi dédiée aux projets financés dans le cadre de France 2030 sur la thématique du présent *cahier*.

54. Édition 2023.

55. Centré sur une thématique précise.

56. Appel ou programme BLANC, programme Jeunes Chercheuses Jeunes Chercheurs - JCJC et programme de retour post-doc.

57. Exemples d'appels Flash : Haïti, Japon, Asile, Ouragans 2017...

58. Exemples de Challenges : Malin, IA-Biodiv, MOBILEX...



Villa romaine de Piantarella. En haut, à gauche, la lagune de Sperone et à droite, celle de Piantarella. Bonifacio, Corse. © Gaël Brkojewitsch

Répartition des projets et subventions alloués

Entre 2005 et 2022, l'ANR a financé 97 projets dans le cadre du Plan d'action, pour un budget global de l'ordre de 35,5 millions d'euros. Leur répartition est très variable d'une année à l'autre (moyenne de 5,4 projets/an) mais présentant une relative stabilité sur les trois dernières années (figure 1).

Figure 1. Répartition annuelle des 97 projets financés



L'analyse de la période 2005-2022 montre une importante fluctuation interannuelle du nombre de projets soutenus, liée à une variabilité du nombre de dépôts. En 2010 par exemple, les appels thématiques « Changements Environnementaux Planétaires et Sociétés » et « Espace et Territoire » ont permis, en complément de l'appel BLANC, d'augmenter le nombre de projets financés. Plus récemment, le nombre élevé de projets sélectionnés

en 2020 et 2021 peut s'expliquer à la fois par la coexistence au sein de l'AAPG de deux axes de recherche « Interactions Homme-Environnement » et « Études du passé, patrimoines, cultures », dans lesquels la thématique des interactions entre les humains et leurs environnements était représentée, et par la mise en œuvre de la Loi de programmation de la recherche (LPR) qui a engendré une augmentation du budget d'intervention de l'ANR et des taux de sélection dès 2021.

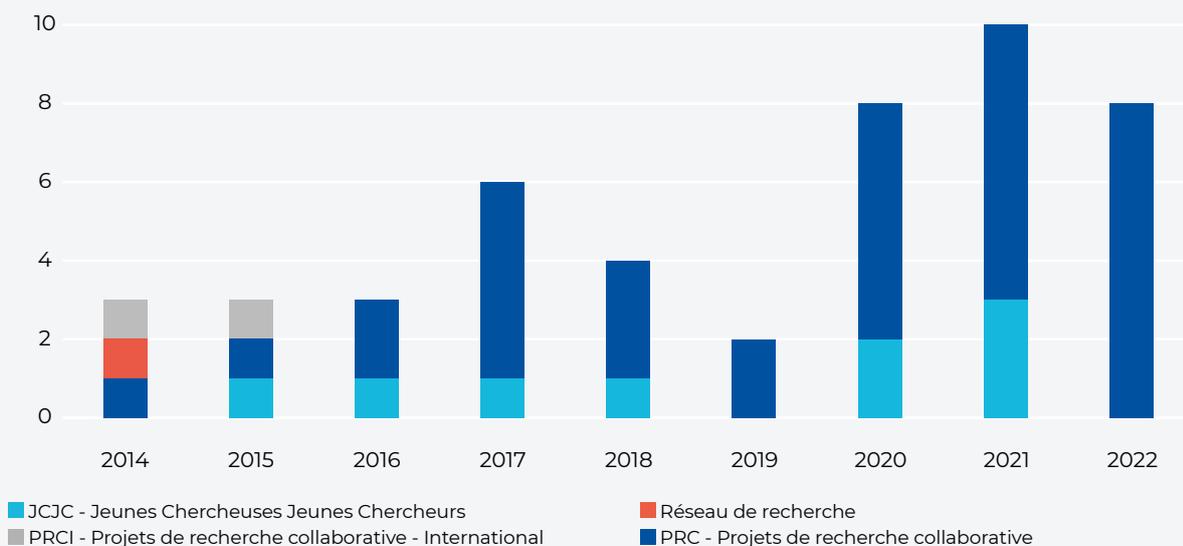
Tableau 1. Répartition des projets financés selon le type d'appel et de programme

Appels non thématiques	34
Appel BLANC (2005-2013)	22
Programme Jeunes Chercheuses et Jeunes Chercheurs - JCJC (2005-2013)	11
Retour Post-Doctorants - RPDOC (2009)	1
Appels thématiques	5
Changements Environnementaux Planétaires - CEP (2009)	1
Changements Environnementaux Planétaires et Sociétés - CEP&S (2010)	1
Espace et Territoire (2010)	1
Sociétés et Changements Environnementaux - SOC&ENV (2012)	1
Emergences et évolutions des cultures et des phénomènes culturels - CULT (2013)	1
Appel à projets générique (AAPG)	47
Axe « Interactions Homme-Environnement » (2014-2021)	18
Axe « Cultures, patrimoines » (2014)	1
Axe « Défi de tous les savoirs » (2015)	1
Axe « Études du passé, patrimoines, cultures » (2015-2022)	25
Axe « Physique subatomique - Sciences de l'Univers - Structure et histoire de la Terre » (2017)	1
Axe « Science de la durabilité » (2022)	1
Programmes européens et internationaux	11
Appel franco-allemand en Sciences Humaines et Sociales - FRAL (2007-2022)	9
Montage de Réseaux Scientifiques Européens ou Internationaux - MRSEI (2017)	1
JPI Patrimoine culturel – Conservation, Protection et usages (2020)	1

Les projets se répartissent sur 17 appels à projets ou programmes (tableau 1). Avant l'avènement du Plan d'action, les appels non thématiques ont financé la quasi-totalité des projets entre le BLANC (22 projets) et le programme Jeunes Chercheuses Jeunes Chercheurs (11 projets). Depuis 2014, l'Appel à projets générique (AAPG) a financé 47 projets, tandis que 11 projets ont reçu une subvention ANR dans le cadre de programmes européens ou internationaux (l'ANR finance exclusivement les partenaires français). La collaboration franco-allemande en sciences humaines et sociales (FRAL) a permis le financement de neuf de ces projets.

Au sein de l'AAPG, les projets retenus se concentrent principalement sur deux axes de recherche que sont l'axe « Interactions Homme-Environnement » avec 18 projets et l'axe « Études du passé, patrimoines, cultures » avec 25 projets. Depuis l'édition 2022, les projets traitant des environnements du passé et des interactions entre les sociétés humaines et leur environnement, notamment face aux changements globaux, ont été rattachés à ce dernier axe, mais pourraient également se retrouver – en fonction de l'objet et des méthodes d'étude, dans d'autres axes tels que « Sociétés et territoires en transition » ou « Science de la durabilité ».

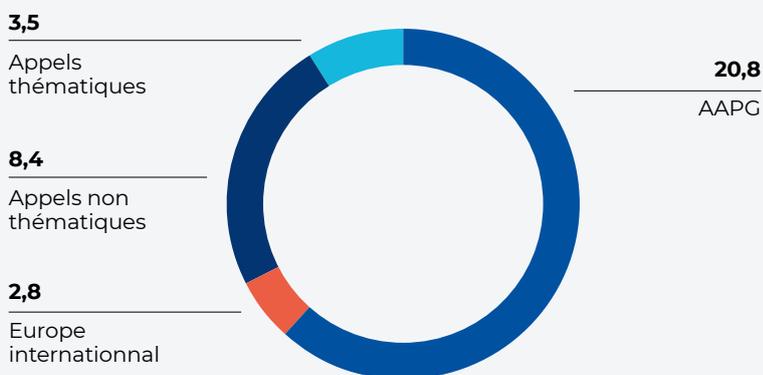
Figure 2. Répartition des projets par instrument de financement (AAPG)



Sur les 47 projets financés au sein de l'AAPG, 35 sont des projets de recherche collaborative (PRC), neuf sont des projets Jeunes Chercheuses Jeunes Chercheurs (JCJC), deux sont des projets de recherche collaborative à l'international (PRCI) avec l'Allemagne et la Suisse.

Enfin, un projet « réseau » de 24 mois, ayant pour objectif la constitution d'un réseau de chercheurs en France et à l'étranger afin de candidater par la suite à un appel européen, a été également financé.

Figure 3. Répartition de la subvention ANR par type d'appel à projets (en millions d'euros)



Sur les 35,5 millions d'euros alloués, près des deux tiers l'ont été dans le cadre de l'AAPG, près du quart dans des appels non thématiques (BLANC, JCJC, RP-DOC), environ 10 % dans des appels thématiques et 8 % environ dans le cadre de programmes européens ou internationaux.

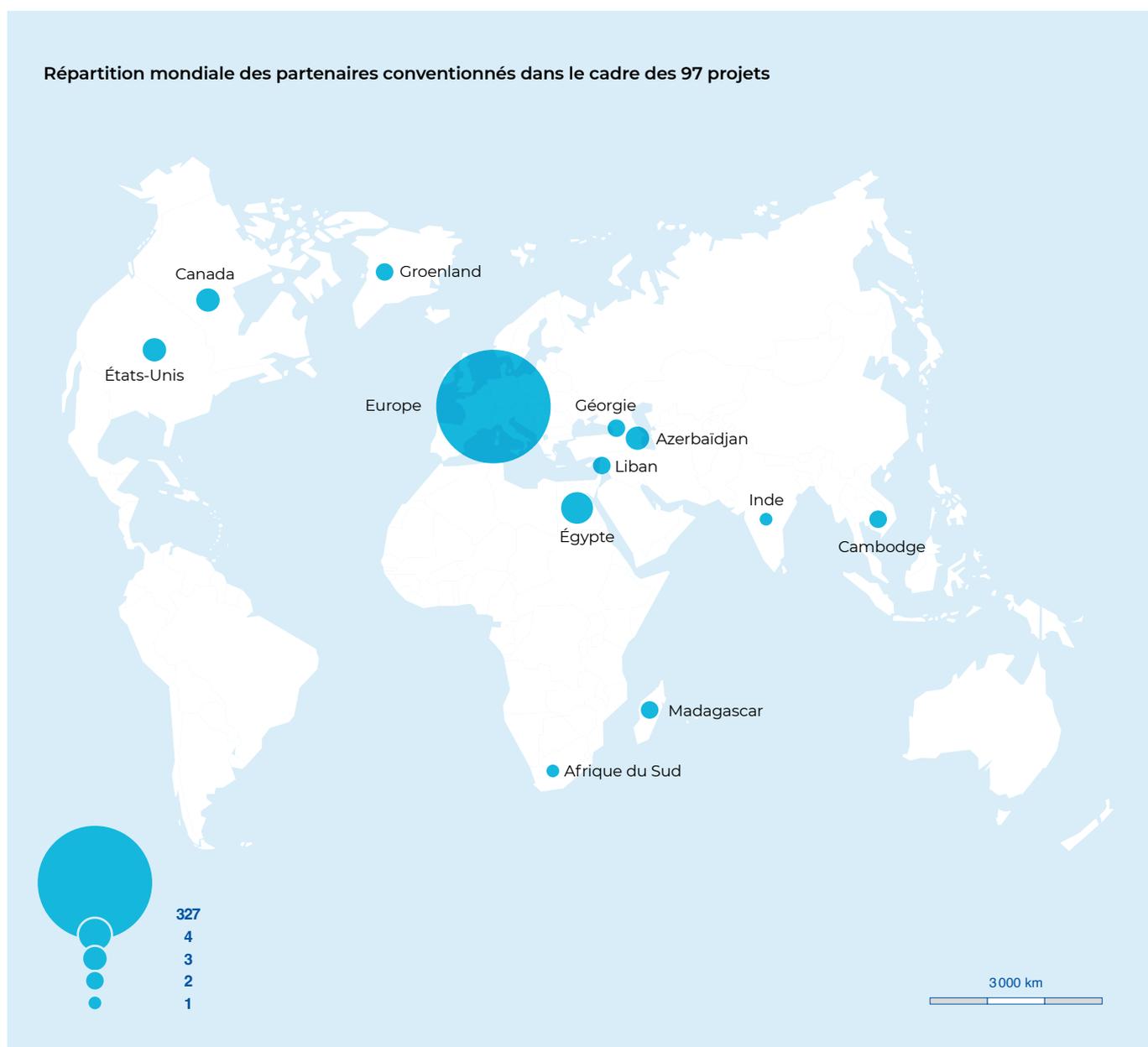
Cartographie des projets et des équipes

Origine géographique des équipes

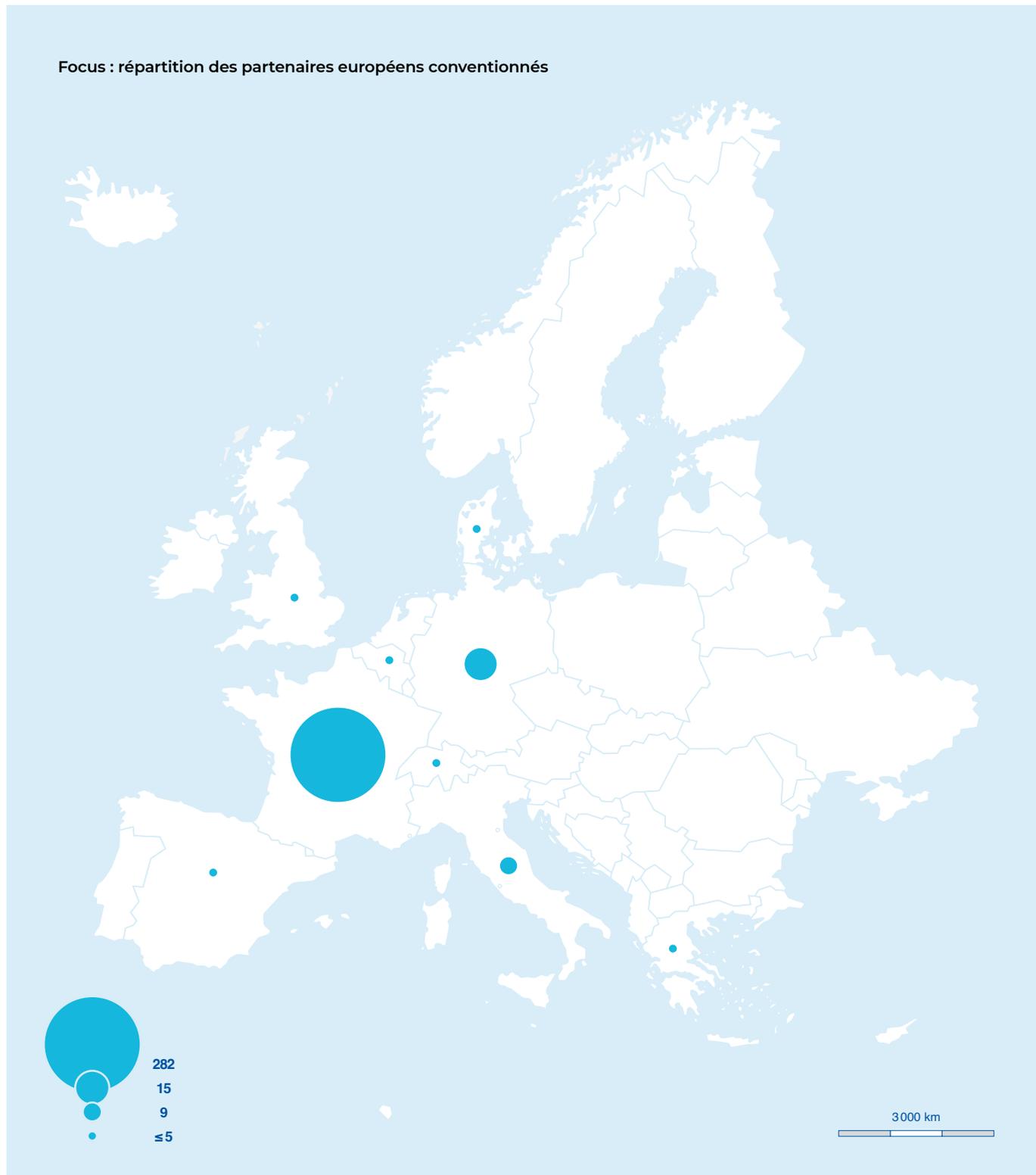
Les 97 projets ont mobilisé ou mobilisent 185 partenaires (124 en France, six écoles ou instituts français à l'étranger et 55 partenaires étrangers financés sur fonds propres ou sur d'autres sources).

Au total, l'ANR a conventionné 352 partenariats, un même partenaire pouvant participer à plusieurs projets⁽⁵⁹⁾.

59. Liste complète de ces partenariats en annexe



Focus : répartition des partenaires européens conventionnés



Répartition femmes-hommes

Que ce soit au niveau de la coordination du projet ou de la responsabilité d'une équipe partenaire, la proportion globale femme-homme est identique sur la période 2005-2022 : 41 % de femmes et 59 % d'hommes. Néanmoins, la variation interannuelle montre

que, certaines années, cette proportion s'équilibre (2018, 2020), voire s'inverse (2006, 2010, 2015, 2017, 2019 et 2021), pour la coordination. La proportion de femmes responsables d'équipe partenaire est en nette progression sur les trois dernières éditions.

Figure 4. Répartition des coordinateurs et coordinatrices par année

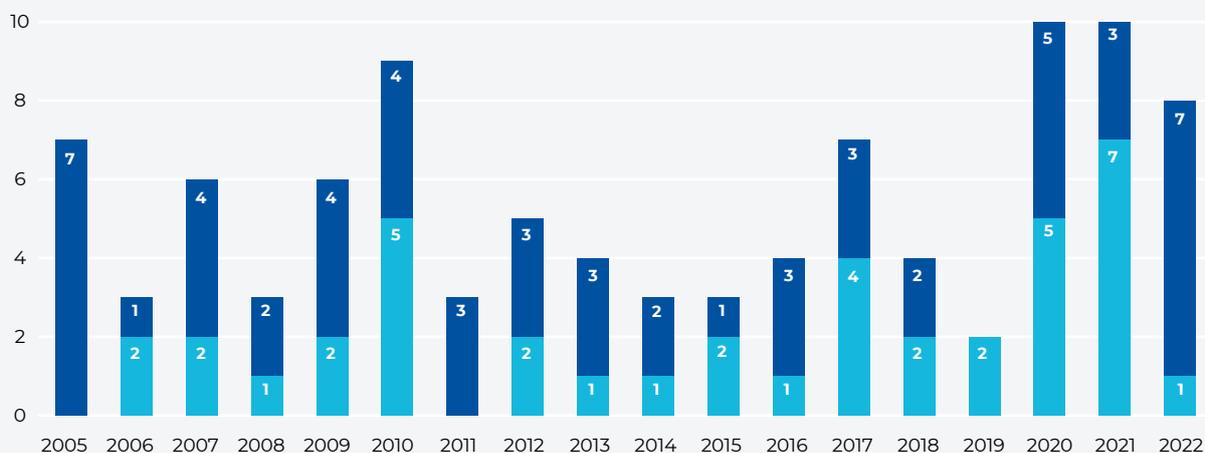
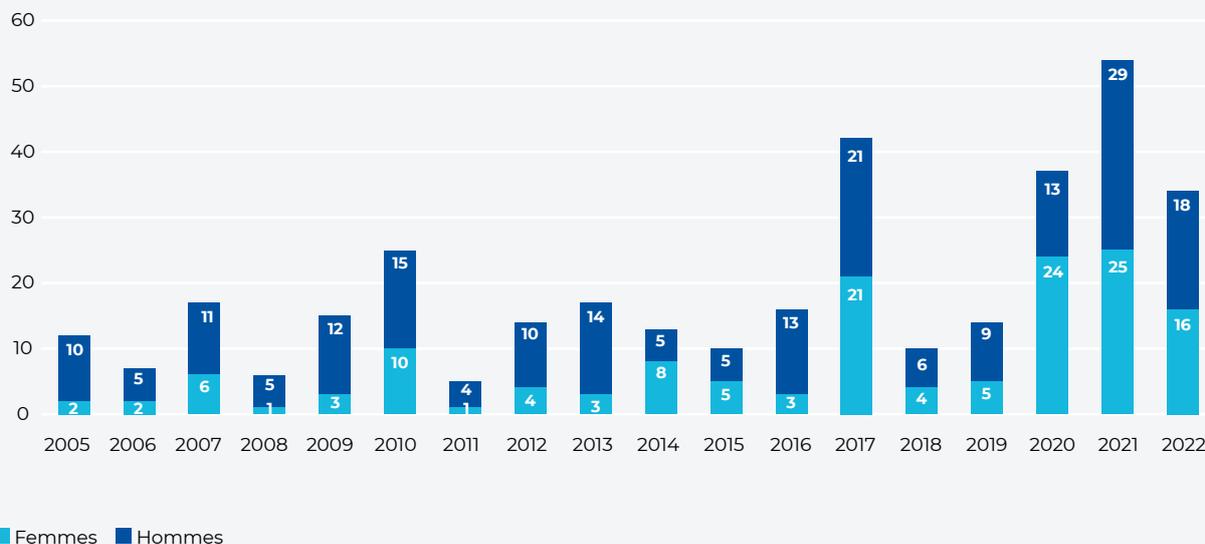


Figure 5. Répartition des responsables scientifiques partenaires de projets selon le genre par année

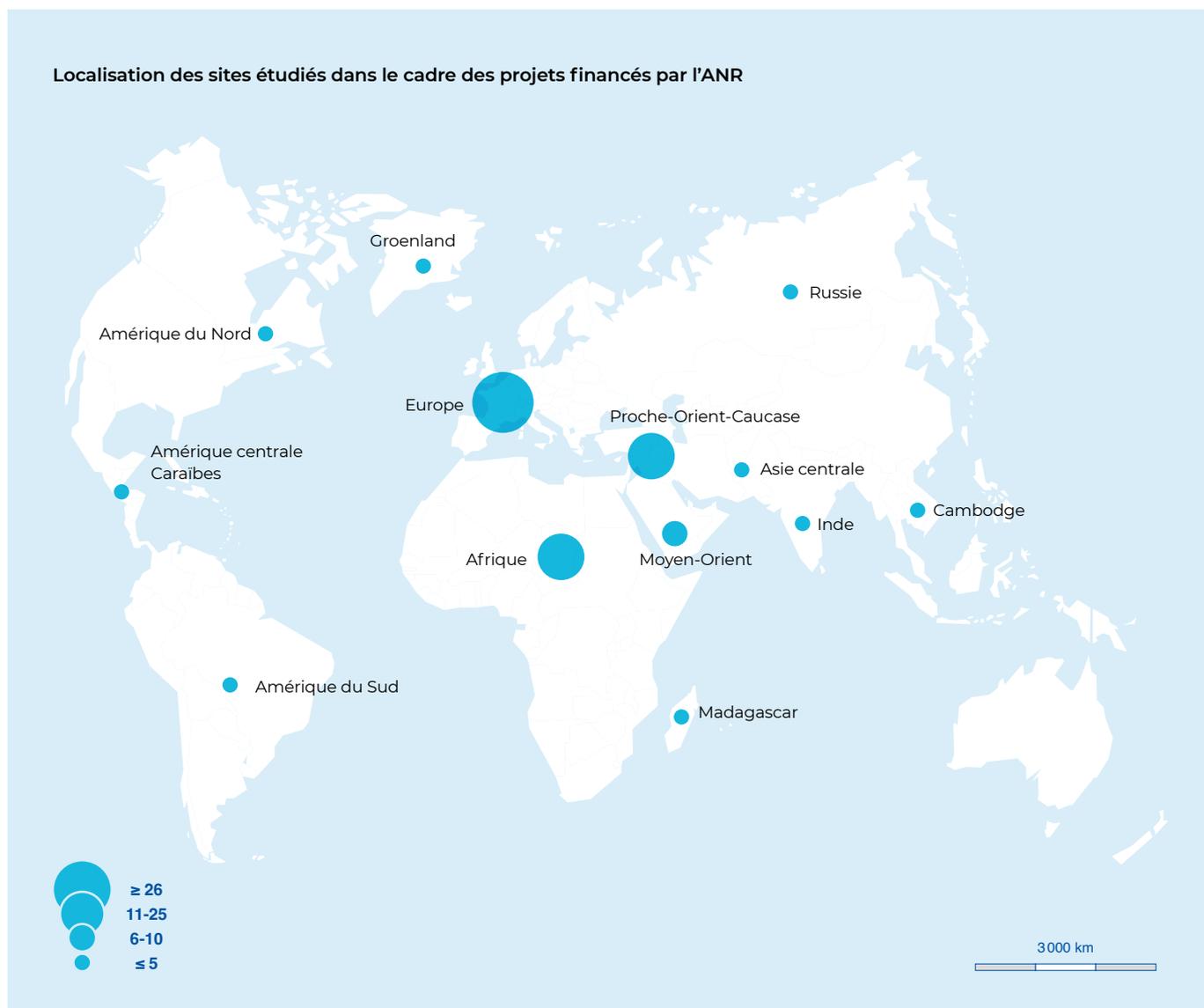


Femmes Hommes

Répartition géographique des projets

Parmi les 128 sites étudiés au sein des projets financés, quatre grandes régions d'étude se distinguent. 61 sites se situent en Europe, dont 30 en France métropolitaine. Le continent africain compte 25 sites d'étude, situés en majorité en Afrique du Nord (13 sites dont neuf en Égypte). Vient ensuite la région du Proche-Orient-Caucase qui comprend, entre autres, cinq sites en Géorgie, deux en Arménie et deux en Azerbaïdjan. Enfin, la quatrième région la plus étudiée dans les projets du *cahier* est le Moyen-Orient (huit sites) dont six sur la péninsule Arabique. Ainsi, le foyer principal d'étude s'étend du Maghreb actuel à l'Asie du Sud-Est suivant un axe ouest-est. Des foyers secondaires sont identifiés en Afrique subsaharienne et en Amérique du Sud

(Pérou-Brésil), tandis que certains secteurs n'ont livré que peu ou pas d'études pluridisciplinaires sur le sujet. C'est le cas notamment du continent nord et centre américain, de l'Océanie, de l'Extrême-Orient (Japon, Chine et Corée), de l'Europe du Nord (les îles britanniques, la quasi-totalité de la Scandinavie et de la région périphérique de la Baltique) et centrale, ou encore des milieux insulaires de Méditerranée et du Pacifique dans sa totalité. Ces zones « non explorées » par des équipes de recherche françaises sur le thème des interactions sociétés humaines du passé-environnements concernent tout de même une superficie très étendue, et environ la moitié de la population mondiale actuelle. Les territoires potentiels d'investigation sont donc encore nombreux.



Répartition thématique des projets

La répartition des 97 projets au sein des cinq groupes thématiques définis précédemment est assez homogène (figure 6). La répartition interannuelle est plus variable, les cinq groupes thématiques n'étant pas représentés à chaque édition (figure 7).

Le nombre plus faible de projets issus du groupe 4 mettant, en lien les sociétés humaines du passé face aux changements climatiques à l'Holocène, peut s'expliquer par le fait que de nombreux projets

financés par l'ANR abordent la question des changements climatiques au cours du Tertiaire ou du Quaternaire, mais que cela ne constitue pas forcément le thème central du projet. Il s'agit plus souvent de la possibilité de réaliser des analyses de laboratoire pour reconstituer les ambiances climatiques à partir d'archives sédimentaires prélevées en contexte archéologique par exemple.

Figure 6. Répartition des projets par thématique

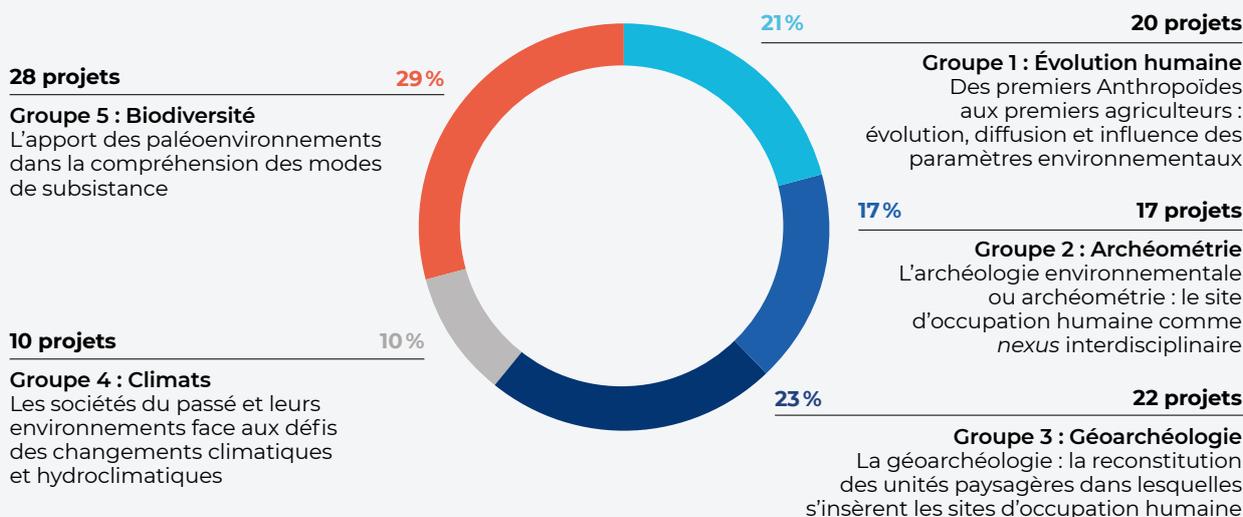
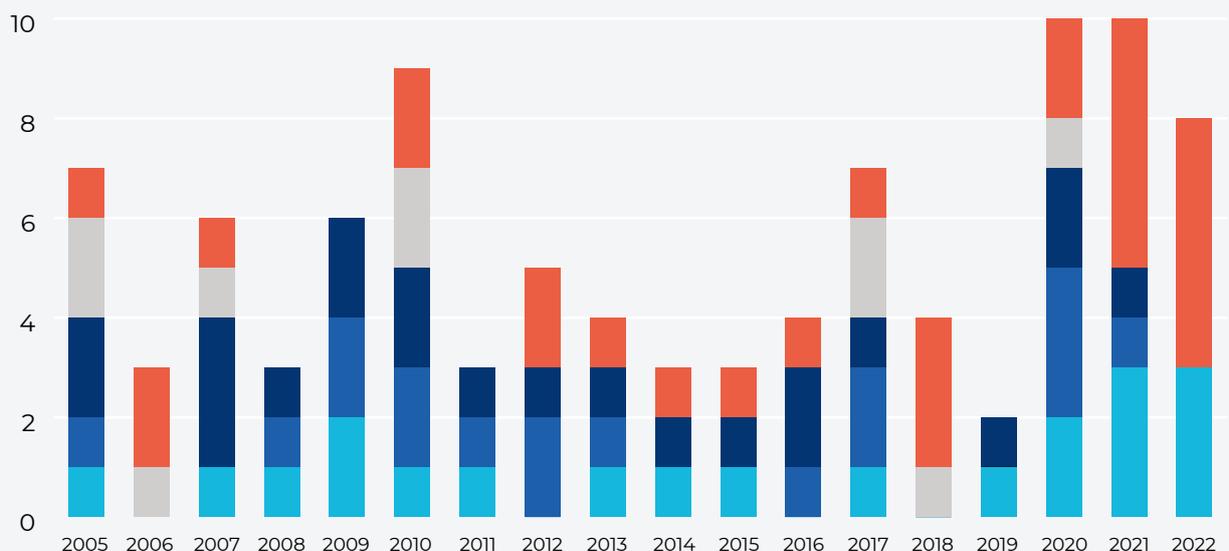


Figure 7. Répartition annuelle des projets par thématique



Groupe 1 : Évolution humaine
Des premiers Anthropoïdes aux premiers agriculteurs : évolution, diffusion et influence des paramètres environnementaux

Groupe 2 : Archéométrie
L'archéologie environnementale ou archéométrie : le site d'occupation humaine comme *nexus* interdisciplinaire

Groupe 3 : Géoarchéologie
La géoarchéologie : la reconstitution des unités paysagères dans lesquelles s'insèrent les sites d'occupation humaine

Groupe 4 : Climats
Les sociétés du passé et leurs environnements face aux défis des changements climatiques et hydroclimatiques

Groupe 5 : Biodiversité
L'apport des paléoenvironnements dans la compréhension des modes de subsistance

Chapitre 4

Bilan et perspectives

L'étude des projets financés dans le cadre du Plan d'action de l'ANR sur le thème des interactions entre les sociétés humaines du passé et leurs environnements au cours du Quaternaire et de l'Anthropocène, démontre que la collecte des données de terrain est indispensable pour faire progresser les connaissances en attestant, sur le temps long, du rôle prépondérant de l'humanité dans la modification des écosystèmes.

Les cinq groupes thématiques définis dans ce volume mettent ainsi en lumière les conséquences des activités humaines sur les différentes enveloppes de la Terre, amplifiées depuis l'avènement d'*Homo sapiens*. Ils montrent aussi combien l'étude interdisciplinaire de sites d'occupation humaine, replacés dans un contexte paysager évolutif, permet à la fois d'évaluer et de quantifier ces impacts, et de saisir le niveau de résilience des populations passées lorsqu'elles ont été confrontées à des changements globaux.

Homo sapiens : la nécessité de comprendre les conditions de sa présence exclusive depuis la dernière ère glaciaire quaternaire

À l'échelle du Quaternaire, la diffusion des différentes lignées d'Hominidés depuis l'Afrique orientale a, semble-t-il, été en grande partie déterminée par la modification des conditions environnementales. Cependant, des interrogations demeurent, en particulier sur les temporalités et les lieux de diffusion des Hominines. De vastes territoires restent encore à explorer, en particulier en Extrême-Orient, en Océanie et dans les Amériques.

Dater les vestiges et les situer dans un contexte paléopaysager évolutif constitue un point clé. Il nécessite d'améliorer la précision des datations en poursuivant les études paléoenvironnementales et en mettant en place une chaîne complète centralisée de maîtrise et d'application des différentes méthodes et techniques. Enfin, un autre enjeu majeur pour l'avenir concerne la compréhension des facteurs environnementaux qui ont conduit à la domination d'*Homo sapiens* sur les autres Hominines et à la disparition d'une grande partie de la mégafaune.

Les sites archéologiques comme référentiels des interactions humains-environnements dans une perspective de durabilité de gestion et d'aménagement des territoires

Les sites d'occupation humaine, replacés dans leur contexte environnemental évolutif, font l'objet en France, et dans le reste du monde, de fouilles programmées ou préventives impliquant de nombreuses disciplines. Ces recherches visent à reconstituer l'histoire de l'occupation humaine et à quantifier l'emprise des humains sur le milieu physicochimique et biotique. Chaque site devient ainsi une source d'information précieuse sur le passé et sur la reconstitution des interactions entre les environnements et les dynamiques d'occupation du territoire. La découverte régulière de structures lors d'aménagements favorise, à ce titre, l'obtention d'exemples précis et localisés sur l'exposition des sociétés humaines face à l'aléa et au risque environnementaux. En effet, l'étude des couches sédimentaires préservées permet de restituer finement les processus géomorphologiques pour lesquels les hydrosystèmes sont de puissants agents remodelant le paysage et influençant les logiques d'implantation des sociétés humaines. Une approche empirique de l'aménagement du territoire pourrait ainsi être adoptée, dans laquelle la mobilité spatio-temporelle des environnements et l'aléa

environnemental seraient systématiquement pris en considération. Cela permettrait d'aménager des structures de manière écoresponsable et en phase avec l'exposition aux risques environnementaux, en tenant compte des expériences passées.

Comprendre les effets des changements globaux sur les environnements : l'adoption d'une approche systémique élargie pour mieux comprendre l'aléa et prévenir les risques

L'approche systémique permet de mieux comprendre et de mesurer les interactions entre les sites d'occupation humaine et leurs environnements, en resituant ces sites dans leur contexte climatique, hydrologique, géomorphologique ou géologique régional. Il est souvent indispensable de changer d'échelle en se replaçant au niveau de l'unité paysagère géographique ou de l'hydrosystème continental ou littoral. Étudier les dynamiques et processus environnementaux qui affectent simultanément un ou plusieurs sites nécessite une échelle d'étude extra-site. Une attention particulière doit être accordée aux zones les plus exposées aux aléas et aux risques, celles où se concentrent les populations humaines de manière récurrente sur le temps long. On pense légitimement aux secteurs côtiers, vulnérables face à l'érosion littorale en contexte de remontée du niveau moyen de la mer, aux secteurs insulaires, menacés par la montée des océans comme par l'augmentation des phénomènes météorologiques extrêmes.

Les études paléoenvironnementales doivent à ce titre être encouragées pour documenter sur le temps long la récurrence de ces phénomènes déstabilisateurs pour les sociétés humaines actuelles, mais aussi celles du passé. Le niveau de résilience sociétale doit être évalué en parallèle au regard de l'expérience de ces populations exposées sur le temps long. Les récentes catastrophes naturelles en Turquie et en Syrie⁽⁶⁰⁾ soulignent l'importance de la documentation de l'histoire sismique des régions vulnérables et de l'évaluation de la résilience des populations sur le long terme. Les technologies de pointe ne sont pas suffisantes pour connaître



Les sédiments enregistrent la mémoire des actions des humains et du temps. Le géomorphologue lit dans la stratigraphie l'histoire des paysages, leur évolution et l'impact des activités humaines.

© Hervé Patier, Inrap

parfaitement un processus ou une dynamique à l'échelle d'une vie humaine. Repositionner ces événements du XXI^e ou du XX^e siècle sur une échelle de temps plus longue constitue une opportunité de préciser les paléointensités, mais aussi de mesurer la vulnérabilité des sociétés humaines. Les solutions fondées sur la nature pour la restauration écologique des hydrosystèmes continentaux et littoraux sont largement recommandées en ce début de XXI^e siècle pour des gestions souples et durables des paysages perturbés par les interventions humaines au cours des XIX^e et XX^e siècles. La définition d'environnements de référence doit se faire sur la longue durée, en se basant sur des reconstitutions paléopaysagères diachroniques pour obtenir des solutions de durabilité et de gestion adaptées localement et efficaces. Les écosystèmes doivent être appréhendés dans toutes leurs composantes.

Quelles stratégies pour affronter les changements climatiques futurs ? Puiser l'inspiration dans les expériences des civilisations du passé

Le débat sur la résilience des sociétés humaines face aux changements globaux et leurs conséquences est omniprésent dans la société. Les études paléoclimatiques et paléoenvironnementales utilisent un large panel analytique pour reconstituer les dynamiques du climat sur une échelle de temps oscillant entre quelques années et plusieurs millions d'années. L'interdisciplinarité exige de confronter les données issues de modélisations paléoclimatiques et de leurs impacts paysagers avec les stratégies d'adaptation des civilisations du passé. Il serait intéressant de comparer ces situations passées avec les stratégies de résilience actuelles, en étudiant par exemple l'histoire des épisodes de sécheresse afin d'en évaluer les conséquences socioéconomiques sur les populations anciennes. Des recherches interdisciplinaires comme le programme MISTRALS⁽⁶¹⁾ avait déjà amorcé ces réflexions au sein du volet PALEOMEX, qui explore les effets des changements climatiques rapides de l'Holocène sur les stratégies de développement de certaines civilisations de Méditerranée. La réponse face aux changements globaux actuels et futurs s'inscrit de manière interdisciplinaire dans l'identification et la compréhension de phénomènes du passé analogues à ceux observés actuellement. Comparer les données issues des sciences humaines et sociales avec les données paléoclimatiques, dans un débat interdisciplinaire et autour de problématiques communes, est capital pour mieux comprendre la vulnérabilité socioéconomique des populations du passé et la réponse des environnements face aux ruptures climatiques.

Restaurer la nature après le passage des humains : l'utilisation de référentiels environnementaux sur le temps long

Une autre préoccupation des populations de ce début du XXI^e siècle concerne aussi la vulnérabilité et la dégradation des écosystèmes, et en particulier l'érosion de la biodiversité face aux pressions anthropiques. Les recherches financées par l'Agence démontrent que les humains ont, de tout temps, exploité les milieux qu'ils fréquentent pour la consommation vivrière, entraînant la surexploitation, voire même l'extermination de la faune et de la flore, dès le Pléistocène supérieur.

Depuis la fin de la dernière ère glaciaire et avec l'accroissement démographique, les espaces naturels se sont réduits, transformant

les forêts primaires en prairies, en champs cultivés ou encore en centres urbains à la croissance exponentielle, en particulier dans les pays du Sud. Les territoires occupés par les humains ont continué de s'étendre au détriment de l'abondance et de la diversité des espèces animales et végétales. Là encore, replacer ce constat sur le temps long est essentiel pour saisir l'évolution de la dégradation de la biodiversité par les humains. Dans le futur, il serait judicieux de mener des recherches pour établir des bilans diachroniques de l'érosion de la biodiversité en lien avec l'histoire humaine et les changements paléoenvironnementaux. L'obtention de référentiels environnementaux offrira des possibilités de comparaison avec les situations remontant aux révolutions industrielles, pour lesquelles nous disposons de mesures précises. Un autre enjeu futur est la possibilité d'évaluer sur le long terme les effets de la transformation des écosystèmes de la planète, depuis la domestication des céréales jusqu'au développement de l'agriculture intensive. L'estimation de bilans carbone à différents endroits de la planète depuis l'avènement d'*Homo sapiens* représente également un défi scientifique majeur, dans la mesure où les émissions de gaz à effets de serre générées par les pratiques agricoles ont contribué à modifier le climat. Leur quantification constitue une problématique interdisciplinaire pour laquelle peu d'éléments sont disponibles, notamment en ce qui concerne la transition entre le Mésolithique et le Néolithique ainsi que durant l'Antiquité.

Partager les acquis scientifiques pour proposer une gestion et un aménagement durables des environnements : la recherche comme moteur de prise de conscience politique, économique et sociale

Les nombreuses pistes de recherche évoquées dans ce *cahier* pour chacune des cinq grandes thématiques feront l'objet d'un colloque de restitution. Organisé le 23 mai 2023, il réunira des acteurs des institutions de la recherche française ainsi que des élus et des représentants de l'État chargés de la mise en œuvre des politiques d'aménagement du territoire.

L'objectif de ce colloque interdisciplinaire est de proposer une meilleure intégration des études paléoenvironnementales dans les modélisations de l'impact des activités humaines sur les environnements. Il favorisera également les échanges entre les communautés scientifiques, habituées à mobiliser leurs méthodes et techniques sur les problématiques liées au passé, et les acteurs impliqués dans préservation des écosystèmes et paysages, dans l'aménagement du territoire et dans la gestion des patrimoines, plus orientés vers le présent et l'avenir. Les scientifiques pourront ainsi apporter des éléments de compréhension aux décideurs publics en charge de préparer la société au défi des changements paysagers d'ici à 2050, voire 2100.

60. Série de tremblements de terre enregistrés au cours du mois de février 2023 et qui a fait environ 45 000 morts, pour environ 35 milliards d'euros de dégâts.

61. CNRS (2010-2020).

PARTIE 2

PANORAMA DES PROJETS FINANCÉS PAR LE PLAN D'ACTION DE L'ANR

L'Agence nationale de la recherche (ANR) remercie les coordinateurs et les coordinatrices des projets qui ont fourni les informations pour la réalisation des fiches projets illustrant ce panorama. Cette sélection témoigne de la diversité des actions et dispositifs de financement mobilisés par l'ANR dans le cadre de son Plan d'action pour la recherche sur les interactions entre les humains et leurs environnements.

p. 36

Chapitre 1

Des premiers Anthropoïdes aux premiers agriculteurs : évolution, diffusion et influence des paramètres environnementaux

p. 58

Chapitre 2

L'archéologie environnementale et l'archéométrie : le site archéologique comme *nexus* pluridisciplinaire

p. 80

Chapitre 3

La géoarchéologie : la reconstitution des unités paysagères dans lesquelles s'insèrent les sites d'occupation humaine

p. 106

Chapitre 4

Les sociétés du passé et leurs environnements face aux défis des changements climatiques et hydroclimatiques

p. 122

Chapitre 5

L'apport des paléoenvironnements dans la compréhension des modes de subsistance

Chapitre 1

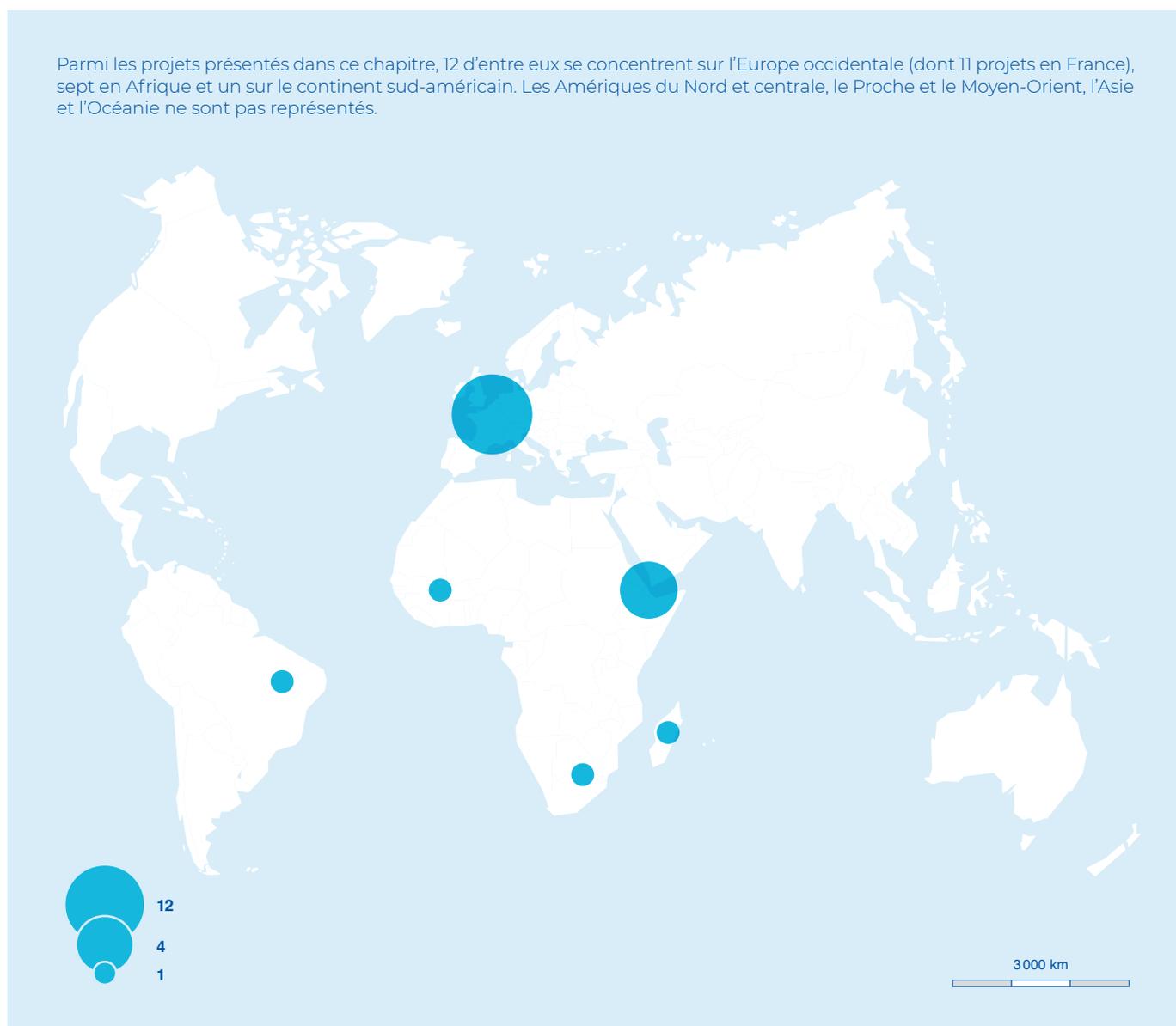
Des premiers Anthropoïdes aux premiers agriculteurs : évolution, diffusion et influence des paramètres environnementaux

Ce premier ensemble concerne 20 projets financés⁽¹⁾. Leur répartition interannuelle indique une période féconde entre 2005 et 2014 (neuf projets financés), puis un ralentissement entre 2015 et 2018 (deux projets) et, enfin, un fort regain de dynamisme entre 2019 et 2022 (neuf projets). Parallèlement à certains programmes de

recherche initiés au milieu des années 2000 (ECLIPSE⁽²⁾), plusieurs projets financés au début de la création de l'Agence se sont attachés à étudier l'origine et l'évolution des Anthropoïdes, des Homínidés et de leurs environnements végétaux et climatiques au cours de l'ère géologique tertiaire.

Répartition géographique des projets financés

Parmi les projets présentés dans ce chapitre, 12 d'entre eux se concentrent sur l'Europe occidentale (dont 11 projets en France), sept en Afrique et un sur le continent sud-américain. Les Amériques du Nord et centrale, le Proche et le Moyen-Orient, l'Asie et l'Océanie ne sont pas représentés.



1. Tous les projets n'ont pas fait l'objet d'une fiche synthétique.
2. CNRS.



Depuis 2005, l'origine des Hominidés et des Hominines d'Afrique, et leur diffusion vers le reste du monde sont au cœur des recherches.
© Adobe Stock

Panorama des thématiques abordées

Parmi les grands axes thématiques traités depuis 2005, la question de l'origine et de la diffusion des Hominidés et Hominines depuis l'Afrique orientale vers le reste de la planète durant les Tertiaire et Quaternaire demeure centrale. Les relations paléobiogéographiques et de parenté entre les Hominidés du Miocène supérieur d'Afrique centrale et orientale sont particulièrement ciblées, de même que le rôle joué par les modifications environnementales dans l'émergence des préhumains plus récents. Les projets Evol. Humaine et EVAH se sont notamment attachés à déterminer l'influence des conditions hydroclimatiques et géologiques sur l'évolution de la végétation et des ressources hydriques et de leurs impacts sur les trajectoires de diffusion des premiers Anthropoïdes et Australopithèques. En particulier, l'équipe pluridisciplinaire, constituée autour de Michel Brunet, était dès le milieu des années 1990, l'une des rares à conduire sur le plan international l'ensemble des recherches, depuis la découverte d'un fossile sur le terrain jusqu'à l'interprétation de son évolution, de ses relations de parenté et de son paléoenvironnement, ceci dans un contexte où la compétition internationale était particulièrement vive. Sur ce thème, et à une échelle de temps similaire, vers -40 millions d'années (Ma), l'ANR a soutenu le projet Dispersal, dans le cadre de son dispositif Tremplin ERC, dont le thème majeur porte sur l'influence des paramètres tectoniques et climatiques dans la dispersion des premiers primates, reprenant ainsi ces recherches pionnières conduites dans la seconde moitié des années 2000. Ce projet a par la suite bénéficié d'un financement de l'ERC.

Deux projets sont consacrés à documenter les conditions environnementales des espèces du genre *Homo* au cours du Pléistocène moyen il y a environ 700 000 ans en Europe de l'Ouest (PremAcheuSept) et du contexte global de l'émergence des Néandertaliens il y a 450 à 350 000 ans (NEANDROOTS). L'importance et la portée internationale des avancées scientifiques de PremAcheuSept ont d'ailleurs été confirmées par l'obtention d'un financement (2023-2027) de l'ERC⁽³⁾.

Neuf projets se sont attachés à caractériser l'évolution et la dispersion des populations humaines en lien avec le changement des environnements au cours du Paléolithique moyen/supérieur, en Afrique occidentale (CHerCHA), en Afrique orientale (Big Dry et NILAFAR) et méridionale (The MileStone Age) ainsi qu'en direction de l'Amérique du Sud (SESAME) et en direction de l'Europe (NeHos et TransPyr). La caractérisation des modifications paléoenvironnementales expérimentées par les populations humaines composées de chasseurs-cueilleurs s'est même étendue jusqu'au Tardiglaciaire pour l'Europe (sud et ouest de la France) via les projets TARDMED et Magdatis.

Les secteurs géographiques de la planète ayant fait l'objet d'une diffusion tardive (Holocène à Holocène récent) d'*Homo sapiens* sont également étudiés et ont notamment fait l'objet d'un projet à Madagascar (Madeogen). De futures recherches pourraient d'ailleurs inclure les espaces géographiques les plus récemment occupés par les humains, que ce soit dans l'océan Indien ou dans l'océan Pacifique.

Enfin, quatre projets s'intéressent aux conditions environnementales et sociétales d'émergence du Néolithique, période succédant au Mésolithique qui a également fait l'objet de recherches dans le cadre de deux projets financés par l'Agence (Mésonéo et GEOPRAS). À la fin du Mésolithique, des modifications importantes dans la structuration de la société s'opèrent avec une transition vers la sédentarisation des êtres humains. La diffusion spatio-temporelle du Néolithique en Europe occidentale a notamment fait l'objet de deux projets : OBRESOC et PROCOME. Deux projets s'intéressent ensuite plus particulièrement au rôle et à la place des femmes au sein de ces populations nouvellement sédentaires du Néolithique : NEOGENRE et WomenSOFar.

Aux origines d'*Homo sapiens* : le temps long pour chronomètre

L'évolution humaine s'est accompagnée de nombreuses phases de diffusion depuis ce qui est considéré comme le foyer originel situé en Afrique orientale. L'influence des paramètres géologiques, géomorphologiques (notamment les variations des lignes de rivage dans les plans horizontal et vertical) et climatiques semble avoir joué un rôle important dans l'orientation des trajectoires de diffusion des populations du genre *Homo*.

Du Tertiaire au Quaternaire inférieur : l'origine du genre *Homo* en Afrique

Appréhender l'évolution et la mobilité géographique des préhumains (Anthropoïdes à Hominidés) s'inscrit dans la durée des temps géologiques, dépassant ainsi très largement la perception temporelle de l'homme moderne, qui correspond bien souvent au « temps de l'ingénieur ».

Ainsi, il faut remonter au cours de l'ère tertiaire (vers -40 Ma) et faire défiler l'histoire du temps à travers l'Oligocène, le Miocène, le Pliocène et l'ensemble du Quaternaire pour mieux apprécier la diffusion spatio-temporelle des premiers Anthropoïdes et Hominidés depuis l'Afrique centre-orientale en direction du reste de l'Afrique et de l'Eurasie. La reconstitution des environnements géologiques, hydrologiques et végétaux a été rapidement au centre des problématiques scientifiques pluridisciplinaires développées par la paléanthropologie dans le but de reconstituer les grands paysages associés à la mise au jour des restes osseux fossilisés en contexte stratigraphique. La prise de conscience de l'influence de la configuration des paysages, de l'évolution climatique et du forçage tectonique sur ces transformations a donc été réalisée de manière transdisciplinaire.

Travailler en contexte stratigraphique géologique nécessite une mobilisation de méthodes et techniques vouées à évoluer pour relever en permanence le défi de l'accroissement de la précision des résultats et de la réduction des marges d'erreur.

Ainsi, les datations par nucléides cosmogéniques, dont la France est l'un des pays référents à l'échelle internationale⁽⁴⁾, ont favorisé la datation des strates géologiques avec une grande précision, permettant à des équipes françaises d'avoir, par exemple, daté Toumaï vers -7 Ma⁽⁵⁾ dans le cadre des projets Evol. Humaine et EVAH. En complément du développement de ces méthodes de datation cosmogéniques, la caractérisation des paysages végétaux repose en grande partie sur l'identification de grains de pollens et des phytolithes dans les dépôts de bassins sédimentaires, servant d'encaissant aux vestiges paléontologiques découverts. Les sciences de la Terre et du vivant s'associent ainsi dans ce cadre de

problématiques originellement paléanthropologiques où la difficulté de mettre au jour de nouveaux spécimens d'Australopitèques est continuellement présente en raison d'une part, du faible nombre d'individus vivants à cette époque et, d'autre part, de milieux sédimentaires de conservation optimale très réduits à la surface du globe.

Le Quaternaire moyen à supérieur : l'émergence de Néandertal en Europe

La question de la datation de l'Acheuléen (industrie lithique attestée en Afrique vers -1,8 Ma) en Europe de l'Ouest, depuis l'Afrique, a été au cœur du projet PremAcheuSept, où l'identification du matériel lithique dans des contextes de sédimentation favorables à leur préservation s'est accompagnée d'une reconstitution des environnements fréquentés il y a environ 700 000 ans, dans le nord de la France, dans la carrière Carpentier à Abbeville (le site de Saint-Acheul situé dans la région d'Amiens a donné son nom à la culture matérielle acheuléenne).

Le projet NEANDROOTS s'attache pour sa part à caractériser le contexte environnemental d'émergence des Néandertaliens en Europe de l'Ouest il y a environ 400 000 à 500 000 ans. Le développement de Néandertal, qui ne s'est probablement pas opéré depuis l'Afrique, occupe aujourd'hui une place particulière dans la recherche paléanthropologique à l'échelle internationale pour laquelle l'Eurasie apparaît comme un terrain majeur d'investigation.

L'une des préoccupations majeures du début du XXI^e siècle concerne la coexistence et la cohabitation d'*Homo sapiens* avec d'autres humains tels que les Néandertaliens (NeHoS), ou les Dénisoviens, posant aussi plus largement la question des conditions particulières d'émergence et de déclin des autres espèces sur le temps long. La question de l'hégémonie d'*Homo sapiens*, et la disparition simultanée des autres types d'Hominines, demeure un champ d'investigation porteur.

L'influence des paramètres environnementaux dans la diffusion des populations humaines au cours de la dernière période glaciaire et du Tardiglaciaire

L'ensemble des terres émergées de la planète semble porter la trace d'une présence humaine liée en particulier à *Homo sapiens*, certaines régions ayant été habitées plus tardivement que d'autres : ainsi, l'Amérique du Sud aurait été occupée vers -50 000 ans (SESAME), alors que Madagascar n'est occupée que depuis trois millénaires (Madeogen) et que la Polynésie française, la Nouvelle-Zélande ou la Nouvelle-Calédonie ne le sont que depuis seulement un millénaire environ. Cela signifie-t-il pour autant qu'il n'y a jamais eu de fréquentation de la part de populations plus anciennes dans des contextes de plus bas niveau de la mer lors des stades glaciaires du Quaternaire ?

3. Projet Why late earliest occupation of Western Europe ? (LATEUROPE).

4. LN2C, Aix-en-Provence.

5. Lebatard, et al., 2008 et 2010.

L'archéologie, la paléanthropologie et la paléontologie sont confrontées à des limites fortes d'investigation, causées par l'évolution des conditions environnementales et des phénomènes d'érosion/accumulation sédimentaire qui peuvent rendre invisibles à jamais des vestiges très anciens.

En Amérique du Sud

La diffusion d'*Homo sapiens* en direction du continent sud-américain demeure un champ d'investigation scientifique controversé : la datation d'une arrivée s'orienterait vers -50 000 ans et concorderait ainsi avec un plus bas niveau des océans (dans le secteur du détroit de Béring) situé à environ 100 m en dessous de sa position actuelle. Au cours de cette période, des conditions glaciaires régnaient et un inlandsis couvrait la région située sur le Canada actuel et l'Alaska, rendant assez difficile le passage à pied depuis l'Extrême-Orient vers les Amériques. Cependant, il semblerait que l'occupation pionnière du continent sud-américain aurait également pu se faire par l'est, depuis les côtes européennes et africaines par cabotage.

Le projet SESAME ambitionne de dater précisément la temporalité de diffusion des populations à travers l'ensemble du continent sud-américain (en direction du Brésil) en synthétisant les très nombreuses datations par le radiocarbone acquises sur des sites où du matériel lithique incontestable a été découvert. La réalisation de carottages en milieu marin et continental lacustre facilitera des reconstitutions paléoclimatiques et paléoécologiques pour offrir un cadre paléoenvironnemental de référence. L'application d'analyses isotopiques facilitera l'obtention de données très précises d'un point de vue paléoclimatique. L'ambition d'appréhender les modifications hydroclimatiques et leurs impacts sur les sociétés de chasseurs-cueilleurs du Paléolithique supérieur est similaire pour d'autres secteurs de la planète.

En Europe

Le projet TransPyr vise à documenter les dynamiques de peuplement dans le sud-ouest de la France au cours d'une phase de refroidissement climatique prononcé il y a 50 000 ans environ et ce, en pleine ère glaciaire. Les projets TARDMED et Magdatis sont les seuls à s'intéresser à la question de l'état des conditions paléoenvironnementales au cours du Tardiglaciaire (prolongement climatique du dernier maximum glaciaire, précédant l'Holocène) dans le sud de la France, et plus particulièrement le long du littoral atlantique et de la vallée du Rhône, cette dernière étant probablement une zone de rencontres et d'échanges entre populations humaines.

En Afrique

En ce qui concerne l'Afrique nord-orientale (région éthiopienne), et dans le cadre du projet NILAFAR, le prélèvement, puis l'étude en laboratoire de carottages lacustres, permettra de reconstituer les variations du niveau de ces lacs en zone tropicale et de mieux cerner les impacts d'origine anthropique sur le couvert végétal au moment de la diffusion des pratiques agricoles au cours de l'Holocène.

Entre le rift éthiopien et la vallée du Nil, le projet Big Dry s'est intéressé aux dynamiques d'occupation des populations d'*Homo sapiens* au cours du dernier maximum glaciaire, entre -40 000 et -10 000, marqué par des conditions climatiques et environnementales particulières.

En Afrique occidentale, et toujours pour le dernier maximum glaciaire, des vallées fluviales ont été étudiées pour reconstituer les dynamiques de l'occupation humaine et du fonctionnement

hydrosédimentaire des cours d'eau dans le cadre du projet CHERCHA. L'utilisation de la méthode de datation par luminescence stimulée optiquement (OSL) a été mise en œuvre afin de reconstituer le fonctionnement hydrosédimentaire de cours d'eau pendant les Quaternaires moyen et supérieur et de dater de manière assez précise des sites d'occupation en contexte d'hyperaridité climatique. Le projet The MileStone Age met également en œuvre la méthode de datation OSL, en combinaison avec celle de l'Uranium-Thorium, pour reconstituer la chronologie des occupations humaines et les environnements fréquentés au cours du Pléistocène supérieur en Afrique australe.

La luminescence stimulée optiquement (OSL)

La méthode de datation OSL est aujourd'hui en plein développement dans plusieurs unités de recherche en France, car elle se prête très bien au temps long du Quaternaire et aux études géomorphologiques en contexte d'accumulation sédimentaire d'origine karstique, fluviale, fluvio-lacustre, voire lacustre. Des perspectives de développement et d'installation d'un laboratoire national sont à envisager dans les années à venir afin de pouvoir rester compétitif sur le plan international, dans le cadre d'appels à projets européens notamment. Il apparaît donc majeur que la France puisse se doter de l'ensemble des géochronomètres existants dans la perspective de pouvoir les mobiliser pour dater l'ensemble des paléoenvironnements de la planète à l'échelle des temps géologiques.



© Adobe Stock



Reconstitution d'un village néolithique de Choirokitia, Chypre.
© Matthieu Ghilardi

Vers une meilleure compréhension des processus de sédentarisation depuis la fin de la dernière glaciation

La fin de la dernière grande époque glaciaire se caractérise par le passage de populations mobiles dans l'espace, qui s'appuient sur des activités cynégétiques et de récolte, à des groupes structurés et sédentarisés autour de petits villages dès le début de l'Holocène en Mésopotamie, puis en Méditerranée orientale (île de Chypre). Les périodes du Mésolithique et du Néolithique ancien s'affichent donc comme des phases charnières de transition et ont été particulièrement scrutées dans le cadre des projets Mésonéo, OBRESOC, PROCOME et GEOPRAS. La question de la reconstitution des modes et trajectoires de diffusion du Néolithique en Europe centrale et occidentale est placée au cœur des projets OBRESOC et PROCOME, pour lesquels les paramètres environnementaux sont particulièrement étudiés afin d'apprécier les impacts des activités humaines sur l'exploitation des ressources animales et végétales, de même que la mobilité des grands paysages.

Pour sa part, GEOPRAS a pour cadre d'étude le littoral atlantique de la France et s'attache à reconstituer les interactions entre les populations humaines du Mésolithique et les environnements côtiers qu'elles ont fréquentés et exploités, à une époque où le niveau des mers était environ 30 m en dessous de son niveau actuel et une position du trait de côte sensiblement différente. L'une des difficultés de l'étude des périodes du début de l'Holocène repose justement sur la submersion des côtes contemporaines du Mésolithique et du Néolithique en raison de la transgression marine rapide post-glaciaire qui a contribué à rendre difficile l'identification des sites d'occupation de ces deux périodes. La submersion, l'érosion ou la fossilisation par les sédiments marins des sites rattachés à ces deux périodes de la Préhistoire sont des paramètres paléoenvironnementaux qui limitent très fortement leur identification. Une partie des recherches futures pourrait s'orienter vers des prospections sous-marines d'étude des sites d'occupation humaine préhistorique où les reconstitutions paléoenvironnementales et géomorphologiques seraient des étapes préalables et incontournables, pour notamment restituer la mobilité des littoraux et du

tracé du réseau hydrographique. L'objectif serait de proposer des reconstitutions paléogéographiques diachroniques afin de pouvoir proposer des cartographies de potentialité d'occupation humaine.

L'intégration récente de la question du genre dans l'étude des sociétés humaines du passé

Au début des années 2020, deux ouvrages⁽⁶⁾ ont mis en lumière la place que les femmes occupaient en particulier au Néolithique, aussi bien dans les formes de sa représentation symbolique dans la culture matérielle que dans la place dont elles bénéficiaient au sein des communautés villageoises : division sexuelle du travail, pouvoir au sein de la famille et/ou, de la communauté. Analyser les rôles et les rapports sociaux hommes-femmes sur les temps anciens, c'est déchiffrer leurs activités, statuts ou comportements respectifs, et plus spécifiquement leurs interactions, leurs éventuels rapports de pouvoir et de domination.

L'ANR a financé deux projets traitant de cette thématique, aujourd'hui problématisée pour nos sociétés humaines actuelles, NEOGENRE et WomenSOFar. Les études ostéologiques développées à partir de restes d'êtres humains prélevés en contexte de fouilles archéologiques favoriseront une meilleure connaissance des stratégies d'adaptation (sevrage, mobilité des tout-petits) et les liens potentiels entre état sanitaire, marqueurs d'activité et modes de subsistance. Ces recherches sont au cœur des préoccupations actuelles sur la question des inégalités hommes-femmes dans le fonctionnement sociétal et son évolution. Ces travaux doivent faire l'objet d'études élargies en direction des populations humaines du passé, remontant au Paléolithique européen⁽⁷⁾ période durant laquelle la distinction entre les hommes et les femmes est déjà affichée dans la représentation symbolique, les figurines de Vénus gravettiennes sculptées dans l'ivoire ou le calcaire en étant la plus belle illustration, au même titre que l'art pariétal⁽⁸⁾. Les périodes préhistorique, protohistorique, antique et médiévale nécessitent aujourd'hui davantage d'études sur ces rapports genrés afin de mieux comprendre les fonctionnements sociétaux internes dans leur contexte environnemental élargi.

6. Augereau, A. (2021). « Où sont les femmes ? », *Femmes néolithiques : le genre dans les premières sociétés agricoles*. CNRS Éditions.

Guilaine, J. (2022). *Femmes d'hier. Images, mythes et réalités du féminin néolithique*. Odile Jacob.

7. Aurignacien, -43000 à -30000 ans et Gravettien, -30 à -23000 ans.

8. Notamment au sein de la grotte Chauvet dans le sud de la France pour l'Aurignacien et de celles de Cussac et du Pech Merle dans le sud-ouest de la France pour la période gravettienne.

Fiches projets

p. 43	Big Dry
p. 44	CHerCHA
p. 45	EVAH
p. 46	GEOPRAS
p. 47	Magdatis
p. 48	Mésonéo
p. 49	NEANDROOTS
p. 50	NEOGENRE
p. 51	NILAFAR
p. 52	OBRESOC
p. 53	PremAcheuSept
p. 54	PROCOME
p. 55	SESAME
p. 56	The MileStone Age
p. 57	WomenSOFar

Big Dry

Ruptures et continuité dans le peuplement de l'Afrique à la fin du Pléistocène : paléanthropologie, paléoenvironnement et archéologies comparées du Rift et du Nil dans leur cadre continental

Rappel des objectifs et méthodologie

La volonté de mettre en œuvre ce projet a été fondée sur le constat selon lequel, en dépit de l'importance reconnue du continent africain dans la genèse des *Homo sapiens*, le devenir ultérieur de leurs sociétés au cours des derniers temps du Pléistocène nous échappe en grande partie, alors que s'épanouissent les cultures du Paléolithique récent européen et proche-oriental. Ainsi, de quel(s) modèle(s) solide(s) disposons-nous pour établir les dynamiques de peuplement que connut ce continent lors de la dernière glaciation ? Or il s'agit sans nul doute d'un moment crucial, celui d'un dernier maximum glaciaire converti ici en « Big Dry », au cours duquel les conditions environnementales eurent indubitablement un rôle déterminant sur les modes de vie des populations humaines, leurs stratégies d'adaptation, leurs déplacements, l'extension de leurs bassins de peuplement et plus largement leur démographie.

Face à l'enjeu scientifique de ce projet, il nous est apparu indispensable d'ancrer notre approche dans une démarche interdisciplinaire alliant l'analyse des comportements territoriaux, techniques et économiques de ces populations de chasseurs-cueilleurs à l'expertise des sciences de l'environnement comme au regard de la biologie humaine. Répondre à cette ambition imposait de définir une échelle d'analyse spatio-temporelle adéquate : trop étroite, elle risquait de passer à côté de la portée de certains phénomènes ; trop vaste, elle ne permettrait pas de disposer d'une information suffisamment précise pour conduire en profondeur une telle démarche interdisciplinaire. Notre choix s'est donc porté sur la confrontation des données environnementales, paléanthropologiques et archéologiques entre les vallées du Rift et du Nil au cours de la période comprise entre -40 000 et -10 000. Ces deux contextes bénéficient en effet d'enregistrements et de signaux environnementaux complémentaires, tandis que leur archéologie souffrait d'un réel déficit de comparaison ; en outre, il s'agit là non seulement de zones clés pour appréhender les dynamiques de peuplement internes au continent africain, mais aussi en direction de la péninsule Arabique et du Proche-Orient.

Résultats majeurs

Ce projet a permis d'ériger cette région clé qu'est l'Afrique du Nord-Est en véritable laboratoire de réflexion théorique et méthodologique face à une question dont les résonances se mesurent désormais à l'échelle continentale : l'impact du dernier maximum glaciaire sur les

populations humaines africaines et leurs environnements. Outre la réalisation d'un bilan documentaire inédit dans chacun des champs disciplinaires concernés par ce projet, l'organisation de plusieurs manifestations internationales a été l'occasion d'en fournir la synthèse et d'en mesurer l'écho auprès de la communauté scientifique. Ce projet a également accompagné l'élaboration de plusieurs recherches doctorales et a permis de contribuer à faire émerger, outre de nouvelles problématiques, une nouvelle génération de chercheurs pour s'en emparer.

Production scientifique et valorisation

Khalidi L., et al. (2018) Late prehistoric oasis niches along the southern Red Sea (Yemen and Horn of Africa). In : Purdue L., Charbonnier J. et Khalidi L., (eds.), *From refugia to oases: Living in arid environments from prehistoric times to the present day*. Actes des XXXVIII^e Rencontres internationales d'archéologie et d'histoire d'Antibes, éditions APDCA, Antibes, pp. 71-99.

Leplongeon A., et al. (2017) Late Pleistocene and Holocene lithic variability in Southeastern Ethiopia: implications for the understanding of the Middle and Late Stone Age of the Horn of Africa. *Journal of African Archaeology*, 15(2), pp. 202-233.

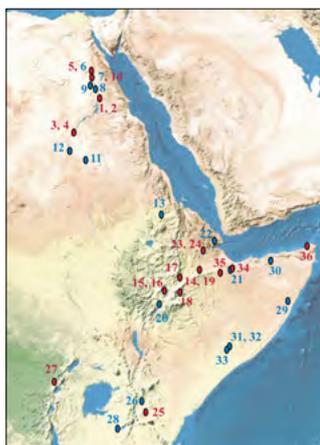
Pagani L., et al. (2019) What is Africa? A human perspective. In : Sahle Y., Reyes-Centeno H. et Bentz C., (eds.), *Modern Human Origins and Dispersal*. Tübingen, Kerns Verlag, pp. 15-24.

Début du projet : 2015 | Durée : 54 mois
Instrument : PRC | Financement ANR : 379 948 €

Partenaires
 UMR 5608 TRACES, Toulouse | UMR 5199 PACEA, Pessac | UMR 7194 et 7209 du MNHN, Paris | UMR 5060 IRAMAT, Bordeaux

Coordination
 François Bon – UMR 5608 TRACES, Toulouse – bon@univ-tlse2.fr – www.anrbigdry.com

Carte des sites étudiés dans le cadre du projet Big Dry.
 © François Bon



1. Wadi Kubbania (Egypte)	19. Goda Buticha (Ethiopie)
2. Tushka (Egypte)	20. Moche Borago (Ethiopie)
3. Jebel Sahaba (Soudan)	21. Laas Geel (Somaliland)
4. Secteur de Wadi Halfa (Soudan)	22. Ali Daba (Djibouti)
5. Shuwikhat (Egypte)	23. Hara Idé 2 (Djibouti)
6. Makhadma 2 et 4 (Egypte)	24. Hara Idé 3 (Djibouti)
7. El Abadyia 3 (Egypte)	25. Lukenya Hill (Kenya)
8. Idfu (Egypte)	26. Enkapune Ya Muto (Kenya)
9. Isna (Egypte)	27. Ishango (Rép. démocr. du Congo)
10. Nazleth Khater 2 et 4 (Egypte)	28. Mumba (Tanzanie)
11. Wadi umm Rahau (Soudan)	29. Mirsale (Somalie)
12. El Barga (Soudan)	30. Midhishi (Somaliland)
13. Secteur d'Axum (Ethiopie)	31. Gogoshiis Qube (Somalie)
14. Porc-Epic (Ethiopie)	32. Guli Waabayo (Somalie)
15. Waso et Macho Hill (Ethiopie)	33. Rifle Range Site (Somalie)
16. Bulbula et Deka Wede (Ethiopie)	34. Gumbur Todoballa (Somaliland)
17. Lac Besaka (Ethiopie)	35. Hargeisan (Somaliland)
18. Mechara cave system (Ethiopie)	36. Darod et Jadadale (Somalie)

● Site de référence en étude	🪨 Etudes lithiques	🌳 Etudes de la flore	📅 Datations, géochronologie
📍 Site de comparaison	🦴 Etudes anthropologiques	🦏 Etudes de la faune	📖 Bibliographie membres du projet
📄 Etude bibliographique			

CHeRCHA

CHronologie des changements Climatiques Rapides et des adaptations Humaines en Afrique de l'Ouest

Rappel des objectifs et méthodologie

Le Paléolithique en Afrique de l'Ouest et son contexte environnemental sont connus de façon très partielle, faute de bonnes conditions de conservation des archives sédimentaires et des matériaux organiques. Des travaux antérieurs, au Mali notamment, suggéraient pour les soixante derniers millénaires des dynamiques de peuplement rapides avec des changements culturels importants, ainsi qu'une grande sensibilité des systèmes fluviaux aux changements climatiques majeurs, sans pour autant livrer d'informations sur la transformation environnementale de la fin du dernier cycle climatique, entre -30 000 et -20 000.

Il était cependant nécessaire de tester la valeur de ces observations à plus large échelle. La vallée de la Falémé, localisée à l'est du Sénégal, s'est révélée un secteur privilégié pour poursuivre ces investigations. L'objectif du projet était donc d'établir un cadre chrono-culturel pour la vallée de la Falémé pour les cent derniers millénaires et, conjointement, de comprendre l'évolution environnementale de la vallée. L'enjeu de ces recherches était de pouvoir intégrer l'Afrique de l'Ouest dans une compréhension globale du Paléolithique en Afrique, continent qui a vu émerger et évoluer les premiers humains anatomiquement modernes il y a 300 000 ans.

Pour mener à bien ce projet, des prospections puis des fouilles ont été organisées sur différents sites de la vallée de la Falémé. Le matériel archéologique mis au jour, des pierres taillées pour la plupart, a été étudié au Laboratoire Archéologie et Peuplement de l'Afrique afin de déterminer quelles techniques de taille avaient été utilisées par les populations préhistoriques. Une étude géomorphologique, stratigraphique et micromorphologique a été menée par les géomorphologues quaternaristes afin d'élucider les grandes phases de l'évolution des paysages. Des identifications de phytolithes ont été réalisées pour déterminer l'évolution du couvert végétal. L'ensemble de ces données a permis de reconstituer les conditions paléoenvironnementales passées. Un des aspects fondamentaux du projet était d'établir le cadre chrono-culturel et chrono-environnemental. De nombreux (114) échantillons de sédiments ont donc été prélevés pour être datés par luminescence stimulée optiquement (OSL) à l'IRAMAT-CRP2A et, quand cela était possible, des charbons ont été datés par radiocarbone.

Résultats majeurs

Plusieurs découvertes marquantes doivent être soulignées : tout d'abord, deux sites acheuléens ont été découverts, dont un atelier de taille de bifaces recouvert d'une courte occupation plus récente,

du *Middle Stone Age*. Ces sites nous permettent donc de mieux appréhender la transition *Early/Middle Stone Age*, marquée par l'émergence d'*Homo sapiens*, très peu documentée en Afrique de l'Ouest. On note aussi la découverte d'une industrie entre -37 000 et -33 000 caractérisée par des pointes bifaciales façonnées par pression, uniques en Afrique de l'Ouest et, plus généralement, la mise en évidence de plusieurs phases d'occupation inédites entre -30 000 et -10 000 qui ont pu être repositionnées dans leur cadre paléoenvironnemental. Alors que cette période est généralement marquée par une désertification humaine sous la pression d'un climat hyperaride, la vallée de la Falémé montre la permanence des occupations et constitue bien un cas unique en Afrique de l'Ouest.

Production scientifique et valorisation

Chevrier B., *et al.* (2020) New data on early Holocene settlement and environment in Soudano-Sahelian West Africa: interdisciplinary investigation at Fatandi V, Eastern Senegal. *Plos One*, 15(12), e0243129.

Douze K., *et al.* (2021) A West African Middle Stone Age site dated to the beginning of MIS 5: Archaeology, chronology, and paleoenvironment of the Ravin Blanc I (eastern Senegal). *Journal of Human Evolution*, 154, 102952.

Rasse M., *et al.* (2020) Synthèse morpho-sédimentaire et occurrences archéologiques dans la vallée de la Falémé (de 80 à 5 ka ; Sénégal oriental) : mise en évidence d'une permanence des occupations à la transition Pléistocène-Holocène. *Quaternaire*, 31, pp. 71-88.

Début du projet : 2015 | Durée : 36 mois

Instrument : PRCI | Financement ANR : 384 422 €

Partenaires

UMR 5060 IRAMAT, Bordeaux | UMR 8591 LGP, Meudon | APA, Université de Genève (Suisse) | IIBP, ETH Zurich (Allemagne)

Coordination

Chantal Tribolo – UMR 5060 IRAMAT, Bordeaux – ctribolo@u-bordeaux-montaigne.fr

Eric Huysecom – APA, Université de Genève (Suisse) –

Eric.Huysecom@unige.ch – www.ounjougou.org

Site de Missira III en cours de fouille, vallée de la Falémé, Sénégal.

© Maria Lorenzo-Martinez



EVAH

Évolution humaine : des premiers Anthropoïdes aux premiers Hominidés

Rappel des objectifs et méthodologie

Le projet vise à mieux comprendre deux phases clés de l'histoire évolutive de notre famille et souhaitait interroger l'origine des premiers représentants directs de la lignée humaine. Comment et dans quel contexte environnemental ces derniers ont évolué il y a 3 à 8 millions d'années ? Dans quel contexte sont apparus le genre *Homo* et les premières cultures ? Les ouvrages académiques situaient l'origine des Anthropoïdes autour de 35 millions d'années en Afrique, alors que les données penchaient en faveur d'un berceau asiatique. Quelle est leur véritable origine ? Quels sont leur histoire, leur phylogénie et le cadre paléobiogéographique de leur évolution et de leurs dispersions ? Quelles sont les causes environnementales, climatiques et écologiques de l'acquisition de leurs caractères spécifiques encore présents chez l'humain ?

Le projet est fondé sur la découverte de nouveaux restes fossiles et sur leur analyse en laboratoire avec des outils performants et novateurs, comme les CT-scans et la morphométrie 3D. Plus de trente mois de missions de terrain ont été effectués, essentiellement en Afrique et en Asie du Sud-Est. Ces missions ont permis de collecter de très nombreux fossiles (souvent à partir du tamisage de plusieurs dizaines de tonnes de sédiments), mais aussi de nombreuses données de terrains indispensables à l'interprétation des restes fossiles (sédimentologie, conditions de formation du gisement, etc.). De retour en laboratoire, la morphologie des structures fossiles a été possible grâce à des CT-scans, à l'utilisation d'un microscope confocal, d'un scanner surfacique, etc., puis une comparaison a été réalisée à l'aide de la morphométrie 3D. Enfin, les paléoenvironnements ont été étudiés notamment à partir des microstructures et de la géochimie de l'émail dentaire des mammifères, des restes végétaux (macrorestes, pollens, phytolithes) etc. Toutes ces données ont, entre autre, permis de reconstituer et de modéliser les conditions climatiques.

Résultats majeurs

En plus d'apports importants à la connaissance des premiers Anthropoïdes et Hominidés (morphologie, régime alimentaire, phylogénie), les résultats du projet EVAH ont amélioré la connaissance des modifications et du rôle des environnements dans l'émergence et

l'évolution des primates. La répartition temporelle et paléobiogéographique a été précisée pour de nombreuses familles de mammifères et de nouvelles hypothèses sur les phases migratoires ont été avancées. L'apport de la morphométrie 3D pour l'étude des formes fossiles a été conforté. De nouveaux partenariats ont été initiés et certains pérennisés.

Production scientifique et valorisation

Brunet M., (2012) Searching for a new paradigm for hominid origins in Chad (Central Africa). In : Reynolds S.C. et Gallagher A., (eds.), *African Genesis: Perspectives on Hominin Evolution*. Cambridge University Press, pp. 63-76.

Lebatard A.E., et al. (2010) Application of the authigenic $^{10}\text{Be}/^{9}\text{Be}$ dating method to continental sediments: Reconstruction of the Mio-Pleistocene sedimentary sequence in the early hominid fossiliferous areas of the northern Chad Basin. *Earth and Planetary Science Letters*, 297, pp. 57-70.

Novello A., et al. (2012) Phytolith signal of aquatic plants and soils in Chad, Central Africa. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 178, pp. 43-58.

Début du projet : 2009 | Durée : 48 mois
Financement ANR : 637 573 €

Partenaires
Collège de France, Paris I UMR 7262 IPHEP, Poitiers

Coordination
Michel Brunet – Collège de France –
michel.brunet@univ-poitiers.fr

La plus ancienne communauté de nos ancêtres, les Anthropoïdes, et vue du site de Dur At-Thala (Libye) ; dent de *Afrotarsius libycus* et reconstitution de la communauté.

© Michel Brunet



GEOPRAS

Géoarchéologie et Préhistoire des sociétés atlantiques

Rappel des objectifs et méthodologie

Le projet GEOPRAS a pour objet d'étude les sociétés littorales de la Préhistoire récente (Mésolithique et Néolithique) en France atlantique, afin d'en comprendre le rôle dans les dynamiques historiques. Il entend poser les bases conceptuelles et méthodologiques d'une pré-histoire maritime. L'identification et la mesure des fluctuations environnementales sont posées comme centrales dans cette enquête interdisciplinaire, tant pour évaluer le fonctionnement de ces communautés humaines dans des espaces très changeants que pour assurer la réception d'un signal archéologique soumis à de très fortes érosions. Le projet GEOPRAS entend proposer des solutions scientifiques concertées pour sauver ces traces souvent ténues. Ces dernières sont formulées et bâties avec les acteurs de la sauvegarde du patrimoine, adaptées aux différents littoraux autour du golfe de Gascogne et en Manche. La question des moyens de navigation apparaît comme centrale pour comprendre « l'approvisionnement » de ces paysages maritimes au gré de leurs métamorphoses. Elle est abordée avec une méthode originale associant études historiques et ethnographiques, technologie, analyses fonctionnelles des outillages, paléocéologie et expérimentations.

Le projet propose une combinaison de méthodes dont on testera les limites en fonction des différentes conditions littorales (dunes, côtes rocheuses, marais). L'objectif est de combiner le large panel des méthodes issues de la géomorphologie littorale et de la bathymétrie afin de proposer des reconstitutions paléogéographiques des changements de paysages côtiers au cours du temps. Le projet s'attachera à développer des méthodes de sauvetage pour l'archéologie, telles que des relevés géophysiques sur les sites d'estran et les massifs dunaires ou l'enregistrement des vestiges archéologiques, souvent très éphémères sur les estrans. Une attention particulière sera portée aux stratégies d'échantillonnage, notamment dans les amas coquilliers (malacologie, micromorphologie, géochimie, taphonomie, approches métagénomiques). Des éléments chronologiques multiples (temps cyclique et temps linéaire) doivent être recherchés au cœur même des habitats préhistoriques, en micromorphologie, modélisation conjointe des datations radiocarbone et OSL, sclérochronologie et étude de la saisonnalité des proies. Enfin, la « signature

maritime » des systèmes techniques doit être mesurée dans la production et l'utilisation des outils en combinant expérimentation et analyse fonctionnelle. La question des moyens de navigation apparaît centrale pour comprendre l'approvisionnement de ces paysages maritimes à travers leur métamorphose.

Résultats majeurs

Le projet permettra d'accroître significativement nos connaissances actuelles, tant quantitatives que qualitatives, sur les zones côtières et leur occupation par les sociétés préhistoriques dans une perspective transrégionale. Il entend solliciter les citoyens, les collectivités locales, les gestionnaires d'espaces naturels et les institutions pour les intégrer dans le processus de collecte des données. Notre proposition de pré-histoire interactive s'organise autour d'un centre expérimental dédié à la construction de bateaux en rondins et de bateaux composites, et à l'utilisation d'outils adaptés aux activités maritimes, en lien étroit avec les analyses fonctionnelles des outillages et la technologie. Un colloque international sur la Préhistoire maritime rendra compte de ces travaux en 2024. En plus de la production de publications scientifiques, il semble indispensable de publier un manuel détaillant les méthodes à utiliser pour sauver ou gérer ce patrimoine fragile.

Début du projet : 2021 | Durée : 48 mois
Instrument : PRC | Financement ANR : 490 665 €

Partenaires

UMR 6566 CReAAH, Rennes | UMR 6554 LETG, Plouzané |
 UMR 5607 AUSONIUS, Pessac | UMR 6553 ECOBIO, Rennes |
 UMR 6539 LEMAR, Plouzané | UMR 7266 LIENSs,
 La Rochelle | Inrap, Paris

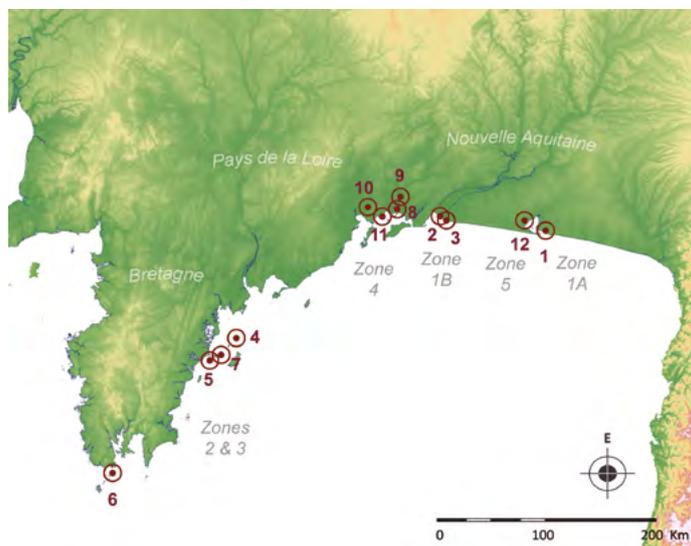
Coordination

Grégor Marchand – UMR 6566 CReAAH, Rennes –
 gregor.marchand@univ-rennes1.fr

PARTIE 2 | PANORAMA DES PROJETS FINANCÉS PAR LE PLAN D'ACTION DE L'ANR

Emprise géographique du programme GEOPRAS avec indications des principaux sites archéologiques traités.

© Grégor Marchand



Magdatis

Des chasseurs-cueilleurs face aux changements environnementaux : le Magdalénien de la façade atlantique au Tardiglaciaire (18-14 kyr cal BP)

Rappel des objectifs et méthodologie

Nomades, vivant de chasse et de collecte, les hommes et les femmes du Paléolithique sont souvent perçus – par les scientifiques comme par le grand public – comme étroitement inféodés aux aléas de leur milieu naturel. De fait, l'une des principales questions qui se posent à l'archéologie paléolithique est de comprendre les relations entre les évolutions des techniques, des cultures, ou encore des territoires exploités par les groupes humains, et les changements du climat, de la faune et de la flore. Mais cette question est délicate, car les données archéologiques et paléoenvironnementales n'ont pas le même degré de précision et sont inégalement fournies selon les périodes et les régions. Ce projet avait pour but de lever cet obstacle par l'étude d'un cas privilégié : le Magdalénien moyen et supérieur (-17 000 à -12 000), l'une des plus anciennes périodes où les données environnementales et archéologiques présentent une résolution suffisante pour être replacées dans un cadre chronologique commun et précis. Ceci permettait d'appréhender l'évolution des groupes humains en parallèle avec un changement climatique rapide et global : la fin de la dernière glaciation.

La zone d'étude choisie, l'ouest du bassin aquitain, présente au Paléolithique de forts contrastes écologiques (steppe, désert sableux, littoral océanique, piémont) qui en font un laboratoire idéal pour comparer les comportements des groupes humains dans des milieux différents. À travers l'étude des archives naturelles (sédiments, pollen, faune, etc.), un bilan paléoenvironnemental détaillé a été dressé pour cette zone (rythme de la déglaciation des Pyrénées occidentales, évolution dunaire du sable des Landes, transformation des faunes et flores continentales). En complément avec de nouvelles opérations de terrain (sondages, fouilles), une série de sites archéologiques clés, fouillés pour la plupart entre les années 1960 et 2000, ont été sélectionnés. Ces sites ont fait l'objet d'un réexamen collectif multidisciplinaire : révision de la stratigraphie, datation par le radiocarbone, étude des équipements en pierre et en matières osseuses (techno-typologie lithique et osseuse, archéopétrographie), étude des gibiers chassés (archéozoologie, cémentochronologie) et des vestiges humains (anthropologie funéraire).

Résultats majeurs

Ce projet a changé la façon dont les préhistoriens comprennent les contraintes environnementales et le peuplement de l'ouest aquitain au Paléolithique. Les variations du milieu dessinent la carte des zones attractives et répulsives, tandis que l'extension des réseaux de diffusion d'objets n'est pas conditionnée par les obstacles naturels et relève de logiques sociales. À la fin de la période étudiée, vers -14 000, ces réseaux se contractent, de nouvelles armes apparaissent, les canidés sont domestiqués. Ces innovations pourraient être une adaptation à un environnement plus favorable aux petits gibiers, alors plus fréquemment chassés. La recomposition de la faune, surtout la disparition du renne vers -14 000, participe aussi de ces changements.

Production scientifique et valorisation

Pétillon J.M., et al. (2016) Magdatis project: Hunter-gatherers and environmental change in the Aquitaine basin during the Magdalenian. *Special section of Quaternary International*, 414, pp. 1-197.

Laroulandie V., et al. (2017) L'œuf ou la poule ? Retour sur le projet Magdatis « Le Magdalénien de la façade atlantique face aux changements environnementaux ». *Quaternaire*, 28(2), pp. 277-283.

Début du projet : 2011 | Durée : 44 mois

Financement ANR : 288 309 €

Partenaires

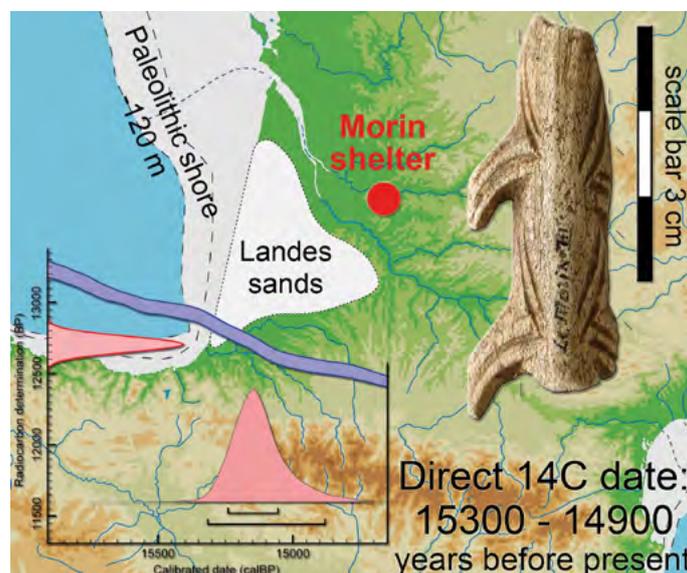
UMR 5608 TRACES, Toulouse | UMR 5199 PACEA, Pessac

Coordination

Jean-Marc Pétillon – UMR 5608 TRACES, Toulouse –
petillon@univ-tlse2.fr – <https://hal.inria.fr/ANRMAGDATIS/>

Exemple de datation ^{14}C directe sur industrie osseuse. Pointe barbelée de l'abri Morin (Gironde) datée de 15300-14900 avant notre ère.

© Jean-Marc Pétillon et Mathieu Langlais



Mésônéo

Les derniers chasseurs-collecteurs en Europe occidentale

Rappel des objectifs et méthodologie

Au VII^e millénaire avant notre ère, un vaste courant d'innovations, notamment dans le domaine de l'armement, les industries à trapèzes, traverse les sociétés de chasseurs-collecteurs mésolithiques en Europe. Deux millénaires plus tard, ces sociétés auront disparu et l'Europe sera peuplée de communautés paysannes. L'objectif de ce projet était l'étude de la dynamique des dernières communautés de chasseurs-collecteurs en Europe occidentale. Les enjeux du projet visaient à apporter un nouvel éclairage à partir de l'étude des systèmes techniques des pierres taillées, souvent les seuls vestiges conservés. Toutefois, nos connaissances sur le second Mésolithique sont encore lacunaires. On constate que la disparition de ces communautés est encore un sujet qui mérite largement d'être débattu, et un problème de datation des ensembles mésolithiques finaux est omniprésent en Europe occidentale, laissant apparaître des hiatus importants avec l'arrivée de la néolithisation. Diverses hypothèses, comme l'impact climatique, ont été avancées pour expliquer ce phénomène. Le changement climatique, qui précède d'ailleurs de peu la diffusion rapide des industries à trapèzes, pourrait donc avoir modifié le système d'habitat, qui répondrait à un nouveau mode d'organisation présentant des petites haltes de chasse ou de pêche en plein air ou en abris ainsi que des occupations de plus longue durée, fréquentées plus régulièrement. Ainsi, pour toute la partie occidentale de l'Europe comme pour l'Afrique du Nord, force est de constater la dispersion des données concernant cette période. Le projet était destiné à combler cette lacune par un large bilan critique des données et par la reprise de l'étude de différents sites archéologiques clés répartis de l'Espagne à la Belgique.

Concernant la méthodologie employée, il s'agissait dans un premier temps, de dresser un bilan historiographique de la question et de permettre la mise en place d'un inventaire critique, de l'intégralité des sites connus ainsi que des datations absolues. Ce bilan a intégré les données sur les modes alimentaires, les territoires d'acquisition des ressources et la saisonnalité des occupations afin de saisir les modes d'exploitation des environnements terrestres ou maritimes.

Dans un second temps, ce volet devait faire le bilan des datations disponibles. Ce bilan a été critique, non seulement au niveau de la valeur physicochimique de la date elle-même, mais également en fonction de son lien avec des niveaux archéologiques. Ces inventaires ont été intégrés au sein d'une base de données, avec un accès en ligne pour tous les membres du projet (base construite et gérée par T. Perrin, UMR 5608 TRACES). Les missions d'études ont été consacrées à de nouvelles analyses techno-économiques sur les sites définis comme prioritaires lors de la phase précédente ou à la réalisation de missions ciblées pour recueillir les informations manquantes de certaines collections anciennes. Nous avons associé un volet fonctionnel, avec une recherche des traces d'usage plus systématiques lors de chaque étude, notamment sur des outils en pierre clés de cette période, dénommés lames à coches ou lames Montbani.

Résultats majeurs

Alors que le phénomène de diffusion des industries à trapèzes semblait presque simultané à l'échelle de l'Europe, nous avons pu mettre en évidence, grâce à un examen critique et drastique des contextes et des associations strictes industrie à trapèzes/date ¹⁴C, un premier gradient de l'expansion de ce phénomène, qui semble clairement apparaître en Méditerranée et suivre plusieurs voies de diffusion. L'origine peut être supposée tout aussi bien en Grèce qu'en Afrique du Nord. L'étude des principales séries nous permet de proposer une vision à grande échelle des méthodes mises en œuvre pour le débitage des silex. Un ensemble associant des nouvelles techniques de taille des silex et des outils particuliers apparaît dès le départ et, au cours du temps, une mosaïque de différentes entités régionales se distingue par les méthodes de taille. Enfin, des hypothèses fonctionnelles ont pu être formulées pour les nouveaux outils, les lames Montbani, qui semblent dédiées au travail des végétaux.

Production scientifique et valorisation

Perrin T., *et al.* (2013) Autour du Néolithique ancien – Les outils du changement : critique des méthodes (session H). In : Jaubert J., Fourment N. et Depaepe P., (eds.), *Transitions, ruptures et continuité durant la Préhistoire*. Actes du XXVII^e Congrès préhistorique de France, Bordeaux-Les Eyzies, 2010, Société préhistorique française, 9782913745544.

Gassin B., *et al.* (2014) Late Mesolithic notched blades from Western Europe and North Africa: technological and functional variability. In : Marreiros J., Bicho N. et Gibaja J.-F., (eds.), *International Conference on Use-Wear Analysis*. Actes du colloque de Faro 2012, Cambridge Scholars Publishing, Cambridge, pp. 224-231.

Allard P., (2017) Variability of laminar debitage in the second Mesolithic and early Neolithic in the north of France (7th and 6th millennium BCE). *Journal of Lithic Studies*, 4(2), pp. 75-103.

Début du projet : 2008 | Durée : 48 mois

Financement ANR : 84 140 €

Partenaires

UMR 7055 Préhistoire et Technologie, Nanterre |
UMR 6566 CReAAH, Rennes | UMR 5608 TRACES, Toulouse |
UMR 7264 CEPAM, Nice | Université de Gand (Belgique) |
Université de Valence (Espagne)

Coordination

Pierre Allard – UMR 7055 Préhistoire et Technologie –
pierre.allard@cnrs.fr

Sépulture mésolithique
(V^e millénaire avant notre ère)
de Concevreux (Aisne)
avec les trapèzes associés.

© Bruno Robert, Inrap, Pierre
Allard, UMR 8068 TEMPS



NEANDROOTS

450-350 ka : un seuil dans l'évolution humaine ? Comprendre les racines du monde néandertalien

Rappel des objectifs et méthodologie

NEANDROOTS repose sur une approche innovante multidisciplinaire et méthodologique s'intéressant à la longue période énigmatique du stade isotopique (MIS) 11, considérée depuis peu comme une rupture technologique dans l'évolution humaine en Europe de l'Ouest. Le projet a pour objectif de renouveler notre connaissance sur les changements comportementaux qui émergent à la suite de la période glaciaire prolongée reliée au stade isotopique (MIS) 12. Pour cela, il faut : 1/ créer une base de données ; 2/ combler les données chronologiques et environnementales ; 3/ identifier les traditions régionales ; 4/ tester le rôle de la démographie ; 5/ développer des modélisations par *Agent Based Model* ; afin d'estimer l'impact éventuel du climat et de la végétation. Dans un premier temps, ce projet contribuera à détailler les modèles de réponse des hommes à de nouveaux environnements par la disparition ou l'acquisition de nouveaux outillages et d'expertises. Dans un second temps, il s'agira de comprendre les mécanismes de transmission culturelle et de résilience au cours du temps et les processus d'innovations/inventions. Notre objectif est de décrire le premier cycle de régionalisation des comportements dans l'histoire humaine.

NEANDROOTS propose : 1/ de construire une grande base de données complète pour la période de -450 000 à -350 000 ; 2/ de combler le manque de données chronologiques et environnementales ; 3/ de développer des approches méthodologiques (cladistique par exemple) pour identifier les modèles régionaux et les modèles de diffusion des innovations ; 4/ de questionner le rôle de la taille et de la structure de la population par la modélisation ; 5/ de tester l'impact de l'évolution climatique sur l'adaptation des Homininés par le modèle iLOVECLIM et la modélisation de niche écoculturelle (ECN). Ce projet permettra : 1/ de quantifier et de décrire les innovations/inventions de la fin du MIS 12 ; 2/ d'identifier spatialement et chronologiquement les nouveaux comportements et stratégies ; 3/ d'identifier si des entités régionales existaient depuis l'interglaciaire du MIS 11 et leur distribution ; 4/ de comparer la distribution des traditions avec les cartes de modélisation Eco-Niche d'extension des territoires du MIS 11 et les données climatiques détaillées ; 5/ de tester les modèles de diffusion des innovations/inventions en relation avec les données environnementales, la taille et la structure démographique et la localisation des nouveaux comportements.

Résultats majeurs

NEANDROOTS est une étude interdisciplinaire de l'évolution humaine pour la période postérieure au stade isotopique (MIS) 12. Elle vise dans un premier temps à contribuer à construire des modèles de réponses

des Homininés à des environnements variés et nouveaux durant le long interglaciaire du MIS 11 (variations latitudinales), modèles basés sur la disparition et l'acquisition d'outils, ainsi que l'expertise retenue pour une adaptation réussie. Dans un second temps, il s'agira de comprendre les mécanismes de transmission culturelle dans le temps et les processus par lesquels les innovations ou les inventions se répandent, sont maintenues ou évoluent.

Production scientifique et valorisation

Brandon M., et al. (2020) Exceptionally high biosphere productivity at the beginning of Marine Isotopic Stage 11. *Nature communications*, 11(1), pp. 1-10.

Moncel M.H., et al. (2021) Tracking behavioral persistence and innovations during the Middle Pleistocene in Western Europe. Shift in occupations between 700 ka and 450 ka at la Noira site (Centre, France). *Journal of Human Evolution*, Humans in transition special issue 156, 103009.

Limondin-Lozouet N., et al. (2020) Paleoenvironmental dynamics of MIS 11 interglacial in northwestern Europe based on the malacological succession of La Celle (Seine Valley, France): relationship with glacial refugia and palaeobiodiversity. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 560, 110044.

Début du projet : 2020 | Durée : 54 mois
Instrument : PRC | Financement ANR : 343 457 €

Partenaires

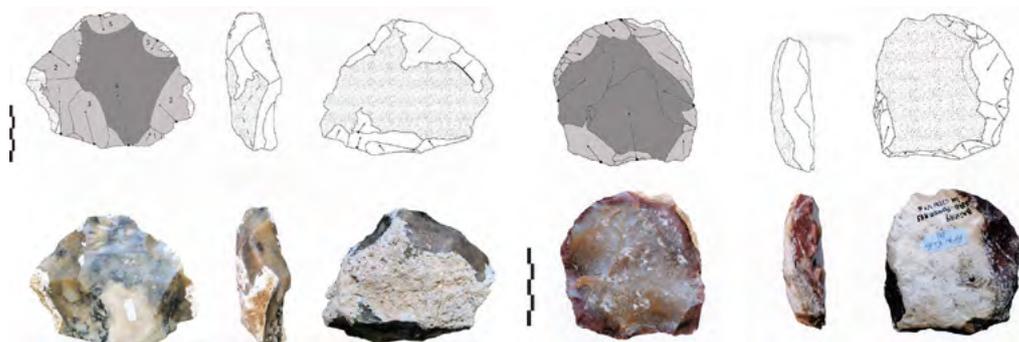
UMR 7194 HNHP-MNHN, Paris | UMR 8212 IPSL/LSCE, Paris | UMR 5001 IGE, Grenoble | UMR 8539 UPS/ENS/SU/LMD, Paris | UMR 5199 EPOC/PACEA/Université de Bordeaux, Pessac | UMR 8591 LGP, Meudon | UMR 8164 HALMA, Lille | IPHES, Tarragone (Espagne) | Université de Rome (Italie) | Université de Ferrare (Italie) | Université de Liverpool (Angleterre) | British Museum, Londres (Angleterre)

Coordination

Marie-Hélène Moncel – UMR 7194 HNHP-MNHN, Paris –
marie-helene.moncel@mnhn.fr –
<https://sites.google.com/unife.it/heanderoots/home>

Photos et dessins d'un nucléus de type Levallois en roche siliceuse du site de la Noira (niveau c, centre de la France) daté de -450 000, attestant de l'émergence d'innovations techniques dès l'interglaciaire du stade 11.

© Marie-Hélène Moncel



NEOGENRE

Études du genre au Néolithique : rapports hommes-femmes dans les premières sociétés agricoles

Rappel des objectifs et méthodologie

À l'aune des systèmes sociaux actuels, où les inégalités de genre dominant au profit d'un patriarcat multiforme, l'ancienneté (et la constance) de telles structures sociales se pose. De quelle manière l'identité sexuelle a-t-elle structuré les sociétés préhistoriques ? A-t-elle, en particulier, été vectrice d'inégalité, voire de pouvoir et de domination ? Aborder de telles questions en archéologie constitue un défi méthodologique, en particulier vis-à-vis de populations sans écriture. Le Néolithique est l'étape récente de la Préhistoire qui voit l'installation d'économies de production, développant agricultures, élevages et sédentarisation. C'est aussi l'émergence de hiérarchies sociales parfaitement identifiables, ce qui constitue un cadre favorable à l'analyse des représentations et des rapports de genre, et un enjeu majeur dans la recherche des origines des inégalités. En documentant et en comparant les hommes et les femmes néolithiques sur les plans biologiques (santé, morphologie, patrimoine génétique), culturels (activités, alimentations, règles matrimoniales) sociaux et symboliques (rôles, statuts), et en examinant la manière dont les deux catégories interagissent, le projet NEOGENRE aspire à donner une profondeur chronologique aux discours de l'anthropologie sociale relevant des problématiques de genre.

Au niveau méthodologique, la sépulture offre un observatoire privilégié des organisations et mutations sociales. L'étude des différentes formes de tombes (de la simple fosse à la structure monumentale, accueillant un seul défunt ou toute une communauté) et des gestes et rituels qui ont entouré le traitement des morts, constitue une voie d'accès privilégiée pour l'analyse des structures sociales préhistoriques. Parallèlement, l'analyse dite « ostéo-biographique » des restes humains permet d'accéder à l'identité des défunts et à divers aspects de la vie des populations. Cette approche est d'autant plus fructueuse qu'elle combine et croise diverses disciplines de l'anthropologie biologique : analyses anatomique, isotopique, génétique. En introduisant ces données dans le champ de l'archéologie funéraire, il devient possible de tester ce que traduisent d'éventuelles inégalités de genre dans le monde des morts (variété de traitement sépulcral, de richesse et statut funéraire entre les hommes et les femmes) de celui des vivants : division sexuelle des activités ? États de santé contrastés ? Comportements alimentaires différenciés ? Mode de filiation patri ou matrilinéaire ?, etc.

Résultats majeurs

Les premières sépultures monumentales d'Europe, qui émergent au V^e millénaire avant notre ère dans le Bassin parisien, évoquent un régime de domination masculine. Certains hommes jouissent d'un statut funéraire valorisé en lien avec une activité sociale (l'archerie), des comportements alimentaires spécifiques et des règles d'héritage et de filiation codifiées. Au même moment, d'autres groupes humains affichent, dans le traitement de leurs morts, une organisation plus horizontale. Si une constante émerge dans la division sexuelle de certains rôles et comportements, elle ne semble pas s'accompagner partout d'une inégalité de genre.

Production scientifique et valorisation

Cheung C., et al. (2021) The Grandeur of Death - Monuments, Societies, and Diets in Middle Neolithic Paris Basin. *Journal of Anthropological Archaeology*, 62, 101332.

Thomas A. (2022) Faire parler les morts : comportements des hommes et des femmes néolithiques. In : Darmangeat C. et Augereau A., (eds.), *Aux origines du Genre*. La vie des idées, Presses universitaires de France, pp. 77-86.

Début du projet : 2018 | Durée : 51 mois
Instrument : JCJC | Financement ANR : 247 273 €
Coordination
 Aline Thomas – UMR 7206 MNHN, Paris –
aline.thomas@mnhn.fr

PARTIE 2 | PANORAMA DES PROJETS FINANCÉS PAR LE PLAN D'ACTION DE L'ANR

Faire parler les morts : sépultures et restes humains pour restituer les identités, rôles, transmission et inégalités de genre parmi les premières sociétés agricoles (moitié nord de la France, V^e millénaire avant notre ère).
 © Aline Thomas



NILAFAR

Les régions du Nil et de l'AFAR : archives fluviaux-lacustres des changements hydrologiques et impact sur l'adaptation humaine depuis 20 000 ans

Rappel des objectifs et méthodologie

Le projet NILAFAR vise à quantifier les fluctuations hydrologiques et à documenter leurs conséquences sur les communautés humaines, au cours de la transition entre le monde des chasseurs-cueilleurs et les sociétés agro-pastorales du Néolithique, en Afrique du Nord-Est (région Afar, Éthiopie et Djibouti). Son objectif est également de mieux comprendre les mécanismes à l'origine des fluctuations de la mousson africaine et des épisodes d'hyperaridité qui se sont installés en quelques centaines d'années par le passé. Ce projet affiche une synergie disciplinaire et humaine autour d'une région clé, la dépression de l'Afar, entre des missions de terrain en archéologie, en géomorphologie et en paléoclimatologie (carottage des lacs Abhé alimentés par l'Awash) et de la modélisation du climat : échelle régionale (débit de l'Awash et du Nil Bleu) et téléconnexion globale. Les objectifs seront de définir les stratégies de subsistance humaine telles que la pêche, l'élevage et le commerce autour du méga-lac Abhé, et de quantifier les fluctuations hydrologiques et leurs impacts sur l'érosion des sols à partir du couplage de biomarqueurs organiques, des isotopes du lithium et néodyme et l'étude des diatomées.

Au niveau méthodologique, il s'agit, dans un premier temps, de reconstituer les fluctuations hydrologiques dans la région de l'Afar à partir de carottes sédimentaires prélevées dans les lacs Afambo et Gamari. L'utilisation de traceurs innovants tels que les isotopes d'hydrogène des restes lipidiques des parois de bactéries vivant dans les sols et dans les sédiments lacustres est envisagée, ainsi que l'assemblage de diatomées. En complément, le cortège en éléments majeurs, la composition isotopique du néodyme ($^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$), qui permet d'évaluer la provenance des sédiments lacustres, sera couplée aux isotopes du Li (^7Li) qui permettent de retracer l'intensité de l'altération chimique à partir des argiles néoformées des sols transportées dans les lacs. Des campagnes de fouilles et datations des séquences d'occupation humaine sont planifiées dans le but de reconstituer la paléoeconomie et les changements culturels au cours des 20 000 dernières années. Enfin, les méthodes incluent la reconstitution des paléopaysages régionaux et par le biais des études géomorphologiques des bassins Abhé et Ziway/Shala et de la datation des archives environnementales telles que stromatolites, diatomites, paléosols et dépôts éoliens.

Résultats majeurs

Parmi les attendus du projet, il convient de citer : 1/ l'étude de la coévolution homme-environnement-hydro-climat au cours des 20 000 dernières années ; 2/ à long terme, une meilleure compréhension de la variabilité passée de la mousson en Afrique, une proposition des tendances hydrologiques futures et, *in fine*, une aide à l'amélioration de l'adaptation des populations face à la raréfaction des ressources en eau ; 3/ créer une dynamique et des échanges scientifiques transdisciplinaires entre chercheurs de laboratoires en France, en Éthiopie et à Djibouti (CFEE, CERD, IRAH) et les musées (Ethiopian National Museum & Afar Museum).

Production scientifique et valorisation

Mogni C., *et al.* (2021) Holocene East African monsoonal variations recorded in wave-dominated clastic paleo-shorelines of Lake Abhe, Central Afar region (Ethiopia & Djibouti). *Geomorphology*, 391, 107896.

Cauliez J. et Gutherz X., (eds.) (2021) *Djibouti. Des paysages & des hommes. Regards sur le patrimoine archéologique du lac Abhé*. Éditions du Cerd, Djibouti, 216 p.

Début du projet : 2021 | Durée : 60 mois
Instrument : PRC | Financement ANR : 558 684 €

Partenaires

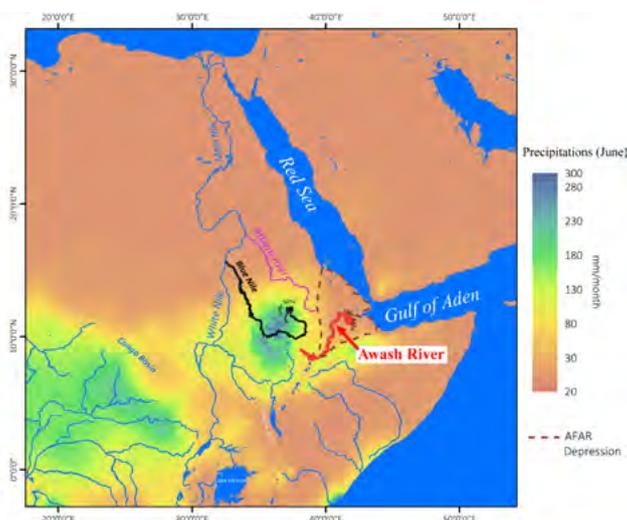
UMR 7329 GEOAZUR, Valbonne | UMR 7009 LOV, Villefranche-sur-Mer | UMR 5276 LGL TPE / ENS-LYON, Lyon | UMR 7264 CEPAM, Nice | UMR 5608 TRACES, Toulouse

Coordination

Marie Revel – UMR 7329 GEOAZUR, Valbonne – revel@geoazur.unice.fr – <https://geoazur.oca.eu/fr/anr-nilafar>

Carte de localisation, dans la corne de l'Afrique, des rivières Nil Bleu et Awash (dépression de l'Afar) qui prennent leurs sources au niveau des hauts plateaux éthiopiens qui concentrent les précipitations d'été de la mousson africaine.

© Marie Revel



OBRESOC

Un observatoire rétrospectif d'une société archéologique : la trajectoire du Néolithique rubané

PARTIE 2 | PANORAMA DES PROJETS FINANCÉS PAR LE PLAN D'ACTION DE L'ANR

Rappel des objectifs et méthodologie

Le principal objectif du projet a été la construction d'un modèle censé approcher, d'une façon simplifiée, le fonctionnement du système socionaturel des premiers fermiers d'Europe continentale, c'est-à-dire du dispositif qui permet à cette société agricole néolithique de produire ses moyens d'existence, d'assurer sa reproduction, sur un fond d'intense colonisation géographique, jusqu'à sa dissolution finale. Face aux aléas climatiques, les sociétés agricoles sont terriblement fragiles. Des famines ont régulièrement frappé les sociétés protohistoriques et historiques agricoles et la possibilité que de telles crises se soient produites au cours des six siècles de la culture rubanée est une hypothèse sérieuse. Le défi méthodologique de cette modélisation a donc été de croiser des données archéologiques culturelles avec les données environnementales correspondantes, afin d'appréhender la réactivité et le degré de résilience aux impacts climatiques d'une société préhistorique particulière.

L'évaluation des changements climatiques globaux et de leur impact sur les sociétés s'appuie d'ordinaire sur la mise en place d'observatoires prospectifs, environnementaux, socioéconomiques et culturels, régionaux, destinés à prédire le futur. Mais la pérennité de leurs enregistrements sur des durées d'environ cinquante à cent ans en général, demeure très souvent bien trop courte à l'échelle du temps des phénomènes environnementaux. Chargés de collecter et d'analyser les données sur les trajectoires socionaturelles de sociétés archéologiques, les observatoires rétrospectifs permettent d'appréhender la réactivité et le degré de résilience aux impacts environnementaux de ces systèmes socionaturels du passé. La présente approche se situe ainsi dans le prolongement de l'archéologie expérimentale. Cependant, les modèles de simulations historiques de type multi-agents sont confrontés au problème insurmontable de la stochasticité, ou variation aléatoire d'un phénomène quelconque dont la loi de distribution est connue. Ce phénomène rend ces simulations peu probables quand bien même elles produiraient des phénomènes émergents. La modélisation s'est donc concentrée sur la fraction la moins stochastique de l'Histoire totale, représentée par les variables structurelles de longue durée de la géohistoire.

Résultats majeurs

La reconstitution paléoclimatique a permis d'observer, aux échelles locale et régionale, l'impact des variations saisonnières de température et de précipitation sur le processus démographique. Cet impact semble amoindri lorsqu'un système de solidarité entre foyers, prévu

dans la simulation et lié à l'augmentation des densités locales de peuplement, aura pu se mettre en place. Le caractère encore fragmentaire de la reconstitution climatique n'arrive pas à induire les très probables cumuls de crises successives rapprochées qui impacteraient, en maints endroits de l'Europe, la production alimentaire, produisant des effets plus globaux. Une modélisation météorologique permettrait de mieux évaluer cette question. Dans l'interprétation des données archéologiques elles-mêmes, la modélisation propose différentes hypothèses permettant un formidable renouvellement de leur lecture.

Production scientifique et valorisation

Bocquet-Appel J.P., et al. (2014) Multi-agent Modelling of the Trajectory of the LBK Neolithic. A study in progress. In : A. Whittle and P. Bickle, (eds.), *Early Farmers. The view from Archaeology and Science*. Oxford University Press, The British Academy, Oxford, UK, pp. 53-69.

Bocquet-Appel J.P., et al. (2015) Multi-agent Modelling of the Neolithic LBK. In : Gilligny F., et al. (eds.), *CAA2014 - 21st Century Archaeology. Concepts, methods and tools. Proceedings of the 42nd Annual Conference on Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology*. Archeopress, Oxford, pp. 611-622.

Dubouloz J., et al. (2017) Modélisation, simulation et scénarios d'expérimentation : La colonisation LBK de l'Europe tempérée (5550-4950 av. n.e.). In : L. Manolakkis, N. Schlanger et A. Coudart, (eds.), *European Archaeology. Identities and migrations*. Leiden : Sidestone Press, pp. 315-337.

Début du projet : 2010 | Durée : 48 mois
Financement ANR : 900 000 €

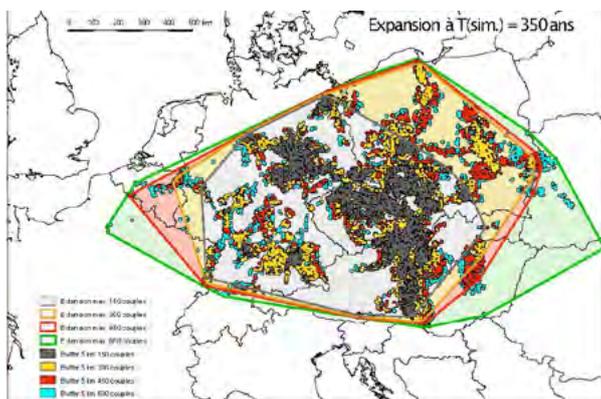
Partenaires

UPR 2147 EVOLHUM, Paris | UMR 7264 CEPAM, Nice | UMR 5059 CBAE, Montpellier | UMR 7041 ArScAn, Meudon | UMR 5805 EPOC, Bordeaux | C3ED, Guyancourt | UMR 7209 AASPE, Paris

Coordination

Jean-Pierre Bocquet-Appel[†] - UPR 2147 EVOLHUM, Paris - jerome.dubouloz@univ-paris1.fr

Aires variables d'expansion totale et aires réellement anthropisées après 350 ans de simulation, selon la population de départ (nombre de couples à l'origine de la simulation démographique).
 © Jérôme Dubouloz



PremAcheuSept

Apparition de l'Acheuléen en Europe du Nord-Ouest : une étude interdisciplinaire

Rappel des objectifs et méthodologie

Le projet PremAcheuSept s'est focalisé sur les modalités d'apparition de l'Acheuléen en Europe septentrionale en France (bassin de la Loire et vallée de la Somme) et en Grande-Bretagne (Paleo-Bytham et Solent Rivers). Certains de ces sites ont livré des indices d'une apparition ancienne de cette tradition technique dès -700 000 dans des secteurs situés au-delà du 45° parallèle. Ils attestent d'une diffusion très rapide de cette nouvelle tradition technique à bifaces en Europe de l'Ouest, autant dans le sud qu'au nord, qu'elle soit due à l'arrivée de nouvelles populations comme *Homo heidelbergensis*, à un changement de comportement et/ou à une origine locale. Les objectifs étaient de réunir, par le biais d'une étude interdisciplinaire, un corpus de sites dans des secteurs géographiquement et géologiquement cohérents et situés dans une même fourchette chronologique, le long d'un gradient climatique latitudinal (à partir et au-delà du 45° parallèle). Il s'agissait également d'établir un modèle régional en datant précisément ce premier témoignage d'assemblages à bifaces à -700 000/-500 000, en le décrivant et en essayant de savoir s'il est uniforme ou multiple, ensuite de comparer les assemblages lithiques selon une même méthodologie et établir des tendances techniques au cours du temps et, enfin, de rediscuter les conséquences en matière de voies de migration, de diffusion (technique ou populationnelle) ou de convergence, en comparant les sites et en exportant ce modèle vers d'autres régions.

Cette approche nous a permis d'échantillonner environ quarante niveaux/sites français et anglais, d'appliquer des méthodes radiométriques communes (luminescence stimulée optiquement [OSL], uranium-thorium [U-Th], résonance de spin électronique [ESR]), de reprendre l'étude conjointe de plus de trente séries lithiques basées principalement au British Museum, à l'université de Lille et au Muséum national d'Histoire naturelle et d'appliquer des méthodologies communes, de démarrer de nouvelles fouilles dans des sites jamais fouillés auparavant, comme la carrière Carpentier à Abbeville (Somme), site éponyme de l'Abbevillien.

Résultats majeurs

Les résultats radiométriques obtenus pour une quarantaine de niveaux ou localités, associés à la reprise des travaux de terrains sur le site de la Noira (Cher) et des carrières Carpentier et Léon à Abbeville, permettent d'avancer des hypothèses sur l'émergence de ces

nouveaux comportements, de préciser le cadre chronologique, biostratigraphique et comportemental des occupations. Les résultats contribuent au débat concernant les voies de migration et les modalités de diffusion des traditions techniques. La redécouverte du site de Moulin Quignon à Abbeville, sur la même terrasse que Carpentier et Léon, a bouleversé notre connaissance des occupations du Nord-Ouest de l'Europe notamment avec la mise au jour de bifaces datant de plus de 670 000 ans dans cette partie de l'Europe, repoussant de 100 000 ans la date d'occupation du Nord de la France et attestant de la capacité des Homininés à vivre dans des conditions rigoureuses dans ces zones septentrionales.

Production scientifique et valorisation

Moncel M.H., (2013) Early evidence of Acheulean settlement in north-western Europe - la Noira site, a 700 000 year-old occupation in the Center of France. *Plos One*, 8(11), e75529.

Antoine P., et al. (2019) The earliest record of Acheulean human occupation in North-West Europe. *Nature Scientific Reports*, 9, 13091.

Voinchet P., et al. (2015) Chronological data (ESR and ESR/U-series) for the earliest Acheulean sites of northwestern Europe. In : Schreve D., Moncel M.H. et Bridgland D., (eds.), *Chronology, paleoenvironments and subsistence in the Acheulean of western Europe. Journal of Quaternary Science, Special Issue*, 30(7), pp. 610-623.

Début du projet : 2010 | Durée : 42 mois

Financement ANR : 180 000 €

Partenaires

UMR 7194 HNHP-MNHN, Paris | UMR 8591 LGP, Meudon | Université de Lille | Université de Bordeaux III | British Museum et Royal Holloway University, Londres (Angleterre)

Coordination

Marie-Hélène Moncel – UMR 7194 HNHP-MNHN, Paris – marie-helene.moncel@mnhn.fr

Bifaces du site de Moulin Quignon (Abbeville, Somme) datés de -670 000, le plus ancien Acheuléen du Nord-Ouest de l'Europe.

© photos Moncel M-H., d'après Antoine, et al., 2019



PROCOME

Prolongements continentaux de la néolithisation méditerranéenne

Rappel des objectifs et méthodologie

Du point de vue historique, la transition néolithique constitue une période fondamentale durant laquelle l'humain modifie ses relations avec l'environnement pour établir, selon des modalités diversifiées, une économie fondée sur l'élevage et l'agriculture. En archéologie, les voies d'approche de ce processus nommé « néolithisation » sont extrêmement variées, puisque c'est bien l'ensemble des composantes de l'anthroposystème qui se trouve modifié. Pour l'Europe, l'étude de la néolithisation s'inscrit dans une analyse des vecteurs de diffusion (diffusion culturelle via les sociétés de chasseurs-cueilleurs autochtones vs diffusion démique par migration de population depuis le Proche-Orient d'où est originaire une grande partie des espèces animales et végétales domestiques), mais également dans une approche des rythmes d'émergence des nouveautés techno-économiques néolithiques (milieu environnemental ou social plus ou moins favorable). Le projet PROCOME consiste en l'étude des conditions d'émergence et d'évolution des sociétés agro-pastorales en Méditerranée nord-occidentale et dans le quart sud-ouest de la France, durant le VI^e millénaire avant notre ère, plus particulièrement les arrière-pays.

Dans le contexte de la transition néolithique, les phénomènes perçus à l'échelle microrégionale ne sont que l'expression locale d'un plus vaste processus. Dans cette perspective, nous avons défini trois échelles d'analyse. La première, la plus large (l'échelle macrorégionale de la Méditerranée occidentale) représente le contexte de référence de notre problématique. La deuxième (le site archéologique) et la troisième (la région) constituent le terrain à partir duquel ont été acquises les données empiriques. La sélection des gisements archéologiques collectivement analysés et la révision du cadre chronométrique se sont fondées sur un bilan critique détaillé de la fiabilité des séquences archéologiques. Sur cette base, le travail s'est fondé sur la collaboration pluridisciplinaire entre spécialistes de différentes disciplines : archéologie, archéozoologie, carpologie, biogéochimie isotopique, géomorphologie, géoarchéologie, palynologie, technotypologie des productions matérielles et symboliques. Il s'agissait également de rééquilibrer les acquis documentaires selon les régions et les variables sélectionnées.

Résultats majeurs

Parmi les principaux résultats du projet, on citera : 1/ une perception des dynamiques spatiales et temporelles de la diffusion néolithique considérablement renouvelée, notamment grâce à une réévaluation

profonde du cadre chronométrique et une approche croisée entre archéologie et géoarchéologie ; 2/ une réévaluation à la hausse de la maîtrise technique des systèmes de production du Néolithique ancien et une redéfinition des différentes formes que peuvent prendre les premières économies néolithiques ; 3/ des potentialités de contacts entre derniers chasseurs et premiers agropasteurs très variables du point de vue géographique et chronologique ; 4/ la néolithisation : un processus complexe et non linéaire qui ne peut se résumer sous la forme d'un processus complexe et non linéaire déterminé par de multiples facteurs.

Production scientifique et valorisation

Manen C., et al. (2018) The Neolithic transition in the western Mediterranean: a complex and non-linear diffusion process. The radiocarbon record revisited. *Radiocarbon*, 61(2), pp. 1-41.

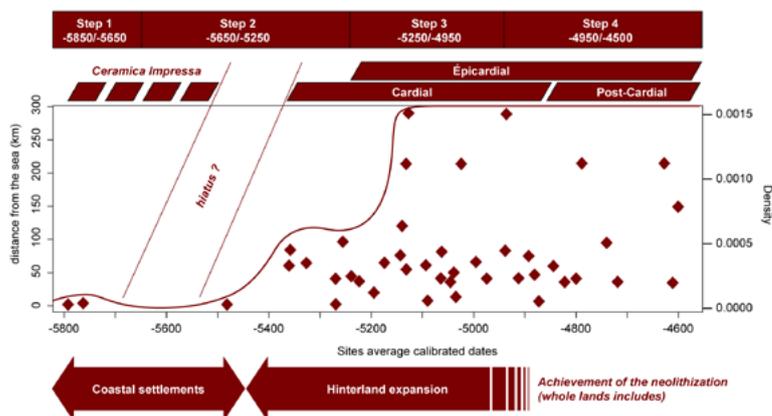
Perrin T., et al. (2017) Beyond the sea... The Neolithic transition in the Southwest of France. *Quaternary International*, 470, Part B, pp. 318-332.

Carozza J.M., et al. (2016) Geomorphological evolution of Mediterranean enclosed depressions in the Late glacial and Holocene: The example of Canohès (Roussillon, SE France). *Geomorphology*, 273, pp. 78-92.

Début du projet : 2014 | Durée : 48 mois
Instrument : PRC | Financement ANR : 394 920 €

Partenaires
 UMR 5608 TRACES, Toulouse | UMR 7209 AASPE, Paris | UMR 5602 GEODE, Toulouse | UMR 5059 CBAE, Toulouse

Coordination
 Claire Manen – UMR 5608 TRACES, Toulouse – claire.manen@cnr.fr – <https://traces.univ-tlse2.fr/accueil/equipes-et-ateliers/prbm-prehistoire-recente-du-bassin-mediterraneen/anr-procome-prolongements-continentaux-de-la-neholithisation-mediterraneenne>



Dynamiques spatio-temporelles de la néolithisation du sud de la France.
 © Claire Manen

SESAME

Évolution paléoécologique sociale et culturelle des premiers peuplements en Amérique du Sud

Rappel des objectifs et méthodologie

Comprendre la chronologie et les schémas des premiers peuplements des Amériques ne peut s'entendre sans étudier les relations entre les populations passées et leur environnement. S'adapter, se déplacer, voire disparaître en réponse aux fluctuations climatiques sont les réactions attendues. Afin de caractériser ces différents scénarii, SESAME propose de se concentrer sur le nord-est du Brésil où la présence humaine est attestée depuis au moins 40 000 ans. En reconstruisant les variations climatiques et environnementales passées dans le nord-est du Brésil, et en révélant l'identité culturelle et technologique des sociétés passées, SESAME ambitionne de lever le voile sur l'évolution des relations entre les hommes et leur environnement, au cours du Pléistocène supérieur et de l'Holocène. Cette reconstruction paléoécologique humaine permettra, de façon compréhensive, de formuler des hypothèses sur les voies potentielles de diffusion et d'implantation intracontinentales. Elles découleront du modèle du nord-est du Brésil et de la recontextualisation des données archéologiques de la littérature dans un schéma paléoclimatique à l'échelle du continent.

Au niveau méthodologique, SESAME va conjuguer archéologie et paléoclimatologie. Le projet combinera fouilles, interprétations technologiques et culturelles de l'analyse des industries lithiques, anthracologie, tracéologie, archéozoologie, datation, géochimie élémentaire, isotopique et organique, palynologie et paléomagnétisme. Afin de comprendre au mieux les interactions entre les sociétés passées et leur environnement d'une part, et les relations entre environnement et climat d'autre part, et d'être en mesure de projeter le modèle sur d'autres aires géographiques, les reconstitutions paléoenvironnementales et paléoclimatiques seront réalisées à l'échelle des sites, de la région et du continent. Pour ce dernier volet, SESAME prélèvera et analysera des carottes marines et lacustres, et exploitera également des profils sédimentaires. La mise en regard des données archéologiques et paléoenvironnementales/paléoclimatiques sera possible grâce à des cadres chronologiques indépendants construits sur la base de datations ¹⁴C, de luminescence stimulée optiquement (OSL) et de modélisation chronologique bayésienne. Le modèle établi pour le nord-est du Brésil sera confronté à l'analyse croisée des temporalités archéologiques (base de données SESAME) et des reconstitutions paléoenvironnementales et paléoclimatiques disponibles dans la littérature pour les trois Amériques.

Résultats majeurs

L'impact scientifique de SESAME est multiple et concerne tout d'abord la datation des premiers peuplements sud-américains au cours des 40 000 dernières années. Notre travail s'appuiera sur l'étude d'une zone géographique richement documentée. Il s'agit de la première recherche de ce type en Amérique. La profondeur temporelle et la pérennité des occupations humaines nous offrent la possibilité d'atteindre une paléohistoire qui n'a jamais été explorée auparavant. Notre approche est novatrice, car elle vise à analyser les changements culturels à travers le prisme d'une crise climatique majeure. L'impact de notre recherche préliminaire sur le sujet a déjà eu des effets : depuis la publication de nos résultats, nous constatons que des chercheurs s'engagent dans des recherches sur ce sujet en Amérique du Sud.

Production scientifique et valorisation

Pérez-Balarezo A., et al. (à paraître en 2023) Les premiers peuplements de l'Amérique du Sud : un aperçu général 25 ans après « Promesse d'Amérique ». *Bulletin de la Société préhistorique française*.

Début du projet : 2021 | Durée : 48 mois
Instrument : PRC | Financement ANR : 564 004 €

Partenaires

UMR 7041 ArScAn, Nanterre | UMR 8212 LSCE, Saclay | UMR 5454 ISEM, Montpellier | UMR 6034 Archéosciences, Bordeaux | UMR 5204 EDyTeM, Le Bourget-du-Lac

Coordination

Eric Boëda – UMR 7041 ArScAn, Nanterre – boeda.eric@gmail.com | Christine Hatté – UMR 8212 LSCE, Saclay – christine.hatte@lsce.ipsl.fr

Répartition des sites du parc de la Sierra da Capivara selon deux ensembles géomorphologiques : la cuesta gréseuse et un massif calcaire. Pour chaque contexte, une photo d'ensemble et un choix de deux sites est proposé.

© Eric Boëda



The MileStone Age

The MileStone Age : chronologie et technologie au Pléistocène Supérieur en Afrique australe

Rappel des objectifs et méthodologie

L'étude des sociétés préhistoriques du Pléistocène supérieur en Afrique australe se construit aujourd'hui sur deux grandes problématiques scientifiques que sont l'origine des comportements modernes d'une part, et l'origine des cultures matérielles San d'autre part. Ces deux perspectives recouvrent l'étude de deux phases chronoculturelles que sont le *Middle Stone Age* (MSA) et le *Later Stone Age* (LSA). Cette succession MSA/LSA marque un important jalon dans l'histoire des populations humaines, consacrant la dernière grande phase d'expression culturelle des sociétés de chasseurs-collecteurs avant l'adoption des économies agro-pastorales. Cependant, la distinction entre le MSA et LSA en Afrique est largement héritée des cadres européens du début du XX^e siècle, soulevant la question de la légitimité de ces cadres conceptuels. Dans notre projet, nous interrogeons la réalité des différences techniques entre le MSA et le LSA et nous questionnons les *scenarii* de transition et soulevons les nœuds épistémologiques qui influencent notre construction des modèles évolutifs. Notre projet vise *in fine* à redéfinir la nature des traditions et des successions techniques en Afrique australe et à clarifier leurs chronologies absolues.

Quatre ensembles de sites provenant de trois biomes différents d'Afrique australe, couvrant les stades isotopiques marins 5 à 1, seront étudiés : Diepkloof Rock Shelter et Elands Bay Cave (Western Cap, Afrique du Sud) ; Sibhudu et Umbeli Belli (KwaZulu-Natal, Afrique du Sud) ; Heuningneskrans et Bushman Rock Shelter (Limpopo, Afrique du Sud) ; Pomongwe et Bambata (Matobo, Zimbabwe). Les études de technologie lithique seront organisées selon trois axes : 1/ celui des « intervalles chronoculturels » sera consacré à la définition des techno-complexes ; 2/ celui des « contacts chronoculturels » se penchera sur les *scenarii* de transition ; 3/ celui des « attributs techno-fonctionnels » sera focalisé sur les outils lithiques innovants qui sont apparus en différents lieux et à différents moments du Pléistocène supérieur en Afrique australe. En ce qui concerne les études géochronologiques, deux méthodes seront mises en œuvre : la luminescence stimulée optiquement (OSL) appliquée aux sédiments et la méthode des séries de l'uranium appliquée aux biominéraux.

Résultats majeurs

Le projet doit permettre de clarifier la séquence chronoculturelle d'Afrique Australe pour le Pléistocène supérieur et la fin du Pléistocène Moyen (-200 000/-10 000). Certains des sites étudiés sont par ailleurs classés ou en attente d'être classés sur la liste du patrimoine mondial de l'Unesco. Différentes actions sont programmées pour faciliter les échanges avec les populations sud-africaines, grâce notamment à nos connexions avec l'Institut français d'Afrique du Sud et le Lerinberg Museum. Le projet est activement engagé dans la formation : des actions sont organisées dans des collèges en France, des stagiaires de master et des doctorants sont engagés sur le projet, et de nombreux étudiants africains participent aux fouilles.

Début du projet : 2022 | Durée : 48 mois
Instrument : PRC | Financement ANR : 417 154 €

Partenaires

UMR 6034 Archéosciences, Bordeaux | UMR 5254 IPREM, Pau | UMR 7269 LAMPEA, Aix-en-Provence | Université du Cape Town (Afrique du Sud) | Université de Tübingen (Allemagne) | TraceoLab – Université de Liège (Belgique)

Coordination

Chantal Tribolo – UMR 6034 Archéosciences, Bordeaux – ctribolo@u-bordeaux-montaigne.fr – <https://www.archeosciences-bordeaux.fr/The-MileStone-Age>



Localisation des quatre groupes de sites qui seront étudiés dans le cadre du projet The MileStone Age, dans le Western Cape, le Kwazulu Natal, le Limpopo, et le Matobo. En haut à droite, pièce bifaciale foliacée Still Bay. En bas : le site d'Heuningneskrans, en cours de fouille par une équipe africaine et européenne.

© Chantal Tribolo



WomenSOFar

Histoires de vie et place des femmes chez les premiers agropasteurs. Perspectives bioarchéologiques dans le contexte préhistorique français et méditerranéen

Rappel des objectifs et méthodologie

Le rôle des femmes est central dans les processus de néolithisation et d'expansion démographique qui s'opèrent en Europe de l'Ouest vers le VII^e millénaire avant notre ère. Leur implication dans l'organisation sociale dépend notamment de l'environnement et de l'économie de subsistance. Le présent projet a pour objectif de comprendre la façon dont les femmes se nourrissent, se déplacent, prennent soin des plus jeunes et participent aux activités nécessaires à la survie des premières communautés agro-pastorales (V^e-IV^e millénaires avant notre ère) en France en Méditerranée. Le projet s'organise autour d'une approche multidisciplinaire et holistique de l'étude des restes humains. Les hypothèses testées concernent la diversité alimentaire et la mobilité différentielle des femmes, ainsi que les stratégies d'adaptation (sevrage, mobilité des tout-petits) et les liens potentiels entre état sanitaire, marqueurs d'activité et modes de subsistance. WomenSOFar participera à notre compréhension sur l'origine des charges sociales pesant sur les femmes et les hommes d'aujourd'hui. Parmi les méthodes utilisées, il convient de citer la caractérisation des différentes composantes végétales et animales, domestiques et sauvages, ainsi que des paramètres climatiques et édaphiques à partir, entre autres, d'analyses biogéochimiques et de l'étude des microrestes du tartre dentaire. À l'échelle des restes anthropobiologiques, cette caractérisation sera nécessaire pour comprendre comment les femmes acquièrent leurs ressources alimentaires par rapport aux hommes, dans quelle territorialité et avec quelles modalités (fluctuation au cours de la vie ?). Par la suite, il conviendra de définir l'identité

biologique des enfants et des adultes à partir des profils de croissance, d'état de santé et d'activité physique obtenus par des analyses ostéologiques, bucco-dentaires et par tomographie. Il s'agira enfin d'élaborer une méta-analyse et d'y intégrer les données archéologiques et génétiques précédemment acquises (diversités des lignées maternelles, liens de parentés...). Il sera ainsi possible de reconstituer des histoires de vie et d'identifier la façon dont les femmes, et ce à différents âges de la vie, peuvent être « intégrées » au sein des structurations sociales, mais également de comprendre si la diversité culturelle et/ou environnementale peut jouer un rôle dans leur statut.

Début du projet : 2022 | Durée : 48 mois
Instrument : PRC | Financement ANR : 473 522 €

Partenaires
UMR 7269 LAMPEA, Aix-en-Provence | UMR 5199 PACEA, Pessac | UMR 7330 CEREGE, Aix-en-Provence

Coordination
Gwenaëlle Goude – UMR 7269 LAMPEA, Aix-en-Provence – gwenaelle.goude@cnrs.fr – <https://womensofar.hypotheses.org/>

Localisation des sites néolithiques (gauche) et illustration des études multidisciplinaires autour de vestiges anthropobiologiques et de leurs environnements (droite).

© Jérémy Garniaux, LAMPEA, Yves Gleize, Frédéric Prodéo, Ivy Thomson, Inrap



Chapitre 2

L'archéologie environnementale et l'archéométrie : le site archéologique comme *nexus* pluridisciplinaire

Dix-sept projets⁽¹⁾ ont été financés par l'ANR sur cette thématique depuis 2005. Du point de vue de la répartition annuelle de financement, on note une bonne homogénéité sans, cependant, aucun projet financé par l'ANR sur la période 2014-2015, période durant laquelle les taux de sélection à l'ANR étaient les plus faibles à cause d'un budget d'intervention réduit.

Concernant les phases chronoculturelles couvertes, il y a une forte concentration des projets sur les périodes antique, tardo-antique et médiévale, et seulement trois projets concernent la Préhistoire et la Protohistoire.

Répartition géographique des projets financés

On constate, parmi les projets recensés dans ce chapitre, la très forte représentation de l'aire méditerranéenne (dix projets dont sept en Méditerranée orientale) jusqu'aux secteurs du Caucase-Moyen-Orient (GLOBALKITES et PARADISE) et à l'Asie du sud-est (ModAThom). La France a également concentré quatre projets (ArchaeDyn, PAVAGE, MONUMEN et CASIMODO). On note l'absence de tout projet dans les Amériques, en Afrique, en Océanie et dans une très grande partie de l'Asie (Extrême-Orient et Asie centrale), l'Europe du Nord et centrale sont également absentes.



1. Tous les projets n'ont pas fait l'objet d'une fiche synthétique.



Tour génoise Santa Maria, Cap Corse. © Joseph Chilardi

Parmi les objets archéologiques privilégiés, on retrouve principalement :

- Les structures portuaires antiques de Méditerranée et de la mer Noire. Elles ont été particulièrement plébiscitées au cours de la période 2005-2013, avec les projets GEOPAM, PALEOMED, Pont-Euxin, POLTEVERE et ARCHEOSTRAITS. Depuis une décennie, il n'y a donc plus de projets directement financés ayant pour cadre archéologique les structures portuaires antiques.
- Les lieux culturels et religieux. Ils ont été étudiés pour la période préhistorique dans le cadre du projet MONUMEN, pour la période antique dans le cadre du projet Xanthiaca et enfin pour la période tardo-antique à médiévale dans le cadre des projets ModAThorm, CASIMODO et MONACORALE.
- Les aménagements hydrauliques en lien avec l'alimentation en eau des sites d'occupation humaine. Le développement de cette thématique est assez récent à l'échelle du site archéologique, depuis une décennie environ seulement, principalement dans le cadre des projets GEOMAR, PARADISE et AquaTyr.

Panorama des thématiques abordées

Les fouilles archéologiques, au travers de l'étude du matériel et des structures mis au jour, favorisent une meilleure compréhension de l'histoire de l'occupation humaine d'un site et de la place de ce dernier dans des réseaux d'échanges locaux et régionaux. À ce titre, la caractérisation, l'analyse et l'étude des vestiges archéologiques,

associant sciences humaines et sociales, environnementales et numériques, restent incontournables depuis plusieurs décennies. Les fouilles programmées et préventives contribuent toujours à apporter de nouveaux éléments permettant de construire des séquences chronostratigraphiques et matérielles, enrichissant ainsi nos connaissances des stratégies d'implantation humaines dans un milieu mobile.

Les vestiges archéologiques comme sources d'information pluridisciplinaires

Depuis quelques années, les institutions de la recherche encouragent et accompagnent une nouvelle approche visant à appréhender les sites archéologiques en millefeuilles d'informations et en *nexus* afin de mieux comprendre la place et le rôle de l'humain dans le façonnement des environnements qu'il a fréquentés, et a parfois pu modifier lui-même.

L'intégration des sites archéologiques dans un contexte paléoenvironnemental place toujours les études chronostratigraphiques au centre des recherches pluridisciplinaires, faisant intervenir un large panel de disciplines issues des sciences de la vie et de la Terre. Les sondages, tranchées archéologiques et carottages constituent ainsi des sources d'information primaires pour reconstituer l'évolution du milieu physique. Cependant, des ouvertures notables en direction des sciences de l'univers et du numérique ont été opérées plus récemment, en lien notamment avec un développement spectaculaire de méthodes et techniques permettant une meilleure spatialisation des sites archéologiques d'étude.

L'apport des méthodes et techniques issues de la géophysique

Les fouilles archéologiques se sont en effet enrichies de prospections non destructives du sous-sol par le biais notamment des études de télédétection⁽²⁾ et de prospections géophysiques regroupant différentes méthodes et techniques dont le but est de révéler l'extension géographique des structures déjà partiellement mises à jour. Parmi les apports de cette spatialisation des informations archéologiques sur le plans latéral et vertical, il y a la nécessité de rationaliser les coûts liés aux prospections futures et de se recentrer sur des secteurs potentiellement plus riches en vestiges. Les projets PAVAGE et PARADISE démontrent l'intérêt majeur des études géophysiques dans l'exploration du sous-sol des sites d'occupation humaine. Les résultats obtenus facilitent une vision tridimensionnelle des vestiges archéologiques dans leur contexte stratigraphique et géologique.

L'évolution des méthodes et techniques de partage des informations pluridisciplinaires

L'apport des méthodes de relevés topographiques à haute résolution⁽³⁾ et d'élaboration des systèmes d'information géographique (SIG) permet de spatialiser l'ensemble des vestiges avec une grande précision en X (longitude), Y (latitude) et Z (altitude) en utilisant soit des systèmes de projection cartographique locaux, soit internationaux. La production de cartographies précises facilite ainsi le dialogue avec l'ensemble des partenaires institutionnels scientifiques, les administrations locales et nationales ainsi que les aménageurs. Le recours aux SIG n'est malheureusement pas systématique, de même que les interfaces accessibles en ligne de type *webmapping* (mise à disposition sur Internet des bases de données pluridisciplinaires géoréférencées grâce au SIG, puis élaboration de cartographies thématiques par l'utilisateur) et ont désormais vocation à être utilisés de manière systématique dans le futur de la recherche archéologique intra-site. La question de la sauvegarde des informations archéologiques spatialisées est importante face aux menaces qui pèsent sur le patrimoine bâti : conflits armés, difficultés financières de préservation des structures archéologiques selon le degré de richesse des pays, érosion ou ensevelissement dus à l'évolution et à l'altération des conditions environnementales, etc.

De l'acquisition des données à la restitution 3D : une sauvegarde numérique des vestiges archéologiques et de leur contexte paysager

L'apport de la photogrammétrie et de la modélisation des bâtiments en 3D, notamment grâce aux relevés scanner laser, s'est révélé déterminant depuis une décennie environ. Par exemple, le récent incendie de la cathédrale Notre-Dame de Paris a mis en lumière le nécessaire enregistrement numérique de ces superstructures pluricentenaires afin de les reconstruire, d'abord de manière virtuelle puis réelle, en cas de dégradation ou de destruction. À ce titre, l'ANR a soutenu le projet CASIMODO, qui vise à mieux documenter et à rebâtir ce fleuron du patrimoine français. Les bénéfices de ce projet se voient également à l'échelon international dans la mesure où l'ERC⁽⁴⁾ a également soutenu, en 2022, la nécessité de conserver des copies numériques de l'architecture des structures bâties pour parfaire la connaissance des modes de construction, mais aussi pour en restituer la synthèse 3D au grand public. Les avancées de la connaissance scientifique des sites archéologiques doivent bénéficier à la société civile et leur caractérisation (architecture, localisation des vestiges, etc.) géoréférencée doit pouvoir être accessible à tous, spécialistes ou néophytes. La transition vers le « tout-numérique » est une étape indispensable pour assurer la pérennité

et la survie des sites archéologiques. En plus de CASIMODO, le projet MONACORALE s'inscrit également dans la volonté de produire une copie numérique 3D de structures culturelles en Croatie à partir de relevés géoréférencés. Cette numérisation des structures bâties doit également inclure des modélisations paléopaysagères, car l'évolution de l'occupation des sites s'est effectuée dans des environnements mobiles à différentes échelles spatio-temporelles. Le projet PAVAGE étudie un autre fleuron du patrimoine archéologique et architectural français, le pont d'Avignon. La combinaison de données paléoenvironnementales (en lien avec l'activité hydrosédimentaire du Rhône), géophysiques, architecturales, archéologiques et numériques a permis la réalisation d'une maquette numérique à différentes périodes clés de l'ouvrage. Aujourd'hui, les visiteurs du pont d'Avignon peuvent ainsi mieux comprendre l'histoire archéologique et environnementale de ce site classé par l'Unesco par le biais de la visualisation en réalité augmentée. Les retombées économiques potentielles liées aux études scientifiques ne sont pas non plus à négliger dans le cadre de programmes de recherche sur des sites patrimoniaux de premier plan.

Quantifier l'impact des aménagements d'origine humaine sur l'environnement

Le prélèvement d'archives sédimentaires à l'échelle intra-site peut renseigner de manière efficace l'emprise des sociétés humaines sur leur environnement proche au fil du temps.

Ainsi, depuis l'époque phénicienne, les structures (ou bassins) portuaires antiques aménagés (essentiellement identifiés en Méditerranée et mer Noire) constituent à la fois des lieux d'échanges commerciaux importants mais aussi des réceptacles d'événements environnementaux extrêmes ponctuels (tsunamis, tempêtes, apports hydrosédimentaires continentaux) mais aussi de contaminations environnementales, les paléopollutions. Le projet POLTEVERE proposait justement de reconstituer l'histoire des contaminations par le plomb des eaux du bassin du port antique de Rome au cours de la période romaine. L'origine géographique des minerais, retrouvés dans les carottes sous formes de fractions granulométriques très fines, a ainsi pu être déterminée grâce à la réalisation d'analyses isotopiques du plomb. La thématique relative à l'identification, la quantification et la modélisation des impacts environnementaux des aménagements anthropiques qui tendent à artificialiser les dynamiques naturelles est encore peu développée, d'une manière générale, à l'échelle intra-site. Ainsi, les ports antiques, généralement installés en contexte d'accumulation sédimentaire (lagune, delta, côte à lido, etc.) disposent généralement de quais ou de môles qui contribuent à modifier la dynamique littorale de transports des sédiments, engendrant des phénomènes d'érosion et/ou d'accumulation en amont et en aval des structures bâties. Ces impacts environnementaux, observés à l'échelle extra-site, peuvent ainsi être observés dans les séquences de carottage obtenues. L'étude pluridisciplinaire des ports antiques de Méditerranée a fait l'objet de quatre autres projets, en plus de POLTEVERE, il s'agit de GEOPAM, PALEOMED, Pont-Euxin et ARCHEOSTRAITS.

2. Imagerie satellitaire.

3. DGPS, station totale et LiDAR aéroporté.

4. Projet « Advanced Grant » n-DAME heritage project, CNRS-ministère de la Culture.

La réalisation de carottages dans les anciens bassins portuaires, associée à l'étude en laboratoire de nombreux bioindicateurs et des paramètres sédimentologiques a notamment facilité la reconstitution des conditions environnementales d'installation des structures portuaires. L'identification de phénomènes environnementaux extrêmes y est parfois documentée grâce à l'analyse des archives sédimentaires.

La résilience des sites et des populations face aux variations de la ressource hydrique

La question de l'approvisionnement en ressources de base des sites est au cœur des préoccupations des populations humaines du passé. L'alimentation en eau des villes et sites anciens implantés dans les zones semi-arides à arides a fait l'objet de trois projets financés par l'Agence. La zone d'étude couvre une superficie comprise entre la rive sud de la Méditerranée et l'Asie centrale en passant par le Proche-Orient, et a été au cœur d'une réflexion pluridisciplinaire visant à mieux étudier l'adaptation des sociétés humaines du passé face à la modification des conditions hydroclimatiques. Les aménagements hydrauliques de type canaux, aqueducs, qanats, fournissent à ce sujet de précieux indices chronologiques sur les stratégies d'approvisionnement en eau douce d'une occupation humaine qui, de toute évidence, n'avait plus la capacité de se fournir en ressource hydrique sur site. Le projet AquaTyr met en lumière cette problématique au travers de la résilience sociétale face à la réduction de la ressource en eau à l'échelle urbaine pour l'ancienne Tyr (Liban), forçant ainsi les ingénieurs de l'époque à concevoir, puis à mettre en œuvre, des innovations techniques afin de canaliser l'eau depuis des sources parfois éloignées et à la distribuer dans les réseaux d'adduction d'eau potable notamment. De manière similaire, les projets GEOMAR et PARADISE s'intéressent respectivement à la question de la gestion de la ressource hydrique dans le contexte hydroclimatique climatique semi-aride à aride de la région d'Alexandrie, en Égypte et au Moyen-Orient. Les implications sociétales sont nombreuses et traitent notamment du développement de l'agriculture et de l'approvisionnement en eau potable des populations de centres urbains. Tirer les enseignements de cette stratégie d'adaptation des sociétés humaines du passé en contexte de baisse sensible de la disponibilité locale en eau, et face à des accroissements démographiques, peut servir aux sociétés humaines actuelles, également confrontées à cette problématique en contexte de pression humaine croissante et d'aridité engendrant une plus forte pression sur les ressources hydriques de la planète mais étant aussi à l'origine de conflits d'usage divers.

Le défi de la conservation des vestiges dans le contexte des changements globaux

L'une des préoccupations actuelles vis-à-vis des sites archéologiques mis au jour, et donc libérés des couches sédimentaires qui les protégeaient, concerne la difficile question de leur conservation et de leur mise en valeur. Cette dernière, complexe, doit faire face aux pressions urbaines, aux dégradations lors de conflits, à l'érosion dans le temps due à leur exposition aux agents météorologiques et aux changements globaux. La question de la conservation est posée notamment sur des aménagements construits avec des matériaux périssables et exposés aux agents d'érosion (GLOBALKITES). Le projet WOODPDLAKE ambitionne justement d'étudier des bois issus d'habitats palafittiques de lacs espagnols et italiens afin de proposer des stratégies de conservation face aux



Aqueduc Kamaretsi Larnaca, Chypre. © Matthieu Ghilardi

changements environnementaux, et plus particulièrement des effets du changement climatique. La provenance des matériaux est également abordée dans le but de mieux comprendre les filières d'exploitation des matières premières ligneuses.

Fiches projets

p. 64	_____	AquaTyr
p. 65	_____	ArchaeDyn
p. 66	_____	ARCHEOSTRAITS
p. 67	_____	CASIMODO
p. 68	_____	GEOMAR
p. 69	_____	GLOBALKITES
p. 70	_____	ModAThorm
p. 71	_____	MONACORALE
p. 72	_____	MONUMEN
p. 73	_____	PALEOMED
p. 74	_____	PARADISE
p. 75	_____	PAVAGE
p. 76	_____	POLTEVERE
p. 77	_____	Pont-Euxin
p. 78	_____	WOODPDLAKE
p. 79	_____	Xanthiaca

AquaTyr

Parcours des eaux insulaires

Rappel des objectifs et méthodologie

Ce projet vise à documenter l'évolution de la gestion de l'eau à Tyr, au Liban, de l'âge du Fer au Moyen Âge. Le cas de Tyr est emblématique de la capacité d'adaptation d'une cité à une succession de phases d'abondance et de limitation de l'eau, au gré de l'évolution morphologique du trait de côte. À l'apogée de son rayonnement, pendant la période phénicienne, Tyr se développe sur une petite île aride. Elle devient une presqu'île au III^e siècle avant notre ère, après quoi des aqueducs permettent son alimentation en eau. Les détériorations des aqueducs à l'époque médiévale ramènent les conditions de cette alimentation à leurs origines, pendant une période pseudo-insulaire. Ces trois phases, insulaire, péninsulaire, et pseudo-insulaire symbolisent l'évolution générale de la gestion de la ressource en eau par les sociétés. D'abord rare, l'eau devient abondante grâce aux progrès techniques. La pression démographique et l'élévation du niveau marin la rendent rare à nouveau. Sur plus d'un millénaire, Tyr a su relever ces défis. Le projet vise à comprendre comment les habitants de Tyr ont adapté leurs usages, en s'appuyant sur l'étude archéologique d'un vaste réseau de stockage et de distribution des eaux ainsi que sur l'étude géologique des sources d'approvisionnement par traçage géochimique sur des dépôts.

En ce qui concerne l'étude historique, un inventaire des sources textuelles portant sur la collecte de l'eau et son usage (sources sur l'île, sources sous-marines, sources côtières, apports par bateau) sera effectué. Dans le domaine de l'archéologie, les recherches reposent sur les acquis des fouilles « classiques », se fondant sur l'inventaire des structures liées à l'eau et l'analyse chronofonctionnelle des réseaux d'adduction et d'évacuation, en prêtant une attention particulière aux recyclages éventuels. La géoarchéologie et la géophysique seront également sollicitées dans le but d'analyser les variations du niveau de la mer à partir de marqueurs anthropiques et naturels et de la cartographie bathymétrique. En complément, des carottages seront prélevés afin de documenter la mobilité morphologique du tombolo sableux greffé sur la chaussée d'Alexandre, et le comblement des bassins portuaires. Les recherches incluront également des analyses

chimiques et isotopiques des dépôts calcaires et détritiques dans les conduits et les cuves. Enfin, un système d'information géographique rassemblera l'ensemble des données pluridisciplinaires pour évaluer l'évolution des réseaux d'eau et de la trame urbaine.

Résultats majeurs

Les observations préliminaires réalisées ont permis d'identifier un môle phénicien, probablement délimitant le célèbre port Sud, dit Port phénicien, recherché depuis des siècles. Le traçage des eaux pendant la période insulaire permettra de lever le voile sur l'alimentation de l'île et la contribution des moyens non conventionnels, tels que la collecte des eaux de source sous-marine ou l'utilisation d'aqueducs submergés pour les eaux côtières. Le site de recherche est un site Unesco spectaculaire, et les découvertes réalisées dans le cadre de ce projet permettront de le mettre en valeur.

Production scientifique et valorisation

Goiran J.-P., et al. (à paraître) Evolution of sea-level at Tyre during Antiquity. *BAAL*, 21. Direction Générale des Antiquités du Liban.

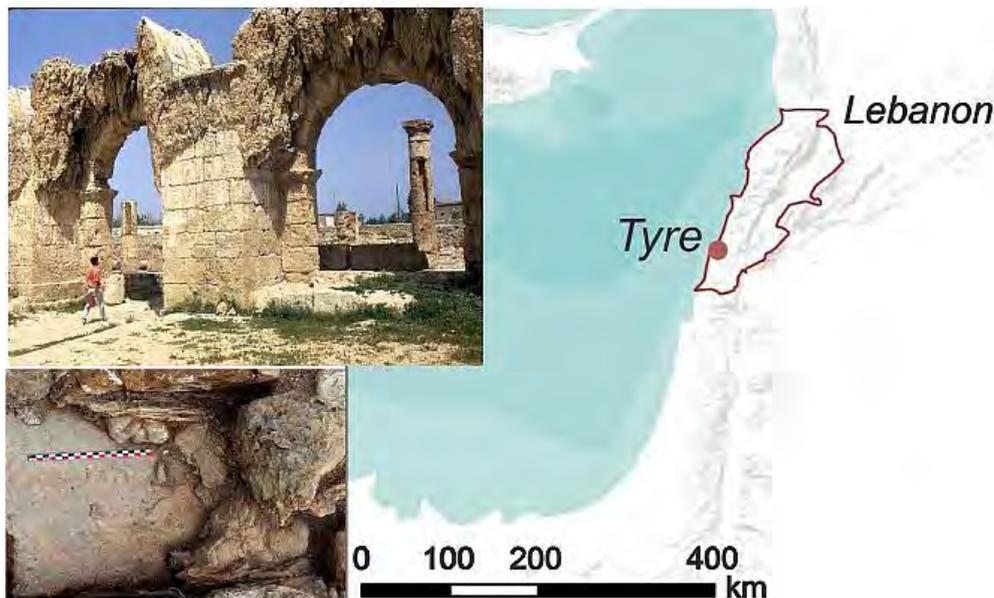
Début du projet : 2021 | Durée : 48 mois
Instrument : PRC | Financement ANR : 493 920 €

Partenaires

UMR 5189 HiSoMa, Lyon | IFPO-Institut Français du Proche Orient, Beyrouth (Liban) | Inrap, Paris | UMR 5138 ArAr, Lyon | UMR 5133 Archéorient, Lyon | UMR 8212 LSCE, Gif-sur-Yvette

Coordination

Jean-Baptiste Yon – UMR 5189 HiSoMa, Lyon –
 jean-baptiste.yon@cnrs.fr – <https://aquatyr.hypotheses.org/>



Localisation du secteur d'étude, vue des dépôts de carbonates sous les voûtes de l'aqueduc et sur les parois d'une cuve.

© Jean-Baptiste Yon

ArchaeDyn

Dynamique spatiale des territoires de la Préhistoire au Moyen Âge

Rappel des objectifs et méthodologie

Le projet ArchaeDyn s'inscrit dans le prolongement des programmes européens Archaeomedes I (1992-1994) et II (1996-1999). Toutefois la perspective de recherche est différente, car elle est centrée non plus sur l'habitat mais sur le territoire qui accueille les activités humaines (agriculture, élevage, extraction minière, artisanat) et sur les phénomènes sociaux de production et d'échanges (système de peuplement, système agro-pastoral, échanges et consommation de produits manufacturés). L'objectif est d'appliquer uniformément, pour mieux comparer les états et les évolutions, un même protocole descriptif et analytique à différentes zones ateliers réparties en France, sinon à l'ensemble du territoire national, voire au continent ouest européen. Les enquêtes portant sur des périodes et des durées variées, du Néolithique à l'époque moderne, une formalisation globale du protocole de recherche a été développée pour identifier et décrire les objets étudiés, les analyses mises en œuvre et les nouveaux objets spatiaux produits par l'équipe.

Pour confronter les évolutions d'un phénomène documenté et décrit dans plusieurs bases de données géoréférencées, les espaces étudiés ont été délimités et découpés afin d'être comparables selon les questions posées. Le principe d'investigation est celui de l'analyse d'image où un objet, ici l'espace fréquenté, occupé et exploité, est discrétisé sous la forme d'une grille dont les mailles, cellules ou pixels, sont dotés d'attributs. La taille des mailles varie selon l'échelle des espaces étudiés et les attributs correspondent à des indicateurs calculés à partir d'un semis de lieux (sites), d'objets archéologiques (artefacts) ou d'unités d'enregistrement spatiales (zone de prospection, parcelle). Le profil ainsi défini permet de comparer les entités territoriales décrites selon le même protocole et d'analyser leur trajectoire dans la longue durée pour caractériser un espace ou un système : le finage cultivé, le système de peuplement ou le processus de diffusion des objets manufacturés par rapport aux ressources.

Résultats majeurs

ArchaeDyn a livré des méthodes, quantitatives et qualitatives, d'analyse de données archéologiques spatialisées, utilisées dans des travaux universitaires et de nouveaux programmes (dont trois nouveaux projets ANR). La statistique spatiale de l'occupation versus l'abandon des espaces ruraux relativise le poids des contraintes environnementales, soulignant la résilience des sociétés grâce à une palette complexe de modes d'exploitation et de peuplement, en France méridionale et septentrionale. Elle remet en question les modèles de diffusion des objets et d'identification des zones à fort potentiel productif ou d'échange.

Production scientifique et valorisation

Gandini C., et al. (2012) *Settlement Patterns, Production and Trades from Neolithic to Middle Ages. Archaeodyn. 7 Millennia of Territorial dynamics*. Archaeopress, British Archaeological Reports, Oxford, 80 p.

Gauthier E., et al. (2022) *ARCHAEDYN. Dynamique spatiale des territoires de la Préhistoire au Moyen Âge, Volume I*. Besançon, Cahiers de la MSHE, PUFC, 47, Dynamiques territoriales, 15, 344 p.

Début du projet : 2009 | Duré : 48 mois
Financement ANR : 290 000 €

Partenaires

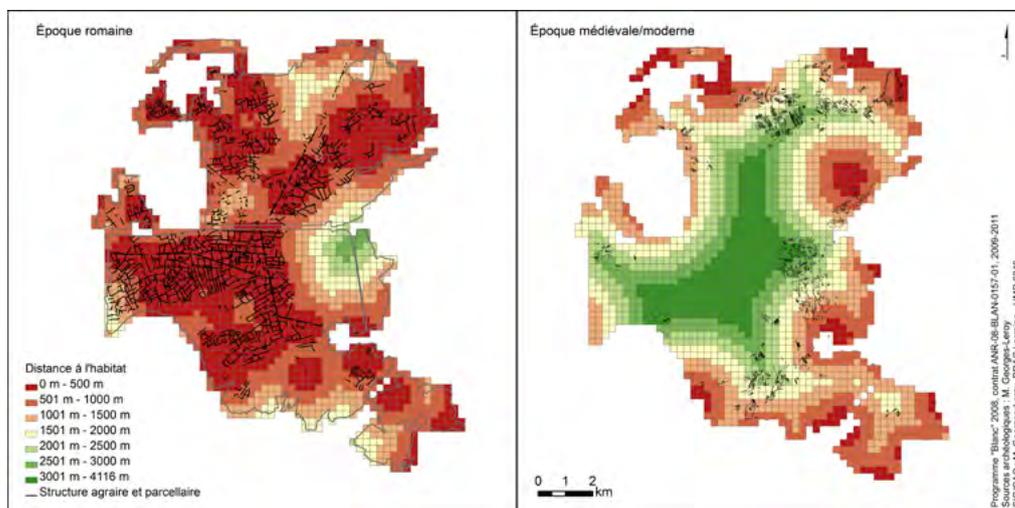
UMR 6249 Chrono-environnement, Besançon | UMR 6049 ThéMA, Besançon | Maisons des sciences de l'homme, Dijon, Clermont-Ferrand, Nice et Tours

Coordination

François Favory – UMR 6249 Chrono-environnement, Besançon – favory.francois2@wanadoo.fr

Forêt de Haye (Meurthe-et-Moselle) : évolution de la distance entre l'espace cultivé (matérialisé par des structures agraires et parcellaires) et l'habitat, exprimée sur une portion de territoire de 500 m de côté, à l'époque gallo-romaine (à gauche) et au Moyen Âge et à l'époque moderne (à droite).

© ArchaeDyn, atelier 1



ARCHEOSTRAITS

Espaces protohistoriques du détroit de Gibraltar : les territoires de la Silla del Papa et de los Castillejos de Alcorrín (IX^e-I^{er} siècles av. J.-C.)

Rappel des objectifs et méthodologie

Ce projet a pour point de départ les fouilles réalisées par une équipe franco-espagnole et par une équipe germano-espagnole sur les deux plus grandes agglomérations protohistoriques de la rive nord du détroit de Gibraltar, distantes l'une de l'autre de 40 km : la Silla del Papa, à Tarifa (Cádiz) et los Castillejos de Alcorrín, à Manilva (Málaga). Ces deux sites de hauteur, fondés à l'époque des premiers établissements coloniaux phéniciens en Occident, contrôlaient un espace littoral tout en étant eux-mêmes situés en retrait de la côte. Tous deux suscitent les mêmes interrogations sur la structuration des territoires dans un espace fortement compartimenté, sur la tension entre vocation maritime et préoccupations défensives, sur la complémentarité entre exploitation des ressources halieutiques et terroir agropastoral. L'objectif est d'approfondir l'étude spatiale de ces sites dans leur environnement : délimitation précise de l'habitat, identification de marqueurs territoriaux (tours, monuments funéraires), localisation des nécropoles, localisation des carrières, reconstruction des paléoenvironnements, mise en évidence des relations avec un site portuaire, évaluation des ressources agropastorales, estimation de la taille du terroir nécessaire.

Ce travail s'est effectué dans une démarche de géoarchéologie et d'archéologie spatiale, à plusieurs échelles, en s'appuyant sur les méthodes suivantes : acquisition de données spatiales par capteurs embarqués sur drone, complétées par des informations de subsurface obtenues via des méthodes géophysiques, ainsi que par des séquences de carottage. Ainsi, pour le volet topographique, les terrains choisis ont servi de zone test pour l'utilisation d'une caméra thermique ; et pour le volet géoarchéologique, afin de consolider les datations faites par ¹⁴C ou de compléter ces dernières dans les couches sédimentaires dépourvues de substance organique, la technique de datation par luminescence stimulée optiquement (OSL) a été mise en œuvre. La mise en commun des moyens techniques et des méthodologies des deux partenaires a été le fil conducteur de ce projet, dans un esprit de collaboration réellement intégré.

Résultats majeurs

Appliquées à la topographie très accidentée de la Silla del Papa, les nouvelles technologies d'acquisition des données spatiales ont permis

d'élaborer un modèle 3D de grande précision, outil fondamental pour la restitution des structures d'habitat ancrées dans le rocher, mais aussi pour l'analyse des stratégies de contrôle et d'occupation de l'espace dans l'environnement proche du site. Concernant le volet géoarchéologique, des phases d'intensification de la pression anthropique sur l'environnement ont été mises en évidence ; elles correspondent à des recompositions du réseau de sites ruraux autour des deux agglomérations.

Production scientifique et valorisation

Moret P. et Prados F., *et al.* (2014) Les deux Baelo : du site perché protohistorique au site portuaire romain sur la rive nord du détroit de Gibraltar. In : Mercuri L., *et al.* (eds.), *Implantations humaines en milieu littoral méditerranéen*. XXXIV^{es} Rencontres internationales d'archéologie et d'histoire d'Antibes, Antibes, pp. 137-148.

Prados F., *et al.* (2012) Bajar al mar y... ¿hacerse romano? De la Silla del Papa a Baelo Claudia. In : Mora Serrano B. et Cruz Andreotti G., (eds.), *La etapa neopúnica en Hispania y el Mediterráneo centro-occidental: identidades compartidas*. VII Coloquio Internacional del Centro de Estudios Fenicios y Púnicos (Málaga, 28-29 noviembre 2011), Sevilla, Universidad de Sevilla, pp. 301-329.

Début du projet : 2014 | Durée : 42 mois

Financement ANR : 211 432 €

Partenaires

UMR 5608 TRACES, Toulouse | DAI Deutsches Archäologisches Institut - Abteilung Madrid | Université d'Alicante (Espagne)

Coordination

Pierre Moret – UMR 5608 TRACES, Toulouse – pierre.moret@univ-tlse2.fr | Dirce Marzoli – DAI Deutsches Archäologisches Institut - Abteilung Madrid

Site de la Silla del Papa
(au sommet).

© Pierre Moret



CASIMODO

Optimum Climatique Médiéval et développements socioéconomiques : étude de la charpente de Notre-Dame de Paris et implications pour les forêts

Rappel des objectifs et méthodologie

La « forêt » en chêne de Notre-Dame de Paris, un des plus grands chefs-d'œuvre de la charpenterie gothique en France, a été construite au cours du Moyen Âge, entre les XI^e et XIII^e siècles. C'est une époque où de profonds changements environnementaux et sociétaux – optimum climatique, forte croissance démographique et économique – ont créé une pression importante sur les ressources forestières disponibles, l'un des principaux moteurs économiques des sociétés médiévales. L'incendie de la charpente (2019) a laissé des milliers de fragments de poutres calcinées dont l'étude va permettre de définir les techniques de construction et les modes d'approvisionnement du chantier, de caractériser les peuplements forestiers exploités, leur gestion et les éventuels systèmes sylvicoles mis en place pour une production de bois adéquate et, enfin, de reconstituer le climat pendant lequel les arbres exploités ont poussé. Ainsi, par le biais du cycle de vie du bois, l'objectif de CASIMODO est de permettre une meilleure compréhension de l'évolution d'une zone économique soumise à des pressions climatiques, sociétales et démographiques entre les XI^e et XIII^e siècles dans le Bassin parisien.

Au niveau méthodologique, le projet développe une approche intégrée combinant histoire, archéologie, bioarchéologie et reconstitution des paléoenvironnements. Les arbres enregistrent les variations de leur environnement, chaque cerne de croissance annuelle contenant un moyen de datation et un ensemble d'indicateurs de marqueurs anatomiques et chimiques fournissant des informations sur la structure de la forêt, l'origine géographique du bois et le climat passé. Ces études seront appliquées sur les bois de la charpente, principalement composée de chênes caducifoliés. Le corpus sera élargi à l'étude anthracologique de 40 sites urbains et ruraux de l'époque médiévale du Bassin parisien. Ces approches, pour certaines innovantes, reposent sur l'établissement d'un référentiel interdisciplinaire inédit à l'échelle internationale. Il comprend 15 stations forestières du bassin de la Seine, l'échantillonnage de 300 arbres et l'analyse de 1500 carottes de bois destinées aux différentes analyses (dendrochronologie, dendrochimie, dendroisotopie). Enfin, les résultats seront comparés à des données contemporaines sur le bois provenant de structures médiévales civiles et religieuses du nord de la France, du sud de la Belgique et de l'ouest de l'Allemagne.

Résultats majeurs

Ce projet fournira des données sur l'ampleur de la déforestation au Moyen Âge classique, période dite des grands défrichements pour laquelle, en réalité, peu de données existent tant sur les pratiques d'exploitation sylvicoles que sur la gestion/protection des espaces forestiers. Il apportera également une meilleure documentation de la variabilité temporelle et spatiale de l'optimum climatique médiéval, encore très peu documenté dans la moitié nord de la France. Enfin, l'étude des bois de Notre-Dame permettra également l'établissement d'une courbe de calibration radiocarbone, un outil central de la science moderne (biologie, écologie, géologie, histoire et archéologie).

Production scientifique et valorisation

Penagos C., *et al.* (2022) Naming, relocating and dating the woods of Notre-Dame "forest", first results based on collated data and archaeological surveys of the remains. *Journal of Cultural Heritage*, 56, pp. 75-84.

Mouraux C., *et al.* (2022) Assessing the carbonisation temperatures registered in ancient charcoals for $\delta^{13}\text{C}$ -based palaeoclimate reconstruction. *Scientific Reports*, 14662.

Début du projet : 2021 | Durée : 48 mois
Instrument : PRC | Financement ANR : 663 101 €

Partenaires

UMR 7209 AASPE, Paris | UMR 1434 SILVA – INRAE, Champenoux | UMR 8212 LSCE, UVSQ | UMR 6249 Chrono-environnement, Besançon | Inrap, Paris | UMR 6566 CReAAH, Rennes | Université de Freiburg (Allemagne) | Université de Liège (Belgique)

Coordination

Alexa Dufraisse – UMR 7209 AASPE, Paris – alexa.dufraisse@mnhn.fr – <https://www.notre-dame.science/> – <https://notre-dame-de-paris.culture.gouv.fr/fr>

Vue des poutres calcinées de la charpente de Notre-Dame de Paris, rondelle de chêne partiellement carbonisée laissant apparaître les cernes de croissance et prélèvement de carottes de bois.

© Alexa Dufraisse, Anna Imbert Stulc



GEOMAR

Gestion de la ressource en Eau dans l'Orient Méditerranéen : Alexandrie et son Réseau hydrographique

Rappel des objectifs et méthodologie

Dans un contexte où les changements hydrologiques exercent une importante pression sur les ressources et où les impacts attendus du changement climatique actuel vont exacerber la vulnérabilité des communautés, le projet GEOMAR, axé sur la région semi-aride d'Alexandrie (Égypte), visait à comprendre la dynamique des interactions sociétés-environnement depuis l'Antiquité et la fondation de la cité, par l'étude du principal facteur limitant, la ressource en eau. GEOMAR avait pour but d'analyser, à une échelle pluriséculaire, les changements climatiques passés, leurs impacts sur la disponibilité en eau, leurs conséquences sur l'environnement et sur la vulnérabilité des sociétés, ainsi que l'exploitation du territoire et son impact sur l'environnement. L'adaptation à la pénurie en eau, seul moyen de maintenir une économie dans ces territoires semi-arides, apparaît donc comme un challenge récurrent. La mise en perspective historique de ces anomalies hydrologiques et de leurs conséquences humaines visait à analyser, sur le long terme, la réponse des systèmes socioéconomiques, non isolés des crises climatiques, malgré l'innovation technologique ou la volonté politique, aux contraintes environnementales. Le projet GEOMAR, par une approche multifactorielle, projetait de déterminer un facteur clé dans l'histoire des civilisations : le seuil à partir duquel toute agro-innovation n'est plus envisageable, menant à une migration des populations vers des territoires plus fertiles et plus viables économiquement (riverains, palustres, alimentés par des sources karstiques).

La démarche retenue pour explorer cette région a été multi-scalaire : dans un premier temps, nous sommes partis d'une approche globale de la zone, avec pour objectifs : 1/ de compiler l'ensemble des données archéologiques et paléoenvironnementales existantes ; 2/ de prospector l'ensemble de la zone d'étude afin d'établir sa carte archéologique et d'identifier les meilleures archives sédimentaires disponibles. Dans un second temps, nous avons réduit cette échelle d'étude afin de proposer des analyses spécifiques et à haute résolution temporelle des sites retenus au cours des phases de prospections. Cette seconde phase proposait des études ciblées des pratiques agricoles en Maréotide, avec une focalisation sur la thématique de la gestion des ressources en eau. Parallèlement, l'analyse multi-proxy des archives sédimentaires du Wadi Natrun a permis de quantifier l'évolution du niveau des lacs du Wadi et de sa couverture végétale, et a fourni un outil de lecture de l'évolution de la ressource aquifère en Maréotide. Enfin, des analyses géostatistiques (SIG) ont été menées et une modélisation multifactorielle de l'évolution du couple sociétés-environnements a été obtenue.

Résultats majeurs

Parmi les résultats majeurs, nous pouvons citer : 1/ la localisation du port antique lacustre d'Alexandrie, révélant ainsi un fort potentiel archéologique inexploité ; 2/ l'élaboration d'une base de données sur le delta du Nil décrivant le rôle des variations d'intensité de la mousson éthiopienne sur son écoulement et son approvisionnement sédimentaire, à l'origine de l'évolution du delta et de son occupation ; 3/ l'acquisition d'images satellitaires et le développement d'un système d'information géographique inédit à vocation scientifique et patrimoniale ; 4/ l'identification et la documentation, par analyse cartographique et prospection de terrain, d'une structure agricole originale et peu répertoriée en Égypte, en l'occurrence les parcelles agricoles talutées de grande superficie avec des installations hydrauliques et anthropiques afférentes ; 5/ la reconstitution de l'évolution de l'embouchure du Nil depuis 6000 ans, démontrant une très forte mobilité de ces milieux, où les sociétés qui s'y sont installées ont fait preuve d'une forte résilience.

Production scientifique et valorisation

Flaux C., et al. (2013) A 7500 years strontium isotope record from the northwestern Nile delta (Maryut lagoon, Egypt). *Quaternary Science Reviews*, 78, pp. 22-33.

Flaux C. et Pichot V., et al. (2014) Géoarchéologie portuaire dans le lac Maréotis, delta du Nil, Égypte. In : Morhange C. (ed.), *Géoarchéologie des ports antiques*. *Géochronique*, 130, pp. 38-42.

Flaux C., et al. (2017) Late Holocene erosion of the Canopic promontory (Nile Delta, Egypt). *Marine Geology*, 385, pp. 56-67.

Début du projet : 2013 | Durée : 48 mois

Financement ANR : 576 955 €

Partenaires

UMR 5245 ECOLAB, Toulouse | USR 3134 CEAlex, Alexandrie (Égypte) | UMR 7630 CEREGE, Aix-en-Provence puis UMR 6249 Chrono-environnement, Besançon

Coordination

David Kaniewski – UMR 5245 ECOLAB, Toulouse – david.kaniewski@univ-tlse3.fr

Zone archéologique du port lacustre d'Alexandrie à l'époque romaine (Portus Mareoticus).

Une prospection géomorphologique intensive, effectuée sur la façade lacustre d'Alexandrie, a permis de détecter le Portus Mareoticus, le port lacustre d'Alexandrie, qui n'avait jamais été identifié.

© David Kaniewski



GLOBALKITES

Stratégies d'adaptation et régulations bioéconomiques en milieu fragile : le rôle des « desert kites »

Rappel des objectifs et méthodologie

L'étude des stratégies d'adaptation des groupes humains en milieu aride et semi-aride (désert, steppe) est un thème de recherche récurrent en archéologie. L'analyse des « desert kites » (ou simplement « kites »), ces constructions gigantesques faites d'alignements de pierres convergeant vers un enclos, contribue à alimenter ce thème par leur documentation encore largement méconnue. Les problèmes abordés dans le présent projet sont d'abord la fonctionnalité et la datation de ces structures énigmatiques : les kites étaient-ils utilisés comme pièges de chasse et/ou comme enclos pour animaux domestiqués, et sur quelle durée ? Comment ensuite expliquer l'extension géographique de ces structures : convergence culturelle ou véritable influence technique interrégionale ? Dans un contexte chronologique large, l'aire de répartition des kites couvre un domaine géographique immense, de l'Arabie au Proche-Orient, jusqu'au Caucase et en Asie centrale. De par la quantité très importante et inattendue de ces structures visibles depuis l'espace, et par leur répartition plus ou moins continue sur des milliers de kilomètres carrés, nous avons rapidement souhaité aborder ce « phénomène kite » dans sa globalité.

Le projet GLOBALKITES s'est constitué autour d'une équipe interdisciplinaire dont les méthodes d'investigation combinent les approches traditionnelles de l'archéologie avec des méthodes à la pointe de la recherche actuelle. Les kites sont donc étudiés à l'échelle de leur répartition géographique, grâce à une approche combinant des opérations de terrain dans des « fenêtres » représentatives et la mise en place d'un inventaire fondé sur leur reconnaissance à partir des images satellite à haute résolution. Ensuite, l'étude fait appel à diverses méthodes géoarchéologiques et bioarchéologiques (notamment l'étude des faunes et des environnements anciens) dont l'originalité tient moins à leur nouveauté qu'à leur articulation et leur emploi systématique. L'analyse spatiale et géostatistique des résultats permet ainsi de dépasser les cas régionaux particuliers pour approcher des phénomènes plus généraux de diffusion ou de convergence. Enfin, un ensemble de méthodes de datation est utilisé de manière systématique, pour la première fois dans l'étude des kites.

Résultats majeurs

Le projet GLOBALKITES a révélé la présence systématique de fosses-pièges à la périphérie des enclos prouvant l'utilisation des kites comme pièges de chasse (gazelles, antilopes...). La recherche systématique d'éléments datant dans l'ensemble des zones fouillées a livré pour la première fois une chronologie préliminaire de l'utilisation des kites, de la Jordanie où ils sont les plus anciens (fin du Néolithique environ -7000), au nord de l'Arabie saoudite (environ -6000), à l'Arménie (entre environ -3000 et les premiers siècles de notre ère), jusqu'au Kazakhstan (datations encore plus récentes). On observe également une régionalisation des types de kites grâce à un inventaire exhaustif dans l'ensemble de la zone, et il semblerait qu'une diffusion du phénomène kites depuis un épicycle, vers des régions de plus en plus éloignées ait été possible (continuité culturelle ?).

Production scientifique et valorisation

Crassard R., et al. (2022) The use of desert kites as hunting mega-traps: functional evidence and potential impacts on socioeconomic and ecological spheres. *Journal of World Prehistory*, 35, pp. 1-44.

Barge O., et al. (2015) Unity and diversity of the kite phenomenon: a comparative study between Jordan, Armenia and Kazakhstan. *Arabian Archaeology and Epigraphy*, 26, pp. 144-161.

Crassard R., et al. (2015) Addressing the desert kites phenomenon and its global range through a multi-proxy approach. *Journal of Archaeological Method and Theory*, 22, pp. 1093-1121.

Début du projet : 2013 | Durée : 54 mois
Financement ANR : 150 000 €

Coordination

Rémy Crassard – UMR 5133 Archéorient, Lyon –
 remy.crassard@cnrs.fr – www.globalkites.fr

Vue aérienne d'un kite de Jordanie en cours d'étude.
 © Olivier Barge/Projet ANR GLOBALKITES.



ModAThom

Modèle explicatif de la fabrique urbaine d'Angkor Thom : archéologie d'une capitale disparue

Rappel des objectifs et méthodologie

À partir de l'archéologie, nous présenterons une autre image d'Angkor Thom, capitale du royaume Khmer et site emblématique de l'histoire mondiale de l'urbanisme. Cette capitale s'inscrit dans un âge d'or des villes asiatiques (IX^e-XV^e siècles) dont l'histoire, jusqu'à présent le plus souvent réduite à celle des monuments visibles, est restée à l'écart d'une recherche urbaine largement occupée par les modèles occidentaux. L'objectif du projet ModAThom est de construire un modèle explicatif de formation et de transformation de l'espace urbain, en tant que processus sociospatial, des conditions de sa naissance à son abandon. Ce modèle doit d'une part, aboutir, par l'archéologie, à la remise en cause d'une chronologie existante, essentiellement fondée sur les études de la statuaire, les changements architecturaux et les dynasties des rois khmers relevant de l'épigraphie. D'autre part, il permettra de mieux percevoir l'organisation de la ville, mais aussi l'ouverture économique et culturelle de cette dernière sur le monde extérieur tout en essayant de restituer, autant que possible, le paysage autour du Palais royal à partir d'une étude paléoenvironnementale.

Au niveau méthodologique, le temps de la fouille n'étant pas celui de l'étude, nous nous attacherons, dans le projet ModAThom, à exploiter un échantillon chronospatial représentatif de la masse volumineuse de sources matérielles déjà produites durant quinze années d'activité archéologique dans la ville (70 fouilles ou observations). Le modèle de développement urbain est appréhendé à partir de la matérialité accumulée dans le sol, à sa surface et dans son épaisseur archéologique, sous la forme de données immobilières (architectures, îlots urbains, rues, canaux, bassins...), mobilières (céramiques, terres cuites architecturales) et confronté *in fine* aux autres sources existantes (histoire monumentale, épigraphie). Des sondages complémentaires, indispensables à la compréhension des origines du développement de la ville, ont été effectués à un emplacement jugé stratégique à l'intérieur du Palais royal et complétés par une étude paléoenvironnementale, plus précisément palynologique, fondée sur des échantillons issus de contextes archéologiques choisis. Sur ce dernier point, l'apport de la palynologie est majeur, de même que l'analyse stratigraphique effectuée sur les niveaux sélectionnés, en complément de l'approche archéologique plus globale.

Résultats majeurs

Fondé sur une analyse des données archéologiques mobilières et immobilières d'un sol urbain dans sa diversité, et non plus sur les seules données classiques (histoire de l'art, épigraphie), ce projet introduit un changement radical dans l'étude du site d'Angkor. Son originalité et son potentiel de rupture se situent à plusieurs niveaux : 1/ l'étendue spatiale et temporelle couverte ; 2/ la dimension interdisciplinaire d'analyse et de synthèse plurifactorielle et multiscalaire des phénomènes dans le temps, dont une tentative de restitution des paysages du passé ; 3/ les perspectives qu'il ouvre, de replacer les données collectées sur le site à l'intérieur d'une première grande périodisation de son histoire et, ainsi, de suggérer de nouvelles voies de recherche. Plus largement, ce projet peut avoir valeur d'exemple pour l'étude de nombreux sites urbains anciens en Asie du Sud-Est et en Asie du Sud.

Production scientifique et valorisation

Bellanger L., *et al.* (2021) PerioClust: a simple hierarchical agglomerative clustering approach including constraints. In : Chadjipadelis T., *et al.* (eds.), *Data Analysis, and Rationality in a Complex World*. XXIII, 2020, Springer Series "Studies in Classification, Data Analysis and Knowledge Organization".

Début du projet : 2018 | Durée : 71 mois

Instrument : PRC | Financement ANR : 527 904 €

Partenaires

UMR 7324 LAT-CITERES, Tours | École Française d'Extrême-Orient, Siem Reap (Cambodge) | UMR 6629 LMJL, Nantes | Institut Français de Pondichéry (Inde) | Laboratoire d'Informatique de l'Université de Tours | UMR 5138 ArAr, Lyon | IEA GÉHCO, Tours | Autorité nationale pour la protection du site et la gestion de la région d'Angkor (Cambodge)

Coordination

Philippe Husi – UMR 7324 LAT-CITERES, Tours – philippe.husi@univ-tours.fr
Jacques Gaucher – École Française d'Extrême Orient – <http://citeres.univ-tours.fr/spip.php?article2740>

Fouille (à gauche) réalisée dans le cadre du projet ModAThom au pied du temple du Phimeanakas (site du Palais royal) à Angkor Thom, au Cambodge

© Philippe Husi, Jacques Gaucher



MONACORALE

Histoire et archéologie des monastères et des sites ecclésiastiques d'Istrie et de Dalmatie (IV^e-XII^e s.)

Rappel des objectifs et méthodologie

Ce projet de recherche est issu de la collaboration entre des chercheurs français, croates et italiens travaillant sur des archives, des textes et des sites ecclésiastiques, notamment monastiques, de la côte adriatique istrienne et dalmate entre les IV^e et XII^e siècles. Il a l'ambition de constituer un corpus raisonné de ces sites synthétisant l'ensemble des sources disponibles et de réaliser l'étude d'une « zone atelier » (île de Cres, Croatie) comprenant plusieurs sites de première importance. À travers une approche résolument pluridisciplinaire croisant les sources de l'archéologie, l'histoire, l'histoire de l'art, la littérature, l'épigraphie, l'étude paléoenvironnementale et l'archéologie du paysage, l'objectif sera d'étudier : 1/ les aspects topographiques et les conditions historiques de leur fondation (relations au milieu naturel, contexte humain, réutilisation de sites antiques, etc.) ; 2/ leur organisation territoriale et sociale dans le contexte adriatique ; 3/ leurs fonctions dans la diffusion des idées réformatrices et, plus largement, de l'autorité pontificale dans une période de confrontation entre les puissances présentes dans l'Adriatique (Francs, Byzantins, Normands, Vénitiens et Slaves).

Les méthodes utilisées relèvent des disciplines archéologiques, archéométriques, paléoenvironnementales et historiques. Elles reposent sur des fouilles archéologiques impliquant des analyses stratigraphiques, des analyses anthropologiques, archéozoologiques et carpologiques, des relevés topographiques ainsi que des relevés d'élévations et de modélisation 3D d'architecture par orthophotographies (pour des études d'archéologie du bâti). Outre la datation par radiocarbone, nous expérimentons, à l'échelle de la côte croate, la datation des mortiers de construction par la mise en œuvre de la thermoluminescence optiquement stimulée par simple grain (OSL-SG) ; les verres anciens font l'objet d'analyses physicochimiques par spectromètre de masse utilisant une torche plasma ; des ossements humains et animaux provenant de la fouille du complexe de Martinscica font l'objet de déterminations isotopiques et ADN. Les études paléoenvironnementales comprennent des analyses palynologiques et sédimentologiques, issues de carottage prélevés dans des lacs de l'archipel du Kvarner et de l'ADN ancien et d'isotopes stables sur les ossements humains issus des fouilles archéologiques. Enfin, des recherches dans différents fonds d'archives connus ou inédits en Croatie et en Italie seront menées.

Résultats majeurs

Les premiers résultats portent globalement sur une réévaluation du potentiel archéologique et historique majeur de nombreux complexes ecclésiastiques et monastiques de la côte et des îles croates. Les campagnes de prélèvements de mortiers pour datations par OSL-SG devraient aboutir à la mise en place de nouveaux jalons chronologiques pour des monuments insignes ou pour des dispositifs mal datés dans la région. Enfin, les fouilles du complexe de Martinšćica confortent l'hypothèse de la transformation d'une église patrimoniale de l'Antiquité tardive en complexe monastique au haut Moyen Âge. Les missions en archives ont d'ores et déjà permis la découverte de fonds documentaires inédits et d'un grand intérêt.

Production scientifique et valorisation

Čaušević-Bully M., et al. (2021) Quelques considérations sur l'architecture et les installations liturgiques de l'église paléochrétienne de Martinšćica (Punta Kriza, île de Cres). In : Bradanović M., et al. (eds.), *Mens in Acris in Corpore Commodo*. Zbornik povodom sedamdesetog rođendana Ivana Matejčića/Festschrift, in Honour of the 70th Birthday of Ivan Matejčić, Zagreb-Motovun, pp. 107-125.

Pactat I., et al. (2021) Origines et usages du verre issu de quelques sites ecclésiastiques et monastiques tardo-antiques et haut médiévaux du littoral nord croate. In : Coscarella A., et al. (eds.), *Il vetro in transizione (IV-XII secolo)*. *Produzione e commercio in Italia meridionale e nell'Adriatico*. Bari, pp. 289-302.

Début du projet : 2021 | Durée : 48 mois
Instrument : PRC | Financement ANR : 388 606 €

Partenaires

École Française de Rome (Italie) | UMR 6249 Chrono-environnement, Besançon | UMR 6298 ARTEHIS, Dijon | UMR 5189 HiSoMa, Lyon

Coordination

Sébastien Bully – École Française de Rome –
Sebastien.Bully@club-internet.fr –
<https://www.efrome.it/p/monacorale>

Carte des monastères bénédictins d'après le *Codex Diplomaticus Croatiae, Dalmatiae et Slavoniae* et zoom sur la zone atelier avec les plans des complexes ecclésiastiques étudiés ; cliché de l'église de Martinšćica en cours de fouille.

© Sébastien Bully



MONUMEN

Monumentalités, espaces et compétitions sociales au Néolithique en Europe atlantique

Rappel des objectifs et méthodologie

La période néolithique constitue un bouleversement économique et social majeur des sociétés humaines préhistoriques qui s'accompagne d'une nouvelle relation entre l'humain et son milieu. Le paysage est façonné par les paysans bâtisseurs néolithiques qui inventent de nouvelles architectures monumentales, tels le mégalithisme et les enceintes fossoyées. L'ambition du projet est de confronter ces architectures pour en comprendre les conditions d'émergence et de développement entre le milieu du V^e et la fin du III^e millénaire avant notre ère dans l'ouest de la France. Le projet MONUMEN questionne l'organisation socioéconomique et l'univers mental et symbolique de ces sociétés à travers quatre objectifs : 1/ inscrire ces architectures dans des traditions techniques et culturelles caractérisées dans le temps et l'espace ; 2/ évaluer l'impact de ces sites dans la construction des territoires et l'anthropisation des sols ; 3/ aborder la question de la montée des compétitions sociales par les projets architecturaux et l'étude des objets socialement valorisés ; 4/ proposer des modèles interprétatifs sur les conditions d'émergence de ces sites et sur le statut des commanditaires et des occupants.

L'approche de ces contextes géomorphologiques et environnementaux et leur évolution est menée à deux échelles de travail : une échelle « *in-site* » et « *near-site* » pour : 1/ caractériser les paléosols à partir des études de micromorphologie des sols ; 2/ quantifier l'impact géomorphologique de la construction des structures monumentales ; 3/ reconstituer les paléoenvironnements à partir des données malacologiques et anthracologiques. Ensuite, une échelle « *out-site* » est également adoptée pour appréhender, à l'échelle régionale, les dynamiques des paysages essentiellement au travers de leur dimension paléoécologique (palynologie). Ces éléments sont utilisés pour évaluer les transformations des paysages sous l'effet de l'émergence des premières sociétés néolithiques et établir un cadre paléoclimatique régional à local pour mieux différencier les impacts anthropique, anthropoclimatique et purement climatique. Ce travail repose sur l'acquisition de données géophysiques préalables, utilisées pour estimer le potentiel des archives sédimentaires. Des carottages ciblés permettent une étude qualitative et quantitative des impacts anthropiques par l'étude des sédiments et des contenus fossiles. Dans ce cadre, une base de données spatialisée (WebSIG) a été constituée et recense l'ensemble des carottages effectués entre la Loire et les Pyrénées.

Résultats majeurs

La proximité de zones humides a été privilégiée, sans doute pour des raisons d'accès à des ressources naturelles. Un même phénomène a été reconnu sur la façade atlantique où les enceintes sont installées en bordure de l'ancien trait de côte, en lien avec l'exploitation des ressources en sel. L'étude des carottages permettra de documenter l'environnement proche de ces sites mais offrira également les premiers référentiels à l'échelle régionale sur les paléoenvironnements néolithiques.

Une restitution vidéo en 3D de l'architecture de l'enceinte du Peu à Charmé, en Charente, et de son environnement est en accès libre sur Internet. Des extraits ont été présentés dans plusieurs conférences et articles.

Production scientifique et valorisation

Ard V., et al. (2023) The emergence of monumental architecture in Atlantic Europe: A fortified fifth-millennium BC enclosure in western France. *Antiquity*, 97(391), pp. 50-69.

Début du projet : 2017 | Durée : 58 mois
Instrument : PRC | Financement ANR : 474 716 €

Partenaires

UMR 5608 TRACES, Toulouse | UMR 7266 LIENSs, La Rochelle

Coordination

Vincent Ard – UMR 5608 TRACES, Toulouse –
vincent.ard@univ-tlse.fr – <http://monumen.huma-num.fr/>

Reconstitution 3D du site de Charmé dans un contexte environnemental palustre.

© Vincent Ard



PALEOMED

Géoarchéologie et mobilité des paléoenvironnements des ports antiques en Méditerranée

Rappel des objectifs et méthodologie

Ce projet avait pour objectif principal la caractérisation et la quantification des relations sociétés-environnement le long des littoraux méditerranéens à différentes échelles spatio-temporelles. Ces travaux se fondent sur une approche pluridisciplinaire impliquant des archéologues, des historiens, des géographes, des géologues et des écologues. D'un point de vue historiographique, les relations entre les sociétés humaines du passé et les milieux littoraux ont longtemps été considérées de façon très fragmentaires, que ce soit d'une perspective anthropologique ou à partir d'une vision naturaliste. Notre approche inclut le prélèvement et l'étude d'archives sédimentaires littorales pour tenter d'écrire une « grammaire » historique et géologique des civilisations littorales durant l'Holocène. Ces recherches mettent l'accent sur deux points : 1/ une étude des archives sédimentaires datées d'environ -6000 ; 2/ une analyse intégrée amont-aval de l'ensemble des bassins versants, depuis les sources sédimentaires jusqu'au niveau de base.

Du point de vue méthodologique, une approche pluridisciplinaire associant archéologie de terrain, géomorphologie, biologie, sédimentologie et palynologie a été privilégiée. L'extraction des données a été effectuée grâce à un travail de terrain conduit à Malte et en Égypte (prospections géoarchéologique, géomorphologique et biogéographique, étude de coupes stratigraphiques et prélèvements de carottes). Les analyses ont ensuite été effectuées dans différents laboratoires implantés en France, principalement à Aix-en-Provence dans les locaux de l'IMBE et du CEREGE. Notre approche géoarchéologique multi-indicateurs est classique, mais nous avons fait un effort important de quantification et de traitement de l'ensemble des données disponibles en particulier pour le delta du Nil.

Résultats majeurs

En Égypte, nous avons reconstitué l'histoire environnementale et l'évolution hydrologique du lac Maryut et de la marge littorale du delta du Nil. Nous sommes parvenus à établir la contribution respective des forçages paléoclimatiques et locaux. Pour le littoral du delta du Nil, nous avons mis en œuvre une base de données compilant la totalité

des datations au radiocarbone (environ 320 échantillons) réalisées sur les séquences littorales du delta, dont l'histoire de la sédimentation s'étale sur près de 8000 ans. Nos recherches soulignent l'importance des archives sédimentaires pour comprendre l'évolution des deltas face aux changements climatiques, aux risques naturels et aux impacts anthropiques. À Malte, nous nous sommes focalisés sur les deux plus grandes rias de l'archipel (Marsa et Burmarrad) pour caractériser l'évolution des paléoenvironnements et apprécier les impacts anthropiques au cours de l'Holocène.

Production scientifique et valorisation

Marriner N., *et al.* (2012) Geoaerchaeology of the Burmarrad ria and early Holocene human impacts in western Malta. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 339-341, pp. 52-65.

Morhange C. et Marriner N., *et al.* (2010) Palaeo-hazards in the coastal Mediterranean: a geoaerchaeological approach. In : Martini I.P. et Chesworth W., (eds.), *Landscapes and Societies*. Springer, Dordrecht, The Netherlands, pp. 223-234.

Véron A., *et al.* (2013) A 6000-year geochemical record of Human activities from Alexandria (Egypt). *Quaternary Science Reviews*, 81, pp. 138-147.

Début du projet : 2009 | Durée : 48 mois
Financement ANR : 320 000 €

Partenaires

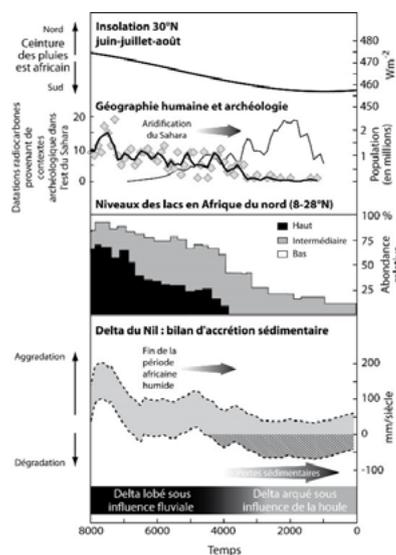
UMR 7330 CEREGE, Aix-en-Provence | UMR 7263 IMBE, Aix-en-Provence | IFAO, Le Caire (Égypte)

Coordination

Christophe Morhange – UMR 7330 CEREGE, Aix-en-Provence – EPHE-AOROC, Paris – morhange@cerege.fr

Évolution des bilans d'accrétion sédimentaires pour le delta du Nil depuis 8000 ans (en bas de la figure). Ces résultats, comme d'autres archives paléoclimatiques, archéologiques et géographiques, témoignent de l'aridification du Sahara et de la concentration des sociétés le long du couloir nilotique. À l'échelle du delta du Nil, le début d'une phase d'érosion deltaïque importante est attesté à partir de 4 000 ans.

© Christophe Morhange



PARADISE

Les résidences achéménides et leur « paradis » : archéologie du paysage entre Perse et Caucase

Rappel des objectifs et méthodologie

S'inspirant des concepts et des approches définis dans le champ de l'archéologie du paysage, le projet a pour objectif la restitution la plus complète possible de l'organisation et de l'environnement des centres de pouvoir achéménides (VI^e-IV^e siècles avant notre ère) ainsi que de leur territoire proche entre Perse et Caucase. S'ils apparaissent avant tout adaptés aux pratiques et aux cadres environnementaux locaux, certains sites achéménides répartis dans le Caucase intègrent des éléments d'un art de cour inspiré du centre de l'Empire. Ainsi à Karacamirli, situé en République d'Azerbaïdjan, la mise en évidence d'un vaste jardin rappelle fortement le site de Pasargades, situé au sud de l'Iran, où un parc, parfois désigné sous le terme de « paradis », intégrait l'ensemble des constructions royales. Dans une région apparemment reculée de l'Empire, l'impact achéménide dépasserait donc la seule adoption d'un style architectural perse, mais toucherait plus largement à l'organisation même des centres de pouvoir. De manière comparable à ce qui a été encore incomplètement documenté en Perse achéménide, ils adopteraient la forme de vastes domaines aux plans très ouverts où les espaces paysagers ou cultivés prenaient une place prépondérante.

Afin de définir et de comparer plus précisément l'organisation de ces centres achéménides géographiquement éloignés mais présentant des caractéristiques morphologiques étonnamment proches, il était nécessaire de conduire des études archéologiques croisées et convergentes à la fois en Iran, à Pasargades et dans son territoire, ainsi que dans le Caucase, sur et autour des sites de Karacamirli et de Gumbati. Les travaux de l'équipe française se sont concentrés sur l'étude de la région de Pasargades où elle était déjà active avant le démarrage du projet ; ceux de l'équipe allemande se sont focalisés sur les deux sites caucasiens. Le projet PARADISE intègre ainsi la mise en œuvre d'une méthodologie convergente et d'opérations de terrain conjointes. La démarche suivie est résolument pluridisciplinaire et multiscalaire, elle se développe en plusieurs axes complémentaires : 1/ à l'intérieur des sites, par le biais de relevés et de fouilles partielles des vestiges ; 2/ à l'échelle des sites, via une cartographie réalisée avec les méthodes de la géophysique ; 3/ à l'échelle régionale, avec la réalisation d'études paléoenvironnementales et géoarchéologiques.

Résultats majeurs

À l'échelle du site, nous avons désormais à notre disposition une cartographie complète des vestiges préservés du site de Pasargades. Outre une meilleure définition de l'organisation achéménide,

les travaux effectués ont également permis de mieux comprendre l'évolution du site aux périodes postérieures jusqu'ici mal connues. À l'échelle du territoire, les opérations géoarchéologiques se sont concentrées sur la disponibilité et la gestion des ressources en eau, une thématique essentielle alors que Pasargades est situé en zone semi-aride. Les résultats obtenus démontrent que l'eau des rivières était plus accessible à l'époque achéménide et que d'importantes infrastructures, de longs canaux et d'imposants barrages, ont été développés afin d'assurer l'irrigation du territoire de Pasargades et l'alimentation du site lui-même.

Production scientifique et valorisation

Rigot J.B., *et al.* (2022) Pulvar River changes in the Pasargadae plain (Fars, Iran) during the Holocene and the consequences for water management in the first millennium BCE. *Quaternary International*, 635, pp. 83-104.

Chambrade M.L., *et al.* (2020) The canal system of Ju-I Dokhtar: new insight into water management in the eastern part of the Pasargadae plain (Fars, Iran). *Water History*, 12, pp. 449-476.

Gondet S., *et al.* (2021) Approaching past landscape management in the field: pluridisciplinary and multiscalar studies in the Pasargadae region (Fars province, Iran). In : S. Balatti, J., *et al.* (eds.), *Paleopersepolis: Environment, Landscape and Society in Ancient Fars. Oriens et Occidens*, 33, Stuttgart, pp. 95-119.

Début du projet : 2017 | Durée : 51 mois
Financement ANR : 222 922 €

Partenaires

UMR 5133 Archéorient, Lyon | Ludwig Maximilian Universität, Munich (Allemagne) | Bayerisches Landesamt für Denkmalpflege, Munich (Allemagne)

Coordination

Sébastien Gondet – UMR 5133 Archéorient, Lyon –
sebastien.gondet@mom.fr –
<https://archeorient.hypotheses.org/7409>

Opérations franco-allemandes sur les sites archéologiques achéménides étudiés dans le cadre du projet PARADISE. À gauche, l'équipe allemande conduisant une prospection électrique à Pasargades ; à droite, l'équipe française menant la fouille d'un des accès à l'ancien jardin de Karacamirli.

© Sébastien Gondet



PAVAGE

Le pont d'Avignon : archéologie, histoire, géomorphologie, environnement, reconstruction 3D

Rappel des objectifs et méthodologie

Emblème touristique majeur de la rive gauche du Rhône en Provence, le pont d'Avignon, également appelé pont Saint-Bénézet, traversait ce fleuve sur plus de 900 mètres au Moyen Âge. De ce monument, il ne reste aujourd'hui plus que quatre arches côté avignonnais. Afin de faire progresser la connaissance sur ce fleuron du patrimoine mondial, le projet PAVAGE a réuni architectes, historiens, archéologues, géomorphologues et géophysiciens autour de problématiques transdisciplinaires, dont le but principal était de recontextualiser l'ouvrage d'art dans son environnement fluvial au cours du second millénaire de notre ère. Parmi les objectifs majeurs du projet PAVAGE, il s'agissait d'une part, de reconstituer l'évolution architecturale du pont grâce au croisement des informations issues de l'herméneutique des sources littéraires, de l'étude des supports cartographiques anciens et de relevés modernes laser 3D. Le projet visait, d'autre part, à préciser les conséquences des changements hydromorphologiques du Rhône au cours de l'optimum climatique médiéval et du Petit Âge glaciaire, phases hydroclimatiques contrastées du cours du second millénaire de notre ère et couvrant la période d'activité du pont d'Avignon.

La recherche s'est appuyée sur l'étude des manuscrits et les dessins anciens, des prospections sur le terrain à la recherche d'indices archéologiques, des scanners laser 3D, des opérations de carottages ainsi que sur des mesures géophysiques et de bathymétrie. Pour la reconstitution des paléoenvironnements, le croisement des relevés géophysiques et des informations chronostratigraphiques issues de carottages et de forages a facilité l'obtention d'une géométrie des dépôts fluviaux du Rhône pour le dernier millénaire. Une innovation méthodologique a notamment permis de réaliser la datation des niveaux sableux contenus dans les carottes dans le cadre d'un partenariat avec un laboratoire écossais spécialisé dans l'OSL (luminescence stimulée optiquement). Les résultats ont mis en évidence une très forte sédimentation du Rhône vers le milieu du XVII^e siècle, période supposée de la fin de l'utilisation du pont. Les forages ont livré, pour leur part, de précieuses informations sur l'âge du pont maçonné, en se fondant sur la datation par le radiocarbone des plateformes en bois (sapin) soutenant les piles maçonnées et traversées par les prélèvements. L'ouvrage aurait été bâti au cours de la première moitié du XIII^e siècle, probablement à la suite du siège d'Avignon.

Résultats majeurs

Le projet a notamment permis de déterminer l'emplacement exact des anciennes piles du pont aujourd'hui enfouies ou disparues, pour

confirmer le juste tracé de la forme du pont avant de le reconstituer numériquement. L'évolution spatio-temporelle du cours du Rhône au cours du second millénaire de notre ère a également été reconstituée en privilégiant une approche paléoenvironnementale. Les résultats de ce projet ont notamment été valorisés par la réalisation d'un film en images de synthèse permettant de visualiser le pont dans son intégralité tel qu'il existait en 1350, avant que dix-huit de ses arches ne disparaissent dans le Rhône. Une application mobile appelée « Avignon Pont 3D » a également vu le jour. Grâce aux vues panoramiques 3D et à la réalité augmentée, ses utilisateurs sont immergés dans l'Avignon des XIII^e et XVI^e siècles, et évoluent entre contenus historiques, scientifiques et ludiques.

Production scientifique et valorisation

Berthelot M., et al. (eds.) (2016) *Le pont d'Avignon, dix siècles d'histoire*. Dossiers d'Archéologie, Éd. Faton, HS n°30, 76 p.

Ghildardi M., et al. (2015) Dating the Bridge at Avignon (South France) and reconstructing the Rhone River fluvial palaeo-landscape in Provence from Medieval to Modern times. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 4, pp. 336-354.

Vella M.A., et al. (2013) Géoarchéologie du Rhône dans le secteur du pont Saint-Bénézet (Avignon, Provence, France) au cours de la seconde moitié du deuxième millénaire apr. J.-C.: approche croisée de géographie historique et d'étude paléoenvironnementale. *Géomorphologie, Relief, Processus et Environnement*, 3, pp. 287-310.

Début du projet : 2011 | Durée : 48 mois
Financement ANR : 330 000 €

Partenaires

UMR 7330 CEREGE, Aix-en-Provence | UMR 7298 LA3M, Aix-en-Provence | UMR 5648 CIHAM, Avignon

Coordination

Michel Berthelot¹ | Livio De Luca – UMR 3495 MAP (UMR 3495), Marseille – livio.deluca@map.cnrs.fr – http://www.pavage.map.archi.fr/Le_Pont_dAvignon/Bienvenue.html

Reconstitution numérique du pont d'Avignon dans son contexte fluvial rhodanien du milieu du XIV^e siècle (secteur d'Avignon).
© Livio De Luca



POLTEVERE

Paléopollutions dans le delta du Tibre

Rappel des objectifs et méthodologie

Le projet POLTEVERE s'est attaché à définir les interactions entre l'humain et son environnement ainsi que les relations entre urbanisation et évolution des paysages au cours du temps dans le delta du Tibre, réceptacle sédimentaire des villes de Rome, Ostie et Portus. Ces questions ont été abordées à travers l'étude des pollutions anciennes découlant de l'urbanisation, des aménagements impactant la morphologie du delta du Tibre et des adaptations anthropiques aux variations environnementales. Le projet POLTEVERE avait pour enjeu d'évaluer les pollutions générées par ces trois villes au cours de l'histoire, ainsi que de reconstituer l'évolution de l'environnement du delta du Tibre en relation avec l'occupation humaine. Les principaux objectifs étaient : 1/ de définir le cadre chronostratigraphique des différents milieux sédimentaires rencontrés sur le delta, par le biais de carottages prélevés dans la paléolagune de Maccarese, les canaux, le méandre du Fiume Morte, le paléochenal du Tibre, et au niveau de la paléembouchure du Tibre ; 2/ d'analyser les polluants contenus dans le bassin du port fluvial antique et la paléolagune d'Ostie, dans le but de compléter les résultats déjà obtenus pour le port de Claude.

Notre approche des environnements antiques se fondait sur l'analyse de carottages. Les analyses de laboratoire avaient pour but, dans un premier temps, de définir le cadre chronologique, par le biais de deux méthodes de datation : 1/ la datation radiocarbone ; 2/ la datation par luminescence stimulée optiquement (OSL). Dans un second temps, l'analyse granulométrique a permis d'évaluer l'intensité de l'énergie mise à contribution pour le transport et le dépôt de particules sédimentaires. Enfin, Les indicateurs biologiques (pollens, macro et microfaune et macrorestes végétaux) ont été utilisés car certains de ces organismes pouvaient constituer des marqueurs de milieux écologiques particuliers et sont donc caractéristiques d'un type d'environnement.

Résultats majeurs

Les concentrations en plomb normalisées à l'aluminium (Pb/Al) montrent clairement une évolution des taux de pollution durant les

deux derniers millénaires. Après un pic durant la période du Haut-Empire, caractéristique de l'apogée de l'Empire romain, une lente régression s'amorce depuis le Bas-Empire. Les trois paramètres géologiques indépendants, calculés à partir des données isotopiques du plomb, suggèrent des changements de sources d'approvisionnement en minerais de plomb fluctuant entre l'exploitation des districts miniers hercyniens et/ou alpins. L'exemple du port de Rome nous a permis de reconstituer les dynamiques paléoenvironnementales de la colonne d'eau, définies géochimiquement par des variations de salinité et d'oxygénation.

Production scientifique et valorisation

Delile H., et al. (2014) Lead in ancient Rome's city waters. *Proc. Natl. Acad. Sci. (PNAS)*, 111 (18), pp. 6594-6599.

Salomon F., et al. (2012) The Canale di Comunicazione Traverso in Portus: the Roman sea harbour under river influence (Tiber delta, Italy). In : Ghilardi M., Tristant Y., (eds.), *Charting Holocene landscape changes in the Mediterranean: the geoarchaeological approach*. Proceedings of the International colloquium on Geoarchaeology (Cairo, Egypt, 19-21 September 2010), *Landscape Archaeology: Egypt and the Mediterranean World*. Géomorphologie : relief, processus, environnement, n°18., 1, pp. 75-90.

Goiran J.P., et al. (2011) Géochronologie des ports de Claude et de Trajan, Portus, delta du Tibre. *MEFRA*, 123(1), pp. 157-236.

Début du projet : 2011 | Durée : 36 mois

Financement ANR : 130 000 €

Coordination

Jean-Philippe Goiran – UMR 5133 Archéorient, Lyon –

jean-philippe.goiran@mom.fr

Au premier plan, vue aérienne d'Ostie et position de son bassin portuaire antique colmaté. À gauche, le Tibre coulant en bordure du Palais impérial. En rouge, les sites de carottage.

© Simon Keay



Pont-Euxin

Géoarchéologie des cités grecques de l'ouest et du sud de la mer Noire

Rappel des objectifs et méthodologie

La mer Noire constitue, dans l'Antiquité, l'une des deux zones principales d'expansion du monde grec. Grâce aux vastes espaces offerts pour le développement des nouveaux établissements, la mer Noire devient rapidement une région clé dans l'approvisionnement du monde égéen. Cette importance historique explique en retour que cette région ait servi, dès le XIX^e siècle, de laboratoire pour l'étude des territoires des cités grecques. Dans cette perspective, l'objectif de ce projet reposait sur la mise en place d'une étude comparative du territoire de deux établissements clés : Orgame (Roumanie) et Apollonia du Pont (Bulgarie). Orgame constitue la plus ancienne colonie grecque fondée en mer Noire. Elle nous permet de remonter aux premiers temps de ce processus, tandis qu'Apollonia rayonne dans la région du VI^e au IV^e siècle avant notre ère. Par une approche résolument pluridisciplinaire, faisant usage des dernières technologies en matière d'études spatiales, et par la construction d'un solide réseau de collaborations scientifiques internationales, ce projet se donnait pour objectif de renouveler nos connaissances sur le territoire des cités grecques en mer Noire et leur relation à l'environnement.

Ce projet s'inscrit dans un cadre pluridisciplinaire associant l'archéologie à l'apport de diverses disciplines appliquées à l'étude des environnements du passé. Au niveau régional, climatologie, géomorphologie et palynologie permettent de reconstituer le cadre dans lequel se sont développées ces communautés ; à l'échelle du site, archéozoologie, archéobotanique, mais aussi anthropologie et paléopathologie, offrent un double regard porté à la fois sur les usages sociaux appliqués à ces espaces et sur l'impact des dynamiques globales sur ces mêmes communautés. Sur le temps long des processus géomorphologiques, l'étude régionale répond à l'éclairage ponctuel fourni par l'étude de contextes archéologiques individuels. Au cœur de cette recherche, la démarche comparative apparaît essentielle, car elle est la seule à même de faire ressortir, par la confrontation, l'originalité de chacun des terrains. Au niveau archéologique, cette approche fait usage des dernières techniques accessibles en archéologie spatiale (couverture lidar, prospections géomagnétiques), l'ensemble des données géoréférencées étant intégrées dans un système d'information géographique.

Résultats majeurs

En Roumanie, sur le site d'Orgame, le projet a livré une reconstitution des environnements anciens, éclairant l'installation des colons grecs dans un contexte très spécifique, en l'occurrence lagunaire.

Le renouvellement de la carte archéologique régionale a permis d'affirmer les anciennes théories entourant le développement des établissements grecs dans des espaces vides d'humains. En Bulgarie, cette étude s'est traduite par une restitution de la structure du territoire d'Apollonia grâce à l'identification de plus de 300 terrasses agricoles, d'un parcellaire et de plusieurs dizaines d'édifices ruraux, tout en restituant les différentes étapes de sa constitution. Ce projet a également permis de bâtir deux solides ancrages qui servent désormais de socle à un réseau scientifique international, qui poursuit depuis cette recherche dans le cadre du programme de recherche sur la mer Noire du musée du Louvre.

Production scientifique et valorisation

Baralis A. et Panayotova K., (2015) Apollonia du Pont, les travaux de la mission archéologique franco-bulgare. *Comptes rendus de l'Académie des Inscriptions et Belles-Lettres*, pp. 945-999.

Dupont P. et Baralis A., (2014) Ateliers céramique et réseaux d'échanges dans le Sud-Ouest de la mer Noire à l'époque classique et au début de l'époque hellénistique. *Bulletin de Correspondance Hellénique*, 138(1), pp. 387-428.

Bony G., et al. (2015) History and influence of the Danube delta lobes on the evolution of the ancient harbour of Orgame (Dobrogea, Romania). *Journal of Archaeological Science*, 61, pp. 186-203.

Début du projet : 2009 | Durée : 48 mois

Financement ANR : 572 407 €

Partenaires

Maison méditerranéenne des sciences de l'homme, Aix-en-Provence | UMR 5245 ECOLAB, Toulouse | UMR 5138 ArAr, Lyon | UMR 7330 CEREGE, Aix-en-Provence | Institut français d'études anatolienne, Istanbul (Turquie) | Institut national d'archéologie et musée de Sofia (Bulgarie) | Institut d'études sud-est européennes (Roumanie) | Musée archéologique de Sozopol (Bulgarie) | Institut d'études éco-muséales de Tulcea (Roumanie)

Coordination

Alexandre Baralis – Centre Camille Jullian - Musée du Louvre – Alexandre.Baralis@louvre.fr

Localisation des deux sites retenus : Orgame et Apollonia du Pont.

© Alexandre Baralis



WOODPLAKE

Les bois archéologiques des cités lacustres européennes en Méditerranée : stratégies pour l'exploitation, le suivi et la conservation

Rappel des objectifs et méthodologie

Les vestiges en bois des sites palafittiques constituent un témoignage unique et précieux pour mieux appréhender les paysages, les climats et l'activité humaine, en remontant dans des temps très anciens. Bien qu'il y ait eu des travaux importants sur les sites palafittiques immergés dans l'arc alpin, de nombreuses lacunes subsistent dans nos connaissances relatives aux lacs d'origines volcanique ou karstique. Par ailleurs, la conservation de ces vestiges organiques est de plus en plus remise en cause en raison des impacts du changement climatique et des activités humaines. Ce projet a pour ambition de traiter tous les aspects de la conservation de ce patrimoine culturel : évaluation de l'impact des risques climatiques (collecte des données climatiques de la seconde moitié de l'Holocène et de l'âge du Bronze sur la zone nord méditerranéenne), campagnes de fouille de surveillance sur des cas d'étude pour caractériser les conditions environnementales (sol, eau, monde vivant), la dégradation du bois, la capitalisation des données sur les lacs étudiés, sensibilisation des acteurs (population locale et décideurs en charge de la gestion ou de l'exploitation des lacs) au sujet de la conservation et de la valeur historique de ces vestiges archéologiques lacustres.

Trois cas d'étude ont été sélectionnés : le lac de Banyoles, en Espagne, ainsi que les lacs de Bolsena et de Mezzano, en Italie. Les techniques d'investigation utilisent un large spectre de disciplines et de compétences : la palynologie, la dendrochronologie, l'archéologie, la dégradation du bois, la biologie des sites lacustres, le climat, la conservation des objets organiques. ARC-Nucléart est particulièrement impliqué dans l'étude de la dégradation des bois et de l'impact du climat sur ces vestiges en matériaux organiques. Pour réaliser cette étude, nous avons fait vieillir des bois archéologiques dans des sédiments de lacs en aquarium en paramétrant différentes situations d'enfouissement : sol alcalin (argilocalcaire), sol acide (terre de bruyère), immersion complète, partielle, séchage provisoire (pour simuler une sécheresse extrême), influence de l'activité biologique avec la présence de terre végétale prélevée au bord d'un lac. Les aquariums sont situés en extérieur dans la région grenobloise (climat continental avec des extrêmes climatiques) pour tenir compte de conditions réalistes avec les différentes saisons.

Résultats majeurs

Le projet qui est en cours de réalisation devrait nous permettre d'atteindre les objectifs suivants : 1/ établir et enrichir nos bases de données sur l'environnement des lacs d'origines karstique et volcanique ; 2/ capitaliser les informations existantes sur des cas d'étude ; 3/ établir un réseau de chercheurs spécialisés sur l'étude des environnements lacustres en combinant les différentes disciplines impliquées (biologie, climatologie, archéométrie, géologie, chimie du bois et de sa dégradation) ; 4/ faire un état des lieux des vestiges palafittes : les bois actuellement conservés dans les lacs, les bois déjà restaurés et exposés en musée et les bois réenfouis sur des sites humides proches des lacs pour un stockage longue durée ; 5/ établir des modèles prédictifs de l'évolution des conditions environnementales dans les lacs en se basant sur des simulations de vieillissement en laboratoire ; 6/ sensibiliser les responsables locaux sur la richesse et l'intérêt que représentent les patrimoines historiques, culturels et écologiques des sites lacustres afin d'améliorer leur gestion.

Début du projet : 2020 | Durée : 36 mois

Financement ANR : 155 520 €

Partenaires

ARC-Nucléart - CEA, Grenoble | Université de Tuscia (Italie) |
Université Autonome de Barcelone (Espagne) |
ARC-Nucléart et l'ISCR – Istituto Superiore per la
Conservazione e il Restauro (Rome)

Coordination

Manuela Romagnoli – Université de Tuscia (Italie) –
mroma@unitus.it



Aquarium comportant des vestiges en bois archéologiques du lac de Banyoles pour simuler un vieillissement accéléré des bois dans différentes situations climatiques, biologiques et géologiques.

© Manuela Romagnoli

Xanthiaca

Poleis, sanctuaires et territoires dans la vallée du Xanthe à l'époque gréco-romaine

Rappel des objectifs et méthodologie

Le projet Xanthiaca portait sur la vallée du Xanthe, située en Lycie (Turquie méridionale), formant dans l'Antiquité une unité économique parsemée de plusieurs villes connues par l'histoire et par les fouilles (en particulier la ville de Xanthos), et dotée d'un grand sanctuaire religieux (le Létôon) qui était lui-même un centre de consommation (en raison des offrandes des pèlerins, mais surtout des sacrifices d'animaux offerts aux dieux). Le projet avait pour but de réunir toutes les données historiques et archéologiques disponibles grâce aux fouilles antérieures et d'y ajouter une vision globale appuyée sur des prospections de surface, permettant d'ajouter une mise en situation dans l'ensemble de l'Asie Mineure antique. Du point de vue archéologique, la région considérée est particulièrement riche, mais la dispersion des fouilles (autonomie des missions archéologiques) n'a pas encore permis d'en donner une vision synthétique. Celle-ci ne pouvait être obtenue que par la collaboration des équipes présentes sur le terrain et par une vision globale appuyée sur l'épigraphie et sur les analyses céramologiques. Dans le même temps, le delta du Xanthos nécessitait une étude paléoenvironnementale et géoarchéologique afin de bien replacer les dynamiques environnementales et l'évolution des paysages en fonction des différentes époques étudiées.

Niveau méthodologique, les prospections de surface avaient pour but le repérage des installations humaines (villages, fermes isolées) qui permettent de comprendre le mode de mise en valeur d'une région. Contrairement à la Lycie orientale, déjà prospectée par des équipes allemandes, la Lycie occidentale n'avait pas encore été examinée sous cet angle et dénotait d'emblée un type d'occupation très différent : au lieu de fermes isolées, on y trouvait en général des occupations villageoises en piémont, dont il est difficile a priori de comprendre si les territoires qui en dépendaient se trouvaient dans la plaine (agriculture intensive) et/ou en piémont (arboriculture, sylviculture, pastoralisme). Cette étude devait être complétée par celle des trouvailles faites antérieurement au projet, dans le sanctuaire du Létôon de Xanthos : les études céramologiques permettant de distinguer les productions locales des importations, les études archéozoologiques permettant de connaître les animaux qui étaient sacrifiés aux divinités et, par déduction, les variétés de cheptel qui étaient élevées dans la région. Enfin, des études paléoenvironnementales ont pu être menées dans l'ensemble de l'estuaire où se trouve le sanctuaire du Létôon. Elles ont permis d'établir l'existence de paléochenaux qui reliaient le Létôon à la mer, ainsi que l'existence probable d'un mouillage protégé à proximité du fort hellénistique de Kydnai.

Résultats majeurs

Les études de terrain ont permis d'analyser un habitat villageois satellite de la grande ville de Xanthos, nous éclairant ainsi sur le régime de la vie rurale antique dans cette région. Les études céramologiques ont précisé, pour leur part, le faciès des principales productions dont on a la trace dans le sanctuaire du Létôon (productions locales versus importations). Les études architecturales ont révélé l'existence d'une importante activité de construction d'édifices religieux au III^e siècle avant notre ère. Enfin, Les études paléoenvironnementales ont permis de reconstituer l'évolution de la plaine deltaïque à l'échelle des 6000 dernières années et la découverte de tephres de l'éruption de Santorin. Ces résultats additionnés constituent une avancée importante pour la connaissance d'une microrégion qui a joué un rôle important dans l'Antiquité.

Production scientifique et valorisation

Cavalier L. et Des Courtils J., (2020) Une komè dans le territoire de Xanthos. Martin Zimmermann. *Das Xanthostal Lykiens in archaisch-klassischer Zeit*. Band 7, Verlag Antike, pp. 141-154.

Fouache E., et al. (2010) Paleogeographical Reconstruction and Management Challenges of an Archaeological Site Listed by UNESCO: Case of the Plain of Xanthos and Letoon (Turkey). *Journal of Earth Science*, 21 (Supp. 1), pp. 234-236.

Ecochard E., et al. (2015) Dynamiques géomorphologiques et occupation du sanctuaire de Létôon (Plaine de Xanthos, Turquie) au cours des cinq mille dernières années. In : Carcaud N. et Arnaud-Fassetta G., (eds.), *La géoarchéologie française au XXI^e siècle*, CNRS Éditions, pp. 55-70.

Début du projet : 2010 | Durée : 60 mois

Financement ANR : 349 998 €

Partenaires

UMR 5607 AUSONIUS-IRAM, Pessac | Ludwig Maximilians Universität, Munich (Allemagne) | EA 435 GEONAT, Meudon

Coordination

Jacques des Courtils – UMR 5607 AUSONIUS-IRAM, Pessac – jdes-courtils@orange.fr | Martin Zimmermann – Ludwig Maximilians Universität

Xanthos : vue aérienne du secteur du théâtre.

© J.-B. Chagny



Chapitre 3

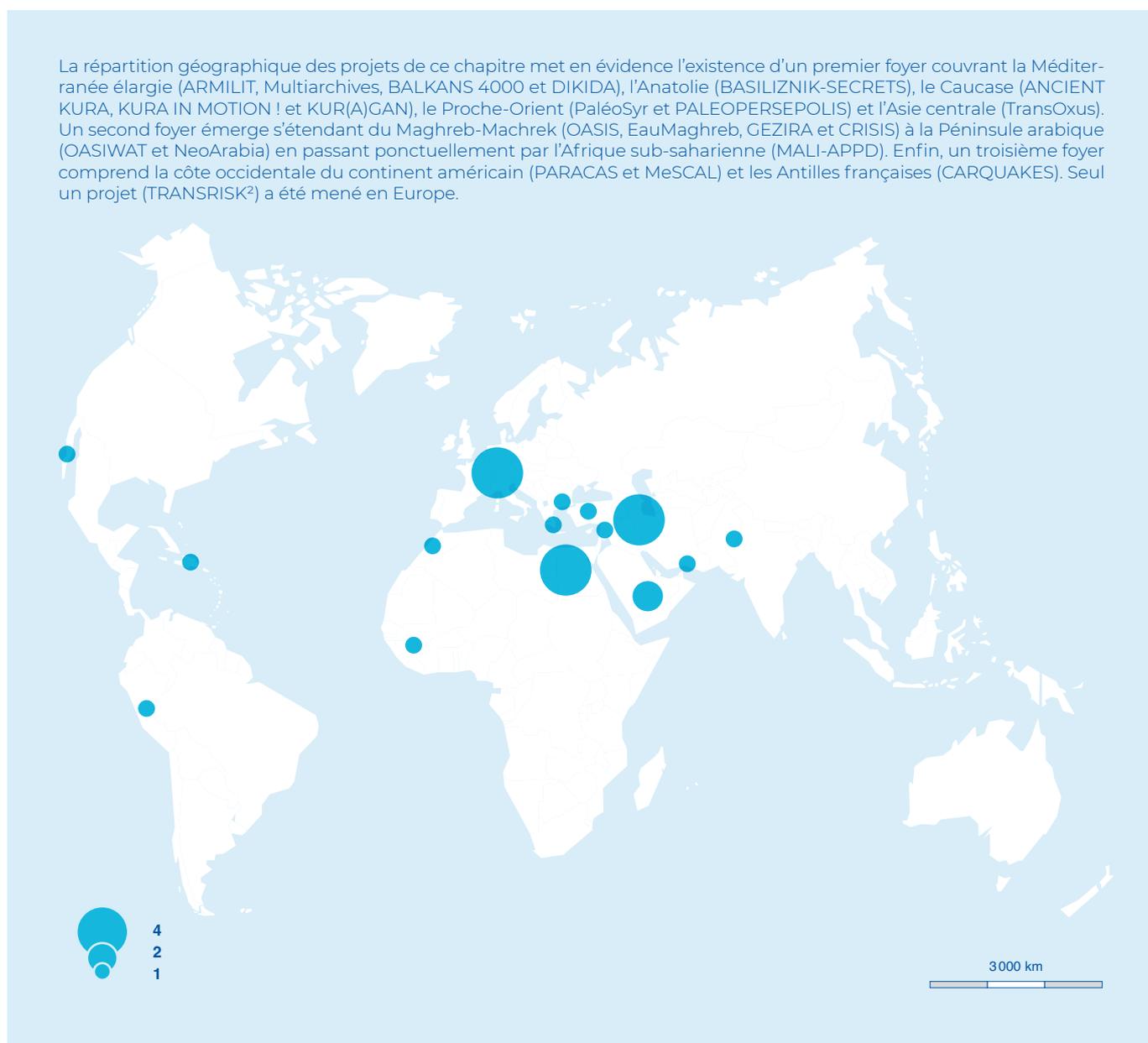
La géoarchéologie : la reconstitution des unités paysagères dans lesquelles s'insèrent les sites d'occupation humaine

Vingt-deux projets¹⁾ ont été financés par l'ANR sur le thème principal de la géoarchéologie, axant les recherches sur la reconstitution des unités paysagères à différentes échelles géographiques, en privilégiant plus particulièrement les emboîtements d'échelle, passant du grand paysage hydrologique ou géomorphologique à la

configuration environnementale microrégionale dans la périphérie de sites d'occupation. La fenêtre chronologique de l'ensemble des projets s'étend majoritairement du début de l'Holocène jusqu'au début de la période médiévale.

Répartition géographique des projets financés

La répartition géographique des projets de ce chapitre met en évidence l'existence d'un premier foyer couvrant la Méditerranée élargie (ARMILIT, Multiarchives, BALKANS 4000 et DIKIDA), l'Anatolie (BASILIZNIK-SECRETS), le Caucase (ANCIENT KURA, KURA IN MOTION ! et KUR(A)GAN), le Proche-Orient (PaléoSyr et PALEOPERSEPOLIS) et l'Asie centrale (TransOxus). Un second foyer émerge s'étendant du Maghreb-Machrek (OASIS, EauMaghreb, GEZIRA et CRISIS) à la Péninsule arabique (OASIWAT et NeoArabia) en passant ponctuellement par l'Afrique sub-saharienne (MALI-APPD). Enfin, un troisième foyer comprend la côte occidentale du continent américain (PARACAS et MeSCAL) et les Antilles françaises (CARQUAKES). Seul un projet (TRANSRISK²) a été mené en Europe.



1. Tous les projets n'ont pas fait l'objet d'une fiche synthétique.



Embouchure du fleuve Taravo, Corse. © Joseph Ghilardi

Panorama des thématiques abordées

Les objets géographiques et géomorphologiques de prédilection comprennent en très large majorité les zones humides littorales (lagunes et marais côtiers) et continentales (de type oasis ou lac), ainsi que les systèmes fluviaux. L'acquisition de séquences sédimentaires dans ces environnements, particulièrement propices à la conservation des bioindicateurs, a favorisé la reconstitution diachronique des paysages anthropisés en livrant des reconstitutions paléogéographiques assez précises. Les influences des variations du climat sont particulièrement scrutées pour en saisir les impacts sur les sociétés humaines du passé et évaluer la résilience de ces dernières grâce au dialogue avec les spécialistes des sciences humaines et sociales. Les études paléoécologiques (identification des grains de pollen, phytolithes, diatomées, charbons, etc.), combinées à des analyses fines en sédimentologie, favorisent une meilleure compréhension des dynamiques et processus de façonnement des paysages sur des échelles de temps assez variables, couvrant tout de même pour l'essentiel l'Holocène.

Les zones humides : un choix d'implantation stratégique

Qu'elles soient localisées en milieu continental (lac, marais ou mares temporaires) ou littoral (lagunes et marais côtiers), les zones humides ont toujours présenté un intérêt majeur pour les sociétés humaines de par leur biomasse et leur biodiversité. En effet, la présence d'eau associée à une abondante faune et flore, ainsi qu'à des ressources en sédiments meubles de type argiles, ont permis aux

sociétés humaines d'exploiter très tôt ces milieux aujourd'hui considérés comme fragiles et menacés par les pressions anthropiques de toutes sortes : pollution, épuisement de la ressource en eau, eutrophisation, appauvrissement de la biodiversité et introduction d'espèces animales et végétales invasives. Onze projets financés par l'ANR portent sur la reconstitution des interactions entre les sociétés humaines du passé et les zones humides continentales et littorales au cours de l'Holocène, et concerne une aire géographique qui s'étend de la Méditerranée élargie à la péninsule Arabique : ARMILIT, OASIS, BALKANS 4000, DIKIDA, PaléoSyr, CRISIS, NeoArabia, OASIWAT, BAZILISNIK-SECRETS et TransOxus, tandis qu'un projet couvre l'Amérique du Nord (MeSCAL).

Les zones humides littorales

Les zones humides littorales sont particulièrement concernées par ces différentes menaces, auxquelles il faut également ajouter les effets d'une accélération de la remontée du niveau moyen de la mer en lien avec celle du réchauffement climatique actuel. Les lagunes et autres marais côtiers se sont en grande partie formés grâce au ralentissement de la remontée du niveau moyen des mers intervenu il y a environ six millénaires^[2]. De récentes études démontrent une augmentation de ce taux séculaire et une probable accélération au cours du XXI^e siècle^[3], menaçant ainsi directement l'existence même des zones humides littorales en raison de la répétition des phénomènes de submersion marine. La texture granulométrique particulièrement fine (argiles) de ces

environnements hydromorphes le plus souvent très récents est particulièrement favorable à la conservation des bioindicateurs : mollusques, restes végétaux, graines, charbons, etc. Les analyses paléocéologiques favorisent ainsi une meilleure caractérisation des environnements végétaux en lien avec les variations climatiques et les usages du sol par les sociétés humaines.

Les zones humides continentales

Les mares temporaires, lacs, marais et plans d'eau associés à des oasis en milieu désertiques, ou semi-désertiques, sont particulièrement sensibles aux variations hydroclimatiques, bien plus que les zones humides littorales qui bénéficient des apports d'eau marine pour leur alimentation. De fait, ces sources d'eau douce représentent des enjeux forts pour les sociétés humaines, en particulier pour leur implantation et le développement d'activités en lien avec l'agriculture notamment.

Les systèmes fluviaux : l'échelle de l'unité géomorphologique et hydrologique pour appréhender les relations humains-environnement

Les cours d'eau présentent de nombreux avantages pour les sociétés humaines actuelles et du passé, comme peuvent en témoigner l'installation de villes et de structures bâties dans les plaines alluviales où le risque de crue, mais aussi l'inondation bénéfique, ont toujours été présents et connus. L'influence et l'impact du fonctionnement des cours d'eau dépassent l'emprise des structures bâties par l'humain et doivent forcément s'appréhender à une plus large échelle, celle de l'unité hydromorphologique, en l'occurrence le bassin versant.

Une large diversité des archives pour documenter et modéliser les variations hydrologiques

L'augmentation permanente de la pression humaine sur les environnements fluviaux de la planète engendre un phénomène d'urbanisation qui semble parfois oublier, voire nier, les dangers de l'aléa hydrosédimentaire au sein des systèmes fluviaux. L'effet mémoire à court terme des populations des XX^e et XXI^e siècles sur le retour d'aléas extrêmes est de toute évidence en inadéquation avec la connaissance à long terme que les archives sédimentaires peuvent transmettre sur les périodes de retour de crues ainsi que sur leur intensité. Ainsi, le projet TRANSRISK² documente parfaitement l'histoire des crues du Rhin depuis le XVI^e siècle en l'occurrence, en se fondant sur une approche croisée d'étude archivistique et de quantifications hydrosédimentaires des phases de fort alluvionnement et de crues en contexte climatique du Petit Âge glaciaire. De manière similaire, le projet Multiarchives s'intéresse à la réponse des bassins versants face aux modifications anthropiques et hydroclimatiques de bassins versants dans les Alpes françaises et les Cévennes. L'utilisation combinée de données archivistiques avec des données paléoclimatiques favorise une reconstitution fine des modifications de la dynamique des cours d'eau dans les secteurs géographiques concernés. L'obtention de référentiels d'activité paléofluviale dans un passé proche (le dernier millénaire) facilite une meilleure prévision des phases de haut niveau des cours d'eau pour les prochaines années, voire décennies, dans la mesure où la prédiction des cycles hydroclimatiques futurs tend à mettre en avant une augmentation de l'intensité des événements les plus intenses. La seule variable inconnue de ces modèles prédictifs semble être le degré d'impact des actions humaines depuis le XX^e siècle sur l'activité naturelle du fleuve ; la gestion raisonnée des aménagements humains semble être, plus que jamais, de mise.

La notion de retour d'expérience et de mémoire des sociétés humaines dans la perception de l'aléa et du risque environnemental est un enjeu majeur actuel. La question de la mise à profit environnemental de l'installation des premières sociétés organisées dans le delta du Nil (GEZIRA) démontre à l'évidence une très bonne connaissance de l'ampleur latérale et verticale des crues du plus long fleuve de la planète il y a environ 6 000 à 5 000 ans : l'installation des populations au cours de la période protodynastique sur des levées alluviales témoigne d'une excellente connaissance de la rythmicité des crues du Nil dans sa partie deltaïque et de leur emprise spatio-temporelle sur les paysages. L'approvisionnement en eau des structures urbaines du passé au sein des bassins versants soumis à des phénomènes importants et récurrents d'aridité, a également été au cœur des problématiques pluridisciplinaires, comme le montre les projets EauMaghreb, ANCIENT KURA, PARACAS, KURA IN MOTION !, PALEOPERSEPOLIS et KUR(A)GAN.

Caractériser la variabilité des dynamiques hydrosédimentaires par le biais d'une approche systémique à l'échelle des bassins versants

Certains projets tentent de mieux replacer dans un contexte de fonctionnement alluvial certains sites de Méditerranée : le projet BALKANS 4 000 vise ainsi à corréliser des phases d'abandon de sites dans les Balkans du Sud (Grèce et Bulgarie) au cours de la Préhistoire avec des événements environnementaux liés au fonctionnement hydrosédimentaire de cours d'eau. Au Mali, MALI-APPD se pose dans la même problématique que BALKANS 4 000, en tentant de reconstituer l'évolution des paysages culturels à l'échelle du bassin versant du Yamé (Afrique centrale) à la fin du Pléistocène et tout au long de l'Holocène. Les différentes activités pratiquées (agriculture, métallurgie, etc.) dans le système fluvial ont clairement impacté la dynamique hydrosédimentaire et ont permis de construire un paysage spécifique pour chaque période culturelle, générant ainsi la définition d'environnements de référence.

Les espaces géographiques exposés aux aléas environnementaux et aux phénomènes extrêmes

Certaines unités géographiques, géomorphologiques ou géologiques sont plus exposées que d'autres face aux changements environnementaux actuels, que ce soit sur la longue durée, et particulièrement lorsque la pression démographique y est croissante.

Les milieux insulaires

Les milieux insulaires sont connus pour être moins résilients que les environnements continentaux en raison notamment de leurs dimensions généralement réduites alors que leur attractivité a toujours été forte, et ce depuis au moins le début du Néolithique, notamment en Méditerranée. Les îles et archipels de Méditerranée, de Polynésie française, des Maldives, etc. sont des lieux habités pour certains depuis plusieurs millénaires, alors que dans d'autres leur anthropisation est relativement récente. Le degré de déstabilisation de ces écosystèmes très fragiles au cours des premiers temps de l'anthropisation reste encore à définir et pourrait, à terme, être comparé à celui que les sociétés humaines actuelles font peser sur les environnements insulaires.

2. Taux millénaire approximatif de 1 mm/an, soit 1 m par millénaire.
3. Vacchi, *et al.*, 2021 ; rapports du GIEC <https://www.ipcc.ch/reports/>

Dans de nombreux milieux insulaires de la planète, les effets combinés de la remontée du niveau moyen de la mer, les phénomènes de subsidence d'origine tectonique, ou renforcés par l'hydrocompaction des sédiments due aux aménagements d'origine anthropique, ainsi que l'épuisement des stocks sédimentaires au sein des bassins versants constituent autant de paramètres à intégrer pour prévoir la gestion dans les années à venir.

Les zones sismiques et volcaniques

Les secteurs où l'activité sismique est importante, et potentiellement susceptible d'engendrer des risques pour les populations et ses aménagements, n'ont été que peu étudiés d'un point de vue interdisciplinaire à ce jour sur la longue durée, avec seulement deux projets traitant de cette thématique financés par l'ANR : CARQUAKES et BASILIZNIK-SECRETS⁽⁴⁾. En effet, les zones de subduction sont soumises à de nombreuses phases d'activités volcanique et sismique et ce, depuis des millions d'années. Les secteurs avec une forte activité sismique ou volcanique couvrent aujourd'hui, à la surface de la planète, de larges étendues où des millions d'habitants sont concernés : bassin méditerranéen, ceinture de feu du Pacifique, Inde-Pakistan, etc. Au cours de l'Holocène, certaines de ces zones ont subi des séismes majeurs⁽⁵⁾ ou des éruptions volcaniques de grande ampleur, on pense au Vésuve à Pompéi, au début de notre ère, à la montagne Pelée en Martinique, en 1902, ou bien encore à l'effondrement de la caldeira du volcan de Santorin au milieu du XVII^e siècle avant notre ère⁽⁶⁾, dont les répercussions se firent ressentir à des centaines de kilomètres aux alentours. Au-delà de ces événements, non uniques à l'échelle du fonctionnement des volcans et des failles concernés, et largement médiatisés, les nombreux aléas géophysiques et géologiques sont encore à explorer sur la longue durée de manière à pouvoir évaluer les risques encourus par les populations actuelles en établissant des référentiels sur la longue durée, en direction donc des civilisations du passé. Cela ne pourra s'envisager qu'à partir du croisement des informations sur l'histoire de l'occupation humaine et des données paléoenvironnementales et paléosismiques notamment.



Le Vésuve et, au premier plan, Pompéi, Italie. © Adobe Stock

4. Médail, 2017.

5. Celui de 365 de notre ère en Méditerranée orientale eut une magnitude similaire à celui qui affecta l'Indonésie en décembre 2004.

6. Driessen et MacDonald, 2000.

Fiches projets

p. 86	_____	ANCIENT KURA
p. 87	_____	ARMILIT
p. 88	_____	BALKANS 4000
p. 89	_____	BAZILISNIK-SECRETS
p. 90	_____	CRISIS
p. 91	_____	DIKIDA
p. 92	_____	EauMaghreb
p. 93	_____	GEZIRA
p. 94	_____	KUR(A)GAN
p. 95	_____	KURA IN MOTION !
p. 96	_____	MALI-APPD
p. 97	_____	MeSCAL
p. 98	_____	NeoArabia
p. 99	_____	OASIS
p. 100	_____	OASIWAT
p. 101	_____	PALEOPERSEPOLIS
p. 102	_____	PaléoSyr
p. 103	_____	PARACAS
p. 104	_____	TransOxus
p. 105	_____	TRANSRISK ²

ANCIENT KURA

Cultures anciennes du Sud-Caucase : paléoenvironnement, mode de vie et exploitation des ressources dans la moyenne vallée de la Kura, du VI^e au III^e millénaire

Rappel des objectifs et méthodologie

Mettre en évidence et mieux connaître les premières sociétés du Sud-Caucase (VI^e-III^e millénaires avant notre ère) dans la vallée de la Kura, comprendre la dynamique de l'évolution, tant de ces sociétés que du paysage qui les entourait, tels étaient nos enjeux initiaux. Les connaissances acquises par nos collègues au cours du demi-siècle précédent étaient extrêmement partielles et souvent peu ou pas du tout publiées. Leur accès aux chercheurs occidentaux restait très restreint. Pourtant, cette région apparaissait importante car située dans le prolongement de l'Anatolie orientale et du Croissant fertile, là où s'est forgé l'un des premiers foyers de néolithisation du monde. De plus, la zone montagneuse qui les sépare, le Petit Caucase, est connue pour sa richesse en diverses matières premières (obsidienne, minerais). Il était donc nécessaire de développer de nouvelles fouilles avec des méthodes scientifiques actualisées dans des contextes environnementaux différents, d'obtenir des stratigraphies précises et bien datées, et de faire toute une série d'études spécifiques sur le matériel et l'environnement.

En association avec les fouilles, et autour des sites, de nombreuses études ont été menées tant sur le matériel (lithique, osseux, métallurgique, céramique) ou sur la faune que sur des prélèvements (archéobotanique, bioarchéologie, géomorphologie, ¹⁴C et Uranium/Thorium), afin d'en savoir davantage sur les modes de vie des populations entre le VI^e et le III^e millénaire, les technologies qu'ils utilisaient, l'origine des matériaux trouvés sur les sites et l'environnement local.

Résultats majeurs

Le Néolithique est apparu très diversifié, celui de Kamiltepe étant de nature très différente de celui d'Aruchlo/Shomu-Shulaveri, et beaucoup de précisions ont été apportées au développement de ce dernier. À Mentesh, une culture chalcolithique insoupçonnée a été découverte, laissant entrevoir une évolution locale directe mais aussi d'importantes transformations issues de contacts avec la Mésopotamie. La présence de niveaux du Bronze ancien, dont une tombe collective sous kourgane, a permis d'améliorer nos connaissances sur la culture Kuro-Araxe. Parmi les résultats les plus spectaculaires, on notera l'importance jouée par les changements eustatiques de la mer

Caspicienne sur les réseaux hydrographiques jusqu'à des distances de près de 1000 km, conduisant, avec un décalage chronologique plus ou moins long, à des phases d'alluvionnement ou d'érosion désormais bien datées par une série de datations ¹⁴C réalisées dans divers niveaux de terrasses.

Production scientifique et valorisation

Lyonnet B. et Guliyev F. (2012) Recent Research on the Chalcolithic Period in Azerbaijan. In : Matthews R. and Curtis J., (eds.), *Proceedings of the 7th ICAANE*. London 2010, 3, pp. 85-98.

Lyonnet B. et Helwing B. (2012) The Ancient Kura Project. *Archäologische Mitteilungen aus Iran und Turan*, 44, pp. 3-4.

Ollivier V. et Fontugne M. (2012) Holocene Landscape and Human Modes of Occupation in the Kura Valley (Azerbaijan). *Archäologische Mitteilungen aus Iran und Turan*, 44, pp. 119-126.

Début du projet : 2009 | Durée : 36 mois
Financement ANR : 365 000 €

Partenaires

UMR 7092 PROCLAC, Paris | Deutsche Archäologische Institut, Berlin (Allemagne) | Institut d'Archéologie et d'Ethnologie de Bakou (Azerbaïdjan) | Centre de Recherches Archéologiques du Musée National de Tbilissi (Géorgie)

Coordination

Bertille Lyonnet – UMR 7092 PROCLAC, Paris – byllyonnet@wanadoo.fr | Barbara Helwing – Deutsche Archäologische Institut, Berlin (Allemagne)

Site de Mentesh Tepe (Azerbaïdjan) mettant en évidence les trois niveaux majeurs d'occupation (VI^e, V^e et III^e millénaires), 2010.
© Bertille Lyonnet



ARMILIT

Archéologie des Milieux Littoraux entre Aude et Petit-Rhône, depuis le Néolithique

Rappel des objectifs et méthodologie

Ce projet se fixe comme objectifs de caractériser le contexte environnemental des habitats ou des agglomérations et d'éclairer les raisons ayant motivé le choix de ces implantations, sans omettre les processus naturels et anthropiques ayant induit les transformations des conditions fluvio-lagunaires initiales. Il s'agit de rendre compte de la coévolution spatio-temporelle des occupations humaines et de leurs environnements. Des recherches récentes dans les domaines de l'archéologie, de la géoarchéologie et de la paléobotanique avaient permis de mettre en parallèle : 1/ les formes et dynamiques d'occupation, au cours de la deuxième moitié de l'Holocène (depuis -4500) ; 2/ les processus actifs dans les paléomilieux perçus à travers les rythmes hydrosédimentaires, les évolutions de la végétation et les modalités de mise en valeur. Conduites d'abord sur le delta du Lez, puis étendues à celui du Vidourle, dans et hors sites archéologiques, ces recherches sont étendues au Bas-Languedoc méditerranéen dans le cadre de ce projet. Dans ces milieux d'interface instables et à dynamique très active, la construction deltaïque à l'origine de l'extension du domaine alluvial à vocation agropastorale sur les domaines lagunaires reste le fait le plus important en termes de relations sociétés/milieux.

Cinq secteurs géographiques ont été retenus : la Petite Camargue et la basse vallée du Vidourle, les basses vallées du Lez et de la Mosson, le bassin de Thau, l'étang de Montady et les basse et moyenne vallées de l'Aude. Les travaux et résultats présentés ici résultent d'une approche croisée, interdisciplinaire, de données biophysiques liées à des archivages archéologiques ou naturels, dans le cadre de fouilles de sauvetage ou programmées, ou par carottages ou tranchées hors des fouilles d'habitats, ainsi que de données d'archives pour les périodes récentes. Outre les datations radiocarbone, un excellent calage chronologique est souvent permis par le mobilier archéologique et peut atteindre, dans le sud de la France, une résolution chronologique de 25 à 50 ans pour l'âge du Fer et la période romaine.

Résultats majeurs

Dès le Néolithique final et jusqu'à la période moderne, l'activité hydrosédimentaire dans les deltas du Lez et du Vidourle n'est plus systématiquement synchrone. La progradation deltaïque considérable

observée dans ces deux deltas au cours du Petit Âge glaciaire est sans commune mesure avec les événements hydrosédimentaires enregistrés antérieurement et trouve son écho dans les sources historiques écrites.

Production scientifique et valorisation

Rey T., *et al.* (2009) Deltaic plain development and environmental changes in the Petite Camargue, Rhône Delta, France, in the past 200 years. *Quaternary Research*, 71(3), pp. 284-294.

Berger J.-F., *et al.* (2010) Dynamiques fluviales en basse vallée du Vidourle au cours des six derniers siècles. Confrontation des données pédosédimentaires à haute résolution temporelle à l'analyse fréquentielle des crues historiques. *Quaternaire*, 21(1), pp. 27-41.

Dezileau L., *et al.* (2011) Intense storm activity during the Little Ice Age on the French Mediterranean coast. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 2011, 299(1-2), pp. 289-297.

Début du projet : 2006 | Durée : 24 mois
Financement ANR : 104 000 €

Partenaires

UMR 5140 ASM, Lattes | UMR 5059 CBAE, Montpellier | UMR 6130 CEPAM, Nice | UMR 6635 CEREGE, Aix-en-Provence | UMR 6565 Chrono-écologie, Besançon | UMR 6116 IMEP, Aix-en-Provence | UMR 5554 ISEM, Montpellier

Coordination

Philippe Blanchemanche – UMR 5140 ASM, Lattes – blanchemanche.philippe@gmail.com

ARMILIT : localisation géographique des zones d'étude, des sites et des sondages.
 © L.Chabal



BALKANS 4000

À la recherche du « millénaire perdu » : le peuplement en Grèce du Nord et dans les Balkans au IV^e millénaire av. J.-C.

Rappel des objectifs et méthodologie

Le IV^e millénaire avant notre ère apparaît en Grèce et dans les Balkans comme une période obscure, marquée par l'extrême rareté de traces d'occupation sur une étendue de plusieurs milliers de kilomètres carrés entre la mer Égée et le Danube. Cette pénurie est d'autant plus troublante qu'elle contraste avec une carte de peuplement très dense aussi bien avant, durant l'époque Néolithique (à partir de -6500), qu'après, durant l'âge du Bronze (à partir de -3300/-3000). Pour l'expliquer, différentes hypothèses ont été avancées : déplacements de populations à la suite d'invasions ou de catastrophes naturelles liées à un événement climatique majeur ; problèmes de méthode de datation qui créeraient une image faussée des évolutions. L'objectif du projet était de démontrer, ou non, l'existence d'un hiatus, puis d'en expliquer les causes. Il s'agissait, en premier lieu, de mesurer à nouveau les limites du hiatus présumé et de décrire plus précisément ses caractéristiques, afin de tester les différents *patterns* proposés pour les abandons des sites. Parallèlement, l'on devait enquêter sur les conditions d'implantation et de vie des habitats et de leurs environs, aussi bien au moment de l'abandon qu'après, afin de déterminer le rôle potentiel de l'environnement naturel dans les phénomènes observés (changements réels dans les paysages et les milieux, taphonomie). Concernant l'approche méthodologique, les recherches se sont développées suivant deux axes : l'un proprement archéologique, l'autre paléoenvironnemental, selon une approche multiscale, qui permettait d'interroger à tour de rôle le local (sites individuels et leurs environs immédiats), le régional (réseau de sites à l'intérieur d'une entité géographique donnée) et le supra-régional (relations entre sites de différentes régions). Nous avons procédé à une série de nouvelles datations ¹⁴C de haute précision, à partir d'échantillons prélevés dans des contextes bien assurés sur trente-quatre sites de types différents en Grèce et en Bulgarie. Selon la nature et la taille des échantillons, trois méthodes ont été utilisées : comptage proportionnel de gaz (GPC), comptage par scintillation de liquide (LS) et spectroscopie de masse accélérée (AMS). Les recherches paléoenvironnementales ont permis de tester l'hypothèse d'une pression environnementale sur les habitats de la fin du Néolithique, qui aurait provoqué leur abandon. Une série de carottages a été effectuée dans deux zones pilotes situées à proximité immédiate de sites archéologiques. Les carottes prélevées ont fait l'objet de diverses analyses (sédimentologiques, granulométriques, palynologiques, signal incendie) et de datations ¹⁴C (par AMS).

Résultats majeurs

Les résultats obtenus confirment l'existence d'une rupture à la transition du Néolithique à l'âge du Bronze, mais n'identifient pas une origine environnementale, même si des signes de changement sont visibles. Les décalages observés entre les séquences issues des différents sites révèlent le caractère aléatoire, résolument humain, des abandons. Les résultats ont démontré le potentiel de la démarche et ont créé une dynamique, qui s'est traduite par une forte demande en matière de datations et des propositions de collaboration pour des études paléoenvironnementales dans les pays concernés (Grèce, Bulgarie).

Production scientifique et valorisation

Tsirtsoni Z., (2016) *The Human Face of Radiocarbon. Reassessing chronology in Prehistoric Greece and Bulgaria, 5000-3000 cal. BC.* Travaux de la Maison de l'Orient 69, Lyon, Maison de l'Orient et de la Méditerranée, 518 p.

Lespez L., et al. (2014) Dépasser le déterminisme : pour une approche locale des interactions Nature/société dans le sud des Balkans à la transition du Néolithique à l'Âge du Bronze. In : Arnaud-Fassetta G. et Carcaud N., (eds.), *La géoarchéologie française au XXI^e siècle.* Paris, CNRS Éditions, pp. 159-174.

Début du projet : 2017 | Durée : 42 mois
Financement ANR : 120 000 €

Partenaires
 UMR 5138 ArAr, Lyon | UMR 6554 Geophen, Caen |
 Laboratoire d'archéométrie Démokritos (Grèce)

Coordination
 Zoï Tsirtsoni – UMR 5138 ArAr, Lyon – zoi.tsirtsoni@cncrs.fr

PARTIE 2 | PANORAMA DES PROJETS FINANCÉS PAR LE PLAN D'ACTION DE L'ANR

Zone d'étude en Grèce du Nord avec les carottages effectués dans le cadre du projet « Balkans 4000 ». © Zoï Tsirtsoni



BASILIZNIK-SECRETS

Archives secrètes de la basilique de Nicée à partir des sédiments du lac d'Iznik

Rappel des objectifs et méthodologie

La ville de Nicée (Iznik, Turquie) est célèbre pour avoir accueilli les 1^{er} (325 AD) et VII^e (787 AD) conciles des chrétiens. Le bâtiment dans lequel le premier concile s'est tenu reste inconnu. Une récente baisse du niveau du lac d'Iznik a permis la découverte d'une basilique enfouie sous l'eau à 50 m de la rive. La basilique a été détruite et submergée après un événement catastrophique inconnu, potentiellement un séisme. En effet, la ville d'Iznik est située à 5 km au nord de la branche moyenne de la faille nord-anatolienne (MNAF), faille la plus active d'Europe. Notre analyse d'archéosismologie a révélé que six séismes de magnitude Mw supérieure à 7 se sont produits sur la MNAF depuis 2000, mais aucun au cours des derniers siècles. Le segment nord de la NAF qui glisse cinq fois plus vite (25 mm/an), connaît lui une activité sismique intense. Afin d'établir le calendrier de la sismicité de la MNAF, nous avons étudié le lac d'Iznik et ses sédiments qui contiennent des archives tectoniques, climatiques et anthropiques que nous souhaitons explorer pour préciser l'histoire tectonique de la MNAF et ses conséquences sur l'histoire de la ville.

Au niveau méthodologique, l'étude géophysique du lac associe une étude de bathymétrie, ainsi que la réalisation de profils sismiques. L'ensemble de ces méthodes a permis d'identifier deux failles actives dans le lac d'Iznik, notamment un segment rectiligne juste au sud de la ville d'Iznik. Le prélèvement et les analyses (sédimentologiques, géochimiques et chronologiques), d'une vingtaine de carottes courtes de sédiments, réparties dans tout le bassin, ont permis d'identifier qu'une quinzaine de séismes ont affecté la région depuis 2000 ans. Certaines de ces carottes ont été prélevées de part et d'autre de la faille d'Iznik. L'observation des décalages de sédiments de part et d'autre de la faille permet d'identifier les séismes qui ont rompu cette dernière et d'estimer son rejet à chaque séisme. La prolongation de la faille d'Iznik à terre a fait l'objet d'une étude de géophysique et de géomorphologie afin de quantifier les décalages horizontaux liés à cette faille, permettant ainsi d'estimer la magnitude de ces paléo-séismes. Cette étude intègre des modèles numériques de terrain acquis grâce à des images drone. Deux tranchées ont été effectuées : la première, archéologique, sur le site de la basilique afin d'observer d'éventuelles figures de liquéfaction du sol, et la seconde, archéosismique, sur le segment principal de MNAF à 30 km à l'est d'Iznik.

Résultats majeurs

Les études bathymétriques et sismiques du lac d'Iznik montrent la présence de deux failles actives dans le lac dont une au tracé rectiligne

qui passe au sud de la ville de Nicée à 1 km environ de la basilique immergée. L'étude des sédiments contenus dans les carottes courtes indiquent que la région a subi une quinzaine de séismes importants depuis 2000 ans. Des carottes prélevées de part et d'autre de la faille d'Iznik montrent que le dernier séisme majeur enregistré dans la région s'est produit sur cette faille en 1065. Ce séisme pourrait être la cause de la destruction de la basilique, comme le suggère des textes anciens. Les pièces de monnaie retrouvées dans les nombreuses tombes qui reposent dans la basilique attestent d'une activité jusqu'au XI^e siècle et plus rien depuis, confirmant que la basilique a été détruite lors du séisme de 1065.

Production scientifique et valorisation

Benjelloun Y., et al. (2020) Historical earthquake scenarios for the middle strand of the North Anatolian Fault deduced from archeo-damage inventory and building deformation modeling. *Seismological Research Letters*, 92(1), pp. 583-598.

Benjelloun Y., et al. (2021) Segmentation and Holocene Behavior of the Middle Strand of the North Anatolian Fault (NW Turkey). *Tectonics*, 40(11): e2021TC006870.

Gastineau R., et al. (2021) Active Subaquatic Fault Segments in Lake Iznik Along the Middle Strand of the North Anatolian Fault, NW Turkey. *Tectonics*, 40(1): e2020TC006404.

Début du projet : 2019 | Durée : 66 mois
Instrument : PRC | Financement ANR : 410 351 €

Partenaires

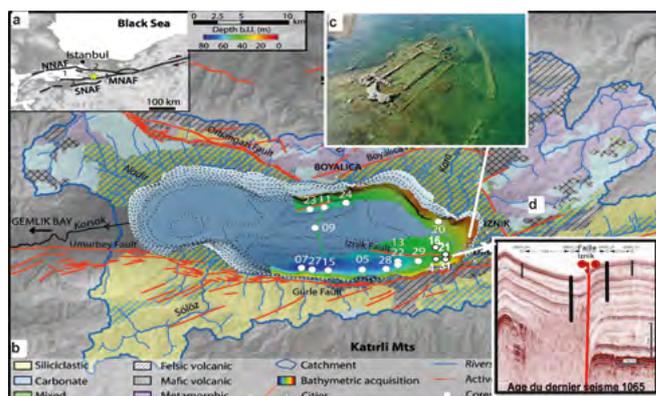
UMR 5275 ISTERRE, Grenoble | UMR 5204 EDYTEM, Grenoble

Coordination

Julia de Sigoyer – UMR 5275 ISTERRE, Grenoble –
julia.de-sigoyer@univ-grenoble-alpes.fr –
<https://basiliznik-secrets.osug.fr>

(a) Carte du nord-ouest de la Turquie. 1 : mer de Marmara ; 2 : lac Sapanca ; 3 : province de Bursa ; 4 : bassin Geyve-Pamukova, l'étoile jaune localise le lac Iznik. NNAF, MNAF, et SNAF indiquent les segments nord, médian et sud de la faille nord-anatolienne. (b) Carte géologique bathymétrique et tectonique autour du lac d'Iznik. Les failles actives sont en rouge. Les points blancs représentent les carottes échantillonnées. (c) Photographie par drone de la basilique sous l'eau à 20 m du rivage d'Iznik. (d) Profil sismique au travers de la faille d'Iznik. Les traits noirs verticaux représentent les carottes échantillonnées de part et d'autre de la faille d'Iznik.

© Julia de Sigoyer



CRISIS

Réponses impériales et provinciales aux défis environnementaux et économiques à la frontière de l'Empire romain (I^{er}-VI^e s.)

Rappel des objectifs et méthodologie

Les concepts de « crise » ou d'« effondrement » ont marqué l'historiographie de l'Empire romain, comme en témoignent les travaux controversés d'Huntington, qui a tenté de penser l'effondrement de Rome dans une perspective climatique. À cet égard, la deuxième moitié du III^e siècle de notre ère a longtemps été perçue comme une période de crise politique majeure dans l'Empire romain, à laquelle les auteurs anciens associent fréquemment un cortège de guerres incessantes, d'incursions barbares, de famines, d'épidémies et de tremblements de terre. En Égypte, on peine à articuler les différentes facettes invoquées de cette crise – militaire, matérielle, culturelle, économique, souvent attribuées hâtivement au III^e siècle de notre ère, et on en entrevoit dans les sources des manifestations tout au long d'une période de transition qui s'étend du début du III^e siècle jusqu'au VI^e siècle de notre ère. Une crise difficile à appréhender, donc, et qui requiert une approche pluridisciplinaire, sur une longue durée, du I^{er} au VI^e siècle de notre ère. Le projet CRISIS étudie les facettes environnementales, politiques, culturelles et économiques de ces différentes crises, dans une zone fondamentale pour comprendre la période : la grande oasis du désert Libyque d'Égypte, dont l'insertion dans une ligne de frontière défensive au sud de l'Empire a fait débat.

Au niveau méthodologique, l'analyse hydromorphologique des sites se prolonge dans une prospection pédestre de manière à modéliser les conditions antiques de la venue des eaux oasiennes, essentiellement fossiles, et leur relation dynamique avec les implantations humaines. L'analyse s'est concentrée sur un ensemble d'unités géomorphologiques témoignant de la dynamique de buttes artésiennes fossiles : ces formes appelées yardangs, érodées par le vent depuis des millénaires, constituent un témoignage crucial de l'activité artésienne. L'analyse de leur stratigraphie permet de distinguer une phase de construction naturelle de ces formes, et une autre, qui lui a succédé, qu'on peut qualifier d'anthropique : la capacité de l'artésianisme à construire ces buttes a été démultipliée par l'activité d'irrigation agricole, construisant des strates spécifiques de sol, appelées anthrosols. La confrontation des données sédimentologiques de ces buttes avec les résultats de la prospection et de la fouille archéologique de secteurs ciblés du site, mais aussi avec les informations fournies par l'épigraphie et la papyrologie, permet de dessiner le scénario dynamique des implantations humaines, des technologies mobilisées et des objectifs recherchés par ces sociétés des marges de l'Empire romain.

Résultats majeurs

Le consortium CRISIS a mis en évidence la puissance des dynamiques environnementales sur une région marginale de l'Empire romain, contribuant à affiner les modalités de la crise politique et économique connue sous le nom de « crise du III^e siècle ». Si l'aridification et les crises éoliennes récurrentes n'ont pas entravé une économie agricole de rente, qui s'est diversifiée tout au long de l'occupation historique de la région (vignoble, ricin, coton), des épisodes de crues violentes et imprévues, survenues au III^e siècle, ont contraint les communautés agricoles à des aménagements et à des contractions du périmètre irrigué. La gestion des conflits liés à l'exploitation de l'eau par des populations sédentaires et semi-nomades est alors devenue un défi régional pour l'Empire.

Production scientifique et valorisation

Bagnall R.S. et Tallet G., (2018) *The Great Oasis of Egypt. Dakhla and Kharga during Antiquity*. Cambridge University Press, Cambridge, 344 p.

Bravard J.-P., et al. (2016) Rise and Fall of an Egyptian Oasis: Artesian flow, irrigation soils and historical agricultural development in El-Deir, Kharga Depression (Western Desert of Egypt). *Geoarchaeology*, 31, pp. 1-20.

Tallet G., (2022) Entre agriculture et pastoralisme : une société oasienne à El-Deir (oasis de Kharga) face aux pulsations climatiques au I^{er} s. avant notre ère. *Bulletin de la Société française d'égyptologie*, 205, pp. 104-138.

Début du projet : 2015 | Durée : 89 mois
Instrument : PRC | Financement ANR : 564 125 €

Partenaires

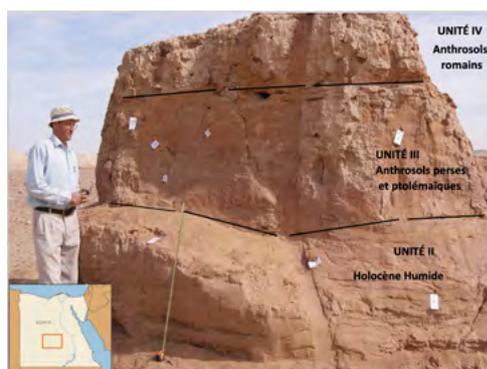
UR 15507 Criham, Limoges | UMR 5600 EVS, Lyon | Institute for the Study of the Ancient World, New York (USA) | American University (AUC), Le Caire (Égypte) | Musei delle scienze agrarie, Naples (Italie)

Coordination

Gaëlle Tallet – UR 15507 Criham, Limoges –
 Gaelle.tallet@unilim.fr – <http://oasis.unilim.fr>

Cette butte, d'une hauteur maximale de 2,50 m, montre la succession caractéristique des dépôts dans le principal yardang d'El-Deir. Le niveau I est absent (substrat caillouteux sous-jacent). Les dépôts de base (U II) ont été formés par l'écoulement de l'eau de la source artésienne et par des apports éoliens dans une phase de forte activité de la source (nappe bien alimentée). L'U III est séparée de la précédente par une discontinuité (érosion) ; elle correspond à des sols d'irrigation datant de la première phase de mise en valeur du site. Après une autre phase érosive, l'U IV correspond à la phase romaine d'irrigation du site.

© Gaëlle Tallet



DIKIDA

De la chaîne du Dikté au mont IDA: Territoire et formes d'organisations communautaires en Crète du XIV^e au VI^e siècle av. J.-C.

Rappel des objectifs et méthodologie

Le projet reposait sur une collaboration pluridisciplinaire entre des archéologues et des géographes géomorphologues et paléoenvironnementalistes. L'objectif reposait sur l'analyse de l'évolution politique, économique, sociale, culturelle des communautés humaines installées en Crète centrale, dans la plaine de la Messara (pentes sud de l'Ida) et dans la région du Mirabello (secteur situé à l'est du Dikté), entre l'âge du Bronze récent et l'époque archaïque (XIV^e-VI^e s. avant notre ère). L'étude diachronique de l'occupation humaine de ces deux régions s'est accompagnée de problématiques paléoenvironnementales pour définir les stratégies d'adaptation des communautés à la réalité géomorphologique, paysagère et topographique de l'île, mais aussi pour comprendre pleinement la portée et les raisons des bouleversements sociétaux. D'un point de vue historique, la période chronologique retenue est fondamentale pour comprendre la transition d'un système palatial mycénien vers une organisation où les cités grecques s'affirment au cours du VIII^e siècle avant notre ère. Entre les XII^e et IX^e siècles avant notre ère, un nouveau type de société émerge et semble constituer les prémices de la cité grecque (*polis*).

Les recherches archéologiques se sont essentiellement fondées sur des prospections pédestres pour repérer les sites qui furent fréquentés entre les XIV^e et VI^e siècles av. J.-C. En complément du repérage des lieux, accompagné de la description des restes encore visibles, des relevés ont été effectués grâce à un GPS différentiel, plus précis, afin de géoréférencer les sites nouvellement identifiés. La réalisation de prospections géophysiques à Dréros et de carottages en Messara occidentale (secteurs de Phaistos et de Kommos), a facilité la reconstitution des anciens paysages de Crète centrale. Le secteur de Phaistos a été plus particulièrement analysé et l'étude des bioindicateurs s'est appuyée sur l'identification des diatomées et des grains de pollens pour reconstituer les paysages lacustres et palustres. L'obtention de séquences palynologiques inédites pour la région est également à souligner. Enfin, la réalisation d'un système d'information géographique a permis d'intégrer l'ensemble des informations pluridisciplinaires et a facilité l'élaboration de modèles numériques de terrain des sites les plus importants d'un point de vue archéologique et historique (Lato, Dréros, Anavlochos, Phaistos).

Résultats majeurs

À l'est du massif du Dikté, la prospection pédestre a permis d'identifier le site de Képhali Limni sur la colline localisée à l'est de Dréros, où

un établissement de l'âge du Bronze a vraisemblablement préexisté à la fondation de la cité-État de Dréros. Dans la Messara, l'étude en laboratoire des carottages prélevés au pied de la colline de Phaistos a mis en évidence, pour la première fois, l'existence d'un ancien lac, puis d'un vaste marais entre le début du II^e et le milieu du I^{er} millénaire avant notre ère, permettant ainsi de réinterpréter les acquis archéologiques pour l'une des anciennes capitales minoennes. La culture de l'olivier y était extrêmement présente entre 1500 et 900 avant notre ère.

Production scientifique et valorisation

Lefèvre-Novaro D., et al. (eds.) (2015) *Géosciences, archéologie et histoire en Crète de l'Âge du Bronze récent à l'époque Archaïque*. Actes du colloque DIKIDA, Strasbourg, 16-18 octobre 2013. Bottega d'Erasmus, Aldo Ausilio editore in Padova, 388 p.

Ghilardi M., et al. (2018) First evidence of a lake at Ancient Phaistos (Messara Plain, South Central Crete, Greece): reconstructing paleoenvironments and differentiating the roles of human land-use and paleoclimate from Minoan to Roman times. *The Holocene*, 28(8), pp. 1225-1244.

Ghilardi M., et al. (2019) Reconstructing human-environment interactions in the Western Messara Plain (Phaistos, Crete, Greece) from the emergence of city states to Byzantine times. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 26, 101909.

Début du projet : 2010 | Durée : 48 mois
Financement ANR : 340 000 €

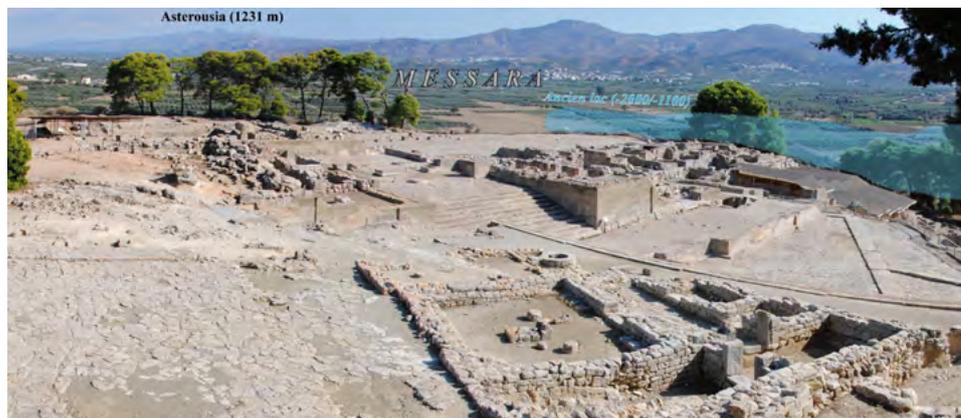
Partenaires

UMR 7044 ARCHIMEDE, Strasbourg | UMR 7330 CEREGE, Aix-en-Provence | École italienne d'archéologie (Grèce) | École française d'Athènes (Grèce)

Coordination

Daniela Lefevre-Novaro – UMR 7044 ARCHIMEDE, Strasbourg – dlefevre@unistra.fr

Site de Phaistos avec, en arrière-plan, la plaine de la Messara et la chaîne de montagnes des Asterousia. L'extension du lac au cours de l'âge du Bronze moyen à final est figuré en bleu (à droite).
© Matthieu Ghilardi



EauMaghreb

L'eau dans les villes d'Afrique du Nord et leur territoire

Rappel des objectifs et méthodologie

Le projet visait à une meilleure connaissance de l'exploitation par les humains des ressources en eau, durant l'époque romaine. Il se proposait de restituer les méthodes de gestion de ce patrimoine dans des territoires présentant des caractéristiques environnementales et anthropiques différentes : les hautes steppes, en Tunisie, le bassin de l'oued Sebou, au Maroc (dans deux sections : le bassin versant du Rdom autour de Volubilis et la plaine du Gharb autour de Banasa et Thamusida), le littoral nord-ouest marocain autour de Kouass, le secteur de Lambèse, en Algérie, et les villes de Thugga et Ammaedara, en Tunisie. L'objectif était ainsi de comprendre la gestion passée de contraintes toujours présentes dans ces secteurs : les modalités de l'implantation humaine et des échanges dans les espaces confrontés au risque d'inondation ou l'approvisionnement pérenne en eau dans des espaces à forte variabilité hydroclimatique. Il s'agissait aussi de diffuser des connaissances sur des patrimoines hydrauliques souvent méconnus du grand public et menacés de dégradation (en raison notamment des dynamiques géomorphologiques), et de mettre à disposition des gestionnaires des bases de données et des cartes géoréférencées exploitables dans la gestion des paysages actuels.

Ce projet intègre des méthodes issues de différentes disciplines (archéologie, histoire, géoarchéologie et géomatique) et se développe à plusieurs échelles. Il s'appuie sur une étude documentaire (travaux universitaires, sources archivistiques et cartographiques, entre autres). Sur le terrain, des relevés archéologiques, architecturaux et topographiques ont été réalisés sur les aménagements hydrauliques. Une campagne de prospection géophysique a été réalisée à Volubilis pour reconstituer une partie, détruite ou enfouie, du tracé de l'aqueduc romain. L'étude paléoenvironnementale s'appuyait sur l'analyse de photographies aériennes et d'images satellitaires, sur des relevés réalisés par des institutions locales, sur la collecte de données de terrain (relevés topographiques au GPS différentiel, carottages sédimentologiques, relevés du débit de sources...), et sur des analyses de laboratoire. Ces données pluridisciplinaires, intégrées dans un système d'information géographique, ont été structurées et saisies dans des bases de données géolocalisées, ce qui a permis d'effectuer des analyses spatiales et temporelles, dont les résultats ont été restitués à des gestionnaires actuels des territoires.

Résultats majeurs

L'étude géoarchéologique, combinée aux recherches archéologiques proprement dites, a permis, dans les différents secteurs d'étude du projet, de préciser l'évolution des paysages depuis l'Antiquité (dans la plaine du Gharb, au Maroc : mobilité du fleuve Sebou et tracé des voies ; à Ammaedara, en Tunisie : gestion des crues de l'oued Haïdra), de compléter la cartographie des ressources en eau (sources à Volubilis et à Ammaedara), et de mieux comprendre leur localisation et leur alimentation. Ces données, enregistrées dans un système d'information géographique, fournissent aux acteurs et aux responsables locaux des éléments pour une gestion raisonnée de leur territoire.

Production scientifique et valorisation

Baratte F., et al. (eds.) (2014) *Regards croisés d'Orient et d'Occident : les barrages dans l'Antiquité tardive*. Orient & Méditerranée, 14, Paris, 230 p.

Brouquier-Reddé V. et Hurllet F., (eds.) (2018) *L'eau dans les villes du Maghreb et leur territoire à l'époque romaine*. Ausonius Éditions, Mémoires, 54, 453 p.

Début du projet : 2008 | Durée : 60 mois

Financement ANR : 250 000 €

Partenaires

UMR 8167 Orient & Méditerranée, Paris | UMR 8546 AOROC, Paris | UMR 8185 ENeC, Paris | EA 1163 CRHIA, Nantes | Institut National du Patrimoine de Tunis (Tunisie) | Centre National de la recherche archéologique d'Alger (Algérie) | Institut National des Sciences de l'Archéologie et du Patrimoine de Rabat (Maroc)

Coordination

François Baratte – UMR 8167 Orient & Méditerranée, Paris – francois.baratte@paris-sorbonne.fr

La rupture de pente de l'aqueduc sud, au sud-est de Volubilis.

© Véronique Brouquier-Reddé, AOROC



GEZIRA

L'occupation humaine dans le delta du Nil au IV^e millénaire. Archéologie et environnement

Rappel des objectifs et méthodologie

L'objectif principal du projet repose sur l'étude des interactions humains/environnement dans le contexte spécifique et a priori hostile d'une région deltaïque (marécages, lagunes, inondations, moustiques) durant les phases d'émergence de la royauté égyptienne. Parmi les problématiques abordées, il convient de réfléchir sur les modes d'occupation qui se sont succédé du Néolithique au temps des premières dynasties égyptiennes, sur l'implication de ces dernières sur les transformations du paysage et sur la société, ainsi que sur les traces laissées sur les formes nouvelles de pouvoir qui ont émergé à la fin du millénaire. Le projet s'est développé selon deux axes majeurs, ayant chacun leurs approches et leur méthodologie : l'archéologie (fouilles et prospections) et les sciences environnementales (géoarchéologie, paléobotanique, archéozoologie). Pour des raisons d'efficacité, nous avons choisi de centrer les travaux sur un site archéologique et ses alentours, Tell el-Iswid dans le delta oriental, puis d'étendre progressivement les études aux régions voisines. Les géoarchéologues ont pu également porter leurs efforts sur les sites voisins de Tanis et d'Avaris.

Le delta du Nil se caractérise par un paysage agricole, à la topographie peu marquée, parsemé de petit hameaux situés pour la plupart sur des buttes sableuses naturelles. Ces monticules naturels, réminiscences des longues levées sableuses formées durant le Pléistocène moyen le long des chenaux nilotiques, sont encore désignées sous le terme de « *gezira* » (« île » en arabe). Du fait de l'aggradation, sur des millénaires, de dépôts sédimentaires nilotiques, nombre d'entre elles ont été recouvertes sous plusieurs mètres, voire sur des dizaines de mètres, de sédiments, ne laissant aujourd'hui émerger du terrain plat du delta égyptien que le sommet des plus grandes *geziras*. Des campagnes de prospection géoarchéologiques ont été réalisées dans la partie orientale du delta du Nil, sur et autour de sites de Tell el-Iswid, Avaris et Tanis. Elles ont combiné : des prospections archéologiques de surface afin de localiser d'éventuels vestiges matériels remontés par les travaux agricoles, des sondages à la tarière manuelle et des prospections géoélectriques. Les résultats ont été intégrés dans un système d'information géographique lié à une base de données recensant la totalité des informations connues pour les sites du IV^e millénaire dans le delta du Nil.

Résultats majeurs

Le projet a été pionnier et a permis des avancées scientifiques et techniques relatives à la géoarchéologie du delta. Ces technologies (images satellitaires, prospections géoélectriques, magnétiques,

carottages et modélisation, SIG) sont aujourd'hui acquises comme un prérequis à toute investigation archéologique dans le delta du Nil. D'un point de vue historique, les travaux entrepris grâce au projet GEZIRA ont contribué à accéder à des données jusqu'alors enfouies, et à mettre en lumière le rôle joué par cette région et ses populations dans la mise en place du pouvoir pharaonique. Une entreprise de ce genre ne peut se départir d'un examen précis des processus qui ont donné naissance au delta du Nil et des transformations successives du paysage, que seule l'étude géomorphologique peut apporter.

Production scientifique et valorisation

Midant-Reynes B. et Buchez N., (eds.) (2014) *Tell el-Iswid 2006-2009*. FIFAO, 73, Le Caire, 319 p.

Tristant Y., (2020) *L'occupation humaine dans le delta du Nil aux V^e et IV^e millénaires*. Bibliothèque d'Étude, 174, IFAO, Le Caire, Académie royale des sciences d'Outre-Mer, 337 p.

Tronchère H., et al. (2012) Geoarchaeology of an ancient river harbour: Avaris and the Pelusiac branch. In : Chilardi M. et Tristant Y., (eds.), *Charting Holocene landscape changes in the Mediterranean: the geoarchaeological approach*. Proceedings of the International colloquium on Geoarchaeology (Cairo, Egypt, 19-21 September 2010): Landscape Archaeology: Egypt and the Mediterranean World. *Géomorphologie, relief, processus et environnement*, 18(1), pp. 23-36.

Début du projet : 2009 | Durée : 48 mois
Financement ANR : 290 000 €

Partenaires

UMR 5608 TRACES, Toulouse | Institut français d'archéologie orientale, Le Caire (Égypte) | UMR 5133 Archéorient, Lyon | CS SYSTEMES D'INFORMATION, Toulouse

Coordination

Béatrix Midant-Reynes – UMR 5608 TRACES, Toulouse – Institut français d'archéologie orientale, Le Caire (Égypte) – bmiantreynes@yahoo.fr – <http://gezira.huma-num.fr/>

Prélèvement de sédiments
à la tarière dans le delta du Nil.
© Beatrix Midant-Reynes



KUR(A)GAN

Des communautés Kura-Araxes aux communautés « Early Kurgans ». Tracer les changements sociaux et culturels du III^e millénaire dans la vallée de la rivière Kura (Géorgie et Azerbaïdjan). Environnement, alimentation, chronologie

Rappel des objectifs et méthodologie

Le projet KUR(A)GAN vise à comprendre les changements radicaux survenus dans la vallée de la rivière Kura au milieu du III^e millénaire avant notre ère. Il s'agit d'évolutions majeures dans les traditions culturelles et funéraires, dans les stratégies de subsistance et dans les modes de vie, ainsi que dans les ordres sociaux et politiques. Entre -2600 et -2500, les communautés dites « Kura-Araxe » sont rapidement remplacées par des communautés différentes, dites Early Kurgans. Alors que les premières sont des communautés villageoises, sédentaires, fondées sur une économie agro-pastorale et caractérisées par une structure sociale égalitaire, les communautés Early Kurgans se caractérisent par un mode de vie mobile, par une économie pastorale et par une structure sociale verticale. L'objectif du projet est d'identifier les facteurs et les dynamiques qui ont joué un rôle dans la disparition/transformation abrupte des communautés Kura-Araxe et dans l'apparition/formation des communautés Early Kurgans. KUR(A)GAN a également pour ambition de produire des données paléoclimatiques afin de mieux cerner l'évolution de l'environnement autour de l'événement climatique daté de -4600 et d'en évaluer l'impact sur ces transformations.

Au niveau méthodologique, l'approche multidisciplinaire du projet ambitionne de caractériser et de comparer les sociétés Kura-Araxe et Early Kurgans. Il s'agira également d'identifier les facteurs qui ont conditionné les changements du milieu du III^e millénaire grâce à l'apport des différentes disciplines. Dans le cadre de fouilles archéologiques (site de Qaraçınar, Azerbaïdjan), il s'agira de réaliser des études stratigraphiques et des relevés topographiques, mais aussi d'effectuer un archivage numérique en renseignant des bases de données. Un panel de méthodes et de techniques de laboratoire sera notamment mis en œuvre pour la datation absolue des niveaux fouillés (¹⁴C). L'archéobotanique et l'archéozoologie seront également mobilisées, ainsi que des analyses isotopiques ($\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$), afin d'évaluer les régimes alimentaires. Concernant les traditions architecturales et funéraires, celles-ci seront étudiées par le biais de la micromorphologie des sols, de l'archéoaanthropologie et d'études comparatives de la littérature scientifique. Enfin, les études paléoenvironnementales comprendront des analyses de pétrographie, de micromorphologie, de sédimentologie, des grains de pollens/non-pollen palynomorphes, de dendrochronologie et des isotopes de l'oxygène.

Résultats majeurs

Une nouvelle perspective sur les dynamiques de changements et de transformations socioculturelles dans le Caucase au III^e millénaire est envisagée et propose de mieux cerner, à terme, les dynamiques de résilience des sociétés préhistoriques de la région concernée. Il s'agira également de produire de nouvelles données sur l'évolution paléoenvironnementale et paléoclimatique du Caucase. Enfin, le projet KUR(A)GAN pourrait avoir un impact significatif, et de longue durée, sur la recherche archéologique de toute la région caucasienne.

Production scientifique et valorisation

Palumbi C., *et al.* (à paraître) Preliminary results of the excavations at Qaraçınar and new data on the Early Bronze-Middle Bronze Age transition in the Kura river valley. In : Badalyan R. et Perello B., (eds.), *The End of the Kura-Araxes Phenomenon*. Araxes series, Brepols.

Début du projet : 2021 | Durée : 40 mois

Instrument : PRCI | Financement ANR : 366 655 €

Partenaires

UMR 7264 CEPAM, Nice | Deutsche Archäologische Institut (Eurasien Abteilung), Berlin (Allemagne) | UMR 7269 LAMPEA, Aix-en-Provence | UMR 5204 EDYTEM, Grenoble | UMR 5554 ISEM, Montpellier | UMR 7209 MNHN, Paris

Coordination

Giulio Palumbi – UMR 7264 CEPAM, Nice – giulio.palumbi@cepam.cnrs.fr

Prise de vue par drone de l'occupation « Early Kurgan » de Qaraçınar (Azerbaïdjan) datant entre -2400 et -2200. En premier plan, trous de piquets et de poteaux témoins de l'utilisation d'une architecture en bois. Le site de Qaraçınar et son matériel représentent la source principale d'informations sur les transformations de la moitié du III^e millénaire en ce qui concerne les activités du projet KUR(A)GAN en Azerbaïdjan.

© Giulio Palumbi



KURA IN MOTION !

Hommes, plantes et animaux dans leur dynamique au sein de la moyenne vallée de la Kura, VI^e-III^e millénaires BCE

Rappel des objectifs et méthodologie

« Kura in Motion ! » avait pour objectif de comprendre différents aspects de la dynamique (mobilité, transformations, circulations) propres aux populations, paysages, animaux et plantes du Caucase du Sud, le long de la moyenne vallée de la Kura. Cette région inclut d'est en ouest : la steppe de Mil, au sud de l'Azerbaïdjan, la région de Tovuz avec Mentesh Tepe, à l'ouest de l'Azerbaïdjan, et la région de Bolnisi, en Géorgie orientale, avec le site d'Aruchlo. Nos recherches se sont concentrées sur les périodes pré- et protohistoriques depuis les premières occupations néolithiques (VI^e millénaire avant notre ère) jusqu'au début de l'âge du Bronze (III^e millénaire avant notre ère). Par « Motion », nous entendons à la fois : 1/ l'évolution du paysage qui est très fortement marquée par les changements eustatiques de la mer Caspienne ; 2/ les fréquents changements d'occupation qu'attestent des sites de courte durée ou une architecture légère dès le Néolithique ; 3/ la grande variabilité observée dans les animaux et les plantes domestiqués localement, ainsi que dans les modes de gestion des troupeaux ; 4/ l'accessibilité aux ressources minérales.

Les recherches géomorphologiques associées à de nombreuses datations par le radiocarbone visaient à mettre en évidence l'évolution du paysage. Des analyses de photos satellitaires ont amélioré les performances des prospections dans la recherche de sites peu visibles en surface. Des analyses isotopiques sur l'émail des dents d'animaux ont visé à mettre en évidence la mobilité, ou non, des troupeaux, voire des populations. D'autres analyses isotopiques sur des marqueurs biochimiques, comme le carbone et le nitrogène contenus dans les ossements, ont mis en évidence les pratiques alimentaires des humains comme des animaux. Les études paléobotaniques, palynologiques et anthracologiques ont cherché à identifier les différentes espèces sauvages, cultivées ou utilisées et à les relier avec l'environnement et le climat de l'époque. L'étude paléozoologique a identifié les espèces domestiquées et a cherché à connaître leur origine, locale ou exogène, par des recherches génétiques. Des analyses de provenance des minéraux, obsidiennes et silex ont déterminé le rayon d'action des sociétés anciennes, tandis que des études typotechnologiques et tracéologiques ont identifié les modes de production des outils et quelle fut leur utilisation finale. Les analyses métallurgiques ont déterminé les minerais utilisés et les étapes de production. Enfin, des analyses ADN ont identifié l'origine du peuplement néolithique, la persistance ou non de relations génétiques d'une période à l'autre ou la présence d'intrusions extérieures, voire les éléments de parenté entre individus dans les sépultures collectives.

Résultats majeurs

Le projet a permis d'apporter de nouvelles informations sur les sociétés protohistoriques, en particulier sur leur mode de vie, leur alimentation et l'exploitation de leurs territoires. L'importance des fluctuations de niveaux de la mer Caspienne sur le paysage a été clairement mise en évidence. D'autres recherches se sont greffées aux nôtres, en particulier celles sur l'apparition de la culture du millet dans le Caucase, ainsi que des études palynologiques visant à mettre en évidence les fluctuations climatiques, ou encore des recherches ethnologiques sur la transhumance. Sur le plan purement archéologique, des pans entiers de l'histoire locale, totalement ignorés jusque-là, ont été mis au jour, en particulier en ce qui concerne le Chalcolithique du V^e millénaire avant notre ère, mais aussi les variations identifiées dans le Néolithique des trois régions étudiées.

Production scientifique et valorisation

Ollivier V., *et al.* (2015) Geomorphic response and 14C chronology of base-level changes induced by Late Quaternary Caspian Sea mobility (middle Kura Valley, Azerbaijan). *Geomorphology*, 230, pp. 109-124.

Lyonnet B., *et al.* (2016) Mentesh Tepe, an Early Settlement of the Shomu-Shulaveri Culture in Azerbaijan. *Quaternary International*, 395, pp. 170-183.

Lyonnet B., *et al.* (2015) Mentesh Tepe (Azerbaïdjan) during the Kura-Araxes Period. In : Isikli M. et Can B., (eds.), *International Symposium on East Anatolia-South Caucasus Cultures*. Proceedings I. Cambridge Scholars Publishing, pp. 189-200.

Début du projet : 2013 | Durée : 39 mois

Financement ANR : 399 823 €

Partenaires

UMR 7092 PROCLAC, Paris | Deutsche Archäologische Institut, Berlin (Allemagne) | Institut d'Archéologie et d'Ethnologie de Bakou (Azerbaïdjan) | Centre de Recherches Archéologiques du Musée National de Tbilissi (Géorgie) | Inrap, Paris

Coordination

Bertille Lyonnet – UMR 7092 PROCLAC, Paris – blyonnet@wanadoo.fr | Barbara Helwing – Deutsche Archäologische Institut, Berlin (Allemagne)

La Kura à la hauteur de Mentesh Tepe (Azerbaïdjan).
© Bertille Lyonnet



MALI-APPD

Archéologie du Paysage en Pays Dogon (Mali)

Rappel des objectifs et méthodologie

Par sa richesse culturelle et ses paysages remarquables, le Pays Dogon a été inscrit au patrimoine mondial de l'Unesco au double titre des biens naturels et culturels. Notre démarche scientifique interdisciplinaire partait de l'idée que les paysages actuels du Pays Dogon sont profondément culturels et ne peuvent être compris qu'en tant que résultante d'une relation plurimillénaire des sociétés successives avec leur environnement naturel, relation qui se décline elle-même en de multiples processus complexes. Le projet MALI-APPD ciblait donc d'abord l'histoire de ces paysages culturels. Il s'est fixé trois objectifs : 1/ reconstituer l'histoire holocène des paysages en relation avec différents processus anthropiques (feux, gestion des ressources naturelles dont l'eau, élevage, agriculture, métallurgie) ; 2/ documenter les paysages culturels actuels du Pays Dogon et leur genèse au cours des derniers siècles ; 3/ mettre à disposition nos résultats sous la forme d'un atlas des paysages, comme outil de communication et de gestion des paysages face aux mutations actuelles de l'environnement et des sociétés.

Du point de vue conceptuel, l'entrée par le paysage permet une approche globale qui procède à la fois des domaines écologique et socioéconomique ou productif, perceptif et sensible, mais aussi culturel et patrimonial. Les méthodes incluent : 1/ l'acquisition de données analytiques (chronologie, sédimentologie, palynologie, archéobotanique, phytolithes) à partir d'archives sédimentaires prélevées à la fois sur les sites archéologiques (notamment Ounjougou) et hors sites dans des dépôts fluvio-lacustres contemporains (vallée du Yamé de Bandiagara) ; 2/ l'intégration de ces données et de l'organisation des grands types de paysages actuels du plateau Dogon dans un schéma spatio-temporel régional, en s'appuyant sur des prospections extensives sur le terrain et sur les outils de la télédétection ainsi qu'un système d'information géographique ; 3/ la production d'un atlas diachronique régional des paysages.

Résultats majeurs

Le projet a fourni l'une des séquences paléoenvironnementales la mieux datée d'Afrique de l'Ouest et retrace les trajectoires paysagères holocènes. MALI-APPD documente de façon assez précise le cadre

environnemental de deux faits majeurs du peuplement de cette région : l'apparition de la céramique la plus ancienne d'Afrique au X^e millénaire avant notre ère et le développement des premières sociétés à économie de production, il y a 4000 ans. Les dynamiques complexes révélées dans les paysages actuels permettent aussi de relativiser la dégradation des milieux au Sahel en expliquant comment les paysages sont plus construits que dégradés.

Production scientifique et valorisation

Ozainne S., et al. (2014) A question of timing: spatio-temporal structure and mechanisms of early agriculture expansion in West Africa. *Journal of Archaeological Science*, 50, pp. 359-368.

Lespez L., et al. (2011) High-resolution fluvial records of Holocene environmental changes in the Sahel: the Yamé River at Ounjougou (Mali, West Africa). *Quaternary Science Reviews*, 30, pp. 737-756.

Neumann K., et al. (2009) The Early Holocene palaeoenvironment of Ounjougou (Mali): Phytoliths in a multiproxy context. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 276, pp. 87-106.

Début du projet : 2008 | Durée : 36 mois

Financement ANR : 160 000 €

Partenaires

LEESA puis UMR 6554 LETG, Angers | UMR 6590 ESO, Angers | UMR 6554 LETG, Caen | J.W. Goethe-Universität Institut für Archäologische, Frankfurt (Allemagne) | Université de Genève (Suisse) | Université de Bamako (Mali)

Coordination

Aziz Ballouche – UMR 6554 LETG, Angers – aziz.ballouche@univ-angers.fr



Le site des falaises de Bandiagara du pays Dogon, classé au patrimoine mondial par l'Unesco.

© Aziz Ballouche

MeSCAL

Mobilité et contacts culturels dans la construction des paysages du sud californien

Rappel des objectifs et méthodologie

La côte californienne est un « hotspot » mondial de la biodiversité, caractérisé par un long et riche passé modelé par les migrations des sociétés préhistoriques et coloniales, et les processus complexes de peuplement. Toutefois, le rôle de ces processus dans la construction des paysages californiens au cours du temps demeure mal connu. Pour répondre à ces interrogations, MeSCAL propose d'étudier le rôle des interactions culturelles passées avec la mobilité des sociétés dans la dynamique des paysages de la Californie du Sud au cours des derniers 4000 ans. Les principaux objectifs sont tout d'abord d'analyser la distribution spatiale des plantes et des types d'utilisation des ressources et des espaces en lien avec les processus migratoires et coloniaux. Il s'agit par ailleurs d'évaluer l'impact de ces processus sur les écosystèmes aquatiques et terrestres, en termes de richesse floristique, de structuration du paysage, d'impact sur la flore et les milieux humides.

Ce programme interdisciplinaire ambitieux propose une nouvelle approche combinant : 1/ des analyses paléoenvironnementales pluri-indicateurs à haute résolution temporelle (pollen, microfossiles non polliniques [MNP], analyse du signal incendie, diatomées, sédimentologie, géochimie) de séquences continentales (zones humides) et marines, fournissant respectivement des informations aux échelles locale et régionale sur la végétation, les types d'utilisation des espaces et des ressources et sur leurs impacts sur le paysage ; 2/ une calibration des séries de données paléoenvironnementales obtenues par le recours à des analogues actuels de pollen et de MNP en termes de végétation et des systèmes d'exploitation des ressources ; 3/ des analyses archéobotaniques apportant des informations directes sur l'alimentation et l'utilisation des plantes par les sociétés passées en relation avec les processus migratoires et coloniaux ; 4/ un couplage des résultats paléoenvironnementaux avec les séries de données archéohistoriques pour mieux évaluer les changements paysagers induits par les migrations des sociétés. Les zones d'études choisies se situent sur la côte californienne (San Diego et Santa Barbara) et le proche arrière-pays (San Emigdio Hills, Kern County).

Résultats majeurs

MeSCAL contribuera à une meilleure compréhension de la construction sur la longue durée des paysages culturels californiens. Ce projet apportera aux sociétés californiennes actuelles et aux structures de gestion environnementale d'importantes données historiques et culturelles sur leurs paysages et leurs zones humides. Ces données serviront à la fois de catalyseur à une prise de conscience de ce patrimoine et d'aide pour construire autant d'outils utiles au développement d'une gestion durable des paysages ainsi que pour remédier à la dégradation et à la surexploitation, actuellement en cours, des paysages et des zones humides. Ce projet permettra aussi d'apporter aux sociétés amérindiennes locales des informations précieuses sur l'histoire de leurs paysages et sur les types traditionnels d'occupation des espaces et de gestion des ressources. Cela contribuera à enrichir leur identité culturelle et aidera à la protection de leur patrimoine paysager.

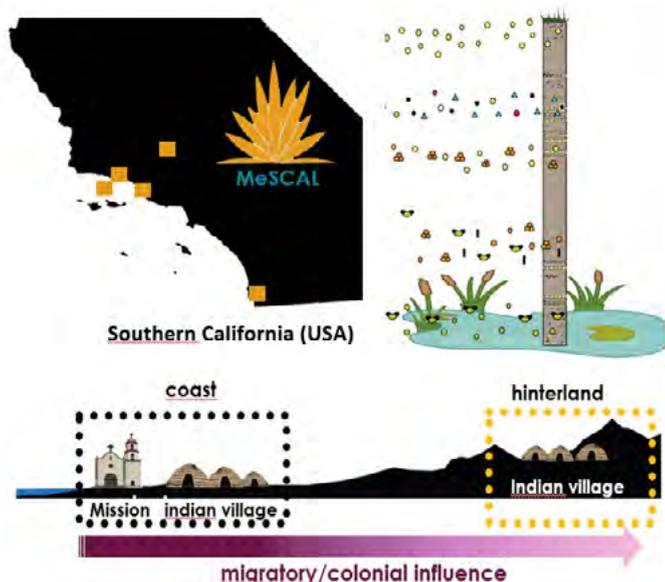
Début du projet : 2022 | Durée : 54 mois
Instrument : JCJC | Financement ANR : 257 529 €

Partenaires

UMR 5554 ISEM, Montpellier | UMR 6042 GEOLAB, Clermont-Ferrand | UMR 7194 HNHP, Paris | Northern Arizona University (USA) | University of California-Santa Barbara (USA) | San Diego City College (USA) | Santa Barbara Museum of Natural History (USA) | Tejon Indian Tribe of California (USA) | University Central Lancashire (Angleterre)

Coordination

Ana Ejarque – UMR 5554 ISEM, Montpellier –
 ana.ejarque@umontpellier.fr –
<https://mescal-anr.isem-evolution.fr/>



Localisation des secteurs étudiés et approche géographique dans MeSCAL.
 © Ana Ejarque

NeoArabia

Analyse de la durabilité et des réorganisations des systèmes socioenvironnementaux du Néolithique côtier arabe à l'Holocène moyen (6.2-2.8 ka BCE)

Rappel des objectifs et méthodologie

NeoArabia est un projet interdisciplinaire qui étudie l'impact des paléoclimats sur l'hydrologie, les écosystèmes anciens et leurs effets, tant sur le plan culturel que sociétal, sur le Néolithique arabe. Pour comprendre l'adaptation des populations littorales, ce projet analyse les variations latitudinales et d'intensité de la mousson indo-arabique, du niveau marin, et des vastes « *upwellings* » côtiers, qui ont profondément modifié les environnements littoraux, marins et leur biomasse entre -6000 à -3000 avant notre ère. Leur résilience est perçue sur des sites stratifiés (amas coquilliers) par l'analyse de données paléoeconomiques, notamment les stratégies d'exploitation du milieu marin, des lagunes et mangroves (aujourd'hui résiduelles), qui contrastent fortement avec les ressources plus limitées des sites intérieurs. NeoArabia explore simultanément les vulnérabilités et les opportunités, autant que les transformations sociales, économiques et techniques en lien avec les changements environnementaux, et cherche à documenter les alternatives socioéconomiques attestées archéologiquement, sachant la grande diffusion géographique de ce type d'habitat dans les zones tropicales. L'étude engagée sur un transect latitudinal de 1200 km (Émirats arabes unis, Oman) permet de discuter les formes d'adaptation de ces sociétés à l'aide de scénarios socio-environnementaux.

Au niveau méthodologique, l'analyse climatoenvironnementale et archéologique comparative de NeoArabia, établie selon un transect nord-sud, intègre des études intra- et hors sites au sein de paysages littoraux restitués par une approche combinant photo-interprétation, photogrammétrie (drone) et observations géomorphologiques. Les archives sédimentaires sont acquises par carottages mécaniques dans trois secteurs d'étude (nord-ouest des Émirats, Ja'alan, Dhofar), après une analyse géophysique par résistivité électrique. L'analyse multiparamètres (sédimentologie, géochimie, malacologie, pollen...) restitue l'évolution des environnements physiques côtiers et de la végétation à l'échelle décennale (Ja'alan). L'évolution du climat repose sur une analyse de spéléothèmes (isotopes de l'oxygène et du carbone). La dynamique des *upwellings* de la mer d'Arabie, qui explique la variation de la biomasse et le détritisme continental est restituée par l'étude de deux carottes marines (géochimie, isotopie, biomarqueurs). Des fouilles à très haute résolution chronologique d'amas coquilliers littoraux (échelle de la génération) à longue séquence sédimentaire (1,5/3m) sont associées à des études de la culture matérielle (silex, perles, poids de filets...), de restes biologiques (malacofaune, poissons, faunes mammaliennes, crustacés, charbons, pollen...), et à des études géoarchéologiques (mode de formation) et géochronologiques (stratigraphie, luminescence optiquement stimulée, ¹⁴C).

Résultats majeurs

Du VI^e au V^e millénaire avant notre ère, aux Émirats, les occupations deviennent moins visibles, sédentaires, et la culture matérielle se raréfie tandis que la mobilité s'accroît. La colonisation des îles périphériques de l'Arabie s'accélère au V^e millénaire. Plusieurs transgressions marines modifient la morphologie des littoraux et impactent les sites datés du VI^e au III^e millénaire, tandis que la majorité des lagunes et mangroves du Ja'alan commencent à s'assécher à la fin du V^e millénaire. L'étude géoarchéologique identifie certains changements climatiques hyperarides sur les sites. Les études paléoeconomiques attestent de la capacité d'adaptation des populations qui, grâce à une très bonne connaissance ancestrale de leur environnement, développent des stratégies spécialisées, modifient leurs pratiques vivrières et adaptent leurs réseaux d'échanges.

Production scientifique et valorisation

Berger J.-F., *et al.* (2020) First contribution of the excavation and chronostratigraphic study of the Ruways 1 Neolithic shell midden (Oman) in terms of Neolithization, palaeoeconomy, social-environmental interactions and site formation processes. *Arabian Archaeology and Epigraphy*, 31(1), pp. 32-49.

Méry S., *et al.* (2019) Neolithic settlement pattern and environment evolution along the coast of the northern UAE: the case of Umm al-Quwain UAQ36 vs. UAQ2 and Akab shell-middens. *Proceedings of the Seminar for Arabian Studies*, 49, pp. 223-240.

Charpentier V., *et al.* (2021) The latest Neolithic conquest of "new territories" in the Arabian Sea: The Al-Hallaniyat Archipelago (Kuria Muria, Sultanate of Oman). *The Journal of Island and Coastal Archaeology*, pp. 1-20.

Début du projet : 2017 | Durée : 75 mois

Instrument : PRC | Financement ANR : 839 329 €

Partenaires

UMR 5600 EVS, Lyon | Inrap, Paris | UMR 7209 AASPE, Paris | UMR 6566 CReAAH, Rennes | UMR 6034 Archéosciences, Bordeaux

Coordination

Jean-François Berger – UMR 5600 EVS, Lyon – jean-francois.berger@univ-lyon2.fr

Photo d'une sebkha du sud Ja'alan en eau lors d'un hiver humide.

© Jean-François Berger



OASIS

El-Deir, une oasis dans la grande oasis : terroir et territoire dans la dépression de Kharga (Égypte) de l'époque pharaonique à l'époque chrétienne

Rappel des objectifs et méthodologie

Nos recherches portent sur la vie d'une micro-oasis antique du désert Libyque, El-Deir (dépression de Kharga), aujourd'hui retournée au désert. Nous n'abordons pas l'environnement oasien comme un conteneur, mais comme un acteur à part entière, un objet dynamique qui se redéfinit sans cesse dans l'interaction entre le désert qui l'entoure et les communautés humaines qui l'habitent et le façonnent. Nous confrontons une approche géoarchéologique de l'environnement oasien, dans la longue durée, à l'éclairage souvent ponctuel des archives épigraphiques, et à des séquences événementielles courtes, documentées par la fouille archéologique. Une méthodologie pluridisciplinaire associant histoire, archéologie, céramologie, géographie historique et géomorphologie est appliquée aux questions de la genèse et de la fin d'un environnement fragile ainsi que de la résilience des sociétés humaines qui l'habitent. Cela nous a conduit à affiner le modèle de l'aridification progressive du Sahara oriental dessiné par le préhistorien R. Kuper, en identifiant des pulsations climatiques qui ont soumis les sociétés d'El-Deir à de graves crises à l'époque historique, et à formaliser un modèle d'agriculture de rente adaptative, répondant aux variations climatiques et aux transformations politiques du désert occidental.

Au niveau méthodologique, la collaboration de terrain entre géoarchéologues et céramologues, susceptibles de fournir des fourchettes chronologiques relativement précises, est cruciale dans notre approche. L'histoire qui se raconte à El-Deir est celle de la contraction progressive des espaces oasiens du Sahara et de leur mobilité, espaces qui se sont progressivement distendus, éloignés les uns des autres au cours de la phase d'aridification. Cette contraction spatiale se lit à l'échelle du site archéologique lui-même et doit se comprendre grâce à une approche macromorphologique confrontée à l'analyse des formes et sédimentations locales. Elle est ensuite pensée en termes d'agentivité humaine, celle qui a fait d'un paysage un terroir agricole. La spatialisation dynamique du terroir a été permise par la prospection pédestre géoarchéologique et céramologique, et a conduit à une modélisation économique du devenir oasien. La fouille archéologique, l'étude des textes démotiques et grecs, l'archéobotanique, l'étude des textiles et de la céramique nous ont amenés à proposer le modèle d'une agriculture de rente, fondée sur la connectivité oasienne. Le contrôle de la circulation caravanère est alors apparu comme un enjeu majeur et nous a permis de reprendre le débat sur la vocation des fortifications romaines du désert Libyque, en comparant le matériel archéologique des pistes caravanères prospectées et celui de la forteresse romaine, et en articulant cette réflexion avec l'analyse des transformations du terroir et de l'économie oasiens au cours de l'Antiquité tardive.

Un enjeu crucial du projet OASIS :

identifier les sources de l'eau antique. Ici, au premier plan, les buttes ensablées autour des souches de tamaris surplombent une palmeraie fossile subactuelle. Le sable, piégé par les ultimes zones d'humidité de l'oasis antique, et le tamaris, dont les racines plongent à environ 15 mètres de profondeur, sont les indicateurs, sur le terrain de la zone de captation, d'eau identifiée grâce aux cartes macromorphologiques. Au fond, la forteresse romaine, qui gardait l'un des derniers points d'eau accessibles dans l'Antiquité tardive.

© J.P. Bravard

Résultats majeurs

Le projet OASIS a contribué à renouveler l'état de l'art sur les dynamiques climatiques dans le Sahara oriental à l'époque historique avec la mise en évidence de pulsations d'hyperaridité et d'humidité à l'époque ptolémaïque et romaine, mais aussi sur la compréhension de la mobilité des paysages oasiens, fruit d'un devenir commun entre communautés humaines et contraintes environnementales, en mobilisant notamment le concept d'anthrosol. Forts d'une meilleure compréhension et d'une cartographie fine des modes de valorisation des terres et des circuits caravaniers, nous avons mis en évidence un modèle économique spécifiquement oasien, fondé sur une agriculture de rente, autour de la culture de la vigne et des oléagineux, enrichie ensuite de celle du coton, qui correspondaient à une niche écologique oasienne. De ce projet est né une collaboration scientifique avec l'université de New York, financée par le Partner University Fund (programme « Great Oasis » porté par R.S. Bagnall et G. Tallet, 2010-2014).

Production scientifique et valorisation

Tallet G., *et al.* (2012) The Survey Project at El-Deir, Kharga Oasis : First Results, *New Hypotheses*. In : Bagnall R.S., Davoli P. et Hope C.A., (eds.), *Oasis Papers 6. New Perspectives on the Western Desert of Egypt*. Oxford, Oxbow Books, pp. 349-361.

Tallet G., *et al.* (2012) Une laine bien plus douce que celle des moutons à El-Deir (oasis de Kharga) : le coton au cœur de l'économie oasienne à l'époque romaine. In : Guédon S. (ed.), *Entre Afrique et Égypte. Relations et échanges entre les espaces au sud de la Méditerranée à l'époque romaine*. Bordeaux, Ausonius, pp. 119-141.

Garcier R. et Bravard J.P., (2014) Qu'est-ce qu'une oasis ? Réflexions géographiques sur un objet-limite. In : Tallet G. et Zivie-Coche C., (eds.), *Le myrte et la rose. Mélanges offerts à Françoise Dunand par ses élèves, collègues et amis*. Montpellier, pp. 305-323.

Début du projet : 2009 | Durée : 48 mois

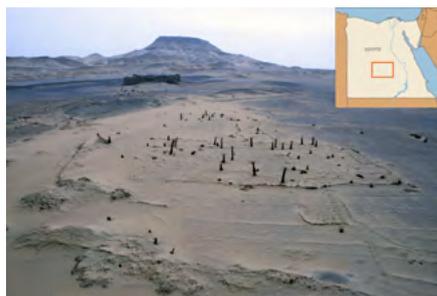
Financement ANR : 140 000 €

Partenaires

EA 4270 Criham, Limoges | EA 3811 HeRMA, Poitiers | UMR 5600 EVS, Lyon

Coordination

Gaëlle Tallet – EA 4270 Criham, Limoges –
gaelle.tallet@univ-paris1.fr – <http://oasis.unilim.fr>



OASIWAT

Origine, mutations et dynamiques des oasis en Arabie du Sud-Est : disponibilité et gestion des ressources en eau/sol depuis les 5 derniers millénaires

Rappel des objectifs et méthodologie

Le projet OASIWAT ambitionne de comprendre les facteurs sociaux et environnementaux qui ont contribué au développement, aux mutations et à la durabilité des oasis en Arabie du Sud-Est depuis le III^e millénaire avant notre ère. Les oasis, paysages anthropisés cultivés et irrigués en milieu désertique, se sont développées et évoluent toujours dans un cadre socioéconomique et climatique fluctuant. Il est nécessaire aujourd'hui de comprendre leur histoire et comment les sociétés agricoles se sont adaptées à ce cadre afin d'alimenter le débat sur la gestion raisonnée de ces espaces menacés. À ce jour, les oasis, considérées comme des espaces intemporels et immuables structurés autour du palmier-dattier irrigué, ont été peu étudiées de façon systémique. Le présent projet adopte une approche intégrée, diachronique et multiscalaire pour : 1/ comprendre la disponibilité de deux ressources structurantes pour les sociétés agricoles, l'eau et les sols, depuis l'émergence des oasis ; 2/ restituer le fonctionnement actuel et l'histoire des agrosystèmes oasisiens, de l'origine des sols cultivés à l'impact de l'agriculture sur le temps long, en passant par l'histoire des pratiques hydroagricoles et des paysages. Les retombées du projet permettent de créer des modèles technologie-climat centrés sur la vulnérabilité, la résilience et la résistance des sociétés agricoles sur le temps long.

Du point de vue méthodologique, trois oasis situées dans les montagnes al Hajar au sud-est de l'Arabie (Masafi et Ras al Khaimah, Émirats arabes unis ; Rustaq, Oman) ont été sélectionnées pour leur implantation unique en termes de ressources et pour la présence d'occupations humaines attestées au cours des cinq derniers millénaires. L'histoire dynamique de ces oasis peut être reconstruite à partir d'une approche pluridisciplinaire et diachronique. Afin d'estimer la disponibilité des ressources en eau et en sol, nous avons défini un cadre géomorphologique, climatique et chronologique régional à partir de l'étude sur le terrain et en laboratoire d'archives sédimentaires. En parallèle, l'histoire des hydroagrosystèmes oasisiens a été restituée à partir de : 1/ des référentiels combinant enquêtes et sondages pédologiques, étudiés en laboratoire afin d'identifier dans les sols des *proxies* des espaces agraires, des pratiques hydroagricoles et de l'environnement oasisien ; 2/ une approche cartographique, (géo) archéologique, agronomique et pédosédimentaire pour localiser et caractériser les anciens espaces cultivés et les structures hydrauliques associées ; 3/ une approche paléoécologique (anthracologie, carpologie, étude des phytolithes, malacologie) pour reconstruire la diversité agrobiologique et son évolution ; 4/ une approche chronologique (datation ¹⁴C et par luminescence).

Résultats majeurs

Les oasis ne sont pas des espaces immuables et figés. Ce sont des paysages artificiels dynamiques structurés autour d'un système de production combinant élevage et agriculture. Développées sur des dépôts fertiles, elles ont bénéficié de ressources en eau souterraines stables et de précipitations orogéniques depuis 5000 ans. Des cycles de développement agraire ont été identifiés, avec ou sans emprise urbaine, ce qui remet en question les modèles d'occupation du territoire et soulève celle des stratégies de subsistance. Le modèle oasisien peut être revisité en termes spatial (palmiers séparés des céréales) et diachronique (diversité, intensité et spécialisation progressive des pratiques hydroagricoles). Les phases d'abandon sont clés pour préserver ces archives et assurer la durabilité des oasis.

Production scientifique et valorisation

Purdue L., et al. (eds.) (2018) *Des refuges aux oasis : vivre en milieu aride de la Préhistoire à aujourd'hui*. XXXVIII^{es} Rencontres Internationales d'Archéologie et d'Histoire d'Antibes, édition APDCA, Antibes, France, 422 p.

Purdue L., et al. (2021) Ancient agriculture in southeast Arabia: A three thousand years record of runoff farming from central Oman (Rustaq). *Catena*, 204, 105406.

Début du projet : 2016 | Durée : 48 mois
Instrument : JCJC | Financement ANR : 180 943 €

Partenaires

UMR 7264 CEPAM, Nice | UMR 5133 Archéorient, Lyon | UMR 8591, LGP, Paris | UMR 8167 Orient & Méditerranée, Paris | UMR 7093 LOV, Villefranche-sur-Mer | USR 3141 CEFAS (Koweït)

Coordination

Louise Purdue – UMR 5600 EVS, Lyon –
 louise.purdue@cepam.cnrs.fr –
<https://www.cepam.cnrs.fr/oasiwat/project-presentation/>

Les oasis: des espaces menacés à mieux appréhender.



Projet OASIWAT :
 objectifs, démarche
 et méthodes adoptées.
 © Louise Purdue

PALEOPERSEPOLIS

Le bassin de Persépolis : un modèle d'étude pour comprendre les interactions Homme-Climat-Écosystème au cours de l'Holocène

Rappel des objectifs et méthodologie

Le bassin de Persépolis (Iran) est une plaine alluviale localisée dans la zone semi-aride de l'Asie du Sud-Ouest qui présente des conditions écologiques et hydrologiques très contraignantes. Il se caractérise par un écosystème terrestre aquatique extrêmement sensible aux variations hydroclimatiques et aux activités anthropiques. Le but du projet a été de reconstruire les interactions entre l'humain et son environnement depuis le début de l'Holocène en se focalisant sur des transitions socioculturelles importantes telles que la formation des premiers centres urbains et l'émergence des empires. Le projet a eu pour objectifs majeurs : 1/ d'évaluer les ressources hydriques, leur évolution temporelle et leur disponibilité vis-à-vis des sociétés humaines dans le bassin de Persépolis en utilisant la cartographie géologique et surtout la datation des zones humides anciennes et récentes ; 2/ d'évaluer l'impact humain sur les écosystèmes naturels en analysant les bioindicateurs des sédiments lacustres, les charbons des sols et du sédiment, les sources écrites et épigraphiques, et les restes bioarchéologiques issus de fouilles archéologiques ; 3/ d'établir des enregistrements hydroclimatiques de haute résolution en utilisant les indicateurs biologiques corrélés aux indicateurs géochimiques. Une méthodologie interdisciplinaire a été mise en œuvre dans laquelle les données paléoenvironnementales ont été comparées et confrontées avec les données archéologiques et historiques. Pour les études paléoenvironnementales, nous avons axé notre projet sur l'analyse des bioindicateurs (pollens, arthropodes fossiles et charbons), la sédimentologie et la géochimie élémentaire/isotopique, l'étude du matériel archéozoologique et archéobotanique et, enfin, le traitement des sources épigraphiques et écrites. La révision des sources historiques et des données archéologiques pourrait aider à distinguer la part des activités humaines de celle des effets du climat sur les changements paysagers, et à mettre en évidence les possibles impacts des variations climatiques sur les changements sociétaux.

Résultats majeurs

Le projet a permis de démontrer que les ressources en eau ont été beaucoup plus abondantes que nous le croyions pendant les révolutions socioculturelles telles que l'émergence des premiers centres

urbains, l'émergence et le déclin des empires (l'Empire perse des Achéménides dont la capitale se situait à Persépolis). Une activité de métallurgie, associée à l'apogée économique et sociopolitique des civilisations élamites et achéménides, a été mise en évidence. Enfin, des études archéométriques pionnières ont été entreprises dans plusieurs monuments datés de l'Antiquité tardive et nous avons daté, par le radiocarbone, ces monuments qui ont contribué, en retour, à l'inscription de ces sites au patrimoine mondial de l'Unesco en 2018.

Production scientifique et valorisation

Djamali M., et al. (2018) Karstic-spring wetlands of the Persepolis Basin, SW Iran: unique sediment archives of Holocene change and human impact. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 55, pp. 1158-1172.

Djamali M., et al. (2021) An absolute radiocarbon chronology for the World Heritage site of Sarvestan (SW Iran); a late Sasanian heritage in early Islamic era. *Archaeometry*, 64, pp. 545-559.

Djamali M., et al. (2021) Early Sasanian landscape reshaping: new geoarchaeological evidence from the Ardashir Pond in southwest Iran (Palace of Ardashir, third Century CE). *Geoarchaeology*, pp. 925-942.

Début du projet : 2015 | Durée : 54 mois
Instrument : PRCI | Financement ANR : 396 203 €

Partenaires

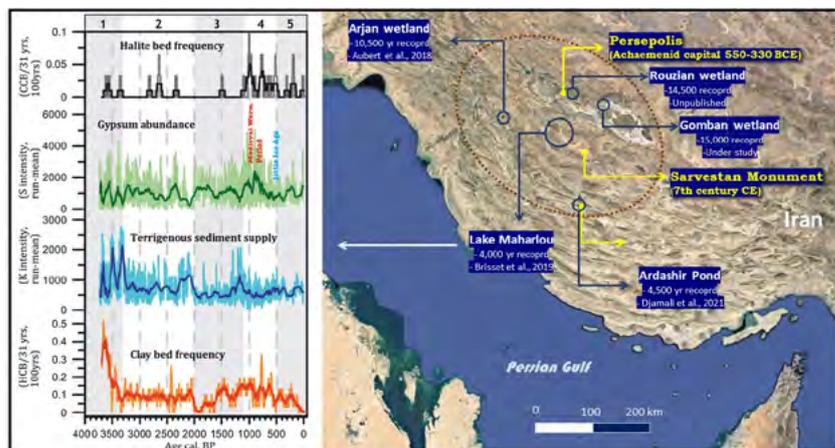
UMR 7263 IMBE, Aix-en-Provence | UMR 6566 CReAAH, Nantes | UMR 7209 AASPE, Paris | Universität Regensburg, Institut für Botanik, Munich (Allemagne) | Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Institut für Klassische Altertumskunde, Kiel (Allemagne)

Coordination

Morteza Djamali – UMR 7263 IMBE, Aix-en-Provence – morteza.djamali@imbe.fr

Zone d'étude du projet PALEOPERSEPOLIS avec les sites les plus importants. La majorité des zones humides échantillonnées sont localisées à l'intérieur du bassin de Persépolis et les régions avoisinantes (cercles bleus à l'intérieur du cercle pointillé). Trois sites archéologiques remarquables inscrits dans la liste du patrimoine mondial de l'Unesco sont marqués en jaune. L'encadré représente un enregistrement sédimentologique/géochimique de très haute résolution du lac hypersalé Maharlou.

© Morteza Djamali



PaléoSyr

Étude intégrée des paléoenvironnements et de l'occupation du sol en Syrie occidentale et au Liban durant l'Holocène

Rappel des objectifs et méthodologie

L'objectif principal était, à l'échelle du Levant nord, sur le long terme (l'Holocène) et dans un ensemble bioclimatique relativement homogène, de croiser ce que nous pouvons savoir des paléoclimats et des paléoenvironnements avec nos connaissances concernant l'occupation et la mise en valeur du sol. La région concernée, au Proche-Orient, a joué un rôle essentiel dans les révolutions qui ont marqué le développement des sociétés levantines : néolithisation, urbanisation, étatisation. L'enjeu était de mieux définir le rôle des fluctuations climatiques et leurs impacts sur les paléoenvironnements. Il s'agissait également d'évaluer les effets des activités anthropiques sur les changements observés dans le peuplement et la mise en valeur. Ce travail à plusieurs échelles temporelles et géographiques voulait : 1/ affiner les analyses régionales et les mettre en relation pour reconstruire un cadre géohistorique pertinent ; 2/ modéliser les systèmes « socio-climatiques » correspondant à des périodes de crise environnementale ou de conditions environnementales constantes sur de longues durées, et caractériser les ruptures d'équilibre.

Au niveau méthodologique, le projet initial visait à étudier cinq espaces géographiques reflétant la diversité des milieux en associant les méthodes de l'analyse sédimentaire à celles de l'archéologie et de la géoarchéologie pour aboutir à une modélisation des interactions humains-milieu. Des carottages réalisés précédemment sur le littoral syrien et dans la steppe aride ont été intégrés au projet. Trois espaces ont donc été étudiés : l'espace littoral, ouvert aux influences tempérées de la Méditerranée ; la plaine de la Béquaa, déjà marquée par l'aridité climatique ; les « marges arides » du Croissant fertile, transition entre la steppe à graminées et le désert. L'analyse des carottes sédimentaires intégrait sédimentologie et minéralogie, paléobotanique (grains de pollen, phytolithes et diatomées), microfaune, datations (croisement des méthodes ^{14}C , luminescence optiquement stimulée [OSL] et paléomagnétisme). Parallèlement, l'analyse de l'occupation du sol croisait les vestiges datés d'habitat et d'aménagements du paysage, données qui ont été normalisées avant d'être intégrées à une base de données couplée à un système d'information géographique (SIG). *In fine*, l'ensemble des données a permis une modélisation des interactions humains-milieu.

Résultats majeurs

Parmi les résultats marquants, il convient de citer la création d'outils d'évaluation des implantations humaines à l'échelle subcontinentale :

- Une base de données archéologiques (7 315 sites décrits par 16 779 fiches détaillées dans des tables MySQL conservées sur le serveur du CEPAM à Nice) associé à un SIG couvrant la Syrie occidentale et le Liban, du Paléolithique au XIX^e siècle.
- L'identification spatiale des entités paysagères en fonction de leur potentiel agro-pastoral.

Concernant les données de carottage, des modèles d'âge haute résolution des carottages par approche « multi-proxy » (ou multi-paramétrique) ont été élaborés. En outre, la variation climatique et le changement de couvert végétal ont été reconstitués pour le littoral syrien entre -6 000 et -2 500, le milieu aride syrien entre -1 400 et -400 et la Béquaa, entre -10 000 et le début de notre ère.

Production scientifique et valorisation

Braemer F., *et al.* (2014) Man/environment interactions in the Bronze Age Levant: Climatic crisis or fluctuations, chronology and settlement patterns in the Third Millennium Syrian arid steppe area village. The seven plagues, *ROSAPAT*, 11, pp. 87-116.

Geyer B., *et al.* (2019) A Geo-Archaeological Approach to the Study of Hydro-Agricultural Systems in Arid Areas of Western Syria. *Journal of Arid Environments*, 163, pp. 99-113.

Sorrel P. et Mathis M., (2016) Mid- to late Holocene coastal vegetation patterns in Northern Levant (Tell Sukas, coastal Syria): Olive tree cultivation history and climatic change. *The Holocene*, 26(6), pp. 858-873.

Début du projet : 2010 | Durée : 48 mois
Financement ANR : 320 000 €

Partenaires

UMR 5133 Archéorient, Lyon | UMR 7264 CEPAM, Nice | UMR 5276 LGL-TPE, Lyon | Association ARPA, Lyon

Coordination

Bernard Geyer – UMR 5133 Archéorient, Lyon – bernard.geyer@orange.fr

Un exemple de milieu marqué par l'aridité climatique : la plaine de la Béquaa (vue depuis l'Anti-Liban).
© Mission Marges arides



PARACAS

Centre et périphérie : archéologie du territoire Paracas, sud du Pérou (800-200 av. J.-C.)

Rappel des objectifs et méthodologie

La culture Paracas est en général connue soit à travers des textiles et des céramiques, dont la plupart manquent de contexte archéologique, soit à travers des momies aux étoffes flamboyantes exhumées dans le cimetière de Wari Kayan, situé dans la péninsule éponyme. Peu d'études ont abordé le thème de la dynamique territoriale des Paracas. Notre projet visait à caractériser l'espace culturel et politique des Paracas. Il s'agissait d'identifier les modes d'occupation du sol dans l'aire nucléaire Paracas, la vallée d'Ica (Callango et Ocucaje) et dans l'aire périphérique (Sierra de Palpa ; Collanco et Cutamalla). L'analyse de la distribution des sites dans l'espace, le plan des établissements, leurs caractéristiques architectoniques et la nature des artefacts associés servent de fondements pour caractériser la culture Paracas. Il était question également d'étudier l'articulation des différents territoires Paracas par rapport au paléoenvironnement des diverses zones écologiques occupées. La relation des sites avec leur contexte géographique est un facteur important pour comprendre le fonctionnement des systèmes économiques et sociaux de la culture Paracas.

Au cours de ce projet, le terrain d'étude, l'aire sud du Pérou, a bénéficié d'une étude géographique combinée à une approche archéologique. Les régions écologiques étudiées ont fait l'objet d'une analyse géomorphologique, climatologique et économique. Aux méthodes classiques (prospections, relevés topographiques, sondages et fouilles extensives) s'est ajoutée la prospection géomagnétique, combinée à la prospection pédestre. La zone nucléaire Paracas, la vallée d'Ica, a été étudiée par l'équipe française du Centre de recherche sur l'Amérique préhispanique ; elle concerne deux sites : Fundo Castro (Callango) et Cordova (Ocucaje). La zone périphérique a été étudiée par l'équipe allemande du DAI à Collanco et Cutamalla.

Résultats majeurs

Pour la première fois, nous sommes parvenus à mettre en évidence la variété des systèmes constructifs Paracas qui pourraient correspondre à des marqueurs culturels. En revanche, on observe une certaine unicité du matériel céramique et du textile sur l'ensemble du territoire côtier Paracas. Dans le projet, les paléoenvironnements ont mis en lumière les circonstances qui ont permis aux Paracas de s'adapter au mieux aux contraintes de leur milieu naturel. La vallée

du Rio Ica, aire centrale du développement des Paracas, se situe dans un des plus anciens déserts et un des plus arides du monde (< 3-5 mm/an). La tendance climatique dominante a toujours été aride ou subaride avec des phases d'humidité courtes. Face à ces difficultés, les hommes préhispaniques avaient développé des systèmes d'irrigation assez ingénieux. Les canaux et l'inféoflux du Rio Ica permettaient d'approvisionner de façon satisfaisante les zones de culture.

Production scientifique et valorisation

Bachir Bacha A., (2016) *La arquitectura Paracas en Ánimas Altas/Ánimas Bajas, valle de Ica : técnicas y semántica*. Actas, I Congreso Nacional de Arqueología, ministère de la Culture du Pérou, pp. 247-257.

Bachir Bacha A. et Llanos Jacinto O.D., (2015) *¿Hacia un urbanismo Paracas en Animas Altas/Animas Bajas (Valle de Ica) ?*. In : Bachir Bacha A., et al. (eds.), *Paracas : Nuevas Evidencias, Nuevas Perspectivas*, Boletín de Arqueología PUCP, 17, Fondo editorial PUCP, Lima, pp. 169-204.

Reindel M., (2014) *Transecta Andina: Estudios de interregionalidad y verticalidad en los Andes del sur del Perú*. In : Kummels I., et al. (eds.) *Las conexiones temporales, regionales y transatlánticas de los Andes y la Amazonía: Personas y objetos como actores de una historia entrelazada*, Nuevo Mundo Mundos Nuevos, Debates 2014 [En ligne].

Début du projet : 2012 | Durée : 36 mois

Financement ANR : 295 000 €

Partenaires

CeRAP-EHESS, Paris | Deutsches Archäologisches Institut, Bonn (Allemagne)

Coordination

Christian Duverger – CeRAP-EHESS, Paris – christian.duverger@ehess.fr | Markus Reindel – Deutsches Archäologisches Institut, Bonn (Allemagne)



Fouilles du site archéologique
Córdova. Campagne 2014.
© Christian Duverger

TransOxus

La résilience des sociétés protohistoriques : stratégies d'adaptation et transformations culturelles durant le II^e millénaire avant notre ère en Asie centrale méridionale

Rappel des objectifs et méthodologie

Ce projet vise à étudier les stratégies d'adaptation socioéconomiques et environnementales des civilisations dans un contexte de bouleversements plurifactoriels pouvant mener à l'effondrement. Faisant écho aux situations difficiles auxquelles notre société contemporaine est confrontée, le projet se penche sur un cas emblématique encore mal documenté, la disparition, en Asie centrale, de la civilisation de l'Oxus, et la formation des cultures Sine Sepulchro lors de la transition entre les âges du Bronze et du Fer (vers -1500 avant notre ère). Alors qu'aucune cause directe unique de cette disparition n'a pu être identifiée, le projet vise à interroger les transformations sociétales en se concentrant sur les processus d'adaptation lors de cette transition et de la période qui suit. Il s'agit notamment de documenter les stratégies de mise en valeur de l'environnement, en particulier dans les zones de marge (ici en moyenne montagne) qui paraissent avoir été fructueuses, puisque la nouvelle civilisation qui se met en place est caractérisée par une extrême stabilité pendant cinq siècles.

Le projet TransOxus entend questionner la résilience sociétale à l'échelle locale en se concentrant sur une zone de peuplement récemment découverte dans le sud de l'Ouzbékistan, l'oasis de Kayrit, qui regroupe plusieurs sites d'habitat. Ce projet pluridisciplinaire combine archéologie, bioarchéologie (principalement archéobotanique), géophysique, géographie et système d'information géographique (SIG).

Résultats majeurs

Le projet facilitera une meilleure compréhension générale des processus de transformation, d'adaptation, de développement non linéaire et de résilience des sociétés humaines. Dans le cas particulier de l'Asie centrale protohistorique, il s'agit de la première étude géoarchéologique extensive comblant un vide méthodologique et épistémologique. Au niveau patrimonial, l'étude des sites choisis contribuera à préserver les données, alors qu'en Asie centrale, de nombreux sites sont menacés par l'érosion naturelle et l'intensification des pratiques agricoles. Parce qu'il aborde la question de l'installation d'une société de manière durable, la gestion équilibrée des ressources naturelles et les capacités d'adaptation à l'environnement et de résilience, ce projet contribuera à éclairer les processus actuels.

Début du projet : 2021 | Durée : 36 mois
Instrument : JCJC | Financement ANR : 380 994 €

Partenaires
 UMR 5133 Archéorient, Lyon

Coordination
 Johanna Lhuillier – UMR 5133 Archéorient, Lyon –
 Johanna.lhuillier@mom.fr



Vue de l'un des sites étudiés,
 Karyt-tepa.
 © Johanna Lhuillier

TRANSRISK²

Gestion transnationale des risques d'inondations dans le bassin versant du Rhin. Une démarche historicoprogressive

Rappel des objectifs et méthodologie

En discutant avec les acteurs des territoires et le public, il est apparu que le fossé rhénan et l'Alsace en particulier souffraient d'un profond déficit en matière de culture du risque d'inondation, entraînant une sous-évaluation des phénomènes extrêmes et des vulnérabilités. Le projet TRANSRISK² s'est donc fixé pour objectif de répondre à ces questionnements et aux attentes des acteurs des scènes locales du risque, en réalisant, pour le Rhin supérieur, la Sarre et la Moselle, une base de données transnationale sur les inondations historiques depuis 1480. Les administrations compétentes ont été d'autant plus vivement intéressées que cela s'inscrivait dans les objectifs de la directive européenne « Inondations ». Mais, pour reconstituer les inondations majeures, les hiérarchiser et les utiliser pour améliorer la prévention, il faut comprendre leur évolution dans le temps et dans l'espace (une « géohistoire »). Le projet TRANSRISK² a donc également étudié le rôle des changements dans l'occupation des sols, des aménagements et des politiques de gestion à toutes les échelles, notamment à travers une comparaison franco-allemande.

Au niveau méthodologique, l'essentiel du travail a porté sur des dépouillements d'archives variées, afin de reconstituer la chronologie hiérarchisée des inondations pour les principaux cours d'eau du fossé rhénan. Il s'agissait d'obtenir des informations exhaustives depuis 1480, en essayant de combler les pertes et les destructions liées à l'histoire compliquée de cette région. La même démarche a permis de reconstituer l'évolution de l'occupation du sol pour en évaluer le rôle dans l'évolution des inondations. La reconstitution des inondations s'est faite à travers une démarche historicoprogressive, associant témoignages, images, etc. pour retrouver les hauteurs anciennes et les transposer dans la période actuelle. Nous avons également utilisé les logiques floues pour convertir des informations qualitatives en données quantitatives. Le rôle des facteurs anthropiques a été mis en évidence à travers une démarche géohistorique théorisée durant le projet, en confrontant les géochronologies (chronologies comparées des faits et de leur facteurs explicatifs). Pour comparer l'action des politiques publiques en termes de prévention des inondations (France-Allemagne), on a associé à l'étude historique une enquête sur la perception et la mémoire des inondations.

Résultats majeurs

Les principaux résultats portent sur la reconstruction d'une culture du risque par la mise à disposition et le partage d'une information historique méconnue, oubliée, niée (les inondations extrêmes) via la plate-forme TAMBORA et le site internet participatif ORRION. Ces actions ont permis de développer des collaborations autour de la gestion des risques d'inondation avec les collectivités territoriales et avec le bureau d'étude MAYANE.

Production scientifique et valorisation

Martin B., *et al.* (2019) Concepts, méthodes et opérationnalité en géohistoire des risques à travers l'exemple de la géohistoire des inondations dans le Fossé rhénan. In : Valette P. et Carozza J.M., (eds.), *Géohistoire de l'environnement et des paysages*, Toulouse, CNRS Éditions, pp. 305-320.

Martin B., *et al.* (2015) La géohistoire des inondations au service de l'évaluation critique du zonage du Plan de Prévention des Risques d'inondation : l'exemple de Thann (Haut-Rhin, France). *Belgeo*, 1, 16 p. [En ligne].

Himmelsbach I., *et al.* (2015) Reconstruction of flood events based on documentary data and transnational flood risk analysis of the Upper Rhine and its French and German tributaries since AD 1480. *Hydrology and Earth System Sciences*, 19, pp. 4149-4164.

Début du projet : 2014 | Durée : 44 mois
Financement ANR : 270 505 €

Partenaires

UR 3436 CRESAT, Mulhouse | UMR GESTE, Strasbourg |
 IPG, Universität Freiburg (Allemagne) | CERDACC, Colmar

Coordination

Brice Martin – UR 3436 CRESAT, Mulhouse –
 brice.martin@uha.fr – www.orrion.fr |

Rüdiger Glaser – IPG, Universität Freiburg (Allemagne)



Repères de crue posés par le SDEA Alsace-Moselle sur le pont du Giessen, à Sélestat.
 © Jean Gerling, SDEA, 2018

Chapitre 4

Les sociétés du passé et leurs environnements face aux défis des changements climatiques et hydroclimatiques

Dix projets ont été financés sur le thème des sociétés humaines anciennes face aux changements climatiques au cours du Pléistocène, et plus particulièrement au cours de l'Holocène récent (les quatre derniers millénaires environ) pour un grand nombre d'entre eux. Il est important de souligner que plusieurs projets répartis dans les autres thématiques du présent cahier abordent également la question des modifications climatiques et de leurs conséquences

sur les populations humaines sans que cela ne constitue le thème principal du projet. En effet, l'exploitation des archives sédimentaires favorise de manière ponctuelle des interprétations paléoclimatiques.

Dans le cadre du Plan d'action, plusieurs projets convergent vers cette évaluation du degré de résilience des sociétés humaines face aux changements climatiques, parfois rapides, qui impactent

Répartition géographique des projets financés

La distribution géographique des dix projets de ce chapitre témoigne d'une forte hétérogénéité, bien que l'Europe concentre la moitié des recherches (cinq projets), avec des foyers secondaires identifiés dans la péninsule Arabique, en Asie (Inde), en Afrique intertropicale et aux hautes latitudes de l'hémisphère nord (Groenland et nord du Canada).





Le prélèvement de stalagmites dans des cavités naturelles permet de reconstituer les climats du Quaternaire. © Adobe Stock

directement les activités humaines (agriculture notamment) et les environnements dans lesquelles elles évoluent. L'approche interdisciplinaire est très marquée avec, en particulier, des synergies entre spécialistes des sciences humaines et sociales et des sciences de l'environnement. On peut ainsi citer les projets SOPHOCLE, PYGMALION, GREENLAND, InterArctic et MANDU.

Panorama des thématiques abordées

La reconstitution des paléoclimats se fonde sur de nombreuses méthodes et techniques d'acquisition de données primaires, parmi lesquelles les archives sédimentaires et carottes de glace prélevées par carottages et forages sont privilégiées pour analyses en laboratoire. L'utilisation d'un large éventail de techniques analytiques combinant divers indicateurs permet de reconstituer l'évolution des précipitations et des températures sur des échelles temporelles couvrant de quelques décennies à plusieurs millénaires. Cependant, d'autres approches complémentaires à celles adoptées par des équipes de paléoclimatologues sont également plébiscitées sous l'impulsion des sciences humaines et sociales, dans la mesure où les sources textuelles apportent aussi un éclairage direct sur l'évolution des conditions climatiques (phénologie de la vigne, etc.). Dans le cadre des projets financés par l'Agence depuis 2005, la variabilité des climats du passé est particulièrement scrutée à la lueur de ses impacts sur les fonctionnements sociétaux et leur degré de résilience face aux bouleversements environnementaux induits : le dialogue transdisciplinaire entre spécialistes des sciences

de l'environnement et du climat et des sciences humaines et sociales permet ainsi de confronter les approches et résultats.

L'utilisation des archives sédimentaires comme référence pour une reconstitution climatique de l'Holocène

La reconstitution des climats du Quaternaire repose sur la collecte de séquences sédimentaires meubles en contexte d'accumulation dans le cadre de carottages lacustres et marins, mais aussi sur le prélèvement de concrétions carbonatées (spéléothèmes de type stalagmites) dans des cavités naturelles (principalement dans des grottes et cavités karstiques). Dans le cadre des projets financés par l'ANR depuis 2005, les deux types d'archives sédimentaires ont été largement plébiscitées pour établir des reconstitutions paléoclimatiques. L'un des enjeux de ces approches scientifiques pluridisciplinaires est de pouvoir notamment obtenir des résolutions fines (échelle pluridécennale au maximum) pour ces reconstitutions, capables d'être mises en phase avec les temporalités des périodes chronoculturelles. L'un des objectifs de cette mise en confrontation est la possibilité d'évaluer l'ampleur et les formes des conséquences de ces oscillations climatiques sur les pratiques des sociétés humaines du passé.

Du bon choix des méthodes de datation et le plébiscite des analyses isotopiques

La méthode de datation par le radiocarbone (^{14}C) est largement plébiscitée dans le cadre de carottages de sédiments meubles afin d'obtenir des séquences chronostratigraphiques fiables au siècle

près. L'acquisition de plusieurs dizaines d'échantillons, parfois sur une même carotte, est souvent primordiale afin d'effectuer des modélisations chronologiques des paléoclimats assez précises. D'autres méthodes de datation sont utilisées pour couvrir les derniers siècles : ^{210}Pb , ^{137}Cs , etc. afin d'obtenir des chronologies affinées par rapport au radiocarbone.

La datation des spéléothèmes nécessite pour sa part la mobilisation de plusieurs méthodes et techniques, parmi lesquelles le radiocarbone peut être ponctuellement utilisé (comme dans le cadre de la datation de sédiments meubles) mais c'est plus communément la méthode dite Uranium/Thorium (U/Th) qui est employée à l'échelle internationale pour dater les phases de croissance des concrétions carbonatées. Peu de laboratoires en France disposent de cette méthode radiométrique de datation dont les applications sont nombreuses et pluridisciplinaires. En effet, la datation des restes humains peut bénéficier de cette méthode pour les ossements⁽¹⁾ dont l'âge supposé peut être supérieur à environ 50 000 ans (limite chronologique inférieure du radiocarbone). Cependant, ses limites d'utilisation ont fait l'objet d'un développement scientifique dans le cadre du projet CLIMANTHROPE qui a clairement démontré des problèmes de fiabilité de la méthode liés notamment à des effets de site.

Les sédiments datés de l'Holocène font l'objet d'études pluridisciplinaires où sédimentologues, paléoécologues et géochimistes combinent leurs méthodes et techniques d'analyse afin de reconstituer les changements des climats du passé, de manière directe ou indirecte. Les rapports isotopiques carbone ($\delta^{13}\text{C}$) et oxygène ($\delta^{18}\text{O}$) sont toujours une référence commune dans le cadre d'étude de carottes continentales lacustres et marines, mais aussi pour les spéléothèmes.

La complémentarité des approches « multi-proxy » à partir des bioindicateurs

En contexte anthropique, certaines études, notamment paléoécologiques se trouvent confrontées à une « artificialisation » des données due aux actions anthropiques. À ce titre, les résultats palynologiques sont souvent fortement influencés par la proximité de sites d'occupation humaine où la paléovégétation n'est plus tant climacique que sous influence humaine. En effet, l'ouverture des couverts forestiers au profit de pratiques agropastorales est observée depuis le début Néolithique et s'est nettement renforcée depuis le début de l'âge des Métaux et au cours de l'Antiquité. En conséquence, la reconstitution de la végétation en contexte d'occupation humaine ne facilite pas toujours celle des paléoclimats. Cependant, dès que l'on prend de la distance avec les sites d'occupation, on note une très bonne interprétation des données palynologiques à des fins de reconstitution paléoclimatique. Ainsi, le projet SOPHOCLE, dont la zone d'étude se situe sur le golfe arabo-persique, démontre une excellente corrélation entre changements de végétation et modifications du climat. On le voit ici avec l'exemple de l'utilisation de la palynologie pour reconstituer les climats du passé, le choix des marqueurs et traceurs est tout aussi important que l'adoption d'une échelle géographique de travail, et conditionnera la fiabilité des interprétations ainsi que leur représentativité spatiale.

D'autres approches novatrices utilisent des marqueurs spécifiques. Ainsi, PalHydroMil a permis de reconstituer finement les variations hydrologiques, en lien avec le climat, au cours de l'âge du Bronze dans les Alpes françaises (rives du lac du Bourget). Ce travail s'est effectué à partir de la composition isotopique en hydrogène d'un

biomarqueur moléculaire spécifique qui a ensuite été utilisé pour retracer l'évolution des conditions hydrologiques à partir d'archives sédimentaires lacustres.

Les carottes de glace : des sources d'information majeures pour la reconstitution fine des climats du passé

L'utilisation des carottes de glace, prélevées dans les calottes polaires ou les glaciers de montagne, est bien connue pour livrer des reconstitutions fines des climats du passé dans les hautes latitudes et altitudes, grâce notamment à la réalisation d'analyses isotopiques de l'oxygène ($\delta^{18}\text{O}$) et du carbone ($\delta^{13}\text{C}$) à partir de la mesure du CO_2 dans les bulles d'air piégées dans la glace. Le projet GREENLAND base une partie de la reconstitution paléoclimatique du Groenland du Sud sur l'étude en laboratoire de carottes de glace. Avec le recul important des glaciers alpins notamment, la possibilité d'acquérir des informations paléoclimatiques en contexte glaciaire diminue fortement, et il est donc indispensable de préserver ces formations pour documenter finement l'histoire du climat et mieux étudier les phénomènes météorologiques directement liés à la circulation atmosphérique des masses d'air : la reconstitution de la mousson, du Gulf Stream, de la dérive nord atlantique, etc. représente aujourd'hui des champs d'investigation scientifique en pleine expansion pour prédire l'évolution des climats futurs de la planète.

L'apport des documents archivistiques dans la reconstitution de l'évolution des climats du dernier millénaire

Depuis les travaux d'Emmanuel Le Roy Ladurie, les historiens se sont attachés à établir des reconstitutions du climat à partir des archives écrites. L'utilisation de données sur la phénologie des vignobles, et des périodes de vendange associées, a facilité, pour certains secteurs géographiques (en France en particulier), des reconstitutions du régime des précipitations et des températures à l'échelle interdécennale, voire décennale. Il est bien évident que cette approche propose une résolution chronologique que les méthodes classiques de datation radiométriques (dont le radiocarbone fait partie) et cosmogéniques ne pourront probablement jamais atteindre, en raison d'une incertitude de fiabilité des résultats (barre d'erreur associée à la technique). Seules les études dendrochronologiques, fondées sur l'étude et la datation des cernes de croissance des arbres peuvent approcher la résolution annuelle ou infra-annuelle comparable à celle des sources archivistiques, le projet PYGMALION a ainsi utilisé avec succès cette méthode de reconstitution des paléoclimats dans les Alpes françaises. Parmi les autres projets financés, OPHELIE, InterArctic et HIGH-PASM associent et confrontent les données issues de sources écrites anciennes avec les résultats d'analyses de sédiments provenant de prélèvements par carottage ou spéléothèmes.

1. Bischoff et Rosenbauer, 1981.

Les paléoclimats comme déclencheurs de maladies et de pandémies : un enjeu pluridisciplinaire sous le feu de l'actualité

Les conséquences des variations du climat sur l'apparition, le développement et l'aggravation des maladies sont bien connues et documentées au cours de la période historique. À des échelles pluriannuelles, peu de projets financés par l'ANR se sont attachés à mettre en relation les conditions climatiques avec le développement de maladies, en lien avec la propagation de virus notamment. On pourra simplement citer l'exemple, unique et très récent, du projet HIGH-PASM qui s'attache à établir des phases de développement de la malaria au cours du dernier millénaire à Chypre dans un contexte de variabilité climatique. L'acquisition de données paléoclimatiques à haute résolution, fondées sur l'analyse et la datation de spéléothèmes, est ainsi couplée à l'étude des sources archivistiques pour déterminer, à l'échelle décennale, des changements soudains du climat mais aussi pour documenter les phases de développement de la malaria sur la troisième plus grande île de Méditerranée au cours du dernier millénaire. D'autres maladies bien connues, et qui ont profondément affecté les populations européennes, pourraient être étudiées de manière similaire en adoptant une approche largement pluridisciplinaire, et l'on pense en premier lieu aux grandes vagues de peste recensées au cours du dernier millénaire en Europe. En Afrique, les épidémies de choléra, par exemple, pourraient également constituer un enjeu scientifique pour lequel les reconstitutions du climat sont centrales. Plus récemment, la pandémie de SARS-CoV-2 pourraient aussi faire l'objet de recherches dans un contexte de réchauffement climatique aggravé par les activités humaines en ce premier quart de XXI^e siècle.

La modélisation des paléoclimats : un apport majeur à l'établissement des *scenarii* futurs

L'obtention des données permettant de reconstituer les variations du climat peut se faire soit sur le temps court, à l'échelle des dernières décennies, soit sur le temps long de l'Holocène, voire le temps très long du Quaternaire. Les indicateurs paléoclimatiques tels que les pollens ou les assemblages floristiques, la composition des sédiments marins, les teneurs en isotopes de l'oxygène et du carbone, etc. sont autant d'informations montrant l'évolution du système climatique. Des calibrations et validations par rapport au climat actuel permettent ensuite de reconstruire des variables climatiques telles que les températures ou les précipitations pour le passé². D'autres données, en revanche, restent essentiellement qualitatives. Deux projets soutenus par l'ANR établissent plus particulièrement des modélisations paléoclimatiques pour étudier les impacts des changements climatiques sur les environnements fréquentés par les sociétés humaines et sièges de leurs activités, il s'agit de HADoC et de GREENLAND. Le premier s'intéresse aux conséquences des changements climatiques sur les trajectoires de diffusion des populations préhumaines de l'ère tertiaire en Afrique et dresse des modélisations des environnements végétaux, tandis que le second s'attache à modéliser le climat au cours des derniers siècles dans les hautes latitudes de l'hémisphère nord.

2. Kageyama, *et al.*, 2011.

Fiches projets

p. 112	CLIMANTHROPE
p. 113	GREENLAND
p. 114	HADoC
p. 115	HIGH-PASM
p. 116	InterArctic
p. 117	MANDU
p. 118	OPHELIE
p. 119	PalHydroMil
p. 120	PYGMALION
p. 121	SOPHOCLE

CLIMANTHROPE

Caractérisation de l'effet de site dans l'enregistrement du signal climatique et anthropique dans les sédiments de grotte : de l'actuel à la Préhistoire

Rappel des objectifs et méthodologie

La protection du climat et de l'environnement est devenue un enjeu vital pour l'humanité. Ce projet s'inscrit à l'interface humain/milieu, par le biais du domaine karstique souterrain qui constitue l'un des meilleurs enregistreurs de l'évolution de l'environnement, car protégé de l'érosion. En témoigne l'outil « spéléothème » (stalagmite), qui est aujourd'hui reconnu en paléoclimatologie. Les grottes recèlent aussi des dépôts détritiques rythmés, très intéressants d'un point de vue environnemental. Le but est d'analyser les effets de site qui influencent la nature des enregistrements par l'intermédiaire des conditions de transfert, à savoir le filtrage des informations : lamines annuelles, contaminations et paléotempératures. Il s'agit donc d'identifier et de croiser les différentes archives souterraines, de souligner leur complémentarité et de montrer la part du climat et de l'humain dans les signaux enregistrés. Mieux connaître l'évolution des paléoclimats c'est aussi mieux appréhender l'évolution du réchauffement actuel et le rôle des différents paramètres. Les retombées en archéologie-Préhistoire sont également importantes (exemples de Sterkfontein en Afrique du Sud et de la grotte de Bruniquel dans le Tarn-et-Garonne).

Au niveau méthodologique, les techniques associent terrain, laboratoire et transdisciplinarité. 1/ Pour l'analyse de « l'effet de site », deux approches ont été employées : la première repose sur la cartographie 3D (Orgnac, Pierre-Saint-Martin), qui permet de replacer les objets dans leur contexte, et la seconde permet d'appréhender l'effet de site en étudiant les modes de transfert et d'enregistrement des signaux environnementaux. Des stations expérimentales sont installées dans les régions étudiées (Alpes, Pyrénées, Gironde). 2/ Les signaux ont ensuite été soumis à une analyse non destructive à différentes échelles, du mètre au nanomètre : observation directe et microscopie. En outre, la cartographie chimique par rayons X a mis en évidence des contaminations piégées dans les concrétions. Mais le résultat majeur repose sur une critique de la méthode de datation uranium/thorium (U/Th) en montrant la mobilité de l'uranium en fonction de l'ouverture du système géochimique. 3/ Pour la plateforme technique, un ensemble d'outils est mis à disposition par les partenaires : microscopie et traitement d'images, microsonde nucléaire, cartotopographie 3D, conception et fabrication de stations instrumentées.

Résultats majeurs

Le rôle de l'effet de site est démontré dans la capture des archives souterraines, y compris en paléontologie (grotte de la Baleine, Patagonie) et en géoarchéologie (Little Foot, Afrique du Sud). L'instrumentation du climat souterrain a permis de mieux comprendre la fonte des glaciers souterrains. La critique de la méthode de datation isotopique U/Th est un résultat majeur à travers la mise en évidence de la diagenèse des concrétions par altération-recristallisation. La cartographie géochimique à haute résolution a permis de préciser le processus d'altération de la roche par « fantômisation ».

Production scientifique et valorisation

Dandurand G., *et al.* (2011) X-ray fluorescence microchemical analysis and autoradiography applied to cave deposits: speleothems, detrital rhythmites, ice and prehistoric paintings. *Géomorphologie : Relief, Processus et Environnement*, 17(4), pp. 407-426.

Devès G., *et al.* (2012) Chemical element imaging for speleothem geochemistry: Application to a uranium-bearing corallite with aragonite diagenesis to opal (Eastern Siberia, Russia). *Chemical Geology*, 294-295, pp. 190-202.

Début du projet : 2006 | Durée : 54 mois

Financement ANR : 300 000 €

Partenaires

UMR 5185 ADES, Pessac | UMR 5204 EDYTEM, Grenoble | UMR 5084 CNAB, Bordeaux | UMR 5005 CEGELY, Lyon

Coordination

Richard Maire – UMR 5185 ADES, Pessac –
Richard.maire49@gmail.com – <https://felis.fr> –
Le Mystère de la Baleine – <https://www.centre-terre.fr>

Exemple d'enregistrement d'une phase glaciaire du Pléistocène moyen dans des dépôts souterrains finement stratifiés (réseau de La Pierre-Saint-Martin, Pyrénées-Atlantiques).
© Richard Maire



GREENLAND

Groenland vert

Rappel des objectifs et méthodologie

Ce projet se concentre sur l'évolution récente (dernier millénaire) et future du climat du Groenland, et de ses conséquences terrestres, avec une focalisation sur l'histoire et le potentiel d'évolution des activités agricoles, la perception du changement climatique par les éleveurs groenlandais et l'évolution des glaciers côtiers. Le sud et le sud-ouest du Groenland sont à ce sujet caractérisés par deux phases bien identifiées d'activité agricole médiévale et moderne. Le projet avait pour objectifs initiaux de caractériser les processus liés au changement climatique au Groenland et certains de leurs impacts terrestres (végétation, glaciers, agriculture). Parmi les autres objectifs, on peut citer l'utilisation du sud du Groenland comme un site exceptionnel de suivi de la composition atmosphérique pour caractériser l'origine des masses d'air et de vapeur d'eau, ainsi que le placement des changements environnementaux en cours dans la perspective de la variabilité naturelle au cours du dernier millénaire (glaciers, végétation, climat). Au niveau méthodologique, le projet GREENLAND repose sur un ensemble d'outils et de méthodes précédemment développés. Ceux-ci incluent notamment des études de psychologie environnementale dédiées à la perception du changement climatique et leur application à l'activité des agriculteurs. Le projet utilise également les résultats afin de caractériser et de dater les variations climatiques et environnementales passées, à partir d'une série de carottes de glace et de sédiments prélevés dans les lacs de la côte sud du Groenland, ainsi qu'une analyse de documents historiques. Un ensemble de simulations climatiques pour le dernier millénaire et/ou des dernières 150 années a ainsi pu être élaboré. Le présent projet repose également sur des méthodes de régionalisation à l'aide du modèle régional MAR, spécifiquement développé pour représenter correctement le bilan de masse de la calotte groenlandaise. Ces outils de modélisation du climat global et régional sont complétés par le développement du modèle ORCHIDEE de surface continentale, intégrant une représentation des prairies et du potentiel d'élevage d'herbivores.

Résultats majeurs

Les enquêtes de terrain montrent que le changement climatique est une réalité pour les agriculteurs groenlandais actuels, qui témoignent des effets collatéraux du réchauffement sur une augmentation de

la sécheresse, des modifications de la biodiversité, et déploient des stratégies d'adaptation à court terme. L'activité agricole médiévale est bien caractérisée par sa signature dans les sédiments des lacs près des sites archéologiques vikings. La diminution du peuplement, à partir du XII^e siècle, apparaît liée à la variabilité du climat de cette période, marquée par une récurrence d'épisodes plus froids, réduisant la productivité de la végétation, en relation avec une augmentation de la fréquence d'éruptions volcaniques majeures. Alors qu'une étude antérieure suggérait que la douceur de la période médiévale en Europe pourrait être liée à un changement de la circulation atmosphérique de grande échelle, nos travaux à partir des carottes de glace et de simulations climatiques réfutent cette explication.

Production scientifique et valorisation

Masson-Delmotte V., et al. (2012) Greenland climate change: from the past to the future. *Wiley Interdisciplinary Reviews-Climate Change*, 3(5), pp. 427-449.

Masson-Delmotte V., et al. (2015) Recent changes in north-west Greenland climate documented by NEEEM shallow ice core data and simulations, and implications for past-temperature reconstructions. *Cryosphere*, 9(4), pp. 1481-1504.

Début du projet : 2011 | Durée : 59 mois
Financement ANR : 1 200 000 €

Partenaires

UMR 8212 LSCE, Gif-sur-Yvette | LGGE, Grenoble |
 UMR 6249 Chrono-environnement, Besançon | ERIN, Nîmes |
 UMR 8591 LGP, Meudon | URA 1357 CNRM-GAME, Toulouse |
 UR 4445 CEARC, Guyancourt

Coordination

Valérie Masson-Delmotte – UMR 8212 LSCE, Gif-sur-Yvette –
 valerie.masson@lsce.ipsl.fr

Paysages du Groenland avec activités agricoles.
 © Émilie Gauthier



HADoC

Rôle du Climat dans la dispersion des ancêtres de l'homme

PARTIE 2 | PANORAMA DES PROJETS FINANCÉS PAR LE PLAN D'ACTION DE L'ANR

Rappel des objectifs et méthodologie

L'objectif du projet HADoC était de quantifier l'impact du climat sur les dispersions et les migrations de nos ancêtres. Des simulations numériques nouvelles ont été utilisées pour différentes périodes du Miocène et du Pliocène (soit entre 23 et 2,6 millions d'années), couplées à des modèles de niche qui calculent les aires potentielles de répartition sur la base des occurrences connues des fossiles. Une telle approche a permis d'évaluer le rôle du climat dans les déplacements des espèces éteintes. Elle apporte des contraintes pour identifier des nouvelles zones de fouilles archéologiques et paléontologiques. Cette approche permet également de discuter ces distributions au regard de nos connaissances sur la paléoécologie des grands singes et des Hominidés fossiles ainsi que de leurs environnements passés. L'originalité de ce projet était de combiner les méthodes et approches de pointe relevant de trois communautés spécialistes de l'ancien monde : celles des paléoclimatologues, des paléontologues et des paléoécologues. Une autre originalité de notre approche reposait sur un choix judicieux de périodes clés, identifiées en concertation, pour lesquelles nous simulons le climat avec les meilleurs modèles (ceux utilisés par le GIEC pour le climat du futur), puis d'utiliser ces résultats climatiques pour piloter des modèles de niche. Cette approche quantitative peut être comparée aux données fauniques et floristiques et permet, *in fine*, de savoir si le climat a été ou non une variable déterminante pour expliquer les distributions et les migrations. Un certain nombre de verrous ont dû être levés par des techniques spécifiques. C'est notamment le cas pour les modèles climatiques et les modèles de niche, établis sur des grilles spatiales différentes ou présentant un degré d'incertitude pour certains paramètres (dû à l'échelle de temps à laquelle nous travaillons), ce qui nous a conduits à faire de nombreux tests de sensibilité.

Résultats majeurs

Des cartes globales du climat et des cartes d'aires potentiellement occupées par nos ancêtres ont été produites pour plusieurs périodes de temps, mettant en évidence un rôle important du climat dans leur distribution. Des simulations climatiques ont été utilisées pour mieux comprendre des éléments importants, comme la cryosphère ou la concentration en gaz à effet de serre, en particulier pour le méthane. Les grandes faunes de mammifères des 20 derniers millions d'années dans l'ancien monde ont été définies et les processus d'assemblage qui les ont façonnées ont été explorés. Ces résultats intéressent largement les communautés des sciences du climat et de l'évolution.

Production scientifique et valorisation

Gibert C., *et al.* (2022) Climate-inferred distribution estimates of mid-to-late Pliocene hominins. *Global and Planetary Change*, 210, 103756.

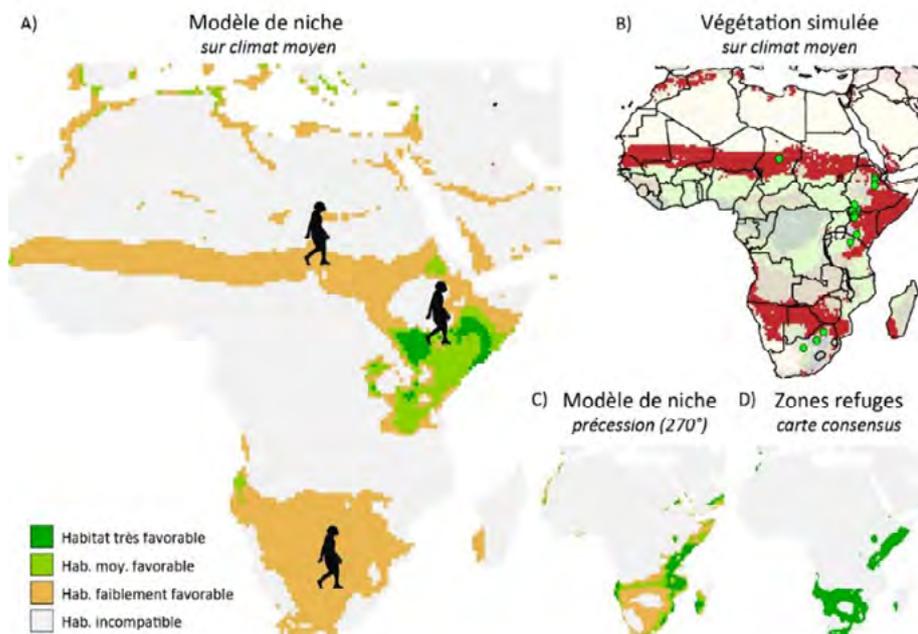
Gibert C., *et al.* (2022) A coherent biogeographical framework for Old World Neogene and Pleistocene mammals. *Palaeontology*, 65: e12594.

Début du projet : 2017 | Durée : 54 mois
Instrument : PRC | Financement ANR : 415 165 €

Partenaires
 UMR 8212 LSCE, Gif-sur-Yvette | UMR 5199 PACEA, Pessac |
 UMR 7262 PalEvoPrim, Poitiers | UMR 7330 CEREGE,
 Aix-en-Provence

Coordination
 Gilles Ramstein – UMR 8212 LSCE, Gif-sur-Yvette –
gilles.ramstein@lsce.ipsl.fr – <https://anr-hadoc.ipsl.fr/>

Modèles de niche climatique des espèces humaines (A, C, D) et du modèle de paléovégétation (B) calculés entre 3 et 4 millions d'années à partir des simulations paléoclimatiques.
 © Gibert C., *et al.* 2022



HIGH-PASM

Reconstitution du climat et de la vulnérabilité sociale sur le dernier millénaire à Chypre

Rappel des objectifs et méthodologie

Comprendre comment les changements climatiques ont impacté les sociétés est primordial au Proche-Orient. Les variabilités climatiques qui ont affecté le dernier millénaire n'ont pas été homogènes entre les différentes régions du Proche-Orient du fait de variabilités locales. Ces dernières constituent ainsi un défi pour les sociétés, car elles ont affecté l'agriculture, les conditions sanitaires et la propagation des maladies. Ce projet ambitionne d'étudier les interactions entre le changement climatique et les réponses sociétales depuis la période médiévale sur l'île de Chypre en utilisant de nouveaux indicateurs de vulnérabilité sociale. Les spéléothèmes couplés avec des données météorologiques et dendroclimatologiques déjà publiées fournissent des données quantitatives sur les variations de précipitations/températures. Les données sur les diverses maladies et leurs indicateurs sociaux tels que les aménagements hydrauliques, l'organisation sanitaire, la famine, la démographie, la mortalité, les structures rurales/urbaines et la mobilité constituent les indicateurs de la vulnérabilité sociale. Ce projet utilise des approches innovantes afin : 1/ de fournir des données paléoclimatiques nouvelles à haute résolution ; 2/ d'identifier l'évolution de la sécheresse, des maladies, de la mortalité dans les villes/zones rurales ; 3/ de définir l'interaction entre le contexte climatique et la vulnérabilité sociale.

Au niveau de la méthodologie, trois axes de travail définissent les tâches à accomplir tout au long de ce projet afin de réaliser les objectifs proposés. Le premier axe se concentre sur l'étude des stalagmites prélevées sur plusieurs sites. Les données seront produites en analysant la géochronologie et la géochimie de la calcite avec une focalisation sur des données quantitatives (précipitations et températures). L'obtention de courbes isotopiques sera comparée avec d'autres archives étudiées et publiées à Chypre, afin de fournir une synthèse spatio-temporelle de la variabilité climatique au cours du dernier millénaire. Le deuxième axe de recherche se focalise sur la compilation de données quantitatives/continues des indicateurs sociaux (démographie, maladies, aménagements, organisation politique) couvrant les 200 dernières années, et cela à partir des sources archivistiques grecques, ottomanes et britanniques. Le troisième axe consistera à modéliser la dynamique d'émergence/réémergence d'un ensemble de maladies/famines à Chypre afin d'évaluer la vulnérabilité de la société dans différents contextes environnementaux. La combinaison de ces données épidémiologiques, environnementales, climatiques

et sociales reste un enjeu méthodologique majeur. Par conséquent, la modélisation du poids de chaque facteur (climatique, environnemental, démographique, politique, aménagements, santé) pendant des périodes spécifiques de propagation de maladies et des famines aidera à démêler les facteurs déterminants. Les données construites au cours de la période bien documentée des derniers 200 ans serviront d'analogie aux scénarios de projet d'épidémie de maladie au cours de périodes antérieures et moins bien documentées.

Résultats majeurs

Les retombées scientifiques du projet englobent : 1/ la compréhension des interactions entre certaines maladies (étude macro et micro) et l'environnement sur les derniers siècles ; 2/ l'innovation via l'introduction de modélisations à base d'agents (ABM) pour tester les hypothèses et évaluer les interactions entre les proxies ; 3/ la reconstitution des archives sociales dans un seul référentiel linguistique, spatial et chronologique ; 4/ une meilleure connaissance du climat passé de Chypre à haute résolution pour le dernier millénaire et, par extension, pour l'Holocène ; 5/ le renfort des collaborations scientifiques entre les différentes équipes pluridisciplinaires. En ce qui concerne les retombées sociales, elles comprennent : la production de cartes des maladies produite pour Chypre et un code R pour l'exploitation de cartes de simulation de propagation des maladies en libre accès.

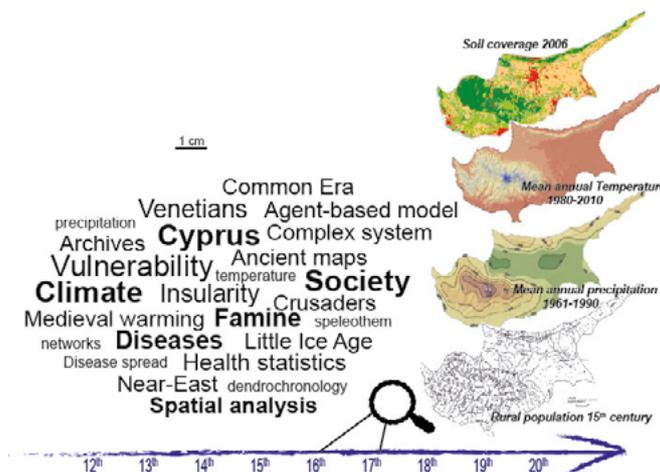
Début du projet : 2021 | Durée : 48 mois
Instrument : JCJC | Financement ANR : 295 708 €

Partenaires
 UMR 6266 IDEES, Mont-Saint-Aignan | Karlsruhe Institute of Technologie (Allemagne) | Université de Nicosie (Chypre) | CREEMO - Université Saint-Joseph, Beyrouth (Liban)

Coordination
 Carole Nehme – UMR 6266 IDEES, Mont-Saint-Aignan – carole.nehme@univ-rouen.fr – <https://highpasm.hypotheses.org>

Le logo du projet et un nuage de mots résumant les thématiques traitées dans le projet High-PASM. La stalagmite provient d'un Qanat à Lapithos (chaîne du Kyrénia). Les cartes de la couverture du sol (CORINE land cover, 2006), de la précipitation et la température annuelles (ministère de l'Agriculture de Chypre) et celle de la répartition de la population rurale au XV^e siècle (Grivaud, 1995) illustrent les différentes couvertures spatiales reconstituées et à reconstituer à travers le temps.

© Carole Nehme



InterArctic

Un millénaire d'interactions entre sociétés et environnement en zone arctique et subarctique (Canada et Groenland)

Rappel des objectifs et méthodologie

Le projet InterArctic se focalise sur la vulnérabilité, la résilience et les capacités d'adaptation des sociétés des hautes latitudes aux changements globaux. Le réchauffement actuel est particulièrement rapide dans les zones arctiques et subarctiques, et il est à l'origine de nombreuses transformations tant sociales, économiques que comportementales des populations de ces régions. Les populations de l'Arctique doivent faire face à ces bouleversements et, dans ce contexte particulier, l'étude des changements passés donne l'opportunité d'explorer les relations complexes entre climat et sociétés humaines du passé. Le cadre chronologique couvre le dernier millénaire, une période bien documentée par les archives climatiques glaciaires comme par les sources archivistiques (sagas islandaises). Le Groenland fut témoin, autour de l'an mil, de la rencontre entre chasseurs-pêcheurs inuits et fermiers scandinaves.

Dans cette aire stratégique, notre but est de documenter 1000 ans d'interactions humains/milieux en adoptant une approche pluridisciplinaire qui combine l'étude de différents types d'archives. L'analyse des paramètres biotiques (pollens, graines, chironomes...) et abiotiques (géochimie, granulométrie, susceptibilité magnétique, micromorphologie...) de dépôts sédimentaires variés (lacs, sols, tourbières...) renseigne l'évolution des paysages en lien avec les forçages climatiques et anthropiques. Les sites archéologiques situés dans les zones d'étude et plus particulièrement les artefacts retrouvés sur ces sites, donnent de précieuses informations sur l'exploitation de ressources naturelles, et ainsi plus largement sur les interactions avec l'environnement. Enfin, une approche culturelle a été développée, mettant l'accent sur la mémoire humaine et la perception de l'environnement, du patrimoine archéologique, des sociétés du passé, et des changements environnementaux et sociaux actuels et futurs dans deux communautés du Groenland (Nuuk) et du Canada (Kuujjuaq).

Résultats majeurs

Au Canada, et plus particulièrement sur la côte du Labrador (secteur de Nain), le projet a permis de collecter un grand nombre d'informations sur les relations entre les Thuléens/Inuits et leur environnement dans un territoire sensible aux changements globaux. Ces travaux se

sont étendus au Nunavik, à Saint-Pierre-et-Miquelon, ainsi qu'à Terre-Neuve, avec des études centrées sur l'histoire de l'environnement et l'impact des changements climatiques sur l'évolution des sites archéologiques. Au Groenland, les travaux ont révélé d'une part, l'histoire de la colonisation médiévale et d'autre part, ils ont permis de cartographier un site Thule inédit sur la côte orientale et de comprendre les interactions entre les Inuits, le climat et la colonie d'oiseaux marins qui se trouve à côté du site. Enfin, nous avons mis en place une collaboration à long terme avec des enseignants de l'école de Kuujjuaq (Canada) et de Nuuk (Groenland) et avons pu recueillir des données d'observation et d'entretiens dans un contexte d'aggravation de la crise écologique et de radicalisation politique de la jeunesse inuite.

Production scientifique et valorisation

Roy N., et al. (2021) Anthropogenic and climate impacts on subarctic forests in the Nain region, Nunatsiavut: Dendroecological and historical approaches. *Écoscience*, 28(3-4), pp. 361-376.

Huctin J.M., et al. (2022) *Heritage, Culture and Future. The InterArctic collaborative project in Greenland and Nunavik*. CEARC, Saint-Quentin-en-Yvelines, 33 p.

Début du projet : 2017 | Durée : 66 mois
Instrument : PRC | Financement ANR : 681 958 €

Partenaires

UMR 6249 Chrono-environnement, Besançon | UMR 6553 Ecobio, Rennes | UMR 6266 IDEES, Mont-Saint-Aignan | UMR 5175 CEFE, Montpellier | CEARC, Saint-Quentin-en-Yvelines | EA 7352 Chrome, Nîmes | UMR 6118 Géosciences Rennes

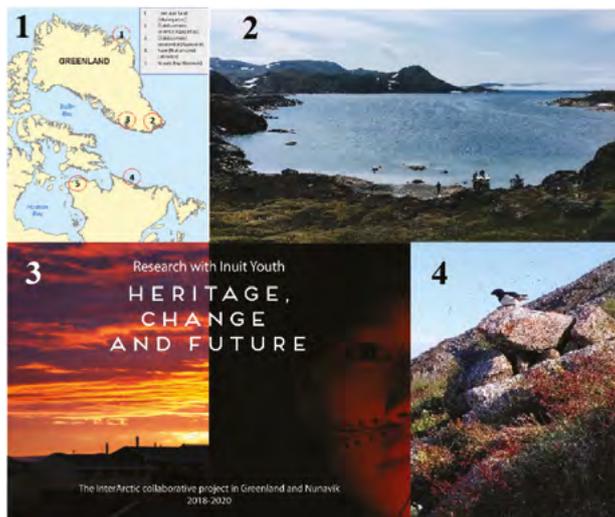
Coordination

Emilie Gauthier – UMR 6249 Chrono-environnement, Besançon – emilie.gauthier@univ-fcomte.fr

L'ANR InterArctic en quelques images :

- 1 : Localisation de la zone d'étude.
- 2 : Oakes Bay, Dog Island, (côte du Labrador, Canada).
- 3 : Livret de restitution du travail réalisé avec les écoles de Kuujjuaq (Canada) et de Nuuk (Groenland).
- 4 : Mergule du site d'Ukaleqarteq (côte est du Groenland).

© Emilie Gauthier



MANDU

Histoires d'eau et de paysages en Asie. Mousson, anomalies climatiques et dynamiques sociétales en Inde médiévale

Rappel des objectifs et méthodologie

Conditionnées en grande partie par un climat de mousson et soumises à ses variations, la disponibilité et l'accessibilité à l'eau sont au cœur des préoccupations depuis fort longtemps en Asie du Sud. Les innombrables vestiges d'ouvrages hydrauliques en sont les témoins les plus tangibles et font partie intégrante de la fabrique historique et écologique des paysages, des lieux, des territoires et des systèmes agraires. À l'interface entre les sciences environnementales et les sciences humaines et sociales, le projet MANDU explore les interactions sociétés-environnement en lien avec l'eau et l'impact des variations et extrêmes hydroclimatiques durant le « médiéval tardif » (entre 1100 et 1600 après notre ère environ). Cette période fut celle d'importantes transformations, en partie corrélées au développement de nouveaux régimes politicoreligieux. À diverses échelles spatiales et temporelles de l'Asie, elle fut aussi celle de perturbations climatiques. Sur le plan archéologique et de l'écologie historique, elle est en outre l'une des moins bien connues et documentées de l'histoire de l'Inde. Le projet s'attache à sonder le passé au prisme des paysages d'un vaste site appelé Mandu (Inde centrale) et d'une analyse critique de l'historiographie dominante largement fondée sur les seules sources écrites. Les recherches sont structurées autour de plusieurs objectifs visant à produire de nouvelles données et connaissances sur la gestion de l'eau et l'histoire des vulnérabilités et des adaptations face aux risques et aléas hydroclimatiques.

Le projet préconise un changement de paradigme historiographique qui ne réduit pas l'environnement à ses seules contraintes, en tant que simple réservoir de ressources et instrument de la finalité humaine, ou à une toile de fond passive et stable du développement et des transformations des sociétés, et qui conçoit l'humain et ses activités comme faisant partie intégrante du cycle de l'eau.

La recherche mobilise plusieurs disciplines (archéologie, géoarchéologie, hydrogéologie, ethnoanthropologie, histoire, géographie, paléoclimatologie et architecture), technologies, échelles d'analyse, concepts et bases de données. Elle privilégie une approche inductive, problématisée à partir des observations, de la production et du croisement de données multiples. Les paysages façonnés par les interactions homme-milieu sur le temps long sont étudiés dans une perspective à la fois diachronique et synchronique, et à différentes échelles spatiales : des microarchives (pollens, phytolithes et autres)

et de la micromorphologie des sols et des sédiments aux aspects plus vastes de l'environnement, ainsi que du terrain, incluant les monuments et les infrastructures, la fabrique de l'espace et les vestiges archéologiques, la mémoire et les pratiques actuelles concernant l'eau et ses multiples usages.

Résultats majeurs

Mettant en dialogue l'étude du passé et celle du présent autour de la gestion de l'eau, notamment l'usage actuel des ouvrages hydrauliques anciens, le projet s'attache à évaluer le potentiel des systèmes anciens, ainsi que les possibilités de leur adaptation dans les périmètres de l'hydraulique actuelle pour pallier les risques liés au changement climatique. Il contribue ainsi à la recherche sur les vulnérabilités et les adaptations, ainsi que sur la durabilité de l'eau face à la précarisation de son accès en Inde. Associé à une mission archéologique franco-indienne et tourné vers le partenariat, le projet participe à faire évoluer les approches et les pratiques dans le champ de l'archéologie en Inde.

Production scientifique et valorisation

Casile A., (2021) Climatic Variation and Society in Medieval South Asia: Unexplored Threads of History and Archaeology of Mandu. *The Medieval History Journal*, 24(1-2), pp. 56-91.

Début du projet : 2019 | Durée : 54 mois
Instrument : PRC | Financement ANR : 355 817 €

Partenaires

UMR 208 PALOC, Paris | IRD | CNRS | Université Lyon 2 | Institut Français de Pondichéry (Inde) | Azim Premji University, Bhopal (Inde) | Shiv Nadar University, Greater Noida (Inde) | Indian Institute of Tropical Meteorology, Pune (Inde) | Colombo University (Sri Lanka) | Durham University (Angleterre)

Coordination

Anne Casile – UMR 208 PALOC, Paris – anne.casile@ird.fr

Vue sur le Jahaz Mahal
(complexe palatial des sultans
du Malwa, XV^e-XVI^e siècles)

© Anne Casile



OPHELIE

Observations Phénologiques pour reconstruire le Climat de l'Europe

Rappel des objectifs et méthodologie

Le but du présent projet était de recueillir des données historiques sur la phénologie (par exemple les dates de vendange), afin de reconstruire des variations climatiques locales. L'expertise en phénologie permet de formuler des modèles liant des variables climatiques à des étapes de croissance des plantes. Nous nous sommes intéressés à des reconstitutions en Europe (France, Espagne, Allemagne, Italie) depuis le XIV^e siècle. L'un des objectifs majeurs de ce projet était également de comprendre les mécanismes de la variabilité naturelle du climat autour du bassin nord-Atlantique et de replacer le réchauffement actuel dans un contexte plus large, grâce à l'acquisition de séries longues de données climatiques précédant l'ère industrielle. En l'absence d'observations météorologiques avant le XVII^e siècle, le recours à des indicateurs indirects des variations climatiques, comme les archives isotopiques, historiques ou biologiques, a été nécessaire.

La méthodologie de ce projet a consisté à effectuer des reconstructions climatiques en Europe à partir d'observations phénologiques faites au cours de l'histoire. Ces observations comprennent les dates de vendanges, les dates de floraison d'arbres fruitiers et les dates des moissons. Dans une étude de faisabilité, nous avons conçu un modèle de croissance de la vigne, que nous avons calibré sur le Pinot Noir et des observations météorologiques. Nous avons montré qu'il était possible de reconstruire avec précision la température de la saison chaude en Bourgogne, depuis 1370, à partir des dates de vendanges rassemblées par l'historien E. Le Roy Ladurie. Nous avons étendu cette méthodologie à d'autres enregistrements historiques en France (Alsace, Provence, Bordelais, etc.) et en Europe (Italie, Espagne et Suisse) afin d'obtenir des reconstructions régionales du climat depuis le Moyen Âge. Cette base de données « phénoclimatique » est par ailleurs comparée aux bases de données dendrochronologiques sur le dernier millénaire.

Résultats majeurs

Le projet OPHELIE a permis d'élaborer une base de données phéno-climatiques historiques pratiquement exhaustive en France, en particulier pour les dates de vendanges. Cette base de données est « contextualisée » à partir d'archives historiques, ce qui a facilité une évaluation de l'influence de l'humain (via les guerres, les épidémies, etc.) sur ces observations phénologiques. Le projet a également fait revivre le travail de l'historien E. Le Roy Ladurie en apportant l'aspect quantitatif et les méthodes scientifiques issues des sciences environnementales, qui faisaient défaut à son précieux travail. Ce projet a également contribué à des initiatives internationales pour l'étude du climat du dernier millénaire (PMIP3, PAGES2k), en produisant des séries climatiques régionales avec des chronologies certaines.

Production scientifique et valorisation

Daux V., *et al.* (2012) An open-access database of grape harvest dates for climate research: data description and quality assessment. *Climate of the Past*, 8, pp. 1403-1418.

García de Cortázar-Atauri I., *et al.* (2010) An assessment of error sources when using grape harvest date for past climate reconstruction. *The Holocene*, 20(4), pp. 599-608.

Début du projet : 2005 | Durée : 36 mois

Financement ANR : 170 000 €

Partenaires

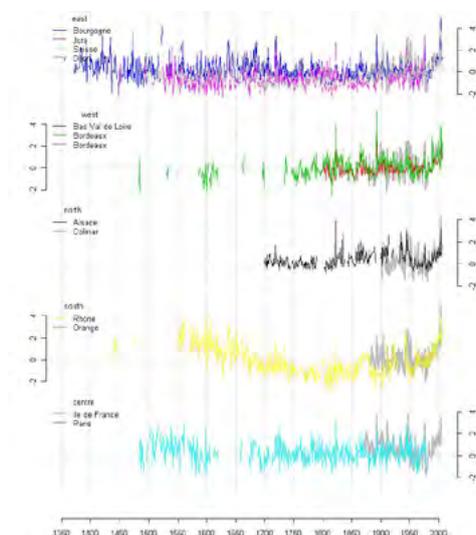
UMR 8212 LSCE, Gif-sur-Yvette | INRAE-AGROCLIM, Avignon | UMR 5175 CEFE, Montpellier

Coordination

Pascal Yiou – UMR 8212 LSCE, Gif-sur-Yvette – pascal.yiou@lsce.ipsl.fr

Reconstructions de températures à partir de dates de vendanges et de l'inversion d'un modèle phénologique. Les données sont choisies pour représenter le sud, l'est, le centre et l'ouest de la France.

© Pascal Yiou



PalHydroMil

Reconstructions paléohydrologiques à partir du dD de lipides produits par les végétaux supérieurs. Calibration, validation et application aux variations hydrologiques dans les Alpes pendant l'âge du Bronze

Rappel des objectifs et méthodologie

L'objectif du projet PalHydroMil était de définir un nouvel outil de quantification des variables climatiques passées (ou « proxy »), fondé sur la composition isotopique en hydrogène d'un biomarqueur moléculaire spécifique de *P. miliaceum* (la miliacine), qui a été utilisé pour retracer l'évolution des conditions hydrologiques à partir d'archives sédimentaires lacustres. Une fois calibré, ce nouveau proxy devait être utilisé pour quantifier la variabilité hydrologique qui a prévalu pendant l'âge du Bronze dans les Alpes françaises. Le projet PalHydroMil a permis de rassembler, à l'Institut des Sciences de la Terre d'Orléans, une jeune équipe développant des applications originales à partir d'une technique récente, permettant la mesure du rapport isotopique deutérium/hydrogène ($\delta^2\text{H}$) sur des molécules individuelles extraites de sédiments lacustres.

Concernant la méthodologie, le caractère précis de ce projet (une plante/une molécule) nous a permis d'explorer l'ensemble des étapes nécessaires à l'établissement d'un proxy climatique : 1/ une calibration rigoureuse par la culture de *P. miliaceum* en milieu contrôlé, permettant de relier le $\delta^2\text{H}$ de la miliacine avec des paramètres climatiques ; 2/ l'étude de la persistance du message isotopique lors de la diagenèse de la miliacine par des expériences *in vivo* et *in vitro* ; 3/ la validation de cette approche par la comparaison du $\delta^2\text{H}$ de la miliacine extraite de sols récents avec les données instrumentales ; 4/ l'application de ce nouveau proxy des paramètres hydrologiques ($\delta^2\text{H}$ de la miliacine) à des sédiments lacustres du lac du Bourget, qui couvrent l'âge du Bronze, dans lesquels la miliacine a été quantifiée.

Résultats majeurs

Nous avons pu préciser les sources de la miliacine et ses conditions d'utilisation comme traceur du millet cultivé. Le projet a permis d'étudier les hétérogénéités de distribution du $\delta^2\text{H}$ de la miliacine à l'échelle d'un champ. Par culture en milieu contrôlé, nous avons hiérarchisé l'impact de paramètres environnementaux sur le $\delta^2\text{H}$ de la miliacine.

Nous avons exploré l'impact de la diagenèse sur le $\delta^2\text{H}$ de la miliacine. Ce proxy a été appliqué aux variations hydrologiques autour du lac du Bourget durant le maximum thermique du Paléocène-Éocène (PETM) et au Toarcien. Par résonance magnétique nucléaire (RMN), nous avons caractérisé les hétérogénéités de distribution du $\delta^2\text{H}$ à l'échelle infra-moléculaire.

Production scientifique et valorisation

Bossard N., et al. (2011) Variation in δD values of a single, species-specific molecular biomarker: a study of miliacin throughout a field of broomcorn millet (*Panicum miliaceum* L.). *Rapid Communications in Mass Spectrometry*, 25, pp. 1-9.

Berdagué P., et al. (2016) Contribution of NAD 2D-NMR in liquid crystals to the determination of hydrogen isotope profile of methyl groups in miliacin. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 173, pp. 337-351.

Jacob J., et al. (2021) Hydrogen isotopic fractionations during syntheses of lipid biomarkers in the seeds of broomcorn millet (*Panicum miliaceum* L.) under controlled environmental conditions. *Organic Geochemistry*, 154, 104221.

Début du projet : 2011 | Durée : 36 mois
Financement ANR : 155 000 €

Partenaires
UMR 7327 ISTO, Orléans

Coordination
Jérémy Jacob – UMR 8212 LSCE, Gif-sur-Yvette –
jeremy.jacob@lsce.ipsl.fr

En haut : chambre de culture en conditions contrôlées à BIOEMCO (gauche) ; structure de la miliacine (droite).

Au milieu : évolution des concentrations en miliacine dans les sédiments du lac du Bourget. En bas : épi de millet.

© Jérémy Jacob



PYGMALION

Paléohydrologie et interactions homme-climat-environnement dans les Alpes

Rappel des objectifs et méthodologie

Changement climatique, érosion de la biodiversité, durabilité des activités humaines, contamination de l'environnement, sont autant de sujets de préoccupation pour les sociétés industrialisées actuelles. Tous ces processus connaissent en effet aujourd'hui des modifications majeures, regroupées sous le terme de « changement global ». Le projet PYGMALION vise à mettre en perspective les changements globaux actuels dans le cadre de l'évolution plurimillénaire des territoires des Alpes et de leur piémont. Il est fondé sur une approche interdisciplinaire visant à mieux connaître l'évolution des paramètres climatiques et des sociétés humaines. Ces dernières, en effet, ont eu à s'adapter aux changements climatiques, mais sont aussi devenues au fil du temps l'un des principaux agents de modification de l'environnement. Les principaux défis consistaient à mieux comprendre les changements de régime hydrologique et à mettre au jour les vestiges ténus des occupations anciennes de la montagne alpine. PYGMALION a constitué un effort sans précédent sur le territoire national pour reconstituer les changements climatiques et d'occupation humaine en montagne.

Au niveau méthodologique, à l'instar des glaces des pôles, les Alpes regorgent « d'archives naturelles » (sédiments lacustres, tourbières, stalagmites, moraines) susceptibles d'avoir enregistré l'histoire de l'environnement. Le projet a exploité les spécificités de chacune de ces archives, disséminées sur une surface de plusieurs milliers de kilomètres carrés pour obtenir une vision intégrée de l'évolution du climat, des paysages et des activités humaines à l'échelle des Alpes françaises du Nord. À cette fin, les méthodes classiques (palynologie, archéologie, sédimentologie, dendrochronologie) ont été renforcées par l'émergence d'outils nouveaux d'investigation permettant des reconstitutions fines avec une résolution inférieure à la dizaine d'années (scanner géochimique, isotopes de l'oxygène) et/ou le ciblage des espèces végétales d'intérêt particulier pour les sociétés humaines (marqueur moléculaire du millet). Outre les défis technologiques, la méthodologie mise en œuvre s'est appuyée sur un effort considérable de travaux de terrain pour récupérer les archives, notamment en haute montagne et pour mettre au jour de nouveaux vestiges archéologiques.

Résultats majeurs

Le projet a mis à évidence les faits majeurs suivants : 1/ les périodes chaudes sont marquées dans les Alpes du Nord par des événements torrentiels extrêmes moins fréquents, mais plus violents ; 2/ un impact anthropique généralisé sur la stabilité des versants a eu lieu au cours de la période romaine, des zones de montagne au piémont ; 3/ une augmentation, depuis 3000 ans, des flux détritiques d'origine glaciaire, suggérant une tendance à l'humidification du climat alpin, stoppée par le réchauffement actuel ; 4/ l'apparition de la culture du millet sur les rives du lac du Bourget vers 1600 avant notre ère, accompagnée d'un changement de pratiques agricoles qui a favorisé l'érosion des horizons superficiels des sols.

Production scientifique et valorisation

Wilhelm B., *et al.* (2013) Palaeoflood activity and climate change over the last 1400 years recorded by lake sediments in the north-west European Alps. *Journal of Quaternary Science*, 28(2), pp. 189-199.

Giguet-Covex C., *et al.* (2012) Frequency and intensity of high-altitude floods over the last 3.5 ka in northwestern French Alps (Lake Anterne). *Quaternary Research*, 77(1), pp. 12-22.

Jacob J., *et al.* (2009) Impacts of new agricultural practices on soil erosion during the Bronze Age in the French Prealps. *The Holocene*, 19(2), pp. 241-249.

Début du projet : 2008 | Durée : 48 mois

Financement ANR : 565 000 €

Partenaires

UMR 5204 EDYTEM, Chambéry | UMR 6449 Chrono-environnement, Besançon | UMR 7327 ISTO, Orléans | UMR 7264 CEPAM, Paris | UMR 7329 GéoAzur, Valbonne

Coordination

Fabien Arnaud – UMR 5204 EDYTEM, Chambéry – fabien.arnaud@univ-savoie.fr

Carottage sédimentaire sur le lac Blanc, 2352 m, dans le massif des Aiguilles-Rouges. PYGMALION a représenté un effort inédit de récupération d'enregistrements climatiques dans les lacs d'altitude alpins et périalpins. Les sites de plus haute altitude ont permis d'éclairer la relation entre changements climatiques et occurrences d'événements de précipitations extrêmes dans les Alpes.

© Fabien Arnaud



SOPHOCLE

Autour du détroit d'Ormuz, évolution des sociétés et changement du climat et de l'environnement à l'Holocène

Rappel des objectifs et méthodologie

Le but de SOPHOCLE était de mettre en relation des paléoenvironmentalistes et des archéologues de façon à comprendre les relations entre l'humain et son environnement dans les régions subdésertiques d'Arabie et d'Iran. Il s'agissait d'une part, d'acquérir des données à haute résolution du changement environnemental et climatique afin de discuter les grandes crises des sociétés humaines des bordures du détroit d'Ormuz et, d'autre part, de documenter ces crises par les données archéologiques d'Oman et d'Iran. L'un des objectifs majeurs était d'élucider les causes des « crises » culturelles enregistrées depuis -5500 dans la région : ont-elles été liées au changement climatique et ses conséquences sur la disponibilité en ressources naturelles ou ont-elles été dues à des conflits internes, ou même encore à l'évolution interne des sociétés ? La confrontation des données paléoenvironmentales aux données archéologiques, ainsi que les réflexions sur les relations entre l'humain et l'environnement forment un objectif en soi.

Les données paléoenvironmentales (principalement issues d'analyses palynologiques) ont été acquises dans le sud-est de la péninsule Arabique et en périphérie immédiate. Les variations de l'environnement et du climat sont fondées sur l'analyse des grains de pollen préservés dans les sédiments. Nous avons focalisé notre attention sur la fin de la période humide Holocène (les 5500 dernières années) à partir de l'analyse de séquences sédimentaires littorales et marines. Les séries littorales sont localisées en Oman, notamment à Kwar al Jaramah et Fillim, ainsi qu'en Iran. Nous nous sommes également adressés à l'université de Hanovre pour avoir accès aux sédiments de la carotte marine SO90-56K prélevée au large de la côte pakistanaise. L'analyse des dépôts « varvés » de cette dernière carotte ont permis de présenter une chronologie détaillée d'événements pluvieux au cours des derniers 6000 ans que nous avons confrontés aux données palynologiques et qui ont été discutés par S. Cleuziou dans son étude des relations entre l'humain et le climat.

Résultats majeurs

Les données paléohydrologiques et archéologiques du centre et du sud de la péninsule Arabique révèlent les relations fortes entre les phases d'occupation humaine et de changement climatique. Au cours de la période humide Holocène, de grands lacs d'eau douce se sont

étendus dans les zones désertiques de basse altitude d'Arabie méridionale. De nombreux foyers sont liés à cette phase lacustre, qui a culminé autour de -10000/-8000. Après -6000, les conditions environnementales évoluent vers une grande aridité. Se développe alors l'irrigation dans les zones de piémont. De nombreuses sépultures collectives et maisons témoignent de l'importance de l'occupation humaine. Il en est de même en Iran, où les conditions hydrogéologiques ont permis le développement de populations grâce à la présence de nappes phréatiques locales (Bam, Sabzevar). Le projet SOPHOCLE a été à l'origine d'une réunion internationale à l'Académie des sciences de Paris (2008) « Déserts tropicaux d'Afrique et d'Arabie ».

Production scientifique et valorisation

Cleuziou S. et Tosi, M., (2007) *In the Shadow of the ancestors. The prehistoric foundations of the Early Arabian Civilization in Oman*. Al Nahda Printing Press, Oman, 334 p.

Fouache E., et al. (2010) The Horst of Sabzevar and Regional Water Resources from the Bronze Age to the Present Day (Northeastern Iran). *Geodinamica Acta*, 23(5-6), pp. 287-294.

Lézine A.M. et Cleuziou S., (2012) Climate change and Human Occupation in the Southern Arabian lowlands during the late Quaternary. In : Giraud J. et Gernez G., (eds.), *Aux marges de l'archéologie. Hommage à Serge Cleuziou*. De Boccard, pp. 329-342.

Début du projet : 2005 | Durée : 42 mois

Financement ANR : 200 000 €

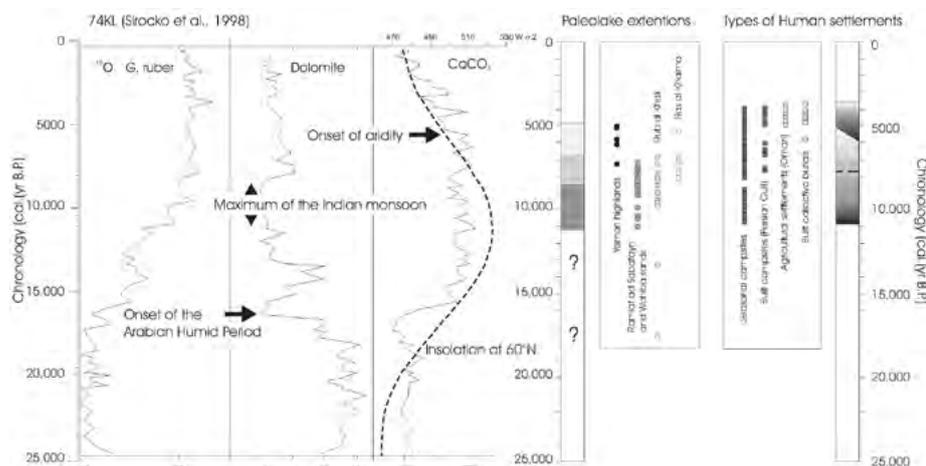
Partenaires

UMR 7041 ArScAn, Meudon | UMR 8212 LSCE, Gif-sur-Yvette | EA 435 GEONAT, Meudon

Coordination

Serge Cleuziou* – UMR 7041 ArScAn, Meudon | Anne Marie Lézine – UMR 8212 LSCE, Gif-sur-Yvette – anne-marie.lezine@locean.ipsl.fr

Synthèse des données paléoclimatiques et archéologiques basée sur la revue de la littérature et les données paléoenvironmentales et archéologiques obtenues par les partenaires de SOPHOCLE antérieurement au projet.
© Projet SOPHOCLE



Chapitre 5

L'apport des paléoenvironnements dans la compréhension des modes de subsistance

Il s'agit du groupement thématique le plus représenté avec 28 projets financés¹⁾ (dont 23 sur la seule période 2005-2021).

Répartition géographique des projets financés

On constate, parmi les projets de ce chapitre, une forte hétérogénéité spatiale avec un premier foyer qui englobe les pays méditerranéens, où la France est très bien représentée avec 12 projets ; viennent ensuite l'Italie, l'Espagne et la Grèce (deux projets). Le second foyer concerne la région située entre le Proche-Orient et la péninsule Arabique, en passant par l'Europe de l'Est, la Russie et le Caucase ; cela concerne sept projets. Enfin, des foyers isolés concernent l'Amérique du Sud avec le Pérou et le Brésil (deux projets) et l'Afrique intertropicale (un projet). On constate donc une faible représentation de l'Europe du Nord, des Amériques, de l'Afrique et de l'Extrême-Orient parmi les projets financés. À noter également, l'absence de projet en Océanie.



1. Tous les projets n'ont pas fait l'objet d'une fiche synthétique.



L'étude des conséquences des choix alimentaires sur les écosystèmes reste peu traitée. © Adobe Stock

Panorama des thématiques abordées

En se fondant sur les thématiques principales des vingt-huit projets concernés, deux grands axes de recherche se dégagent : le premier concerne l'exploitation des ressources végétales et animales par les sociétés humaines au cours des 200 000 dernières années, avec treize projets : MAMMOUTHS, PARURES, PHOENIX, FRUCTIMEDHIS, EXSUDARCH, DENDRAC, MAGI, PaleoCet, DeerPal, BigGame, POPPY, TIMMA et GEPRICO. Le second axe traite de la question des origines, des formes et de l'évolution des pratiques agricoles et agropastorales, depuis le Pléistocène jusqu'à la fin du dernier millénaire, au travers de 15 projets développés au cours de la décennie écoulée seulement : ORIMIL, AfriCrop, KHARMAN, CAMELANDES, VINICULTURE, ACIGOL, HOMES, ArkaeoAG, Starch4Sapiens, FOOD-RE, PARCEDES, AUTUMN'S LAMB, MICA, STEPABILITY et TASAB.

Un thème a cependant été relativement peu traité alors qu'il revêt une importance particulière dans la notion de durabilité des ressources face aux pratiques alimentaires : il s'agit de l'étude des impacts des stratégies alimentaires sur les environnements, en abordant notamment la problématique de l'appauvrissement, voire de l'épuisement, de la ressource (dans les milieux marins en particulier). La question de la durabilité des environnements et des ressources alimentaires exposés aux actions des humains sur le temps long est donc peu traitée, de même que le thème de la modélisation des émissions de gaz carbonique en lien avec l'évolution des pratiques agricoles depuis le début du Néolithique. De futures recherches menées sur les ressources biologiques surexploitées par les humains au cours du Pléistocène et de l'Holocène seraient d'ailleurs à développer. Ainsi, des référentiels pluridisciplinaires pour

chaque grande période culturelle seraient établis et serviraient de situation comparative avec les problématiques des sociétés humaines du XXI^e siècle face à l'épuisement de la ressource biologique.

Coexistence et prédation d'espèces animales de Néandertal à *Homo sapiens*

Il s'agit d'un thème particulièrement bien développé et qui connaît un regain d'intérêt ces dernières années, dans un contexte de lourdes menaces d'origine humaine sur la biodiversité, particulièrement sur les grands animaux. Ainsi, quatre projets s'intéressent aux relations entre les grands animaux terrestres et marins et les populations préhumaines et humaines. La découverte et l'examen minutieux du matériel lithique retrouvé en contexte de fouilles favorise une identification des espèces animales (parfois disparues de nos jours) dans un premier temps, et la caractérisation des paléoenvironnements dans un second temps. La question de la cohabitation et de la prédation de très grands herbivores avec Néandertal est centrale pour le projet BigGame, s'intéressant plus particulièrement au nord de la France. De manière similaire, le projet Mammouths porte sur la cohabitation des mammouths, espèce emblématique de la dernière grande époque glaciaire et aujourd'hui éteinte, et des populations humaines d'Europe centrale (Ukraine actuelle) au cours du dernier Pléniglaciaire, il y a 25 à 20 000 ans. Le projet DeerPal aborde pour sa part à la reconstitution des environnements, également au cours de la dernière grande

période glaciaire, en se fondant sur l'étude de la dentition de cervidés. Le projet PaleoCet met en évidence que les baleines étaient déjà chassées par *Homo sapiens* dans le Golfe de Gascogne il y a environ 20000 ans. Enfin, un dernier projet (PARURES) s'intéresse également à l'exploitation des ressources de la mer en abordant la question de la confection de parures à partir de mollusques marins.

Les domestications animale et végétale comme marqueurs exclusifs de la révolution néolithique ?

Les « révolutions » du Néolithique⁽²⁾ seraient en particulier marquées par le développement de pratiques agricoles incluant notamment la domestication d'animaux et des céréales. Cependant, depuis le milieu des années 2010, trois projets financés par l'ANR s'attachent à reconstituer la présence éventuelle de céréales, et de leur domestication, antérieurement au début du Néolithique. Le premier projet, Starch4Sapiens, s'intéresse à l'étude de la consommation d'aliments riches en amidon il y a environ 40000 ans quand *Homo sapiens* cohabitait avec plusieurs autres Hominines dont les Dénisoviens et les Néandertaliens faisaient partie. L'identification de ces structures amyliées sur des restes dentaires de squelettes humains s'appuie sur des études biologiques, génétiques et isotopiques. Les premiers résultats démontrent clairement une consommation de plantes à céréales bien avant le début du Néolithique. S'agissait-il d'une récolte opportuniste ? Ou d'une réelle stratégie pour préserver et cultiver des plantes riches en amidon ? Sur ce point, deux projets (ACIGOL et FOOD-RE) visent à reconstituer l'évolution du couvert végétal en Anatolie et dans la région de Marseille à partir de l'identification palynologique réalisée sur des séquences sédimentaires d'origine travertineuses datées du Pléistocène inférieur (-2,3 Ma et -1 Ma respectivement). La mise en évidence de protocéréales et la présence de grands herbivores entre -2,3 Ma et le début de l'Holocène se sont appuyées sur un méticuleux travail d'identification des grains de pollens et de spores coprophiles. Les premiers résultats de cette étude paléoécologique, unique à cette échelle de temps long, ont été publiés très récemment⁽³⁾. Les projets Starch4Sapiens, ACIGOL et FOOD-RE contribuent à redimensionner dans le temps et dans l'espace les interactions entre des populations d'Hominines et les ressources alimentaires disponibles fondées sur une mise à profit des plantes riches en amidon telles que les céréales. Jusqu'à encore très récemment, l'étude des cultures matérielles issues de fouilles archéologiques alimentait le paradigme selon lequel l'exploitation et le développement de la domestication des céréales étaient propres à l'essor de la culture néolithique. De nouvelles pistes de recherche interdisciplinaire s'offrent ainsi à des communautés scientifiques qui, grâce à des méthodes et techniques novatrices, viennent apporter un nouvel éclairage sur ces questions fondamentales de la définition temporelle des premières populations agropastorales.

2. Guilaine, 2001.

3. Andrieu, *et al.*, 2021.

4. Restes de végétaux, charbons, graines, etc.



Paysages anthropisés, lac Petron, Grèce. © Matthieu Ghilardi

Du Néolithique à l'époque moderne : une phase importante de diffusion des modes d'exploitation et de domestication des ressources végétales

Ce thème concerne 12 projets financés par l'ANR. L'apport des études isotopiques et génomiques a été particulièrement important au cours de ces dernières années, en complément des analyses plus classiques dans le domaine de la paléoécologie où les identifications anthracologiques, carpologiques et palynologiques demeurent basiques mais essentielles. L'utilisation de matériel archéologique prélevé à l'échelle intra-site et replacé dans un contexte régional plus large (multiplication des sites d'étude) favorise une collaboration pluridisciplinaire élargie entre les sciences humaines et sociales, et environnementales. Ainsi, les résidus retrouvés dans des contenants permettent de reconstituer l'histoire de l'alimentation et de l'exploitation des ressources végétales. Cela concerne particulièrement les projets FRUCTIMEDHIS, EXSUDARCH, MAGI et GEPRICO. Autre thème abordé, la reconstitution des trajectoires et temporalités de diffusion des pratiques de céréaliculture. Ces modélisations sont largement fondées sur l'utilisation de données radiométriques obtenues à partir des débris organiques⁽⁴⁾ acquis au sein des vestiges archéologiques. Quatre projets se sont particulièrement attachés à reconstituer les trajectoires de diffusion des céréales, en Europe occidentale (ArkaeoAG), sur le continent africain (AfriCrop), dans le Caucase (ORIMIL) et au Proche-Orient (KHARMAN). En complément des céréales et légumineuses, les origines, le développement et l'expansion de la vigne cultivée, en France notamment, sont au cœur du projet VINICULTURE, alors que le pavot somnifère, dont la diffusion vers l'Europe occidentale pourrait remonter au début du Néolithique, est étudié dans le cadre de POPPY. L'accumulation des informations pluridisciplinaires obtenues est particulièrement importante pour dater localement des phases de développement agricole, mais la modélisation régionale, voire intrarégionale, de la diffusion des matières végétales demeure encore lacunaire. À ce titre, des efforts doivent être portés sur cet aspect de synthèse, et donc de modélisation, des flux de ressources végétales, mais aussi animales, dans le cadre de la compréhension des développements des systèmes agropastoraux de notre planète et ce depuis le Néolithique au moins. Par exemple, des études incluant des analyses

systematiques d'ADN pourraient, dans le futur, venir documenter de manière plus importante les origines et les trajectoires de diffusion depuis des foyers principaux (échelle continentale) vers des foyers secondaires (échelle régionale voire microrégionale). Le projet ArkæoAG se positionne sur cette ambition. En complément des céréales, légumineuses et autres espèces végétales domestiquées, le bois des forêts a longtemps été, et est toujours, exploité pour la construction d'habitats (TiMMA) mais aussi pour le bois de chauffage (DENDRAC). Les lieux précis de prélèvement de la ressource ligneuse, le choix des espèces, ainsi que les besoins nécessaires en fonction des populations, sont au centre des problématiques de ces projets. L'un des enjeux actuels est de pouvoir étendre les zones d'étude afin de mieux connaître, notamment, l'état de dégradation des forêts à l'échelle mondiale et de préciser leur rôle dans le développement des sociétés au détriment des environnements et des paysages.

**Les pratiques agricoles sur le temps long :
quelles conséquences environnementales ?**

L'agriculture fait actuellement peser de lourdes menaces sur les environnements : perte de couverture forestière (dans la zone inter-tropicale plus particulièrement) au bénéfice de parcelles pour une agriculture spécifique dans des milieux fragiles, appauvrissement et érosion renforcée des sols, introduction d'espèces invasives, etc. Les effets de la mondialisation économique se font ainsi directement ressentir sur la vulnérabilité toujours croissante des écosystèmes par le prisme des pratiques agricoles. Des solutions essaient cependant d'être proposées et appliquées afin de limiter ces modifications paysagères et environnementales bien souvent irrémédiables. Sur le temps long de l'Holocène, les sociétés humaines ont notamment fait évoluer les formes de cette agriculture en modifiant la forme et la taille des surfaces cultivées (PARCEDES), en introduisant de nouvelles espèces, en modifiant les techniques pour accroître la production et les rendements face, en particulier, à des accroissements démographiques et en développant des lieux de stockage et d'habitat des agriculteurs (HOMES). Ces populations ont également été confrontées à des changements environnementaux qui ont pu engendrer une moindre production, entraînant des famines notamment. Les paramètres climatiques sont bien évidemment directement concernés, ce qui fait l'objet du projet MICA, qui propose de modéliser les liens entre les changements climatiques et leurs impacts sur les pratiques agricoles dans le sud de la France.

L'exploitation des ressources environnementales par les sociétés du passé : quels impacts sur la biodiversité ?

Cette problématique, au cœur des préoccupations des sociétés humaines modernes des XX^e et XXI^e siècles, trouve un écho sur le temps long du Quaternaire. Si les activités cynégétiques (chasse, pêche et cueillette) des populations préhumaines et humaines de la période couvrant le Pléistocène et le début de l'Holocène ont pu impacter la disponibilité des ressources végétales et animales de la planète, il semble tout de même que les dix derniers millénaires aient connu des phases plus intenses d'exploitation des milieux. En effet, il est intéressant de constater qu'à partir du Néolithique, la maîtrise et la diffusion de l'agriculture ont engendré de profonds bouleversements sur les écosystèmes de la planète : ouverture du couvert forestier au profit de prairies où pastoralisme et céréaliculture se sont développés de manière asynchrone à l'échelle des différentes régions du globe. Le projet STEPABILITY aborde la question

des pratiques pastorales dans un milieu fragile, celui des steppes, au cours de la Protohistoire. La quantification des impacts environnementaux d'origine anthropique sur le milieu « naturel » reste encore à élucider : perte et modification de biodiversité, émissions de gaz à effet de serre (dioxyde de carbone en particulier) avec la pratique de la culture sur brûlis et le développement de l'élevage intensif. D'autres conséquences sont encore à évaluer, telles que l'érosion des sols en raison de leur forte exposition au ruissellement en contexte de moindre présence d'un couvert végétal protecteur et l'amenuisement de la ressource hydrique à des fins d'irrigation notamment. Les pistes de réflexion qui viennent d'être brièvement évoquées doivent ainsi permettre de définir des environnements de référence (antérieurs aux perturbations d'origine humaine) et d'orienter le financement de la recherche pour appréhender la notion de résilience, ou de non-adaptation, des écosystèmes de la planète depuis que les humains les exploitent. Ainsi, la notion d'irréversibilité des situations pourra être introduite sur le temps long, afin de mieux cerner de manière systémique la vulnérabilité de la biodiversité, considérant que l'évolution des pratiques humaines s'accompagne de progrès techniques capables d'altérer chaque fois plus durement la biosphère notamment.



Érosion liée aux pratiques agricoles en Grèce du Nord.
© Matthieu Ghilardi

Fiches projets

p. 128	ACIGOL
p. 129	AfriCrop
p. 130	ArkaeoAG
p. 131	BigGame
p. 132	CAMELANDES
p. 133	DeerPal
p. 134	DENDRAC
p. 135	EXSUDARCH
p. 136	FOOD-RE
p. 137	FRUCTIMEDHIS
p. 138	HOMES
p. 139	KHARMAN
p. 140	MAGI
p. 141	ORIMIL
p. 142	PaleoCet
p. 143	PARCEDES
p. 144	PARURES
p. 145	PHOENIX
p. 146	POPPY
p. 147	Starch4Sapiens
p. 148	TIMMA
p. 149	VINICULTURE

ACIGOL

Sur la route des premiers Homininés en Eurasie : biodiversité, climat et changements environnementaux depuis 3 Ma

Rappel des objectifs et méthodologie

L'objectif de ce projet était de mettre en place un réseau de chercheurs nationaux et internationaux dans le domaine des paléoenvironnements et paléoclimats sur la route suivie par les populations d'Homininés, depuis le Moyen-Orient jusqu'à l'ouest du bassin méditerranéen.

Le réseau de chercheurs s'est constitué dans des domaines scientifiques divers allant des géosciences et sciences environnementales (géophysique, paléoécologie, écologie, modélisation, géochimie, génétique) aux sciences humaines (archéologie, ethnoarchéologie) afin de constituer un consortium qui a servi d'ossature à deux projets ERC Advanced Grant « ANATOLIA » et SYNERGY « FEEDWAY », déposés en 2021.

Production scientifique et valorisation

Andrieu-Ponel V., et al. (2021) Continuous presence of proto-cereals in Anatolia since 2.3 Ma, and their possible co-evolution with large herbivores and hominins. *Scientific Reports (Nature)*, 11, 8914, Q1.

Demory F., et al. (2020) Chronostratigraphy, depositional patterns and climatic imprints in Lake Acigol (SW Anatolia) during the Quaternary. *Quaternary Geochronology*, 56, 101038.

Début du projet : 2018 | Durée : 24 mois
Financement ANR : 29 700 €

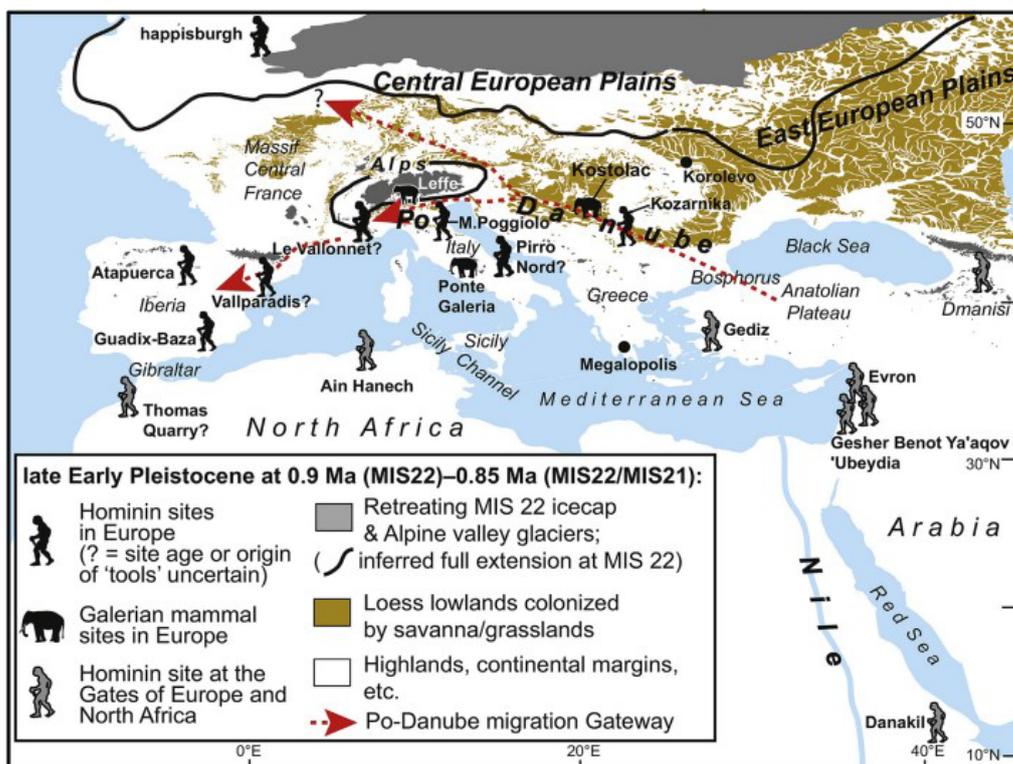
Partenaires

UMR 7263 IMBE, Aix-en-Provence | UMR 7330 CEREGE, Aix-en-Provence | UMR 7194 MNHN, Paris | Max Planck Institute for Evolutionary Anthropology, Leipzig (Allemagne)

Coordination

Valérie Andrieu – UMR 7330 CEREGE, Aix-en-Provence – andrieu@cerege.fr

PARTIE 2 | PANORAMA DES PROJETS FINANCÉS PAR LE PLAN D'ACTION DE L'ANR



Zone géographique concernée par les projets ERC déposés. © Muttoni, et al. 2018

AfriCrop

Étude de l'histoire évolutive des plantes domestiquées africaines

Rappel des objectifs et méthodologie

L'origine de l'agriculture en Afrique est encore mal connue. À partir de l'étude du génome des plantes africaines, le projet a permis d'identifier un centre de domestication africain. La diversité des plantes cultivées est liée à leur adaptation face à des environnements changeants. Cette diversité est modélisée par l'histoire de leur domestication et des activités humaines. Face au défi majeur du changement climatique, la connaissance de cette histoire et de cette diversité est primordiale pour faire face au défi d'adaptation au changement climatique et pour assurer l'alimentation d'une population africaine en forte expansion démographique. Deux hypothèses sur les processus de domestication en Afrique ont été émises : 1/ l'origine préférentielle de l'agriculture en zone de savane ; 2/ l'absence de centre de domestication marqué.

Au niveau méthodologique, plusieurs plantes cultivées africaines majeures ont été analysées : le mil (*Pennisetum glaucum*), le riz africain (*Oryza glaberrima*), l'igname (*Dioscorea rotundata*), le fonio (*Digitaria exilis*) et le sorgho (*Sorghum bicolor*). Les méthodes ont principalement reposé sur le séquençage du génome entier de plusieurs variétés traditionnelles. L'analyse de ces données à l'aide de modèles spatiaux a permis de reconstruire l'histoire de ces plantes.

Résultats majeurs

Les résultats ont démontré que l'origine de l'agriculture africaine est à rechercher au sein du Sahara, il y a plus de 5000 ans. Mil, riz et igname définissent pour la première fois un centre de domestication ouest-africain, similaire à celui identifié au Moyen-Orient (Croissant fertile). L'hypothèse selon laquelle l'aridification du Sahara aurait été à l'origine d'un changement majeur de société, avec l'adoption de

l'agriculture, émerge de nos résultats. Les données sur le fonio et le sorgho illustrent une histoire plus complexe de cette agriculture africaine avec plusieurs centres d'origine disséminés le long du Sahel, notamment au centre (Nigeria, Tchad) et à l'est (Soudan, Égypte).

Production scientifique et valorisation

Scarcelli N., et al. (2019) Yam genomics supports a cradle of African crops domestication in West Africa. *Science Advances*, 5 : eaaw1947

Burgarella C., et al. (2018) A western Sahara origin of African agriculture inferred from pearl millet genomes. *Nature Ecology and Evolution*, 2, pp. 1377-1380.

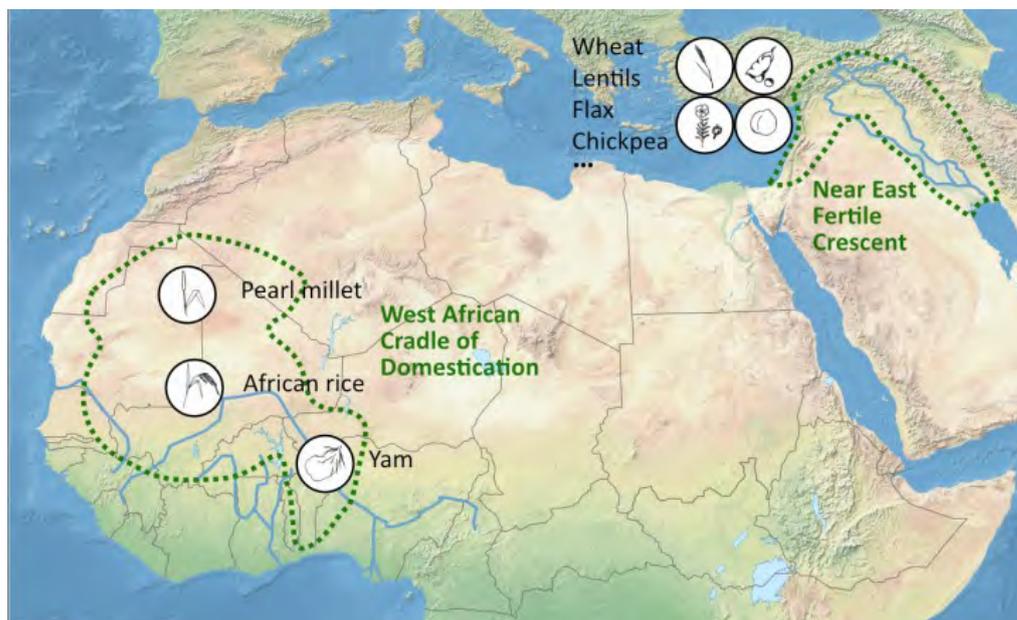
Cubry P., et al. (2018) The rise and fall of African rice cultivation revealed by analysis of 246 new genomes. *Current Biology*, 28, pp. 2274-2282.e6.

Début du projet : 2013 | Durée : 60 mois
Financement ANR : 652 706 €

Partenaires
 UMR 232 DIADE-IRD, Montpellier | TIMC-IMAG, Grenoble |
 UMR 1334 AGAP, Montpellier | UMR 8171 IMAF, Paris

Coordination
 Yves Vigouroux – UMR 232 DIADE-IRD, Montpellier –
 yves.vigouroux@ird.fr

Les origines de l'agriculture africaine.
 © Scarcelli, et al. 2019



ArkaeoAG

Histoire, origine et expansion de l'Agriculture : Nouvelles évidences de l'archéobotanique et de la paléogénétique

Rappel des objectifs et méthodologie

ArkaeoAG a pour objectif de retracer l'origine et l'expansion de l'agriculture au cours de l'Holocène en tant que processus majeur de la structuration socioéconomique de la civilisation moderne. Pour atteindre cet objectif, le projet associe des spécialistes en paléogénomique, en biologie évolutive, en archéobotanique, en carpologie et en paléoécologie afin d'étudier des vestiges de blés anciens (*Triticum spp.*) conservés dans des sédiments. En plus d'être emblématique du patrimoine français reconnu internationalement, le blé est une espèce modèle pour laquelle la reconstruction en profondeur des étapes de sa domestication renseigne précisément sur l'histoire des populations préhistoriques (origines, contacts, mouvements...) sur les 10 000 dernières années. ArkaeoAG fournira des ressources provenant de l'étude de blés anciens présentant un intérêt majeur pour les futurs programmes de sélection des variétés modernes, dans un contexte d'agriculture durable et de changements climatiques.

À partir de 65 sites archéologiques référencés donnant accès à 88 assemblages de grains et de pains de blé, provenant de 12 taxons et datant de -9 500 à 1 500 de notre ère, ArkaeoAG propose, au travers d'approches intégrées d'archéobotanique (enquête sur les interactions passées humain-plante) et de paléogénomique (analyse de l'ADN ancien), de fournir de nouvelles perspectives sur l'histoire fascinante d'une espèce végétale : le blé. Ce dernier, depuis son origine dans le Croissant fertile au début du Néolithique, s'est diffusé avec les communautés humaines sur tous les continents, pour devenir la principale culture céréalière dans le monde, comprenant aujourd'hui plusieurs milliers de variétés modernes adaptées à un large éventail d'environnements et d'utilisations humaines. Les différents centres d'origine, mais aussi les voies de contacts, de migrations ou d'échanges entre agriculteurs fondateurs, indépendants et disséminés en Europe, seront retracés par les recherches archéologiques et d'ADN ancien sur des restes de blé couvrant les 10 000 dernières années.

Résultats majeurs

ArkaeoAG vise : 1/ à reconstruire les étapes microévolutives de la domestication du blé (origine et expansion) héritées de l'histoire de la population humaine (migration, mélange, culture et sélection) ; 2/ à caractériser des allèles intermédiaires ou éteints de gènes liés aux traits agronomiques offrant une diversité allélique, aujourd'hui perdue, à utiliser pour repenser les futurs schémas de sélection variétale. Les différentes approches (archéologie, archéobotanique, paléogénomique) fourniront des preuves complémentaires de parenté des blés anciens entre différents sites géographiques et époques, qui seront utilisés comme indicateurs (ou *proxies*) pour reconstruire l'histoire de la culture du blé et évaluer dans quelle mesure celle-ci reflétait l'histoire de la population humaine.

Production scientifique et valorisation

Pont C., *et al.* (2019) Paleogenomics : reconstruction of plant evolutionary trajectories from modern and ancient DNA. *Genome Biology*, 20(1), 29.

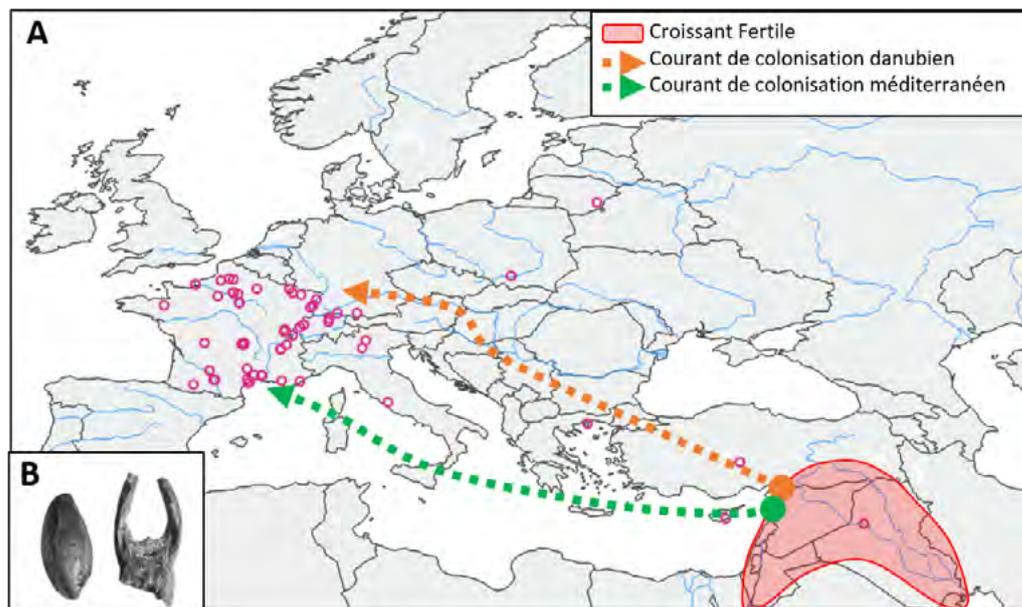
Début du projet : 2021 | Durée : 48 mois
Instrument : PRC | Financement ANR : 633 077 €

Partenaires
UMR 1095 GDEC, Clermont-Ferrand | Inrap, Paris | UMR 7209 AASPE, Paris | UMR 6249 Chrono-environnement, Besançon | UMR 5288 AMIS, Toulouse

Coordination
Jérôme Salse – UMR 1095 GDEC, Clermont-Ferrand – jerome.salse@inrae.fr

Centre d'origine de la domestication du blé et les deux voies principales d'expansion de la culture du blé vers la France (A). Les points roses sur la carte représentent les sites de fouilles expertisés dans le cadre du projet ArkaeoAG pour l'étude de l'ADN ancien de restes archéobotaniques de blé (B).

© C. Pont, D. Schaal.



BigGame

Environnements et gestion des grands herbivores par Néandertal en France septentrionale

Rappel des objectifs et méthodologie

Les Néandertaliens ont vécu dans des environnements changeants, parfois extrêmes. Cette adaptabilité des sociétés humaines est en lien direct avec l'écoéthologie de leurs ressources essentielles, les animaux, dont les grands et méga herbivores, les « Big Game », font partie. BigGame a pour ambition d'identifier dans quelle mesure ces changements ont impacté les faunes consommées et utilisées par les sociétés néandertaliennes dans les plaines de la France septentrionale. Un vaste corpus archéologique et faunique y atteste de changements écologiques marqués, mais la plasticité des espèces est méconnue. Enfin, le projet vise à identifier le détail de ces processus, sur les temps court et long, par le biais de différentes spécialités situées à l'interface des sciences humaines et des sciences de l'environnement.

Le projet vise l'emploi de méthodes à la pointe des dernières avancées en paléanthropologie et en archéologie préhistorique, centrées sur l'animal dans les différentes composantes de sa relation à l'homme de Néandertal. Cette approche sera appliquée pour la première fois aux contextes néandertaliens, permettant une approche globale des relations homme-ressources-environnement. Reposant sur une large interdisciplinarité, ce projet conduit à construire d'autres transversalités et constituera la première étude à grande échelle englobant différents taxons d'animaux pendant toute la période de développement et de disparition d'une espèce humaine fossile. La couverture géographique de l'étude favorisera la réévaluation des collections ainsi que le développement des études paléobiologiques et archéométriques. Le développement d'une pensée originale croisant ces champs de recherche nous amènera à comprendre différemment les relations entre les humains et les autres animaux dans leurs contextes écologiques et archéologiques.

Ainsi, le projet développera de nouveaux modèles relatifs aux comportements des chasseurs-cueilleurs passés face à leurs environnements et climats, afin de s'affranchir des frontières disciplinaires et de construire de nouvelles transversalités.

Résultats majeurs

BigGame offrira l'opportunité de créer une collaboration pérenne entre plusieurs équipes françaises et internationales, comprenant la coproduction de connaissances, l'enseignement, la formation post-doctorale de doctorants et d'étudiants de master. Une base de données est conçue pour intégrer toutes les informations disponibles : elle sera stockée de manière permanente et en libre accès. Les principaux résultats de ce projet seront également présentés au public non spécialisé, à travers la réalisation d'une exposition photographique temporaire itinérante, des présentations publiques, des documentaires, mais aussi via un musée archéologique ou naturaliste régional.

Début du projet : 2022 | Durée : 48 mois
Instrument : PRC | Financement ANR : 371 449 €

Partenaires

UMR 8198 Evo-Eco-Paléo, Lille | UMR 7194 HNHP, Paris |
 UMR 7041 ArScAn, Nanterre | UMR 5276 LGL, Lyon |
 UMR 6566 CReAAH, Rennes | UMR 8591 LGP, Meudon |
 GéoArchÉon, Vigneulles-lès-Hattonchâtel |
 IPHES, Tarragone (Espagne) | TraceoLab, Liège (Belgique) |
 California State University, Northridge (USA) |
 University College London (Angleterre)

Coordination

Patrick Auguste – UMR 8198 Evo-Eco-Paléo, Lille –
 patrick.auguste@univ-lille.fr

Les grandes plaines de la France septentrionale, territoires de Néandertal durant plus de 200 000 ans. Retourchoir en os d'uroch provenant du site de Biache-Saint-Vaast (Pas-de-Calais) illustrant un des aspects non alimentaires de l'utilisation des grandes faunes mammaliennes.

© Patrick Auguste



CAMELANDES

Des lamas dans le désert : le pastoralisme andin à l'époque préhispanique

Rappel des objectifs et méthodologie

La côte désertique péruvienne est un milieu aride a priori peu favorable à l'installation de populations humaines. Ce cadre d'étude particulier a été choisi pour documenter les stratégies d'adaptation et les réponses des sociétés préhispaniques de la côte nord du Pérou pour lutter, se prémunir et adapter leurs usages et pratiques aux stress environnementaux. La maîtrise du milieu physique s'exprime par des innovations techniques, parmi lesquelles le pastoralisme occupe une place centrale. L'objectif principal du projet était de contribuer à cette question en adoptant un angle nouveau d'étude de la gestion des territoires et de l'économie de production animale. CAMELANDES s'est intéressé aux modalités de gestion des troupeaux de camélidés, leur localisation, leur alimentation et leur mobilité, leur état de santé et la caractérisation de leurs fibres pour l'artisanat textile. Les retombées de CAMELANDES sont sociétales, avec des résultats qui ouvrent de nouvelles perspectives conceptuelles. Les résultats obtenus sur plus d'un millénaire permettent de rediscuter des théories archéologiques sur l'organisation, l'économie et le symbolisme des sociétés andines. L'étude du matériel issu de six sites archéologiques des cultures Mochica, Lambayeque et Chimú a permis de couvrir l'histoire du pastoralisme sur un vaste territoire de la côte nord sur plus de 1000 ans. L'approche méthodologique adoptée par CAMELANDES a reposé sur une forte interdisciplinarité : archéologie, archéozoologie, biogéochimie isotopique, archéobotanique, paléoparasitologie et analyse de fibres et textiles. L'archéozoologie, la biogéochimie et l'archéobotanique ont mis en évidence que les troupeaux de camélidés vivaient dans les basses-terres, qu'une grande partie de leur alimentation était basée sur un affouragement en maïs et que les animaux sélectionnés pour les rituels provenaient de multiples troupeaux présents localement. La paléoparasitologie a montré que certains animaux présentaient des parasites vecteurs de maladies, potentiellement létaux. Enfin, l'étude des fibres des toisons a confirmé que la diversité phénotypique était plus importante à l'époque préhispanique. Cette approche interdisciplinaire a permis de reconstruire les histoires de vie des camélidés avec une résolution inédite pour cette aire chronoculturelle.

Résultats majeurs

Les données inédites issues de l'approche interdisciplinaire remettent clairement en cause les concepts en cours sur le pastoralisme andin. Longtemps envisagée avec un fort scepticisme par les archéologues,

la présence permanente des camélidés sur la côte péruvienne est désormais attestée sur plus d'un millénaire. Affouragés, sélectionnés en fonction de leur âge et/ou pelage, mais aussi avec des parasites affectant leur santé, les camélidés trouvés dans les sites archéologiques de la côte nord du Pérou avaient une origine locale et s'étaient parfaitement adaptés à un milieu bien différent de celui des hautes-terres des Andes où ils ont été domestiqués.

Production scientifique et valorisation

Dufour E. et Goepfert N., (2020) Past Andean Pastoralism: A Reconsidered Diversity. Introduction to the Special Issue. In : Dufour E. et Goepfert N., (eds.), *Past Andean pastoralism: a reconsidered diversity*. *Environmental Archaeology*, Taylor & Francis, 25(3), pp. 257-261.

Dufour E., et al. (2020) Life History and Origin of the Camelids Provisioning a Mass Killing Sacrifice During the Chimú Period: Insight from Stable Isotopes. In : Dufour E. et Goepfert N., (eds.), *Past Andean pastoralism: a reconsidered diversity*. *Environmental Archaeology*, Taylor & Francis, 25(3), pp 310-324.

Goepfert N., et al. (2020) Herds for the Gods? Selection Criteria and Herd Management at the Mass Sacrifice Site of Huanchaquito-Las Llamas During the Chimú Period, Northern Coast of Peru. In : Dufour E. et Goepfert N., (eds.), *Past Andean pastoralism: a reconsidered diversity*. *Environmental Archaeology*, Taylor & Francis, 25(3), pp. 296-309.

Début du projet : 2015 | Durée : 48 mois
Instrument : JCJC | Financement ANR : 263 514 €

Partenaires

UMR 8096 ArchAm, Paris | UMR 6249 Chrono-environnement, Besançon | UMR 8212 LSCE, Gif-sur-Yvette | UMR 7209 AASPE, Paris | UMR 7041 ArScAn, Paris | Musée du Quai Branly-Jacques Chirac, Paris | Université nationale de Trujillo (Pérou) | Ministère de la Culture du Pérou

Coordination

Nicolas Goepfert – UMR 8096 ArchAm –
nicolas.goepfert@cnr.fr

Dépôt d'un camélidé sacrifié sur le site de Huanchaquito-Las Llamas sur côte nord du Pérou au XV^e siècle de notre ère.

© Nicolas Goepfert



DeerPal

Quels éclairages du passé sur l'écologie des cervidés et les interactions climat-animaux-humains ?

Rappel des objectifs et méthodologie

Alors que nous assistons à une extinction de masse, les animaux sauvages sont confrontés au double défi imposé par les effets directs des activités humaines et de ceux, plus indirects, du changement climatique. Les recherches sur les populations actuelles livrent des données capitales, mais souvent biaisées par la forte anthropisation des écosystèmes terrestres, et la réponse des communautés animales aux changements climatiques est difficilement abordable en l'absence d'une perspective diachronique sur le temps long. Dans ce contexte, le projet DeerPal, à la jonction de l'archéologie et de la paléoécologie, propose de pousser plus en avant nos connaissances des communautés animales confrontées aux changements climatiques majeurs de la Préhistoire, tout en documentant la réponse des sociétés passées face à de tels changements. Le projet s'intéresse à l'histoire de cervidés (renne, cerf et chevreuil) au Paléolithique, lorsque ces animaux constituaient une part essentielle des économies de chasseurs-cueilleurs, bien avant l'avènement de l'agriculture. Les objectifs de DeerPal sont, d'une part, de documenter la variabilité des niches écologiques des cervidés dans le passé, et, d'autre part, de mener une étude dans le temps long sur l'impact des changements climatiques sur des espèces sauvages qui étaient des ressources essentielles pour les sociétés passées.

Pour répondre à ces objectifs, DeerPal propose de combiner, sur des ensembles archéologiques, quatre méthodes d'analyse. Ces dernières permettront d'acquérir des informations complémentaires sur la paléoécologie des populations animales : 1/ la microusure dentaire renseigne sur leur régime alimentaire et la végétation environnante ; 2/ l'analyse des isotopes stables apporte des informations sur leurs couloirs de migration, leur régime alimentaire et le climat ; 3/ la cémentochronologie nous informe sur la saison et l'âge au décès des animaux ; 4/ les analyses morphométriques permettent d'identifier des sous-populations de cervidés et de déterminer leur comportement migrateur ou non. Deux périodes archéologiques caractérisées par d'importants changements climatiques et culturels ont été sélectionnées pour répondre à deux angles complémentaires de recherche : les longues séquences stratigraphiques du Paléolithique moyen du sud-ouest de la France (env. -100 000 à -40 000), pour fournir une perspective diachronique, et les sites du Tardiglaciaire (env. -16 000 à -12 000) entre les Pyrénées et le Bassin parisien, pour une discussion à large échelle biogéographique des réponses des populations de cervidés au réchauffement climatique de la fin des temps glaciaires.

Résultats majeurs

Le projet DeerPal est en cours et deux retombées principales sont attendues : dans un premier temps, en testant si la variabilité des niches écologiques des cervidés est plus importante dans le passé que dans l'actuel, nous espérons apporter une vision plus complète de leur écologie. Dans un second temps, en explorant sur le temps long l'impact des changements climatiques sur les communautés animales et les sociétés humaines d'une nouvelle manière, nous devrions contribuer à proposer un nouveau regard sur l'impact des changements environnementaux sur les sociétés passées.

Production scientifique et valorisation

Discamps E. et Dancette C., (2022) Étude taphonomique et spatiale des associations de grands mammifères non analogues du Pléistocène supérieur de la Grotte XVI (Dordogne, France). *Comptes Rendus Palevol*, 21(27), pp. 551-594.

Rendu W., et al. (2022) Using Cementochronology to Discuss the Organization of Past Neanderthal Societies. *Dental Cementum in Anthropology*, Cambridge University Press, pp. 275-287.

Début du projet : 2019 | Durée : 66 mois
Instrument : PRC | Financement ANR : 427 773 €

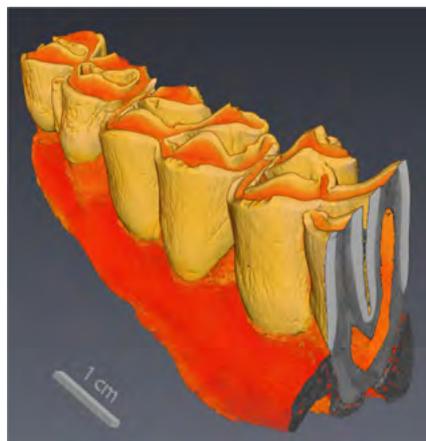
Partenaires

UMR 5608 TRACES, Toulouse | UMR 5199 PACEA, Bordeaux |
 UMR 6282 Biogéosciences, Dijon

Coordination

Emmanuel Discamps – UMR 5608 TRACES, Toulouse –
 emmanuel.discamps@cnr.fr

Reconstruction 3D (microCT scan) des structures anatomiques externes (en couleur) et internes (en noir et blanc) de la mandibule d'un renne chassé il y a plus de 14 000 ans.
 © Emmanuel Discamps



DENDRAC

Développement d'outils dendrométriques appliqués à l'anthracologie : étude des relations homme-ressources-environnement

PARTIE 2 | PANORAMA DES PROJETS FINANCÉS PAR LE PLAN D'ACTION DE L'ANR

Rappel des objectifs et méthodologie

Avant l'époque préindustrielle, la collecte du bois de feu domestique faisait l'objet d'une activité quasi quotidienne qui dépendait des contextes sociaux et économiques. Les charbons de bois archéologiques sont donc le reflet des pratiques de collecte et de gestion des boisements anciens, dont les modalités sont conditionnées par la diversité spécifique et la biomasse disponible. Leur étude doit également permettre d'aborder les formes de gestion forestière, les choix technoeconomiques et leur effet spécifique sur les paysages passés, ou encore l'impact d'événements climatiques. Néanmoins, faute d'outils adaptés, l'analyse des charbons de bois est le plus souvent réduite à l'étude d'une liste d'essences et de leurs fréquences, sans que l'information contenue dans l'anatomie du bois ne soit exploitée. Ainsi, les modes de collecte du bois et de gestion des boisements sont souvent discutés, mais les preuves directes restent rares, notamment pour les périodes pré- et protohistoriques. L'objectif du programme DENDRAC était donc de remonter aux pratiques de collecte du bois de chauffe et de restituer les modes de gestion des boisements par l'étude des charbons de bois archéologiques. Nous avons développé des paramètres dendroanthracologiques, fondés sur l'anatomie du bois, qui permettent de remonter aux caractéristiques des forêts passées. Les milieux boisés sont définis par leur composition, leur densité, la répartition des classes d'âge et de diamètre des arbres en présence, ainsi que les modes de régénération (semis, rejets de souche, émondage, etc.). Or l'arbre peut être considéré comme un filtre qui, par l'intermédiaire de divers processus physiologiques, convertit ces informations populationnelles et environnementales en différents signaux de sortie, les paramètres du cerne (largeur, nombre de vaisseaux, etc.). En postulant que l'information contenue dans le bois des arbres, notamment les cernes, puisse être exploitée, nous avons défini des critères morphoanatomiques et isotopiques adaptés au matériel carbonisé. Les référentiels et les protocoles de mesures ont été établis sur des peuplements de chênes actuels selon des méthodes reproductibles en anthracologie. Un axe a consisté à mettre en évidence des critères morphoanatomiques caractéristiques de l'âge, du diamètre, de la croissance. Un autre axe a consisté à tester la représentativité de ces paramètres sur des assemblages anthracologiques reproduits expérimentalement. Ces axes ont nécessité une approche multidisciplinaire, qui a réuni différents spécialistes (dendrochronologues, écophysiologistes, géobiochimistes, morphométriciens, informaticiens).

Résultats majeurs

Plusieurs ateliers ont été développés dans l'objectif de répondre à des questions archéologiques précises : estimation des diamètres de bois, âge minimal des bois exploités, modes de régénération. Les effets de la carbonisation tels que le retrait du bois ont été estimés. Les combinaisons possibles entre paramètres dendroanthracologiques ont permis d'établir des anthracogroupes permettant de caractériser différents modes d'exploitation. Ces modèles anthracotypologiques constituent aujourd'hui une grille de lecture utile à l'interprétation des assemblages archéologiques et reconnue à l'international.

Production scientifique et valorisation

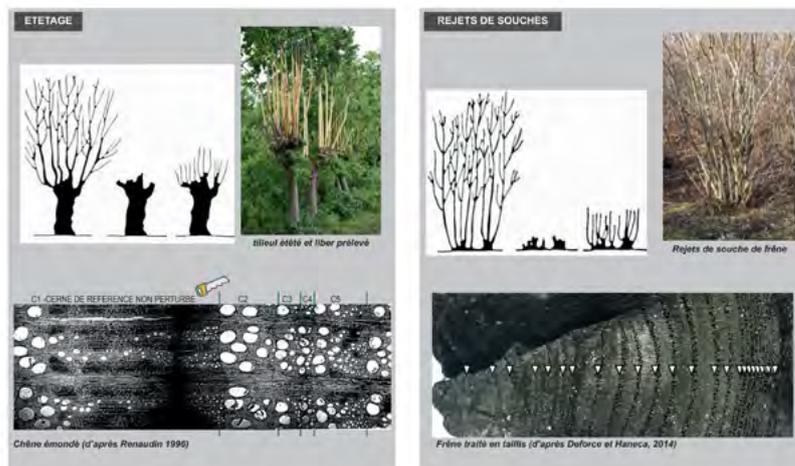
Dufraisse A., et al. (2018) Anthraco-typology as a key approach to past firewood exploitation and woodland management reconstructions. Dendrological reference dataset modelling with dendro-anthracological tools. *Quaternary International*, 463, Part B, pp. 232-249.

Picornell-Gelabert Ll., et al. (2020) Modelling dendro-anthracological parameters with dendrological reference datasets in order to interrogate the applicability of anthraco-typology to approach Aleppo pine (*Pinus halepensis* Miller) wood management from archaeological charcoal fragments. *Journal of Archaeological Science*, 124, 105265.

Début du projet : 2011 | Durée : 48 mois
Financement ANR : 130 000 €

Coordination
 Alexa Dufraisse – UMR 7209, AASPE, Paris –
alexa.dufraisse@mnhn.fr – <https://dendrac.mnhn.fr/>

Étêtage et rejets de souche : deux pratiques anciennes de taille des arbres et leur identification par l'anatomie du bois. Elles permettent la production simple et rapide de bois de feu. Seuls les feuillus possèdent cette capacité de régénération, notamment le chêne, le charme, le hêtre et le frêne.
 © Alexa Dufraisse



EXSUDARCH

Exsudats et goudrons végétaux en archéologie : chimie, fabrication et utilisations

Rappel des objectifs et méthodologie

Nos objectifs étaient les suivants : dresser un état des connaissances sur les matières adhésives conservées en contexte archéologique, les identifier grâce au développement de méthodologies micro- ou non destructives et à la mise en place de référentiels adaptés, et déterminer les stratégies d'acquisition, de fabrication, d'utilisation et de diffusion des sociétés concernées pour les substances considérées dans ce projet. La problématique principale consistait à appréhender de façon globale les systèmes de production et d'utilisation des exsudats et des goudrons végétaux, mais aussi leur évolution au cours du temps, à travers deux fenêtres spatio-temporelles différentes : l'ouest de l'Europe et le nord-ouest méditerranéen pendant le Néolithique et la protohistoire, ainsi que la péninsule Arabique de la protohistoire au Moyen Âge.

Une approche méthodologique se situant à l'interface entre l'archéologie, la chimie et l'archéobotanique a été mise en œuvre. Les avancées ont d'abord reposé sur l'élaboration d'une base de données combinant données chimiques, archéologiques et archéobotaniques, puis sur la mise en place de stratégies analytiques novatrices non ou microdestructives par spectroscopies vibrationnelles et spectrométrie de masse. Parmi les autres méthodes et techniques utilisées, il convient de citer : l'isolation de biomarqueurs moléculaires d'intérêt par des techniques chromatographiques préparatoires et le développement des référentiels sur les exsudats végétaux, la mise en place de procédés expérimentaux de fabrication de brai de bouleau dans des conditions contrôlées en laboratoire et en plein air, la construction d'une plateforme de tirs expérimentaux afin de déterminer les propriétés mécaniques des colles utilisées dans les activités cynégétiques et, enfin, le développement d'une méthode d'évaluation du coût-distance pour appréhender les circuits d'approvisionnement en écorce de bouleau.

Résultats majeurs

D'un point de vue archéologique, nous avons confirmé l'exploitation massive et quasi exclusive de brai de bouleau jusqu'aux confins de l'Europe de l'Ouest (Bretagne) au cours du Néolithique mais aussi dans la zone méditerranéenne. Au niveau méthodologique, des progrès ont été réalisés sur la caractérisation micro- ou non destructive

de résidus conservés en faible quantité, les protocoles expérimentaux de fabrication de brai de bouleau et d'adhésifs adaptés dans des expériences de tirs, l'isolation de certains biomarqueurs dans différents exsudats végétaux afin d'en déterminer la structure moléculaire avec certitude. Enfin, dans le domaine de l'archéobotanique, ce projet a permis d'appréhender les systèmes d'acquisition sur certains sites et de mettre en évidence une exploitation différenciée des ressources végétales pour leur bois et leurs produits dérivés (résine et goudron).

Production scientifique et valorisation

Regert M., (2013) Les matériaux organiques amorphes en archéologie : témoins de l'exploitation des substances naturelles au cours du temps. In : Thiébault S. (ed.), *L'archéologie au laboratoire*. Paris, La Découverte, « Recherches », Actes du colloque l'Archéologie au laboratoire organisé par l'Inrap en janvier 2012, pp. 113-126.

Daher C. et Bellot-Gurlet L., (2013) Non-destructive characterization of archaeological resins: seeking alteration criteria through vibrational signatures. *Analytical Methods*, 5, pp. 6583-6591.

Rageot M., et al. (2021) Management systems of adhesive materials throughout the Neolithic in the north-west Mediterranean. *Journal of Archaeological Science*, 126, 105309.

Début du projet : 2010 | Durée : 48 mois

Financement ANR : 240 000 €

Partenaires

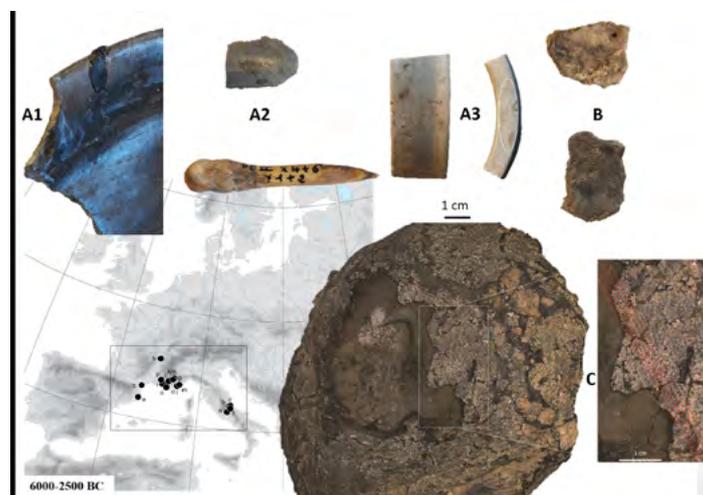
UMR 7264 CEPAM, Nice | UMR 6001 LCMB, Nice | UMR 7075 LADIR, Thiais | UMR 7209 AASPE, Paris

Coordination

Martine Regert – UMR 7264 CEPAM, Nice – martine.regert@cepam.cnrs.fr

Chromatogrammes de deux bras de bouleau archéologiques accompagnés par le corpus d'échantillons étudiés (6000-2500 avant notre ère).

© Rageot M. et al. 2021



FOOD-RE

Ressources alimentaires, climat et grands herbivores : interactions à long terme au sein d'un écosystème méditerranéen

Rappel des objectifs et méthodologie

Les objectifs du projet sont : 1/ de reconstituer les conditions environnementales (écosystème, géosystème), climatiques et économiques (ressources alimentaires potentielles) des premiers Homininés depuis leur « out of Africa » ; 2/ de distinguer les facteurs environnementaux de la dynamique migratoire des populations d'Homininés et de grands herbivores depuis trois millions d'années : variabilité climatique, herbivorie, géodynamique (volcanisme), incendies et processus érosifs. FOOD-RE s'appuie sur la découverte exceptionnelle de pollen de protocéréales depuis 2,3 millions d'années, à Acigöl (Turquie), qui permet de remettre en question le début de la culture des céréales exclusivement au début du Néolithique.

La méthodologie est interdisciplinaire (sciences de l'environnement, de la vie et humanités) et rétrospective. Elle s'appuie sur l'acquisition de données multiproxies et d'une modélisation. Nous travaillerons sur des archives naturelles, longues et continues, englobant la quasi-totalité du Quaternaire, en Méditerranée orientale (Anatolie) et occidentale (sud-est de la France). Les méthodes utilisées reposent sur la géophysique, la géochronologie, la géochimie, la sédimentologie, les biomolécules, l'écologie et la paléoécologie pour les géosciences de l'environnement, et l'archéologie et l'ethnoarchéologie pour les sciences humaines et sociales.

Résultats majeurs

Les retombées envisagées du projet sont : 1/ la mise en évidence de l'ancienneté de l'apparition du pollen des céréales avant 2,3 millions d'années et le renforcement de la remise en question du paradigme du Néolithique, qui associe l'apparition des céréales à l'émergence de l'agriculture il y a 12000 ans, au Moyen-Orient ; 2/ le renforcement de l'hypothèse associant l'apparition des céréales (et autres plantes cultivées) aux interactions biotiques entre les écosystèmes steppiques et les mégafaunes d'herbivores ; 3/ la connaissance de la diète alimentaire potentielle à laquelle les Homininés et les autres animaux avaient accès avant la destruction de la mégafaune d'herbivores par l'humain, surtout à partir du moment où ce dernier est devenu agriculteur ; 4/ la mise en évidence des conséquences des grands changements climatiques sur la diète alimentaire potentielle, en particulier à partir de la transition mi-Pléistocène, lorsque les grandes glaciations se mettent en place et que la faune change, passant d'une faune thermophile, dite « villafranchienne », à une faune mésophile, dite « galérienne ».

Début du projet : 2022 | Durée : 51 mois
Instrument : PRC | Financement ANR : 478 510 €

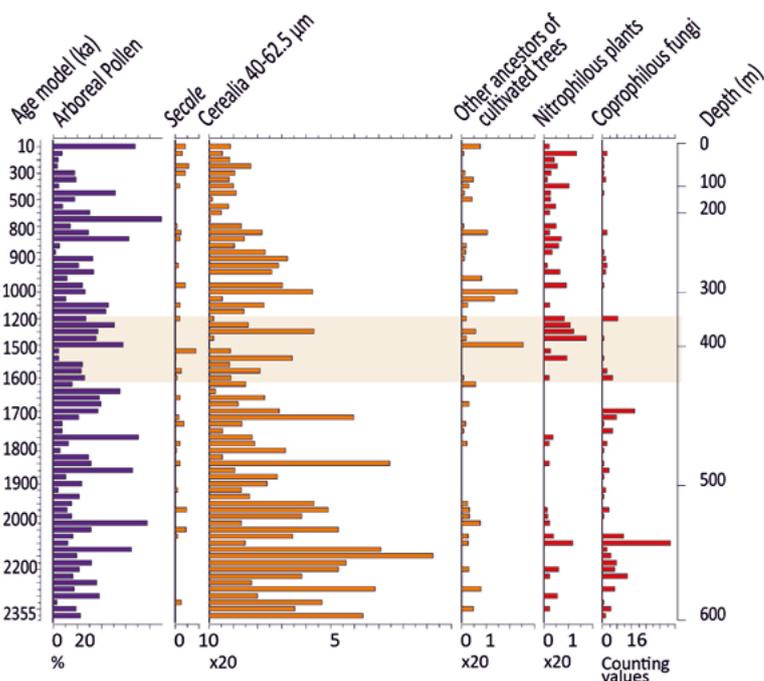
Partenaires

UMR 7330 CEREGE, Aix-en-Provence | UMR 8212 LSCE, Gif-sur-Yvette | UMR 5554 ISEM, Montpellier | Aarhus University/Department of Biology (Danemark)

Coordination

Valérie Andrieu – UMR 7330 CEREGE, Aix-en-Provence – andrieu@cerege.fr

Premiers résultats liés à l'étude des pollens et des *Non-Pollen Palynomorphs* (NPP) pour la séquence prélevée à Acigöl. La bande beige indique la présence d'*Homo erectus* à Kocabas. Secale sont des céréales. Plantes nitrophiles : *Plantago* et *Rumex*.
 © Valérie Andrieu



FRUCTIMEDHIS

Denrées et cultures nouvelles : perceptions et lectures croisées autour des fruits de la Méditerranée historique

Rappel des objectifs et méthodologie

Comment et par quels mécanismes d'introduction-acclimatation, les plantes nouvelles accompagnent le dynamisme économique et agraire de l'Occident antique et médiéval ? Au tournant des années 1990-2000, la naissance de l'archéologie du champ, portée par l'archéologie préventive et l'appropriation d'outils biologiques par les historiens et les archéologues des périodes historiques, renouvelle les connaissances et favorise la relecture des sources écrites et iconographiques. Ce contexte conduit à poser différemment la question de l'introduction de plantes nouvelles, considérée comme un facteur de la croissance agraire car vecteur d'innovation culturelle et sociale. Focalisée sur les fruits au sens alimentaire du terme, une lecture croisée inédite de sources plurielles, historiques, archéologiques, bioarchéologiques et iconographiques, portée par l'utilisation et la mise au point de méthodologies spécifiques, cherche à situer le statut botanique, économique, culturel et social de fruits venus de l'ailleurs et à mieux en cerner les mécanismes d'introduction-adaptation-acclimatation-diversification dans une zone clé : la Méditerranée nord-occidentale antique et médiévale.

Au niveau méthodologique, les dépouillements systématiques iconographiques et textuels ont enrichi le corpus. En archéologie agraire, le recensement des traces de plantation et des installations vinicoles s'est poursuivi. Un corpus inédit de céramiques (VI^e-XVI^e siècles) associées à la consommation des fruits, dont les pots de pharmacie ayant contenu des préparations à base de fruits ou présentant des images de fruits ou des moulages de fruits, a été rassemblé. Ainsi, la nouveauté fruitière a été mise en évidence. L'écoanatomie quantitative sur les charbons de bois d'*Olea* et la morphométrie géométrique sur les noyaux de dattes et pépins de raisin se sont poursuivies. Des protocoles spécifiques de prélèvement en cours de fouilles de pépins de vigne frais et les référentiels de morphométrie géométrique sur le genre *Cerasus* constituent les premières étapes pour mener des analyses de morphométrie géométrique sur les noyaux fossiles de cerises et pour extraire l'ADN des pépins de vigne archéologiques. Ces approches, conjuguées aux données archéologiques et textuelles, documentent l'histoire de la diversification variétale de la vigne et des cerisiers aux époques historiques. Le croisement de sources plurielles précise l'histoire des fruits depuis leur consommation jusqu'à leur

mise en culture et réévalue la chronologie de leur arrivée en Méditerranée nord-occidentale et au-delà. Les mécanismes de la nouveauté sont mieux cernés et certaines pratiques (complantage) réévaluées.

Résultats majeurs

Les nouveaux dépouillements textuels et iconographiques, complétés par les études archéologiques et bioarchéologiques, renouvellent nos connaissances sur l'histoire des fruits : introduction-diffusion de nouveaux fruits, adoption de nouveaux modes de culture, de consommation, d'usage, changements de statuts de certains fruits en lien avec l'évolution des sociétés. La mise au point de protocoles de prélèvement des pépins de vigne frais en vue d'analyses paléogénétiques et celle du référentiel de morphométrie géométrique sur *Prunus* débouchent sur l'agrobiodiversité qui témoigne de la diversification des paysages.

Production scientifique et valorisation

Bouby L., et al. (2013) Bioarchaeological Insights into the Process of Domestication of Grapevine (*Vitis vinifera* L.) during Roman Times in Southern France. *PLoS ONE*, 8(5): e63195.

Breton C., et al. (2009) The origins of the domestication of the olive tree. *Comptes Rendus Biologies*, 332(12), pp. 1059-1064.

Début du projet : 2007 | Durée : 48 mois

Financement ANR : 180 000 €

Partenaires

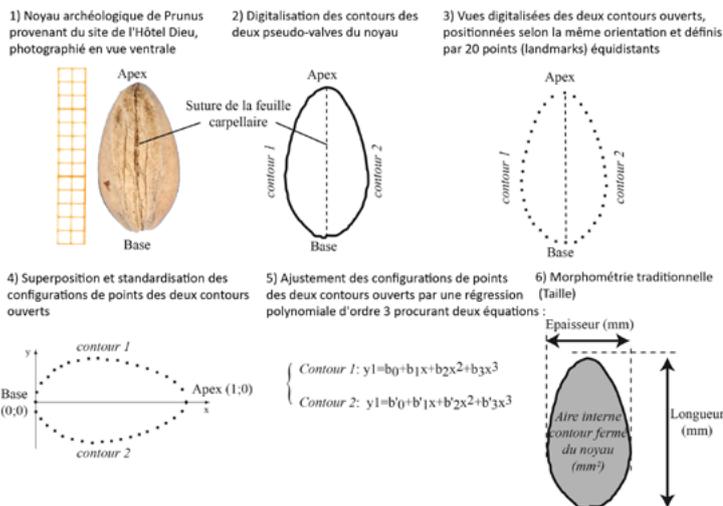
UMR 6572 LAMM, Marseille | UMR 5059 CBAE, Montpellier | UMR 8558 CRH, Paris | UMR 5608 TRACES, Toulouse

Coordination

Aline Durand – UMR 6566 CreAAH, Le Mans – aline.durand@univ-lemans.fr

Principe de la morphométrie géométrique appliquée aux noyaux de cerises antiques et médiévaux.

© Burger P., et al. CBAE et CRH



HOMES

Modéliser la maisonnée : économies et société des premières populations agricoles d'Europe continentale

Rappel des objectifs et méthodologie

Le projet HOMES vise à modéliser l'organisation économique, anthropologique et idéelle des premières sociétés d'agropasteurs néolithiques en Europe continentale. Différentes théories ont été avancées sur la structuration des habitats et du système social de la culture rubanée (VI^e millénaire avant notre ère), en adoptant un point de vue tour à tour démographique, économique, idéal ou social. Le projet HOMES propose une modélisation intégrative et systémique, à très haute résolution anthropologique et spatiale, des différentes règles d'intégrations économiques et sociales à la base de la pérennité et l'adaptabilité exceptionnelles de la culture rubanée. À partir de la zone atelier de la vallée de l'Aisne, le projet HOMES vise à définir : 1/ l'évolution de la maturité économique et de la capacité de production de maisonnées autonomes du point de vue alimentaire ; 2/ l'interdépendance entre maisonnées structurées autour de réseaux de réciprocité et d'une redistribution notamment artisanale ; 3/ l'intégration d'individus extérieurs à la communauté villageoise assurant la cohésion culturelle à une échelle suprarégionale.

Sur le plan des méthodes, le projet HOMES vise une modélisation statistique et spatiale des règles d'interaction qui régissent les sociétés rubanées. Cette analyse s'appuie sur un corpus solide de 9 sites de la vallée de l'Aisne, rassemblant près de 90 maisons et 85 sépultures réparties sur 80 kms le long de la vallée de l'Aisne dans le bassin de la Seine. Occupés sur environ 200 ans (-5100/-4900), ces sites permettent de disposer d'une haute résolution d'analyse chronologique et anthropologique. En combinant analyses archéologiques (archéozoologie, technologie et tracéologie des productions lithiques et céramiques), approches archéométriques (pétrographie, tomographie, analyses chimiques sur céramiques et outils) et bioarchéologiques (isotopes stables des grains et os humains) sur un échantillonnage ciblé, le projet HOMES dispose des moyens pour produire des hypothèses fondées sur un cadre résolument pluridisciplinaire. L'approche systémique et intégrative du projet est structurée en quatre ateliers, dont trois ateliers thématiques et un dernier atelier de modélisation géostatistique.

Résultats majeurs

Le projet HOMES a permis de proposer une nouvelle modélisation du fonctionnement des premières sociétés agropastorales d'Europe nord-occidentale. L'alimentation végétale, comme animale, a été

largement caractérisée, ainsi que le régime alimentaire. Les artisans en charge de la taille du silex, de la fabrication des meules et de la production potière, indispensables à la vie quotidienne, ont été pistés. Ce programme propose d'ores et déjà une vision affinée de la distribution des tâches entre les maisonnées, de l'organisation des activités au sein des espaces villageois, des spécificités de chaque secteur étudié.

Production scientifique et valorisation

Hamon C. et Gomart L., (2021) Social Rules and Household Interactions Within the LBK: Long-Standing Debates, New Perspectives. *Open Archaeology*, 7(1), pp. 690-704.

Hamon C., et al. (2021) Food practices of the first farmers of Europe: Combined use-wear and microbotanical studies of Early Neolithic grinding tools from the Paris Basin. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 36, 102764.

Allard P. et Denis S., (2022) Technical traditions and individual variability in the Early Neolithic: Linear pottery culture flint knappers in the Aisne Valley (France). *PLoS ONE*, 17(6): e0268442.

Début du projet : 2019 | Durée : 62 mois

Instrument : PRC | Financement ANR : 337 089 €

Partenaires

UMR 8215 TRAJECTOIRES, Nanterre | UMR 7269 LAMPEA, Aix-en-Provence | EA 3795 GEGENAA, Reims | Bristol University (Angleterre) | UMR 7209 AASPE, Paris | UMR 8068 TEMPS, Nanterre

Coordination

Caroline Hamon – UMR 8215 TRAJECTOIRES, Nanterre – caroline.hamon@cnrs.fr – <https://trajectoires.cnrs.fr/actualite/anr-homes/>

Exemple de reconstitution d'une maison du début du Néolithique dans le Bassin parisien, archéosite de la Haute-Île (Seine-Saint-Denis).
© Caroline Hamon



KHARMAN

Émergence et évolution des agro-écosystèmes anciens dans le Grand Iran : biodiversité, impact et héritage

Rappel des objectifs et méthodologie

Dans le cadre du projet KHARMAN (« moisson » en persan), notre but a été de reconstruire l'évolution de la biodiversité et des économies de subsistance sur le plateau iranien et de ses régions adjacentes depuis la fin du Pléistocène, en se fondant sur le traitement de données archéozoologiques et archéobotaniques. Notre objectif principal était d'établir un/des scénario/s sur les impacts anthropiques et environnementaux depuis la fin du Pléistocène sur le paysage, la biodiversité et les modes d'adaptation des agro-écosystèmes. À ce titre, deux actions ont été menées dans le cadre de ce projet : 1/ réunir les acteurs de l'archéologie et de la bioarchéologie des différentes zones géographiques concernées par ce projet à savoir, l'Iran, les pays du Caucase et du sud de l'Asie centrale et la péninsule Arabique. Ce programme fédérateur visait à stimuler plus d'interactions et d'échanges scientifiques et à faciliter la compréhension des phénomènes culturels, écologiques, paléoenvironnementaux et paléoéconomiques à différentes échelles géographiques et temporelles ; 2/ élaborer une base de données dynamique et évolutive.

Notre approche était fondée sur la recherche archéozoologique et archéobotanique dans une perspective diachronique, du Tardiglaciaire à la période moderne. Dans le cadre de ce projet, nous avons pu faire collaborer un certain nombre d'archéologues et de bioarchéologues français et internationaux afin de collecter des données et de constituer une base de données « KHARMAN » <http://kharman.in2p3.fr/>. Cette dernière continue d'exister malgré la fin du projet. KHARMAN constitue une synthèse géoréférencée des données bioarchéologiques pour la région du Moyen-Orient, permettant ainsi d'enregistrer des informations mais aussi de répondre à des questionnements sur l'organisation des systèmes agropastoraux et la biodiversité grâce à un système de requête.

Résultats majeurs

Le projet a permis la collecte d'un grand nombre de données en archéozoologie et en archéobotanique sur les interactions humain-milieu sur le plateau iranien et dans la péninsule Arabique. Les travaux archéo/paléobotaniques dans la région d'Al Ula (Arabie saoudite) ont été systématiquement répertoriés dans la base de données de KHARMAN et permettent de caractériser les composantes socioéconomiques, techniques et environnementales. De même, les informations recueillies pour le plateau iranien ont permis de cartographier l'évolution des économies de subsistance depuis le Néolithique.

Production scientifique et valorisation

Bouchaud C., et al. (2016) État de la recherche archéobotanique en péninsule arabique. *Routes de l'Orient*, H.S. 2, pp. 21-37.

Mashkour M., et al. (2021). Human and Animal Interactions in the Iranian Plateau. Research conducted by the Osteology Department of the National Museum of Iran and Institut Français de Recherche en Iran. *Bibliothèque Iranienne*, 85, 185 p. ISBN: 978-964-421-195-9.

Début du projet : 2015 | Durée : 24 mois
Instrument : Réseau | Financement ANR : 66 001 €
Partenaires
 UMR 7209 AASPE, Paris | UAR 3468 BBEES, Paris | UMR 5133 Archéorient, Lyon | UMR 7263 IMBE, Aix-en-Provence
Coordination
 Marjan Mashkour – UMR 7209 AASPE, Paris – mashkour@mnhn.fr – <http://kharman.in2p3.fr/>

Exemple de représentation et de requête pour illustrer la diffusion de différents taxons, ici *Bos taurus* (Bœuf domestique), ainsi que des sites du Néolithique à l'âge du Fer au Moyen-Orient et dans le Caucase.

© Marjan Mashkour



MAGI

Manger, boire, offrir pour l'éternité en Gaule et Italie préromaines

Rappel des objectifs et méthodologie

Le programme visait à apporter aux archéologues des données scientifiques habituellement inaccessibles car se présentant sous une forme trop dégradée pour être identifiable par les moyens habituels. C'est le croisement de différentes méthodes scientifiques (carpologie, palynologie, études des phytolithes, chimie organique) pour identifier des contenus biologiques déposés dans les tombes et dans leur environnement immédiat, qui constituait la problématique phare du projet. Son enjeu principal consistait en l'accès à des informations inédites sur des caractéristiques habituellement méconnues des rituels funéraires (les offrandes de produits biologiques par définition fortement dégradables) mais aussi en la connaissance de transferts culturels concernant l'usage funéraire de produits biologiques à l'échelle de l'Italie et de la Gaule. Les objectifs étaient les suivants : 1/ la mise en place d'une méthodologie analytique transdisciplinaire ; 2/ l'identification des offrandes funéraires de matières organiques et de produits biologiques ; 3/ la résolution de problématiques liées à la fonction de contenants archéologiques ; 4/ la connaissance des échanges de produits biologiques et leurs significations culturelles. Concernant la méthodologie, dans la tombe et dans l'enclos funéraire, les échantillons ont été prélevés pour des études archéobotaniques et pour des analyses chimiques grâce à un protocole de fouilles et de prélèvements adapté à la nature du contexte et à la typologie des objets. Au laboratoire, les techniques d'analyse par des méthodes séparatives (chromatographies) et structurales (spectrométrie de masse) sont reconnues comme étant les seules approches valides pour une identification sûre des matériaux biologiques anciens, dégradés, mélangés. Toute méthode spectrale comme l'infrarouge a donc été écartée. Un nouveau protocole d'extraction développé et validé indépendamment par le Laboratoire Nicolas Garnier donne accès à la matière organique insoluble et/ou polymérisée avec des extraits 10 à 100 fois plus concentrés que les extraits traditionnels. Aussi, la méthode ouvre de nouvelles perspectives pour l'identification de matériaux organiques, les acides aldariques et les phénols de fruits, notamment le raisin et le vin, les acides gras polyinsaturés des huiles végétales. Les confrontations entre les données archéobotaniques et les résultats des analyses chimiques doivent permettre de cerner précisément la nature des produits biologiques utilisés dans le rituel funéraire.

Résultats majeurs

Le vin a fait l'objet d'une attention particulière, avec l'étude de tombes campaniennes du IX^e siècle avant notre ère, celle de contextes funéraires sardes de la même époque, ainsi qu'avec l'étude de souterrains armoricains et de tombes de l'âge du Fer en Gaule. Parmi les cas d'étude les plus notables, les tombes à char de Lavau (Aube) et de Warcq (Ardennes) ont permis d'expérimenter la double approche analytique dans le cadre de l'archéologie préventive. Outre les produits de la vigne, nombre de céramiques ont révélé des produits laitiers, des produits de la ruche, des goudrons végétaux (poix et brai de bouleau) et des oléorésines.

Production scientifique et valorisation

Frère D., et al. (2021) *Manger, boire, se parfumer pour l'éternité. Rituels alimentaires et odorants en Italie et en Gaule du IX^e av. au I^{er} s. ap. J.-C.*, Collection du Centre Jean Bérard, 53, Naples, 454 p.

Frère D. et Garnier N., (2017) Dairy Product and Wine in Funerary Rituals: The Case of a Hellenistic Etruscan Tomb. *Journal of Historical Archaeology & Anthropological Sciences*, 1(6), pp. 222-227.

Frère D., et al. (2020) Biological exchanges in protohistoric Gaul: the case of the princely grave of Lavau. *Mobility and Exchange across Borders (UISPP XXVIII)*, Archaeopress, Oxford, pp. 36-42.

Début du projet : 2013 | Durée : 48 mois
Financement ANR : 279 995 €

Partenaires

UMR 8546 AOROC, Paris | UMR 5140 ASM, Lattes | UAR 3133 CJB, Naples (Italie) | Laboratoire Nicolas Garnier, Vic-le-Comte

Coordination

Dominique Frère – UMR 8546 AOROC, Paris – frere@univ-ubs.fr – bioarchaeo.hypotheses.org



Approche transdisciplinaire mise en place pour l'analyse des objets issus de contextes archéologiques.

© Dominique Frère

ORIMIL

La culture du millet dans le Caucase pré- et protohistorique : origine et développement

Rappel des objectifs et méthodologie

Il est admis aujourd'hui que les plus anciennes traces de millet cultivé remontent vers -6500/-6000, et se situent dans le nord de la Chine. Toutefois, une possible domestication du millet dans le Caucase a souvent été proposée. Le projet ORIMIL avait pour finalité de tester cette hypothèse de domestication du millet au Néolithique, dans le Caucase, une région clé située à l'interface entre l'Asie et l'Europe. Les corpus d'étude, datés entre le Néolithique et l'âge du Fer, sont issus de plus d'une trentaine de sites archéologiques localisés sur les territoires actuels de la Géorgie, de l'Azerbaïdjan et de l'Arménie. Sur la base des données existantes en Eurasie, la diffusion du millet depuis la Chine jusqu'au Caucase s'est faite par le sud, en suivant les montagnes du Pamir, de l'Hindu Kush et du Zagros, plutôt que par le nord, via la steppe eurasiennne, et ceci au cours de l'âge du Bronze, entre -2500 et -1800. Les résultats évoquent également une domestication locale du millet des oiseaux dans le Caucase à la fin de l'âge du Bronze moyen.

Au niveau méthodologique, contrairement aux autres plantes cultivées dans les mêmes régions, *Panicum* et *Setaria* sont toutes deux des plantes en C₄ (fixation du carbone lors de la photosynthèse) qui ont des valeurs de δ¹³C nettement plus élevées que celles des plantes en C₃. Ces différences sont conséquemment mesurables dans le collagène osseux des consommateurs, humains et animaux, permettant aisément d'identifier la consommation de ces deux céréales. Les résultats des analyses isotopiques s'accordent avec les plus anciennes dates ¹⁴C obtenues sur les grains de millet et affichent des valeurs isotopiques caractéristiques de la consommation de millet par les animaux et les humains (valeur de δ¹³C supérieures à 17 ‰) à partir du Bronze moyen.

Résultats majeurs

Pour la première fois, des travaux ont permis de dater l'ancienneté de traces de millet dans le Caucase en associant plusieurs approches radiométriques et bioarchéologiques. Son apparition dans cette région est datée de l'âge du Bronze moyen, vers -2000. Ces nouvelles

données ont permis de repenser les modalités de domestication et l'évolution de la culture de ces céréales à travers l'Eurasie. Au musée des Confluences, des documents audiovisuels dans le parcours permanent de l'exposition « Éternités, visions de l'au-delà », livrent au grand public une présentation des enjeux du projet ORIMIL.

Production scientifique et valorisation

Martin L., et al. (2021) The place of millet in food globalization during Late Prehistory as evidenced by new bioarchaeological data from the Caucasus. *Scientific Reports*, 11: 13124.

Herrscher E., et al. (2018) The origins of millet cultivation in the South Caucasus: archaeological and archaeometric approaches. *Préhistoires Méditerranéennes*, 6, pp. 1-27.

Début du projet : 2012 | Durée : 48 mois

Financement ANR : 200 000 €

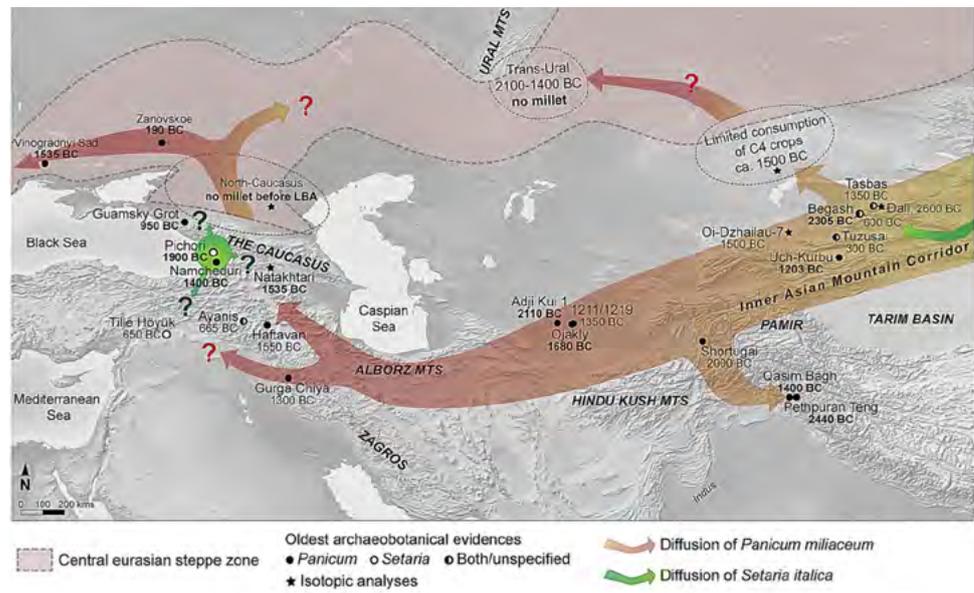
Partenaires

UMR 7269 LAMPEA, Aix-en-Provence | UMR 5133 Archéorient, Lyon | UMR 8215 Trajectoires, Nanterre | UMR 7209 AASPE, Paris | PROCAULAC-Collège de France, Paris | UMR 5204 EDYTEM, Grenoble | UMR 5138 ArAr, Lyon | Musée des Confluences, Lyon

Coordination

Estelle Herrscher – UMR 7269 LAMPEA, Aix-en-Provence – estelle.herrscher@univ-amu.fr – <https://lampea.cnrs.fr/spip.php?article3615>

Schéma de diffusion des millets (*Panicum miliaceum* et *Setaria italica*) à travers l'Eurasie et le Caucase. © Martin L., et al., 2021



PaleoCet

L'exploitation des cétacés dans le Paléolithique de l'Europe atlantique

PARTIE 2 | PANORAMA DES PROJETS FINANCÉS PAR LE PLAN D'ACTION DE L'ANR

Rappel des objectifs et méthodologie

Ce projet analyse l'exploitation des baleines par les chasseurs-cueilleurs paléolithiques européens à travers un cas clé : le littoral du golfe de Gascogne pendant le Magdalénien, vers -17 000 et -12 000. Ce contexte a livré, pour le Paléolithique européen, les indices les plus riches et diversifiés d'exploitation du littoral, parmi lesquels les plus anciens indices d'une exploitation régulière des baleines : os, dents gravées et objets façonnés en os de grand cétacé. Nous testons l'hypothèse selon laquelle ces grands cétacés, en tant que subsistance, furent une motivation majeure du développement de véritables économies côtières, attestées en Europe pour la première fois à cette période. Ce projet permettra de mieux comprendre l'adaptation ancienne des humains aux ressources marines, question centrale en Préhistoire en raison de son fort impact sur l'évolution humaine. Reconstituer la Préhistoire de l'exploitation des baleines est un défi car les sites côtiers préhistoriques ont été détruits par la transgression marine. Ce projet affronte ce problème en s'appuyant sur des acquis scientifiques récents et des techniques de pointe, qu'il amène à un haut degré de synergie.

Trois obstacles limitent notre connaissance de l'exploitation des baleines au Magdalénien : presque tous les os de cétacé de cette période sont indéterminés au niveau de l'espèce, peu sont précisément datés, et la présence d'objets en os de cétacé n'a pas été recherchée hors des Pyrénées. Pour lever ces barrières, le corpus de restes de cétacés a été complété via une revue des collections de l'Espagne cantabrique, riche en sites proches du paléorivage mais où les objets en os de cétacé n'avaient pas été recherchés. Simultanément, le corpus disponible a été analysé avec deux méthodes : ZooMS et datation ¹⁴C avec ECHoMICADAS. L'empreinte de masse peptidique du collagène (ZooMS) est une technique d'identification taxinomique avec échantillonnage minimal, appliquée ici pour déterminer quelles espèces de baleines étaient présentes dans le golfe de Gascogne et accessibles aux Paléolithiques. La datation ¹⁴C avec ECHoMICADAS permet de réduire la taille des échantillons, rendant possible la datation d'objets à haute valeur patrimoniale. Elle permet ici de préciser la chronologie du travail de l'os de baleine et d'établir si une tendance chronologique apparaît dans l'exploitation des cétacés.

Résultats majeurs

Le projet a montré que l'utilisation des os de baleine au Magdalénien s'étendait sur toute la côte nord de l'Espagne, où elle semblait démarquer vers -19 000, avant de se répandre dans les Pyrénées puis de s'arrêter vers -16 000 ; et que les espèces exploitées révélaient une biodiversité insoupçonnée des baleines dans le golfe de Gascogne à cette période. Ce projet a ainsi des implications pour l'étude de l'écologie ancienne des cétacés, et contribue à la prise de conscience sur l'ampleur du changement environnemental, de l'exploitation anthropique et de la perte de biodiversité depuis cette période.

Production scientifique et valorisation

Lefebvre A., et al. (2021) Interconnected Magdalenian societies as revealed by the circulation of whale bone artefacts in the Pyreneo-Cantabrian region. *Quaternary Science Reviews*, 251, 106692.

Charpentier A., et al. (2022) What's in a whale bone? Combining new analytical methods, ecology and history to shed light on ancient human-whale interactions. *Quaternary Science Reviews*, 284, 107470.

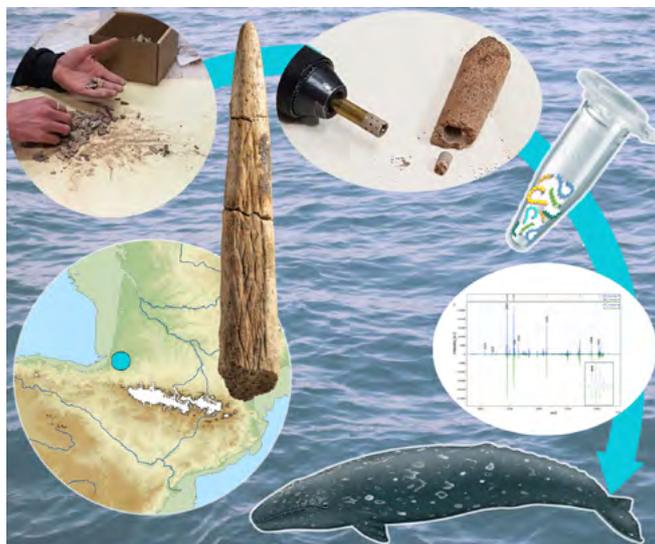
Début du projet : 2019 | Durée : 47 mois
Instrument : PRC | Financement ANR : 304 044 €

Partenaires
 UMR 5608 TRACES, Toulouse | UMR 7209 AASPE, Paris

Coordination
 Jean-Marc Pétilion – UMR 5608 TRACES, Toulouse –
 petilion@univ-tlse2.fr – <https://paleocet.huma-num.fr/>

Exemple d'analyse d'un fragment de pointe en os de baleine du site de Duruthy (Landes) : découverte, prélèvement, analyse ZooMS, identification comme baleine grise.

© Jean-Marc Pétilion



PARCEDES

PARCEllaires agraires et Dynamiques d'Exploitation du Sol dans la longue durée

Rappel des objectifs et méthodologie

Le projet PARCEDES contribuera à l'étude historique des parcellaires agraires via quatre terrains français, italien et anglais, de l'âge du Bronze à nos jours. En se fondant sur une double approche inédite (longue durée et approche comparée), il éclairera la part des transformations et des transmissions qui les affectent. S'appuyant sur une approche interdisciplinaire (archéologie, histoire, archéogéographie, géographie, archéologie environnementale) et sur les avancées de l'archéogéographie française, trois verrous scientifiques sont affrontés : l'éclatement des données disponibles ; le fractionnement des études et des méthodes existantes ; la difficile datation des structures agraires. Les données et analyses produites seront rendues accessibles sur un webSIG hébergé par la TGIR Huma-Num (consortium PTM). Sur le plan scientifique, ce projet contribuera à revitaliser un champ de recherche quasiment abandonné en géographie et à valoriser le renouveau de ce champ en archéogéographie (<https://manoma.hypotheses.org/>), ainsi que les opérations de diagnostic archéologique comme outils de recherche sur les espaces agraires. Enfin, PARCEDES s'emploiera à faire un bilan critique des données et disciplines mobilisées, confrontant des traditions nationales différentes.

Du point de vue méthodologie, le projet PARCEDES mobilisera certaines méthodes et techniques relevant du champ de l'archéogéographie et de l'archéologie : 1/ le problème de la grande dispersion et de l'hétérogénéité des données géohistoriques sera résolu en adoptant une analyse morphologique des parcellaires des XIX^e-XX^e siècles (à partir des plans cadastraux anciens), conduite selon les principes méthodologiques renouvelés par l'école française d'archéogéographie depuis vingt ans ; 2/ la difficulté des études locales closes sur elles-mêmes qui nuisent aux comparaisons sera résolue par une approche comparée entre les quatre terrains selon une méthodologie harmonisée ; 3/ la difficile datation des limites agraires sera abordée par le biais de l'élaboration d'une base de données exhaustive des fossés parcellaires, mis au jour lors de fouilles et diagnostics en France, par la datation archéométrique de dix *earthworks* (structures agraires terrassées) dans le South-Hams (Devon, Angleterre) grâce à la technique « *Optically Stimulated Luminescence-Profiling and Dating* » qui permet d'établir un profil chronologique fiable de l'âge de construction de la structure agraire et de ses modifications ultérieures.

Résultats majeurs

Hors du champ académique, les résultats apportés permettront d'aider au travail de prescription des opérations archéologiques préventives réalisées par l'État. Par ailleurs, durant la réalisation du projet (et par la suite) des actions de médiation des résultats seront développées auprès des gestionnaires des archives, du patrimoine et de l'aménagement des différents territoires impliqués. D'ores et déjà, un partenariat est en cours avec les archives départementales de Vendée pour la construction d'un site web grand public de saisie collaborative d'informations historiques contenues dans les états de section du cadastre ancien.

Début du projet : 2022 | Durée : 36 mois
Instrument : JCJC | Financement ANR : 305 279 €

Partenaires

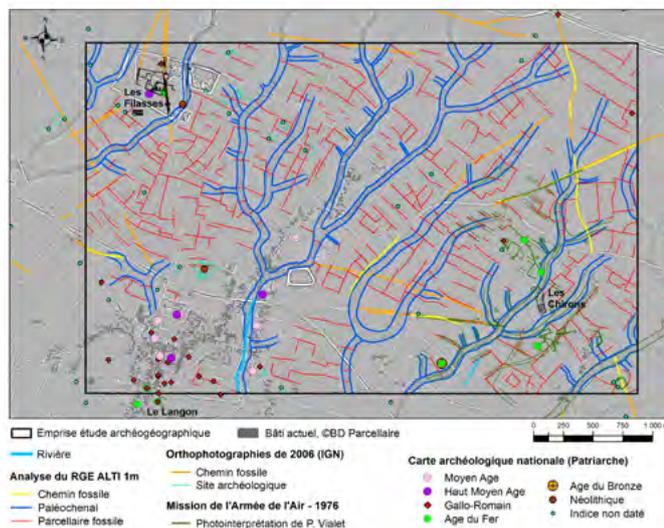
EA 7468 TEMPORA, Rennes | Inrap, Paris | UMR 7041 ArScAN, Paris | Conseil départemental de Vendée | Université de Sienna (Italie) | Université de Newcastle (Angleterre)

Coordination

Magali Watteaux – EA 7468 TEMPORA, Rennes – [magaliwatteaux@yahoo.fr](mailto:magaliiwatteaux@yahoo.fr)

Carte archéogéographique d'un terrain sud-vendéen où l'on peut observer, sur la mission photographique aérienne de l'armée de l'Air de 1976 et sur le modèle numérique de terrain, de nombreuses formes fossiles et microreliefs qui témoignent d'anciennes réalités géographiques (paléochenaux) ou anthropiques (chemins, parcelles...).

© RGE Alt[®] 1m (IGN) ; analyses du RGE Alt[®] par M. Watteaux ; analyses de la mission aérienne de 1976 par P. Vialet (Inrap) ; plans des gisements archéologiques des Filasses et des Chirons par O. Nillesse (Inrap) ; BD Parcellaire[®] (IGN).



PARURES

L'impact des transformations environnementales et économiques sur la conception et la production des parures en Méditerranée (35 000/3 500 BC)

Rappel des objectifs et méthodologie

Éléments socialement valorisés, les objets de parure font fréquemment l'objet d'échanges à longue distance et constituent à ce titre des témoins privilégiés des réseaux d'interaction entre les groupes. À cet axe de recherche, le plus anciennement développé dans la recherche préhistorique, s'est ajoutée plus récemment l'étude de la parure dans son aspect identitaire : expression de l'identité du groupe vis-à-vis des autres, en même temps qu'expression des statuts différenciés au sein du groupe. Rares sont, au contraire, les études qui se sont attachées à l'évolution de la parure à long terme, que ce soit de façon générale ou dans un contexte archéologique précis. L'analyse de la séquence exceptionnelle et totalement inédite du site de Franchthi (Argolide, Grèce), couvrant une période de près de 35 000 ans, offrait la possibilité d'aborder de nombreuses questions novatrices : relations entre choix des espèces ornementales et transformations de l'environnement, entre base de subsistance et conception de la parure, entre modalités d'occupation du site et organisation de la production de la parure, impact du bouleversement agropastoral sur la production et la conception de la parure.

Concernant la méthodologie, la constitution d'une base de données raisonnée, précise et représentative était le préalable indispensable à toute réflexion. Au total, ce sont plus de 12 000 perles et pendentifs ou spécimens relevant des espèces ornementales qui ont été recouverts et enregistrés individuellement. Si les pièces entièrement manufacturées étaient déjà cataloguées, quelques tests préliminaires avaient montré la nécessité de retrier les sacs de mollusques marins, souvent mêlés à d'innombrables restes de mollusques terrestres. C'est ainsi que furent retrouvés, en quantité inattendue, *Cyclope neritea*, *Columbella rustica*, *Homalopoma sanguinea* perforés et non perforés, ainsi que des *Dentalium sp.* et *Glycymeris glycymeris*. Pour établir s'il y avait sélection des spécimens destinés à la parure et pour discriminer, entre usure naturelle et usure anthropique, quatre référentiels de plusieurs centaines d'individus chacun ont été constitués sur les principales espèces ornementales : *Cyclope neritea*, *Columbella rustica*, *Dentalium vulgare* et *Cerastoderma glaucum*. Une analyse et des macrophotos sous binoculaire ont été systématiquement effectuées sur deux tranchées choisies comme références et sur l'essentiel du matériel originellement catalogué. Enfin, des analyses de fluorescence X sur un échantillon de perles dont la matière première posait problème, ainsi que sur des perles en stéatite présumées chauffées, ont été réalisées.

Résultats majeurs

Quantitativement, la parure en coquillage est très nettement dominante à Franchthi, y compris durant certaines phases du Néolithique. Le site étant proche de la mer, ceci a posé des problèmes méthodologiques et conceptuels qui n'ont guère été abordés dans la littérature scientifique. Le projet abordait, sur le plan méthodologique, la question de la base de la classification ou de la typologie qui devrait être mise en œuvre, notamment pour le Néolithique. Les expérimentations de production de perles (perforation ou façonnage intégral) nous ont montré que les variations morphométriques étaient souvent dépendantes des techniques de fabrication.

Production scientifique et valorisation

Perlès C. et Vanhaeren M., (2010) Black *Cyclope neritea* marine shells ornaments in the Upper Palaeolithic and Mesolithic of Franchthi (Argolid, Greece): arguments for an intentional heat treatment. *Journal of Field Archaeology*, 35(3), pp. 314-325.

Douka K., et al. (2011) Franchthi Cave revisited: the age of the Aurignacian in south-eastern Europe. *Antiquity*, 85(330), pp. 1131-1150.

Début du projet : 2006 | Durée : 48 mois
Financement ANR : 55 000 €

Partenaires

UMR 7055 PRETECH, Meudon | UMR 7264 CEPAM, Nice | C2RMF, Paris | CEA

Coordination

Catherine Perlès – UMR 7055 PRETECH, Meudon –
catherine.perles@mae.u-paris10.fr

Pendentif en forme de tête d'oiseau, début du Néolithique moyen, stéatite (site de Franchthi, Grèce).

© Catherine Perlès



PHOENIX

Origine et évolution des cultures en palmeraie au Moyen-Orient et en Égypte

Rappel des objectifs et méthodologie

Le projet PHOENIX avait pour objectif d'étudier un agrosystème dont l'origine et l'histoire ancienne avaient fait l'objet de peu de recherches, malgré sa grande importance dans les régions arides de l'Ancien Monde. Né au Moyen-Orient, sans doute à la fin du Néolithique, le principe des cultures en palmeraie (ou en « oasis »), rassemblant dattiers et autres plantes cultivées dans des polycultures intensives, a ensuite connu une diffusion vers le continent africain. Nous avons reconstitué l'évolution de cet agrosystème, de sa première apparition jusqu'à l'époque islamique. Créée par les humains, la palmeraie reste dépendante des conditions de son environnement. Ainsi, son implantation dans le paysage et sa configuration spatiale, notamment par rapport aux ressources en eau, ont fait l'objet du premier volet du programme. La diversité des plantes cultivées et l'organisation des cultures constituaient le deuxième axe développé. Finalement, le palmier dattier, pièce maîtresse des oasis, a fait l'objet d'une attention particulière visant à comprendre la biodiversité actuelle et passée de cette espèce et de ses espèces affines dans le genre Phoenix.

Le projet PHOENIX a été mené grâce au concours de spécialistes de domaines variés formant une équipe interdisciplinaire. Le recours aux sources historiques et archéologiques a permis de situer la palmeraie dans son contexte chronologique et culturel. Le programme a également comporté une part importante de missions de terrain, au Moyen-Orient et en Afrique du Nord, dans le but de collecter matériel et informations. Les outils géographiques (prospections, imagerie satellitaire, modélisation, SIG) appliquées à l'oasis de Kharga (Égypte) et à la péninsule d'Oman, ont été utilisés afin d'étudier l'articulation entre les palmeraies et leur milieu. L'analyse archéobotanique (carpologie et anthracologie) des restes végétaux de sites archéologiques au Moyen-Orient et en Égypte a permis de reconstituer la biodiversité cultivée dans les palmeraies. La morphométrie géométrique appliquée aux graines du dattier et d'autres palmiers du genre Phoenix a dégagé des critères pouvant servir à la détermination précise des restes anciens (caractérisation espèces et variétés, distinction entre formes sauvages et cultivées). Ce dernier volet a été enrichi par le croisement avec des études génétiques conduites par l'Institut de recherche pour le développement (IRD).

Résultats majeurs

Le projet a permis d'obtenir de nombreuses données inédites sur la phéniculture et l'organisation des premières palmeraies du Moyen-Orient. Les activités développées ont directement inspiré d'autres projets (dont deux sujets de thèse). Elles ont ainsi ouvert la voie vers tout un domaine scientifique consacré à l'étude de l'histoire et de l'archéologie d'un agrosystème original et parfaitement adapté aux conditions arides.

Production scientifique et valorisation

Terral J.-F., et al. (2012) Insights into the biogeography of the date palm (*Phoenix dactylifera* L.) using geometric morphometry of modern and ancient seeds. *Journal of Biogeography*, 39(5), pp. 929-941.

Tengberg M., (2012) Beginnings and early history of date palm garden cultivation in The Middle East. *Journal of Arid Environments*, 86, pp. 139-147.

Gros-Balthazard M., et al. (2017) The discovery of wild date palms in Oman reveals a complex domestication history involving centers in the Middle East and Africa. *Current Biology*, 27(14), pp. 2211-2218.

Début du projet : 2006 | Durée : 42 mois

Financement ANR : 130 000 €

Partenaires

UMR 7209 AASPE, Paris | UMR 5059 ISEM, Montpellier | IFAO, Le Caire (Égypte)

Coordination

Margareta Tengberg – UMR 7209 AASPE, Paris – margareta.tengberg@mnhn.fr

Palmeraie traditionnelle avec parcelles de culture sous les palmiers dattiers et canal d'irrigation, Adam, sultanat d'Oman.

© Margareta Tengberg



POPPY

Histoire ancienne du pavot somnifère en Europe et Asie du Sud-Ouest

Rappel des objectifs et méthodologie

Le projet POPPY vise à déterminer l'origine et à établir la dispersion précoce et le processus de domestication du pavot, l'une des espèces végétales les plus importantes de l'histoire humaine. Contrairement aux céréales et aux légumineuses, domestiquées au Proche-Orient depuis plus de 10 000 ans, le pavot n'a pas encore fait l'objet d'une étude approfondie. Pourtant, il pourrait s'agir de la seule espèce végétale domestiquée au Néolithique en Europe occidentale, à partir de la fin du V^e millénaire avant notre ère. Le projet abordera trois problématiques majeures : 1/ quelle(s) espèce(s) étai(en)t le(s) progéniteu(r) sauvage(s) du pavot à opium ? 2/ Où et quand la plante a-t-elle été domestiquée ? 3/ Comment sa culture s'est-elle répandue en Europe et en Asie du Sud-Ouest ? En utilisant du matériel archéologique, ainsi qu'un échantillonnage de la biodiversité moderne conservé dans des banques de semences, ce projet fait appel à plusieurs disciplines telles que l'archéobotanique, les techniques de datation, la génomique, les méthodes en morphométrie-géométrie et l'analyse spatiale, afin d'élucider le rôle du pavot à opium dans le patrimoine naturel et culturel européen.

Au niveau méthodologique, le projet vise à poursuivre la campagne de datation au radiocarbone directement sur les grains de pavot afin d'offrir un cadre chronoculturel solide à la domestication du pavot somnifère et à sa diffusion en Europe et en Asie du Sud-Ouest entre -6000 et -50. De plus, la position phylogénétique du pavot cultivé n'est pas claire. La possibilité de multiples événements indépendants de la domestication de la plante, ainsi que d'autres contributeurs sauvages potentiels au pool génétique domestiqué seront étudiés par l'analyse génétique de variétés actuelles et d'herbiers. Enfin, la distinction entre un pavot sauvage et un pavot cultivé ne peut encore être effectuée sur les graines archéologiques avec les méthodes traditionnelles. Si des tests ont déjà été réalisés montrant l'efficacité de la morphométrie-géométrie pour aborder la diversification variétale du pavot somnifère, le projet POPPY va s'attacher à construire un référentiel solide sur les mêmes spécimens que ceux employés en génétique pour identifier des critères anatomiques discriminant les différentes variétés, utilisable par les archéobotanistes sur les spécimens anciens.

Résultats majeurs

Nous allons tester la technologie synchrotron pour la discrimination d'un petit lot de graines actuelles des différentes variétés de pavot somnifère. Cet outil n'était pas prévu lors du montage du projet POPPY, mais il appuiera certainement les résultats obtenus en géométrie-morphométrie et génétique si les premiers tests sont concluants. Parmi les retombées potentielles, il s'agira de reconsidérer l'histoire de la domestication des plantes en dehors des grands centres de domestication, notamment celui au Proche-Orient. Le pavot serait peut-être la seule plante, à valeur économique, ayant été domestiquée en Europe occidentale, ce qui en ferait un emblème du patrimoine culturel et naturel européen.

Début du projet : 2022 | Durée : 42 mois
Instrument : JCJC | Financement ANR : 233 968 €

Partenaires

UMR7209 AASPE, Paris | MNHN, Paris | UMR 5554 ISEM, Montpellier | UMR 8212 LSCE, Gif-sur-Yvette | Université d'Algarve, Faro (Portugal) | Deutsche Archäologische Institut, Berlin (Allemagne) | Université de Genève (Suisse)

Coordination

Aurélie Salavert – UMR7209 AASPE, Paris –
 salavert@mnhn.fr – <https://opiumpoppy.hypotheses.org/>



Prélèvement de graines de pavot dans l'herbier du Muséum national d'Histoire naturelle (2018).

© R. Soteris

Starch4Sapiens

Ressources en Amidon : adaptation humaine, gènes et cultures humaines

Rappel des objectifs et méthodologie

Starch4Sapiens analyse les changements biologiques et comportementaux qui ont rendu possible une métabolisation efficace des amidons. Ce projet remet en question la chronologie de l'émergence de la niche alimentaire de l'amidon en confrontant les Néandertaliens et les Denisoviens (dits « humains archaïques ») aux premiers *Homo sapiens* par l'analyse de : 1/ la biologie (variations de croissance et de développement, des dents, microusures, proportions corporelles et pathologies buccales) ; 2/ la génomique (variations du nombre de copies de gènes pour la métabolisation des amidons, par exemple) ; 3/ le comportement (émergence des pierres à broyer). La consommation régulière d'amidons nécessite des adaptations pour permettre la sélection positive favorisant l'expansion démographique d'*Homo sapiens* et la disparition des humains archaïques. Starch4Sapiens apportera des données majeures dans les domaines de la paléoanthropologie, de la génomique et de l'archéologie environnementale. En anthropologie, l'objectif est d'étudier les modifications anthropologiques qui se sont produites entre les humains archaïques et les premiers *Homo sapiens*, notamment au travers des changements dans la croissance et le développement, ainsi que ceux liés à l'état de santé (en particulier bucco-dentaire). Toutes ces modifications sont fortement influencées par l'amélioration des conditions de vie, dont le comportement alimentaire est une composante importante. Pour les généticiens et les génomiciens, Starch4Sapiens s'intéresse aux variations du nombre de copies de gènes liés au métabolisme digestif qui fournissent des informations utiles sur la réponse humaine à la nutrition et à l'adaptation au climat. Pour les archéologues, l'objectif est d'élucider quelles plantes amylicées étaient consommées au cours des cent mille dernières années et par quels moyens les humains les transforment en énergie. Une nouvelle approche physico-chimique des résidus biogènes liés à l'usage est développée sur les résidus extraits de pierres de broyage. Des méthodes innovantes sont mises au point pour identifier les amidons modifiés après le traitement hydrothermique et/ou par la diagenèse.

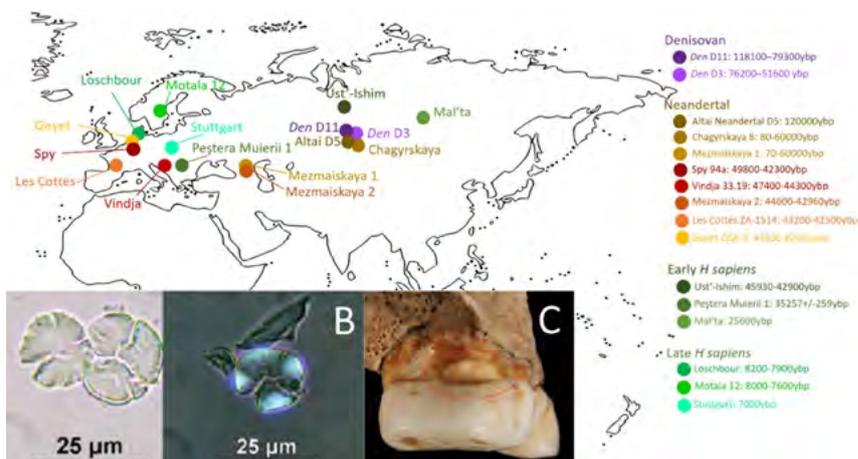
Résultats majeurs

Le projet a pour ambition d'apporter des données majeures pour des disciplines telles que la paléoanthropologie, la génomique et l'archéologie. Il s'intéresse aux réseaux économiques engagés dans des activités où les plantes amylicées sont utiles à différentes fins (agriculture, industrie alimentaire, produits pharmaceutiques), et contribuera au débat actuel sur le régime alimentaire et les stratégies alimentaires pour construire un anthropocène durable. Enfin, Starch4Sapiens apportera des éléments sur l'origine des maladies liées à l'alimentation et donnera un aperçu, dans une perspective évolutive, de la prévention et de la gestion des maladies chroniques (comme le syndrome métabolique).

Début du projet : 2021 | Durée : 36 mois
Instrument : PRC | Financement ANR : 431 460 €
Partenaires
 UMR 7268 ADES, Marseille | UMR 7238 CQB, Paris | Ca Foscari - Università di Venezia (Italie)
Coordination
 Silvana Condemi – UMR 7268 ADES, Marseille – silvana.condemi@univ-amu.fr

A. Génomes anciens étudiés dans le projet Starch4Sapiens. B. Grain d'amidon mis en évidence sur une pierre de broyage observé au microscope optique, par lumière polarisée (à droite). C. Exposition d'une racine dentaire, à noter l'aspect poreux de l'os et la réabsorption du rebord alvéolaire. Ceci indique une maladie parodontale et la dégénérescence modérée des tissus mous soutenant les dents. Un régime alimentaire comportant un excès de glucides a été associé à la maladie parodontale et aux caries dentaires. La présence d'un sillon entre la couronne et la racine de la dent correspond à un usage important de « cure-dents » afin de soulager la douleur.

© Silvana Condemi



TIMMA

Le bois dans l'architecture minoenne et mycénienne

Rappel des objectifs et méthodologie

Le bois est un matériau qui a généralement disparu des sites archéologiques égéens protohistoriques. Seuls les restes de charbons et les empreintes en négatif permettent d'attester son usage dans la construction. Les études sur les architectures minoenne et mycénienne ont ainsi privilégié des matériaux mieux préservés, comme la pierre ou la brique. Pourtant, divers indices suggèrent que le bois avait une place et une fonction importante dans la construction en Grèce à l'âge du Bronze. TIMMA a pour objectif de documenter les usages et le rôle structurel du bois dans l'architecture aux périodes minoenne et mycénienne, en s'appuyant sur l'étude de plusieurs sites de Crète (Malia, Zagros et Phaistos) et du continent grec (Mycènes, Tirynthe et Pylos) ainsi que le site extraordinairement bien conservé d'Akrotiri-Théra (Santorin). Il s'agit d'identifier et de comparer les systèmes structurels mis en œuvre dans les bâtis minoen et mycénien afin de déterminer leur fonction : renforcement du bâti, rôle porteur, rôle parasismique... Il s'agit aussi d'identifier d'éventuelles influences, des transferts de techniques ou d'artisans du bois. Un des enjeux est, à plus long terme, de mesurer l'impact de l'architecture sur l'environnement forestier.

Au niveau méthodologique, la compilation et l'analyse des données archéologiques des sept sites retenus se feront au cours de la première phase du projet grâce à une base de données (OMEKA S). Le protocole, le vocabulaire, les modalités d'interrogation et d'exploitation de la base de données font l'objet d'une série de tutoriels et de sessions de formation sous l'autorité conjointe d'une spécialiste du bois dans le bâti (ingénierie civile) et des équipes archéologiques de

chaque site. Les données archéologiques reposent sur le dépouillement des publications et rapports de fouille, des archives et carnets de fouille inédits, complétés par des observations sur site. L'étude des charbons de bois s'accompagnera, en plus des identifications, de l'application de la méthode d'analyse des diamètres et courbures, qui permettra de distinguer bois de branche et tronc. La seconde phase du projet portera sur les restitutions 3D de quelques édifices choisis pour leur pertinence en rapport avec les problématiques retenues. Enfin, la réalisation de maquettes à échelle réduite et les essais sur table sismique permettront de lever les dernières ambiguïtés en termes de comportement du bâti et de préciser le rôle du bois pour lutter contre les effets des tremblements de terre au second millénaire avant notre ère.

Début du projet : 2022 | Durée : 48 mois
Instrument : PRC | Financement ANR : 569 492 €

Partenaires

EA 4392 CRHEC, Créteil | L'École Française d'Athènes (EFA), Grèce | UMR 7041 ArScAn, Paris | UMR 5602 GEODE, Toulouse

Coordination

Sylvie Rougier-Blanc – EA 4392 CRHEC, Créteil – srougierblanc@gmail.com –

<https://timma.efa.gr/s/timma/page/the-timma-project>



Carte de localisation des sites d'étude en Grèce.
 © Sylvie Rougier-Blanc

VINICULTURE

Vignes et vins en France du Néolithique au Moyen Âge. Approche intégrée en archéosciences

Rappel des objectifs et méthodologie

Le vin, la vigne et leurs modes de production ont profondément marqué les sociétés méditerranéennes et européennes depuis la Préhistoire. L'archéologie a permis de mieux connaître les techniques viticoles, les échanges et les pratiques de consommation. Cependant, des pans fondamentaux de l'histoire demeuraient mal connus, avant tout concernant les caractéristiques des vins et des vignes cultivées. Quelles en ont été les évolutions, alors que la vigne devait s'adapter à de nouveaux terroirs et le vin abreuver des sociétés changeantes ? Le projet visait à développer une démarche intégrée en archéosciences afin d'identifier les caractéristiques et la diversité des vignes et des vins en France, depuis la fin de la Préhistoire à la période moderne. La longue durée et l'espace géographique de la France métropolitaine permettaient d'intégrer la plupart des grands courants d'échanges qui touchent le vin à l'échelle euro-méditerranéenne, et d'étudier la diffusion de la viticulture du climat méditerranéen vers l'Europe tempérée. Des avancées méthodologiques ont été proposées et mises en œuvre pour écrire une histoire bioarchéologique de la viticulture à l'échelle de la France et de l'Holocène, ainsi que pour engager des collaborations dans un cadre pan-méditerranéen.

Nos recherches ont combiné différentes approches : archéobotanique, morphométrie géométrique, archéogénomique, biochimie et archéologie expérimentale. Elles se sont appuyées : 1/ sur des études archéobotaniques préexistantes, qui fournissent d'abondantes données et de nombreux échantillons ; 2/ sur des fouilles récentes, permettant de mettre en place des protocoles d'échantillonnage spécifiques. La compilation systématique sous forme de base de données spatialisées et l'analyse critique des données archéobotaniques (graines, fruits, bois, pollen) ont procuré un enregistrement à l'échelle nationale des dynamiques chronologiques et spatiales de la répartition et des usages de la vigne. Le couplage de la morphométrie géométrique et de l'archéogénomique visait à caractériser la diversité ancienne de la vigne, à identifier les types variétaux, leurs origines chronogéographiques, à déterminer les rythmes de changement et les courants de diffusion. Des vinifications expérimentales ont été réalisées afin : 1/ de déterminer des signatures chimiques et génomiques de fruits employés ; 2/ d'évaluer les effets antimicrobiens de la poix sur l'altération des moûts et la conservation des vins.

Résultats majeurs

La compilation systématique des données archéobotaniques offre pour la première fois une vision continue des dynamiques de la vigne sur le territoire métropolitain français tout au long de l'Holocène. L'étude de la morphologie de pépins de centaines de variétés actuelles donne des clés pour restituer des traits de domestication (taille des baies, usage cuve/table, origine) à partir de pépins archéologiques. L'étude de l'ADN ancien permet d'identifier, pour la première fois par l'archéologie, un cépage encore existant ainsi que des liens de proche parenté entre cépages modernes et vignes romaines.

Production scientifique et valorisation

Ramos-Madrigal J., et al. (2019) Palaeogenomic insights into the origins of French grapevine diversity. *Nature Plants*, 5, pp. 595-603.

Bonhomme V., et al. (2021) Pip shape echoes grapevine domestication history. *Scientific Reports*, 11: 21381.

Début du projet : 2017 | Durée : 54 mois
Instrument : PRC | Financement ANR : 533 308 €

Partenaires

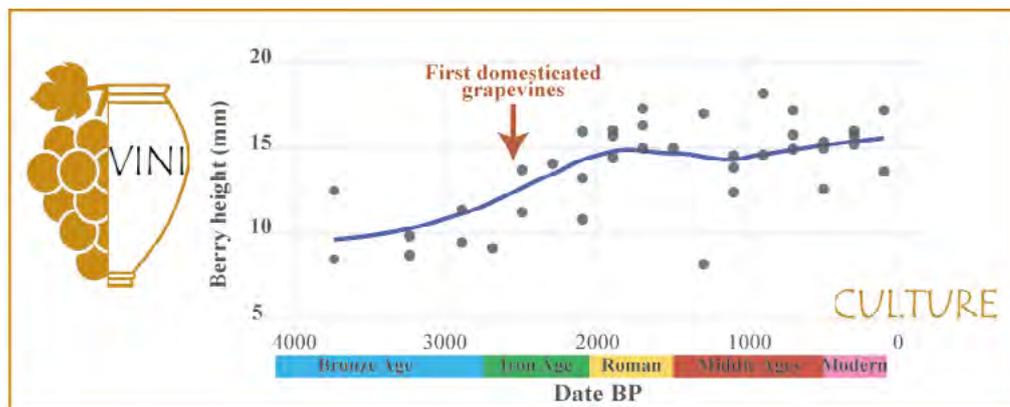
UMR 5554 ISEM, Montpellier | UMR 5140 ASM, Montpellier | UMR 7209 AASPE, Paris | UMR 1334 AGAP, Montpellier | UMR 183 SPO, Montpellier | UMR 5288 AMIS, Toulouse | Centre for GeoGenetics, Copenhague (Danemark)

Coordination

Laurent Bouby – UMR 5554 ISEM, Montpellier – Laurent.bouby@umontpellier.fr

Évolution dans le temps de la taille des baies de raisin reconstruite d'après les analyses morphométriques de restes archéobotaniques (graines).

© Laurent Bouby



PARTIE 3

PANORAMA DES PROJETS FINANCÉS PAR FRANCE 2030

Plusieurs projets financés par le programme France 2030 ont développé des initiatives de recherche sur le thème des interactions entre les sociétés humaines du passé et leurs environnements. Les domaines investigués sont variés et relèvent tant des sciences de la Terre et de la climatologie que des sciences humaines et sociales. Ces projets ont été conduits principalement dans le cadre des programmes de recherche des laboratoires d'excellence (LabEx) d'une École universitaire de recherche (EUR).



Les laboratoires d'excellence (LabEx)

Les objectifs des LabEx visent à :

- augmenter l'excellence et l'originalité scientifiques, le transfert des connaissances et la visibilité internationale de la recherche française, tout en entraînant dans cette dynamique d'autres laboratoires nationaux ;
- garantir l'excellence des cursus et jouer un rôle moteur dans les formations de niveau master et doctorat ;
- s'inscrire dans la stratégie de leurs établissements de tutelle et renforcer la dynamique des sites concernés.

Leur financement s'inscrit dans le cadre du premier Programme d'investissement d'avenir (PIA 1) intégré dans France 2030. La durée initiale des LabEx était de huit à neuf années. Le succès de cette action est attesté par la reconduction, pour cinq années, du financement de la majorité des projets après avis d'un jury international en 2018 et/ou par l'obtention d'un label IdEx ou I-SITE par leur établissement porteur. Parmi les LabEx financés, sept ont abordé les thématiques des sociétés humaines du passé face aux changements environnementaux.

Les Écoles universitaires de recherche (EUR)

Les Écoles universitaires de recherche ont pour objectif d'offrir à chaque site universitaire la possibilité de renforcer l'impact, ainsi que l'attractivité internationale de sa recherche et de ses formations dans un ou plusieurs domaines scientifiques. Chaque site peut créer une ou plusieurs Écoles universitaires de recherche qui rassemblent des formations de master et de doctorat, ainsi qu'un ou plusieurs laboratoires de recherche de haut niveau. Cette action contribue à développer le modèle reconnu internationalement des *Graduate Schools* en France, en veillant à ce que les projets associent pleinement les organismes de recherche, comportent une forte dimension internationale et entretiennent, dans la mesure du possible, des liens étroits avec les acteurs économiques. Une EUR aborde les thématiques scientifiques exposées dans le présent *cahier*.

Les sept LabEx et l'EUR présentés sont financés par France 2030 à hauteur de 93,4 millions d'euros, dont 4,4 millions d'euros dédiés à la thématique des interactions entre les sociétés humaines du passé et leurs environnements.

p. 152	LabEx LaScArBx
p. 156	LabEx IMU
p. 158	LabExMed
p. 160	LabEx DRIIHM
p. 164	LabEx ARCHIMEDE
p. 168	LabEx Dynamite
p. 171	LabEx OT-Med
p. 173	EUR ISblue

LaScArBx

Using the world in ancient societies: processes and forms of appropriation of space in Long Time

La thématique de recherche retenue pour le LaScArBx⁽¹⁾ s'intitule « L'usage du monde par les sociétés anciennes : processus et formes d'appropriation de l'espace sur le temps long ». Cette focalisation sur la notion d'espace n'est pas en elle-même originale (l'archéologie consiste toujours à étudier les façons dont les sociétés du passé ont interagi avec leurs environnements, naturels ou culturels, ainsi que les conséquences de ces interactions). En revanche, l'amplitude chronologique du sujet (de la Préhistoire au Moyen Âge, voire au-delà pour certains aspects), son extension spatiale (sur plusieurs continents), la diversité et la complémentarité des disciplines et des compétences mises en œuvre pour l'aborder dans sa globalité constituent, pensons-nous, les points forts spécifiques de ce projet : l'espace est ici entendu dans toutes ses acceptions (environnement, milieu, territoire), appréhendé sur le temps long (dans certains cas sur plusieurs dizaines de millénaires) et à travers la diversité de ses interactions avec l'humain, interactions documentées par toute la palette des sciences archéologiques.

Cette thématique est déclinée selon trois axes, qui concernent tous le rapport de l'humain à l'espace qui l'entoure, et en particulier les différents processus d'appropriation de cet espace développés par les sociétés anciennes :

- 1/ Peuplements et territoires.
- 2/ Exploiter, innover, échanger.
- 3/ Expressions du symbolique et espaces de la mémoire.

La collaboration entre les équipes de LaScArBx offre l'opportunité de développer des méthodes de datation, des outils numériques et d'imagerie 3D pour les sciences historiques et préhistoriques, et d'intégrer de nouvelles méthodologies.

Le LaScArBx associe trois UMR des universités de Bordeaux et Bordeaux Montaigne, qui œuvrent dans le champ de l'archéologie entendue au sens large.

Les principaux atouts de cette configuration à trois laboratoires sont :

- 1/ Une palette très diverse de « sciences archéologiques » : sciences historiques (avec notamment un pôle « sources textuelles » bien structuré), sciences des matériaux, sciences du vivant, sciences de la Terre, *digital humanities*. Le LaScArBx est le seul en France à regrouper l'ensemble de ces spécialités et à couvrir un champ chronologique aussi étendu.

- 2/ Une visibilité internationale : les trois UMR déploient leurs activités de terrain sur les cinq continents : en Europe (dont la France), en Afrique, au Proche et au Moyen-Orient, en Amérique du Sud, et dans les Caraïbes et l'Océanie. Elles totalisent plus d'une centaine de partenaires institutionnels, une vingtaine de thèses en cotutelle internationale et sont actuellement engagées dans une quarantaine de programmes internationaux et notamment européens.

- 3/ Un ancrage fort en Aquitaine : les archéologues du LaScArBx sont très investis en Aquitaine, où ils agissent en interaction avec le ministère de la Culture (services régionaux de l'archéologie, musées...) et bénéficient, depuis plusieurs années, du soutien financier du Conseil régional, des Conseils généraux et de la Communauté urbaine de Bordeaux et de la Ville de Bordeaux.

Début du projet : avril 2011 | Fin du projet : déc. 2019

Dotation totale LabEx : 7 821 548 €

Établissement coordinateur : Université de Bordeaux

Partenaires

Université Bordeaux Montaigne | CNRS Aquitaine |
Ministère de la Culture

Laboratoires associés

UMR 5199 - PACEA | UMR 5607 - Ausonius | UMR 7065 -
IRAMAT-CRP2A

Responsable du projet

Valérie Fromentin –
valerie.fromentin@u-bordeaux-montaigne.fr

Chiffres clés

3 unités mixtes de recherche | 82 projets de recherche ayant
bénéficié d'un financement | 237 scientifiques impliqués

Thématiques « paléoenvironnements et sociétés humaines » de la partie concernée du projet

- Des premiers Anthropoïdes aux premiers agriculteurs : évolution, diffusion et influence des paramètres environnementaux
- La géoarchéologie : la reconstitution des unités paysagères dans lesquelles s'insèrent les sites d'occupation humaine
- Les sociétés du passé et leurs environnements face aux défis des changements climatiques et hydroclimatiques
- L'apport des paléoenvironnements dans la compréhension des modes de subsistance



Cuve à saumure néolithique de la Lède du Gurg. Projet ECOREST.
© F. Verdin

LaScArBx

Using the world in ancient societies: processes and forms of appropriation of space in Long Time

Dix actions ayant bénéficié d'un financement du LabEx LaScArBx

Acronyme et nom du projet		Durée	Responsable
PALAEOPERGELISOL	Reconstruction de l'extension du pergélisol du Dernier Maximum Glaciaire en France	3 mois (à partir de septembre 2012)	Pascal Bertran
DYOHR	Dynamique fluviale, risque et occupation humaine dans la plaine fluvio-estuarienne de la Garonne	24 mois (à partir de septembre 2012)	Anne Colin
EMPGH	Exploitation du milieu par les premiers groupes d'Hominidés	48 mois (à partir de janvier 2013) <i>Contrat doctoral</i>	Anne Delagnes Arnaud Lenoble Typhanie Maurin
LITAQ	Du Pléistocène à l'Anthropocène : connaître les mécanismes passés d'évolution des populations (végétales, animales, humaines) et des milieux pour prédire les réponses futures. L'exemple du littoral aquitain	26 mois (à partir d'octobre 2013)	Florence Verdin Frédérique Eynaud
<i>Chaire junior</i>	Paleoenvironments and geographic distributions of hominids in eastern Africa during the early Pleistocene: evidence from the paleoecology of suids (pigs)	36 mois (à partir d'octobre 2015)	Antoine Souron
IMPACT	L'impact de deux périodes froides sur les populations paléolithiques en France entre 32-23 000 ans	60 mois (à partir d'octobre 2015)	William Banks
CHRONOLOESS	Dépôts éoliens pléistocènes du sud-est de la France	36 mois (à partir de septembre 2016) <i>Contrat doctoral</i>	Pascal Bertran
ALHYEN	ALimentation, Hygiène et Environnement en Grèce ancienne : approches pluridisciplinaires	48 mois (à partir de septembre 2016) <i>Contrat doctoral</i>	Alain Bouet
<i>Chaire junior</i>	The memory of place: meaning, Évolution and re-signification of space in the Neolithic of Western Europe	36 mois (à partir de janvier 2017)	Elias Lopez Romero
ECOREST	Économie et Ressources en contexte ESTuarien	30 mois (à partir de juin 2017)	Florence Verdin

LaScArBx

Using the world in ancient societies: processes and forms of appropriation of space in Long Time

Sélection d'actions impactantes financées par le LabEx LaScArBx

EMPGH

Exploitation du milieu par les premiers groupes d'Hominidés

L'objectif de ce projet est de préciser les relations entre les implantations des localités archéologiques des très anciens Hominidés plio-pléistocènes est-africains et les milieux de dépôts/ressources biotiques qui leur sont associés entre environ 3,3 et 2 millions d'années, à partir de données géoarchéologiques, paléontologiques et archéologiques fournies par les formations sédimentaires plio-pléistocènes de Shungura et de Nachukui.

Résultats majeurs

Dans la formation de Nachukui, les résultats obtenus suggèrent que les sites préhistoriques de Lomekwi, aujourd'hui les plus anciens connus au monde, correspondent à une exploitation de matière première disponible dans des formations particulières du paysage : les cônes alluviaux formés en bordure de l'escarpement du rift, dont les faciès grossiers livraient en quantité importante la matière première utile aux Hominidés. Dans la formation de Shungura, le projet a permis de mettre en évidence une stabilité dans les environnements et les communautés animales pendant les périodes précédant et accompagnant l'émergence de la taille de la pierre à 2,3 millions d'années dans cet environnement pauvre en ressources minérales, suggérant que cette invention marquerait un seuil cognitif dans l'adaptation des Hominidés à ce type de milieu.

Production scientifique et valorisation

Maurin T., *et al.* (2017) Early hominin landscape use in the Lower Omo Valley, Ethiopia: Insights from the taphonomical analysis of Oldowan occurrences in the Shungura Formation (Member F). *Journal of Human Evolution*, 111, pp. 33-53.

Contacts

Anne Delagnes – anne.delagnes@u-bordeaux.fr
Arnaud Lenoble – arnaud.lenoble@u-bordeaux.fr

LITAQ

Du Pléistocène à l'Anthropocène : connaître les mécanismes passés d'évolution des populations (végétales, animales, humaines) et des milieux pour prédire les réponses futures. L'exemple du littoral aquitain.

L'objectif de ce projet était de restituer les grandes étapes de l'occupation humaine en relation avec l'évolution du paysage, des écosystèmes et du climat sur le temps long, depuis le dernier interglaciaire (-125000 ans) jusqu'à nos jours, sur le littoral du Nord Médoc (Gironde, France).

Résultats majeurs

En termes de création de connaissances, ce projet a permis :

- une meilleure compréhension des rapports entre les sociétés et leur environnement, entre les impacts climatiques et l'évolution des territoires littoraux ;
- l'obtention de résultats originaux et inattendus sur la production du sel au Néolithique ;
- la conservation exceptionnelle des restes organiques livrant des informations inédites (bois, insectes, parasites...);

- l'émergence de nouvelles pistes de recherche sur les paléorisques, la mémoire du risque en lien avec les questions sociétales actuelles sur les interfaces littorales.

Parmi les résultats opérationnels majeurs :

- la création d'un consortium de recherche interdisciplinaire pérenne qui continue d'œuvrer en équipe dans le cadre de différents projets ;
- la création d'une méthodologie originale enrichie du test de divers outils affinant les approches de géoarchéologie appliquées au littoral ;
- la formation par et pour la recherche de nombreux étudiants par les membres du consortium.

Production scientifique et valorisation

Verdin F., *et al.* (2019) Humans and their environment on the Médoc coastline from the Mesolithic to the Roman period. *Quaternaire*, 30(1), pp. 77-75.

Eynaud F., *et al.* (2022) Holocene climate dynamics at the European scale: Insights from a coastal archeological archive from the temperate Bay of Biscay (SW France). *Quaternary international*, 613, pp. 46-60.

LITAQ, un projet entre archéologie et environnement

<https://www.youtube.com/watch?v=7RRoR9BsxqA>

Le panier à saumure de la Lède du Gurd : histoire d'une découverte
https://www.youtube.com/watch?v=cBlf_cZYqfg

Contacts

Florence Verdin – florence.verdin@u-bordeaux-montaigne.fr
Frédérique Eynaud – frederique.eynaud@u-bordeaux.fr
<http://www.geocean.net/wikilitaq/doku.php>

ALHYEN

ALimentation, Hygiène et Environnement en Grèce ancienne : approches pluridisciplinaires

Le programme avait pour ambition l'approfondissement de la question de l'hygiène au travers de la gestion des déchets organiques sur le temps long. Il se proposait d'étudier les rapports écologiques et évolutifs entretenus entre les populations humaines et leur environnement en Grèce ancienne en prenant pour base de départ l'île de Délos. ALHYEN représentait le premier cas de recherche systématique et exhaustive à l'échelle d'une ville entière.

Résultats majeurs

Les résultats obtenus se caractérisent par l'importance accordée aux études pluridisciplinaires. Sur le plan archéologique, les latrines ne présentent pas de standardisation facilitant l'évacuation des déjections. Les résultats des études ont révélé que l'*Ascaris* et le *Trichocephale* constituaient le fardeau parasitaire dominant et témoignaient d'une hygiène approximative. Le péril fécal était omniprésent ! De plus, ces dépôts apportent des informations sur les spectres d'espèces animales et végétales consommées en différents points de la ville (caprinés, porc, bœuf, poulet, lapin, mais aussi des fruits de mer dont des gastéropodes). Les pollens renseignent sur la culture de l'olivier, des céréales, des noyers, de la vigne, peut-être du noisetier, du tilleul ainsi que des plantes aromatiques.

LaScArBx

Using the world in ancient societies: processes and forms of appropriation of space in Long Time

Production scientifique et brevets

Ephrem B., (2019) First archaeozoological evidence of freshwater fish on the island of Delos (Greece): Fishing and resource management in the Sacred Lake during the Hellenistic period. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 28, 102029.

Contact

Alain Bouet | alain.bouet@u-bordeaux-montaigne.fr

CHRONOLOESS

Dépôts éoliens pléistocènes du sud-est de la France

La dernière période glaciaire est caractérisée par l'extension des déserts et un accroissement considérable des flux de poussières dans l'atmosphère. Les particules transportées par le vent ont donné naissance à des accumulations de loess, qui constituent des archives sédimentaires de premier ordre pour évaluer l'impact des fluctuations climatiques et environnementales pléistocènes sur le continent. Leur étude est donc primordiale pour la compréhension de l'émergence et de la disparition des chronocultures du Paléolithique supérieur et des facteurs à l'origine des fluctuations du peuplement.

Résultats majeurs

Le projet a permis de proposer pour la première fois un cadre chronostratigraphique cohérent pour la sédimentation loessique dans le sud-est de la France au cours de la dernière grande période glaciaire. Il a notamment montré que l'accumulation de loess dans la région d'étude n'était pas totalement synchrone de celle de la Northern European Loess Belt, en raison d'un décalage temporel entre la production de particules d'origine glaciaire (calotte nord européenne/calotte alpine) remobilisables par le vent. Les résultats ont été exploités dans le cadre d'un autre projet sur la cartographie des dépôts éoliens européens^[2].

Production scientifique

Bosq M., et al. (2020) Chronostratigraphy of two Late Pleistocene loess-palaeosol sequences in the Rhône Valley (southeast France). *Quaternary Science Reviews*, 245, 106473.

Bosq M., et al. (2020) Geochemical signature of sources, recycling and weathering in the Last Glacial loess from the Rhône Valley (southeast France) and comparison with other European regions. *Aeolian Research*, 42, 100561.

Bosq M., et al. (2018) Last Glacial aeolian landforms and deposits in the Rhône Valley (SE France): spatial distribution and grain-size characterization. *Geomorphology*, 318, pp. 250-269.

Contact

Pascal Bertran – pascal.bertran@inrap.fr

Chaire junior

The memory of place: meaning, Évolution and re-signification of space in the Neolithic of Western Europe

Le rôle essentiel de la mer et du littoral dans la transmission des objets, espèces et savoir-faire propres aux sociétés agropastorales a été reconnu et analysé pour le Néolithique de l'ouest de l'Europe. Toutefois, l'importance des milieux littoraux et estuariens, et leur évolution à partir du V^e millénaire, n'a pas toujours fait l'objet d'une attention

particulière sur certaines régions de la façade atlantique européenne. L'objectif principal de ce projet est de contribuer à la connaissance des sociétés du Néolithique atlantique à travers l'étude de l'espace (mobilité, organisation territoriale, impact spatial/territorial des activités symboliques, interactions sociétés-milieux) dans ces contextes littoraux.

Résultats majeurs

Parmi les résultats majeurs, il convient de citer :

1/ À l'échelle de l'estuaire de la Gironde, la collaboration avec l'équipe des projets LITAQ et ECOREST du LabEx, qui a permis d'approfondir les connaissances sur le Néolithique de la région, la variabilité des occupations ainsi que leur chronologie.

2/ La révision des datations radiocarbone disponibles pour le Néolithique à l'échelle régionale, révélant ainsi des problèmes et lacunes relatives à certaines séries anciennes.

3/ La création d'un groupe de travail sur le Néolithique (NAquiNéo) qui regroupe les trois équipes du LabEx avec ouverture à d'autres acteurs de la recherche en Nouvelle Aquitaine.

4/ À l'échelle internationale, la réflexion a été engagée sur le rôle que les contextes littoraux-estuariens ont joué dans le développement des sociétés du Néolithique et sur la vulnérabilité du patrimoine archéologique du littoral, avec les travaux dans le nord-ouest de la péninsule Ibérique, aux Antilles et en Amérique latine.

Le titulaire de la chaire a également intégré l'ANR MONUMEN^[3] et coporte actuellement le projet ALOA^[4]. Depuis décembre 2021, il est chargé de recherche au Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC).

Production scientifique

Lopez-Romero E., et al. (2021) Human settlement and landscape dynamics on the coastline South of the Gironde estuary (SW France): A multi-proxy approach. *The Journal of Island and Coastal Archaeology*, 18(1), pp. 53-74.

Contact

Elías López-Romero – elias.lopez-romero@iam.csic.es

2. Coordination P. Bertran, financement Inrap.

3. Voir page 72.

4. Financé par la Fondation de France (dir. M.-Y. Daire).

IMU

Intelligence des Mondes Urbains

Porté par ComUE-université de Lyon, le LabEx IMU⁽¹⁾ – Intelligences des Mondes Urbains – s'appuie sur près de 550 chercheurs (issus de 32 laboratoires de Lyon Saint-Étienne), ainsi que sur de nombreux partenaires des collectivités et des entreprises. Le LabEx IMU participe à faire de la métropole Lyon Saint-Étienne l'un des hauts lieux scientifiques et techniques sur la ville et l'urbain en France et en Europe, en mettant ses ressources à la disposition des acteurs politiques, économiques et sociaux pour penser et fabriquer les villes à venir. Les projets de recherche, que le LabEx soutient, impliquent au moins trois équipes/disciplines, créant ainsi une dynamique de recherche entre domaines scientifiques. Ils associent, dans la grande majorité des cas, un ou plusieurs partenaires praticiens (collectivités, entreprises...). L'objectif du LabEx IMU est d'élaborer et de mettre en partage des connaissances en assurant la mise en relation des métiers et des disciplines qui interviennent sur la ville et l'urbain.

IMU, Intelligences des Mondes Urbains, s'est positionné dans le champ de la recherche autour d'un « objet » – l'urbain généralisé – et d'une approche intégratrice, mobilisant une véritable pluralité, rassemblant l'ensemble des champs scientifiques, ainsi que des acteurs non académiques. Cette « pluralité radicale », portée par tous les membres de sa communauté initiale, en constitue la signature au sein du paysage de la recherche française sur l'urbain. Ce positionnement est épistémologiquement plus radical que les pratiques pluri ou interdisciplinaires habituellement mises en œuvre ; il pose l'horizon d'attente de ces recherches sur une acculturation mutuelle des deux sphères « académiques » et « praticiennes », par interconnaissance symétrique des pratiques, des savoirs et des savoir-faire, par formulation conjointe des enjeux et des problématiques. C'est par ce principe d'acculturation, progressive certes, qu'IMU a fait le choix, comme laboratoire d'excellence, de prendre en charge les enjeux contemporains de l'urbain : pour que les projets et actions financés, touchant aux questions d'environnement, de mobilités, comme d'usages et de pratiques des lieux, puissent produire des résultats dont la pertinence, distanciée et objectivée, fasse sens, scientifiquement et politiquement.

À ce premier pari, s'adjoint celui de faire travailler ensemble des pratiques scientifiques relevant de champs différents. Ces découpages scientifiques ne sauraient individuellement rendre compte de la complexité des situations environnementales, sociales ou techniques, et c'est déjà de longue tradition que dans chaque domaine, la recherche a excédé les limites disciplinaires. En faisant travailler ensemble des écobiologistes, des sociologues, des thermiciens avec des géographes, des archéologues informaticiens, des aménageurs et des hydrologues, IMU a promu une saisie plus large, plus complexe aussi, et donc plus originale mais également moins aisée, de la production de connaissances dans le champ de l'urbain. Comme le réel se discrétise rarement de lui-même et que chaque focale disciplinaire en découpe un morceau qu'elle investigate, avec son histoire, ses outillages conceptuels et méthodologiques et ses paradigmes, seule une approche intégratrice peut envisager de produire une connaissance de la complexité du fait urbain. Ces deux dimensions du pari – urbain généralisé et pluralité – constituent la signature d'IMU au sein de la recherche des études urbaines.

Début du projet : avril 2011 | Fin du projet : déc. 2024

Dotations totales LabEx : 13 378 378 €

Établissement coordinateur : ComUE Université de Lyon

Partenaires

INSA Lyon | CNRS Rhône Auvergne | Université Claude Bernard Lyon 1 | Université Lumière Lyon 2 | Université Jean Moulin Lyon 3 | Université Jean Monnet Saint-Étienne | École Nationale Travaux Publics État Lyon | École Centrale de Lyon | École Normale Supérieure de Lyon | École Supérieure d'Art et de Design de Saint-Étienne | Institut Études Politiques Lyon | École Nationale Supérieure d'Architecture Lyon | École Nationale Supérieure d'Architecture Saint-Étienne | Institut de Recherche et d'Innovation | VetAgro Sup

Responsable du projet

Jean-Yves Toussaint – jean-yves.toussaint@insa-lyon.fr

Chiffres clés

32 laboratoires | 157 projets de recherche dont 21 thèses ayant bénéficié d'un financement | 550 scientifiques impliqués

Thématiques « paléoenvironnements et sociétés humaines » de la partie concernée du projet

- L'archéologie environnementale et l'archéométrie : le site d'occupation humaine comme *nexus* interdisciplinaire
- La géoarchéologie : la reconstitution des unités paysagères dans lesquelles s'insèrent les sites d'occupation humaine



IMU

Intelligence des Mondes Urbains

Deux actions ayant bénéficié d'un financement du LabEx IMU

Acronyme et nom du projet	Durée	Responsable
URBO Urbi et Orb(ettelo)	36 mois (à partir mars 2021)	Jean-Philippe Goiran
PCR-AnthroPoTraces Production-Consommation-Rejets de polluants, les traceurs urbains du paléo-anthropocène	30 mois (à partir de juin 2022)	Hugo Delile

Sélection d'actions impactantes financées par le LabEx LaScArBx

URBO Urbi et Orb(ettelo)

Le projet URBO s'intéresse à l'évolution de l'habitabilité d'une lagune en fonction du développement d'une ville en son centre : la cité étrusque d'Orbetello, en Italie. L'originalité du projet tient au fait qu'il analyse également l'influence qu'a, en retour, cette même habitabilité sur le développement de la ville. Il s'agit donc d'une étude sur la façon dont l'urbanisation est influencée par son propre impact sur l'environnement.

Résultats majeurs

Vingt-trois carottages ont été réalisés dans la lagune, ainsi que de nombreux prélèvements de surface. Dix carottes ont été passées au *core scanner* XRF pour repérer les pics de métaux lourds. Des images hyperspectrales haute résolution de sept carottes ont été obtenues. Environ 280 échantillons, répartis sur sept carottes, ont été analysés par spectroscopie moyen infrarouge en complément des mesures CHN et Rock Eval (en cours). Les sédiments ont été datés par inventaire ^{210}Pb - ^{137}Cs (deux carottes), et ^{14}C (18 datations sur dix carottes). Le contenu ostracologique et pollinique de deux carottes de référence est en cours d'étude. Les pics de contamination par les métaux lourds sont en cours d'analyse au sein de sept carottes.

Contact

Jean-Philippe Goiran – jean-philippe.goiran@mom.fr

PCR-AnthroPoTraces

Production-Consommation-Rejets de polluants, les traceurs urbains du Paléo-Anthropocène

Les villes sont devenues le cadre environnemental de l'Anthropocène hébergeant les agents d'altération des grands systèmes terrestres. Ces caractéristiques de l'Anthropocène sont-elles uniquement le fait de la période qui suit la Seconde Guerre mondiale ? Ce projet de recherche est articulé autour des liens plurimillénaires entre d'une part, l'anthropisation des milieux naturels et les paléopollutions, et d'autre part, entre l'urbanisation et les réseaux de diffusion de la métallurgie. Il s'agira, dans ce projet, d'aborder la fabrique et le développement des villes sur la longue durée en tant qu'objet d'étude du paléo-Anthropocène urbain. Ce cadre conceptuel à définir s'inscrira dans la notion de métabolisme urbain qui considère la ville comme

un organisme vivant faisant appel à la fois à des flux entrants de matière et d'énergie et des flux sortants de contaminants.

Contact

Hugo Delile – hugo.delile@cnrs.fr –
<https://imu.universite-lyon.fr/studios/anthropo-trace/>

LabexMed

Les sciences humaines et sociales au cœur de l'interdisciplinarité pour la Méditerranée

LabexMed[®] est un consortium de recherche qui a pour cœur de cible la compréhension des phénomènes et mutations sociétaux en Méditerranée, vus par les sciences humaines et sociales au prisme de l'interdisciplinarité. Il a fonctionné de 2011 à 2019 et comprenait 16 unités mixtes de recherche (UMR) d'Aix-Marseille Université (AMU) et du CNRS, soit 628 personnels. Il couvrait presque tout l'arc des sciences humaines et sociales, l'archéologie, l'histoire, la sociologie, l'anthropologie, la géographie, la démographie, le droit, la philosophie. Coordonné par la Maison méditerranéenne des sciences de l'homme (MMSH) pour Aix-Marseille Université, il associait le CNRS Provence Corse (Marseille), l'IRD Marseille, l'École des Hautes Études en Sciences Sociales, l'Université d'Avignon et Pays du Vaucluse, l'Université de Paris I (Panthéon-Sorbonne).

Le LabexMed a été financé à hauteur de 10 millions d'euros par le Programme d'investissement d'avenir intégré dans France 2030 pour la période 2011-2019. Ce financement a permis le soutien de projets exploratoires et structurants (51) sur trois axes principaux :

- 1/ Les processus socioéconomiques, politiques, juridiques, culturels.
- 2/ Les dynamiques patrimoniales.
- 3/ Les interactions hommes-milieu en Méditerranée, ainsi que la création d'un Observatoire des pratiques interdisciplinaires. Il a aussi procédé au recrutement annuel de jeunes chercheurs (80 postdoctorants et 10 contrats doctoraux), mis en place des formations doctorales (21 ateliers doctoraux et certificat d'études supérieures universitaires en études méditerranéennes), permis l'accueil de chercheurs invités (44) et formé une chaire d'excellence interdisciplinaire. Les publications qu'il a rendues possibles sont au nombre de 750 (monographies, ouvrages collectifs, articles dans des revues à comité de lecture) et ont été rassemblées dans une collection HAL SHS.

LabexMed a donné une impulsion décisive à la structuration et à la visibilité des études méditerranéennes sur le site d'Aix-Marseille Université, en cohérence avec les orientations scientifiques de la MMSH, des UMR partenaires et de leurs tutelles. La création de l'Observatoire des pratiques interdisciplinaires et le réseau de partenaires internationaux associé au réseau international des Alumni ont été des éléments moteurs de cette dynamique. LabexMed a également permis de poursuivre le développement des activités arts-sciences au-delà de la sphère académique, tandis que des conventions de partenariat avec des institutions culturelles et des musées favorisaient la diffusion et la valorisation des travaux des chercheurs. En 2016, en partenariat avec d'autres LabEx du périmètre d'Aix-Marseille Université, il a organisé le Forum de la Méditerranée-Sciences Humaines et Sociales au Mucem et à la Villa Méditerranée, large événement ouvert au public, rassemblant 350 participants autour de films, de documentaires, et de débats sur les études méditerranéennes. En 2015, il a participé à l'expédition maritime Sillage Odyssee : embarquée de Marseille à Naples, au fil des escales, une équipe pluridisciplinaire (biologistes, historiennes, géographes, naturalistes, écologues, artistes) a conduit, entre sciences de la nature et sciences humaines, une série d'observations et d'enquêtes sur les rapports des sociétés littorales à la mer et à leur environnement méditerranéen, tout en participant à un ensemble d'actions pédagogiques et de diffusion auprès du grand public avec des acteurs locaux.

Enfin, LabexMed a favorisé le développement de bonnes pratiques numériques au sein de son périmètre et a contribué à la réalisation de plateformes de données en lien avec les infrastructures numériques nationales (ornementation architecturale des Gaules, péninsule Arabique préislamique, Archeological Data Infrastructure for Interoperability and Sharing, Sculptura romana). Il a permis la mise en place

de la plateforme universitaire de données PRODEGO en 2018 et a joué un rôle d'incubateur en soutenant des ateliers du numérique, prolongés par les laboratoires et la MMSH en 2019. Il a été, en 2014, l'une des premières entités à rejoindre l'association des humanités numériques francophones Humanistica.

LabexMed est, enfin, à l'origine de la création de deux instituts d'établissement portés par la MMSH, ARKAIA (Institut d'archéologie méditerranéenne) et SoMUM (Sociétés en mutation en Méditerranée), qui en prolongent et renouvellent les dynamiques à partir de 2020. La MMSH est également partenaire d'un autre institut d'établissement issu du Labex OT-Med, ITEM.

Début du projet : avril 2011 | Fin du projet : déc. 2019

Aide PIA : 10 000 000 €

Établissement coordinateur : Aix-Marseille Université

Partenaires

Université de Paris | École des Hautes Études en Sciences Sociales | Université d'Avignon

Responsable du projet

Brigitte Marin puis Sophie Bouffier –
sophie.bouffier@univ-amu.fr

Chiffres clés

7 actions programmées de recherche interdisciplinaires en Méditerranée (APRIMED), 4 projets Plateforme PACA, 3 APOG PACA | 44 projets exploratoires ayant bénéficié d'un financement | 16 équipes AMU/CNRS | 628 scientifiques impliqués (dont 79 doctorants et 10 postdoctorants)

Thématiques « paléoenvironnements et sociétés humaines » de la partie concernée du projet

- Des premiers Anthropoïdes aux premiers agriculteurs : évolution, diffusion et influence des paramètres environnementaux
- L'archéologie environnementale et l'archéométrie : le site d'occupation humaine comme *nexus* interdisciplinaire
- L'apport des paléoenvironnements dans la compréhension des modes de subsistance



1. 10-LABX-0090.

LabexMed

Les sciences humaines et sociales au cœur de l'interdisciplinarité pour la Méditerranée

Trois actions ayant bénéficié d'un financement du LabexMed

Acronyme et nom du projet	Durée	Responsable	
FORHUMM	Forêts et occupation Humaine des Montagnes au littoral Méditerranéen, de la Préhistoire au milieu du XIX ^e siècle	24 mois (à partir de juin 2014)	Florence Mocci Delphine Isoardi Jean-Louis Edouard
HYDROSYRA	L'aqueduc du Galermi, ouvrage plurimillénaire, emblème de la mémoire syracusaine	24 mois (à partir de janvier 2015)	Sophie Bouffier
ChroMed	140 000 ans d'évolutions croisées : les hommes, les animaux et le climat du Maroc atlantique et méditerranéen	24 mois (à partir d'octobre 2017)	Philippe Fernandez

Sélection d'actions impactantes financées par le LabexMed

HYDROSYRA

L'aqueduc du Galermi, ouvrage plurimillénaire, emblème de la mémoire syracusaine

Témoin de la longue histoire de la ville de Syracuse, l'aqueduc a traversé le temps : créé pour porter l'eau potable dans la ville antique, il fut remanié à partir du XVI^e siècle, utilisé pour faire fonctionner des moulins puis une centrale hydroélectrique, et sert actuellement à l'irrigation. L'étude menée par des archéologues, des architectes, des anthropologues, des historiens et des géomorphologues, a pour objectif, outre la connaissance de l'ouvrage, de ses commanditaires, de ses fonctionnalités et mutations, de sensibiliser les autorités et la population locales à ce monument de leur patrimoine culturel et technologique afin qu'ils le rendent à sa fonction nourricière du territoire agricole et le remettent en état.

Résultats majeurs

Le programme a permis de mieux connaître l'histoire et les phases de l'aqueduc et d'identifier sa phase de construction, jusqu'alors inconnue, que nous avons pu dater de l'époque d'Archimède sans avoir pu, néanmoins, le mettre en lien avec l'œuvre du grand mathématicien et physicien. De même, alors que la période byzantine est mal connue pour la ville de Syracuse, nous avons mis en évidence que l'aqueduc faisait partie intégrante de sa politique de développement et de monumentalisation de sa nouvelle capitale. Les résultats obtenus ont permis de poser d'autres questions, notamment sur l'adaptation des populations antiques à l'évolution de leur milieu naturel, et d'approfondir le dialogue transdisciplinaire entre archéologues et hydromorphologues au point de parler d'hydroarchéologie.

Production scientifique

Bouffier S. et Wateau F., (2019) Galermi au fil de son eau : un aqueduc syracusain dans la reconfiguration de son territoire. *Développement durable et territoires*, 10, 3.
Bouffier S., et al. (2019) Qui est l'auteur de l'aqueduc du Galermi ? Nouvelles pistes sur un aqueduc plurimillénaire en province de Syracuse (Italie). In : Bouffier S., Belvedere O. et Vassallo S., (eds.), *Gérer l'eau en Méditerranée au premier millénaire av. J.-C.* Aix-en-Provence, PUP, pp. 65-85.

Contact

Sophie Bouffier – sophie.bouffier@univ-amu.fr

ChroMed

140 000 ans d'évolutions croisées : les hommes, les animaux et le climat du Maroc atlantique et méditerranéen

ChroMed permet de contextualiser des questions centrales liées à l'évolution des paléoenvironnements, la dispersion des animaux et les cultures matérielles et symboliques des groupes humains grâce à une approche interdisciplinaire :

- la paléobiologie : apparition d'*Homo sapiens* et des espèces fossiles (apparition-extinction, adaptations trophiques...)
- la paléogéographie (disponibilité des territoires littoraux, corridors en fonction des changements paléoclimatiques)
- l'organisation socioéconomique et culturelle des chasseurs-cueilleurs du Pléistocène supérieur (exploitation des ressources naturelles, outillage, symbolisme).

Résultats majeurs

Les résultats de ChroMed ont été extrêmement riches, avec des productions académiques (publications internationales, communications et organisation de colloques internationaux, conférences) de formation à la recherche (missions de terrains, échanges). On retiendra à l'échelle de l'Afrique, la toute première analyse protéomique ciblée sur des outils en os de Taforalt avec la technique de pointe de ZooMS. ChroMed a permis le financement d'une étude sur la découverte des premiers éléments de parures de gastéropodes marins connus à ce jour, datant de plus de 140 000 ans.

Production scientifique

Desmond A., et al. (2018) ZooMS Identification of bone tools from the North African Later Stone Age. *Journal of Archaeological Science*, 98, pp. 49-157.
Sehassheh E.M., et al. (2021) Early Middle Stone Age personal ornaments from Bizmoune Cave, Essaouira, Morocco. *Science Advances*, 7(39).

Contact

Philippe Fernandez – philippe.fernandez@univ-amu.fr – <https://athar.hypotheses.org/>

DRIIHM

Dispositif de Recherche Interdisciplinaire sur les Interactions Hommes-Milieus

Lauréat, en 2012, de l'appel à projet laboratoire d'excellence (LabEx) dans le cadre des Programmes d'investissement d'avenir intégré dans France 2030, le LabEx DRIIHM⁽¹⁾ – Dispositif de Recherche Interdisciplinaire sur les Interactions Hommes-Milieus –, a vocation à aider au développement des observatoires hommes-milieus en constituant un dispositif intégré d'observation des socioécosystèmes par la mise en œuvre de l'interdisciplinarité. Il regroupe à ce jour 13 observatoires hommes-milieus (OHM), des outils de recherche créés par le CNRS-INEE en 2007 qui se consacrent à l'étude des systèmes anthropisés affectés par des crises ou des événements anthropiques venant bouleverser l'intégralité des territoires considérés :

- OHM Bassin minier de Provence
- OHM Oyapock (Guyane française)
- OHM Estarreja (Portugal)
- OHM Tessékéré
- OHM Pyrénées Haut Vicdessos
- OHM Vallée du Rhône
- OHM Littoral méditerranéen
- OHM Nunavik (Canada)
- OHM Pays de Bitche
- OHM Pima County (USA)
- OHM Littoral Caraïbe (Guadeloupe)
- OHM Patagonia-Bahia Exploradores (Chili)
- OHM Fessenheim

Ce dispositif développe et consolide la mutualisation des ressources, des compétences, des expériences et des réflexions de tous les OHM en opérant des transversalités au sein de leur communauté. Il favorise des interactions propices à l'émergence de l'interdisciplinarité requise par la complexité des socioécosystèmes et nécessaires à leur compréhension à travers divers outils : des appels à projets de recherche exploratoires, des projets inter-OHM et transverses, des contrats doctoraux et postdoctoraux, des séminaires annuels de restitution des projets OHM, des séminaires thématiques. Deux groupes de travail majeurs ont été développés :

1/ DataDRIIHM, qui propose à la communauté de chercheurs des outils mutualisés de valorisation, de visualisation et de partage des données de la recherche (GeoDRIIHM, PhotoDRIIHM, DRIIHM-HAL, Timeline, Frise chronosystémique...) et porte aujourd'hui le projet ANR SO-DRIIHM afin de favoriser l'ouverture des données produites par un accompagnement spécifique des producteurs.

2/ 2E3D, qui met en œuvre et organise les transferts vers la société des résultats des recherches développées, et plus particulièrement vers les jeunes générations, en soutenant des projets et des actions en éducation à l'environnement et au développement durable.

Le DRIIHM est ainsi construit pour faciliter les relations d'interdisciplinarité entre toutes les sciences de l'environnement (sciences de la Terre, de la vie, de l'homme et de la société à partir du moment où elles s'y dédient) tout en privilégiant les relations entre la recherche et la société :

- en assurant une totale mixité de participation pour les disciplines, les participants (chercheurs et enseignants-chercheurs, doctorants, postdoctorants) et leurs tutelles (organismes de recherche, universités, grandes écoles...);
- en veillant à l'adéquation et la compréhension entre les recherches menées et les attentes des acteurs, des usagers et des décideurs politiques et économiques dans l'objectif d'éclairer leurs choix pour les actions relevant de leur compétence.

1. 11-LABX-0010.

Début du projet : mars 2012 | Fin du projet : déc. 2024

Dotations totales LabEx : 9 054 455 €

Établissement coordinateur : CNRS

Partenaires

Aix-Marseille Université

Responsable du projet

Stéphane Blanc – stephane.blanc@cnrs-dir.fr

Chiffres clés

87 universités dont 42 étrangères, 30 organismes de recherche répartis dans 9 pays différents, 16 écoles d'ingénieurs ou grandes écoles | Plus de 950 projets de recherche ayant bénéficié d'un financement dont plus de 50 intègrent des disciplines questionnant les paléoenvironnements | 12 bourses doctorales et 20 contrats postdoctoraux financés | Plus de 1800 productions référencées dans HAL dont plus de 600 articles | Plus de 800 jeux de données publiés sur le GeoDRIIHM | Plus de 1200 scientifiques impliqués

Thématiques « paléoenvironnements et sociétés humaines » de la partie concernée du projet

- Des premiers Anthropoïdes aux premiers agriculteurs : évolution, diffusion et influence des paramètres environnementaux
- L'archéologie environnementale et l'archéométrie : le site d'occupation humaine comme *nexus* interdisciplinaire
- La géoarchéologie : la reconstitution des unités paysagères dans lesquelles s'insèrent les sites d'occupation humaine
- L'apport des paléoenvironnements dans la compréhension des modes de subsistance



Clairière pastorale issue d'un brûlis de la seconde moitié du XX^e siècle dans la vallée glaciaire d'Exploradores. Projet PALEOEXPLORADORES. © D. Galop

DRIIHM

Dispositif de Recherche Interdisciplinaire sur les Interactions Hommes-Milieux

Actions ayant bénéficié d'un financement du LabEx DRIIHM

OHM	Acronyme et nom du projet		Durée	Responsable
Vallée du Rhône	AnasecRhône	Recherche d'analogues d'assèchement historiques dans les bras-morts du Rhône	12 mois (à partir de mars 2016)	Jean-François Berger
Vallée du Rhône	Capacorod	Caractérisation des paysages du corridor fluvial rhodanien avant aménagements (XIX ^e siècle principalement) Volet 1, 2 et 3	36 mois (à partir de janvier 2018)	Gary Lardaux
Vallée du Rhône	QUASAR	QUAntification des Apports Sédimentaires À la plaine deltaïque au Petit Âge de Glace dans le delta du Rhône	12 mois (à partir de septembre 2021)	Claude Vella
Pyrénées Haut Vicdessos	P2AS	Fréquentation des espaces de haute montagne dans le haut Vicdessos (Ariège)	36 mois (à partir de janvier 2010)	Albane Burens
Pyrénées Haut Vicdessos	PRIMAP	Premiers impacts anthropiques dans les Pyrénées centrales : approches multiproxies	12 mois (à partir de janvier 2015)	Thomas Perrin
Pyrénées Haut Vicdessos	HeritSERV	Effets des usages passés sur les services écosystémiques actuels des prairies de Vicdessos	12 mois (à partir de février 2017)	Clélia Sirami
Pyrénées Haut Vicdessos	GEOSPAT	Du pollen aux paysages : vers une reconstitution quantitative et spatialisée du couvert végétal	24 mois (à partir de février 2018)	Florence Mazier
Pyrénées Haut Vicdessos	PASTSERV-SOPAST	Conséquence du déclin des activités pastorales sur la diversité floristique, la production des services écosystémiques et la multifonctionnalité des estives de Bassiès	48 mois (à partir de février 2020)	Florence Mazier
Pyrénées Haut Vicdessos	MOLECULE/PASTORAL	Sur les traces du PastorAlisme : utiliSaTion des biOmarqueurs moléculaiRes comme trAceurs quantitatif des pressions pastorales	24 mois (à partir de 2015)	Anaëlle Simonneau
Pyrénées Haut Vicdessos	CHARINTER Bernadouze	Le CHAR bon de bois appréhendé comme une clé d'étude INTER disciplinaire des dynamiques anthropiques forestières et pédo-géomorphologiques holocènes autour de la tourbière de Bernadouze	12 mois (à partir d'octobre 2016) <i>Contrat postdoctoral</i>	Vanessa Py-Saragaglia Mélanie Saulnier (postdoctorante)
Pyrénées Haut Vicdessos	ARCHEOSOUL	Archéologie des structures pastorales en haute vallée de Soulcem (Auzat-Ariège)	12 mois (à partir de mars 2017)	Florence Guillot
Pyrénées Haut Vicdessos	FODYNA	FORêts passées, DYnamiques et processus de recolonisation à travers l'étude des activités miNières et métAllurgiques historiques du Haut-Vicdessos	72 mois (à partir de mars 2013)	Vanessa Py-Saragaglia

DRIIHM

Dispositif de Recherche Interdisciplinaire sur les Interactions Hommes-Milieus

Actions ayant bénéficié d'un financement du LabEx DRIIHM

OHM	Acronyme et nom du projet		Durée	Responsable
Pyrénées Haut Vicdessos	TRANSYLVE 1 et 2	TRAjectoires et dyNamiqueS forestières du Haut Vicdessos à travers l'étude interdisciplinaire des peuplements, de leur gestion et des prélèvements de bois historiques	36 mois (à partir de mars 2019)	Vanessa Py-Saragaglia
Pays de Bitche	CharPyBi	Histoire et impact de la production du charbon de bois sur le passé et l'état actuel des forêts du Pays de Bitche	12 mois (à partir de mai 2016)	Vincent Robin
Pays de Bitche	PalTouBi	Dynamiques paysagères Holocène du Pays de Bitche	18 mois (à partir de mars 2016)	Vincent Robin
Pays de Bitche	CharbEcPdB	Histoire et impact de l'utilisation des ressources ligneuses sur le passé et l'état actuel des forêts du Pays de Bitche	12 mois (à partir de mai 2017) <i>Contrat postdoctoral</i>	Vincent Robin Vincent Knapp (postdoctorant)
Pays de Bitche	MémoTourb	Mémoire et rôle environnemental des tourbières du camp militaire de Bitche (Moselle, France)	12 mois (à partir de janvier 2018)	Benjamin Cancès
Pays de Bitche	NUTCAP	Quelle « mémoire » des activités anciennes dans les sols forestiers des Vosges du Nord ?	24 mois (à partir de janvier 2018)	Anne Poszwa
Pays de Bitche	AGER	Histoire et héritages des paysages agraires dans le Pays de Bitche	24 mois (à partir de début 2018)	Damien Ertlen
Pays de Bitche	DYPAHPB	Dynamiques paysagères et héritages en Pays de Bitche	12 mois (à partir de mars 2016)	Xavier Rochel
Pays de Bitche	RECOFOR Bitche	RECOstruction de l'histoire naturelle et humaine des hêtraies-chênaies de la région de Bitche au cours des quatre derniers siècles	12 mois (à partir de mars 2017)	Annick Schnitzler
Patagonia – Bahia Exploradores	PALEXPLADORES	Signatures paléoenvironnementales de l'anthropisation de la Vallée Exploradores au cours du dernier siècle	24 mois (à partir de janvier 2022)	Didier Galop

DRIIHM

Dispositif de Recherche Interdisciplinaire sur les Interactions Hommes-Milieux

Sélection d'actions impactantes financées par le LabEx DRIIHM

CHARINTER Bernadouze

Le CHARbon de bois appréhendé comme une clé d'étude INTERdisciplinaire des dynamiques anthropiques forestières et pédo-géomorphologiques holocènes autour de la tourbière de Bernadouze

Le projet s'est concentré sur la forêt qui entoure la réserve de biodiversité de la tourbière de Bernadouze (Ariège, France). Les objets de cette étude étaient les sols des abords de la tourbière et de la forêt environnante qui ont enregistré les processus naturels holocènes et les activités anthropiques historiques (défrichements, pâturage et charbonnage historique) dont l'archéologie a révélé l'intensité particulière au moins depuis le Moyen Âge.

Résultats majeurs

1695 charbons principalement au rang du genre ou de l'espèce ont été identifiés, dix d'entre eux ont été datés par le radiocarbone. L'équipe de recherche a également déterminé le degré de vitrification et d'infestation par les hyphes pour caractériser l'état sanitaire du bois avant carbonisation. Parmi les résultats majeurs, 1/ la mise en évidence de la présence de l'if jusqu'à des périodes récentes indiquant la présence d'une forêt mature dans laquelle coexistait les trois principales espèces dryades d'Europe, 2/ l'obtention de temporalités affinées des différentes phases d'anthropisation de la forêt, du développement d'un système agroforestier à l'âge du Bronze à l'établissement des activités minières au Moyen Âge ; 3/ la caractérisation l'impact de ces activités sur l'évolution de la végétation.

Production scientifique et brevets

Saulnier M., *et al.* (2020) Late Holocene local-scale vegetation dynamics and responses to land-use changes in an ancient charcoal-making forest of the Central Pyrenees (Ariège, France): a pedoanthracological approach. *Vegetation history and archaeobotany*, 29(2), pp. 241-258.

Contacts

Vanessa Py-Saragaglia – vanessa.py@univ-tlse2.fr
Mélania Saulnier – melanie.saulnier14@gmail.com

CharPyBi

Histoire et impact de la production du charbon de bois sur le passé et l'état actuel des forêts du Pays de Bitche

Le projet CharPyBi vise à l'évaluation de l'histoire de la production du charbon de bois dans le Pays de Bitche, et de son impact sur le passé et l'état actuel des forêts de ce territoire.

Résultats majeurs

1/ Une large majorité des chênes (*Quercus petraea* & *robur*) et du hêtre (*Fagus sylvatica*) ont été identifiés dans les assemblages taxonomiques, on constate la faible présence/absence de certaines espèces attendues (*Carpinus*, *Alnus*).

2/ Les assemblages taxonomiques se distinguent selon un patron spatial d'exposition de versant, avec les charbonnières dominées par du hêtre en versant nord/nord-ouest, frais, et les charbonnières dominées par des chênes en versant sud/sud-est, plus chaud, ce qui est cohérent avec la distribution actuelle des peuplements.

3/ Les pièces de charbon de bois les plus grosses viennent des espèces majoritaires dans les assemblages. Les espèces plus rares sont de plus petites dimensions, certainement plutôt utilisées pour « combler » les meules de charbonnières. Alors que les espèces dominantes étaient localement gérées/utilisées principalement pour cette production de charbon.

4/ Sur la base de plus de 40 datations par le radiocarbone, la chronologie de cette production de charbon de bois couvre la période entre les XVIII^e et XX^e siècles.

Production scientifique et brevets

Gocel-Chalté D., *et al.* (2020) Anthracological analyses of charcoal production sites at a high spatial resolution: the role of topographical parameters in historical tree taxa distribution in Northern Vosges Mountains (France). *Vegetation History and Archaeobotany*, 29, pp. 641-655.

Contact

Vincent Robin – vincent.robin@univ-lorraine.fr

ARCHIMEDE

Archéologie et Histoire de la Méditerranée et de l'Égypte. De la Préhistoire au Moyen Âge.

Le LabEx ARCHIMEDE⁽¹⁾ a pour ambition de promouvoir l'excellence scientifique et l'innovation technologique, de garantir l'excellence pédagogique des formations, la valorisation des résultats scientifiques, le transfert des connaissances et de devenir ainsi un acteur majeur de la recherche et de la formation consacrées à l'archéologie et à l'histoire de la Méditerranée et de l'Égypte, de la Préhistoire au Moyen Âge. Il fédère des enseignants-chercheurs, des chercheurs et ingénieurs des universités Paul-Valéry Montpellier 3 et Perpignan Via Domitia, du CNRS, du ministère de la Culture et de l'Inrap, ainsi que d'autres partenaires institutionnels (collectivités territoriales) ou privés (sociétés impliquées dans l'archéologie préventive ou la mise en valeur du patrimoine).

Le soutien à la recherche et à la formation doctorale est l'un des objectifs prioritaires du LabEx, des actions fortes y ont été engagées, en particulier par le financement de contrats doctoraux et postdoctoraux, ou encore par le soutien aux actions de formation (séminaires/colloques, outils innovants...).

Enfin, la valorisation des résultats scientifiques et leur diffusion vers la communauté scientifique internationale est un objectif fort, comme l'attention apportée à l'activité éditoriale et au transfert des connaissances vers la société civile.

Le projet scientifique se compose de deux volets. Le premier, technologique et scientifique, comprend trois programmes d'innovation :

- 1/ Vocabulaire de l'Égyptien Ancien/Corpus et Analyse Prosopographique en Égypte Ancienne (VÉgA/CAPEAn collaboration avec l'UMR 8167).
- 2/ Système d'Indexation des Textes Hiéroglyphiques de Karnak (SITH-Karnak).
- 3/ Système d'Information Archéologiques SIA-Syslat Horizon 2020.

Le second volet, scientifique, s'articule autour de 4 axes thématiques :

- 1/ Contacts de Cultures et constructions identitaires.
- 2/ Espaces de pouvoir et constructions territoriales.
- 3/ Milieux et systèmes socioéconomiques (d'où sont issus 18 projets en lien avec ce *cahier* thématique).
- 4/ Rites et croyances.

Pour atteindre des résultats scientifiques à la fois marquants et innovants, le LabEx a encouragé les programmes mettant en œuvre plusieurs disciplines, mobilisées pour répondre à des questions ne pouvant être résolues à partir d'une seule focale, selon des protocoles précis et une exigence marquée de faisabilité. Cette action s'est principalement développée dans l'acquisition de données et leur analyse, grâce à l'utilisation de technologies destinées à mesurer des compositions⁽²⁾, établir des mesures physiques⁽³⁾ ou produire des images⁽⁴⁾. Par ailleurs, le traitement de certains de ces résultats et leur mise en œuvre dans les trois programmes d'innovation a nécessité le recours à des outils informatiques complexes destinés à favoriser leur utilisation par le plus grand nombre (chercheurs et grand public). La mise en œuvre ciblée de ces méthodes et technologies a permis de dépasser l'hyperspécialisation disciplinaires et de faire dialoguer les spécialistes des sciences dures et des sciences de l'homme et de la société, décloisonnant les approches et repoussant les frontières des connaissances.

1. 11-LABX-0032.

2. Physicochimiques, paléométallurgiques, mesures isotopiques, ¹⁴C, etc.

3. Paléomagnétiques par exemple.

4. Prospections électromagnétiques, synchrotron.

Début du projet : mars 2012 | Fin du projet : déc. 2024

Dotation totale LabEx : 13 980 198 €

**Établissement coordinateur : Université de Montpellier
III Paul Valéry**

Partenaires

Université de Perpignan Via Domitia | Inrap |
Ministère de la Culture

Laboratoires associés

EA 2984 – CRESEM | EA 4583 – Centre d'études médiévales
de Montpellier | EA4424 – CRISESI UMR 5140 – Archéologie
des Sociétés Méditerranéennes | USR 3172 – Centre
franco-égyptien d'étude des temples de Karnak

Responsable du projet

Frédéric Servajean – fservajean@yahoo.fr

Chiffres clés

3 équipes d'accueil universitaires | 2 unités du CNRS |
35 thèses de doctorat financées dont 6 cofinancées |
71 projets de recherche ayant bénéficié d'un financement |
672 publications entre 2013 et 2022, dont 77 ouvrages

Thématiques « paléoenvironnements et sociétés humaines » de la partie concernée du projet

- Des premiers Anthropoïdes aux premiers agriculteurs :
évolution, diffusion et influence des paramètres
environnementaux
- L'archéologie environnementale et l'archéométrie : le site
d'occupation humaine comme *nexus* interdisciplinaire
- La géoarchéologie : la reconstitution des unités paysagères
dans lesquelles s'insèrent les sites d'occupation humaine
- Les sociétés du passé et leurs environnements face aux
défis des changements climatiques et hydroclimatiques
- L'apport des paléoenvironnements dans la
compréhension des modes de subsistance



ARCHIMEDE

Archéologie et Histoire de la Méditerranée et de l'Égypte. De la Préhistoire au Moyen Âge.

Actions en lien avec la thématique du cahier ayant bénéficié d'un financement du LabEx ARCHIMEDE

Acronyme et nom du projet		Durée	Responsable
DYLITAG	Dynamiques littorales et sociétés en Agathois depuis le Néolithique : relations sociétés-environnement en Méditerranée	60 mois (à partir de janvier 2013)	Benoît Devillers
InHoMiNa	Évolution d'un paysage fluvio-lagunaire : interactions homme/milieu autour des étangs narbonnais	36 mois (à partir de janvier 2013)	Corinne Sanchez
RIRHA	Rirha et les cultures du Maroc antique et médiéval (V ^e s. av. J.-C. au XV ^e s. ap. J.-C.)	120 mois (à partir de janvier 2013)	Elsa Rocca
PAEBR	Production Artisanale Économie et environnement en Bétique romaine	26 mois (à partir d'octobre 2013)	Stéphane Mauné
SALSA	Pots et amphores à salaisons et sauces de poisson d'époque romaine : identification des contenus	36 mois (à partir de janvier 2015)	Gael Piquès
ARCHEAPOT	ARCHEologie de l'Artisanat POTier vinicole en Narbonnaise centrale	60 mois (à partir de janvier 2016)	Stéphane Mauné
OLEASTRO	OLEiculture et production d'AmphoreS en Turdétanie Romaine	96 mois (à partir de janvier 2016)	Stéphane Mauné
SILAB	Sites Littoraux de l'Âge du Bronze du golfe du Lion	36 mois (à partir de septembre 2016)	Thibault Lachenal
PALEOMAR	Dynamiques des environnements des marges arides méditerranéennes depuis 12 000 ans.	60 mois (à partir de janvier 2017)	David Lefèvre
LACAT	Las Craviers : approche pluridisciplinaire d'un complexe potier de l'Antiquité tardive	54 mois (à partir d'octobre 2018)	Benoît Favennec
ORIGINES	Premiers peuplements d'Afrique du Nord-Ouest : origines et développements	48 mois (à partir de janvier 2020)	David Lefèvre
PORLAT	Environnements et ressources à Lattara (Lattes, Hérault) : la zone portuaire d'époque romaine	36 mois (à partir de février 2020)	Gaël Piquès
TIBÉRIADE	South Tiberias Lake Area	36 mois (à partir de janvier 2020)	Martin Galinier
PYRHOVER	Production, circulation et usage du verre en Languedoc méditerranéen entre Protohistoire et Moyen Âge	36 mois (à partir de juin 2020)	Isabelle Commandré
EOLE	Dynamique éolienne dans le Golfe du Lion depuis le Néolithique	12 mois (à partir de janvier 2021)	Jean Philippe Degeai
PANIS	Étude de pains archéologiques gaulois et romains (France)	24 mois (à partir de janvier 2022)	Philippe Marinval
GARRIFER	Le fer de l'âge du Fer : diffusion de la production du fer en Languedoc oriental, entre le début du V ^e et la fin du III ^e s. av. n. è., des garrigues au littoral.	24 mois (à partir de janvier 2022)	Guilhem Sanchez
VEGAN	Environnements et gestion des ressources VÉGétales et ANImales à Lattara durant le V ^e s. av. n. è.	24 mois (à partir de janvier 2022)	Núria Rovira

ARCHIMEDE

Archéologie et Histoire de la Méditerranée et de l'Égypte. De la Préhistoire au Moyen Âge.

Sélection d'actions impactantes financées par le LabEx ARCHIMEDE

DYLITAG

Dynamiques littorales et sociétés en Agathois depuis le Néolithique : relations sociétés-environnement en Méditerranée

Le projet pluridisciplinaire DYLITAG a pour objectif de croiser les données issues de la documentation archéologique riche et de bonne qualité de la région d'Agde avec des archives sédimentaires naturelles ou géoarchéologiques encore inédites (géomorphologie, palynologie, micropaléontologie). L'ambition est d'identifier et de caractériser les transformations biophysiques et paléogéographiques fluvio-littorales de ce territoire, mais aussi d'analyser les contextes environnementaux successifs des habitats, d'évaluer la nature et la place du paramètre sociétal et économique en regard des autres facteurs dans les évolutions observées.

Résultats majeurs

L'étude de 53 carottages permet de restituer la paléocartographie la plus détaillée à ce jour d'un fleuve méditerranéen. Cette fenêtre ouverte sur le passé permet de mesurer les modalités de construction des basses plaines littorales. Elle permet de mieux comprendre les activités humaines dans leur environnement à différentes époques. Les analyses spectrales révèlent un nouveau modèle de cyclicité des tempêtes sur 270 ans, induit par le soleil. Au cours des 3 000 dernières années, il définit une succession de dix périodes de tempêtes majeures d'une durée de 96 ans (\pm 54 ans). Les résultats ont mené à la création d'une exposition planifiée pour 2024.

Production scientifique et valorisation

Devillers B., *et al.* (2019) Holocene coastal environmental changes and human occupation of the lower Hérault River, southern France. *Quaternary Science Reviews*, 222, 18.

Degeai J.-P., *et al.* (2015) Major storm periods and climate forcing in the Western Mediterranean during the Late Holocene. *Quaternary Science Reviews*, 129, pp. 37-56.

Degeai J.-P., *et al.* 2017. Fluvial response to the last holocene rapid climate change in the Northwestern Mediterranean coastland. *Global and Planetary Change*, 152, pp. 176-186.

Contact

Benoît Devillers – benoit.devillers@univ-montp3.fr

InHoMiNa

Évolution d'un paysage fluvio-lagunaire : interactions homme/milieu autour des étangs narbonnais

Durant l'Antiquité, la création d'un port en contexte lagunaire constitue une transformation majeure du milieu qui permet d'apprécier la capacité d'aménagement des sociétés face à un milieu naturel fluctuant. Le projet avait pour objectif de mettre en perspective les nombreuses données issues des observations archéologiques, géomorphologiques et bioarchéologiques réalisées à Narbonne afin de mesurer la place des différents facteurs en jeu dans l'interaction homme/milieu.

Résultats majeurs

Parmi les résultats majeurs, 1/ l'apport de données fiables sur l'évolution des zones littorales dans un contexte de remontée générale du niveau marin en Méditerranée ; 2/ la définition de l'impact anthropique sur le milieu et de l'évolution de ce dernier. Des espaces portuaires antiques ont été condamnés par l'hypersédimentation à la suite de la création de quais. La mise en place de digues a constitué une solution pour éviter l'ensablement de l'embouchure du fleuve, mais a contribué à modifier l'environnement naturel ; 3/ l'impact des dynamiques climatiques saisonnières sur le milieu et son anthropisation a été mesuré. Les lagunes narbonnaises sont caractérisées par des variations importantes et brutales du niveau marin (1,5 m) déterminées par l'alternance des vents.

Production scientifique et valorisation

Faisse C., *et al.* (2018) Palaeoenvironmental and archaeological records for the reconstruction of the ancient landscape of the Roman harbour of Narbonne (Aude, France). *Quaternary International*, 463, pp. 124-139.

Dolez L., *et al.* (2015) Holocene palaeoenvironments of Bages-Sigean lagoons (France). *Geobios*, 48, pp. 297-308.

Contact

Corinne Sanchez – corinne.sanchez@cnrs.fr

PAEBR

Production Artisanale Économie et environnement en Bétique romaine

L'approvisionnement en huile d'olive de l'Occident romain, et en particulier de la mégapole de Rome, fut en grande partie assuré, pendant plus de trois siècles, par la province de Bétique. Dans le bassin du Guadalquivir, des centaines d'établissements oléicoles antiques sont connus tandis que plus de 110 ateliers de potiers assuraient la production des conteneurs (amphores). Il s'agit de la plus grande concentration de ce type connue dans l'Empire, que l'on peut qualifier de proto-industrielle. L'objectif général de PAEBR concerne spécifiquement le territoire-atelier de la vallée du Genil et avait pour objectif de caractériser une trentaine d'ateliers (taille, chronologie, etc.) mais aussi de mesurer l'impact de cette activité sur l'environnement, notamment forestier et agricole, entre le I^{er} et le III^e s.

Résultats majeurs

L'étude montre que le recyclage des déchets de production d'huile (grignons) a été privilégié en raison de leur haut pouvoir calorifique. Les compléments en bois (chêne vert, pistachier) sont minoritaires et, parmi ceux-ci, l'importance du pistachier lentisque indique probablement une culture raisonnée dans le but premier de fournir de la gomme destinée à étanchéfier les amphores à huile. En ce qui concerne l'analyse des noyaux, elle a permis de démontrer que l'huile était obtenue grâce à un large spectre variétal (15 variétés identifiées) parmi lequel se distingue *Oleastro*, c'est-à-dire l'olivier sauvage. Ils contredisent le postulat de départ qui était de considérer que l'activité de production d'huile à l'époque romaine reposait sur la sélection de quelques variétés les plus productives. Ils ont montré l'intérêt de poursuivre les recherches dans le cadre d'un nouveau programme OLEASTRO présenté ci-après.

ARCHIMEDE

Archéologie et Histoire de la Méditerranée et de l'Égypte. De la Préhistoire au Moyen Âge.

Production scientifique et brevets

Bourgeon O., *et al.* (2018) Olive tree varieties cultivated for the expansive trade in Baetican oil: morphometric analysis of olive stones from Las Delicias (Écija, province of Seville, Spain). *Vegetation History & Archaeobotany*, 27(3), pp. 463-476.

Contact

Stéphane Mauné – stephane.maune@cnrs.fr

OLEASTRO

OLEiculture et production d'AmphoreS en Turdétanie ROmaine - Recherches pluridisciplinaires sur la caractérisation de l'oléiculture en Andalousie à l'époque romaine

L'approvisionnement en huile d'olive de l'Occident romain, et en particulier de la mégapole de Rome, fut en grande partie assuré, pendant plus de trois siècles, par la province de Bétique. Dans le bassin du Guadalquivir, des centaines d'établissements oléicoles antiques sont connus tandis que plus de 110 ateliers de potiers assuraient la production des conteneurs (amphores). Il s'agit de la plus grande concentration de ce type connue dans l'Empire, que l'on peut qualifier de proto-industrielle. L'objectif général d'OLEASTRO (qui prend la suite du projet PAEBR, précédemment présenté) concerne la moyenne vallée du Guadalquivir et avait pour objectif de caractériser 70 à 80 ateliers (taille, chronologie, etc.), mais aussi de compléter et d'enrichir les résultats paléoenvironnementaux du précédent programme.

Contact

Stéphane Mauné – stephane.maune@cnrs.fr

PALEOMAR

Dynamiques des environnements des marges arides méditerranéennes depuis 12000 ans

L'objectif de PALEOMAR est d'identifier et de comprendre les forçages qui contrôlent l'évolution des marges arides de la Méditerranée à l'Holocène et de mesurer l'impact qu'ils ont eu sur les communautés humaines.

Résultats majeurs

Les recherches mettent en évidence la formation, entre 10 800 et 6500 ans avant notre ère, de nombreux dépôts fluvio-palustres et travertineux, révélant la pérennisation des aquifères alluviaux dans les plaines et vallées. Ces résultats témoignent d'un climat plus humide que l'actuel et de conditions environnementales plus favorables à l'installation des sociétés humaines. Ces zones humides, qui se développent de manière simultanée sur l'ensemble de la région, présentent une chronologie similaire à celle des lacs sahariens qui se développent au cours de l'*African Humid Period* de l'Holocène ancien et moyen. Parmi les autres résultats, on peut citer la mise en évidence, pour la première fois au nord-ouest de l'Afrique, de l'impact des événements climatiques rapides de 8200 et 7600-7300 avant notre ère dans des enregistrements fluviaux. Enfin, nos travaux démontrent un contrôle climatique dans le fonctionnement des hydrosystèmes au cours des cinq derniers millénaires.

Production scientifique

Depreux B., *et al.* (2022) First fluvial archive of the 8.2 and 7.6-7.3 ka events in North Africa (Charef River, High Plateaus, NE Morocco). *Scientific Reports*, 12, 7710.

Depreux B., *et al.* (2021) Alluvial records of the African Humid Period from the NW African highlands (Moulouya basin, NE Morocco). *Quaternary Science Review*, 255, 106807.

Contact

David Lefèvre – david.lefevre@cnrs.fr –
david.lefevre@univ-montp3.fr



Découverte d'une épave lors de la fouille de l'embouchure de l'Aude. Projet InHoMiNa. © Corinne Sanchez

Dynamite

Dynamiques Territoriales et spatiales

Dynamite⁽¹⁾ est un laboratoire d'excellence pluridisciplinaire qui traite des questions de territoires au sens large. Il regroupe des laboratoires de recherche de haut niveau dans les domaines de la géographie, de l'aménagement, de l'urbanisme, de l'histoire, de l'archéologie, de la sociologie, de l'anthropologie, de l'économie, du droit et de la philosophie. La réponse à ces questions s'articule dans le cadre de groupes de travail traitant des grands enjeux suivants :

- 1/ Héritage et mutation des territoires.
- 2/ Changements environnementaux et risques : impact sur la biodiversité et les sociétés⁽²⁾.
- 3/ Mobilités, échanges et migrations.
- 4/ Innovations méthodologiques et outils du numérique.

Le territoire, thème transversal, occupe une place centrale dans la mise en œuvre des politiques publiques et dans les récentes avancées scientifiques. Chacun des axes de recherche du LabEx interroge la pertinence d'une prise en compte de la dimension territoriale dans la réflexion et dans l'action, approche qui permettrait en effet une meilleure appréciation de la place de chacun dans les mutations du monde contemporain. L'objectif de Dynamite est de contribuer à améliorer notre capital de connaissances et notre potentiel d'action, en revisitant la notion de territoire, de la Préhistoire à nos jours, dans la perspective d'une projection collective sur un avenir commun. Les chercheurs et chercheuses du LabEx ont pour ambition de faire fructifier les apports respectifs de leurs différents champs disciplinaires autour d'un objet commun : les territoires. Enfin, Dynamite entend valoriser ses travaux de recherche, et s'ouvrir au monde économique, aux agences de planification et aux acteurs régionaux. Pour ce faire, différents événements sont organisés tout au long de l'année.



Échantillonnage du tuf de Resson pour les études malacologiques et géochimiques. Projet MédOc. © Nicole Limondin Lozouet, CNRS_LGP

Début du projet : février 2012 | Fin du projet : déc. 2024

Dotation totale LabEx : 10 361 810 €

Établissement coordinateur : Université de Paris I Panthéon-Sorbonne

Partenaires

École Pratique des Hautes Études | École des Hautes Études en Sciences Sociales | Conservatoire National des Arts et Métiers Paris | Université Paris Nanterre | Université de Paris 8 Vincennes - Saint Denis | UPEC - Université Paris-Est Créteil - Val de Marne | CNRS Ile-de-France, Meudon | Université Sorbonne Paris Nord | IIRD Marseille | Ministère de la Culture | Inalco | Université Paris Cité

Laboratoires associés

UMR 8210 - ANHIMA | UMR 8096 - ArchAm | UMR 7041 - ArScAn | EA 1516 - CEDAG | UMR 8174 - CES | UMR 245 - CESSMA | UMR 8058 - CHS | EA 7337 - EIREST | UMR 8504 - Géographie-cités | EA 337 - ICTI | UMR 8103 - ISJPS | UMR 7533 - LADYSS | UMR 7218 - LAVUE | UMR 8591 - LGP | EA 4603 - LIRSA | EA 7338 - PLEIADE | UMR 8586 - PRODIG | UAR2414 - RIATE | UMR 8068 - TEMPSI | UMR 8215 - Trajectoires

Responsable du projet

Franck Lavigne - franck.lavigne@univ-paris1.fr - <http://labex-dynamite.com/fr/sample-page/>

Chiffres clés

20 laboratoires | Environ 300 projets de recherche ayant bénéficié d'un financement | 500 scientifiques impliqués

Thématiques « paléoenvironnements et sociétés humaines » de la partie concernée du projet

- L'archéologie environnementale et l'archéométrie : le site d'occupation humaine comme *nexus* interdisciplinaire
- La géoarchéologie : la reconstitution des unités paysagères dans lesquelles s'insèrent les sites d'occupation humaine
- Les sociétés du passé et leurs environnements face aux défis des changements climatiques et hydroclimatiques
- L'apport des paléoenvironnements dans la compréhension des modes de subsistance



1. 11-LABX-0046.

2. Les projets en lien avec ce *cahier* en sont issus.

DynamiTe

Dynamiques Territoriales et spatiales

Actions en lien avec la thématique du cahier ayant bénéficié d'un financement du LabEx DynamiTe

Acronyme et nom du projet	Durée	Responsable	
PALCLIM	Variabilité climatique rapide en milieu continental : l'apport des granules de calcite de lombrics	36 mois (à partir d'octobre 2013) <i>Contrat doctoral</i>	Pierre Antoine
SECHURA	Impacts entre dynamiques fluvio-littorales et ressources naturelles dans le désert de Sechura	12 mois (à partir d'octobre 2013) <i>Contrat doctoral</i>	Nicolas Goepfert Catherine Kuzuçuglu
PoPCaen	Impact anthropique et changements environnementaux depuis le Néolithique dans la plaine de Caen	36 mois (à partir de septembre 2016) <i>Contrat doctoral</i>	Laurent Lespez François Giligny
PAYAMA	PAYSages Agraires d'hier et d'aujourd'hui en terre MAYA	24 mois (à partir de janvier 2017)	Aline Garnier Eva Lemonnier
METATE	Anthropisation d'un milieu volcanique du XIII ^e siècle à nos jours : l'activité meulière sur le massif d'El Metate, Michoacán (Mexique)	48 mois (à partir d'octobre 2017)	Caroline Hamon Grégory Pereira
GRADAT	Chronologie des variations paléoenvironnementales millénaires durant le Paléolithique supérieur ancien	24 mois (à partir de janvier 2018)	Olivier Moine
Dynavis	Dynamiques environnementales et visibilité archéologique en Grèce du Nord et en Bulgarie du VII ^e au II ^e millénaire av. J.-C.	12 mois (à partir de septembre 2018) <i>Contrat doctoral</i>	Zoi Tsirtsoni
PESCA	Pérou : Environnement Sociétés Climat Archéologie	31 mois (à partir de novembre 2018)	Nicolas Goepfert Catherine Kuzuçuglu
MAAH	Métallurgie Ancienne et Aménagement Hydraulique	36 mois (à partir de janvier 2019)	Emmanuelle Gautier
MédOc	Paléoenvironnements, climats et sociétés holocènes sur la façade Méditerranéenne Occidentale	39 mois (à partir de septembre 2019) <i>Contrat doctoral</i>	Benoît Favennec
ACE	Adaptation aux Changements Environnementaux ? Le cas de l'usage des plantes durant le Tardiglaciaire	15 mois (à partir de novembre 2019) <i>Contrat doctoral</i>	Jérémy Jacquier
BACK TO RESSON	Environnement et climat à l'époque de Néandertal, il y a 125 000 ans, dans l'Aube	36 mois (à partir de janvier 2020)	Julie Dabkowski Marie Claude Saad Joly
ASEAA	Archéologie, Sociétés et Environnements Anciens en Asie	2020	Aline Garnier
FARASAN	Stratégies et modalités d'appropriation d'un territoire insulaire en mer Rouge méridionale	12 mois (à partir d'octobre 2021) <i>Contrat doctoral</i>	Solène Marion de Procé
CEPAGE	Crues Et Petit Âge de Glace en Europe – Application à la Loire	24 mois <i>Contrat doctoral</i>	Emmanuelle Gautier
CONNECT-EURE	Contribution des vestiges du canal Louis XIV aux continuités écologiques actuelles et passées	24 mois <i>Contrat doctoral</i>	François Bétard
ArcAgr-AU	Dynamiques paléoclimatiques et socio-environnementales dans le Nord-Ouest de l'Arabie au cours de l'Holocène	36 mois (à partir d'octobre 2022) <i>Contrat doctoral en cofinancement</i>	Laurent Lespez Louise Purdue

Dynamite

Dynamiques Territoriales et spatiales

Sélection d'actions impactantes financées par le LabEx Dynamite

MédOc

Paléoenvironnements, climats et sociétés holocènes sur la façade Méditerranéenne Occidentale

Le climat de la zone méditerranéenne durant l'Holocène montre une importante variabilité temporelle (événements climatiques abrupts [RCC]), et spatiale (forte régionalisation des réponses environnementales). Cette instabilité climatique a été considérée comme une cause majeure de la modification des ressources économiques menant à des ruptures sociales. L'objectif du projet est d'évaluer le réel impact environnemental des oscillations climatiques par une approche régionale (depuis le nord du Maroc jusqu'à la Provence) et pluridisciplinaire, s'appuyant sur des études de cas détaillées concernant les sociétés du Mésolithique (économie type chasse-cueillette), puis du Néolithique (économie agropastorale).

Résultats majeurs

Au Maroc et en Andalousie les malacocénoses ont permis de caractériser les environnements de l'Holocène moyen régulièrement érodé dans les séries fluviatiles régionales. La période humide de la première moitié de l'Holocène moyen est suivie par l'aridification progressive des environnements à partir de -5000. L'approche exploratoire utilisant les isotopes stables des coquilles a fourni des premiers résultats cohérents au regard des reconstitutions paléoenvironnementales et du signal géochimique issu de la calcite des tufs, et incite à développer cette méthode. La synthèse globale inclura la comparaison avec les résultats des séries provençales et l'intégration des données archéologiques associées sur l'ensemble du transect.

Contact

Nicole Limondin-Lozouet – nicole.lozouet@lgp.cnrs.fr

PALCLIM

Variabilité climatique rapide en milieu continental : l'apport des granules de calcite de lombrics

De récents travaux ont mis en évidence l'extrême sensibilité des séquences loessiques ouest-européennes face aux variations climatiques millénaires du dernier épisode glaciaire. À l'occasion des études à haute résolution réalisées sur ces séquences, des granules de calcite de 0,5 à 2 mm de diamètre ont été découverts en abondance dans les paléolsols, datés entre environ -45000 et -20000 ans. Ces granules sont excrétés par les vers de terre et se conservent exceptionnellement bien dans les sédiments carbonatés. Dans ce contexte, l'objectif principal du projet était de développer, grâce à ce traceur, une approche innovante de caractérisation des variations climatiques millénaires enregistrées dans les séquences loessiques.

Résultats majeurs

Les travaux effectués ont montré que les granules de calcite de vers de terre représentent un traceur unique dont l'approche a permis d'aboutir 1/ à renforcer la mise en évidence des changements environnementaux rapides au sein de séquences loessiques ouest-européennes au cours de la dernière période glaciaire et ainsi à caractériser les paléoenvironnements interstadias contemporains du développement des paléolsols ; 2/ à quantifier les paramètres climatiques au cours de ces phases

à partir de leur composition isotopique ; 3/ à fournir des données inédites, précises et quantifiées, nécessaires aux discussions concernant l'impact des variations climatiques millénaires sur les environnements des grandes plaines de l'Europe de l'Ouest et les occupations paléolithiques associées, et apporter des données de référence afin de mieux contraindre les modèles climatiques.

Production scientifique et valorisation

Prud'homme C., *et al.* (2018) $\delta^{13}\text{C}$ signal of earthworm calcite granules: a new proxy for palaeoprecipitation reconstructions during the Last Glacial in Western Europe. *Quaternary Science Reviews*, 179, pp. 158-166.

Prud'homme C., *et al.* (2016) Palaeotemperature reconstruction during the Last Glacial from $\delta^{18}\text{O}$ of earthworm calcite granules from Nussloch loess sequence, Germany. *Earth and Planetary Science Letters*, 442, pp. 13-20.

Prud'homme C., *et al.* (2015) Earthworm calcite granules: a new tracker of millennial-timescale environmental changes in Last Glacial loess deposits. *Journal of Quaternary Science*, 30(6), pp. 529-536.

Contact

Pierre Antoine – pierre.antoine@lgp.cnrs.fr

PoPCaen

Impact anthropique et changements environnementaux depuis le Néolithique dans la plaine de Caen

Dans la plaine de Caen, les données paléoenvironnementales obtenues lors des fouilles archéologiques sur les plateaux ont permis de nourrir la connaissance sur l'évolution du paysage sous l'influence des pratiques humaines. Les études polliniques hors sites ont permis de tracer une première esquisse de la dynamique de la végétation en réponse au développement des pratiques agropastorales. À partir de l'étude de nouveaux enregistrements issus des fonds de vallées, l'objectif est de produire des données plus continues sur l'évolution du paysage végétal, et susceptibles d'être reliées aux informations archéologiques. Ces données empiriques doivent permettre d'affiner la compréhension des processus d'anthropisation de la plaine de Caen depuis le Mésolithique.

Résultats majeurs

Dans les secteurs où les occupations néolithiques sont reconnues, comme à Cairon ou Banville, les résultats révèlent la succession d'activités humaines qui impactent durablement le paysage végétal depuis le Néolithique moyen. Entre l'âge du Bronze et l'âge du Fer, les sociétés ont profondément modifié les structures paysagères de l'échelle locale à l'échelle régionale. L'utilisation conjointe des microrestes non polliniques et du signal incendie démontre le poids des pratiques pastorales et des incendies dans l'ouverture des milieux et la transformation des zones humides fluviales.

Contacts

Laurence Lemer – laurence.lemer@lgp.cnrs.fr

Laurent Lespez – laurent.lespez@lgp.cnrs.fr

François Giligny – françois.giligny@univ-paris1.fr

OT-Med

Objectif Terre : Bassin Méditerranéen

Le LabEx OT-Med⁽¹⁾ est un consortium de recherche qui étudie les changements globaux et les risques naturels dans le bassin méditerranéen. Il a fonctionné de 2012 à 2020. Ce consortium comprend dix unités de recherche dont sept sont des unités de l'université d'Aix-Marseille (AMU), huit associées au CNRS et quatre à l'INRAE. Il couvre une palette de disciplines très diverses comme les géosciences, les sciences marines, l'écologie, l'économie, le droit, la sociologie, la géographie. Il fait partie de l'initiative d'excellence AMIDEX de l'université d'Aix-Marseille. Au total, plus d'une centaine de chercheurs de cette université se sont fortement impliqués dans ce LabEx.

Le LabEx OT-Med a été financé à hauteur de 7 millions d'euros par les Programmes d'investissement d'avenir intégrés dans France 2030 pour la période 2012-2019. Ce financement a permis d'embaucher 18 étudiants en thèse et 30 postdoctorants, pour des périodes d'un à trois ans. 60 % des jeunes chercheurs et jeunes chercheuses embauchés par le LabEx viennent de l'étranger, particulièrement des pays méditerranéens. Ce LabEx a donné lieu à près de 250 articles scientifiques dans des journaux internationaux.

L'objectif principal d'OT-Med était de développer des recherches interdisciplinaires, avec un niveau international exigeant, se focalisant sur l'environnement dans le bassin méditerranéen et les régions semi-arides du sud. Le bassin méditerranéen est riche d'une histoire millénaire dont les leçons que l'on peut en tirer permettent d'éclairer les changements environnementaux actuels et futurs. Il s'agissait par exemple de comprendre l'évolution des aquifères d'Afrique du Nord, des ressources en eau au Maroc, des traits de côtes sous le coup de l'élévation du niveau de la mer et des activités humaines, des risques liés aux tremblements de terre en Italie et au Moyen-Orient, de la biodiversité très riche de la région méditerranéenne (coraux, éponges, forêts...), de l'agriculture en fonction des pratiques agricoles plus ou moins durables, des contaminants en baie de Marseille...

Le suivi des négociations sur le climat et la biodiversité, l'effet des accords de Paris à l'issue de la COP21 sur les écosystèmes méditerranéens, la coévolution climat-sociétés durant les derniers millénaires, la perception par les populations des risques naturels et du changement climatique figurent également parmi les objectifs du LabEx.

Certains projets relevant de la thématique de ce *cahier* ont été portés par le CEREGE et/ou l'IMBE, en collaboration avec des unités d'archéologie de l'AMU, extérieures au LabEx et membres du LabexMed avec lequel OT-Med a collaboré tout au long de ses huit ans d'existence.

Le LabEx a voulu également accélérer la communication vers le monde socioéconomique, les décideurs et le public. Il a accompagné la création du groupe d'experts sur le changement climatique en région Provence-Alpes-Côte d'Azur (GREC-PACA) qui produit, depuis 2015, une dizaine de cahiers sur cette thématique à destination des acteurs de la société. Un groupe équivalent pour l'ensemble du bassin méditerranéen, MedECC, a été créé en collaboration avec des institutions travaillant avec les acteurs de la société, comme le Plan Bleu, l'Union pour la Méditerranée, l'ADEME. Ce réseau a produit, en 2020, un premier rapport sur l'état de la région méditerranéenne face aux changements environnementaux. Il a organisé des écoles d'été, des écoles de terrain. Des articles de synthèse, un livre blanc « Marseille et l'environnement : bilan, qualité et enjeux », un MOOC (M@gistere Climat) en partenariat avec le rectorat à destination des professeurs du secondaire, des vidéos, des jeux intelligents et une bande dessinée sur le changement climatique ont également été produits.

Ce LabEx est à l'origine de la création, en 2020, d'un institut de l'AMU sur la transition environnementale en Méditerranée (ITEM⁽²⁾). On peut noter également que le nouvel institut ARKAIA, financé également par l'AMU, regroupe plusieurs équipes qui ont travaillé ensemble sur la thématique humains-milieux dans le cadre du LabEx.

Début du projet : mars 2012 | Fin du projet : déc. 2019

Dotation totale LabEx : 7 000 000 €

Établissement coordinateur : Aix-Marseille Université

Partenaires

Université de Toulon | CNRS | INRAE | IRD Marseille | IRSTEA

Responsable du projet

Joel Guiot – guiot@cerege.fr – <https://www.otmed.fr/>

Chiffres clés

10 laboratoires | 250 publications scientifiques | 18 doctorants et 30 postdoctorants recrutés | 50 projets de recherche ayant bénéficié d'un financement | 100 scientifiques de l'AMU impliqués

Thématiques « paléoenvironnements et sociétés humaines » de la partie concernée du projet

- La géoarchéologie : la reconstitution des unités paysagères dans lesquelles s'insèrent les sites d'occupation humaine
- Les sociétés du passé et leurs environnements face aux défis des changements climatiques et hydroclimatiques



1. TI-LABX-0061.

2. <https://www.univ-amu.fr/fr/public/institut-mediterraneen-pour-la-transition-environnementale-item>

OT-Med

Objectif Terre : Bassin Méditerranéen

Actions de la thématique de ce cahier ayant bénéficié d'un financement du LabEx OT-Med

Acronyme et nom du projet		Durée	Responsable
AMENOPHYS	Adaptation de l'agriculture du sud de la France en réponse aux changements climatiques de l'Holocène	24 mois (à partir de juin 2015)	Joël Guiot
GEOART	Geomorphology and Archeosismicity in Transcaucasia	12 mois (à partir de juillet 2017)	Vincent Godard

Action impactante financée par le LabEx OT-Med

AMENOPHYS

Adaptation de l'agriculture du sud de la France en réponse aux changements climatiques de l'Holocène

Les changements climatiques actuels et futurs ont et auront un impact important sur les ressources naturelles et agricoles dont disposent les sociétés. Le bassin méditerranéen a abrité, pendant des milliers d'années, de nombreuses sociétés plus ou moins développées, avec des modes d'organisation différents. Dans ce contexte, AMENOPHYS vise 1/ à évaluer dans quelle mesure la vulnérabilité de ces civilisations était liée à leur mode de prise de décision ; 2/ à déduire des informations quant à leur capacité d'adaptation ; 3/ à identifier les prédictors de changement dans leur mode de vie et dans la nature de leur structure organisationnelle par rapport aux changements environnementaux à grande échelle.

Résultats majeurs

Les résultats suggèrent que les modes de peuplement étaient étroitement liés à la productivité agricole potentielle (essentiellement du blé), et donc du climat, pendant la majeure partie de l'Holocène, à l'exception notable de la période allant de l'âge du Bronze moyen au début de l'âge du Fer. Cela implique que le climat n'est pas le seul forçage des modes de peuplement et que la vulnérabilité et la résilience au changement climatique dépendent fortement des variables sociétales.

Production scientifique et valorisation

Contreras D.A., et al. (2019) From paleoclimate variables to prehistoric agriculture: Using a process-based agro-ecosystem model to simulate the impacts of Holocene climate change on potential agricultural productivity in Provence, France. *Quaternary International*, 501, Part B, pp. 303-316.

Contreras D.A., et al. (2018) Reaching the human scale: A spatial and temporal downscaling approach to the archaeological implications of paleoclimate data. *Journal of Archaeological Science*, 93, pp. 54-67.

Contreras D.A., et al. (2018) Regional paleoclimates and local consequences: Integrating GIS analysis of diachronic settlement patterns and process-based agroecosystem modeling of potential agricultural productivity in Provence (France). *Plos One*, 13(12), e0207622.

Contact

Joel Guiot – guiot@cerege.fr

ISblue

Interdisciplinary graduate School for the blue planet

ISblue⁽¹⁾ est une école universitaire de recherche (EUR) entièrement dédiée aux sciences et technologies marines. Elle ambitionne d'internationaliser un ensemble de formations portées par deux universités et quatre écoles d'ingénieurs, en partenariat avec trois organismes de recherche nationaux (CNRS, Ifremer, IRD).

L'EUR ISblue est composée de 13 unités et équipes de recherche, avec une expertise internationalement reconnue dans de nombreuses disciplines (océanographie physique et spatiale, géosciences, biogéochimie, écologie, microbiologie, analyse de données, mais aussi géographie, économie, droit, ingénierie...), toutes consacrées aux questions relatives à l'océan sous tous ses aspects.

ISblue relève les défis des océans et des littoraux par une approche interdisciplinaire, qui s'appuie sur les acquis du LabexMER dont les actions sont intégrées à ISblue.

La recherche et l'innovation se déclinent en 5 thèmes :

- 1/ Régulation du climat par l'océan.
- 2/ Interactions entre la terre et l'océan.
- 3/ Durabilité des systèmes côtiers.
- 4/ Océan vivant et services écosystémiques.
- 5/ Systèmes d'observation pour la connaissance des océans.

L'EUR favorise l'émergence de nouveaux projets de recherche interdisciplinaires (19 projets émergents) ainsi que la recherche en mer et sur le terrain (30 projets financés). L'interdisciplinarité est particulièrement développée au sein des projets *Flagship*, emblématiques des synergies au sein d'ISblue et d'ambition internationale (six projets en cours). Cette interdisciplinarité se manifeste dans le développement de :

- 1/ L'enseignement par le numérique et la réalité virtuelle.
- 2/ Une approche pédagogique partagée de la formation.
- 3/ L'internationalisation.
- 4/ Le lien recherche-formation.

Parmi les enjeux transverses aux différents masters, ISblue se mobilise sur les objectifs de soutenabilité et sur la formation aux transitions globales.

L'appel ISblue Hub permet par exemple de développer un apprentissage par projets pour les étudiants des universités et des écoles d'ingénieurs, en forte interaction avec les partenaires socioéconomiques.

Début du projet : oct. 2018 | Fin du projet : oct. 2028

Aide France 2030 : 21 811 000 €

Établissement coordinateur : Université Bretagne Occidentale

Partenaires

Ifremer Brest-Plouzané | Université de Bretagne Sud | CNRS | IRD Marseille | Institut Mines Telecom Atlantique Bretagne-Pays de la Loire | École navale | École Nationale Supérieure de Techniques Avancées Bretagne | École Nationale Ingénieurs Brest

Laboratoires associés

UMR 6308 – AMURE | UMR 6197 – Beep | UMR DECOD-Brest | Ifremer-Dyneco | UMR 6538 – Geo-Océan | UMR 6027 – IRDL | EA3634-IRENav | UMR 6285 – Lab-STICC | EMR6076-LBCM | UMR 6539 – LEMAR | UMR 6554 – LETG | UMR 6523 – LOPS | Ifremer-RDT

Responsable du projet

Anne-Marie Treguier – anne-marie.treguier@univ-brest.fr – www.isblue.fr

Chiffres clés

13 unités de recherche | 17 postdoctorants, 230 doctorants et 16 enseignants invités | 54 projets de recherche, 64 projets de formation, 211 mobilités internationales ayant bénéficié d'un financement | 390 scientifiques impliqués

Thématique « paléoenvironnements et sociétés humaines » de la partie concernée du projet

- La géoarchéologie : la reconstitution des unités paysagères dans lesquelles s'insèrent les sites d'occupation humaine



Menhir submergé de Men Ozac'h sur la côte de Nord du Finistère, vestige néolithique emblématique des changements environnementaux côtiers. Projet SeaLex. © René Ogor

1. ANR 17-EURE-0015.

ISblue

Interdisciplinary graduate School for the blue planet

Actions en lien avec la thématique de ce cahier ayant bénéficié d'un financement de l'EUR ISblue

Acronyme et nom du projet	Durée	Responsable
SeaLex The SEA as a Long term socio-ecological EXperiment	48 mois (à partir de septembre 2020)	Pierre Stéphane
PACTE Past to current land-sea continuum: socio-ecosystem trajectories derived from a regional pilot site	48 mois (à partir de juin 2022)	Aurélie Penaud

Actions impactantes financées par l'EUR ISblue

SeaLex The SEA as a Long term socio-ecological EXperiment

Le projet SeaLex vise à contribuer au débat sociétal contemporain sur les impacts des changements climatiques sur les populations humaines côtières par une approche rétrospective des trajectoires à long terme des socioécosystèmes, notamment concernant l'adaptabilité et la résilience sociales, depuis le début de l'Holocène jusqu'à aujourd'hui dans plusieurs zones côtières pertinentes de l'océan Atlantique Nord.

Résultats majeurs

Les avancées scientifiques sont multiples : vision renouvelée des changements environnementaux holocènes dans l'ouest de l'Europe ; chronologie des changements morphologiques côtiers, usage de datations OSL ; rôle des forçages océaniques sur le climat par simulations rétrospectives ; nombreux cas d'étude pour examiner la résilience des populations côtières aux changements environnementaux ; *scenarii* en réalité virtuelle et outils innovants de médiation scientifique. Le projet a servi de terreau au montage de projets financés (GEOPRAS²) et de trois thèses, ainsi qu'à une mise en synergie avec 1/ d'autres équipes nationales et étrangères ; 2/ les acteurs locaux (parcs naturels), nationaux (Inrap) et internationaux (Unesco) de la gestion du patrimoine culturel ; 3/ la formation universitaire.

Contact

Pierre Stéphane – pierre.stephan@univ-brest.fr –
Le site internet du projet

PACTE Past to current land-sea continuum: socio-ecosystem trajectories derived from a regional pilot site

Le projet interdisciplinaire PACTE vise à reconstituer la trajectoire du socioécosystème de la rade de Brest en réponse à un faisceau de modifications climatiques et de pressions anthropiques, au niveau des principaux fleuves tributaires que sont l'Aulne et l'Elorn, et au cours des deux derniers siècles à minima.

Résultats majeurs

La rade de Brest est riche en activités économiques diversifiées. Un comité de parties prenantes incluant des membres non académiques (gestionnaires des bassins versants de l'Elorn et de l'Aulne, Brest

Métropole, parcs : PNRA et PNMI, Océanopolis), se réunira annuellement avec l'équipe de recherche de PACTE. Les résultats du projet enrichiront directement le programme « Contrat de Rade » porté par Brest Métropole, SBE-Elorn et EPAGA-Aulne, en particulier la thématique liée à la perspective à long terme du socioécosystème rade. Une revue *Peer-Community In* dédiée aux approches interdisciplinaires terre-mer est envisagée. Ce projet donnera lieu à *Ocean Touch*, un poster scientifique numérique et interactif de 55" pouvant présenter des informations multiformats. Ce dispositif constituera une expérience pédagogique stimulante pour les événements de culture scientifique et la formation des étudiants, qui a été d'ores et déjà alimenté d'un premier scénario sur l'Holocène en rade de Brest lors de la Fête de la science 2022.

Contact

Aurélie Penaud – aurelie.penaud@univ-brest.fr

2. Voir page 46.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Andrieu-Ponel V., et al. (2021) Proto-cereals, large herbivores and hominins: 2.3 Ma of co-Évolution? *Scientific Reports (Nature)*, 2021 Apr 26;11(1):8914.
- Augereau A., (2021) « Où sont les femmes ? », Femmes néolithiques : le genre dans les premières sociétés agricoles. Paris, CNRS éditions, 302 p.
- Barboni D., et al. (2019) Springs, palm groves, and the record of early hominins in Africa. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 266, 23-41.
- Bischoff J.L. et Rosenbauer R.J., (1981) Uranium Series Dating of Human Skeletal Remains from the Del Mar and Sunnyvale Sites, California. *Science*, 213 (4511), 1003-1005.
- Bond G.W., et al. (1993) Correlations between climate records from North-Atlantic sediments and Greenland ice. *Nature*, 365, 143-147.
- Bond G.W., et al. (1997) A pervasive Millennial-Scale Cycle in North Atlantic Holocene and Glacial Climates. *Science*, 278, 1257-1266.
- Burnouf J., 2007. Des milieux et des hommes : méthodes d'études en archéologies environnementales. In : Demoule J.P. (ed.), *L'archéologie préventive dans le monde*. Paris, La Découverte, « Recherches », 115-130.
- Burnouf J., et al. (2012) *Manuel d'archéologie médiévale et moderne*. Armand Colin, Collection U, 384 p.
- Butzer K.W., (1968) *Environment and archaeology*. Chicago, Aldine, Atherton, 703 p.
- Butzer K.W., (1982) *Archaeology as human ecology*. Cambridge University Press, 364 p.
- Butzer K.W., (2012) Collapse, Environment, and Society. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109 (10), 3632-3639.
- Claval P., (2000) *Histoire de la géographie française de 1870 à nos jours*, Nathan, 543 p.
- Cline E.H., (2014) *1077 BC : The Year Civilization Collapsed*. Princeton, NJ, Princeton University Press, 264 p.
- Crutzen P.J., (2002) Geology of mankind. *Nature*, 415, 6867, 23 p.
- Crutzen P.J., (2006) The "Anthropocene". In : Ehlers E. et Krafft T. (eds), *Earth System Science in the Anthropocene*. Springer, 13-18.
- Driessen J. et MacDonald C.F., (2000) The eruption of the Santorini volcano and its effects on Minoan Crete. *Geological Society, London, Special publications*, 171, 81-93.
- Ghilardi M., (2020) *Lagunes et marais littoraux de Corse. De la Préhistoire à nos jours*. Collec. Orma : la Corse archéologique, Editions ARAC, 5, 105 p.
- Ghilardi M., (2021) Geoarchaeology: where Geosciences meet with Humanities to reconstruct past Humans/Environment interactions. An application to the coastal areas of the largest Mediterranean islands. *Applied Sciences*, 11 (10), 4480.
- Guilaine J., (2001) La diffusion de l'agriculture en Europe : une hypothèse arythmique. *Zephyrus*, 53-54, 267-272.
- Guilaine J., (2003) De la vague à la tombe. *La conquête néolithique de la Méditerranée*. Paris, Seuil, 375 p.
- Guilaine J., (2022) *Femmes d'hier*. Odile Jacob, 432 p.
- Kolbert E., (2014) *The sixth extinction. An unnatural history*. Henry Holt and Company, 319 p.
- Kuper R. et Kröpelin S., (2006) Climate-controlled Holocene occupation of the Sahara: Motor of Africa's Évolution. *Science*, 313, 803-807.
- Lebatard A.E., et al. (2008) Cosmogenic nuclide dating of *Sahelanthropus tchadensis* and *Australopithecus bahrelghazali*: Mio-Pliocene hominids from Chad. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 105, 3226-3231.

Lebatard A.E., *et al.* (2010) Application of the authigenic $^{10}\text{Be}/^9\text{Be}$ dating method to continental sediments: Reconstruction of the Mio-Pleistocene sedimentary sequence in the early hominid fossiliferous areas of the northern Chad Basin. *Earth and Planetary Science Letters*, 297 (1-2), 57-70.

Le Roy Ladurie E., (1967) *Histoire du climat depuis l'an mil*. Flammarion, 380 p.

Lespez L., *et al.* (2016) Rapid Climate Change and Social Transformations : uncertainties, adaptability and resilience. In Thiébaud S., Moatti J.P. (eds.), *The Mediterranean region under climate change : a scientific update*, Marseille, IRD, AllEnvi, 35-45.

Mayewski P.A., *et al.* (2004) Holocene climate variability. *Quaternary Research*, 62 (3), 243-255.

Michel V., *et al.* (2013) U-series, ESR and C-14 studies of the fossil remains from the Mousterian levels of Zafarraya Cave (Spain): A revised chronology of Neandertal presence. *Quaternary Geochronology*, 15, 20-33.

Novello A., *et al.* (2017) Phytoliths indicate significant arboreal cover at Sahelanthropus type locality TM266 in northern Chad and a decrease in later sites. *Journal of Human Evolution*, 106, 66-83.

Pichard G., (1999) Espaces et nature en Provence. *L'environnement rural 1540-1789*. Thèse de Doctorat, Aix Marseille I, 4 Vol., 1828 p.

Pichard G. et Roucaute E., (2014) Sept siècles d'histoire hydroclimatique du Rhône d'Orange à la mer (1300-2000), climat, crues et inondations. Méditerranée, HS, 192 p.

Ruddiman W., (2003) The anthropogenic greenhouse era began thousands of years ago. *Climatic Change*, 61 (3), 261-293.

Simmons A.H., (1988) Extinct pygmy hippopotamus and early man in Cyprus. *Nature*, 333, 554-557.

Vacchi M., *et al.*, (2021) Climate pacing of millennial sea-level change variability in the central and western Mediterranean. *Nature Communications*, 12, 4013.

Vigne J.D., (1987) L'exploitation des ressources alimentaires en Corse du VIIe au IVe millénaire. In : Guilaine J., Courtin J., Roudil J.L. *et al.* (eds.), *Premières communautés paysannes en Méditerranée occidentale*. CNRS éditions, 193-199.

Vigne J.D., (1988) *Les mammifères post-glaciaires de Corse, études archéozoologiques*. Gallia Préhistoire, Suppl. 26, CNRS Éditions, 334 p.

Waters C.N., *et al.* (2016) The Anthropocene is functionally and stratigraphically different from the Holocene. *Science*, 351, 6269, aad2622-9

Weiss H., (2016) Global megadrought, societal collapse and resilience at 4.2-3.9 ka BP across the Mediterranean and west Asia. *PAGES Magazine*, 24 (2), 62-63.

Weiss H., (2017)(Éd.). Megadrought and collapse. From Early agriculture to Angkor. *Oxford University Press*, 344 p.

INDEX DES FICHES PROJETS

p. 128	ACIGOL	p. 69	GLOBALKITES	p. 171	OT-Med
p. 129	AfriCrop	p. 113	GREENLAND	p. 142	PaleoCet
p. 86	Ancient Kura	p. 114	HADoC	p. 73	PALEOMED
p. 64	AquaTyr	p. 115	HIGH-PASM	p. 101	PaleoPersepolis
p. 65	Archaedyn	p. 138	HOMES	p. 102	PaléoSyr
p. 66	ARCHEOSTRAITS	p. 156	IMU	p. 119	PalHydroMil
p. 164	ARCHIMEDE	p. 116	InterArctic	p. 103	PARACAS
p. 130	ArkaeoAG	p. 173	ISblue	p. 74	PARADISE
p. 87	ARMILIT	p. 139	KHARMAN	p. 143	PARCEDES
p. 88	Balkans 4000	p. 94	KUR(A)GAN	p. 144	PARURES
p. 89	BASILIZNIK-SECRETS	p. 95	Kura in Motion!	p. 75	PAVAGE
p. 43	Big Dry	p. 158	LabexMed	p. 145	PHOENIX
p. 131	BigGame	p. 152	LaScArBx	p. 76	POLTEVERE
p. 132	CAMELANDES	p. 47	Magdatis	p. 77	Pont-Euxin
p. 67	CASIMODO	p. 140	MAGI	p. 148	POPPY
p. 44	CHerCHA	p. 96	Mali-AAPD	p. 53	PremAcheuSept
p. 112	CLIMANTHROPE	p. 117	MANDU	p. 54	PROCOME
p. 90	CRISIS	p. 97	MeSCAL	p. 120	Pygmalion
p. 133	DeerPal	p. 48	Mésonéo	p. 55	SESAME
p. 134	DENDRAC	p. 70	ModAThom	p. 121	SOPHOCLE
p. 91	DIKIDA	p. 71	MONACORALE	p. 147	Starch4Sapiens
p. 160	DRIIHM	p. 72	MONUMEN	p. 56	The MileStone Age
p. 168	DynamiTe	p. 49	NEANDROOTS	p. 148	TIMMA
p. 92	EauMaghreb	p. 98	NeoArabia	p. 104	TransOxus
p. 45	EVAH	p. 50	NEOGENRE	p. 105	TRANSRISK ²
p. 135	EXSUDARCH	p. 51	NILAFAR	p. 149	VINICULTURE
p. 136	FOOD-RE	p. 99	OASIS	p. 57	WomenSOFar
p. 137	FRUCTIMEDHIS	p. 100	OASIWAT	p. 78	WOODPDLAKE
p. 68	GEOMAR	p. 52	OBRESOC	p. 79	Xanthiaca
p. 46	GEOPRAS	p. 118	OPHELIE		
p. 93	Gezira	p. 141	ORIMIL		

ANNEXES

Annexe 1 | Liste des projets financés dans le cadre du Plan d'action de l'ANR

Projet		Appel à projets / Programme	Édition	Coordination	Subvention ANR
ACIGOL	Sur la route des premiers hominés en Eurasie : biodiversité, climat et changements environnementaux depuis 3 Ma	MRSEI	2017	Valérie Andrieu	29 700 €
AfriCrop	Étude de l'histoire évolutive des plantes domestiquées africaines	BLANC	2013	Yves Vigouroux	652 706 €
Ancient Kura	Cultures anciennes du Sud-Caucase : paléoenvironnement, mode de vie et exploitation des ressources dans la Moyenne Vallée de la Kura, du VI ^e au III ^e millénaire	FRAL	2009	Bertille Lyonnet	365 000 €
AquaTyr	AquaTyr (parcours des eaux insulaires)	AAPG - CE27	2021	Jean-Baptiste Yon	493 920 €
ArchaeDyn	Dynamique spatiale des territoires de la Préhistoire au Moyen Âge	BLANC	2008	François Favory	290 000 €
ARCHEOSTRAITS	Espaces protohistoriques du détroit de Gibraltar: les territoires de la Silla del Papa et de Los Castillejos de Alcorrín (IX ^e – I ^{er} siècles av. J.-C.)	FRAL	2013	Pierre Moret	211 432 €
ArkaeoAG	Histoire, origine et diffusion de l'Agriculture : nouvelles preuves de l'archéobotanique et de la paléogénomique	AAPG - CE27	2020	Jérôme Salse	633 078 €
ARMILIT	Archéologie des Milieux Littoraux entre Aude et Petit-Rhône, depuis le Néolithique	Appel BLANC	2005	Philippe Blanchemanche	104 000 €
AUTUMN_LAMBS	Agnelages d'automne en Méditerranée : l'histoire d'interactions complexes entre biologie, paléoenvironnements et systèmes techniques	AAPG - CE27	2022	Marie Balasse	606 230 €
Balkans 4000	À la recherche du « millénaire perdu » : le peuplement en Grèce du Nord et dans les Balkans au IV ^e millénaire av. J.-C.	Programme Jeunes Chercheuses Jeunes Chercheurs	2007	Zoi Tsirotsi	120 000 €
BASILIZNIK-SECRETS	Archives secrètes de la basilique de Nicée à partir des sédiments du lac d'Iznik	AAPG - CE03	2019	Julia De Sigoyer	410 351 €
Big Dry	Ruptures et continuité dans le peuplement de l'Afrique à la fin du Pléistocène : paléanthropologie, paléoenvironnement et archéologies comparées du Rift et du Nil dans leur cadre continental	AAPG - CE31	2014	François Bon	379 948 €
BigGame	Environnements et gestion des grands herbivores par Néandertal dans les plaines de France septentrionale : recherches intégrées	AAPG - CE03	2021	Patrick Auguste	371 449 €
CAMELANDES	Les sociétés préhispaniques face à leur environnement : variations spatiales et diachroniques du pastoralisme andin (100-1470 apr. J.-C.)	AAPG - CE27	2015	Nicolas Goepfert	263 514 €

Annexe 1 | Liste des projets financés dans le cadre du Plan d'action de l'ANR

Projet		Appel à projets / Programme	Édition	Coordination	Subvention ANR
CARQUAKES	Grands séismes et tsunamis dans les petites Antilles : impact sur la sédimentation côtière et profonde, sur les coraux et l'installation humaine	AAPG - CE03	2017	Nathalie Feuillet	546 441 €
CASIMODO	Optimum Climatique médiéval et développements socioéconomiques: étude de la charpente de Notre-Dame de Paris et implications pour les forêts	AAPG - CE03	2020	Alexa Dufraisse	663 101 €
CHerCHA	CHronologie des changements Climatiques Rapides et des adaptations Humaines en Afrique de l'Ouest	AAPG - CE33	2015	Chantal Tribolo	384 422 €
CLIMANTHROPE	Caractérisation de l'effet de site dans l'enregistrement du signal climatique et anthropique dans les sédiments de grotte : de l'Actuel à la Préhistoire	BLANC	2006	Richard Maire	300 000 €
CRISIS	Réponses impériales et provinciales aux défis environnementaux et économiques à la frontière de l'Empire romain (I ^{er} -VI ^e s.)	AAPG - CE03	2015	Gaëlle Tallet	564 126 €
DeerPal	Groupes humains et cervidés au Paléolithique : intégrer la variabilité de l'écologie et de l'éthologie des proies dans l'étude des interactions homme-environnement dans le passé	AAPG - CE03	2018	Emmanuel Discamps	427 774 €
DENDRAC	Développement d'outils dendrométriques appliqués à l'anthracologie : étude des relations homme-ressources-environnement	Programme Jeunes Chercheuses Jeunes Chercheurs	2010	Alexa Dufraisse	130 000 €
DIKIDA	De la chaîne du DIKtè au mont IDA : Territoire et formes d'organisations communautaires en Crète du XIV ^e au VI ^e s. av. J.-C.	ESPACE ET TERRITOIRE	2010	Daniela Lefevre-Novaro	340 000 €
EauMaghreb	L'eau dans les villes d'Afrique du Nord et leur territoire	BLANC	2007	François Baratte	250 000 €
EVAH	Évolution humaine : des premiers Anthropoïdes aux premiers Hominidés	BLANC	2009	Michel Brunet	637 573 €
Evol. Humaine	Évolution humaine : de l'origine des premiers primates anthropoïdes à l'émergence des Hominidés. Évolutions et paléoenvironnements	BLANC	2005	Michel Brunet	450 000 €
EXSUDARCH	EXSUDats et goudrons végétaux ARCHéologiques : chimie, fabrication et utilisations	BLANC	2010	Martine Regert	240 000 €
FOOD-RE	Ressources alimentaires, climat et grands herbivores : interactions à long terme au sein d'un écosystème méditerranéen	AAPG - CE03	2021	Valérie Andrieu	478 511 €
FRUCTIMEDHIS	Denrées et cultures nouvelles : perceptions et lectures croisées autour des fruits de la Méditerranée historique	BLANC	2007	Aline Durand	180 000 €

ANNEXES

Annexe 1 | Liste des projets financés dans le cadre du Plan d'action de l'ANR

Projet		Appel à projets / Programme	Édition	Coordination	Subvention ANR
GEOMAR	Gestion de la ressource en Eau dans l'Orient Méditerranéen : Alexandrie et son Réseau hydrographique	SOC&ENV	2012	David Kaniewski	576 955 €
GEOPAM	Géoarchéologie des ports antiques de Méditerranée : Rome, Athènes, Tyr, Alexandrie	Programme Jeunes Chercheuses Jeunes Chercheurs	2005	Jean-Philippe Goiran	44 000 €
GEOPRAS	Géoarchéologie et préhistoire des sociétés atlantiques	AAPG - CE27	2021	Gregor Marchand	490 665 €
GEPRICO	Rites de commensalité gaulois, étrusques et phocéens	AAPG - CE27	2022	Dominique Frère	378 269 €
Gezira	L'occupation humaine dans le Delta du Nil au IV ^e millénaire. Archéologie et environnement.	BLANC	2008	Béatrix Midant-Reynes	290 000 €
GLOBALKITES	Stratégies d'adaptation et régulations bioéconomiques en milieu fragile : le rôle des « desert kites »	Programme Jeunes Chercheuses Jeunes Chercheurs	2012	Rémy Crassard	150 000 €
GREENLAND	Groenland vert	CEP&S	2010	Valérie Masson-Delmotte	1 200 000 €
HADoC	Rôle du Climat dans la dispersion des ancêtres de l'homme	AAPG - CE31	2017	Gilles Ramstein	415 166 €
HIGH-PASM	Reconstitution climatique et modélisation de la vulnérabilité sociale sur le dernier Millénaire à l'Île de Chypre	AAPG - CE03	2020	Carole Nehme	295 708 €
HOMES	Modéliser la maisonnée : économies et société des premières populations agricoles d'Europe continentale	AAPG - CE27	2018	Caroline Hamon	337 090 €
InterArctic	Un millénaire d'interactions entre sociétés et environnement en zone arctique et subarctique (Canada et Groenland)	AAPG - CE03	2017	Emilie Gauthier	681 960 €
KHARMAN	Émergence et évolution des agro-écosystèmes anciens dans le Grand Iran : Biodiversité, impact et héritage	AAPG - CE03	2014	Marjan Mashkour	66 001 €
KUR(A)GAN	Des communautés Kura-Araxes aux communautés « Early Kurgans ». Tracer les changements sociaux et culturels du III ^e millénaire dans la vallée de la rivière Kura (Géorgie et Azerbaïdjan). Environnement, alimentation, chronologie	FRAL	2020	Giulio Palombi	366 656 €
Kura in Motion!	Hommes, plantes et animaux dans leur dynamique au sein de la moyenne vallée de la Kura, VI ^e -III ^e millénaires BCE	FRAL	2012	Bertille Lyonnet	399 823 €
Madeogen	La colonisation humaine précoce de Madagascar et son impact à long terme sur les paysages	AAPG - CE27	2022	Laurent Bremond	626 086 €
Magdatis	Des chasseurs-cueilleurs face aux changements environnementaux : le Magdalénien de la façade atlantique au Tardiglaciaire (18-14 kyr cal BP)	BLANC	2011	Jean-Marc Pétillon	250 000 €

Annexe 1 | Liste des projets financés dans le cadre du Plan d'action de l'ANR

Projet		Appel à projets / Programme	Édition	Coordination	Subvention ANR
MAGI	Manger, boire, offrir pour l'éternité en Gaule et Italie préromaines	BLANC	2012	Dominique Frère	279 995 €
Mali-AAPD	Archéologie du paysage en Pays dogon	FRAL	2007	Aziz Ballouche	160 000 €
Mammouths	La disparition de la steppe à mammouths : relations hommes/ environnements à la fin du Pléni-glaciaire en Europe orientale	Programme Jeunes Chercheuses Jeunes Chercheurs	2005	Stéphane Péan	205 000 €
MANDU	Histoires d'eau et de paysages en Asie. Mousson, anomalies climatiques et dynamiques sociétales en Inde médiévale	AAPG - CE03	2018	Anne Casile	355 818 €
MeSCAL	Mobilité et contacts culturels dans la construction des paysages du sud californien	AAPG - CE03	2020	Ana Ejarque	257 529 €
Mésonéo	Les derniers chasseurs-collecteurs en Europe occidentale	Programme Jeunes Chercheuses Jeunes Chercheurs	2008	Pierre Allard	84 180 €
MICA	Modéliser les Interactions entre changement Climatique et Agriculture en Occident ancien	AAPG - CE27	2022	Laurent Bouby	685 603 €
ModAThom	Modèle explicatif de la fabrique urbaine d'Angkor Thom : archéologie d'une capitale disparue	AAPG - CE27	2017	Philippe Husi	527 904 €
MONACORALE	Histoire et archéologie des monastères et des sites ecclésiastiques d'Istrie et de Dalmatie (IV ^e -XII ^e s.)	AAPG - CE27	2020	Sébastien Bully	388 606 €
MONUMEN	Monumentalités, espaces et compétitions sociales au Néolithique en Europe atlantique	AAPG - CE27	2017	Vincent Ard	474 717 €
Multiarchives	Évolutions des paysages de moyennes montagnes depuis le XIX ^e siècle : étude de la part climatique et anthropique par une approche multiarchives	Programme Jeunes Chercheuses Jeunes Chercheurs	2005	Laurent Astrade	19 000 €
NEANDROOTS	450-350 ka : un seuil dans l'évolution humaine ? Comprendre les racines du monde néandertalien	AAPG - CE27	2019	Marie-Hélène Moncel	343 457 €
NeHos	De l'homme de Néandertal à l' <i>Homo sapiens</i> - Comprendre une (r)évolution culturelle en Europe au Paléolithique	AAPG - CE27	2022	Thibaut Deviese	491 167 €
NeoArabia	Analyse de la durabilité et des réorganisations des systèmes socioenvironnementaux du Néolithique côtier arabe à l'Holocène moyen (6.2-2.8 ka BCE)	AAPG - CE03	2016	Jean-François Berger	839 329 €
NEOGENRE	Études du genre au Néolithique : rapports hommes-femmes dans les premières sociétés agricoles	AAPG - CE27	2017	Aline Thomas	247 274 €
NILAFAR	Les régions du Nil et de l'AFAR : archives fluviaux-lacustres des changements hydrologiques et impact sur l'adaptation humaine depuis 20 000 ans	AAPG - CE03	2020	Marie Revel	558 684 €

Annexe 1 | Liste des projets financés dans le cadre du Plan d'action de l'ANR

Projet		Appel à projets / Programme	Édition	Coordination	Subvention ANR
OASIS	El-Deir, une oasis dans la grande oasis : terroir et territoire dans la dépression de Kharga (Égypte) de l'époque pharaonique à l'époque chrétienne	Programme Jeunes Chercheuses Jeunes Chercheurs	2009	Gaëlle Tallet	170 000 €
OASIWAT	Origine, mutations et dynamiques des oasis en Arabie du Sud-Est : disponibilité et gestion des ressources en eau/sol depuis les 5 derniers millénaires	AAPG - CE27	2016	Louise Purdue	180 943 €
OBRESOC	Un observatoire rétrospectif d'une société archéologique : la trajectoire du néolithique Rubané	CEP	2009	Jean-Pierre Bocquet-Appel	900 000 €
OPHELIE	Observations Phénologiques pour reconstruire le Climat de l'Europe	BLANC	2005	Pascal Yiou	170 000 €
ORIMIL	La culture du millet dans le Caucase pré- et protohistorique : origine et développement	Programme Jeunes Chercheuses Jeunes Chercheurs	2012	Estelle Herrscher	200 000 €
Paleocet	L'exploitation des cétacés dans le Paléolithique de l'Europe atlantique	AAPG - CE27	2018	Jean-Marc Pétilion	304 044 €
PALEOMED	Géoarchéologie et mobilité des paléoenvironnements des ports antiques en Méditerranée	BLANC	2009	Christophe Morhange	320 000 €
PaleoPersepolis	Le bassin de Persépolis : un modèle d'étude pour comprendre les interactions Homme-Climat-Écosystème au cours de l'Holocène	AAPG - CE03	2014	Morteza Djamali	396 203 €
PaléoSyr	Paléoenvironnements et occupation du sol en Syrie occidentale durant l'Holocène	BLANC	2010	Bernard Geyer	320 000 €
PalHydroMil	Reconstructions paléohydrologiques à partir du dD de lipides produits par les végétaux supérieurs. Calibration, validation et application aux variations hydrologiques dans les Alpes pendant l'âge du Bronze	Programme Jeunes Chercheuses Jeunes Chercheurs	2010	Jérémy Jacob	155 000 €
PARACAS	Centre et périphérie : archéologie du territoire Paracas, sud du Pérou (800-200 av. J.-C.)	FRAL	2011	Bertrand Duverger	295 000 €
PARADISE	Les résidences achéménides et leurs «paradis»: archéologie du paysage entre Perse et Caucase	FRAL	2016	Sébastien Gondet	222 922 €
PARCEDES	Parcelles agraires et dynamiques d'exploitation du sol dans la longue durée	AAPG - CE27	2021	Magali Watteaux	305 279 €
PARURES	L'impact des transformations environnementales et économiques sur la conception et la production des parures en Méditerranée (35 000/3 500 BC)	BLANC	2006	Catherine Perlès	55 000 €

Annexe 1 | Liste des projets financés dans le cadre du Plan d'action de l'ANR

Projet		Appel à projets / Programme	Édition	Coordination	Subvention ANR
PAVAGE	Le pont d'Avignon : archéologie, histoire, géomorphologie, environnement, reconstruction 3D	BLANC	2010	Michel Berthelot - Livio De Luca	330 000 €
PHOENIX	Origine et évolution d'un agrosystème la culture en oasis au Moyen-Orient et en Égypte de l'âge du Bronze à l'époque islamique	BLANC	2006	Margareta Tengberg	130 000 €
POLTEVERE	Paléopollutions dans le delta du Tibre	Programme Jeunes Chercheuses Jeunes Chercheurs	2011	Jean-Philippe Goiran	130 000 €
Pont-Euxin	Géoarchéologie des cités grecques du sud et de l'ouest de la mer Noire	RPDOC	2009	Alexandre Baralis	572 407 €
POPPY	Histoire ancienne du pavot somnifère en Europe et Asie du Sud-Ouest	AAPG - CE27	2021	Aurélié Salavert	233 968 €
PremAcheuSept	Apparition de l'Acheuléen en Europe du Nord-Ouest : une étude interdisciplinaire	BLANC	2010	Marie-Hélène Moncel	180 000 €
PROCOME	Prolongements continentaux de la néolithisation méditerranéenne	CULT	2013	Claire Manen	394 920 €
Pygmalion	Paléohydrologie et interactions homme-climat-environnement dans les Alpes	BLANC	2007	Fabien Arnaud	565 000 €
SESAME	Évolution paléocéologique sociale et culturelle des premiers peuplements en Amérique du Sud	AAPG - CE03	2020	Eric Boëda	564 004 €
SOPHOCLE	Autour du détroit d'Ormuz, évolution des sociétés et changement du climat et de l'environnement à l'Holocène	BLANC	2005	Serge Cleuziou	200 000 €
Starch4Sapiens	Ressources en amidon : adaptation humaine, gènes et cultures humaines	AAPG - CE03	2020	Silvana Condemi	431 460 €
STEPABILITY	Durabilité des steppes dans un monde en mutation	AAPG - CE27	2022	Sébastien Joannin	441 861 €
TARDMED	Le bassin méditerranéen du Rhône : Un carrefour de traditions culturelles au Tardiglaciaire ?	BLANC	2007	Frédéric Bazile	190 000 €
TASAB	Que peut un territoire face à la crise anthropocène globale ? Dynamiques socio-environnementales dans le semi-aride brésilien	AAPG - CE03	2022	Sylvain Souchaud	483 415 €
The MileStone Age	The MileStone Age : Chronologie et technologie au Pléistocène Supérieur en Afrique australe	AAPG - CE27	2021	Chantal Tribolo	417 154 €
TIMMA	Le bois dans l'architecture minoenne et mycénienne	AAPG - CE27	2021	Sylvie Rougier-Blanc	569 492 €

ANNEXES

Annexe 1 | Liste des projets financés dans le cadre du Plan d'action de l'ANR

Projet		Appel à projets / Programme	Édition	Coordination	Subvention ANR
TransOxus	La résilience des sociétés protohistoriques: stratégies d'adaptation et transformations culturelles durant le II ^e millénaire avant notre ère en Asie centrale méridionale	AAPG - CE27	2021	Johanna Lhuillier	380 994 €
TransPyr	Repenser la transition Paléolithique moyen/récent : des migrations humaines aux logiques d'implantation territoriales au cours du MIS 3 à travers l'exemple des Pyrénées	AAPG - CE27	2022	François Bon	457 903 €
TRANSRISK ²	Gestion transnationale des risques d'inondations dans le bassin versant du Rhin. Une démarche historico-progressive	FRAL	2013	Brice Martin	270 505 €
VINICULTURE	Vignes et vins en France du Néolithique au Moyen Âge. Approche intégrée en archéosciences	AAPG - CE27	2016	Laurent Bouby	533 308 €
WomenSOFar	Histoires de vie et place des femmes chez les premiers agropasteurs. Perspectives bioarchéologiques dans le contexte préhistorique français et méditerranéen	AAPG - CE03	2021	Gwenaëlle Goude	473 523 €
WOODPDLAKE	Les bois archéologiques des citées lacustres européennes en Méditerranée : stratégies pour l'exploitation, le suivi et la conservation	Conservation, Protection et usages	2020	Gilles Chaumat	155 520 €
Xanthiaca	Poleis, sanctuaires et territoires dans la vallée du Xanthe à l'époque gréco-romaine	FRAL	2010	Jacques Des Courtils	349 998 €
Montant total alloué : 35 459 741 €					

Annexe 2 | Liste des partenaires financés ou sur fonds propres

AASPE	Archéozoologie, Archéobotanique - Sociétés, Pratiques et Environnements	Paris
ADES	Anthropologie bio-culturelle, Droit, Éthique et Santé	Marseille
ADESS	Aménagement, Développement, Environnement, Société	Pessac
AGAP	amélioration génétique et adaptation des plantes tropicales et méditerranéennes	Montpellier
AMIS	Anthropologie moléculaire et imagerie de synthèse	Toulouse
AOROC	Archéologie et Philologie d'Orient et d'Occident	Paris
ArAr	Archéologie et Archéométrie	Villeurbanne
Archéorient	Environnements et sociétés de l'Orient ancien	Lyon
Archimède	Archéologie et Histoire ancienne : Méditerranée Europe	Strasbourg
ARPA	Association de recherche paléocologique en archéologie	Villeurbanne
Arscan	Archéologies et Sciences de l'Antiquité	Meudon
ARTEHIS	Archéologie Terre Histoire Sociétés	Dijon
ASM	Archéologie des Sociétés Méditerranéennes	Lattes
	Biogéosciences	Dijon
C3ED	Centre d'Économie et d'Éthique pour l'Environnement et le Développement	Guyancourt
CACT	Centre d'Anthropobiologie & Génomique de Toulouse	Toulouse
CBAE	Centre de BioArchéologie et Écologie	Montpellier
CCJ	Centre Camille Jullian - Histoire et archéologie de la Méditerranée, de la Protohistoire à la fin de l'Antiquité	Aix-en-Provence
CEA	Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives	Arpajon
CEARC	Cultures, Environnements, Arctique, Représentations, Climat	Guyancourt
CEFE	Centre d'Écologie Fonctionnelle et Évolutive	Montpellier
CEGELY	Centre de génie électrique de Lyon	Villeurbanne
CEPAM	Cultures et Environnements - Préhistoire, Antiquité, Moyen Âge	Nice
CeRAP - EHES	Centre de recherche sur l'Amérique préhispanique	Paris
CERDACC	Centre Européen de recherche sur le Risque, le Droit des Accidents Collectifs et des Catastrophes	Colmar
CEREGE	Centre Européen de Recherche et d'Enseignement des Géosciences de l'Environnement	Aix-en-Provence
CERIES	Centre de Recherche Individus Épreuves Sociétés	Lille
CERLOM-INALCO	Centre d'étude et de recherche sur les littératures et les oralités du monde	Paris
CHROME	Détection, évaluation, gestion des risques CHRONiques et éMERgents	Nîmes
CHRONO	Chrono-Environnement	Besançon
CIHAM	Histoire, archéologie, littérature des mondes chrétiens et musulmans médiévaux	Avignon
CNAB	Chimie Nucléaire Analytique Bioenvironnementale	Bordeaux
CNRM - GAME	Centre National de Recherches Météorologiques	Toulouse
CNRS	CNRS - Maison de l'Orient et de la Méditerranée	Lyon
	CNRS	Paris
CNRS	CNRS - Archéologie des Amériques	Nanterre
	Collège de France	Paris
CQB	Biologie Computationnelle et Quantitative	Paris
CRéAAH	Université de Nantes	Nantes
CRéAAH	Centre de Recherche en Archéologie, Archéosciences, Histoire	Rennes
CRESAT	Centre de Recherche sur les Économies, les Sociétés, les Arts et les Techniques	Mulhouse

Annexe 2 | Liste des partenaires financés ou sur fonds propres

CRH	Centre de Recherches historiques	Paris
CRHEC	Centre de recherche en histoire européenne comparée	Créteil
CRHIA	Centre de recherches en histoire internationale et atlantique	Nantes
Criham	Centre de Recherche Interdisciplinaire en Histoire, Histoire de l'Art et Musicologie	Limoges
	CS SYSTÈMES D'INFORMATION	Toulouse
DIADE	Diversité, adaptation, développement des plantes	Montpellier
ECOBIO	Écosystèmes, Biodiversité, Évolution	Rennes
ECOLAB	Laboratoire écologie fonctionnelle et environnement	Toulouse
EDYTEM	Environnements, Dynamiques et Territoire de Montagne	Le Bourget-du-Lac
ENeC	Espaces, Nature et Culture	Paris
EPHE	École Pratique des Hautes Études	Paris
EPOC	Environnements et Paléoenvironnements Océaniques et Continentaux	Bordeaux
ERIN	Équipe de recherche interdisciplinaire de Nîmes	Nîmes
ESO	Paysage et biodiversité	Angers
EVO ECO PALEO	Évolution, Écologie et Paléontologie	Villeneuve d'Ascq
EVOLHUM	Dynamique de l'Évolution Humaine	Paris
EvolSan	Université Toulouse 3 - Paul Sabatier	Toulouse
EVS	Environnement, Ville, Société	Lyon
GDEC	Génétique Diversité et Écophysiologie des Céréales	Clermont-Ferrand
GEGENAA - URCA	Groupe d'Étude sur les Géomatériaux et Environnements Naturels Anthropiques et Archéologiques	Reims
GÉHCO	Laboratoire GéoHydrosystèmes Continentaux	Tours
GéoArchÉon	H-G. Naton	Vigneulles-lès-Hattonchâtel
Géoazur		Valbonne
GEODE	Géographie de l'Environnement	Toulouse
	Géosciences Rennes	Rennes
GESTE	Laboratoire Gestion Territoriale de l'Eau et de l'Environnement	Strasbourg
HALMA	Histoire, Archéologie, Littérature des Mondes Anciens	Lille
HiSoMa	Histoire et Sources des Mondes Antiques	Lyon
HNHP	Histoire naturelle de l'Homme préhistorique	Paris
IDEES	Identité et Différenciation de l'Espace, de l'Environnement et des Sociétés	Mont-Saint-Aignan
IGE	Institut des Géosciences de l'environnement	Grenoble
IMBE	Institut Méditerranéen de Biodiversité et d'Écologie marine et continentale	Aix-en-Provence
INRAE	Sciences pour l'œnologie	Montpellier
INRAE		Tours
INRAE - Agroclim		Avignon
INRAE - SILVA		Champenoux
Inrap	Institut national de recherches archéologiques préventives	Paris
IPGP	Institut de physique du globe de Paris	Paris
IPHEP	Institut de paléoprimateologie et paléontologie humaine : évolution et paléoenvironnements	Poitiers
IPREM	Institut des Sciences Analytiques et de Physico-Chimie pour l'Environnement et les Matériaux	Pau
IRAM	AUSONIUS - Institut de recherche Antiquité et Moyen Âge	Pessac
IRAMAT	Institut de Recherche sur les Archéomatériaux	Pessac
ISEM	Institut des Sciences de l'Évolution de Montpellier	Montpellier

Annexe 2 | Liste des partenaires financés ou sur fonds propres

ANNEXES

ISTeP	Institut des Sciences de la Terre Paris	Paris
ISTERRE	Institut des Sciences de la Terre	Grenoble
ISTO	Institut des Sciences de la Terre d'Orléans	Orléans
LA3M	Laboratoire d'Archéologie Médiévale et Moderne en Méditerranée	Aix-en-Provence
LADIR	Laboratoire de Dynamique, Interactions et Réactivité	Thiais
LAMM	Laboratoire d'archéologie médiévale méditerranéenne	Marseille
LAMPEA	Laboratoire Méditerranéen de Préhistoire Europe Afrique	Aix-en-Provence
LAT-CITERES	Cités, Territoires, Environnement et Sociétés	Tours
LCMBA	Laboratoire de Chimie des Molécules Bioactives et des Arômes	Nice
LEESA	Laboratoire d'études environnementales des systèmes anthropisés	Angers
LEMAR	Laboratoire des sciences de l'environnement marin	Plouzane
LETG	Littoral - Environnement - télédétection - Géomatique	Caen
LGBPH	Laboratoire de Géobiologie, Biochronologie et Paléontologie Humaine	Poitiers
LGGE	Laboratoire de glaciologie et géophysique de l'environnement	Grenoble
LGL-TPE	Laboratoire de géologie de Lyon : Terre, planètes, environnement	Lyon
LGP	Laboratoire de Géographie Physique	Meudon
LGP - GEONAT	Université Paris-Est Créteil Val-de-Marne	Meudon
LI	Laboratoire d'Informatique Université de Tours	Tours
LIENSs	Littoral, Environnement et Sociétés	La Rochelle
LIVE	Laboratoire Image, Ville, Environnement	Strasbourg
LMD	Laboratoire de Météorologie Dynamique	Paris
LMIA	Laboratoire de mathématiques, informatique et applications	Mulhouse
LMJL	Laboratoire de Mathématiques Jean Leray	Nantes
LNG	Laboratoire Nicolas Garnier	Vic-le-Comte
LOV	Laboratoire d'océanographie de Villefranche	Villefranche sur Mer
LSCE	Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement	Gif-sur-Yvette
MAP	Mod7les et simulations pour l'architecture et le patrimoine	Marseille
MMSH	Maison méditerranéenne des sciences de l'homme	Aix-en-Provence
MNHN	Muséum National d'Histoire Naturelle	Paris
	Orient et Méditerranée	Paris
PACEA	De la Préhistoire à l'actuel : Culture, Environnement et Anthropologie	Pessac
PaLoc	Patrimoines locaux, Environnement et Globalisation	Paris
PRETECH	Préhistoire et Technologies	Meudon
PROCLAC	Proche-Orient – Caucase : Langues, Archéologie, Cultures	Paris
TEMOS	Temps, Mondes, Sociétés	Lorient
TEMPORA		Rennes
TIMC-IMAG	Techniques de l'Ingénierie Médicale et de la Complexité	Grenoble
TRACES	Travaux et Recherches Archéologiques sur les Cultures, les Espaces et les Sociétés	Toulouse
	Trajectoires	Nanterre
URMIS	Institut de recherche pour le développement	Paris

ÉCOLES / INSTITUTS FRANÇAIS À L'ÉTRANGER		
EFR	École française de Rome	Rome, Italie
CJB	École Française de Rome - Centre Jean Bérard	Naples, Italie
EFEO	École Française d'Extrême-Orient	Siem Reap, Cambodge
IFAO	Institut français d'archéologie orientale	Le Caire, Égypte
IFP	Institut Français de Pondichéry	Pondichéry, Inde
IFPO	Institut français du Proche-Orient	Beyrouth, Liban

À L'ÉTRANGER		
APSARA	Autorité nationale pour la protection du site et la gestion de la région d'Angkor	Siem Reap, Cambodge
AUC	Department of Egyptology	Le Caire, Égypte
BLD	Bayerisches Landesamt für Denkmalpflege	Munich, Allemagne
CaF-UV	Ca Foscari - Università di Venezia	Venise, Italie
CAU	University of Kiel	Kiel, Allemagne
CEAlex	Centre d'Études Alexandrines	Alexandrie, Égypte
CEN	Centre d'études nordiques	Kuujuarapik, Canada
CGG	Centre for GeoGenetics	Copenhague, Danemark
CSU	California State University - Anthropology Department	Northridge, États-Unis
DAI	Deutsche Archaeologisches Institut Eurasien Abteilung	Berlin, Allemagne
DAI	Deutsches Archäologisches Institut	Bonn, Allemagne
DAI	Deutsches Archäologisches Institut - Abteilung Madrid	Madrid, Espagne
DIBAF	Department of Innovation in Biological Agrifood and Forestry Systems	Viterbo, Italie
Efa	Direction des études - Antiquité et Byzance	Athènes, Grèce
ETH Zurich	Laboratory of Ion Beam Physics	Zurich, Suisse
IPG	Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Institut für Physische Geographie	Fribourg-en-Brigau, Allemagne
IPHES	Institució Catalana de Recerca - Universitat Rovira i Virgili - IPHES	Tarragone, Espagne
ISCR	Istituto Superiore per la Conservazione e il Restauro	Rome, Italie
LMU	Ludwig Maximilian Universität	Munich, Allemagne
MUSA	Musei delle scienze agrarie - Univ. Federico II	Naples, Italie
NYU	Institute for the Study of the Ancient World	New York, États-Unis
UAB	University Autonomous of Barcelona	Barcelone, Espagne
UCL	University College London - Institute of Archaeology	Londres, Royaume-Uni
UCT	Université de Cape Town	Cape Town, Afrique du Sud
UR	Universität Regensburg	Ratisbonne, Allemagne
USEK	Université du saint-Esprit - School of Architecture and Design	Kaslik, Liban
	J.W. Goethe-Universität Institut für Archäologische	Francfort, Allemagne
	Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Faculty of Environment and Natural Resources - Chair of Forest Growth and Dendroecology	Fribourg-en-Brigau, Allemagne
	University of Heidelberg - institut für Ur-und Frühgeschichte	Heidelberg, Allemagne

À L'ÉTRANGER

Max Planck Institute for Evolutionary Anthropology	Leipzig, Allemagne
Université de Tübingen - Early Prehistory and Quaternary Ecology	Tübingen, Allemagne
Institut d'Archéologie et d'Éthnologie	Bakou, Azerbaïdjan
Université de - Service d'Archéologie médiévale et de dendrochronologie	Liège, Belgique
Laboratoire de bioarchéologie et Préhistoire	Laval, Canada
AVATAQ Institute	Westmount, Canada
Aarhus University - Department of Biology	Aarhus, Danemark
National museum of Denmark	Copenhague, Danemark
IPHES - Préhistoire	Tarragone, Espagne
University of Cincinnati - college of art and science (Archaeology)	Cincinnati, États-Unis
Centre de Recherches Archéologiques du Musée National de Tbilissi	Tbilissi, Géorgie
National Technical University of Athens - School of architecture	Athènes, Grèce
National and Kapodistrian University of Athens - department of geology and geoenvironment	Athènes, Grèce
Aristotle University of Thessaloniki - department of History and Archaeology	Thessaloniki, Grèce
University of Thessaly - Department of Archaeology	Volos, Grèce
National museum of Greenland	Nuuk, Groenland
Uummannaq Polar institute	Uummannaq, Groenland
University of Catania - Antiquity sciences	Catania, Italie
Université de Ferrare - Préhistoire	Ferrare, Italie
Université de Rome - Préhistoire	Rome, Italie
Université d'Antananarivo - Institut de civilisation - Musée d'art et d'archéologie	Antananarivo, Madagascar
Université d'Antananarivo, Faculté des Sciences, Mention Biologie et Écologie Végétales	Antananarivo, Madagascar
Bristol University - Organic Geochemistry Unit (OGU)	Bristol, Royaume-Uni
Université de Liverpool - Préhistoire	Liverpool, Royaume-Uni
British Museum - Prehistory	Londres, Royaume-Uni
Laboratoire Archéologie et Peuplement de l'Afrique - Université de Genève	Genève, Suisse

Direction de la publication : Thierry Damerval, Président-directeur général
Direction de la rédaction : Fabrice Impériali
Conception et coordination scientifique : Matthieu Ghilardi, Mélanie Pateau
Rédaction : Matthieu Ghilardi, Mélanie Pateau, Marie-Christine Angonin, Michel Isingrini
Relecture : Eric Fouache, Joseph Ghilardi, Jérémy Jacob, Anne-Elisabeth Lebatard, Stéphane Mauné, Marie-Hélène Moncel, Anne-Hélène Prieur-Richard, Pierre Rochette
Coordination éditoriale : Nathalie Mamosa - **Correction :** Elisa Martin Corrections
Conception graphique : Nadège Theil, Audrey Tumelin - **Impression :** Quarante-Six
Photo de couverture : © Gaël Brkojewitsch

anr®

Agence nationale de la recherche
86 rue Regnault – 75013 Paris
www.anr.fr

Suivez notre actualité sur les réseaux sociaux :  @agencerecherche  ANR  ANR