



**HAL**  
open science

# Environmental determinism: a critical perspective and new approaches to understanding the relationship between pre-and protohistoric societies and their environment

Laurent Lespez, Mélanie Lacan

## ► To cite this version:

Laurent Lespez, Mélanie Lacan. Environmental determinism: a critical perspective and new approaches to understanding the relationship between pre-and protohistoric societies and their environment. *Bulletin de la Société préhistorique française*, 2025, 122 (1), pp.95-123. hal-05023312

**HAL Id: hal-05023312**

<https://hal.science/hal-05023312v1>

Submitted on 11 Apr 2025

**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.



Open licence - etalab

Lespez L. (2025) – Les déterminismes environnementaux : approche critique et alternatives pour comprendre les relations des sociétés pré- et protohistoriques avec leur environnement [Environmental determinism: a critical perspective and new approaches to understanding the relationship between pre- and protohistoric societies and their environment], *Bulletin de la Société préhistorique française*, 122, 1, p. 95-123.

# Les déterminismes environnementaux : approche critique et alternatives pour comprendre les relations des sociétés pré- et protohistoriques avec leur environnement

## *Environmental determinism: a critical perspective and new approaches to understanding the relationship between pre- and protohistoric societies and their environment*

Laurent LESPEZ

---

**Résumé :** Depuis la Théorie des Climats, développée dès l'Antiquité puis formalisée par certains philosophes des Lumières, la tentation de trouver une explication causale de certains faits sociaux qui fait jouer à la nature un rôle primordial ne s'est pas démentie, même si elle s'est transformée. Aujourd'hui encore de nombreuses recherches archéologiques et géoarchéologiques proposent des causes biophysiques et climatiques pour expliquer les transformations de l'organisation du peuplement voire les effondrements civilisationnels des sociétés pré- et protohistoriques.

Nous proposons de discuter deux registres mobilisés par ces propositions. D'une part, et d'un point de vue pragmatique, il s'agit de rappeler les nombreuses incertitudes (densité de l'information, temporalités des phénomènes convoqués, etc.) qui demeurent dans bon nombre des schémas explicatifs qui convoquent la nature du milieu biophysique ou les fluctuations du climat. Pour cette réflexion, l'examen de l'impact des changements climatiques rapides en Méditerranée orientale sur les sociétés du Néolithique et de l'âge du Bronze nous servira de guide. D'autre part, et d'un point de vue plus fondamental, les notions mêmes de contraintes et de forçages, en particulier climatiques, seront examinées à l'aune d'autres concepts, comme celui d'affordance, ou des approches matérialistes qui intègrent les dimensions sensibles et cognitives. Cela nous conduira à promouvoir des approches relationnelles des rapports entre les sociétés anciennes et leur environnement qui dépassent les causalités trop simples et téléologiques qui guident encore trop souvent les raisonnements.

**Mots-clés :** déterminisme, environnement, climat, Méditerranée, Néolithique, âge du Bronze, affordance, géographie, matérialisme.

**Abstract:** The temptation to find a causal explanation for certain social facts that gives Nature a primordial role has been present ever since the Theory of climates developed in antiquity and then formalised by certain philosophers of the Enlightenment, even if it has been transformed. Even today, numerous archaeological and geoarchaeological studies propose biophysical and climatic causes to explain changes in the settlements and even the collapse of civilizations in pre- and protohistoric societies.

We propose to discuss two aspects of these proposals. On the one hand, and from a pragmatic point of view, we need to point out the many uncertainties (density of the data, temporality of the phenomena, etc.) that remain in many of the explanatory schemes that invoke the nature of the biophysical environment or climatic fluctuations. The impact of rapid climatic change in the Eastern Mediterranean on Neolithic and Bronze Age societies will serve as a guide. On the other hand, and from a more fundamental point of view, the notions of resources, needs and constraints, especially

*Article reçu le 7 mai 2024, accepté le 1<sup>er</sup> octobre 2024, publié le 31 mars 2025.*

climatic ones, will be examined in the light of other concepts such as affordance or materialist approaches that integrate sensitive and cognitive dimensions. This will lead us to promote relational approaches to the relationship between ancient societies and their environment that go beyond the oversimplified, teleological causalities that still too often guide our thinking.

**Keywords:** Determinism, environment, climate, Mediterranean, Neolithic, Bronze Age, affordance, geography, materialism.

---

De nombreuses recherches archéologiques et géoarchéologiques contemporaines mettent en avant des causes biophysiques et climatiques pour expliquer les transformations du peuplement voire les effondrements civilisationnels (Tainter, 1988 ; Diamond, 1997, 2005 ; Weiss, 2017). Ces réflexions s'inscrivent dans un mouvement qui propose de trouver dans la nature et sa dynamique une explication causale de certains faits sociaux. Développés en Occident dès l'Antiquité gréco-romaine, les raisonnements qui font jouer à la nature un rôle décisif dans les organisations et les dynamiques socio-politiques sont anciens même s'ils se sont transformés. Deux types de déterminisme peuvent être distingués. Il existe, d'une part, un déterminisme environnemental dans lequel la dimension spatiale est fondamentale car il fait jouer à la variabilité spatiale des conditions biophysiques un rôle déterminant dans l'organisation des sociétés. Ce déterminisme peut être qualifié de géographique. Il existe, d'autre part, un déterminisme environnemental pour lequel la dimension chronologique est fondamentale, car il fait jouer aux fluctuations des conditions biophysiques un rôle déterminant dans la dynamique des sociétés. Il peut être qualifié de temporel. Après avoir rapidement présenté ces déterminismes, leur origine et les débats contemporains, nous proposons de discuter deux registres mobilisés par la dimension temporelle du déterminisme environnemental. D'une part, et d'un point de vue pragmatique, il s'agit de rappeler les nombreuses incertitudes qui demeurent dans bon nombre des schémas explicatifs qui convoquent les fluctuations du climat et les changements des milieux biophysiques pour expliquer les dynamiques sociales. Pour cette réflexion, l'examen de l'impact des changements climatiques rapides en Méditerranée orientale sur les sociétés du Néolithique et de l'âge du Bronze nous servira de guide. D'autre part, et d'un point de vue plus épistémologique, les notions mêmes de ressources, de besoins et de contraintes seront examinées à l'aune d'autres concepts, comme celui d'affordance, ou des approches qui intègrent les dimensions sensibles et cognitives. À l'issue de ces réflexions, nous proposerons de promouvoir une approche relationnelle des rapports entre les sociétés anciennes et leur environnement qui dépassent les raisonnements téléologiques trop souvent simplistes et déconnectés des représentations des sociétés concernées.

A host of contemporary archaeological and geoarchaeological studies point to biophysical and climatic causes to explain changes in settlement patterns and even the collapse of civilisations (Tainter, 1988; Diamond, 1997, 2005; Weiss, 2017). These ideas belong to a movement that seeks to find in nature and its dynamics a causal explanation for certain social events. Developed in the West as far back as Greco-Roman antiquity, the rationale that nature plays a decisive role in socio-political organisations and dynamics is an ancient one, even if it has undergone a number of transformations. Two types of determinism can be distinguished. One is an environmental determinism in which the spatial dimension is fundamental because it assigns a decisive role in the organisation of societies to the spatial variability of biophysical conditions. This determinism can be qualified as geographical. On the other hand, there is another environmental determinism for which the chronological dimension is fundamental, because it allows variations within biophysical conditions to have a determining impact on the development of societies. This may be described as a temporal approach. After briefly presenting these determinisms, their origins and current debates, we propose to discuss two themes exploited by the temporal dimension of environmental determinism. Firstly, from a pragmatic point of view, we need to bear in mind the many uncertainties that remain in several of the explanatory schemes that use climate fluctuations and changes in biophysical environments to explain social dynamics. To help us achieve this, we will examine the impact of rapid climate change in the eastern Mediterranean on Neolithic and Bronze Age societies. Secondly, and from a more epistemological point of view, the very notions of resources, needs and constraints will be examined in conjunction with other concepts, such as affordance, or approaches that integrate sensible and cognitive dimensions. At the end of these remarks, we propose to promote a relational approach regarding the relationship between ancient societies and their environment that goes beyond teleological arguments that are all too often simplistic and disconnected from the representations of the societies concerned.

## LES DÉTERMINISMES ENVIRONNEMENTAUX

### Le déterminisme environnemental géographique

Le déterminisme environnemental de type géographique est ancien en Occident. En effet, l'Antiquité gréco-romaine vit émerger une théorie des climats qui expliqua les traits de vie et de caractère des populations humaines par l'influence décisive qu'exercent les différents éléments du milieu et en particulier le climat (Jouanna *et al.*, 2018). Ces explications déterministes ont été reprises par certains philosophes et historiens des Lumières. L'exposé qui en est fait dans *L'Esprit des Lois* de Montesquieu (1748) a ainsi un retentissement considérable. Cette théorie ne survivra pas sous cette forme à la fin de la modernité. En effet, l'essor des recherches en sciences sociales montre que la diversité culturelle et des comportements humains ne peut pas être réduite à des facteurs environnementaux. Ces recherches ont démontré que les structures sociales, économiques, politiques et historiques jouent un rôle bien plus important dans la formation des individus et des sociétés. En revanche, le rôle du déterminisme biophysique dans l'organisation par les sociétés de leur espace a été remis au centre des recherches entre la fin du XIX<sup>e</sup> et le début du XX<sup>e</sup> siècle en particulier en géographie. Ainsi F. Ratzel (1882) développe une anthropologie géographique, ou autrement dit une géographie humaine, qui met en avant l'influence déterminante de l'environnement physique, de ses contraintes et de ses potentialités, sur les sociétés humaines. Ce mouvement est situé dans le temps, il se généralise alors que se développent la connaissance géologique et écologique et la cartographie de notre planète. C'est donc aussi un processus historique qui repose sur les notions de régions homogènes et stables et les concepts de groupe culturel ou de peuple, qui posent autant de questions que le déterminisme lui-même, et est en grande partie en relation avec la mise en ordre cartographique du monde.

Ce déterminisme environnemental géographique a été critiqué dès le début aussi bien au sein de la discipline naissante qu'à l'extérieur. En France, s'est développée, un peu en opposition, mais plutôt en décalage, la notion de possibilisme. Ce terme, utilisé pour désigner la relation entre le milieu biophysique et la société, a été proposé par l'école française de géographie à la suite de son fondateur Paul Vidal de la Blache (Dolfus, 1985 ; Berdoulay et Soubeyran, 2005). Le possibilisme exprime que les sociétés tiennent compte dans leur développement des possibilités offertes par les milieux biophysiques et se développent en relation, mais indépendamment des milieux. Appuyé sur les notions d'atouts et de contraintes, il n'a jamais été une théorie scientifique mais plutôt une posture dialectique afin d'éviter un déterminisme environnemental strict dont les géographes percevaient les dangers. Cette attitude a cependant été largement critiquée par les tenants de la nouvelle géographie parce qu'elle favorisait *in fine* la description des réalités géographiques plutôt

## TYPES OF ENVIRONMENTAL DETERMINISM

### Geographical environmental determinism

In the West, environmental determinism of a geographical nature has a long history. Indeed, the Greco-Roman Antiquity saw the emergence of a theory of climates that explained the life and character traits of human populations by the decisive influence exerted by different elements of the environment, in particular the climate (Jouanna *et al.*, 2018). These deterministic explanations were revived by some Enlightenment philosophers and historians. Montesquieu's presentation of this theory in his *Esprit des Lois* (1748) had a considerable influence. This version of the theory did not survive beyond the end of Modern Times. The rise of social science research has revealed that the diversity of human culture and behaviour could not be reduced to environmental factors. Rather, this field of research has shown that social, economic, political and historical structures play a much more important role in shaping individuals and societies. Nevertheless, the role of biophysical determinism in the way societies organise their space was once again the focus of research between the end of the nineteenth and the beginning of the twentieth centuries, particularly in geography. F. Ratzel (1882) thus developed a geographical anthropology, or in other words a human geography, which stresses the determining influence of the physical environment, its constraints and its opportunities, on human societies. This paradigm is set in time, and spread with the development of geological and ecological knowledge and the mapping of our planet. As such, it is also a historical process based on the notions of homogeneous, stable regions and the concepts of cultural group or people, which raise as many questions as determinism itself, and it is largely related to the cartographic structuring of the world.

This geographical environmental determinism was criticised from the outset, both within and outside the emerging discipline. Somewhat in opposition to this, but rather out of step with it, the notion of possibilism developed in France. This term, employed to designate the relationship between the biophysical environment and society, was proposed by the French school of geography after the work of its founder Paul Vidal de la Blache (Dolfus, 1985; Berdoulay and Soubeyran, 2005). Possibilism expresses that societies develop by taking into account the possibilities offered by the biophysical environment and that they do so in relation to, but independently of, the environment. Relying on the notions of assets and constraints, this never became a scientific theory but was instead a dialectic approach employed to avoid the strict environmental determinism that geographers perceived as dangerous. However, this attitude was widely condemned by proponents of the new geography because it ultimately favoured the description of geographical realities rather than the promotion of explanatory models. Biophysical geographers were also critical of its failure to consider that biophysical factors could play a crucial role in the

que la promotion de modèles explicatifs. Les géographes biophysiciens lui reprochaient également de ne pas envisager que les facteurs biophysiques puissent jouer un rôle crucial dans la structuration des milieux et des paysages ou, autrement dit, de n'être « pas autre chose que la forme « scientifique » du laxisme » comme le résume G. Bertrand et C. Bertrand (1975). Si la géographie humaine s'est dès lors largement désintéressée de la question du rôle des milieux physiques dans les dynamiques sociales ou l'a systématiquement minorée, G. Bertrand a promu l'idée « d'un déterminisme « relatif » par les seuils agrotechniques » afin de traiter de la question de l'influence de l'environnement sur les sociétés. Cette idée témoigne en fait d'un renversement théorique car le rôle déterminant est tenu par les capacités techniques des sociétés et les caractéristiques biophysiques n'ont plus qu'un poids relatif. Un renouveau récent du déterminisme géographique est observé à la suite de travaux qui font jouer aux facteurs géographiques, comme le photopériodisme (Hallé, 2014), ou la répartition spatiale des continents et l'organisation physique de l'espace (Diamond, 1997), un rôle dans la distribution d'un certain nombre de phénomènes humains, comme la diffusion de l'agriculture ou le succès de la colonisation européenne en Amérique et l'effondrement des sociétés amérindiennes. Ces approches sont également l'objet de nombreux débats en géographie (ex. Espace Géographique, 2011)

### Le déterminisme environnemental temporel

Dans cet article, nous allons plutôt concentrer l'analyse sur la dimension temporelle du déterminisme environnemental. Cette dimension est apparue précocement dans certains espaces comme en France où dès le XVIII<sup>e</sup> s. la discussion sur le rôle du changement climatique dans la vie sociale et politique et ses causes se développe (Fressoz et Locher, 2020). Mais elle se généralise et s'impose à la fin du XIX<sup>e</sup> s. et au début du XX<sup>e</sup> s. en particulier par les travaux du géographe américain E. Huntington (1915). Ceux-ci s'inscrivent pleinement dans le mouvement du déterminisme géographique, mais ils accordent une attention particulière au climat et à ses changements, envisagés comme un des facteurs décisifs de l'histoire des civilisations. Cette approche a connu un renouveau il y a une trentaine d'années environ. Elle est aujourd'hui souvent associée à la notion d'effondrement ou de *collapse* (Tainter, 1988 ; Diamond, 2005) très largement discutée pour de nombreuses civilisations (ex. Weiss, 1993, 2017 ; Hodell *et al.*, 1995 ; Drake, 2012 ; Harper, 2017). Les interrogations sur le rôle du climat dans la chute, la transformation de civilisations, d'empires ou des groupes culturels sont ainsi devenus des questions majeures dans les recherches sur la relation entre les sociétés humaines du passé et l'environnement. Ces recherches sont aujourd'hui largement développées à la fois dans les domaines des paléoenvironnements, de l'archéologie, de la géoarchéologie et de l'histoire.

Leur succès est issu de la rencontre de plusieurs facteurs. Tout d'abord, le changement climatique

structuring of environments and landscapes or, in other words, of being “nothing other than the “scientific” form of laxity”, as summarised by G. Bertrand and C. Bertrand (1975). Whereas human geography has largely ignored the role of physical environments on social dynamics, or has systematically downplayed it, G. Bertrand has advocated the idea of “a determinism ‘relativised’ by agrotechnical thresholds” in order to address the question of the environment’s influence on societies. This idea marks a theoretical reversal, since the decisive role is now played by the technical capacities of societies, and biophysical characteristics are given only relative weight. A recent revival of geographical determinism has been observed in the wake of research which suggests that geographical factors, such as photoperiodism (Hallé, 2014), or the spatial distribution of continents and the physical organisation of space (Diamond, 1997), play a role in the distribution of a number of human phenomena, such as the spread of agriculture or the success of European colonisation in America and the collapse of Amerindian societies. These approaches are also widely debated in geography (e.g., Espace Géographique, 2011).

### Temporal environmental determinism

This article focuses on the temporal dimension of environmental determinism. This dimension appeared early in certain areas, such as France, where discussions on the role of climate change in social and political life and its causes have been developing since the 18th century (Fressoz and Locher, 2020). Yet it truly began to take hold in the late 19th and early 20th centuries, particularly through the research of the American geographer E. Huntington (1915). His work was fully in line with geographical determinism approaches, but he paid particular attention to climate and climate change, which he saw as one of the decisive factors in the history of civilisations. Approximately thirty years ago, this perspective was revived. Nowadays, it is associated with the idea of collapse (Tainter, 1988; Diamond, 2005) widely discussed for numerous civilisations (eg., Weiss, 1993, 2017; Hodell *et al.*, 1995; Drake, 2012; Harper, 2017). Therefore, questions about the role of climate in the demise and transformation of civilisations, empires and cultural groups have become central to investigations into the relationship between past human societies and the environment. Such research has become widely developed in the fields of palaeoenvironment, archaeology, geoarchaeology and history.

The success of this type of work stems from a number of factors. Firstly, the contemporary human-induced climate change that has come to characterise the Anthropocene period (Magny, 2019) has undeniably stimulated research into how societies adapt to this change. Secondly, the increasingly specific identification and understanding of climate fluctuations over the course of our interglacial period, the Holocene, i.e., the last 11,700 years, and the causes of these fluctuations, have encouraged research into the impact of environmental change on human

contemporain d'origine humaine qui caractérise l'Anthropocène (Magny, 2019) stimule indéniablement les recherches sur l'adaptation des sociétés au changement climatique. Ensuite, l'identification et la connaissance de plus en plus précises des fluctuations climatiques au cours de notre interglaciaire, l'Holocène, soit depuis 11 700 ans, et de leurs causes ont stimulé les travaux sur l'impact des changements environnementaux sur les populations humaines. Aujourd'hui un consensus se dessine sur la succession de changements climatiques de durées différentes (Magny, 2019). On oppose ainsi une première partie de l'Holocène caractérisé par un optimum thermique aux latitudes tempérées et hydrologiques aux latitudes tropicales à une deuxième partie de l'Holocène caractérisée respectivement par un refroidissement (Néoglaciale, Marcott *et al.*, 2013) et un assèchement progressif (Shanahan *et al.*, 2015). Ces changements plurimillénaires sont liés à la variation du rayonnement solaire reçu par notre planète pour des raisons orbitales. Ils engendrent des variations de moins de 1°C à l'échelle globale et de l'ordre de 2°C pour les températures estivales de certaines régions alors que la variabilité des précipitations annuelles peut atteindre plus de 100 mm/an pour certains espaces arides et semi-arides (ex. Tierney *et al.*, 2017). Ils entraînent des conséquences géographiques mesurables comme la remontée en altitude de l'ordre de 200 m des langues glaciaires et de 300 m de la limite supérieure de la forêt dans les montagnes alpines. Leur impact a été également bien mis en évidence par les dynamiques des environnements désertiques tropicaux où le début de l'Holocène correspond souvent à des environnements steppiques et prairiaux comportant de nombreux paléolacs. L'aridification a ainsi été évoquée comme un des facteurs favorisant la diffusion de l'agriculture vers le sud dans les espaces sahéliens par exemple (Ozainne *et al.*, 2014).

Mais l'instabilité climatique de l'Holocène est aussi caractérisée par des changements de plus courte durée, quelques siècles, dont l'origine est plus complexe. Elle combine les effets pulsés de la fonte des grands inlandis polaires, les variations de l'activité solaire qui conditionnent l'énergie reçue par la Terre, l'impact des éruptions volcaniques car les aérosols relargués dans l'atmosphère peuvent faire baisser les températures globales de 0,1 à 0,2°C et les effets en retour sur les circulations atmosphériques et océaniques globales. Les analyses statistiques de ces changements suggèrent que certains ont eu des dimensions planétaires même si leur chronologie exacte demeure mal déterminée. Ils sont le plus souvent désignés par l'expression de changements climatiques rapides (*RCC*, acronyme de l'anglais *Rapid Climate Changes*) et leur âge est exprimé en années calibrées avant 1950 (cal. BP pour *Before Present*). Concernant les périodes pré- et protohistoriques, les plus connus se développent vers 9000-8000, 6000-5000, 4200-3800 et 3500-2500 cal. BP (Mayewski *et al.*, 2004). Parallèlement, la multiplication des études des archives permettant un enregistrement annuel comme les varves lacustres, les calottes glaciaires et les cernes d'arbres a stimulé l'analyse d'événements de plus courte durée comme les éruptions volcaniques et de

populations. Today, a consensus is emerging on the succession of climate changes of differing durations (Magny, 2019). The first part of the Holocene is characterised by a thermal optimum at temperate latitudes and a hydrological optimum at tropical latitudes, while the second part of the Holocene is dominated by cooling (Neoglacial, Marcott *et al.*, 2013) and gradual drying (Shanahan *et al.*, 2015). These changes occurring over several millennia are linked to variations in the solar radiation received by our planet owing to orbital factors. They lead to fluctuations of less than 1°C on a global scale and of the order of 2°C for summer temperatures in certain regions, while the variability of annual precipitation can reach more than 100 mm/year for some arid and semi-arid areas (e.g., Tierney *et al.*, 2017). They have measurable geographical effects, such as the rise in altitude of glacier tongues by around 200 m and of the upper treeline in the Alpine mountains by 300 m. Their impact has also been clearly demonstrated by the evolution of tropical desert environments where, at the beginning of the Holocene, those were often steppe and grassland environments with numerous palaeolakes. Thus, aridification has been cited as one of the factors encouraging the spread of agriculture southwards in Sahelian areas, for example (Ozainne *et al.*, 2014).

The instability of the Holocene climate is also characterised by changes of more complex origin and of shorter duration, a few centuries long. These were caused by a combination of factors which include the pulsating effects of the melting of the great polar ice sheets, variations in solar activity that influence the energy received by the Earth, the impact of volcanic eruptions, since the aerosols released into the atmosphere can reduce global temperatures by 0.1 to 0.2°C, and the feedback effects on global atmospheric and oceanic circulations. Statistical analyses of these changes indicate that some of them have had global dimensions, although their exact chronology remains unclear. They are most often referred to as Rapid Climate Changes (RCC), and their age is expressed in calibrated years before 1950 (cal. BP for Before Present). For the pre- and protohistoric periods, the best-known changes are those around 9,000–8,000, 6,000–5,000, 4,200–3,800 and 3,500–2,500 cal BP (Mayewski *et al.*, 2004). Simultaneously, the growing number of studies of records that provide an annual log, such as lake varves, ice caps and tree rings, has stimulated the analysis of shorter-lived events such as volcanic eruptions and their impact on the global climate and societies (Lavigne *et al.*, 2013; Izdebski *et al.*, 2022; Manning *et al.*, 2023). Advances in the chronological resolution of palaeoenvironmental records have now enabled comparisons with historical chronicles, whose climatic aspects have long been successfully exploited (e.g., Le Roy Ladurie, 1967; Garnier, 2010). They have, for example, contributed to a large body of scientific literature on the relationship between climate change and plague outbreaks (e.g., Büntgen *et al.*, 2013; Izdebski *et al.*, 2022).

For some forty years, palaeoenvironmental investigations have sought to assess the nature, chronology and

leur impact sur le climat global et les sociétés (Lavigne *et al.*, 2013 ; Izdebski *et al.*, 2022 ; Manning *et al.*, 2023). Le progrès dans la résolution chronologique des archives paléoenvironnementales permet alors la comparaison avec les chroniques historiques dont les dimensions climatiques ont été exploitées avec succès depuis longtemps (ex. Le Roy Ladurie, 1967 ; Garnier, 2010). Elles ont par exemple nourri une très importante littérature scientifique sur la relation entre les changements climatiques et les périodes de développement de la peste (ex. Büntgen *et al.*, 2013 ; Izdebski *et al.*, 2022).

Depuis une quarantaine d'années, les recherches paléoenvironnementales ont tenté d'analyser la nature, la chronologie et la distribution de ces changements climatiques rapides et la littérature scientifique est extrêmement abondante. Parallèlement certains paléoenvironnementalistes et archéologues se sont emparés de ces recherches pour examiner la relation potentielle entre ces changements et des ruptures culturelles majeures comme la fin de certaines civilisations ou certains empires, tels que les effondrements des civilisations mésopotamienne, maya ou de Méditerranée orientale (ex. Weiss, 1993 ; Hodell *et al.*, 1995 ; Weninger *et al.*, 2009 ; Drake, 2012 ; Kaniewski *et al.*, 2015). C'est la coïncidence chronologique entre les périodes de changement climatique rapide et les crises sociales qui sert de point de départ à l'analyse. Ces hypothèses ont été transmises vers le grand public grâce à l'ouvrage de Jared Diamond intitulé *Collapse* (2005) en anglais et *Effondrement* en français. Ces raisonnements déterministes souhaitent démontrer que le changement climatique a des conséquences décisives sur la disponibilité des ressources et donc un impact sur des sociétés qui sont principalement agraires, et qu'il vient en dernier ressort déstabiliser les organisations sociales à l'œuvre jusqu'à leur effondrement et promouvoir d'autres formes d'organisations sociales. La parabole avec la situation contemporaine est souvent présente même si elle n'est pas toujours affirmée. La question de l'impact de ces changements climatiques est ainsi devenue un enjeu de débat permanent. Sont discutés, la coïncidence et sa capacité explicatrice (ex. Berglund, 2003 ; Coombes et Barber, 2005), la nature et l'ampleur des changements ayant pu aboutir à l'effondrement de sites, de groupes culturels ou de civilisations (ex. Kuzucuoglu, 2007, 2015 ; Roberts *et al.*, 2011 ; Butzer, 2012 ; Lespez *et al.*, 2014, 2016 a et b ; Cookson *et al.*, 2019 ; Lawrence *et al.*, 2021 ; Weiberg *et al.*, 2021 ; Lespez et Ghilardi, 2024) ou à la diffusion de certains modes de vie, et en particulier l'agriculture (ex. Berger *et al.*, 2016 ; Flohr *et al.*, 2016), mais également des aspects sémantiques et conceptuels qui demandent d'intégrer pleinement les différentes dimensions anthropologiques et sociales du sujet. Ainsi le rapport entre les forçages internes à la société et les forçages externes est débattu. Ces débats s'appuient souvent sur les notions de résilience ou de résistance des sociétés et donc leur capacité d'adaptation en fonction de leurs institutions, de leur gouvernance et des inégalités qui les caractérisent (ex. McAnany et Yoffe, 2010 ; Butzer, 2012 ; Heitz *et al.*, 2021 ; Middleton, 2012, 2024 ;

distribution of these rapid climate changes, and the scientific literature has become extremely abundant. At the same time, some palaeoenvironmentalists and archaeologists have seized upon this research to examine the potential relationship between these shifts and major cultural breaks such as the end of some civilisations or empires, including the collapse of the Mesopotamian, Mayan or Eastern Mediterranean civilisations (e.g., Weiss, 1993; Hodell *et al.*, 1995; Weninger *et al.*, 2009; Drake, 2012; Kaniewski *et al.*, 2015). The analytical starting point is the chronological overlap between periods of rapid climate change and social crises. These hypotheses were popularized by Jared Diamond's book entitled *Collapse* (2005). The aim of these deterministic arguments is to demonstrate that climate change has decisive consequences on the availability of resources, and therefore an impact on predominantly agrarian societies, and that it ultimately destabilises the social organisations at work until their collapse and promotes other forms of social organisations. The parallel with the contemporary situation is often apparent, even if it is not always stated. The impact of climate change has thus become an ongoing issue of debate. Discussions revolve around coincidence and its explanatory capacity (e.g., Berglund, 2003; Coombes and Barber, 2005), the nature and extent of changes that may have led to the collapse of sites, cultural groups or civilisations (e.g., Kuzucuoglu, 2007, 2015; Roberts *et al.*, 2011; Butzer, 2012; Lespez *et al.*, 2014, 2016a,b; Cookson *et al.*, 2019; Lawrence *et al.*, 2021; Weiberg *et al.*, 2021; Lespez and Ghilardi, 2024) or to the spread of certain lifestyles, in particular agriculture (e.g., Berger *et al.*, 2016; Flohr *et al.*, 2016), but also semantic and conceptual aspects that require the full integration of the various anthropological and social dimensions at play. In this way, the relationship between internal and external stressors is debated. Such discussions frequently rely on notions of resilience or resistance, and hence on societies' capacity to adapt depending on their institutions, internal inequalities and the type of governance that characterises them (e.g., McAnany and Yoffe, 2010; Butzer, 2012; Heitz *et al.*, 2021; Middleton, 2012, 2024; Rosenzweig and Marston, 2018; Hoyer *et al.*, 2023; Winter, 2023). Finally, following J. Scott's work (2017), some researchers are even questioning the social and political meaning we give to these supposed collapses and their subsequent dark ages. Is not the crisis of some the liberation of others? Does the fall of states, empires and dominant powers not open the way to fairer, more egalitarian societies?

#### **RAPID CLIMATE CHANGES AND SOCIO-ENVIRONMENTAL DYNAMICS IN GREECE FROM THE NEOLITHIC TO THE BRONZE AGE**

The study of the environmental and social impact of climate change is based on research we have carried out in northern Greece. This region is home to a wealth of archaeological material from the Neolithic and

Rosenzweig et Marston, 2018 ; Hoyer *et al.*, 2023 ; Winter, 2023). Enfin, à la suite de J. Scott (2017), certains chercheurs se questionnent même sur le sens social et politique que nous donnons à ces effondrements supposés et à ses âges sombres. Est-ce que la crise des uns n'ouvre pas la libération des autres ? Est-ce que la chute des états, des empires, des dominants n'ouvre pas vers des sociétés plus justes et plus égalitaires ?

### CHANGEMENTS CLIMATIQUES RAPIDES ET DYNAMIQUES SOCIO- ENVIRONNEMENTALES EN GRÈCE DU NÉOLITHIQUE À L'ÂGE DU BRONZE

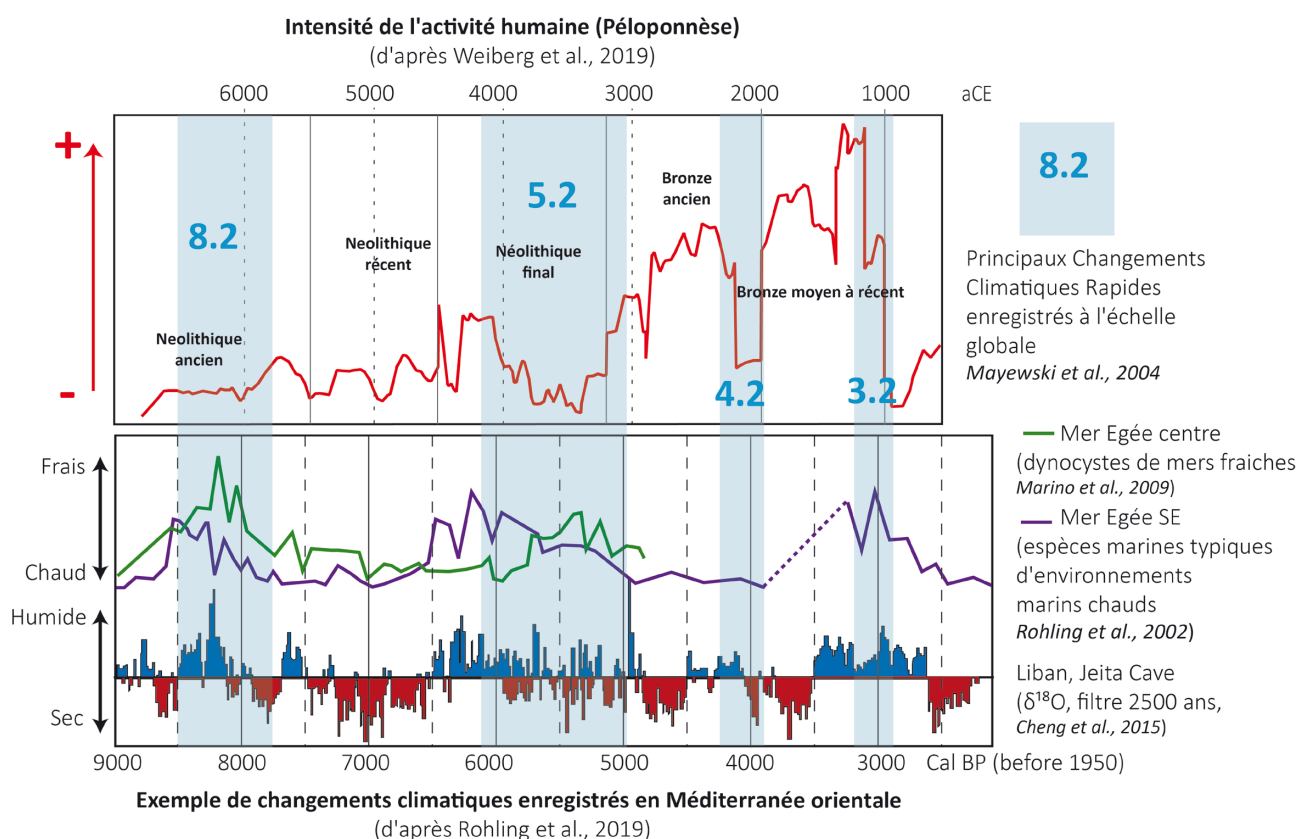
Dans un premier temps, l'étude de l'impact du changement climatique sur l'environnement et les sociétés s'appuie sur des recherches que nous avons conduites en Grèce du Nord. Cet espace est dense en recherches archéologiques pour le Néolithique et l'âge du Bronze qui montrent plusieurs hiatus dans l'enregistrement archéologique comme pour une grande partie du sud des Balkans (fig. 1). Ainsi, l'examen des données archéologiques pour le 4<sup>e</sup> millénaire avant l'ère commune (aEC) montre une période intermédiaire, entre le Néolithique récent/final ou Chalcolithique et l'âge du Bronze ancien, marquée par une décroissance spectaculaire du nombre de sites connus du sud de la Bulgarie au Péloponnèse. Cette période qui débute vers 4000 aEC se termine vers 3300 aEC pose la question du « millénaire perdu » dans le sud des Balkans (Tsirtsoni, 2018). Cette décroissance apparente du peuplement est associée à un changement des traits culturels. En effet, les civilisations florissantes et très riches en mobiliers extrêmement décorés et de différentes natures de la fin du Néolithique vont laisser la place à des sociétés du Bronze dont le registre décoratif apparaît comme plus pauvre. Le travail effectué à l'initiative de Zoï Tsirtsoni (2018) qui s'est appuyé sur la réalisation de plus d'une centaine de nouvelles datations par la méthode du radiocarbone, n'a pas pu résoudre la question du millénaire perdu. C'est-à-dire que, malgré l'accumulation de nouvelles dates, persiste une période de décroissance du nombre de sites archéologiques connus dans le sud des Balkans sans que s'impose un schéma temporel ou spatial qui puisse fournir une cause évidente à ce déclin. Un constat du même genre peut être effectué pour le Bronze moyen, période mal connue comprise entre le Bronze ancien et le Bronze récent, caractérisée dans le même espace régional par une diminution spectaculaire du nombre de sites archéologiques entre 2100 et 1800 aEC (Weiberg *et al.*, 2019 ; fig. 2).

Pour analyser le rôle des changements climatiques rapides dans la transformation de l'environnement et de l'anthropisation, au plus proche de sites archéologiques, des recherches géoarchéologiques ont été développées par le programme Paleomex financé par le CNRS dans le cadre du chantier Mistrals (Lespez *et al.*, 2016a). La période de changement climatique rapide globale vers 6-5000 cal. BP caractérise en fait une grande partie du

Bronze Age, although, as in much of the southern Balkans, there are a number of gaps in the archaeological record (Figure 1). An examination of the data from the 4th millennium before the common era (BCE) shows an intermediary period, between the Late/Final Neolithic or Chalcolithic, and the Early Bronze Age, marked by a spectacular decline in the number of sites known from southern Bulgaria to the Peloponnese. This period, which began around 4,000 BCE ended around 3,300 BCE and raises the question of the “lost millennium” in the southern Balkans (Tsirtsoni, 2018). This apparent decline in the number of settlements is associated with a change in cultural traits. Indeed, the thriving civilisations that produced a wealth of highly decorated objects of various kinds at the end of the Neolithic period gave way to Bronze Age societies with an apparently poorer decorative record. The work carried out at the initiative of Zoï Tsirtsoni (2018), which involved more than a hundred new radiocarbon dates, was unable to resolve the question of the lost millennium. In other words, and despite the accumulation of new dates, there continues to be a period of decline in the number of known archaeological sites in the southern Balkans, with no apparent temporal or spatial pattern to explain this drop. A similar observation can be made for the Middle Bronze Age, a poorly known era between the Early Bronze Age and the Late Bronze Age, and characterised in the same region by a spectacular decline in the number of archaeological sites between 2,100 and 1,800 BCE (Weiberg *et al.*, 2019; Figure 2).

In order to analyse the role of rapid climate changes in the environment's transformation and anthropisation, geoarchaeological research has been developed by the Paleomex programme funded by the CNRS as part of the Mistrals project (Lespez *et al.*, 2016a). The period of rapid global climate change around 6–5,000 cal. BP represents a large part of the 4th millennium BCE (Mayewski *et al.*, 2014), whereas the following period corresponds to the RCC of 4,200–3,800 cal. BP (2,250–1,850 BCE), marked in the eastern Mediterranean by a period of drought lasting 200 to 300 years (Bini *et al.*, 2019). This episode's global importance is such that it is considered by the International Union of Geological Sciences to mark the beginning of the 3rd part of the Holocene, the Meghalayan (Walker *et al.*, 2018). Consequently, we decided to analyse the coincidence between these periods of apparent decline in settlement and those of rapid climatic changes whose effects on the dynamics of southern Balkan human occupation have been hypothesised (Weninger *et al.* 2009). Palaeoenvironmental and geoarchaeological investigations were conducted in the lower Strymon valley because it features known and excavated Late Neolithic and Bronze Age archaeological sites as well as extensive sedimentary records for these two periods. Indeed, it was covered by a marshy lake until the early 20th century, Lake Achinos, which displays deep sedimentary sequences (Lespez *et al.*, 2014, 2016b; Glais *et al.*, 2023).





**Fig. 1 – Coïncidence ou causalité ? Changements climatiques rapides et changements démographiques en Grèce de l'Holocène ancien à l'Holocène récent.** La courbe rouge indique l'intensité de l'activité humaine. Elle est dérivée d'un modèle combinant des données culturelles provenant de sites étudiés et des datations au radiocarbone obtenues dans le Péloponnèse préhistorique (Weiberg *et al.*, 2019). Les courbes climatiques sont analysées par Rohling *et al.* (2019). La courbe verte enregistre la teneur en kystes de dinoflagellés caractéristiques des eaux froides. La courbe violette indique le pourcentage d'espèces caractéristiques des eaux chaudes dans le sud-est de la mer Égée. La dernière courbe montre les anomalies positives et négatives dans l'enregistrement isotopique ( $\delta^{18}\text{O}$ ) d'un spéléothème de la grotte de Jeita, au Liban. Les zones rouges indiquent des anomalies sèches, les zones bleues des anomalies humides. En ce qui concerne l'événement de 5 200 cal. BP (soit 3 250 aEC), il convient de noter qu'il a une très grande extension temporelle. Cela est dû en grande partie à la définition variable de sa durée et de son acmé dans les différentes études. Pour une discussion à ce sujet en Grèce, voir Lespez *et al.* (2016b) (DAO : L. Lespez, d'après Weiberg *et al.*, 2019 et Rohling, 2019).

**Fig. 1 – Coincidence or causality? Rapid climate change and demographic change in Greece from the ancient to the recent Holocene.** The red curve indicates the intensity of human activity. It is derived from a model combining cultural data from studied sites and radiocarbon dates obtained from the prehistoric Peloponnese (Weiberg *et al.*, 2019). The climatic curves were analysed by Rohling *et al.* (2019). The green curve records the amount of dinoflagellate cysts characteristic of cold waters. The purple curve shows the percentage of species that are typical for warm waters in the south-eastern Aegean sea. The last curve shows the positive and negative anomalies in the isotopic record ( $\delta^{18}\text{O}$ ) of a speleothem from Jeita cave, Lebanon. Red areas indicate dry anomalies, blue areas show wet anomalies. Regarding the 5,200 cal. BP event (*i.e.*, 3,250 BCE), it should be noted that its temporal extension is very broad. This is largely due to the differing ways in which its duration and timing are defined in various studies. For a discussion of this in Greece, see Lespez *et al.* (2016b) (CAD: L. Lespez, after Weiberg *et al.*, 2019 and Rohling; 2019).

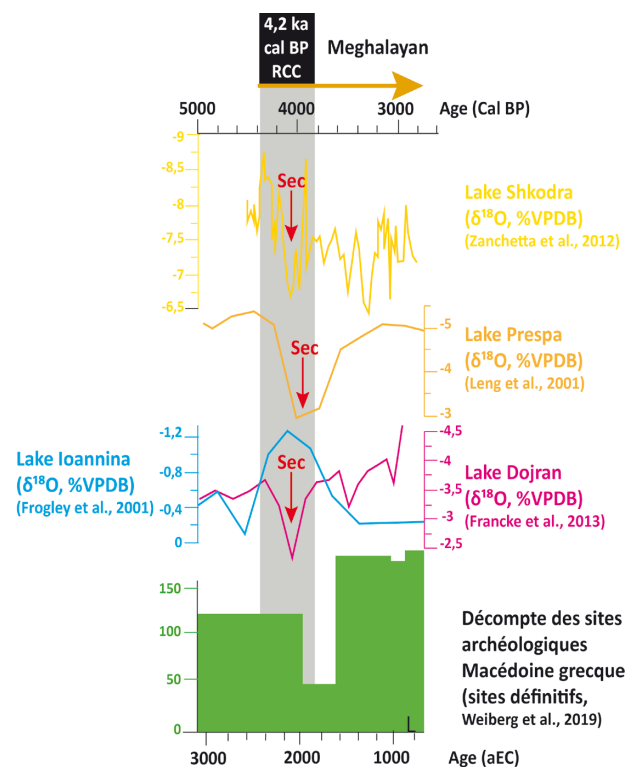
4<sup>e</sup> millénaire avant l'ère commune (Mayewski *et al.*, 2014) alors que la période suivante correspond au RCC de 4 200-3 800 cal. BP (2 250-1 850 aEC) caractérisé en Méditerranée orientale par une période de sécheresse de 200 à 300 ans (Bini *et al.*, 2019). L'importance globale de cet épisode a justifié qu'il marque le début de la 3<sup>e</sup> partie de l'Holocène, le Meghalayan, pour l'Union internationale des sciences géologiques (Walker *et al.*, 2018). Nous avons donc décidé d'analyser la coïncidence entre ces périodes de déclin apparent du peuplement et ces périodes de changements climatiques rapides dont les effets sur la dynamique du peuplement de sud des Balkans ont été supposés (Weninger *et al.*, 2009). Les recherches paléoenvironnementales et géoarchéologiques ont été

The findings for the first period show significant environmental transformations (Lespez *et al.*, 2014, 2016b). In the early 4th millennium BCE, the lower Strymon valley received extremely large fluvial inflows, which filled in the margins of a restricted lacustrine area. Around 3,700 BCE, these fluvial environments gradually gave way to a shallow lake, covering the entire valley floor with water, at least seasonally. This expansion of the lake can be linked to the abundance of water upstream and, above all, to the rise in sea level downstream, as demonstrated by the persistence of lakes before they were drained at the beginning of the 20th century. Meanwhile, pollen analyses show that wetlands developed in a regional environment that was still wooded, followed by two short

entreprises dans la basse vallée du Strymon car elle dispose à la fois de sites archéologiques connus et fouillés de la fin du Néolithique et de l'âge du Bronze et d'archives sédimentaires dilatées pour ces deux périodes. En effet, elle a été occupée par un lac marécageux jusqu'au début du xx<sup>e</sup> s., le lac d'Achinos, qui possède des archives sédimentaires dilatées (Lespez *et al.*, 2014, 2016b ; Glais *et al.*, 2023).

Les résultats obtenus pour la première période montrent d'importantes transformations environnementales (Lespez *et al.*, 2014, 2016b). Au début du 4<sup>e</sup> millénaire avant l'ère commune, la basse vallée du Strymon est soumise à des apports fluviaux extrêmement importants qui viennent colmater les marges d'un espace lacustre restreint. Progressivement vers 3700 aEC, ces environnements fluviaux cèdent la place à un lac peu profond, de telle sorte que l'ensemble du fond de vallée est recouvert d'eau, au moins saisonnièrement. L'expansion lacustre est à mettre en relation avec l'abondance hydrologique d'amont mais surtout la remontée du niveau marin à l'aval, comme en atteste la persistance des espaces lacustres avant leur drainage au début du xx<sup>e</sup> s. Parallèlement, les analyses polliniques montrent le développement des zones humides dans un environnement régional encore forestier puis le développement de deux courts épisodes de climat plus sec au milieu et à la fin du 4<sup>e</sup> millénaire aEC (vers 5400 et 5200 cal. BP soit 3450-3250 aEC). Mais de manière surprenante, les indicateurs polliniques et les micro-restes non-polliniques montrent un maintien global des activités anthropiques, attestées à la fois par l'enregistrement de plantes cultivées et des indicateurs de pastoralisme. On n'observe pas de rupture telle qu'on aurait pu l'attendre et telle qu'elle a été observée dans le registre archéologique. C'est plutôt une forme de continuité dans la mise en valeur des espaces bordiers des milieux lacustres qui est mise en évidence par ces données avec même, vers 4000 à 3700 aEC, une intensification des pratiques pastorales. Les recherches attestent d'une transformation environnementale très importante puisque l'ensemble du fond de vallée fut recouvert d'eau et que certains lieux occupés à la fin du Néolithique sont devenus clairement insulaires ensuite, comme le site de Fidokoryphi. Le changement environnemental a pu déstabiliser un certain nombre d'habitats du fond de vallée en réduisant le territoire exploitable d'un point de vue agricole et créant des contraintes pour l'agriculture pluviale. Malgré cela, les données paléoenvironnementales suggèrent une continuité des activités agro-pastorales et on se trouve face à une distorsion nette entre le registre archéologique et le registre paléo-environnemental. Il faut donc trouver les sites d'habitat des populations ayant poursuivi ces activités. La recherche géoarchéologique suggère *in fine* de reprendre des prospections archéologiques autour de l'ancien lac afin d'y retrouver les traces d'occupation humaine entre 4000 et 3300 aEC.

La deuxième période a été étudiée à partir d'un transect de carottages dans les sédiments accumulés au centre de l'ancien lac d'Achinos (Glais *et al.*, 2023). Elles montrent le maintien des environnements lacustres mais



**Fig. 2 – Changements climatiques rapides et changements démographiques en Grèce du nord et dans le sud des Balkans autour de l'événement de 4 200 cal BP (2 250 aEC).** (DAO : L. Lespez d'après Bini *et al.*, 2019 et Weiberg *et al.*, 2019).

**Fig. 2 – Rapid climate changes and demographic shifts in northern Greece and the southern Balkans around the 4,200 cal BP event. (2,250 BCE).** (CAD: L. Lespez after Bini *et al.*, 2019 and Weiberg *et al.*, 2019).

episodes of drier climate toward the middle and at the end of the 4th millennium BCE (around 5,400 and 5,200 cal. BP, i.e., 3,450–3,250 BCE). However, surprisingly, pollen markers and non-pollen micro-remains suggest an overall continuation of human activity, as evidenced both by the record of cultivated plants and by indicators of pastoralism. No break can be seen as might have been expected and as has been observed in the archaeological record. Rather, the data shows a type of continuity in the exploitation of areas bordering lake environments, with pastoral practices even intensifying around 4000 to 3700 BCE. Research has revealed that the environment underwent a profound transformation, with the whole of the valley floor being covered by water and certain areas occupied at the end of the Neolithic period subsequently becoming clearly insular, such as the Fidokoryphi site. The environmental shift may have destabilised a number of valley-floor settlements, reducing the land available for farming and creating constraints for rain-fed agriculture. Nonetheless, the palaeoenvironmental data point to the continuity of agro-pastoral activities, and we are faced with a clear discrepancy between the archaeological record and the palaeoenvironmental record. We therefore need to find the habitat sites of the people that carried on these activities. Geoarchaeological research suggests that archaeological surveys should be resumed around the

aussi le développement rapide d'une végétation de type méditerranéenne indiquant une aridification nette du climat régional. Cette période est précédée par une phase plus froide et à laquelle succède une phase qui est plus humide. Cette tripartition climatique montre une évolution pour la basse vallée du Strymon proche de ce qui est décrit pour la Méditerranée centrale, au sud du 40° degré de latitude nord (Magny *et al.*, 2013). On observe également une augmentation notable et durable des indicateurs des activités humaines (plantes cultivées et rudérales, indicateurs d'activités pastorales) accompagnée d'une ouverture importante des formations végétales arborées et arbustives à l'échelon régional. L'assèchement et l'affirmation d'un climat au rythme méditerranéen proche de l'actuel sont enregistrés largement à cette époque en Méditerranée. Il s'accompagne localement d'une anthropisation accrue de l'environnement et on pourrait faire l'hypothèse d'un assèchement du climat favorisant l'attrait pour les espaces péri-lacustres pour les sociétés du Bronze moyen. Il faut cependant remarquer que l'analyse des mêmes bio-indicateurs sur un carottage situé en marge du lac montre un maintien des indices d'anthropisation du Bronze ancien au Bronze récent (Lespez *et al.*, 2016b). Non seulement, les occupations archéologiques péri-lacustres n'ont pas encore été trouvées mais la pression sur ces milieux semble avoir été constante avant, pendant et après la période concernée. Les transformations semblent concerner une autre échelle géographique. À nouveau, il n'y a pas d'explication simple qui se dessine et les données obtenues sur les dynamiques paléoenvironnementales ne fournissent pas d'explication aux données disponibles dans le registre archéologique.

### LES LIMITES DES RECHERCHES PALÉOENVIRONNEMENTALES

Ces observations montrent la complexité des relations entre le changement climatique, les transformations de l'environnement et leur impact sur les sociétés. Elles soulignent également un certain nombre de difficultés et de limites dans la mise en œuvre de raisonnements qui impliquent de manière décisive les transformations de l'environnement dans les dynamiques sociales du Néolithique et de l'âge du Bronze.

#### La nécessaire prise en compte des dimensions géographiques

La première réflexion est qu'il est nécessaire de bien prendre en compte la diversité des milieux biophysiques à l'échelle régionale. La géographie compte et elle est particulièrement diversifiée sur les bords de la Méditerranée (Lespez et Ghilardi, 2024). Ainsi, en Grèce du nord, on passe en quelques kilomètres de montagnes dont l'altitude culmine aux alentours de 2000 m avec des neiges présentes plusieurs mois dans l'année à des espaces de basse plaine, quasiment au niveau de la mer ou en bordure littorale (Lespez, 2008). Les populations locales

ancien lac in order to find traces of human occupation dating from 4,000 to 3,300 BCE.

The second period was studied using a transect of cores extracted from the sediments that accumulated at the centre of the ancient Achinos lake (Glais *et al.*, 2023). These show the continuation of lacustrine environments, but also the rapid development of Mediterranean-type vegetation, indicating a clear drying out of the regional climate. This period is preceded by a colder phase, which is then followed by a more humid phase. This climatic tripartition shows an evolution for the lower Strymon valley similar to that described for the central Mediterranean, south of the 40th parallel north (Magny *et al.*, 2013). A notable and lasting increase in indicators of human activity (cultivated and ruderal plants, signs of pastoral activity) can also be observed, accompanied by a significant expansion of tree and shrub plant formations on a regional scale. The drying out and the emergence of a climate with a mediterranean rhythm close to the current one were largely recorded at this time in the Mediterranean region. Locally, this was accompanied by the increased anthropisation of the environment and it could be hypothesised that a drier climate encouraged Middle Bronze Age societies to turn to peri-lacustrine areas. It should be noted, however, that a study of the same bioindicators on a core sample located on the edge of the lake has shown that signs of anthropisation were maintained from the Early Bronze Age to the Late Bronze Age (Lespez *et al.*, 2016b). Not only have peri-lacustrine occupations not yet been found, but the stress on these environments seems to have been constant before, during and after the period in question. The transformations seem to have taken place on a different geographical scale. Once again, no straightforward explanation emerges, and the data obtained on palaeoenvironmental trends do not provide an explanation for the archaeological record.

### THE LIMITATIONS OF PALAEOENVIRONMENTAL RESEARCH

These observations highlight the complex relationships between climate change, environmental transformations and their impact on societies. They also emphasise a number of difficulties and limitations in the implementation of rationales that decisively implicate environmental transformations in the social dynamics of the Neolithic and Bronze Age periods.

#### The necessary integration of geographical features

Our first point is that the diversity of biophysical environments needs to be taken into account on a regional scale. Geography matters, and it is particularly diverse on the shores of the Mediterranean (Lespez and Ghilardi, 2024). In northern Greece, for instance, in the space of a few kilometres you can travel from mountains with altitudes of around 2,000m and snow for several months of

disposent ainsi d'une variété d'environnements sur des distances très courtes et cela est vrai pour une grande partie du monde méditerranéen y compris au Levant. À cette diversité s'ajoute celle des pratiques agraires qui sont aussi, et dès le début dans le monde méditerranéen, assez diversifiées et auxquelles s'ajoute le prélèvement des ressources naturelles favorisant la résilience environnementale (Butzer, 2012). Ainsi par exemple en fonction de l'évolution vers le chaud ou vers le froid du climat on peut aisément envisager un déplacement des activités pastorales et agricoles le long d'un gradient altimétrique. De la même manière, les variations de la disponibilité en eau peuvent être compensées en se déplaçant vers les espaces montagnards plus humides ou les fonds de vallée qui conservent leurs zones humides tout au long de l'Holocène comme nous l'avons vu dans la basse vallée du Strymon. C'est peut-être même ce qui se passe au cours du Bronze moyen et qui pourrait expliquer la croissance brusque des indices d'anthropisation au centre de l'ancien lac d'Achinos, même si la faiblesse des données archéologiques ne nous permet pas de l'affirmer.

La seconde observation est que le passage d'une observation locale à une généralisation régionale voire au-delà est complexe dans le domaine archéologique mais aussi dans le domaine paléoenvironnemental. Cela a été démontré en général dans le monde méditerranéen mais aussi aux échelles régionales où les données disponibles peuvent indiquer des évolutions différentes comme au Levant par exemple (Finné *et al.*, 2019). Ainsi, une synthèse récente qui fait le point sur la connaissance des effets du RCC de 4200-3800 cal. BP (2250-1850 aEC) sur l'environnement méditerranéen montre d'abord l'hétérogénéité des résultats obtenus par les recherches paléoenvironnementales (Bini *et al.*, 2019). Ceux-ci proviennent de différents types d'archives sédimentaires et ne proposent pas toujours des résultats convergents y compris à l'échelle régionale pour cet événement majeur et qui est sans doute le plus étudié et le mieux connu dans le monde méditerranéen. Ce qui est vrai à l'échelle de la Méditerranée l'est aussi à l'échelle régionale comme le démontrent la variabilité des enregistrements paléoenvironnementaux entre les marges et le centre des grandes zones humides régionales en Grèce du nord (Glais *et al.*, 2016, 2017, 2023). Parfois même les réponses semblent contradictoires (Bini *et al.*, 2019) comme celles obtenues sur les isotopes des ostracodes du Lac de Ioannina (Frogley *et al.*, 2001) et celles obtenues sur les isotopes de la calcite authigène du lac Shkodra (Francke *et al.*, 2013) (fig. 2). Les explications de ce paradoxe deviennent alors particulièrement complexes comme celles proposées par Bini *et al.*, (2019) : l'enregistrement de Ioannina intercepterait une période de fonte des neiges particulièrement prononcée au printemps alors que d'autres lacs enregistreraient une période beaucoup plus longue d'évaporation des eaux au printemps/été. De plus, des recherches récentes suggèrent la complexité des réponses aux changements de la circulation climatique globale impliquée par les RCC. Ainsi, il est souvent supposé que les périodes sèches du nord de l'Égée aient pu correspondre à la descente des

the year, to low-lying plains at almost sea level or along the coast (Lespez, 2008). Consequently, local populations have access to a variety of environments within very short distances, and this applies to a large part of the Mediterranean world, including the Levant. Alongside this diversity is that of agrarian practices, which were quite wide-ranging from the outset in the Mediterranean world, and to which the harvesting of natural resources was added to promote environmental resilience (Butzer, 2012). Thus, for example, depending on whether the climate warms up or cools down, it is easy to envisage a displacement of pastoral and agricultural activities along an altimetric gradient. Likewise, variations in water availability could be offset by a move to wetter mountain areas or valley bottoms, which retained their wetlands throughout the Holocene, as we have seen in the lower Strymon valley. This may well have been the case during the Middle Bronze Age, and could explain the sudden increase in evidence of human activity at the centre of the ancient lake of Achinos, although the paucity of archaeological data does not allow us to confirm this.

The second point we would like to make is that the transition from a local observation to a regional generalisation or even beyond is complex both in the archaeological field and in the palaeoenvironmental field. This has been demonstrated in general in the Mediterranean world, but also at regional scales where the available data may indicate different trends, as in the Levant for example (Finné *et al.*, 2019). For instance, a recent review of our knowledge of the effects of the RCC of 4,200-3,800 cal BP (2,250-1,850 BCE) on the Mediterranean environment first demonstrated the heterogeneity of the results obtained by palaeoenvironmental research (Bini *et al.*, 2019). These come from different types of sedimentary sequences and do not always provide convergent conclusions, even on a regional scale, for this major event which is doubtlessly the most studied and best known one in the Mediterranean world. What holds true for the Mediterranean is also true at the regional level, as demonstrated by the variability of palaeoenvironmental records between the margins and the centre of the major regional wetlands in northern Greece (Glais *et al.*, 2016, 2017, 2023). Occasionally, even the results seem contradictory (Bini *et al.*, 2019), such as those obtained from the isotopes of ostracodes from Lake Ioannina (Frogley *et al.*, 2001) and those obtained from the isotopes of authigenic calcite from Lake Shkodra (Francke *et al.*, 2013) (Figure 2). Explanations for this paradox then become particularly complex, such as that proposed by Bini *et al.* (2019): the Ioannina record may have captured a period of particularly pronounced snowmelt in the spring, whereas other lakes may have recorded a much longer period of water evaporation in the spring/summer. In addition, recent research suggests the complexity of the responses to changes in global climate circulation implied by the RCCs. For example, it is often assumed that the dry periods in the northern Aegean may have corresponded to the descent of high-pressure cells from Siberia, responsible for an increase in cold, dry winter weather. However, these advections of cold,

cellules de haute pression venant de Sibérie, responsables d'une augmentation des temps hivernaux froids et secs. Cependant, ces advections d'air froid et sec ont pu se recharger en humidité en traversant la mer Égée, ce qui a pu engendrer à l'inverse une augmentation des précipitations au Levant ou dans le sud de l'Égée (Röhlhng *et al.*, 2019). Par exemple, en Crète, le lac situé au pied de la cité minoenne de Phaistos perdure encore jusqu'au Bronze récent malgré le changement climatique rapide (Ghilardi *et al.*, 2018). Cela signifie qu'au sein de la même sphère culturelle, les évolutions climatiques et les événements exceptionnels associés ont pu être de nature différente. Cela rend la discussion sur l'adaptation des sociétés au changement climatique et environnemental particulièrement complexe à mener à l'échelle des groupes culturels et de leurs interactions.

### Le flou chronologique

Une autre incertitude est celle liée au chronomètre employé. La plupart des raisonnements déterministes sont indissociables de l'essor de méthodes et de techniques qui permettent de mettre en regard de façon plus précise des données paléoenvironnementales et archéologiques. C'est d'abord la généralisation des datations par la méthode du radiocarbone qui permet la production des modèles d'âge-profondeur pour les archives sédimentaires qui affectent un âge précis aux transformations de l'environnement détectées en leur sein. C'est ensuite, la multiplication des études statistiques et probabilistes qui permet d'interpréter les indicateurs de changement climatique, comme la méthode des analogues contemporains en palynologie (Peyron *et al.*, 2017), ou les mesures isotopiques réalisées sur les spéléothèmes et les cernes d'arbres et leur traduction thermique et pluviométrique (ex. Bar-Matthews *et al.*, 2019). Enfin, l'essor des méthodes statistiques et probabilistes permet de traiter un plus grand nombre de données et favorise les modélisations chronologiques. C'est ainsi, par exemple, que les cumuls de probabilité de dates obtenues par la méthode du radiocarbone et la modélisation bayésienne ont permis de dépasser les études de sites et de proposer des dynamiques démographiques régionales sur des durées allant du siècle à plusieurs millénaire (ex. Berger *et al.*, 2019 ; Weiberg *et al.*, 2019 ; Walsh *et al.*, 2019 ; Palmisano *et al.*, 2021 ; Großmann *et al.*, 2023). Le croisement des approches naturalistes et archéologiques nécessaire à la mise en évidence du déterminisme environnemental dépend donc du chronomètre, surtout qu'il ne suffit pas d'établir la coïncidence, il faudrait établir la présence du fait climatique ou environnemental sur le fait social : plusieurs années, plusieurs décennies sèches avant que les répercussions sociales ne se fassent sentir ? Dans beaucoup de recherches, même récentes, seule la coïncidence est démontrée. Encore cette coïncidence demande à être interrogée. Le chronomètre utilisé pour la majeure partie des archives sédimentaires holocènes continentales et marines s'appuie sur la méthode du radiocarbone. Bien que moins affectée par des incertitudes de mesure

dry air may have been replenished with moisture as they crossed the Aegean Sea, which in turn may have led to an increase in precipitation in the Levant or the southern Aegean (Röhlhng *et al.*, 2019). In Crete, for example, the lake at the foot of the Minoan city of Phaistos still survived into the Late Bronze Age despite rapid climate change (Ghilardi *et al.*, 2018). This implies that within the same cultural sphere, climatic changes and the associated extreme events may have been different in nature. Therefore, discussions of the adaptation of societies to climate and environmental change are particularly complex at the level of cultural groups and their interactions.

### A blurred chronology

An additional uncertainty concerns the type of time measurement used. Most deterministic arguments cannot be dissociated from the development of methods and techniques that enable palaeoenvironmental and archaeological data to be more precisely compared. The widespread use of radiocarbon dating is what first allowed the production of age-depth models for sedimentary sequences, allocating a precise age to the environmental transformations detected within them. It is secondly the proliferation of statistical and probability studies that has made it possible to interpret climate change indicators, such as the method of contemporary analogues in palynology (Peyron *et al.*, 2017), or the isotopic measurements carried out on speleothems and tree rings and their thermal and rainfall expression (e.g., Bar-Matthews *et al.*, 2019). Lastly, the development of statistical and probabilistic methods enables more data to be processed and encourages chronological modelling. In this way, the accumulation of date probabilities obtained by means of the radiocarbon method and Bayesian modelling permit us to go beyond site studies and to propose regional demographic trends for periods ranging from a century to several millennia (e.g., Berger *et al.*, 2019; Weiberg *et al.*, 2019; Walsh *et al.*, 2019; Palmisano *et al.*, 2021; Großmann *et al.*, 2023). The combination of naturalist and archaeological approaches needed to explain the environmental determinism at play is therefore dependent on the time measurement method employed, especially as it is not enough to establish that a coincidence has occurred; it is also necessary to demonstrate the precedence of a climatic or environmental event over social events: does it take several years, several decades of droughts before social repercussions are felt? In many studies, even recent ones, only a coincidence is demonstrated. This coincidence still needs to be investigated. The method used to date the majority of continental and marine Holocene sedimentary archives is the radiocarbon one. Although less affected by measurement uncertainties than other physical dating methods, such as luminescence dating, and although significant progress has been made towards improving the accuracy and calibration of these dates, calibrated radiocarbon dates continue to have margins of error of between 50 and 150 calendar years. These margins of error should then be incorporated into the models established to reconstruct

que d'autres méthodes de datation physique, comme les datations par luminescence par exemple, et bien que des progrès importants aient été faits dans la précision et la calibration de ces datations, les dates radiocarbones calibrées possèdent encore fréquemment des marges d'erreurs totales comprises entre 50 et 150 années calendaires. Ces erreurs devraient ensuite être intégrées dans les modèles d'âge établis pour restituer la chronologie des archives analysées et attribuées également aux bornes des points de bascule identifiés pour délimiter le début et la fin de la période mis en évidence. Ainsi, par exemple, dans le cadre des recherches conduites sur la carotte principale issue de l'ancien lac d'Achinos, la période d'instabilité s'étale de 4350 à 3750 cal. BP (4400-3800 aEC) auquel on devrait en toute rigueur rajouter une incertitude séculaire au moins alors que la datation de cette carotte repose sur 17 datations régulièrement réparties sur 7000 ans. À cette imprécision s'ajoute celle des modèles d'âge-profondeur. Le modèle choisi engendre une nouvelle imprécision comme le montre la remarquable démonstration effectuée par Izdebski *et al.* (2022) à propos des archives sédimentaires du lac Engir. De plus, les publications omettent d'intégrer les marges d'erreurs des dates aux âges interpolés sur les carottes sédimentaires qui servent pourtant de base à la comparaison des données paléoenvironnementales et archéologiques. Ces observations sont en fait généralisables à la plupart des travaux qui s'appuient sur des archives sédimentaires même lorsque le nombre de datations est élevée ; et parfois le nombre de datations est faible. On peut aussi rappeler que l'une des plus puissantes éruptions volcaniques de l'Holocène, l'explosion du volcan du Santorin dans le sud de l'Égée, n'est toujours pas datée à ce jour précisément faute d'avoir trouvé sa trace avec certitude dans des archives de résolution annuelle. Même si l'intervalle de temps concerné semble se resserrer ces dernières années (Pearson *et al.*, 2023), nous ne savons toujours pas quand elle est précisément intervenue entre 1630 et 1530 aEC. Ce flou est nettement supérieur aux datations dérivées de l'étude du mobilier archéologique au moins dans les régions les plus étudiées par l'archéologie. De ce fait, les recherches qui tentent de démontrer un lien entre un assèchement du climat d'une durée de 200 ans environ et le déclin du peuplement en Méditerranée orientale souffrent d'un flou chronologique problématique pour établir des rapports de causes à effets. De ce fait, la préexistence du fait climatique et environnemental sur le fait archéologique ne peut, la plupart du temps, pas être prouvée. Et si la coïncidence existe, en toute rigueur, elle est établie à 50 à 70 années près au mieux, ce qui en termes de dynamique socio-politique n'a guère de sens aujourd'hui comme au Néolithique ou à l'âge du Bronze. La démonstration bute ainsi sur les données chronologiques disponibles. Certains travaux tentent de remédier à cela en proposant des modélisations probabilistes des datations radiocarbones, mais si l'effort est louable, il ne peut résoudre le problème posé par le chronomètre initial. Ainsi, et quel que soit le caractère affirmatif que certains chercheurs n'hésitent pas à employer pour faire

the chronology of the sequences analysed, and should also be attributed to the tipping points identified to delimit the beginning and end of the period under investigation. Thus, for example, for the research carried out on the main core from the ancient lake of Achinos, the period of instability extends from 4,350 to 3,750 cal BP (4,400–3,800 BCE), to which we should rigorously add at least a century-long phase of uncertainty, given that the dating of this core is based on 17 dates regularly spread over 7,000 years. This imprecision is compounded by that of the age-depth models. The selected model generates a new source of ambiguity, as shown by the remarkable demonstration by Izdebski *et al.* (2022) concerning the sedimentary record of Lake Engir. Furthermore, the literature fails to take into account the margins of error of the dates and ages interpolated from the sediment cores which are used for comparing palaeoenvironmental and archaeological data. These observations can be applied to most studies based on sedimentary sequences, even when the number of dates obtained is significant; and sometimes the number of dates is small. We might also point out that one of the most powerful volcanic eruptions of the Holocene, the explosion of the Santorini volcano in the southern Aegean, has still not been precisely dated to this day, as no trace of it has been found with any certainty in records with an annual resolution. While the time frame in question seems to have narrowed in recent years (Pearson *et al.*, 2023), we still do not know precisely when it occurred between 1,630 and 1,530 BC. This vagueness clearly outweighs the dates derived from the study of archaeological material, at least in the regions most extensively studied by researchers. Consequently, research that attempts to demonstrate a link between a drying out of the climate over a period of around 200 years and the population decline in the eastern Mediterranean suffers from a chronological vagueness that hinders the establishment of cause-and-effect relationships. As a result, the precedence of climatic and environmental factors over archaeological ones cannot, in most cases, be proven. Even if a coincidence does exist, in most cases it is established to within 50 to 70 years at best, which in terms of socio-political dynamics makes as little sense today as it did in the Neolithic or Bronze Age. The demonstration is therefore hampered by the chronological data available. Some studies have attempted to overcome this by proposing probabilistic modelling of radiocarbon dating, yet while the effort is commendable, it cannot solve the original problem of the time measurement method. Thus, no matter how assertive some researchers are in promoting their research, their case has not yet been made: it is at best a well-founded hypothesis. Precise climatic and historical data are needed, as was possible for the 18th century, to prove that subsistence crises caused by seasons that were too cold or too wet were often followed by riots, and that they can be “likened to ‘triggers’, factors that set off social crises” (Le Roy-Ladurie, 2013).

la promotion de leurs recherches, la démonstration n'est pas achevée : il s'agit au mieux d'une hypothèse bien fondée. Il faut disposer de données climatiques et historiques précises comme pour le XVIII<sup>e</sup> s. pour attester que les crises de subsistance issues de saisons trop froides ou trop pluvieuses ont souvent été suivies par des émeutes et qu'elles peuvent être « assimilées à des “gâchettes”, des facteurs déclenchants des crises sociales » (Le Roy-Ladurie, 2013).

### **La difficile interprétation des données paléoenvironnementales dans des milieux anthropisés**

Une autre incertitude vient de l'interprétation des données utilisées. Les recherches s'appuient le plus souvent sur l'analyse des carottes marines (ex. Rohling *et al.*, 2002 ; Marino *et al.*, 2009 ; Zanchetta *et al.*, 2012 ; Noti *et al.*, 2024), des enregistrements lacustres (ex. Frogley *et al.*, 2001 ; Leng *et al.*, 2006 ; Magny *et al.*, 2013 ; Francke *et al.*, 2013 ; Seguin *et al.*, 2020) et des spéléothèmes (ex. Bar-Matthews et Ayalon, 2011 ; Cheng *et al.*, 2015). Ils permettent d'estimer les fluctuations de températures ou de la demande évaporatoire et de mettre en évidence des transformations de l'environnement. Cependant, les études restent encore limitées pour une compréhension précise des dynamiques paléoclimatiques à l'échelle du monde méditerranéen et plus encore à l'échelle régionale (Finné *et al.*, 2019). De plus les archives de résolution annuelle (Manning *et al.*, 2023) et les études de la saisonnalité restent rares (Peyron *et al.*, 2011) alors qu'elles sont pourtant cruciales dans des régions caractérisées par l'agriculture pluviale. Cela pose la question de la définition des grandes périodes sèches ou *megadroughts* qui sont souvent au centre de l'argumentaire déterministe en Méditerranée orientale. Ces grandes sécheresses sont aujourd'hui définies comme des épisodes de sécheresse persistants et pluriannuels qui sont exceptionnels en termes d'intensité, de durée ou d'étendue spatiale par rapport à d'autres sécheresses régionales survenues au cours de la période instrumentale (Cook *et al.*, 2022). Mais comme le soulignent ces auteurs, l'identification de ces périodes est difficile y compris pour les deux derniers millénaires. Pourtant pour ces périodes l'information paléoclimatique est plus dense puisque s'ajoute plus régulièrement l'étude des cernes d'arbres qui permet des résolutions saisonnières des dynamiques climatiques sur les espaces continentaux (Touchan *et al.*, 2014). En fait, pour les époques protohistoriques, l'information paléoenvironnementale continentale reste souvent qualitative d'un point de vue climatique. Elle mesure encore souvent un écart dans les indicateurs enregistrés avec la situation précédente et la situation postérieure. La multiplication des courbes et des tests statistiques donne l'illusion de la mesure, mais l'estimation précise des volumes précipités, des températures et donc du bilan évaporatoire indispensable pour mesurer l'ampleur de la sécheresse est rarement défini, même avec des marges d'erreur larges. C'est donc la mise en évidence d'anomalies sèches ou froides

### **The difficulty of interpreting palaeoenvironmental data in anthropised environments**

Interpreting the data used is another area of uncertainty. Research is most often based on the analysis of marine cores (e.g., Rohling *et al.*, 2002; Marino *et al.*, 2009; Zanchetta *et al.*, 2012; Noti *et al.*, 2024), lake records (e.g., Frogley *et al.*, 2001; Leng *et al.*, 2006; Magny *et al.*, 2013; Francke *et al.*, 2013; Seguin *et al.*, 2020) and speleothems (e.g., Bar-Matthews and Ayalon, 2011; Cheng *et al.*, 2015). These allow us to estimate fluctuations in temperature or evaporative demand trends and to highlight changes in the environment. However, studies are still limited when it comes to providing a precise understanding of palaeoclimatic dynamics on the scale of the Mediterranean world and even more so on a regional scale (Finné *et al.*, 2019). In addition, records with an annual resolution (Manning *et al.*, 2023) and studies of seasonality remain scarce (Peyron *et al.*, 2011), despite the fact that they are crucial in regions characterised by rain-fed agriculture. This raises the question of the definition of megadroughts, which are often at the heart of deterministic arguments in the Eastern Mediterranean. These severe droughts are now defined as persistent, multi-year drought events that are unusual in terms of intensity, duration or spatial extent compared with other regional droughts during the same period (Cook *et al.*, 2022). However, as has been pointed out, identifying these episodes is difficult, even for the last two millennia. And yet, for these periods, palaeoclimatic information is denser, since dendrochronological data is added more regularly, providing seasonal resolutions of climate dynamics over continental areas (Touchan *et al.*, 2014). In fact, for protohistoric eras, continental palaeoenvironmental information often remains qualitative from a climatic point of view. Frequently, it continues to measure a difference in the indicators recorded between the previous and later situations. The multiplication of curves and statistical tests creates the illusion of a true measurement, but the precise estimation of precipitation volumes, temperatures and therefore the evaporation record that is essential for measuring the extent of the drought is rarely defined, even with wide margins of error. Thus, it is the identification of dry or cold anomalies in climatic processes and their impact on the environment that are the main results of the palaeoenvironmental research available.

Another source of uncertainty concerns the causal attribution of observed phenomena. For example, the regional vegetation recorded by cores from the ancient lake of Achinos around 4,200–3,800 cal BP (2,250–1,850 BCE) seems to indicate a change in climate and the onset of a drier period. This change was contemporaneous with rapidly increasing anthropogenic pressure on the biophysical environment. However, the greater visibility of human activity could also be explained by the greater openness of the environment as a result of drier, more Mediterranean conditions. In the absence of any archaeological evidence to pinpoint the conditions of anthropisation, it is difficult to decide between these hypotheses.

dans la dynamique climatique et de leurs conséquences sur l'environnement qui constituent les principaux résultats des recherches paléoenvironnementales disponibles.

Une autre incertitude vient de l'attribution causale des phénomènes observés. Ainsi par exemple, la végétation régionale enregistrée par les carottages du l'ancien lac d'Achinos vers 4200-3800 cal. BP (2250-1850 aEC) semble bien témoigner d'un changement climatique et de l'affirmation d'une période plus sèche. Ce changement est contemporain d'une pression anthropique sur les milieux biophysiques qui s'accroît rapidement. Mais la visibilité croissante de l'anthropisation pourrait également s'expliquer par une plus grande ouverture du milieu du fait de l'affirmation des conditions plus sèches et plus méditerranéennes. Sans registre archéologique pour mieux cerner les conditions de l'anthropisation, il est difficile de trancher entre ces hypothèses. Plus généralement, l'anthropisation ancienne des milieux méditerranéens pose une difficulté supplémentaire dans l'interprétation des dynamiques végétales. En Grèce du nord, au Néolithique final, les milieux biophysiques sont déjà anthropisés depuis 2000 à 2500 ans et cette dynamique de l'anthropisation n'est ni stable, ni progressive mais possède sa propre dynamique. Elle est favorable à l'ouverture des milieux et rend complexe l'interprétation des dynamiques végétales car certaines dynamiques et certaines familles de plantes identifiées dans les études des pollens et des microrestes non-polliniques peuvent à la fois être des indicatrices de milieux fréquentés par les humains et les activités agropastorales, mais aussi témoigner d'environnements plus ouverts, plus secs, pour des raisons climatiques. Une fois les milieux transformés par les activités agropastorales, il devient de plus en plus difficile à l'échelle locale de démêler les fils de l'impact de l'anthropisation et des changements climatiques sur l'environnement. Ainsi par exemple, même si l'évolution de la dynamique des feux à l'échelle du monde méditerranéen est de mieux en mieux comprise (Iglesias *et al.*, 2019), la discussion sur l'origine climatique ou anthropique des feux de végétation est toujours délicate à conduire, d'autant qu'il peut évidemment y avoir une relation entre les deux.

### **LES INSUFFISANCES CAUSALES ET LES PIÈGES DE LA TÉLÉOLOGIE**

#### **La difficulté de compenser les hiatus archéologiques et de produire une recherche exhaustive**

Par ailleurs, le hiatus d'information archéologique n'est pas aisé à contourner. Une archive sédimentaire provient d'une érosion qui va avoir comme corollaire le dépôt de sédiments à l'aval et on peut toujours se déplacer pour aller chercher les archives sédimentaires qui manquent à un endroit donné. C'est ainsi que l'on peut aller chercher les preuves de l'érosion des sols alpins dans les grands lacs qui servent de piège sédimentaire bien à l'aval des versants montagnards (ex. Rapuc *et*

More broadly speaking, the age-old anthropisation of Mediterranean environments poses an additional difficulty when it comes to interpreting plant dynamics. In Northern Greece, by the Final Neolithic, biophysical environments had already been anthropised for 2,000 to 2,500 years, and this anthropisation process was neither stable nor progressive, but had its own dynamic. It favoured the creation of more open environments and makes the interpretation of vegetation trends more complex, as certain patterns and families of plants identified through studies of pollen and non-pollen microremains can be indicators of environments frequented by humans and of agro-pastoral activities, but can also point to more open, drier environments due to climatic conditions. Once environments have been transformed by agro-pastoral activities, it becomes increasingly difficult at the local level to disentangle the threads of the impact of anthropisation and climate change on the environment. Hence, for instance, even though the evolution of fire patterns in the Mediterranean world is becoming better understood (Iglesias *et al.*, 2019), the debate on the climatic or anthropogenic origin of vegetation fires is still a delicate one, especially as there may obviously be a relationship between the two.

### **THE SHORTCOMINGS OF CAUSALITY AND THE PITFALLS OF TELEOLOGY**

#### **The difficulty of compensating for archaeological gaps and of producing exhaustive research**

It is not easy to get around the archaeological data gap. A sedimentary record is the result of erosion, the consequence of which is the deposition of sediments downstream, and it is always possible to seek sedimentary sequences that are missing in a given place. Thus, we can look for evidence of the erosion of Alpine soils in the large lakes that act as sedimentary traps well downstream of the mountain slopes (e.g., Rapuc *et al.*, 2024). By contrast, when archaeological artefacts have been moved/eroded or fossilised, it is extremely difficult to reconstruct any information. J.-F. Berger (2011) has demonstrated that for the Middle Rhone Valley, where geoarchaeological research has been extensive, the archaeological record suffers from a considerable taphonomic bias for the Middle Neolithic and Bronze Age by underestimating the number of known sites, primarily because they are covered by alluvium and colluvium. Palaeoenvironmental research carried out in northern Greece would suggest that agro-pastoral activities continued in the lower Strymon valley during the two periods studied, but it is still necessary to find the habitat sites if we are to understand how this anthropisation took place. The question posed by archaeology to geoarchaeology comes back to the archaeologist enriched by palaeoenvironmental findings. It seems essential to leave behind the study of known sites and develop new surveys based on



*al.*, 2024). En revanche, si les artefacts archéologiques ont été déplacés/érodés ou fossilisés, l'information est extrêmement difficile à reconstituer. J.-F. Berger (2011) montre que pour la moyenne vallée du Rhône où les recherches géoarchéologiques ont été intensives, les archives archéologiques souffrent d'un biais taphonomique considérable pour le Néolithique moyen et l'âge du Bronze en sous-estimant le nombre de sites connus, en particulier parce qu'ils sont recouverts par des alluvions et des colluvions. Les recherches paléoenvironnementales effectuées en Grèce du nord suggèrent un maintien des activités agropastorales dans la basse vallée du Strymon pour les deux périodes étudiées mais faut-il encore retrouver les sites d'habitats pour pouvoir comprendre les modalités de cette anthropisation. La question posée par l'archéologie à la géoarchéologie revient enrichie des observations paléoenvironnementales à l'archéologue. Il apparaît indispensable de quitter l'étude des sites connus et de développer de nouvelles prospections appuyées sur des études géomorphologiques. Plus généralement, les biais taphonomiques du registre archéologique tout comme les résultats des recherches paléoenvironnementales sur l'anthropisation sont souvent ignorés par les travaux qui produisent des études démographiques à partir des cumuls de dates archéologiques disponibles. En toute rigueur, il faudrait intégrer à la réflexion le potentiel de perte d'information archéologique du fait de l'érosion, qui a pu se développer sur certains versants par exemple, de pédogenèses successives susceptibles de mélanger les artefacts archéologiques, ou du recouvrement par des sédiments ou de la submersion par des eaux marines ou continentales de sites archéologiques. Cette probabilité de perte d'information fait rarement l'objet d'un examen hormis dans le cas de la transgression marine holocène pour les périodes traitées dans cet article (ex. Bailey *et al.*, 2020). Le risque est alors simplement de formaliser les lacunes du registre archéologique pour mieux reposer l'hypothèse de départ de la coïncidence entre le fait paléoclimatique et le fait archéologique.

Ainsi les connaissances disponibles sont presque toujours insuffisantes pour soutenir l'hypothèse d'une contemporanéité ou d'une succession temporelle, *a fortiori* pour produire une démonstration complète de la chaîne de causalité nécessaire pour expliquer la relation entre un changement climatique et un changement culturel. Cette démonstration n'est d'ailleurs quasiment jamais tentée. Elle nécessite de connaître les sols disponibles à l'époque concernée afin d'estimer leur réserve utile, les rythmes saisonniers des précipitations et des températures afin de construire un bilan hydrique des sols cultivés ou servant de support à la végétation consommée par les animaux. Il faut ensuite définir les besoins en eau des différents types de plantes cultivées, et le faire pour toutes les unités disponibles à des distances raisonnables de l'habitat. Il faut enfin savoir si la perte de rendement ou de récoltes peut être compensée par une extension des espaces exploités, etc. Bref, un travail considérable qu'il est difficile de réaliser car on ne dispose pas en général des données fines nécessaires à

geomorphological studies. The taphonomic biases of the archaeological record and the results of palaeo-environmental research on anthropisation are often ignored by studies that produce demographic profiles based on the archaeological dates available. We should also take into account the potential loss of archaeological information due to erosion, which may have developed on certain slopes for example, to successive pedogenesis liable to mix archaeological artefacts, or to archaeological sites being covered by sediments or submerged by marine or continental waters. This potential loss of information is rarely examined, other than in the case of the Holocene marine transgression for the periods covered in this article (e.g., Bailey *et al.*, 2020). The risk then is simply to formalise the shortcomings of the archaeological record to better anchor the initial hypothesis of the coincidence between the palaeoclimatic fact and the archaeological fact.

The available knowledge is therefore almost always insufficient to support the hypothesis of contemporaneity or temporal succession, let alone to fully demonstrate the chain of causality that would explain the relationship between climate change and cultural change. Such a demonstration is in fact almost never attempted. It requires knowledge of the soils available during the period in question in order to estimate the water supplies available, and the seasonal patterns of rainfall and temperature, to construct a water budget for the soils cultivated or used to support the vegetation consumed by animals. The water requirements of the different types of crop then need to be identified, and this needs to be achieved for all the units available at reasonable distances from the settlement site. Finally, it is necessary to know whether any yield reduction or harvest loss can be compensated for by an extension of the areas farmed, etc. In short, this constitutes a considerable amount of work that is difficult to carry out since the detailed data required for its implementation is generally not available. The most accomplished studies combining history, archaeology and palaeoenvironmental studies have produced remarkable results, but these are still very rare. The most stimulating projects analyse well-dated events in cultural contexts that are rich in information, such as the impact of volcanic eruptions recorded in Greenland ice cores on medieval Ireland (Ludlow *et al.*, 2013) or the flooding of the Nile in Ptolemaic Egypt (Manning *et al.*, 2017). Most of the studies that emphasise deterministic explanations do not include all types of evidence. This is to be expected, as it is difficult to assemble a dataset from different types of sources with the required spatial and chronological resolution (Izdebski *et al.*, 2022). Lastly, many deterministic articles rely on an in-depth case study and then propose a larger-scale generalisation. Yet this second phase is often problematic. The imprecision of the initial data is sometimes masked by the use of statistical or probabilistic methods that create the illusion of exhaustive primary data. However, the gaps in the map cannot be filled by spatial interpolation, just as chronological gaps cannot be resolved by Bayesian modelling, for example.

sa mise en oeuvre. Les recherches les plus abouties qui combinent histoire, archéologie et étude paléoenvironnementale produisent des résultats remarquables mais elles demeurent très rares. Et les plus stimulantes analysent des événements bien datés dans les contextes culturels riches d'information comme l'impact des éruptions volcaniques enregistrées dans les carottes glaciaires groenlandaises sur l'Irlande médiévale (Ludlow *et al.*, 2013) ou sur les crues du Nil en Égypte ptolémaïque (Manning *et al.*, 2017). La plupart des travaux qui mettent en exergues des explications déterministes ne réunissent pas tous les types de preuves. C'est normal car il est difficile de réunir un jeu de données issues de registres différents qui puissent avoir la résolution spatiale et chronologique demandée (Izdebski *et al.*, 2022). Enfin, de nombreux articles déterministes s'appuient sur une étude de cas approfondie et proposent une généralisation à échelle plus large. Mais cette deuxième étape est souvent problématique. Cette imprécision des données initiales est parfois masquée par l'utilisation de traitements statistiques ou probabilistes qui donnent l'illusion d'une production de données primaires exhaustive. Mais les vides de la carte ne peuvent être comblés par l'interpolation spatiale comme les hiatus chronologiques ne peuvent être résolus par la modélisation bayésienne par exemple.

### **Le succès des démarches téléologiques et les risques associés**

Les multiples discussions et contestations des explications déterministes ont nourri de nombreux débats sur le déterminisme environnemental temporel et le catastrophisme qui y est souvent associé. Les explications les plus simples, c'est-à-dire celle promouvant la cause climatique comme facteur déclenchant décisif (ex. Weiss *et al.*, 1993 ; Kaniewski *et al.*, 2013, 2015 ; Kaniewski et van Campo, 2017) sont aujourd'hui concurrencées par des raisonnements qui promeuvent la causalité multiple (Weiss, 2017). C'est-à-dire que toute une série de causes peuvent se combiner, dans ce que l'on appelle parfois une concaténation de calamités (changement climatique, épidémie, épuisement des ressources, guerre, etc.) ou une tempête exceptionnelle de facteurs (Cline, 2014), et entraîner l'effondrement. Ces arguments développés initialement par des chercheurs pour contester le caractère mécanique et simpliste de certaines explications causales (Butzer, 2012) sont devenus une nouvelle norme des explications déterministes ou catastrophistes qui intègrent une discussion sur la résilience des sociétés. Ce sont par exemple les hypothèses les plus récentes développées par E. Cline (2014) pour expliquer la fin de civilisations de l'âge du Bronze dans l'est de la Méditerranée ou par K. Harper (2017) pour celle de l'Empire romain. D'ailleurs certains écrits déterministes qui promeuvent des métarécits sont particulièrement gênants car bien souvent la cohabitation de titres sans appel et des incertitudes qui demeurent, parfois même soulignées dans le même texte, crée une contradiction dérangeante comme dans les exemples précédents.

### **The success of teleological approaches and their associated risks**

The many discussions and challenges to deterministic explanations have fuelled numerous debates on temporal environmental determinism and the catastrophism often associated with it. The simplest explanations, i.e., those that promote a climatic cause as the decisive triggering factor (e.g., Weiss *et al.*, 1993; Kaniewski *et al.*, 2013, 2015; Kaniewski and van Campo, 2017), are now being countered by arguments that promote poly causality (Weiss, 2017). That is to say that a variety of causes may come together, in what is sometimes called a concatenation of calamities (climate change, epidemics, resource depletion, war, etc.) or an exceptional ensemble of factors (Cline, 2014), and lead to collapse. These arguments, initially developed by researchers to question the mechanical and simplistic nature of certain causal explanations (Butzer, 2012), have become a new standard for deterministic or catastrophist explanations that incorporate a discussion of the resilience of societies. These are, for example, the most recent hypotheses developed by E. Cline (2014) to account for the end of Bronze Age civilisations in the eastern Mediterranean, or by K. Harper (2017) regarding the end of the Roman Empire. In fact, some of the determinist papers that promote meta-narratives are particularly disturbing, as the cohabitation of unappealable claims and remaining uncertainties, sometimes even highlighted in the same text, often creates a troubling contradiction, as in the above examples.

Rhetorical analysis can be used to identify the underlying rationale (White, 1973). Very often such research has a profoundly teleological character, because we all know that the Roman Empire came to an end in the same way as the Aegean civilisations of the Late Bronze Age or the Final Neolithic/Chalcolithic period... All too often this type of work is content to accumulate arguments explaining the social crisis, insofar as it knows what it aims to demonstrate. As a result, alternative data and interpretations are not treated equally. For a long time, the teleological nature of some texts was seen as a means of making readers aware of the trials that await us in the context of the human-induced climate change now underway (Izdebski *et al.*, 2022). At the same time, however, this trend towards the editorialization of science and the abusive practice of storytelling may be compromising the scientific approach. Firstly, by exaggerating the role of climatic factors, it runs the risk of falling into a trap since many archaeologists and historians, already sceptical about the capacity of environmental dialectics to enrich our knowledge of ancient societies, might be tempted to reject them outright as a means of understanding the trajectories of ancient societies (Lespez *et al.*, 2014). Secondly, this trend is part of a broader paradigm that portrays science as being built on hypotheses and counter-hypotheses, in a form of permanent debate. This undoubtedly weakens science itself and the way it is perceived by the general public. It seems to us that it is not in the interests of science to follow this path. Without,

L'analyse rhétorique permet d'en démontrer les ressorts (White, 1973). Ces recherches ont très souvent un caractère profondément téléologique car nous savons tous que l'Empire romain a eu une fin comme les civilisations égéennes du Bronze récent ou du Néolithique final/Chalcolithique... Ces écrits se contentent trop souvent d'accumuler les arguments expliquant la crise sociale dans la mesure où elles savent ce qu'elles veulent démontrer. De ce fait, les données et les interprétations alternatives ne sont pas traitées également. Ce caractère téléologique a longtemps été perçu comme à même de sensibiliser les lecteurs aux épreuves qui nous attendent dans le cadre du changement climatique d'origine anthropique en cours (Izdebski *et al.*, 2022). Mais on peut aussi penser que cette tendance à l'éditorialisation de la science et à la pratique abusive du *story telling* fait courir des risques à la démarche scientifique. Tout d'abord, en exagérant le rôle des facteurs climatiques, elle risque de tomber dans un piège car nombre d'archéologues et d'historiens, déjà sceptiques quant à la capacité de la dialectique environnementale à enrichir notre connaissance des sociétés anciennes, pourraient être tentés de les rejeter définitivement comme éléments de compréhension des trajectoires des sociétés anciennes (Lespez *et al.*, 2014). Ensuite, elle participe d'un mouvement plus général qui entretient l'idée que la science se construit à coup d'hypothèses et de contre-hypothèses dans une forme de débat permanent. Cela fragilise sans doute à terme la science elle-même et la manière dont elle est perçue par le grand public. Il nous semble que la science n'a pas intérêt à emprunter ce chemin. Sans renoncer bien sûr à expliquer des faits et à avancer des hypothèses et des certitudes en ce sens, elle doit continuer à prendre en compte la contingence, l'incertitude et à faire l'éloge de la complexité. Surtout que d'autres voies sont possibles et peut-être plus fertiles pour promouvoir une réflexion sur l'environnement adaptée aux enjeux du XXI<sup>e</sup> siècle.

### RENOUVELER LA QUESTION DES RELATIONS ENTRE LES SOCIÉTÉS PROTOHISTORIQUES ET LEUR ENVIRONNEMENT ?

Au-delà des critiques adressées aux écrits les plus déterministes, un certain nombre de solutions ont été envisagées pour essayer de dépasser le débat et les termes dans lesquels il est trop souvent posé.

#### Résilience et transformations socio-environnementales

De nombreux chercheurs ont essayé d'intégrer dans la réflexion la capacité des sociétés et leur degré de liberté face au changement (Graeber et Wengrow, 2021). Ainsi, l'intégration dans les raisonnements de la notion de résilience des sociétés a été proposée pour prendre en charge la question des fonctionnements sociaux, écono-

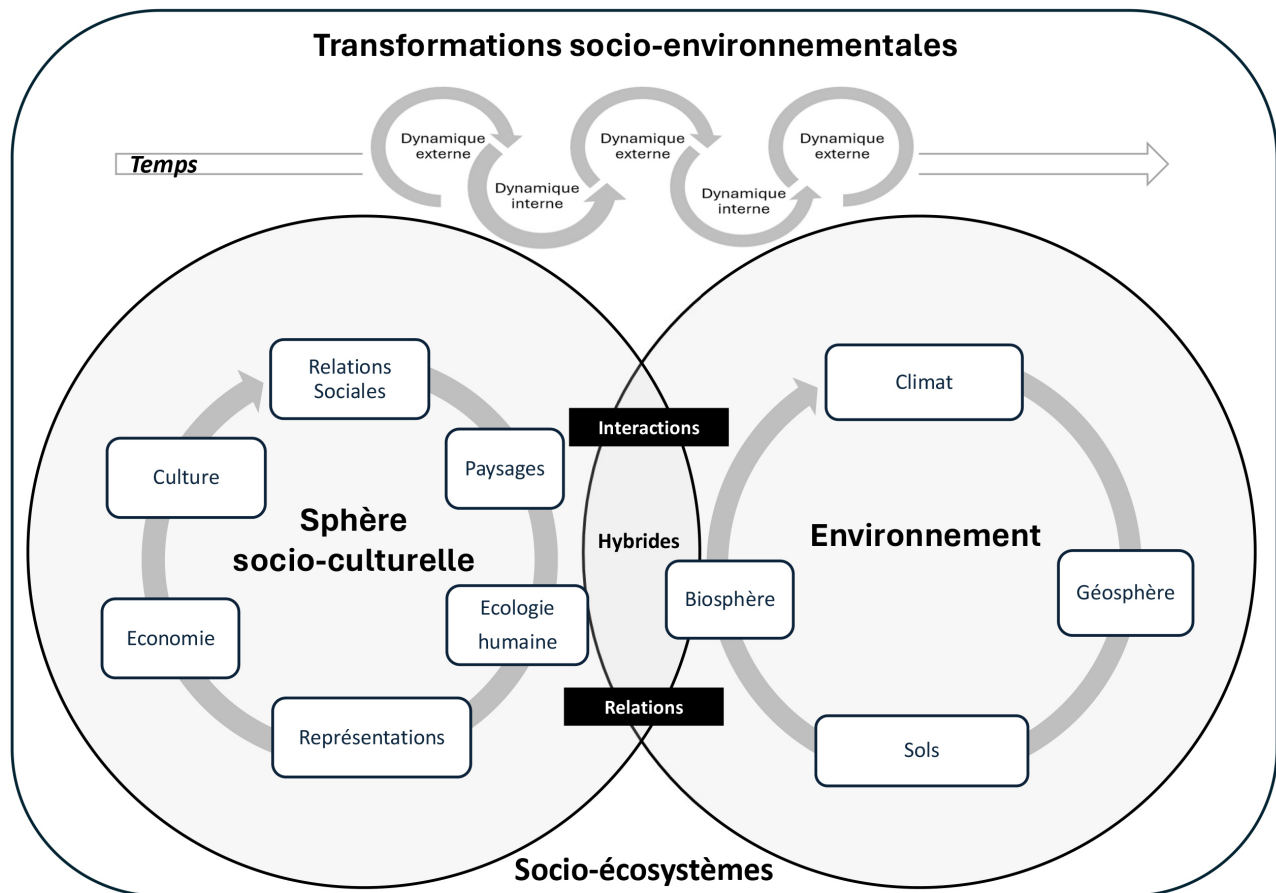
of course, giving up the idea of explaining facts and putting forward hypotheses and certainties in this direction, science must instead continue to take contingency and uncertainty into account and to praise complexity. Especially as other approaches are possible and perhaps more fertile for promoting a reflection on the environment that is adapted to the concerns of the 21st century.

### REVISITING THE ISSUE OF THE RELATIONSHIP BETWEEN PROTOHISTORIC SOCIETIES AND THEIR ENVIRONMENT?

Beyond the criticisms levelled at the most deterministic publications, a number of solutions have been considered in an attempt to bypass the current debate and the terminology too often employed to frame it.

#### Resilience and socio-environmental changes

Numerous researchers have tried to incorporate into their reasoning societies' capacity and degree of freedom in the event of change (Graeber and Wengrow, 2021). For example, the concept of resilience has been proposed as a way of addressing the question of the social, economic and political functions that can weaken or promote the resistance and reaction of societies to environmental change (Butzer, 2012; Bunbury *et al.*, 2023). While it does not solve the problem of the initial quality of the archaeological or environmental data, this concept does restore a form of autonomy to the social field and undeniably complexifies the arguments (e.g., Butzer, 2012; Bunbury *et al.*, 2023). As with all discussions based on the idea of the adaptive cycle developed by Holling (1973), it favours talks about thresholds and tipping points within a systemic framework. This type of approach is also present in the notion of socio-environmental transformation (Müller and Kirleis, 2019). This concept has a temporal dimension and proposes a rational methodology in order to encompass all social and environmental aspects (Figure 3). It involves isolating the various components of the change in order to assess their spatial and temporal scales and their impact upon a society, or upon different parts of it. This work can only be carried out by identifying categories of archaeological and palaeoenvironmental evidence that can be used to reconstruct changes (Figure 4). Here we see the need for exhaustive work prior to tackling the issue of climate change on societies, and we are again faced with the constraints posed by the information available. Nevertheless, this proposal has the merit of reminding us of the limits of our knowledge and the nature of its shortcomings in dealing with this question. It is instructive to compare the expectations of this proposal with the character of certain papers that deal deterministically with the relationship between climate change and pre- and protohistoric societies.



**Fig. 3 – Les transformations socio-environnementales et les différentes composantes impliquées dans le fonctionnement des socio-écosystèmes.** On pourra remarquer que la compréhension des socio-écosystèmes se place dans les espaces d’interactions et de relations entre l’environnement et la sphère socio-culturelle qui est peuplée d’objets et de processus hybrides (Lespez et Dufour, 2021).

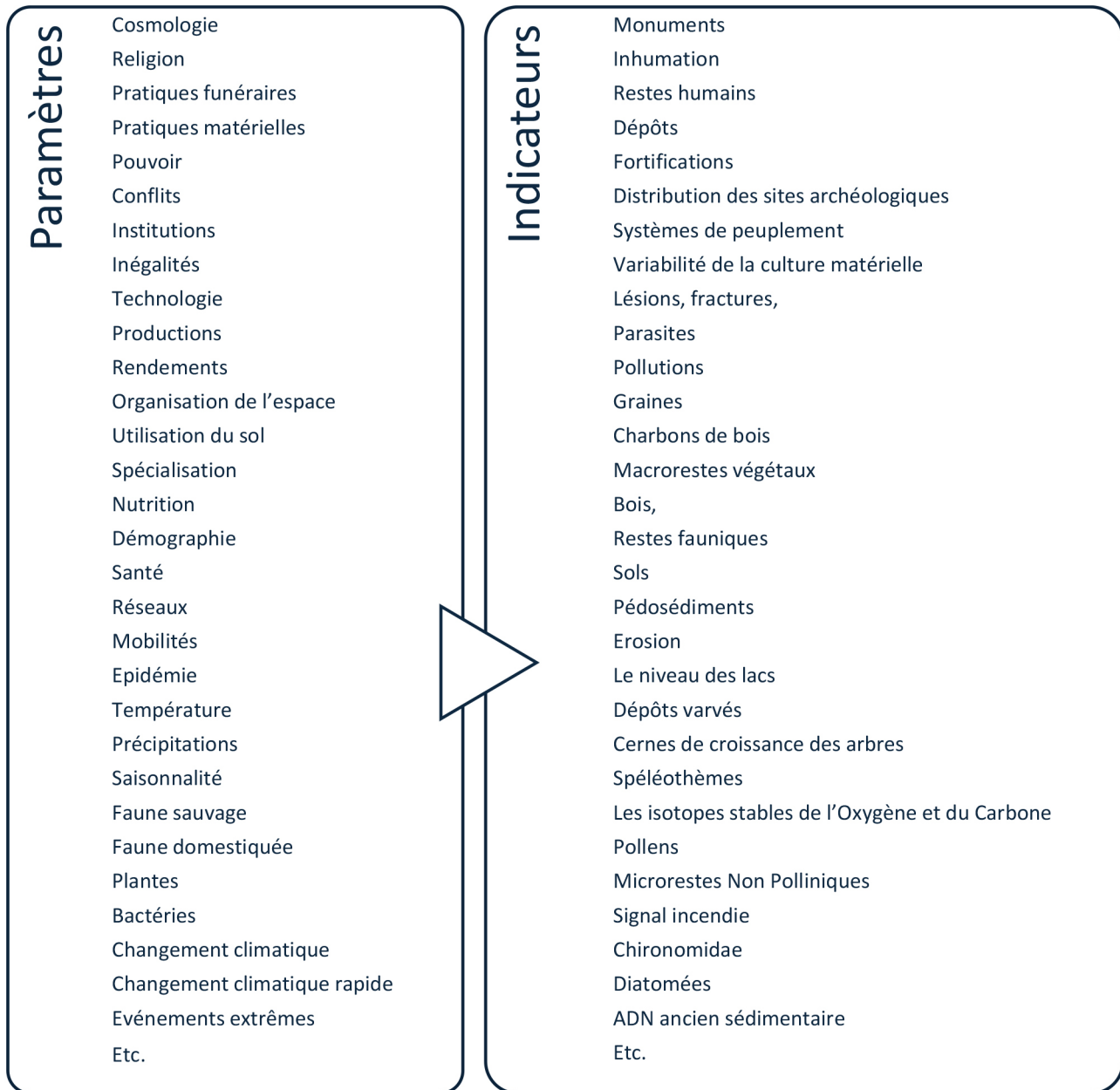
**Fig. 3 – Socio-environmental transformations and the various components involved in socio-ecosystems.** It is worth noting that the understanding of socio-ecosystems focuses on spaces of interactions and on the relationships between the environment and the socio-cultural sphere, which is populated by hybrid objects and processes (Lespez and Dufour, 2021).

miques et politiques à même de fragiliser ou de favoriser la résistance et la réaction des sociétés face aux changements environnementaux (Butzer, 2012 ; Bunbury *et al.*, 2023). Si elle ne règle pas le problème de la qualité des données initiales, qu’elles soient archéologiques ou environnementales, cette notion redonne au champ social une forme d’autonomie et permet indéniablement de complexifier les raisonnements (ex. Butzer, 2012 ; Bunbury *et al.*, 2023). Comme toutes les discussions qui sont basées sur la notion de cycle adaptatif développé par Holling (1973), elle favorise les discussions sur les seuils et les points de bascule dans le cadre d’un raisonnement systémique. Ce type d’approche se retrouve dans la notion de transformation socio-environnementale (Müller et Kirleis, 2019). Cette notion possède une dimension temporelle et propose une démarche rationnelle afin de prendre en charge la totalité des registres sociaux et environnementaux (fig. 3). Elle implique d’isoler les différentes composantes de la transformation afin d’évaluer leurs échelles spatiale et temporelle et leur impact sur une société ou différentes parties de celle-ci. Ce travail ne peut être conduit qu’à partir de l’identification des catégories d’archives archéologiques et paléoenviron-

### A relationship between societies and their environment based on instability, precariousness, impact, etc.

The notion of socio-environmental transformation takes into consideration the dynamic nature of the biophysical environment and of societies (Müller and Kirleis, 2019). If the socio-ecosystem changes and transforms over time, it is also because each of its components has its own temporal dimension, even if these are sometimes linked. Thus, for example, the dynamics of plant formations are not only conditioned by an adaptation to changing biophysical conditions, but ecological successions are also determined by the specific characteristics of plants and their groupings.

Even when we assume that animal and plant pests and epidemics are linked to environmental changes, we are also aware that these life processes have their own logic for emergence and spread. These may have origins far removed from the affected area, and may be profoundly human in nature, with methods of propagation that are even more so. Ecologists have long since given up on the idea that every environment has an ecological optimum,



**Fig. 4 – Paramètres et indicateurs à prendre en compte pour analyser les transformations socio-environnementales.** Modifié et complété d'après Müller et Kirleis, 2019.

**Fig. 4 – Parameters and indicators to be considered when analysing socio-environmental changes.** Modified and completed based on Müller and Kirleis, 2019.

nementales pouvant être utilisées pour la reconstruction des transformations (fig. 4). On trouve ici la nécessité du caractère exhaustif du travail préalable au traitement de la question du changement climatique sur les sociétés et on rejoint les limites posées par les informations disponibles. Néanmoins, cette proposition a le mérite de nous rappeler la limite et la nature des lacunes de nos connaissances pour traiter de cette question. La comparaison entre les attendus de cette proposition et la nature de certains écrits traitant de manière déterministe la relation entre le changement climatique et les sociétés pré- et protohistoriques peut-être édifiante.

known as the climax. The environment has inherent dynamic potential, which does not simply depend on the exogenous factors influencing it. It is now accepted that endogenous and exogenous transformations need to be taken into account to understand environmental dynamics.

There are then two assumptions underlying deterministic environmental explanations. On the one hand, the stability of the biophysical and socio-economic conditions preceding the climate-induced crisis is often presupposed. It is thus implicitly assumed that past societies flourished during periods of stability and that they were themselves surprised by environmental change. However, a large body of research has shown that socio-political and

### Une relation entre les sociétés et leur environnement faite d'instabilité, de précarité, d'affect, etc.

La notion de transformation socio-environnementale tient compte du caractère dynamique de l'environnement biophysique et des sociétés (Müller et Kirleis, 2019). Si le socio-écosystème change et se transforme avec le temps c'est aussi que chacune de ses composantes possède sa propre temporalité même si elles sont parfois reliées. Ainsi, par exemple, la dynamique des formations végétales n'est pas seulement conditionnée par une adaptation au changement des conditions biophysiques mais les successions écologiques sont également déterminées par les dynamiques propres des plantes et de leurs groupements. Même si on suppose que les pestes animales, végétales et les épidémies sont liées aux changements environnementaux, on sait également que ces dynamiques du vivant ont leur propre logique d'émergence et de propagation. Celles-ci peuvent avoir une origine très lointaine de la zone affectée, profondément humaine et des modalités de propagation qui le sont encore plus. Les écologues ont depuis longtemps renoncé à penser que chaque milieu possède un optimum écologique, que l'on appelait climax. L'environnement a une dynamique, qui ne dépend pas simplement des facteurs exogènes qui s'appliquent à un milieu biophysique donné, mais en lui-même, il a un potentiel de dynamique. Il est aujourd'hui admis qu'il faut prendre en charge les transformations endogènes et exogènes pour comprendre les dynamiques environnementales.

Il existe ensuite deux présupposés dans les explications déterministes environnementales. D'une part, la stabilité des conditions biophysique et socio-économique précédant la crise d'origine climatique est souvent a priori admise. Il est ainsi implicitement acquis que les sociétés anciennes s'épanouissaient dans des périodes de stabilité et qu'elles-mêmes ont été surprises par la transformation environnementale. Pourtant, de nombreuses recherches montrent que les rythmes socio-politiques et climatiques ne sont pas congruents. Ainsi par exemple la fin de l'Empire hittite est bien postérieure d'au moins un siècle au développement de la sécheresse en Anatolie (Kuzucuoglu, 2015). Il semble également que l'hypothèse inverse puisse être défendue. Les sociétés pré- et protohistorique soumises aux aléas météorologiques et climatiques qu'elles avaient du mal à expliquer rationnellement avaient sans doute un sentiment permanent de précarité parce que leur relation avec l'environnement était en grande partie instable et contingente. Elles ne passent pas d'un environnement stable et riche à environnement stable et contraignant, elles étaient confrontées à un environnement changeant dont elle redoutait en permanence les changements. La relation des sociétés protohistoriques à leur environnement nécessite ainsi de revenir sur certaines notions employées assez largement sans qu'elles soient interrogées. Ainsi comme l'écrit M. Arnoux (2023, p. 17) « L'anachronisme et le déterminisme, tant redoutés par les historiens, ne consistent pas à prendre acte des conditions naturelles, ni à admettre que les choix humains

climatic rhythms are not congruent. For instance, the end of the Hittite Empire came at least a century after the onset of droughts in Anatolia (Kuzucuoglu, 2015). It also seems that the opposite hypothesis can be defended. Pre- and protohistoric societies that were subjected to the vagaries of weather and climate, which they found difficult to explain rationally, likely experienced a permanent sense of precariousness because their relationship with the environment was largely unstable and contingent. They did not move from a stable, rich environment to a stable, constraining environment; they were instead confronted with a changing environment whose fluctuations they continually dreaded. Therefore, the relationship between protohistoric societies and their environment requires us to revisit a number of concepts that are widely employed without being questioned. As M. Arnoux (2023; 17) writes: "Anachronism and determinism, so feared by historians, do not consist in taking note of existing natural conditions, nor in admitting that human choices are constrained by biological, physical or chemical determinants, but on the one hand in imputing to past actors our awareness of possible choices, or on the other hand, in excluding that their own decisions may have been conditioned by constraints whose exact nature they were unaware of". He then demonstrates that the notion of resource is unsuitable for describing the relationship between medieval societies and the environment. He stresses that this concept, which originated in the writings of J.-B. Say (1803) and W. S. Jevons (1865), stems from the liberal economics movement and its criticism of Marxism, which is dominated by utilitarianism. However, as D. Graeber and D. Wengrow (2021) point out, the notion of resource treats nature as a commodity and human populations as automatons governed by rational reasoning. In so doing, we underestimate the fact that the aim is not to exploit resources in an extractivist manner, but to try to satisfy needs in order to live or to combat poverty and precarity. We can then agree with M. Arnoux (2023; 320) when he concludes that "the historical question of resources is essentially teleological; we ask it in order to respond to current concerns. Our fears about the future of our economic, social and environmental model are new". As an extension of this discussion, we can recall the thoughts of A. Tsing et al. (2019) who state "Moreover, domestication tends to be imagined as a hard line: You are either in the human fold or you are out in the wild. [...] Yet despite these extreme efforts, most species on both sides of the line—including humans—live in complex relations of dependency and interdependence. Attention to this diversity can be the beginning of an appreciation of interspecies species being." For this anthropologist, only the plantation economy and the rise of capitalist agriculture removed all attachment relationships ("remove love") between human societies and plants and animals, including those they had domesticated.

Thus, the manner in which the question of collapse is posed is often the result of an approach deeply rooted in present-day paradigms and concepts. This diversion via resources and needs reveals that the way human beings relate to their environment is situated in time. With this in

sont contraints par des déterminations biologiques, physiques ou chimiques, mais d'une part à imputer aux acteurs du passé notre conscience des choix possibles, ou d'autre part à exclure que leurs propres décisions puissent avoir été conditionnées par des contraintes dont ils ignoraient la nature exacte ». Il poursuit sa démonstration en montrant que la notion de ressource ne peut convenir pour qualifier le rapport à l'environnement des sociétés médiévales. Il rappelle que cette notion, née des écrits de J.-B. Say (1803) et W. S. Jevons (1865), est issue des réflexions de l'économie libérale et de sa critique marxiste où domine l'utilitarisme. Comme le formule D. Graeber et D. Wengrow (2021), la notion de ressource envisage la nature comme une commodité et considère les populations humaines comme des automates sujets au calcul rationnel. Ce faisant, on sous-estime qu'il ne s'agit pas d'exploiter des ressources dans une logique extractiviste mais d'essayer de satisfaire des besoins pour vivre ou lutter contre la pauvreté et la précarité. On peut alors suivre M. Arnoux (2023, p. 320) dans sa conclusion où il affirme que « la question historique des ressources est essentiellement téléologique ; nous la posons pour répondre à des préoccupations qui sont les nôtres, aujourd'hui. Notre inquiétude sur le futur de notre modèle économique, social et environnemental est nouvelle ». Dans le prolongement de cette discussion, on peut rappeler la réflexion d'A. Tsing *et al.* (2019) qui affirment « *Moreover, domestication tends to be imagined as a hard line: You are either in the human fold or you are out in the wild. [...] Yet despite these extreme efforts, most species on both sides of the line—including humans—live in complex relations of dependency and interdependence. Attention to this diversity can be the beginning of an appreciation of interspecies species being.* » Pour cette anthropologue, ce n'est qu'avec l'économie de plantations et l'essor de l'agriculture capitaliste que l'on a enlevé toutes les relations d'attachement (« *remove love* ») entre les sociétés humaines et les végétaux et les animaux, y compris ceux qu'elles ont domestiqués.

Ainsi la manière de poser la question de l'effondrement et du collapse est ainsi souvent le fruit d'une approche profondément ancrée dans des paradigmes et des notions qui sont ceux du temps présent. Ce détour par les ressources et les besoins permet de montrer que la relation des êtres à leur environnement est située dans le temps. Tenant compte de cela, on peut envisager d'étudier les relations entre les sociétés protohistoriques et les changements environnementaux autrement.

### Promouvoir des approches relationnelles

Dès lors, il faut savoir quelle question on souhaite traiter. Dans une logique déterministe et mécanique, la relation entre l'environnement et les sociétés est faite de flux de production, de consommation, de ressources et de besoins telle qu'on peut la conceptualiser aujourd'hui, et que l'on essaie de modéliser. C'est-à-dire que l'on envisage le rôle du changement climatique pour les sociétés protohistoriques par sa capacité à transformer des

mind, we can study the relationships between protohistoric societies and environmental change differently.

### Promoting relational approaches

From that point on, it is necessary to know what issue we wish to address. From a mechanical, deterministic perspective, the relationship between the environment and human societies is based on flows of production, consumption, resources and needs, as we are able to conceptualise and attempt to model today. In other words, we are looking at the role of climate change for protohistoric societies in terms of its ability to transform yields, production and subsistence thresholds, and therefore to determine tipping points between societies and the environment, conceived as a commodity. In this case, as mentioned above, it is essential to have a considerable amount of archaeological, palaeoenvironmental and climatic information at one's disposal in order to be able to quantify everything and attempt to calculate these thresholds. A relational approach is just as complex and demanding, but not of the same nature. Climatic and environmental change is seen as a potential change in the relationships that populations had with their environment. The aim is then to analyse the way in which they have been able to deal with environmental change through their own free will, their knowledge and their perceptions of the world. It is therefore necessary to abandon utilitarian paradigms and to recognise that some societies might have made absurd choices in terms of cost-benefit and accepted/integrated contingency (Graeber and Wengrow, 2021).

Any understanding of the way in which past societies viewed their environment requires an examination of the ontology of nature that they may have developed (Descola, 2005). This is a prerequisite for exploring how they might have viewed the transformations in the environment brought about by climate change, and how they might have reacted. This is an extremely delicate line of inquiry when all you have to work with is material data. Still, we can at least incorporate into our thinking the idea that the relationships between societies and their environment are just as important to the way they apprehend environmental change as strict physiological needs and economic resources. These relationships are rich and diverse, even after the emergence of agriculture (Graeber and Wengrow, 2021). They are characterised by attachments, affects that determine behaviour. Being part of a totemic or naturalistic society, or having some other type of ontology of nature, is likely not irrelevant (Descola, 2005). If we truly wish to consider the relationship between protohistoric societies and the environment, we need to integrate the affective bonds developed with plants, animals, land and landscapes. Such an approach to the relationship between societies, their environment and climate change takes on a whole new dimension. The task is, of course, daunting, but it is essential if we are to give perspective to research about thresholds and tipping points and be able to analyse them from the viewpoint of societies. This involves looking at the potential interactions between human societies

rendements, des seuils de production, de subsistance et donc à déterminer des points de bascule entre les sociétés et l'environnement conçu comme une commodité. En ce cas, il est nécessaire, comme nous l'avons vu plus haut, de disposer d'un nombre considérable d'informations dans les registres archéologiques, paléoenvironnementaux et climatiques pour tout compter et envisager d'approcher le calcul de ces seuils. Dans une logique relationnelle, la démarche est tout aussi complexe et exigeante mais n'est pas de même nature. Le changement climatique et le changement de l'environnement sont envisagés comme un potentiel changement des relations que les populations avaient avec leur environnement. Il s'agit alors d'analyser la manière dont elles ont pu appréhender les changements environnementaux à partir de leur libre arbitre et de leurs connaissances et représentations du monde. Il convient alors de quitter les paradigmes utilitaires et d'intégrer que certaines sociétés ont pu faire des choix absurdes en termes de coût-bénéfice et accepter/intégrer la contingence (Graeber et Wengrow, 2021).

La compréhension de la manière dont les sociétés du passé ont envisagé leur environnement nécessite de se pencher sur l'ontologie de la nature qu'elles ont développée (Descola, 2005). C'est une étape préalable pour aborder la manière dont elles pouvaient considérer les transformations de l'environnement issues des changements climatiques et envisager des formes de réaction possibles. Ce type de réflexion est extrêmement délicat à conduire quand on ne dispose que de données matérielles pour pouvoir travailler. Mais nous pouvons au moins intégrer à nos réflexions l'idée que les relations entre les sociétés et leur environnement comptent autant dans la manière d'envisager les transformations de l'environnement que les stricts besoins physiologiques et ressources économiques. Ces relations sont riches et diverses, même après l'émergence de l'agriculture (Graeber et Wengrow, 2021). Elles sont caractérisées par des attachements, des affects qui vont déterminer des comportements. Il n'est sans doute pas indifférent d'être dans une société totémique ou naturaliste ou un autre type d'ontologie de la nature (Descola, 2005). Si on souhaite véritablement envisager la relation entre les sociétés protohistoriques et l'environnement, l'intégration des relations affectives développées avec des plantes, des animaux, des sols, des paysages doit être envisagée. Cette manière d'aborder la relation entre les sociétés, leur environnement et le changement climatique prend alors une autre dimension. Bien sûr, la tâche est immense mais c'est un effort indispensable pour mettre en perspective les recherches sur les seuils et les points de bascule et pouvoir les analyser du point de vue des sociétés. Il s'agit alors d'envisager le potentiel de relations entre les sociétés humaines et le monde vivant qui les entoure, des lombrics du sol jusqu'aux végétaux supérieurs, en passant par les animaux, qu'ils soient chassés ou non, des espèces utilisées aux non utilisées. Il faut pour cela être capable à la fois de reconstituer une matérialité environnementale progressivement hybridée par les productions humaines et les traces de leur activité (Lespez et Dufour, 2021 ; fig. 3)

and the living world around them, from earthworms in the soil to higher plants and animals, whether hunted or not, and from species used to those not used. To achieve this, we need to be able both to reconstitute an environmental materiality that has been progressively hybridised by human production and the traces of their activity (Lespez and Dufour, 2021; Figure 3) and to imagine all possibilities and define them from the point of view of the societies under consideration, with their material and ideal implications. The notion of affordance seems a useful one for this discussion. Based on the work of J. Gibson (1977), it has been applied to the environmental field. It expresses the idea that environmental materiality does not impose itself on the subject, but that it possesses properties that render it capable of taking part in the subject's project (Ingold, 1992). This feeds an internal vision that differs from one individual and society to another, and which determines the use values for each society. Therefore, understanding a society's relationship with its environment and its ability to act in response to changes necessarily involves understanding the social interpretations of this materiality. This line of thought is not very far removed from Vidalian possibilism, conceived from a relational perspective. Indeed, as V. Berdoulay and O. Soubeyran (2007) explained, the desire to analyse interactions, societies, their ways of life and their surroundings, which is at the heart of the Vidalian approach, is a relational way of looking at the environment. At any rate, it is a reminder that geography matters, not because it proposes a framework, but because it offers a range of potential relationships, of potential world(s).

### CONCLUSION: PROMOTING A RIGOROUS AND PARTICIPATIVE INTERDISCIPLINARY APPROACH

Studies attributing temporal environmental determinism a key role in social dynamics have been very stimulating. They have sparked a debate that has shown the scientific fragility of certain ideas, either because palaeoenvironmental data are insufficiently precise from a climatic, spatial or chronological point of view, or because the relationship between observed environmental changes and social facts is treated superficially due to a lack of data or interest. Greater knowledge obtained from the various registers that have been mobilised over the last thirty years or so has led to the emergence of other ways of thinking.

Such research underlines the fact that the question of the links between societies and their environment must be addressed jointly by specialists of biophysical environments and archaeologists and historians who are familiar with the workings of human societies and their representations. This research cannot be delegated to one or the other of these two approaches. Nor is the comparison of results sufficient, because the methodological uncertainties of researchers are not always made



et d'envisager les possibles et de les définir du point de vue des sociétés considérées avec leurs enjeux matériels et idéels. La notion d'affordance semble fertile pour conduire cette discussion. À la suite de J. Gibson (1977), elle a été reprise dans le domaine de l'environnement. Elle exprime alors l'idée que la matérialité environnementale ne s'impose pas au sujet, mais qu'elle possède pour l'humain et la société des aptitudes qui la rendent susceptible de prendre part au projet du sujet (Ingold, 1992). Elle nourrit un imaginaire qui sera différent selon les individus et les sociétés et qui détermine des valeurs d'usage pour chaque société. La compréhension de la relation de la société à son environnement et de sa capacité à agir par rapport à ses changements passe donc par la compréhension des interprétations sociales de cette matérialité. Cette réflexion n'est en fait pas très éloignée du possibilisme vidalien envisagé sous un angle relationnel. En effet, comme le rappellent V. Berdoulay et O. Soubeyran (2007), la volonté d'analyser les interactions, les sociétés, leur genre de vie et leurs milieux qui est au cœur de l'approche vidalienne est une manière relationnelle d'envisager l'environnement. Elle rappelle en tous les cas que la géographie compte, non parce qu'elle propose un cadre, mais parce qu'elle offre un potentiel de relations, un potentiel de monde(s).

### **CONCLUSION : POUR UNE INTERDISCIPLINARITÉ EXIGEANTE ET PARTICIPATIVE**

Les recherches qui font jouer au déterminisme environnemental temporel un rôle majeur dans les dynamiques sociales ont été très stimulantes. Elles ont fait émerger un débat qui a permis de montrer la fragilité scientifique de certaines propositions, soit que les données paléoenvironnementales soient insuffisamment précises tant d'un point de vue climatique, spatial que chronologique, soit que la relation entre les changements de l'environnement observés et les faits sociaux soit superficiellement traitée par manque de données ou d'intérêt. L'approfondissement des connaissances dans les différents registres mobilisés depuis une trentaine d'années engendre l'émergence d'autres manières de penser.

Ces recherches soulignent que la question des relations entre les sociétés et leur environnement ne peut être traitée que conjointement par les spécialistes des milieux biophysiques et les archéologues et les historiens qui connaissent le fonctionnement des sociétés humaines et de leurs représentations. Cette recherche ne peut être déléguée à l'une ou l'autre des deux manières d'appréhender la question. La confrontation des résultats n'est pas non plus suffisante parce que les incertitudes méthodologiques des uns et des autres ne sont pas toujours explicitées et compréhensibles sans une culture scientifique partagée. Dès la formulation de la question, l'interaction fondée sur l'intercompréhension doit être de mise. Il s'agit donc de développer une interdisciplinarité

explicit and comprehensible without a shared scientific culture. From the outset, the interaction must be based on mutual understanding. This means developing a demanding and participative interdisciplinary approach, which in reality is still rare. We can once again cite A. Tsing et al. (2019; 193) who stated that «Collaboration—open and curious—across multiple registers of knowledge and being are needed for anticipatory action in the face of this Real Unknown». What concerns us when thinking about our future as a species sharing a planet with other living beings can also be applied to understanding the past. It is through dialogue that new insights are born, and this observation could be applied to environmental determinism of the geographical type as well, and to concepts such as the ecological niche.

Beyond this, it also appears important to fully integrate into our thinking the relationship that protohistoric societies had with their environment. In addition to ethnographic and ethnoarchaeological work, materialist and relational approaches (e.g., Haraway, 2016; Tsing, 2015; Tsing et al., 2019) that rethink the current environment and our relationship with it are surely useful guides for reflecting on the relationship between societies and their environments in the past. By going beyond utilitarian perspectives rooted in Western modernity and capitalism and its Marxist critique, these approaches propose to address the relationship between societies and their environment, and perhaps to pay greater justice to ancient societies and the way in which they were able to perceive environmental change and hence make decisions (revolts, migrations, etc.) in response to it.

exigeante et participative ; ce qui dans la réalité est encore rarement le cas. Nous pouvons à nouveau citer A. Tsing *et al.* (2019, p. 193) : « *Collaboration—open and curious—across multiple registers of knowledge and being are needed for anticipatory action in the face of this Real Unknown* », en pensant que ce qui s'attache à réfléchir à notre avenir en tant qu'espèce partageant une planète avec d'autres vivants peut s'appliquer à la compréhension du passé. C'est dans le dialogue que naissent de nouvelles réflexions et ce constat pourrait également être appliquée au déterminisme environnemental de type géographique et à des notions comme celle de la niche écologique.

Au-delà, il semble aussi important d'intégrer pleinement à la réflexion, la relation que les sociétés protohistoriques avaient avec leur environnement. Au-delà des travaux ethnographiques et ethnoarchéologiques, les approches matérialistes et relationnelles (ex. Haraway, 2016 ; Tsing, 2015 ; Tsing *et al.*, 2019) qui repensent l'environnement contemporain et la relation que nous avons avec lui sont sans doute des guides utiles pour penser la relation entre les sociétés et leurs environnements dans le passé. Dépassant des approches utilitaristes ancrées dans la modernité occidentale et le capitalisme et sa critique marxiste, elles proposent en tous les cas de s'intéresser à la relation nouée entre les sociétés et leur environnement et peut-être de rendre plus justice aux sociétés anciennes et à la manière dont elles ont pu envisager les changements environnementaux et donc les prises de décision (révoltes, migrations, etc.) associées à leur appréhension.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES / BIBLIOGRAPHICAL REFERENCES

- ARNOUX M. (2023) – *Un monde sans ressources : besoin et société en Europe (XI<sup>e</sup>-XIV<sup>e</sup> siècles)*, Paris, Albin Michel, 368 p.
- BAR-MATTHEWS M., AYALON A. (2011) – Mid-Holocene climate variations revealed by high-resolution speleothem records from Soreq Cave, Israel and their correlation with cultural changes, *The Holocene*, 21, 1, p. 163-171.
- BAR-MATTHEWS M., KEINAN J., AYALON A. (2019) – Hydro-climate research of the late Quaternary of the Eastern Mediterranean-Levant region based on speleothems research – A review, *Quaternary Science Reviews*, 221, 105872.
- BAILEY G., GALANIDOU N., PEETERS H., JÖNS H., MENENGA M. (dir.) (2020) – The archaeology of Europe's drowned landscapes. Coastal Research Library, vol. 35, Springer, 561 p.
- BERDOULAY V., SOUBEYRAN O. (2005) – Le possibilisme en Géographie, *Encyclopedia Universalis*, Paris, p. 629-631.
- BERGER J.-F. (2011) – Hydrological and post-depositional impacts on the distribution of Holocene archaeological sites: The case of the Holocene middle Rhône River basin, France, *Geomorphology*, 129, 3-4, p. 167-182.
- BERGER J.-F., LESPEZ L., KUZUCUOĞLU C., GLAIS A., HOURANI F., BARRA A., GUILAINE J. (2016) – Interactions between climate change and human activities during the early to mid-Holocene in the eastern Mediterranean basins, *Climate of the Past*, 12, 9, p. 1847-1877.
- BERGER J.-F., SHENNAN S., WOODBRIDGE J., PALMISANO A., MAZIER F., NUNINGER L., GUILLON S., DOYEN E., BEGEOT C., ANDRIEU-PONEL V., AZUARA J., BEVAN A., FYFE R., ROBERTS N. (2019) – Holocene land cover and population dynamics in Southern France, *The Holocene*, 29, 5, p. 776-798.
- BERTRAND, G., BERTRAND, C. (1975) – Pour une histoire écologique de la France rurale, in Duby, G., Wallon, A. (dir.), *Histoire de la France rurale*, 1, p. 35-116.
- BINI M., ZANCHETTA G., PERŞOIU A., CARTIER R., CATALÀ A., CACHO, I., DEAN J. R., DI RITA F., DRYSDALE R. N., FINNÈ M., ISOLA I., JALALI B., LIRER F., MAGRI D., MASI A., MARKS L., MERCURI A. M., PEYRON O., SADORI L., SICRE M.-A., WELC F., ZIELHOFFER C., BRISSET E. (2019) – The 4.2 ka BP Event in the Mediterranean region: an overview, *Climate of the Past*, 15, 2, p. 555-577.
- BUNBURY, M. M. E., AUSTVOLL, K. I., JØRGENSEN, E. K., NIELSEN, S. V., KNEISEL, J., WEINELT, M. (2023) – Understanding climate resilience in Scandinavia during the Neolithic and Early Bronze Age, *Quaternary Science Reviews*, 322, p. 108-391.
- BÜNTGEN U., KYNCL T., GINZLER C., JACKS D. S., ESPER J., TEGEL W., KYNCL J. (2013) – Filling the Eastern European gap in millennium-long temperature reconstructions. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110, 5, p. 1773-1778.
- CHENG H., SINHA A., VERHEYDEN S., NADER F. H., LI X. L., ZHANG P. Z., YIN J. J., YI L., PENG Y. B., RAO Z. G., NING Y. F., EDWARDS R. L. (2015) – The climate variability in northern Levant over the past 20,000 years, *Geophysical Research Letters*, 42, 20, p. 8641-8650.
- CLINE E. H. (2014) – *1177 BC: The Year Civilization Collapsed: The Year Civilization Collapsed*, Princeton, Princeton University Press, 264 p.
- COOK B. I., SMERDON J. E., COOK E. R., WILLIAMS A. P., ANCHUKAITIS K. J., MANKIN J. S., ALLEN K., ANDREU-HAYLES L., AULT T. R., BELMECHER S., COATS S., COULTHARD B., FOSU B., GRIERSON P., GRIFFIN D., HERRERA D. A., IONITA M., LEHNER F., LELAND C., MARVEL K., MORALES M. S., MISHRA V., NGOMA J., NGUYEN H. T. T., O'DONNELL A., PALMER J., RAO M. P., RODRIGUEZ-CATON M., SEAGER R., SAMANTHA STEVENSON D. W., THAPA U. K., VARUOLO-CLARKE A. M., WISE, E. K. (2022) – Megadroughts in the Common Era and the Anthropocene. *Nature Reviews Earth & Environment*, 3, 11, p. 741-757.
- COOKSON E., HILL D. J., LAWRENCE D. (2019) – Impacts of long-term climate change during the collapse of the Akkadian Empire, *Journal of Archaeological Science*, 106, p. 1-9.
- COOMBES P., BARBER K. (2005) – Environmental determinism in Holocene research: causality or coincidence?, *Area*, 37, 3, p. 303-311.
- DIAMOND J. (1997) – *Guns, germs and steel: the fates of human societies*, New York, W. W. Norton & Company, 480 p.
- DIAMOND J. (2005) – *Collapse: How societies choose to succeed or fail*, New York, Viking Penguin, 608 p.

- DOLLFUS O. (1985) – Brèves remarques sur le déterminisme et la géographie, *L'Espace géographique*, 14, 2, p. 116-120.
- DRAKE B. L. (2012) – The influence of climatic change on the Late Bronze Age Collapse and the Greek Dark Ages, *Journal of Archaeological Science*, 39, 6, p. 1862-1870.
- FINNÉ M., WOODBRIDGE J., LABUHN I., ROBERTS C. N. (2019) – Holocene hydro-climatic variability in the Mediterranean: A synthetic multi-proxy reconstruction, *The Holocene*, 29, 5, p. 847-863.
- FLOHR P., FLEITMANN D., MATTHEWS R., MATTHEWS W., BLACK S. (2016) – Evidence of resilience to past climate change in Southwest Asia: Early farming communities and the 9.2 and 8.2 ka events, *Quaternary Science Reviews*, 136, p. 23-39.
- FRANCKE A., WAGNER B., LENG M. J., RETHEMEYER, J. (2013) – A late glacial to Holocene record of environmental change from Lake Dojran (Macedonia, Greece), *Climate of the Past*, 9, 1, p. 481-498.
- FRESSOZ J.-B., LOCHER F. (2020) – *Les Révoltes du ciel : Une histoire du changement climatique XVI<sup>e</sup>-XX<sup>e</sup> siècle*, Paris, Seuil, 304 p.
- FROGLEY M. R., GRIFFITHS H. I., HEATON T. H. (2001) – Historical biogeography and Late Quaternary environmental change of Lake Pamvotis, Ioannina (north-western Greece): evidence from ostracods, *Journal of Biogeography*, 28, 6, p. 745-756.
- GARNIER E. (2010) – *Les Dérangements du temps : 500 ans de chaud et de froid en Europe*, Plon, 244 p.
- GHILARDI M., PSOMIADIS D., ANDRIEU-PONEL V., COLLEU M., SOTIROPOULOS P., LONGO F., ROSSI A., AMATO V., GASSE F., SINIBALDI L., RENARD M., BICKET A., DELANGHE D., DEMORY F., RENARD M. (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, p. 1225-1244.
- GIBSON J. J. (1977) – The theory of affordances, in S. R., Bransford J. (dir.), *Perceiving, acting, and knowing: Toward an ecological psychology*, Hillsdale, Lawrence Erlbaum Associates, p. 67-82.
- GLAIS A., LÓPEZ-SÁEZ J. A., LESPEZ L., DAVIDSON R. (2016) – Climate and human-environment relationships on the edge of the Tenaghi-Philippon marsh (Northern Greece) during the Neolithization process, *Quaternary International*, 403, p. 237-250.
- GLAIS A., LESPEZ L., VANNIÈRE B., LOPEZ-SAEZ J. A. (2017) – Human-shaped landscape history in NE Greece. A palaeoenvironmental perspective, *Journal of Archaeological Science: Reports*, 15, p. 405-422.
- GLAIS A., LESPEZ L., LÓPEZ-SÁEZ J. A., TSIRTSONI Z., VIRMOUX C., GHILARDI M., DAVIDSON R., MALAMIDOU, PAVLOPOULOS K. (2023) – Rapid climate changes and human dynamics during the holocene in the eastern mediterranean (Lower Strymon Valley, northern Greece), *Quaternary Science Reviews*, 313, 108130.
- GRAEBER D., WENGROW D. (2021) – *The Dawn of Everything: A New History of Humanity*, London, Allen Lane, 704 p.
- GROSSMANN R., WEINELT M., MÜLLER J. (2023) – Demographic dynamics between 5500 and 3500 cal BP (3550–1550 BCE) in selected study regions of Central Europe and the role of regional climate influences, *Plos one*, 18, 10, e0291956.
- HALLÉ F. (2014) – *La condition tropicale : une histoire naturelle, économique et sociale des basses latitudes*, Arles, Actes Sud, 576 p.
- HARAWAY D. J. (2016) – *Staying with the trouble: Making kin in the Chthulucene*, Durham and London, Duke University Press, 380 p.
- HARPER K. (2017) – *The Fate of Rome: Climate, Disease, and the End of an Empire*, Princeton, Princeton University Press, 440 p.
- HEITZ C., LAABS J., HINZ M., HAFNER A. (2021) – Collapse and resilience in prehistoric archaeology: Questioning concepts and causalities in models of climate-induced societal transformations, in *Climate Change and Ancient Societies in Europe and the Near East: Diversity in Collapse and Resilience*, Cham: Springer International Publishing, p. 127-199.
- HODELL D. A., CURTIS J. H., BRENNER M. (1995) – Possible role of climate in the collapse of Classic Maya civilization, *Nature*, 375, 6530, p. 391-394.
- HOLLING C. S. (1973) – Resilience and stability of ecological systems, *Annual review of ecology and systematics*, 4, 1, p. 1-23.
- HOYER, D., BENNETT, J. S., REDDISH, J., HOLDER, S., HOWARD, R., BENAM, M., LEVINE J., LUDLOW F., FEINMAN G., TURCHIN P. (2023) – Navigating polycrisis: long-run socio-cultural factors shape response to changing climate, *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 378, 1889, 20220402.
- HUNTINGTON, E. (1915) – *Civilization and climate*, Yale, Yale University Press, 484 p.
- IZDEBSKI A., BLOOMFIELD K., EASTWOOD W. J., FERNANDES R., FLEITMANN D., GUZOWSKI P., HALDON J., LUDLOW F., LUTERBACHER J., MANNING J. G., MASI A., MORDECHAI L., NEWFIELD T. P., STINE A. R., ŞENKUL Ç., KOPLAKI E., HEUDRE A. (2022) – L'émergence d'une histoire environnementale interdisciplinaire : une approche conjointe de l'Holocène tardif, *Annales. Histoire, Sciences Sociales*, 77, 1, p. 11-58.
- IZDEBSKI A., GUZOWSKI P., PONIAT R., MASCI L., PALLI J., VIGNOLA C., MASI A. (2022) – Palaeoecological data indicates land-use changes across Europe linked to spatial heterogeneity in mortality during the Black Death pandemic, *Nature Ecology & Evolution*, 6, 3, p. 297-306.
- IGLESIAS V., VANNIÈRE B., JOUFFROY-BAPICOT I. (2019) – Emergence and evolution of anthropogenic landscapes in the Western Mediterranean and adjacent Atlantic regions, *Fire*, 2, 4, 53.
- INGOLD T. (1992) – Culture and the perception of the environment », in E. Croll, D. Parkin (Eds.), *Bush Base, Forest Farm. Culture, Environment and Development*, Londres/ New York, Routledge, p. 39-56.
- JEVONS W. S. (1865) – *The Coal Question*, Londres, Macmillan & Co., 212 p.

- JOUANNA J., ROBIN C., ZINK M. (2018) – *Actes du colloque Vie et climat d'Hésiode à Montesquieu*, Paris, Académie des Inscriptions et Belles-Lettres (coll. Cahiers de la Villa Kérylos, 29), 457 p.
- KANIEWSKI D., VAN CAMPO E., GUIOT J., LE BUREL S., OTTO T., BAETEMAN C. (2013) – Environmental roots of the Late Bronze Age crisis, *PLoS ONE*, 8, 8, e71004.
- KANIEWSKI D., GUIOT J., VAN CAMPO E. (2015) – Drought and Societal collapse 3200 years ago in the Eastern Mediterranean: a review, *Climate Change*, 6, 4, p. 369-382.
- KANIEWSKI D., VAN CAMPO E. (2017) – The 3.2 kyr BP event and the Late Bronze Age crisis, a climate-induced spiral of decline, in H. Weiss (dir.), *Megadrought and Collapse*, Oxford, Oxford University Press, p. 161-182.
- KUZUCUOĞLU C. (2007) – Climatic and environmental trends during the third millennium BC in Upper Mesopotamia, *Publications de l'Institut français d'études anatoliennes*, 19, 1, p. 459-480.
- KUZUCUOĞLU C. (2015) – The rise and fall of the Hittite state in central Anatolia: How, when, where, did climate intervene, in Beyer D., Henry O., Tibet A. (dir.), *La Cappadoce méridionale de la Préhistoire à l'Époque Byzantine: 3<sup>e</sup> rencontres d'archéologie de IFEA*, Istanbul 8-9 novembre 2012, Istanbul, Institut français d'études anatoliennes, p. 17-41.
- LAVIGNE F., DEGEAI J.-P., KOMOROWSKI, J.-C., GUILLET S., ROBERT V., LAHITTE P., OPPENHEIMER C., STOFFEL M., VIDAL C. M., INDYO PRATOMO S., WASSMER P., HAJDAS I., SRI HADMOKO D., DE BELIZAL E. (2013) – Source of the great AD 1257 mystery eruption unveiled, Samalas volcano, Rinjani Volcanic Complex, Indonesia, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110, 42, p. 16742-16747.
- LAWRENCE D., PALMISANO A., DE GRUCHY M. W. (2021) – Collapse and continuity: A multi-proxy reconstruction of settlement organization and population trajectories in the Northern Fertile Crescent during the 4.2 kya Rapid Climate Change event, *PLoS one*, 16, 1, e0244871.
- LE ROY LADURIE E. (2013) – Du déterminisme climatique en histoire, *Bulletin de l'association de géographes français*, 90, 90-1, p. 5-11.
- LE ROY LADURIE E. (1967) – *Histoire du climat depuis l'An Mil*, Flammarion, 376 p.
- L'ESPACE GÉOGRAPHIQUE (2011) – *Les controverses de L'Espace géographique*, contributions de D. Pumain, M. Bruneau, C. Bataillon, P. Pelletier et A. Berque, *L'Espace géographique*, 40, 1, p. 76-93.
- LENG M. J., LAMB A. L., HEATON T. H., MARSHALL J. D., WOLFE B. B., JONES M. D., HOLMES J. A. ARROWSMITH C. (2006) – Isotopes in lake sediments, *Isotopes in Palaeo-environmental Research*, Netherlands, Springer, p. 147-184
- LESPEZ L. (2008) – L'évolution des paysages du Néolithique à la période ottomane dans la plaine de Philippos, in H. Koukouli-Chryssanthaki et R. Treuil (dir.), *Dikili Tash, un village préhistorique en Macédoine orientale*, vol. 1 (coll. Recherches Franco-Helléniques 6), Louvain, Peeters Publisher, 391 p. (2<sup>e</sup> ed. 2021).
- LESPEZ L., TSIRTSONI Z., LOPEZ SAEZ J.-A., LE DREZEN Y., GLAIS A., DAVIDSON R. (2014) – Beyond determinism: a local approach to nature/society interactions in the Southern Balkans at the transition from the Neolithic to the Bronze Age, in G. Arnaud-Fassetta, N. Carcaud (dir.), *French Geoarcheology in the 21st century*, Paris, Éditions du CNRS, p. 157-71.
- LESPEZ L., CAROZZA L., BERGER J.-F., KUZUCUOĞLU C., GHILARDI M., CAROZZA J.-M., VANNIÈRE B. (2016a) – Rapid climatic change and social transformations: Uncertainties, Adaptability and Resilience, in S. Thiébaud, J.-P. Moatti (dir.), *The Mediterranean region under climate change: a scientific update*, Marseille, IRD, AllEnvi, p. 35-45.
- LESPEZ L., GLAIS A., LÓPEZ-SÁEZ J.-A., LE DREZEN Y., TSIRTSONI Z., DAVIDSON R., BIRÉE L., MALAMIDOU D. (2016b) – Mid-Holocene rapid environmental changes and human adaptation in Northern Greece, *Quaternary Research*, 85, 2, p. 227-244.
- LESPEZ L., DUFOUR S. (2021) – Les hybrides, la géographie de la nature et de l'environnement, *Annales de Géographie*, 737, p. 58-85.
- LESPEZ L., GHILARDI M. (2024) – The Geoarcheology of Greece. Shaping Landscapes vs. Crises and Resilience of the Past, in R. Darques, G. Sidiropoulos, K. Kalobokidis (dir.), *The Geography of Greece. Managing Crises and Building Resilience*, World Regional Geography Book Series, Wien, Springer Nature, p. 13-29.
- LUDLOW, F., STINE, A. R., LEAHY, P., MURPHY, E., MAYEWSKI P.A., TAYLOR, D., KILLEN J., BAILLIE M. G. L., HENNESSY M., KIELY, G. (2013) – Medieval Irish chronicles reveal persistent volcanic forcing of severe winter cold events, 431–1649 CE, *Environmental Research Letters*, 8, 2, 024035.
- MCANANY P. A., YOFFEE N. (dir.) (2010) – *Questioning collapse. Human resilience, ecological vulnerability, and the aftermath of empire*, Cambridge, Cambridge University Press, 392 p.
- MARCOTT S.A., SHAKUN J.D., CLARK P.U., MIX A. C. (2013) – A reconstruction of regional and global temperature for the past 11,300 years, *Science*, 339, 6124, p. 1198-1201.
- MAGNY M. (2019) – *Aux racines de l'Anthropocène. Une crise écologique, reflet d'une crise de l'homme*, Lormont, Éditions Le bord de l'eau, 482 p.
- MAGNY, M., COMBOURIEU-NEBOUT, N., DE BEAULIEU, J. L., BOUT-ROUMAZEILLES, V., COLOMBAROLI, D., DESPRAT, S., JOANNIN S., ORTU E., PEYRON O., REVEL M., SADORI L., SIANI G., SICRE M. A., SAMARTIN S., SIMONNEAU A., TINNER W., VANNIÈRE B., WAGNER B., ZANCHETTA G., ANSELMETTI F., BRUGIAPAGLIA E., CHAPRON E., DEBRET M., DESMET M., DIDIER J., ESSALLAMI L., GALOP D., GILLI A., HAAS J. N., KALLEL N., MILLET L., STOCK A., TURON J. L., WIRTH S. (2013) – North–south palaeohydrological contrasts in the central Mediterranean during the Holocene: tentative synthesis and working hypotheses, *Climate of the Past*, 9, 5, p. 2043-2071.
- MANNING J. G., LUDLOW F., STINE A. R., BOOS W. R., SIGL M., MARLON, J. R. (2017) – Volcanic suppression of Nile summer flooding triggers revolt and constrains interstate conflict in ancient Egypt, *Nature communications*, 8, 1, 900.

- MANNING S. W., KOCIK C., LORENTZEN B., SPARKS J. P. (2023) – Severe multi-year drought coincident with Hittite collapse around 1198-1196 BC, *Nature*, 614, 7949, p. 719-724.
- MARINO G., ROHLING E. J., SANGIORGI F., HAYES A., CASFORD J. L., LOTTER A. F., KUCERA M., BRINKHUIS H. (2009) – Early and middle Holocene in the Aegean Sea: interplay between high and low latitude climate variability, *Quaternary Science Reviews*, 28, 27-28, p. 3246-3262.
- MAYEWSKI P. A., ROHLING E. E., STAGER J. C., KARLÉN W., MAASCH K. A., MEEKER L. D., MEYERSON E. A., GASSE F., VAN KREVELD S., HOLMGREN K., LEE-THORP J., ROSQVIST G., RACK F., STAUBWASSER M., SCHNEIDER R.R., STEIG I. J., LEE-THORP J. (2004) – Holocene climate variability, *Quaternary research*, 62, 3, p. 243-255.
- MIDDLETON G. D. (2012) – Nothing lasts forever: Environmental discourses on the collapse of past societies, *Journal of Archaeological Research*, 20, p. 257-307.
- MIDDLETON, G. D. (2024) – Collapse Studies in Archaeology from 2012 to 2023, *Journal of Archaeological Research*, p. 1-59.
- MONTESQUIEU (1748) – *De l'esprit des Lois*, Genève, Barillot & Fils, 522 p.
- MÜLLER J., KIRLEIS W. (2019) – The concept of socio-environmental transformations in prehistoric and archaic societies in the Holocene: An introduction to the special issue, *The Holocene*, 29, 10, p. 1517-1530.
- NOTI A., GERAGA M., LOURENS L. J., ILIOPOULOS I., VLACHOPOULOS A. G., PAPTAEODOROU G. (2024) – Imprints of Holocene aridity variability in the Aegean Sea and interconnections with north-latitude areas, *The Holocene*, 09596836241247300.
- PALMISANO A., LAWRENCE D., DE GRUCHY M. W., BEVAN A., SHENNAN S. (2021) – Holocene regional population dynamics and climatic trends in the Near East: A first comparison using archaeo-demographic proxies, *Quaternary Science Reviews*, 252, 106739.
- PEARSON C., SBONIAS K., TZACHILI I., HEATON T. J. (2023) – Olive shrub buried on Therasia supports a mid-16th century BCE date for the Thera eruption, *Scientific Reports*, 13, 1, 6994.
- PEYRON O., GORING S., DORMOY I., KOTTHOFF U., PROSS J., DE BEAULIEU, J.-L., DRESCHER-SCHNEIDER R., VANNIÈRE B., MAGNY M. (2011) – Holocene seasonality changes in central Mediterranean reconstructed from Lake Accessa and Tenaghi Philippon pollen sequences, *The Holocene*, 21, p. 131-146.
- PEYRON O., COMBOURIEU-NEBOUT N., BRAYSHAW D., GORING S., ANDRIEU-PONEL V., DESPRAT S., FLETCHER W., GAMBIN B., IOAKIM C., JOANNIN S., KOTTHOFF U., KOULI K., MONTADE V., PROSS J., SADORI L., MAGNY M. (2017) – Precipitation changes in the Mediterranean basin during the Holocene from terrestrial and marine pollen records: a model–data comparison, *Climate of the Past*, 13, 3, p. 249-265.
- ROBERTS N., EASTWOOD W. J., KUZUCUOĞLU C., FIORENTINO G., CARACUTA, V. (2011) – Climatic, vegetation and cultural change in the eastern Mediterranean during the mid-Holocene environmental transition, *The Holocene*, 21, 1, p. 147-162.
- ROHLING E., MAYEWSKI P., ABU-ZIED R., CASFORD J. S. L., HAYES A. (2002) – Holocene atmosphere-ocean interactions: records from Greenland and the Aegean Sea, *Climate Dynamics*, 18, p. 587-593.
- ROHLING E. J., MARINO G., GRANT K. M., MAYEWSKI P. A., WENINGER B. (2019) – A model for archaeologically relevant Holocene climate impacts in the Aegean-Levantine region (easternmost Mediterranean), *Quaternary Science Reviews*, 208, p. 38-53.
- ROSENZWEIG M. S., MARSTON J. M. (2018) – Archaeologies of empire and environment, *Journal of Anthropological Archaeology*, 52, p. 87-102.
- SAY J.-B. (1803) – *Traité d'économie politique, ou simple exposition de la manière dont se forment les richesses*, 422 p.
- SCOTT J. C. (2017) – *Against the grain: A deep history of the earliest states*. Yale, Yale University Press, 336 p.
- SHANAHAN T. M., MCKAY N. P., HUGHEN K. A., OVERPECK J.T., OTTO-BLIESNER B., HEIL C. W., KING J., SCHOLZ C. A., PECK J. (2015) – The time-transgressive termination of the African Humid Period, *Nature Geoscience*, 8, 2, p. 140-144.
- SEGUIN J., AVRAMIDIS P., HAUG A., KESSLER T., SCHIMMELMANN A., UNKEL I. (2020) – Reconstruction of palaeo-environmental variability based on an inter-comparison of four lacustrine archives on the Peloponnese (Greece) for the last 5000 years, *E&G Quaternary Science Journal*, 69, 2, p. 165-186.
- TAINTER J. (1988) – *The Collapse of complex societies*, Cambridge, Cambridge university press, 266 p.
- TOUCHAN R., ANCHUKAITIS K. J., SHISHOV V. V., SIVRIKAYA F., ATTIEH J., KETMEN M., STEPHAN J., MITSOPOULOS I., CHRISTOU A., MEKO, D. M. (2014) – Spatial patterns of eastern Mediterranean climate influence on tree growth, *The Holocene*, 24, 4, p. 381-392.
- TSING A. L. (2015) – *The mushroom at the end of the world: On the possibility of life in capitalist ruins*, Princeton, Princeton University Press, 352 p.
- TSING A. L., MATHEWS A. S., BUBANDT N. (2019) – Patchy Anthropocene: Landscape structure, multispecies history, and the retooling of anthropology: An introduction to supplement 20, *Current Anthropology*, 60, 20, p. 186-197.
- TSIRTSONI Z. (Ed.) (2018) – *The human face of radiocarbon: reassessing chronology in prehistoric Greece and Bulgaria, 5000-3000 cal BC*, Lyon, MOM Éditions, 518 p.
- WALKER M., HEAD M. J., BERKELHAMMER M., BJÖRCK S., CHENG H., CWYNAR L., FISHER D., GKINIS V., LONG A., LOWE J., NEWNHAM R., RASMUSSEN S. O., WEISS H. (2018) – Formal ratification of the subdivision of the Holocene Series/Epoch (Quaternary System/Period): two new Global Boundary Stratotype Sections and Points (GSSPs) and three new stages/subseries, *Journal of International Geoscience*, 41, 4, p. 213-223.
- WALSH K., BERGER J. F., ROBERTS C. N., VANNIERE B., GHILARDI M., BROWN A. G., WOODBRIDGE J., LESPEZ L., ESTRANY J., GLAIS A., PALMISANO A., FINNÉ M., VERSTRAETEN G. (2019) – Holocene demographic fluctuations, climate and erosion in the Mediterranean: A meta data-analysis, *The Holocene*, 29, 5, p. 864-885.

- WEIBERG E., BEVAN A., KOULI K., KATSIANIS M., WOODBRIDGE J., BONNIER A., ENGEL M., FINNÉ M., FYFE R., MANIATIS Y., PALMISANO A., PANAJIOTIDIS S., ROBERTS C. N., SHENNAN S. (2019) – Long-term trends of land use and demography in Greece: A comparative study, *The Holocene*, 29, 5, p. 742-760.
- WEIBERG E., BONNIER A., FINNÉ M. (2021) – Land use, climate change and “boom-bust” sequences in agricultural landscapes: Interdisciplinary perspectives from the Peloponnese (Greece), *Journal of Anthropological Archaeology*, 63, 101319.
- WEISS H., COURTY M. A., WETTERSTROM W., GUICHARD F., SENIOR L., MEADOW R., CURNOW A. (1993) – The genesis and collapse of third millennium north Mesopotamian civilization, *Science*, 261, 5124, p. 995-1004.
- WEISS H. (2017) – *Megadrought, collapse, and causality*, Oxford, Oxford University Press, 344 p.
- WINTER M. A. (2023) – Towards a Model for Sociocultural Transformation: Anthropocentric Approaches to Resilience, Collapse, and Resistance, *Journal of Ancient Near Eastern History*, <https://doi.org/10.1515/janeh-2022-0012>.
- WENINGER B., CLARE L., ROHLING E., BAR-YOSEF O., BÖHNER U., BUDJA M., LINSTÄDTER J. (2009) – The impact of rapid climate change on prehistoric societies during the Holocene in the Eastern Mediterranean, *Documenta prae-historica*, 36, p. 7-59.
- WHITE H. (1973) – *Metahistory: The Historical Imagination in Nineteenth-Century Europe*, Baltimore, Johns Hopkins University Press, 464 p.
- ZANCHETTA G., VAN WELDEN A., BANESCHI I., DRYSDALE R., SADORI L., ROBERTS N., GIARDINI M., BECK C., PASCUCCI V., SULPIZIO R. (2012) – Multiproxy record for the last 4500 years from Lake Shkodra (Albania/Montenegro), *Journal of Quaternary Science*, 27, 8, p. 780-789.

**Laurent LESPEZ**

Université de Paris-Est Créteil  
& Laboratoire de Géographie Physique (LGP)  
CNRS UMR 859  
laurent.lespez@u-pec.fr

traduction en anglais :  
**Mélanie LACAN**

