



HAL
open science

Premiers résultats de l'analyse palynologique et du signal incendie du lac d'Antre (Jura, F)

Elise Doyen, Hervé Richard, Boris Vannière, Vincent Bichet, Emilie Gauthier,
Christophe Petit

► To cite this version:

Elise Doyen, Hervé Richard, Boris Vannière, Vincent Bichet, Emilie Gauthier, et al.. Premiers résultats de l'analyse palynologique et du signal incendie du lac d'Antre (Jura, F). *Annales littéraires de l'Université de Franche-Comté*, 2013, 916, pp.187-196. hal-00926707

HAL Id: hal-00926707

<https://hal.science/hal-00926707>

Submitted on 5 Jun 2020

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.

Premiers résultats de l'analyse palynologique et du signal incendie du lac d'Antre (Jura, F)

Élise DOYEN¹, Hervé RICHARD¹, Boris VANNIÈRE¹,
Vincent BICHET¹, Émilie GAUTHIER¹, Christophe PETIT²

1. UMR 6249 CNRS/Université de Franche-Comté, Laboratoire Chrono-environnement, Besançon.
elise.doyen@univ-fcomte.fr, herve.richard@univ-fcomte.fr, boris.vanniere@univ-fcomte.fr,
vincent.bichet@univ-fcomte.fr, emilie.gauthier@univ-fcomte.fr

2. UMR 5594 « Archéologie, Cultures et Sociétés »/Université de Bourgogne, Dijon.
christophe.petit@u-bourgogne.fr

Résumé

Le site de Villards-d'Héria, situé dans le sud du Jura, est célèbre pour son sanctuaire gallo-romain qui a fait l'objet de nombreuses fouilles archéologiques. La présence d'un milieu d'enregistrement sédimentaire à haute résolution au cœur du site, le lac d'Antre, a incité la mise en place d'études paléoenvironnementales. La possibilité de confrontation de données paléoenvironnementales (pollen et signal incendie) aux données archéologiques fait tout l'intérêt de cette étude.

Ainsi, des premières traces d'anthropisation, de faible ampleur, sont détectées à l'âge du Bronze. S'ensuit une période de pression croissante de l'homme sur le milieu marquée par des défrichements durant l'âge du Fer. L'occupation gallo-romaine du sanctuaire est dans la continuité de l'occupation de l'âge du Fer. Elle est caractérisée par un impact plus important de l'homme sur l'environnement. Enfin, une nouvelle phase d'implantation de l'homme est détectée au début du Moyen Âge. La comparaison des différentes données a permis de mesurer l'impact de l'occupation du sanctuaire gallo-romain sur l'environnement et de révéler des phases d'occupation de ce secteur, non connues à ce jour par l'archéologie, antérieures et postérieures à la période d'occupation gallo-romaine.

Abstract

The site of « Villards-d'Héria » is located in the south of the Jura Mountains. It is known for its Gallo-roman sanctuary, which was widely investigated by archaeologists. The Lake Antre, located close to the site, provided the opportunity for high resolution palaeoenvironmental studies (pollen analyses and fire history) and comparison with archaeological data.

The first weak signs of human impact are detected during the Bronze Age, followed by a period of increasing human pressure distinguished by clearances during the Iron Age. The Gallo-roman sanctuary occupation is in the continuation of the Iron Age occupation. It is characterized by a strongest human impact. Finally a new anthropogenic phase was detected at the beginning of Middle Ages. The comparison of different data enables to measure the impact of the Gallo-roman sanctuary settlement on the environment. It also reveals previously unidentified anthropogenic phases, anterior and posterior of the Gallo-roman occupation period.

Zusammenfassung

Die Ausgrabungsstätte « Villards-d'Héria » liegt im südlichen Juragebirge. Sie ist für ihren galloromanischen Tempel bekannt, der intensiv archäologisch untersucht wurde. Der See Antre, der sich in der Nähe befindet, ermöglichte hoch auflösende palökologische Studien (Pollenanalysen und Erfassung von Brandereignissen) und den Vergleich dieser mit archäologischen Daten.

Die ersten noch schwachen Anzeichen menschlichen Einflusses treten in der Bronzezeit auf, gefolgt von einer Phase zunehmenden menschlichen Drucks gekennzeichnet durch verstärkte Rodungen während der Eisenzeit. Die Besiedelung des Tempels während der galloromanischen Phase schließt an die Besiedelung während der Eisenzeit an. Hier findet sich der größte menschliche Einfluss. Schließlich wurde noch eine neue anthropogene Phase zu Beginn des Mittelalters entdeckt. Der Vergleich verschiedener Daten ermöglicht es, den Einfluss der galloromanischen Besiedlung des Tempels auf die Umwelt zu messen. Außerdem wurden hierdurch zuvor unbekannte anthropogene Phasen enthüllt, welche vor und nach der galloromanischen Besiedlungszeit auftraten.

Extrait de:

A. Richard, F. Schifferdecker,
J.-P. Mazimann, C. Bélet-
Gonda (dir.). *Le peuplement
de l'Arc jurassien de
la Préhistoire au Moyen Âge.
Actes des deuxièmes journées
archéologiques frontalières
de l'Arc jurassien,
Delle (F) – Boncourt (CH),
16-18 novembre 2007.*
Besançon, Presses
Universitaires de Franche-
Comté et Porrentruy,
Office de la culture
et Société jurassienne
d'Émulation, 2013, 586 p.,
(Annales Littéraires de
l'Université de Franche-
Comté, série Environnement,
sociétés et archéologie 17 ;
Cahier d'archéologie
jurassienne 21).

Introduction

Le massif jurassien est une zone riche en milieux propices aux enregistrements sédimentaires (lacs, tourbières) permettant la réalisation d'études à haute résolution des variations de l'environnement, liées aux changements climatiques et à l'impact de l'homme. Ainsi, de nombreuses études palynologiques, réalisées dans le Jura, démontrent que cette zone fut peuplée de façon irrégulière depuis la Préhistoire (Richard 1994, Gauthier 2001). Mises à part les études réalisées sur les sites de Clairvaux et Chalais (Pétrequin *et al.* 2002, Richard 1997, Gauthier 2001), les phases d'anthropisation du massif jurassien n'ont pu être que très rarement confrontées directement à des données archéologiques, lacunaires voire absentes autour des sites d'études. L'intérêt de l'étude paléoenvironnementale du lac d'Antre est qu'il permet cette confrontation. En effet, le lac est situé au centre d'un site archéologique d'importance: le sanctuaire gallo-romain de Villards-d'Héria. Ce site est bien documenté archéologiquement: la communauté archéologique lui porte un grand intérêt depuis le XVII^e siècle, d'importantes campagnes de fouilles ont eu lieu sous la direction de Lucien Lerat de 1961 à 1982 (Lerat 1998). Une nouvelle campagne de prospection a été reprise récemment. De plus, le lac fournit un enregistrement sédimentaire permettant la réalisation de différentes études paléoenvironnementales à haute résolution: pollen et spores, étude du signal incendie et des phases de détritisme. La séquence présentée ici couvre

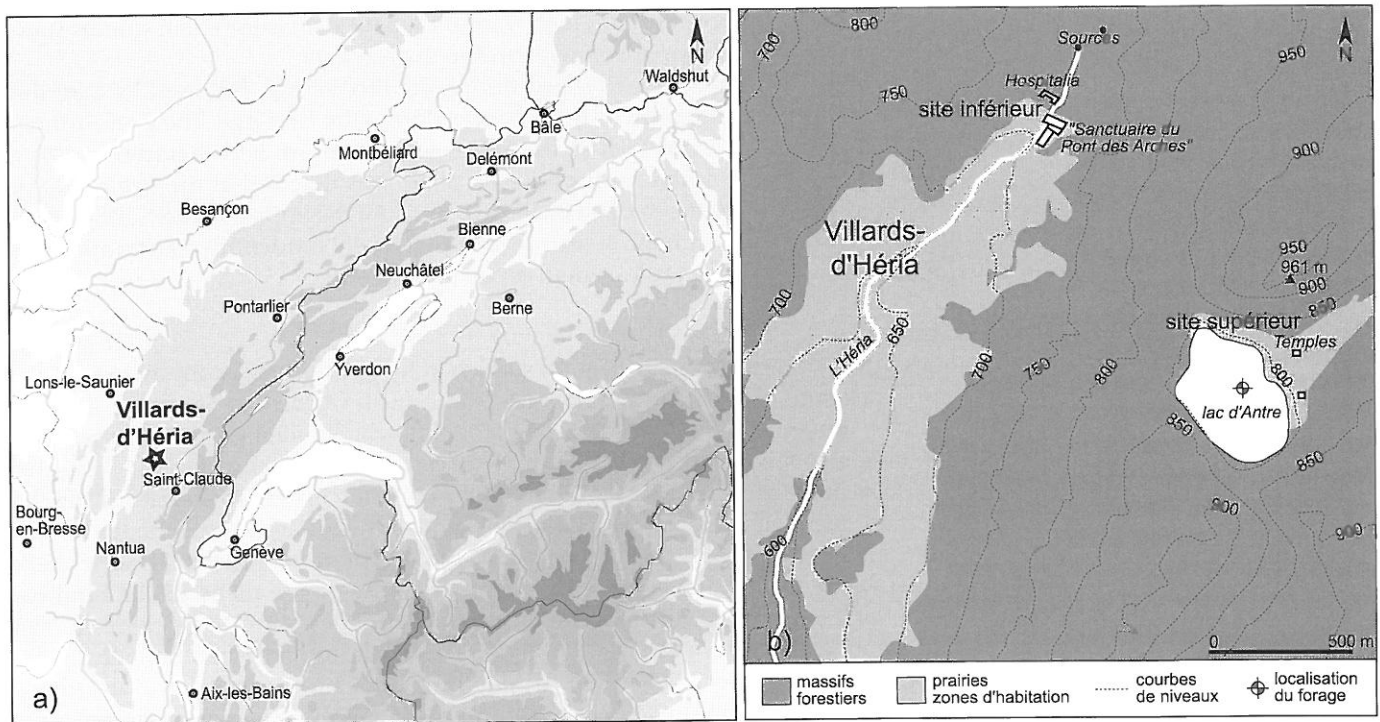
les périodes du Néolithique à nos jours; elle comprend donc la totalité de la période gallo-romaine d'occupation du site documentée par l'archéologie.

Ainsi, les objectifs de cette étude sont: [1] d'identifier et de mesurer la réaction des différentes données paléoenvironnementales pendant la période d'occupation gallo-romaine avérée du site et [2] de déceler des traces d'occupation du bassin versant du lac antérieures ou postérieures à cette occupation, encore non décelées par les études archéologiques.

1. Présentation du site

Le lac d'Antre est situé en contexte montagneux, à 798 m d'altitude, sur la bordure occidentale de la haute chaîne du Jura. Le lac est inclus dans un site gallo-romain important, l'un des lieux de culte majeur de la Séquanie romaine (Lerat 1998): le sanctuaire de Villards-d'Héria. La configuration de ce site est particulière: il s'agit d'un site bi-partite, composé de deux complexes culturels distincts séparés d'un kilomètre. Le site dit « inférieur » est situé sur les rives de l'Héria et le site « supérieur », une centaine de mètres plus haut, aux abords du lac d'Antre (fig. 1). La présence d'un hydrosystème complexe a favorisé l'implantation de ce site atypique. En effet, à l'époque gallo-romaine, l'homme a utilisé la relation hydraulique entre la perte du lac d'Antre (site supérieur) et les sources de l'Héria (site inférieur) pour alimenter en eau les lieux de culte (Nouvel *et al.* 2007).

Fig. 1. Carte de localisation du site de Villards-d'Héria au sein de l'arc jurassien (a) et implantation des vestiges archéologiques gallo-romains (b). (É. Doyen)



Le site inférieur est composé principalement par le « sanctuaire du Pont des Arches », vaste ensemble cultuel et balnéaire, occupé du I^{er} au III^e siècle ap. J.-C. (Lerat 1998, Walter *et al.* 2007). Le site supérieur comprend des vestiges de temples et des restes de murs à fonction non déterminée datant du I^{er} siècle av. J.-C. au IV^e siècle ap. J.-C. (Nouvel *et al.* 2007). Quelques objets épars datant de l'âge du Bronze ont été retrouvés au niveau des deux sites (Walter *et al.* 2007).

2. Méthodes

Prélèvement

Trois forages ont été effectués en quinconce sur le lac (fig. 1). Les carottes sédimentaires ont été prélevées depuis la surface du lac gelé à l'aide d'une sonde russe (type GIK, diamètre 8 cm, longueur 1 m).

Analyses géophysiques

Des mesures géophysiques ont d'abord été effectuées au moyen d'un banc de mesure type « logger » multiparamètres (MSCL GEOTEK). Une image de chaque carotte a été prise et plusieurs paramètres ont été mesurés comme la susceptibilité magnétique. Les variations de la susceptibilité magnétique peuvent être mises en relation avec les processus d'érosion qui affectent les sols du bassin versant du lac après des défrichements ou des mises en culture (Lageras et Sandgren 1994, Vannièr *et al.* 2003).

Les niveaux sédimentaires des trois carottes ont été corrélés à l'aide des images et des résultats de la susceptibilité magnétique. Les tronçons sans discontinuité et les mieux préservés ont été sélectionnés pour former la « séquence maîtresse » (*master core*).

Traitement chimique

L'analyse complète de la séquence de 8 m de longueur est en cours. La partie présentée ici se situe entre 258 cm et 765 cm de profondeur. Des prélèvements de 1 cm³ de sédiment ont été effectués sur la *master core* tous les 8 cm (66 échantillons au total) pour les analyses polliniques et les analyses des micro-charbons de bois.

Les échantillons ont subi un traitement chimique permettant d'extraire des sédiments à la fois les grains de pollen et les particules de charbons. Le traitement chimique de base de la méthodologie palynologique (Faegri et Iversen 1989) a été adapté afin d'extraire également en quantité et qualité suffisantes les particules de charbon de bois. Le protocole a consisté en une succession de traitements acides/bases : HCl, HF, NaOH, acétolyse séparés par des centrifugations et rinçages. Des spores exotiques (des

lycopodes) ont été ajoutées à la préparation de chaque échantillon afin de calculer la concentration absolue en grains de pollen et en micro-charbons de bois (Stockmaar 1971).

Microcharbons

Les culots obtenus après traitement chimique ont été analysés à l'aide d'un microscope en lumière transmise et en lumière réfléchie. En lumière transmise, les microcharbons se distinguent par leurs couleurs noires opaques et leurs contours anguleux (Clark 1988), en lumière réfléchie, leur capacité à renvoyer la lumière permet de ne pas les confondre avec de la matière organique noire opaque (Vannièr 2001). Pour chaque échantillon, la somme de particules de charbon et de lycopodes dénombrées doit être comprise entre 200 et 300 (Finsinger et Tinner 2005) afin que la donnée du signal incendie soit significative.

Le signal incendie a été reconstitué en calculant l'influx sédimentaire en particules de charbon de bois. L'influx représente le nombre de particules de charbon déposées sur une surface par an (en nb/cm²/an¹). Les phases d'augmentation traduisent une recrudescence des événements de feu ou une augmentation de leur ampleur et intensité (Whitlock and Larsen 2001, Tinner *et al.* 1998). La reconstitution du signal incendie permet de mettre en évidence les phases d'impact de l'homme sur son environnement, lorsqu'il utilise le feu pour défricher, entretenir des pâtures, brûler du bois nécessaire à des activités métallurgiques (Sadori *et al.* 2004, Valsecchi *et al.* 2006).

Palynologie

Une moyenne de 500 grains de pollen par échantillon a été comptabilisée en lumière transmise. L'identification des grains de pollen a été réalisée à l'aide de documents photographiques (Reille 1992), de clefs de détermination (Beug 2004) et de la collection de référence du laboratoire Chrono-environnement.

Les résultats ont été représentés par un diagramme d'anthropisation simplifié (Berglund et Ralska-Jasiewiczowa 1986, Gauthier 2002) exprimés en pourcentages (les spores et les espèces de plantes aquatiques ont été exclues de la somme pollinique totale). Dans ce diagramme ont été mentionnés les principaux taxons arboréens et certaines herbacées telles les poacées, les céréales (*Cerealia*-type et *Secale*-type) et les indices polliniques d'anthropisation (IPA) (*Plantago lanceolata*, *Plantago major/ media*, *Rumex acetosa/acetosella*, *Artemisia*, *Papaver*, *Chenopodiaceae* et *Urticaceae*) (Behre 1981, 1988). Pour ce site, les IPA sont composés principalement des plantes rudérales poussant dans les milieux perturbés et régulièrement fréquentés par l'homme : aux abords des

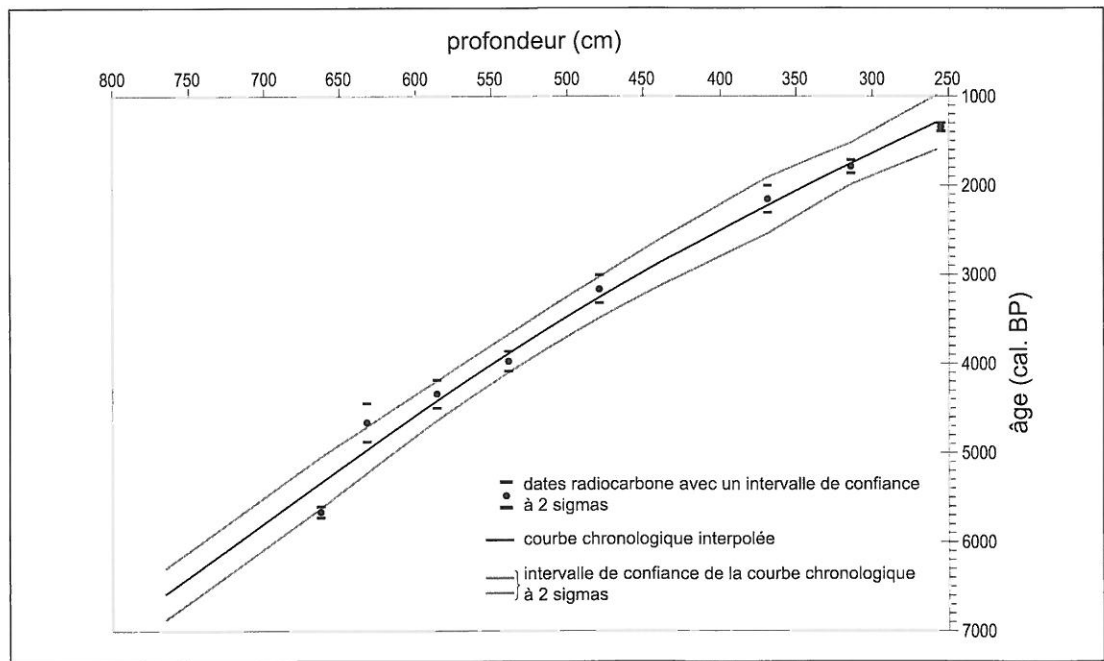


Fig. 2. Modèle âge/profondeur construit d'après les dates C14 (tabl. 1) selon la méthode de « generalized mixed-effect regression ». (Heegard *et al.* 2005)

Profondeur (cm)	Lab.n°.	Âge C ¹⁴ BP	Âge cal BP (2σ)	Âge cal. BC/AD (2σ)
254-256	Poz-20748	1455 +/- 30	1301-1392	558-649 cal. AD
313-315	Poz-24686	1850 +/- 30	1715-1865	85-235 cal. AD
368-370	Poz-24687	2145 +/- 35	2003-2305	355-53 cal. BC
478-480	Poz-24688	2980 +/- 35	3007-3322	1372-1057 cal. BC
536-542	Poz-20751	3640 +/- 35	3860-4083	2133-1910 cal. BC
585-587	Poz-24690	3910 +/- 40	4233-4439	2489-2283 cal. BC
632-633	Poz-13490	4190 +/- 80	4515-4875	2925-2565 cal. BC
662-664	Poz-24691	4940 +/- 30	5603-5726	3776-3653 cal. BC

Tableau 1. Datations radiocarbones de la séquence du lac d'Antre. (É. Doyen)

habitats, des remblais, des friches, des dépotoirs, des lieux piétinés par les hommes ou les animaux: chemins, enclos... (Brun 2007) et des plantes associées aux pâtures et prairies.

Datations

Huit datations AMS radiocarbones ont été effectuées au laboratoire de Poznan (Pologne). La chronologie obtenue est robuste et fiable: tous les échantillons contenaient une quantité de carbone suffisante et les dates obtenues offrent un intervalle de confiance moyen de +/- 40 B.P. (tabl. 1). À partir des datations radiocarbones calibrées à l'aide du logiciel Calib 5.1 et de la courbe de calibration InterCal04 (Reimer *et al.* 2004), le modèle âge/profondeur a été construit (fig. 2). Il a été réalisé selon la méthode de « generalized mixed-effect regression » proposée par Heegaard *et al.* (2005). Il montre que le remplissage du lac s'est fait de manière continue et constante dans le temps à un taux de sédimentation moyen de 1 mm/an (soit environ

10 ans/cm). Ainsi, la séquence sédimentaire de 258 cm à 765 cm couvre 5000 ans d'enregistrement. Le pas d'échantillonnage étant de 8 cm, la résolution d'acquisition des données est donc en moyenne d'un échantillon tous les 80 ans.

3. Évolution de l'impact de l'homme sur son environnement (fig. 3)

La phase 1 s'étend du Néolithique ancien à la première moitié de l'âge du Bronze ancien. Dans le spectre pollinique, la représentation des pollens arboréens (AP) atteint 95 %. La forêt domine donc très largement le paysage à cette époque. L'influx sédimentaire en micro-charbons présente de faibles fluctuations et des valeurs relativement basses. Le signal incendie peut être assimilé à un bruit de fond (environ 1000 particules/cm²/an). Les particules carbonisées dénombrées proviennent essentiellement d'apports lointains.

Durant cette phase, les données ne mettent pas en évidence de signe d'anthropisation, le milieu n'a donc pas été perturbé par l'homme; s'il l'a été, c'est à petite échelle, sans conséquence visible sur la densité du couvert végétal perçu à travers l'analyse pollinique. Des ouvertures limitées du milieu ont pu être provoquées lors du passage de l'homme, mais la forte densité de la forêt fait écran et ne permet pas, si l'on ne se situe pas à proximité, de percevoir les indices témoignant de son passage (Blackford 2000). Ces résultats vont dans le sens des données archéologiques connues pour cette période dans la région. Au Néolithique, la population semble se concentrer autour des lacs de la Combe d'Ain: Clairvaux et Chalain (Pétrequin *et al.* 2002). Aucune occupation humaine du deuxième plateau du Jura datant de cette époque n'a été découverte; par contre, quelques analyses polliniques mettent en évidence le passage de petits groupes d'agriculteurs à ces altitudes pour les périodes les plus anciennes du Néolithique (Richard 1994).

Les premières fluctuations notables des indices paléoenvironnementaux, qui indiquent une anthropisation du milieu, s'observent dans la phase 2 couvrant la deuxième moitié de l'âge du Bronze ancien jusqu'au début du Bronze final.

Ces fluctuations sont marquées par un léger recul des taxons arboréens dont la représentation oscille entre 90 et 95 %. Elles sont dues à trois hausses des pourcentages des plantes associées à la présence de l'homme et à l'ouverture du milieu (poacées et IPA). La première hausse a lieu à l'âge du Bronze ancien et correspond parallèlement à une hausse de l'influx en microcharbons de bois. Ces augmentations peuvent être associées à des défrichements à l'aide du feu, qui est un bon moyen d'investissement d'un milieu très forestier (Sadori *et al.* 2004). Les deux hausses suivantes des poacées et IPA ont lieu à la fin du Bronze moyen et au début du Bronze final. Les premiers grains de pollen de céréales font leur apparition au début du Bronze final. Il semble donc que c'est à cette époque que l'homme a commencé à cultiver aux alentours du lac.

Même si le milieu reste à nette domination forestière, une présence de l'homme est détectée de manière discontinue durant l'âge du Bronze aux alentours du lac. En effet, dans un rayon de 25 km autour de la zone de forage du lac d'Antre, l'occupation humaine augmente fortement à partir du Bronze ancien (Martineau *et al.* 2007). Au niveau du site même de Villards-d'Héria, l'occupation du lieu à l'âge du Bronze est suspectée en se fondant sur les quelques indices archéologiques découverts (Walter *et al.* 2007). Une présence humaine aux alentours du site est donc mise en évidence au cours de

l'âge du Bronze, tant au niveau archéologique qu'environnemental.

La phase 3 couvre les deux derniers tiers du Bronze final, une date réalisée entre 478 et 480 cm (1372-1057 av. J.-C.) situant le début du Bronze final. Durant cette phase, la présence de l'homme persiste mais est de faible ampleur. La forêt continue de dominer largement; cependant, une présence discrète d'IPA et de grains de pollen de céréales est toujours perceptible. Le signal incendie ne présente pas de hausse de grande ampleur de ces valeurs. Plusieurs analyses polliniques réalisées dans le massif du Jura montrent qu'une période d'assez forte emprise de l'homme sur l'environnement a lieu durant l'âge du Bronze final (Gauthier 2001, Richard et Gauthier 2007). Ce n'est apparemment pas le cas pour le lac d'Antre: de petites augmentations de l'emprise de l'homme sur le milieu ont lieu à plusieurs reprises durant l'âge du Bronze, mais il n'y a eu aucune augmentation de forte ampleur pendant l'âge du Bronze final.

La phase 4 correspond à l'âge du Fer, une datation située entre 368 et 370 cm (355-53 av. J.-C.) marque la fin de l'âge du Fer. Pendant cette phase, la pression de l'homme sur l'environnement devient plus importante. Les variations des pourcentages du hêtre et du sapin, dominant le couvert forestier, permettent de mettre en évidence plusieurs défrichements. L'augmentation de l'emprise de l'homme sur le couvert végétal démarre dès le Premier âge du Fer. Un important défrichement a lieu, marqué par une chute très nette du taux de hêtre (baisse de 20 %), une plus légère baisse du taux de sapin et parallèlement par un pic de hausse de l'influx en particules de charbon. L'homme a utilisé le feu pour défricher la forêt afin de pouvoir aménager son territoire. Ce défrichement a plusieurs conséquences: il s'accompagne d'une baisse des pourcentages des arbres se trouvant dans la zone humide proche du lac (aulne), d'une augmentation du noisetier qui, favorisé par les ouvertures du milieu, pollinise davantage (Bégeot 1998) et d'une augmentation du pourcentage d'herbacées (NAP) qui atteint plus de 10 %. Les herbacées sont en grande partie composées de plantes associées aux ouvertures de milieu (poacées), à l'anthropisation (IPA) et à la mise en culture (céréales). Cette période est aussi marquée par une hausse des valeurs de susceptibilité magnétique. L'érosion des sols est favorisée par les défrichements et l'installation des prairies et cultures. À la suite de ces défrichements, les valeurs du hêtre augmentent et atteignent à nouveau 40 %. Cette régénération qui a lieu au VII^e siècle av. J.-C. n'est que de courte durée (environ 80 ans). Peu après, s'ensuit une période marquée par un nouveau défrichement du hêtre, profitant au sapin qui se développe (hausse de 15 %).

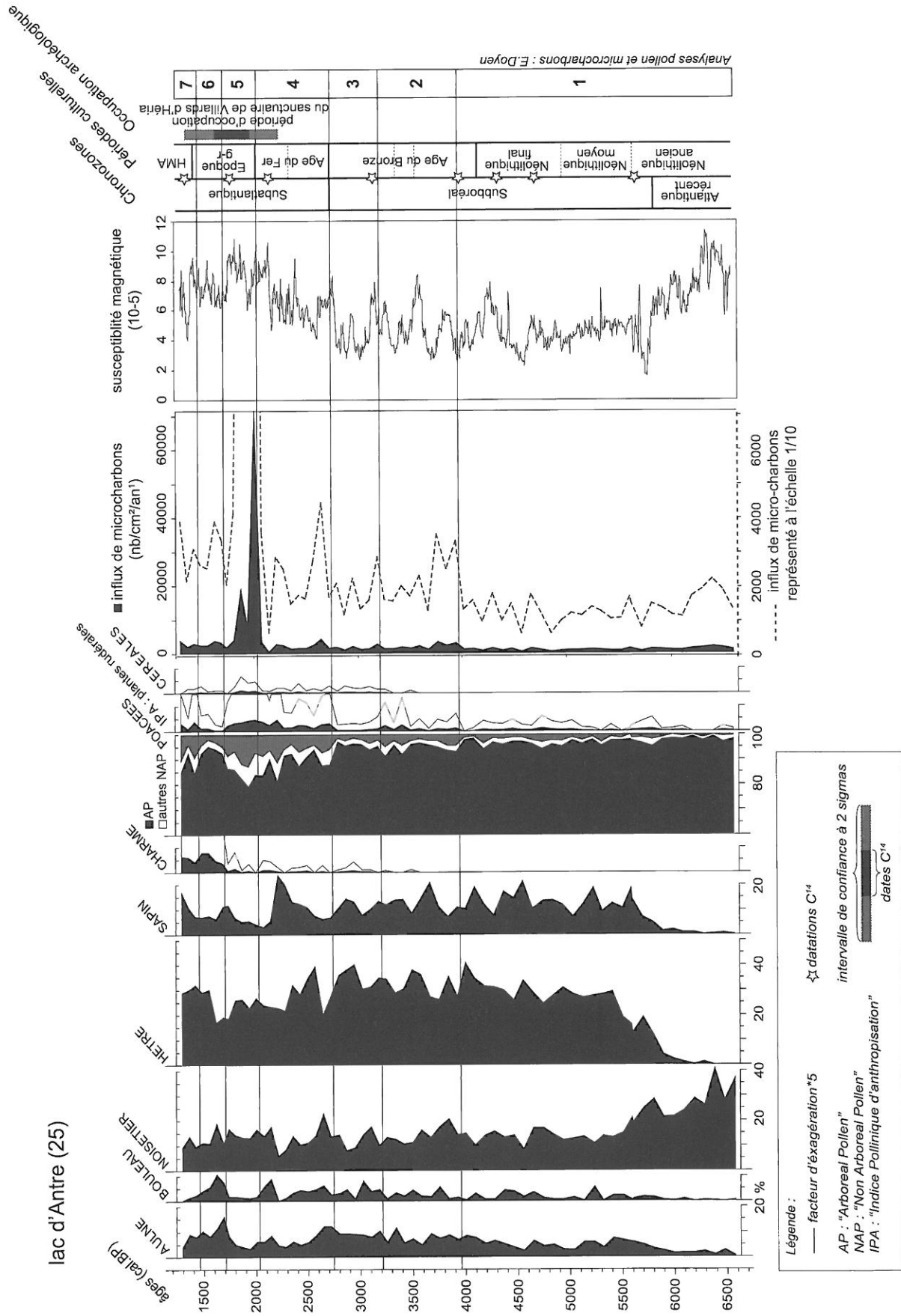


Fig. 3. Synthèse des données palynologiques, d'influx de microcharbons et de susceptibilité magnétiques exprimées en fonction des âges et comparées aux périodes culturelles. Résultats préliminaires. (É. Doyen)

Les défrichements se poursuivent pendant le Deuxième âge du Fer, les pourcentages du sapin chutent très nettement au III^e siècle av. J.-C. (baisse de plus de 15 %). Ce défrichement s'accompagne d'une hausse de la représentation des taxons colonisateur tels l'aulne et le bouleau et par un développement du noisetier en lisière des massifs forestiers. La représentation des herbacées augmente et atteint plus de 15 %.

Le Premier âge du Fer est donc caractérisé par une emprise fluctuante de l'homme sur le milieu. Des défrichements du hêtre ont lieu, ils sont suivis de régénération; les pourcentages d'herbacées sont variables. Durant le Deuxième âge du Fer, la pression anthropique s'intensifie encore: après l'important défrichement du sapin, les valeurs des deux arbres qui composent la majeure partie du couvert forestier (sapin et hêtre) restent basses et la représentation des herbacées augmente.

Des études précédentes réalisées dans le Haut-Jura montrent que l'âge du Fer est considéré comme une phase d'emprise irrégulière et de faible ampleur. Le Hallstatt est une phase de déprise, tandis qu'à la Tène une augmentation progressive de l'anthropisation est enregistrée (Gauthier 2001, Richard et Gauthier 2007). Les résultats pour cette époque vont dans le sens des données climatiques, le Premier âge du Fer étant caractérisé par une phase de transgression du niveau des lacs, durant laquelle le climat se dégrade (Van Geel et Magny 2000). Ces sites étant situés dans le Haut-Jura à des altitudes assez élevée, les péjorations climatiques se font d'autant plus ressentir. Cependant, pour certains autres sites du Jura, l'emprise anthropique est perçue depuis le Hallstatt. Ils sont situés dans la vallée de l'Ain (Clairvaux, Chalain) ou proches de ressources (sources salées) (Gauthier 2001, Richard et Gauthier 2007). Ainsi, il semble qu'à cette époque, les hommes désertent les zones les plus isolées pour se regrouper vers des lieux plus attractifs, proches d'axes de communication ou de ressources exploitables. Le site de Villards-d'Héria est, quant à lui, localisé à proximité de la vallée de l'Ain et connecté hydrologiquement à celle-ci: les eaux de l'Héria se jetant dans un de ses affluents (la Bienne). La présence, à l'âge du Fer, de nombreux vestiges archéologiques dans la vallée alluviale de l'Ain témoigne d'une importante occupation de l'homme (Rothé 2001). Ces particularités géographiques et démographiques peuvent expliquer la fréquentation du site de Villards-d'Héria dès le début de l'âge du Fer, contrairement à d'autres sites jurassiens étudiés.

La phase 5 couvre la première moitié de l'époque gallo-romaine. Le début de l'époque gallo-romaine est marqué par une très forte

hausse de l'influx en microcharbons (niveau à 344 cm: 70 000 particules/cm²/an). Ce pic de microcharbon est lié à un feu de forte intensité ou à une répétition de plusieurs événements de feu qui ont eu lieu à proximité du lac. Ces événements de feu sont associés à une augmentation de la représentation des plantes liées à l'ouverture du milieu (poacées), aux lieux fréquentés par l'homme (plantes rudérales) et à la mise en culture (céréales). Toutes ces plantes associées à l'impact anthropique composent plus des deux tiers du pourcentage des NAP qui atteint 20 %. Le bouleau et l'aulne, qui s'étaient développés suite au dernier défrichement de l'âge du Fer, sont affectés: leurs pourcentages diminuent. À l'aide du feu, l'homme a amplifié son emprise autour du lac. Cette augmentation de l'emprise de l'homme a justement lieu au moment de l'installation gallo-romaine et de la construction des bâtiments du sanctuaire, c'est-à-dire aux alentours du I^{er} siècle av. J.-C., d'après les données archéologiques (Lerat 1998). La phase de continuité de présence des indices d'anthropisation concorde avec la période d'occupation du sanctuaire qui, d'après les données archéologiques s'étend du I^{er} au III^e siècle ap. J.-C. (Lerat 1998, Walter *et al.* 2007). Durant l'époque gallo-romaine, pour la quasi-totalité des études polliniques effectuées dans le Jura, une augmentation de l'emprise de l'homme est aussi perçue (Gauthier 2001).

La phase 6 correspond à une période de déprise marquée par une chute des IPA et de l'influx de particules de charbon. Cette plus faible pression anthropique se caractérise par une diminution des valeurs de la susceptibilité magnétique, alors que le retour d'un couvert boisé entraîne une baisse des apports détritiques dans le lac. Les taxons arboréens se développent à nouveau (AP atteint 95 %). Les pourcentages d'aulne réaugmentent, marquant une nouvelle colonisation des zones humides les plus basses. D'autre part, le bouleau, espèce pionnière, recolonise les zones défrichées. Cette déprise profite aussi au charme, qui jusqu'alors était faiblement représenté dans les massifs forestiers proches. Ce développement du charme marque, dans la plupart des sites étudiés dans le Jura, la transition entre l'époque gallo-romaine et le haut Moyen Âge (Gauthier 2002).

Cette déprise, mise en évidence par les études paléoenvironnementales, débute au III^e siècle ap. J.-C., elle correspond à la date d'abandon du sanctuaire définie par les études archéologiques (Lerat 1998); elle va perdurer jusqu'au V^e siècle. La date d'abandon du sanctuaire est contemporaine d'une phase d'insécurité dans la région (Walter *et al.* 2007) sûrement causée par les invasions qui ont touché l'arc jurassien entre le III^e et le V^e siècle. Beaucoup d'études

polliniques, réalisées dans la région, mettent également en évidence cette déprise au cours du III^e siècle (Gauthier et Richard 2004).

La dernière phase de la séquence étudiée (7) suggère le début d'une nouvelle emprise de l'homme. Les valeurs des poacées et des IPA augmentent à nouveau, bien que l'environnement reste encore à dominante très forestière. Parallèlement, les valeurs de la susceptibilité magnétique augmentent: l'ouverture du milieu favorise à nouveau le détritisme sur le bassin versant du lac. Une nouvelle phase d'anthropisation, non documentée par l'archéologie, se met donc en place, au début du Moyen Âge (à partir du V^e siècle ap. J.-C.), autour de Villards-d'Héria. Cette phase apparaît plus tôt que dans la plupart des analyses polliniques effectuées dans la région, pour lesquelles la période d'emprise démarre vers la fin du VI^e siècle (Gauthier et Richard 2004). L'étude de la partie supérieure de la séquence permettra d'aborder l'emprise de l'homme sur son environnement pendant le Moyen Âge et la période moderne.

Conclusion

Ce travail livre les premiers résultats d'approches paléoenvironnementales croisées qui permettent de suivre l'impact de l'homme dans cette région pendant environ cinq millénaires.

Cette étude a donc permis, grâce à la présence dans une même zone géographique d'une archive sédimentaire et d'une installation antique ayant fait l'objet de nombreuses fouilles et d'études archéologiques détaillées:

[1] de caractériser et quantifier la « réponse » de l'enregistrement palynologique et du signal incendie répondant à des paramètres anthropiques, climatiques et topographiques connus;

[2] de savoir que l'homme occupait les alentours du lac d'Antre à des époques antérieures et postérieures à l'occupation gallo-romaine du sanctuaire de Villards-d'Héria. Les plus anciennes traces d'anthropisation datent de l'âge du Bronze. L'importance des indices perçus pour cette époque reste de faible ampleur, mais leur présence permet d'affirmer que l'homme a occupé les environs du site étudié. Cette occupation était soupçonnée par les archéologues du fait de découvertes sporadiques d'objets datant de cette époque. Pendant l'âge du Fer, l'homme prend possession des lieux dès le Hallstatt en défrichant à plusieurs reprises les environs du lac. Il conforte sa présence durant La Tène en défrichant à nouveau et en s'imposant davantage dans l'environnement. Cette présence de l'homme sur le site de Villards-d'Héria à l'âge du Fer n'a pas été détectée par l'archéologie jusqu'à présent. Pourtant, d'après les données paléoenvironnementales, l'installation et l'occupation du sanctuaire de Villards-d'Héria se sont faites dans la continuité de l'occupation de l'âge du Fer. Enfin, il apparaît que l'homme continue à fréquenter les abords du lac d'Antre après l'époque gallo-romaine. À partir du haut Moyen Âge, vers le V^e siècle, une nouvelle phase d'emprise anthropique semble se mettre en place.

Bibliographie

- Bégeot 2002** : BÉGEOT (C.). Le comportement pollinique du noisetier (*Corylus avellana*), son rôle comme indicateur d'impacts anthropiques? L'exemple d'un transect dans le sud du Jura. *Acta botanica Gallica*, 145 (4), 1998, p. 271-277.
- Behre 1981** : BEHRE (K.E.). The interpretation of anthropogenic indicators in pollen diagrams. *Pollen et Spores*, 23, 1981, p. 225-245.
- Behre 1988** : BEHRE (K.E.). The role of man in European vegetation history. In: Huntley (B.) et Webb (T.) (éd.). *Vegetation History*. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 1988, p. 633-672.
- Berglund et Ralska-Jasiewiczowa 1986** : BERGLUND (B.E.) et RALSKA-JASIEWICZOWA (M.). Pollen analysis and pollen diagrams. In: Berglund (B.E.) (éd.), *Handbook of Holocene Palaeoecology and Palaeohydrology*. Chichester, J. Wiley and Sons, 1986, p. 455-484.
- Beug 2004** : BEUG (H.J.). *Leitfaden der Pollenbestimmung für Mitteleuropa und angrenzende Gebiete*. München (D), Pfeil, 2004, 542 p.
- Blackford 2000** : BLACKFORD (J.J.). Charcoal fragments in surface samples following a fire and the implications for interpretation of subfossil charcoal data. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 164, 2000, p. 33-42.
- Brun 2007** : BRUN (C.). *Archéophytes et néophytes. Pour une nouvelle détermination des marqueurs polliniques de l'anthropisation. Le cas des milieux cultivés et rudéraux de Franche-Comté*. Thèse, Sciences de la Vie et de l'Environnement. Besançon, Université de Franche Comté, 2007, 431 p.
- Clark 1988** : CLARK (J.S.). Particle motion and the theory of charcoal analysis: source area, transport, deposition, and sampling. *Quaternary Research*, 30, 1988, p. 67-80.
- Faegri et Iversen 1989** : FAEGRI (K.) et IVERSEN (J.). *Textbook of pollen analysis*. In: Faegri (K.) et al. (éd.). Chichester, J. Wiley and Sons, 1989, 328 p.
- Finsinger et Tinner 2005** : FINSINGER (W.) et TINNER (W.). Minimum count sums for charcoal-concentration estimates in pollen slides: accuracy and potential errors. *The Holocene*, 15, 2, 2005, p. 293-297.
- Gauthier 2001** : GAUTHIER (É.). *Évolution de l'impact de l'homme sur la végétation du massif jurassien au cours des quatre derniers millénaires. Nouvelles données palynologiques*. Thèse, Archéologie et Préhistoire. Besançon, Université de Franche Comté, 2001, 250 p.
- Gauthier 2002** : GAUTHIER (É.). Évolution des activités agropastorales du haut Jura (France) au cours des trois derniers millénaires. *Quaternaire*, 13, (2), 2002, p. 137-147.
- Gauthier et Richard 2004** : GAUTHIER (É.), RICHARD (H.). La forêt jurassienne au cours des deux derniers millénaires à la lumière de quelques diagrammes polliniques. In: Dupouey (J.-L.) et al. (coord.). *La mémoire des forêts, Actes du colloque « Forêt, archéologie et environnement »*, Nancy, décembre 2004. Coédition de l'Office national des forêts, de l'Institut national de la recherche agronomique et de la Direction régionale des affaires culturelles de Lorraine, 2004, p. 57-67.
- Heegaard et al. 2005** : HEEGAARD (E.), BIRKS (H.J.B.), TELFORD (R.J.). Relationships between calibrated ages and depth in stratigraphical sequences: an estimation procedure by mixed-effect regression. *The Holocene*, 15, (4), 2005, p. 612 - 618.
- Lageras et Sandgren 1994** : LAGERAS (P.) et SANDGREN (P.). The Use of Mineral Magnetic Analyses in Identifying Middle and Late Holocene Agriculture: a Study of Peat Profiles in Smaland, Southern Sweden. *J. Archaeological Science*. 21, 1994, p 687-697.
- Lerat 1998** : LERAT (L.). *Les Villards-d'Héria (Jura), Recherches archéologiques dirigées par l'auteur de 1982 sur le site gallo-romain du « Pont des Arches »*, Paris, Les Belles Lettres, 1998, 2 vol.: 246 p. (Annales Littéraires de l'Université de Franche-Comté 677).
- Martineau et al. 2007** : MARTINEAU (R.), VANNIÈRE (B.) et GABILLOT (M.). *Territoires, environnement et pratiques agricoles au Néolithique final. Approche systématique des espaces agraires et des variations démographiques durant le III^e millénaire B.C., du Jura suisse au Centre de la France*. Action concertée incitative jeunes chercheurs 2005-2007, Dijon, 639 p.
- Nouvel et al. 2007** : NOUVEL (P.), LUGINBUHL (T.) et BICHET (V.). *Étude intégrée d'un complexe religieux gallo-romain. Villards-d'Héria (Jura)*. Archéologie, architecture, territoire et environnement. Rapport d'activités 2007. Besançon, 207 p.
- Pétrequin et al. 2002** : PÉTREQUIN (P.), ARBOGAST (R.-M.), BOURQUIN-MIGNOT (C.), DUPLAIX (A.), MARTINEAU (R.), PÉTREQUIN (A.-M.), VIELLET (A.). Le mythe de la stabilité: déséquilibre et réajustements d'une communauté agricole néolithique dans le Jura français, du 32^e au 30^e siècle av. J.-C. In: Richard (H.) et Vignot (A.) (dir.). *Équilibres et ruptures dans les écosystèmes depuis 20 000 ans en Europe de l'Ouest*, Besançon, septembre 2000. Besançon, Presses Universitaires

- de Franche-Comté, 2002, p. 175-190. (Annales Littéraires de l' Université de Franche-Comté, 730; série Environnement, sociétés et archéologie, 3).
- Reimer et al. 2004** : REIMER (P.J.), BAILLIE (M.G.L.), BARD (E.), BAYLISS (A.), BECK (J.W.), BERTRAND (C.J.H.), BLACKWELL (P.G.), BUCK (C.E.), BURR (G.S.), CUTLER (K.B.), DAMON (P.E.), EDWARDS (R.L.), FAIRBANKS (R.G.), FRIEDRICH (M.), GUILDSON (T.P.), HOGG (A.G.), HUGHEN (K.A.), KROMER (B.), McCORMAC (G.), MANNING (S.), RAMSEY (C.B.), REIMER (R.W.), REMMELE (S.), SOUTHON (J.R.), STUIVER (M.), TALAMO (S.), TAYLOR (F.W.), VAN DER PLICHT (J.), WEYHENMEYER (C.E.). *IntCal04 terrestrial radiocarbon age calibration, 0-26 cal Kyr BP. Radiocarbon*, 46, p. 1029-1058.
- Reille 1992** : REILLE (M.). *Pollen et spores d'Europe et d'Afrique du Nord*. Marseille, Laboratoire de Botanique Historique et Palynologie (éd), 1992, 519 p.
- Richard 1994** : RICHARD (H.). Indices polliniques d'une néolithisation précoce sur le premier plateau du Jura. *C. R. Acad. Sci. Paris*, 318, série 2, 1994, p. 993-999.
- Richard 1997** : RICHARD (H.). Analyse pollinique d'un sondage de 7m50. In: Pétrequin (P.) (éd.). *Les sites littoraux néolithiques de Clairvaux et de Chalain (Jura)*, Paris, Maison des Sciences de l'Homme, tome III (vol.1), 1997, p. 101-112.
- Richard et Gauthier 2007** : RICHARD (H.), GAUTHIER (É.). Bilan des données polliniques concernant l'âge du Bronze dans le Jura et le Nord des Alpes. In: Richard (H.) et al. (dir.). *Environnements et cultures à l'âge du Bronze en Europe occidentale, Besançon, 2004*. Paris, édition du Comité des Travaux Historiques et scientifiques, 2007, p. 71-87.
- Rothé 2001** : ROTHÉ (M.-P.). *Le Jura: 39*. Paris, Académie des inscriptions et Belles-Lettres, Maison des sciences de l'homme, 2001, 840 p. (Carte archéologique de la Gaule 39).
- Sadori et al. 2004** : SADORI (L.), GIRAUDI (C.), PETITTI (P.), RAMRATH (A.). Human impact at Lago di Mezzano (central Italy) during the Bronze Age: a multidisciplinary approach. *Quaternary International*, 113, 2004, p. 5-17.
- Stockmarr 1971** : STOCKMAAR (J.). Tablets with spores used in absolute pollen analysis. *Pollen et spores*, 13, 1971, p. 615-621.
- Tinner et al. 1998** : TINNER (W.), CONEDARA (M.), AMMANN (B.), GAGGELER (H.W.), GEDYE (S.), JONES (R.), et SAGESSER (B.). Pollen and charcoal in lake sediments compared with historically documented forest fire in southern Switzerland since AD 1920. *The Holocene*, 8 (1), 1998, p. 31-42.
- Valsecchi et al. 2006** : VALSECCHI (V.), TINNER (W.), FINSINGER (W.), AMMANN (B.). Human impact during the Bronze Age on the vegetation at Lago Lucone (northern Italy). *Vegetation history and Archaeobotany*, 15, 2006, p. 99-113.
- Van Geel et Magny 2002** : VAN GEEL (B.) et MAGNY (M.). Mise en évidence d'un forçage solaire du climat à partir de données paléoécologiques et archéologiques: la transition Subboréal-Subatlantique. In: Richard (H.) et Vignot (A.) (dir.). *Équilibres et ruptures dans les écosystèmes depuis 20 000 ans en Europe de l'Ouest, Besançon, septembre 2000*. Besançon, Presses Universitaires de Franche-Comté, 2002, p. 107-122. (Annales Littéraires de l' Université de Franche-Comté, 730 ; série Environnement, sociétés et archéologie, 3).
- Vannière 2001** : VANNIÈRE (B.). *Feu, agro-pastoralisme et dynamiques environnementales en France durant l'Holocène. Analyse du signal incendie, approches sédimentologiques et étude de cas en Berry, Pyrénées et Franche-Comté*. Thèse de Doctorat. Paris-Grignon, Institut National Agronomique, 2001, 329 p.
- Vannière et al. 2003** : VANNIÈRE (B.), BOSSUET (G.), WALTER-SIMONET (A.-V.), GAUTHIER (É.), BARRAL (P.), PETIT (C.), BUATIER (M.), DAUBIGNEY (A.). Land use change, soil erosion and alluvial dynamic in the lower Doubs Valley over the 1st millennium AD (Neublans, Jura, France). *Journal of Archaeological Science*, 30, 2003, p. 1283-1299.
- Walter et al. 2007** : WALTER (H.), OLIVIER (A.) et al. Au « Pont des Arches », les vestiges du site « inférieur ». In: Lambert (M.-J.) (coord.). *Villards-d'Héria un sanctuaire gallo-romain*. Lons-le-Saunier, Centre Jurassien du Patrimoine, 2007, p. 21-37. (Franche-Comté. Itinéraires jurassiens).
- Whitlock et Larsen 2001** : WHITLOCK (C.) et LARSEN (C.). Charcoal as a fire proxy. In: Smol (J.P.) et al. (éd.), *Tracking Environment Change Using Lake Sediments. Terrestrial, Algal, and Siliceous Indicators*. Dordrecht, The Netherlands, Kluwer Academic Publishers, 2001, p. 75-97.