APPORT DES ÉTUDES DENDROCHRONOLOGIQUES À LA CONNAISSANCE DES SITES LACUSTRES NÉOLITHIQUES DE CHALAIN ET CLAIRVAUX (JURA)

Clairvaux II-IIbis, Chalain 19 et Chalain 2

Amandine VIELLET*

Mots-clés. *Néolithique final, Néolithique moyen, dendrochronologie, dendroécologie, bois subfossile, archéologie, village lacustre, démographie.*

Résumé. *Les villages littoraux de Chalain et de Clairvaux font l'objet de fouilles programmées depuis plus de 30 ans sous la direction de P. Pétrequin. Aujourd'hui, ces sites lacustres représentent une chronologie de près d'un millénaire et demi, depuis le Néolithique moyen bourguignon jusqu'au Néolithique final. L'excellente conservation des vestiges ligneux en contexte anaérobie a permis l'étude dendrochronologique de plus d'un millier de pièces d'architecture. Dans cet article, nous détaillons plus particulièrement trois sites : Clairvaux II-IIbis, Chalain 19 et Chalain 2. Par l'étude dendrochronologique de ces villages, nous tentons de montrer que la dendrochronologie est un outil privilégié pour appréhender l'écoulement du temps ; nous démontrons par ailleurs que la population se modifie rapidement, avec les changements que cela implique sur l'environnement.*

Key-words. *Final Neolithic, Middle Neolithic, dendrochronology, dendroecology, subfossil wood, archaeology, lakeside village, demography.*

Abstract. *The lakeshore villages of Chalain and Clairvaux have been the subject of programmed excavations for more than 30 years under the direction of P. Pétrequin. At present, these lakeshore sites represent a chronology of about one and a half millennia, from the Middle Bourguignon Neolithic to the Final Neolithic. The excellent preservation of the ligneous remains in an anaerobic environment permitted the dendrochronological study of more than a thousand architectural pieces. In this article we shall focus on three sites: Clairvaux II-IIbis, Chalain 19 and Chalain 2. Through the dendrochronological study of these villages, we will attempt to demonstrate that dendrochronology is a useful tool to apprehend the passage of time, with the demonstration of a rapid expansion of the population and the environmental changes that this implies.*

Schlüsselwörter. *Endneolithikum, Mittelneolithikum, Dendrochronologie, Dendroökologie, subfossiles Holz, Archäologie, Ufersiedlung, Demographie.*

Zusammenfassung. *Die Seeufersiedlungen von Chalain und Clairvaux sind seit über 30 Jahren Gegenstand programmierter Ausgrabungen unter der Leitung von P. Pétrequin. Heute umfasst die Chronologie dieser Seeufersiedlungen fast 1500 Jahre vom Néolithique moyen bourguignon bis zum Endneolithikum. Die außerordentlich gute Erhaltung der Holzreste in anaerobem Milieu hat die dendrochronologische Untersuchung von über tausend Architekturteilen ermöglicht. In diesem Artikel gehen wir auf drei Fundorte*

* Amandine VIELLET, membre associé de l'UMR 6249 (CNRS – Université de Besançon, UFR des Sciences et Techniques), 5, rue de Chaudanne, 25000 Besançon. Courriel : aviellet@laposte.net

näher ein: Clairvaux II-IIbis, Chalain 19 und Chalain 2. Anhand der dendrochronologischen Untersuchung dieser Dörfer versuchen wir zu zeigen, dass die Dendrochronologie ein hervorragendes Instrument ist, um den Ablauf der Zeit greifbar zu machen; wir weisen darüber hinaus nach, dass die Bevölkerung sich schnell ändert und beschäftigen uns mit den Konsequenzen, die sich hieraus für die Umwelt ergeben.

Übersetzung: Isa ODENHARDT-DONVEZ

INTRODUIRE LA DENDROCHRONOLOGIE

L'étude des pieux et des pièces architecturales utilisés dans les constructions des villages littoraux de Chalain et de Clairvaux a permis d'aborder deux aspects importants de la recherche: la chronologie des habitats néolithiques au bord des lacs jurassiens et les relations que les populations d'agriculteurs ont entretenues avec l'environnement forestier. L'analyse dendrochronologique proposée ici porte principalement sur le 35^e siècle av. J.-C. et la période du 32^e au 30^e siècle av. J.-C. Les installations du Néolithique final succèdent aux premiers villages du Néolithique moyen, dont les témoignages les plus anciens, encore mal datés, doivent remonter vers 4000 av. J.-C.

Cette occupation sur la longue durée nous a permis de suivre les différentes étapes de construction des villages, depuis les phases d'installation sur les plages de craie exondées, jusqu'à leur abandon accidentel (incendie) ou volontaire, en passant par différentes étapes de réfection ou de reconstruction de tout ou partie des structures. Outre la mise en évidence des maisons proprement dites, l'étendue des décapages et la bonne conservation des bois verticaux et horizontaux nous ont permis d'appréhender des structures que les archéologues peuvent rarement étudier: ainsi, par exemple, les chemins de planches et les palissades (Chalain 19, Chalain 2, Clairvaux II/IIbis). Sans perdre de vue la finalité principale de la dendrochronologie, qui est avant tout une méthode de datation, nous avons tenté de dégager les tendances architecturales au sein des différentes cultures du Néolithique final: l'étude du choix des essences utilisées et des provenances des bois abattus nous a permis de mener une réflexion sur l'état du milieu forestier. En faisant le choix de la sédentarisation, de l'agriculture et de l'élevage, les premiers agriculteurs sont devenus les principaux acteurs de la transformation du milieu. Associée à la dendrochronologie, l'analyse dendrologique constitue une approche indispensable à la compréhension des phénomènes environnementaux mis en jeu au cours de la période concernée.

CONTEXTE GÉOGRAPHIQUE

Les lacs de Chalain et de Clairvaux se situent au pied du Jura plissé, sur la rive orientale de la haute vallée de l'Ain, à 500 m d'altitude. Cette vallée, connue sous le nom de combe d'Ain, est une longue dépression d'une trentaine de kilomètres, orientée nord-est/sud-ouest, parallèlement à la structure de la chaîne jurassienne (fig. 1). Elle est barrée au sud par la langue glaciaire d'Orgelet qui a transformé cette vallée en lac lors de l'extension maximale des glaciers quaternaires. Après leur retrait, les dépôts glaciaires ont été surcreusés par les rivières. Simultanément, les nombreuses reculées creusées latéralement à la combe d'Ain ont été peu à peu occupées par de petits lacs en amont des moraines frontales qui font barrage. C'est le cas des lacs de Chalain et de Clairvaux, distants d'une douzaine de kilomètres l'un de l'autre.

Les cultivateurs néolithiques ont choisi d'établir leurs villages sur les rives des lacs de Chalain et de Clairvaux à partir de 5000 av. J.-C. Cette zone constitue un potentiel archéologique exceptionnel, doté d'une excellente conservation des artefacts en milieu anaérobie. Privées d'oxygène, les matières organiques n'ont pas subi d'altération majeure, ce qui a permis, dès le XIX^e siècle, la découverte d'alignements de pieux par des érudits locaux.

RAPPEL DE LA MÉTHODE DE DATATION : DENDROCHRONOLOGIE

La dendrochronologie permet de déterminer la période durant laquelle un arbre, vestige ligneux, a vécu, et aussi de préciser l'année, voire la saison de son abattage. Cette méthode est fondée sur l'étude de la croissance des bois. Chaque année, l'arbre produit un anneau ou cerne de croissance. Le nombre de ces cernes indique la durée de vie de l'arbre. La largeur des cernes varie chaque année en fonction de nombreux facteurs, parmi lesquels le climat joue un rôle important. Un environnement favorable entraîne la formation d'un cerne large; à l'inverse, un envi-

Fig. 1 – Localisation des lacs de Chalain et de Clairvaux dans la combe d'Ain (fond de carte M. Campy, 1982, modifié).

ronnement défavorable entraîne la formation d'un cerne plus étroit. C'est ce que l'on appelle le phénomène de phénologie (Hans-Jürgen, 1998).

Pour chaque essence végétale et par région, il est possible de reconstituer des indices de croissance annuels en mesurant la largeur des cernes de nombreux bois et en étudiant les résultats de ces mesures. La recherche de pièces de bois appartenant à des époques différentes permet de corréler entre elles les séquences fournies par chacun des bois et d'établir ensuite une courbe continue riche d'infor-

mations: un véritable calendrier. Pour dater une pièce de bois, on recherche par comparaison la position de sa courbe générale (fig. 2). Dans un premier temps, les courbes sont observées optiquement sur une table lumineuse afin de rechercher la meilleure corrélation entre les séries individuelles, puis, dans un second temps, on fait appel à différents calculs pour affirmer ou infirmer les premières propositions. Les séquences de référence représentent la synthèse des résultats acquis pour une essence végétale déterminée et sur une région géographiquement définie.

Fig. 2 – Principes de la méthode dendrochronologique (DAO: A. Viellet, 2007).

LES INDICES DE CORRECTION

Les bois mesurés sont empreints de particularités dues à de nombreux facteurs tels que l'effet de sénescence et les variations microclimatiques, pédologiques, environnementales ou anthropiques. Ces différents facteurs interfèrent sur la croissance des arbres et peuvent gêner la datation. Afin d'éliminer ces altérations, des calculs de filtrage ont été conçus. Les corrections traduisent les largeurs des cernes en nombres appelés indices de croissance. L'indice de Hollstein opère une modification sur la valeur des cernes dans le but d'écarter le facteur de vieillissement et les brusques écarts de croissance (Hollstein, 1980; Lambert *et al.*, 1988; Lambert, Lavier, 1992b).

L'indice Except, créé à l'unité de dendrochronologie de Besançon (Lambert, Lavier, 1992a) est inspiré d'un calcul utilisé en Angleterre par les dendrochronologues M. G. L. Baillie et J. R. Pilcher (Baillie, Pilcher, 1973). Cette méthode permet de valoriser les années caractéristiques et de conserver l'essentiel des oscillations des données naturelles présentes sur la série (Lambert *et al.*, 1988).

LES TESTS DE CORRÉLATION

Ces tests interviennent lors de la synchronisation des séquences moyennes individuelles. Les synchronisations possibles sont, dans un premier temps, recherchées à l'œil nu sur une table lumineuse, puis, dans un second temps, à l'aide de ces tests statistiques ou calculs de comparaisons. Ces tests mettent en évidence, de manière objective, les meilleures positions entre les séquences et confirment ou infirment les résultats obtenus sur la table lumineuse. Le test de Gleichläufigkeit ou test W a été mis au point par le chercheur allemand, D. Eckstein (Eckstein, 1969). Il s'applique sur les données naturelles et sur les données transformées en indices. Il fonctionne sur les écarts interannuels et donne un coefficient W de coïncidence révélant des concordances de pente entre les cernes (Lambert, Lavier, 1990). Le test de Student ou test de Baillie et Pilcher est issu des analyses anglo-saxonnes (Baillie, Pilcher, 1973). Il est fondé sur le coefficient de corrélation. Les données naturelles sont filtrées par une moyenne mobile de cinq ans. Plus la valeur de t (t value) s'éloigne de 0, plus on obtient de

bonnes positions de chevauchement et donc les meilleures propositions de datation.

La dendrochronologie a donc pour objectif premier de dater des bois, que ce soit des arbres vivants, des pièces architecturales néolithiques, des éléments de charpentes médiévales ou des œuvres d'art. Afin d'obtenir les meilleurs résultats, le dernier cerne sous l'écorce, le cambium, est essentiel. Les difficultés rencontrées et énoncées ici constituent autant de défis à relever, bénéfiques à l'amélioration des méthodes et des problématiques. Pouvoir disposer d'un lot de bois suffisant reste pourtant exceptionnel.

Grâce à cette méthode de datation, il est possible aujourd'hui de suivre, pas à pas, bois après bois, la construction des villages, leur évolution et enfin leur abandon. À Chalain et à Clairvaux, l'étude de certains villages permet de suivre l'évolution de l'espace villageois entre les 35^e et 29^e siècles av. J.-C. Dans le cadre de cette étude, trois sites vont être présentés afin d'aborder les possibilités, mais également les difficultés de la méthode dendrochronologique : Clairvaux II-IIbis, attribué au Néolithique moyen Port-Conty, Chalain 2 et Chalain 19 appartenant au Néolithique final.

ÉTUDE DENDROCHRONOLOGIQUE DE CLAIRVAUX II-IIbis (CL II-IIbis)

À la suite de sondages réalisés en 1972, cette station a fait l'objet d'une fouille de sauvetage en 1972 et 1973 (extension de la plage municipale de Clairvaux-les-Lacs). Lors de cette fouille, environ un millier d'échantillons ligneux ont été prélevés. En 1989, 332 chênes ont été mesurés (Lambert *et al.*, 1988; Lambert, Lavier, 1989; Lavier, 1996). Les échantillons sont très altérés par l'érosion et il ne subsiste que des aubiers¹ incomplets. Les cernes de l'aubier sont essentiels au dendrochronologue puisqu'ils déterminent les dernières années de vie de l'arbre (fig. 3).

ÉTUDE DES CHÊNES

Grâce à un plan de pieux lisible et un nombre important de chênes, il a été possible de réduire l'imprécision des datations liées au manque d'aubier (fig. 4). C. Lavier et G.-N. Lambert ont tenté de mettre en évidence les périodes de construction du village : le pas chronologique de un an a été remplacé par un pas de cinq ans. Ce procédé a permis de préciser les différentes phases de construction du village.

1. L'aubier est la partie tendre entre le cœur et l'écorce d'un arbre.

Fig. 3 – Localisation de Clairvaux II-IIbis
(DAO : P. Pétrequin, 1999, modifié).

La démarche suivie a été celle d'une synchronisation progressive par secteur (Lambert, Lavier, 1989).

Une moyenne composée de 236 pieux a été réalisée donnant une chronologie de 211 années, datée de 3659 à 3449 av. J.-C. sur l'étalon A200 de Stuttgart (Becker, 1985) (fig. 5).

Le village de Clairvaux II-IIbis est divisé en deux secteurs distincts : une zone de maisons rectangulaires alignées et protégées par une palissade, ainsi qu'une zone de constructions de plus petites dimensions, des greniers. Ces deux secteurs sont reliés par deux passerelles ou chemins de planches.

Dans les secteurs 1, 2 et 3 de la zone IIbis, 35 pieux ont pu être synchronisés (fig. 4). Leur répartition tendrait

Fig. 4 – Clairvaux II-Ilbis, Plan des pieux et interprétation (DAO: P. Pétrequin, 1999, modifié).

à prouver que chaque construction possédait sa propre source d'approvisionnement en bois d'œuvre (Pétrequin, 1989). En chronologie absolue, ces bois correspondent à une datation comprise entre 3460 et 3440 av. J.-C. avec une probabilité plus importante entre 3455 et 3450 av. J.-C. avec aubier estimé (25 ± 15 ans au moment de l'étude).

Pour les secteurs 10, 11 et 12, nous avons daté 36 pieux. Les maisons 10 et 11 sont en chêne tandis que la maison 12 est en frêne. Toutefois, cette dernière comporte trois chênes qui ont permis de dater cette construction. C'est dans ces secteurs que se trouvent les aubiers les plus anciens de la séquence. La maison 10 aurait été édifiée entre 3470 et 3455 av. J.-C., et les maisons 11 et 12 entre 3465 et 3445 av. J.-C.

Le secteur 13-14 comporte trois maisons; cependant, seule la maison 13 a été véritablement identifiée. Un lot de 48 bois a été synchronisé, donnant une datation entre 3460 et 3450 av. J.-C. Dans la station IIbis, secteurs 5, 6 et 7, la construction 7 semble se superposer à des structures plus anciennes en partie détruites. Peu nombreux sur ce secteur, les bois n'ont pas permis de vérifier cette hypothèse. Nous avons synchronisé 14 pieux qui ont donné des résultats approximatifs en raison de l'absence d'aubier. Néanmoins, on peut envisager une phase de construction entre 3460 et 3455 av. J.-C.

Dans les zones B et C de la station II de Clairvaux, aucune structure n'est visible. Un lot de 21 bois, datés après 3440 av. J.-C., forme un groupe homogène.

Pour les palissades et le secteur A de la station II, nous avons rencontré des difficultés de datation en raison de l'absence de chêne dans ces structures. Toutefois, 24 pieux ont été synchronisés et ont permis d'établir la contemporanéité des palissades et des constructions avoisinantes. La zone A a livré 27 échantillons dont 5 semblent appartenir à un vestige de construction. Le secteur A correspond à la phase la plus récente de la station II-IIbis, postérieure à 3430 av. J.-C.

Les chemins de planches 8 et 9 ont une longueur de 15 m à 17 m. La majorité des pieux est en chêne, 14 d'entre eux ont été synchronisés et datés. Les relations chronologiques entre le chemin 9 et les secteurs 1, 2 et 3 montrent une même phase de construction entre 3460 et 3450 av. J.-C. En ce qui concerne le chemin 8, il semble avoir été édifié quelques années avant le chemin 9 et les secteurs 1, 2 et 3. Cette étude détaillée secteur par secteur a permis de démontrer que les stations II et IIbis de Clairvaux étaient contemporaines. Les principales phases d'abattage ont eu lieu entre 3470 et 3445 av. J.-C., avec une extension après 3440 av. J.-C. La phase majeure d'installation se situe entre 3460 et 3450

av. J.-C., soit un habitat d'assez courte durée entre 3460 et 3430-3420 av. J.-C., et une occupation maximale de 60 années. La station II-IIbis de Clairvaux-les-Lacs se situe donc à l'extrême fin des habitats de type Cortaillod des lacs de Neuchâtel et de Bienne en Suisse (Schifferdecker, 1984; Schifferdecker, Suter, 1986; Hafner, 1992).

ÉTUDE DES FRÊNES

En 1996, l'étude de 51 frênes sans aubier nous a permis d'établir trois moyennes (Vielle, 1996) (fig. 6a) :

- CL II-IIbis M76fx, composée de 10 bois provenant pour l'essentiel de la maison 2 (zone IIbis), a une longueur de 154 ans,
- CL II-IIbis M72fx rassemble 11 échantillons issus de la zone II sur une période de 154 ans. Lors du prélèvement en 1974-1975, les pieux p221 et p538 possédaient encore leur écorce. Depuis, l'écorce a disparu et l'aubier s'est un peu altéré. Toutefois, il est possible qu'il ne manque que très peu de cernes d'aubier avant le cambium.
- CL II-IIbis M71fx, longue de 139 ans, n'est composée que de 2 bois issus de la maison 2 (zone IIbis).

Les moyennes M76fx, M71fx et M72fx ont été comparées par hétéroconnexion à la chronologie du chêne M415qu. Les moyennes M76fx et M72fx ont été corrélées avec M415qu, mais les résultats de M71fx sont à prendre avec précaution puisque le test W n'a pas été concluant. En revanche, les tests de Student et Except ont permis la synchronisation de cette moyenne (Lambert *et al.*, 1988; Guibal *et al.*, 1992).

Les datations proposées sont les suivantes: CL II-IIbis M76fx: 3594-3441 av. J.-C.; CL II-IIbis M71fx: 3551-3413 av. J.-C. et CL II-IIbis M72fx: 3584-3431 av. J.-C.

Pour certains secteurs de CL II-IIbis, la datation des pieux en frêne a apporté quelques précisions pour la compréhension de l'évolution architecturale, notamment pour la datation de la maison 12. Dans cette construction en frêne, 5 pieux ont été datés, dont 2 appartenant à la palissade 12 qui jouxte la maison. Ceci permet de confirmer l'hypothèse d'une contemporanéité des habitats et des segments de palissade qui les jouxtent. Pour les maisons 11 et 12, nous pouvons suggérer également une série de phases d'abattage contemporaines de la phase de construction attestée par le chêne.

Le frêne est présent dans le secteur des greniers où toute une partie de la structure 2 a été construite en frêne. La datation de ces bois montre une phase d'abattage qui pourrait être antérieure à la phase d'abattage du chêne. Un des pieux de cette zone, daté en 3413 av. J.-C., impliquerait

Fig. 5 – Bloc-diagramme des chênes datés de CL II/Ibbs (DAO: A. Viellet, 2007).

une occupation du village plus longue qu'on ne le supposait avec la datation des chênes.

Certains pieux en frêne ont été interprétés comme éléments de réparation des constructions en chêne ; d'autres

s'intègrent complètement dans les phases d'abattage des chênes. Les frênes datés sur ce site, même s'ils sont peu nombreux, ont donc complété les informations acquises à partir des chênes.

a. Bloc-diagramme

b. Courbes de croissance des frênes

Fig. 6 – Trois moyennes de frênes M76fx, M72fx et M71fx de CL II-IIbis (DAO: A. Viellet, 2007).

COURBES DE CROISSANCE

Les chênes et les frênes de cette station ont des courbes de croissance assez similaires (fig. 6b et fig. 7). Mais, étant donné le nombre important de chênes, il est plus aisé de définir les différents types de croissance. Nous avons distingué cinq groupes (fig. 7) : le premier rassemble des bois âgés de plus de 100 ans, pour des diamètres estimés à 25-27 cm, qui se caractérisent par des courbes de croissance

plate, chênes sans doute issus d'un milieu forestier fermé où la luminosité est faible. Ces caractéristiques forestières se rapprochent de celles d'une forêt de type primaire (Schmerber, 1997 ; Hans-Jürgen, 1998 ; Schnitzler-Lenoble, 2002).

Le deuxième lot regroupe des chênes âgés de 90 à 110 ans environ qui possèdent des courbes de croissance dynamique. Ces arbres ont sans doute poussé dans une forêt de type secondaire.

Fig. 7 – Les différents types de croissance des chênes de CL II-Ibis (DAO: A. Viellet, 2007).

Le troisième groupe rassemble des bois plus jeunes, d'une vingtaine d'années, et se caractérise par une croissance dynamique.

Le quatrième lot se compose de chênes de 50 à 80 ans. Leurs courbes de croissance sont déclinantes pendant toute leur vie, ce qui signifie probablement que les arbres subissaient une forte compétition.

Enfin, les bois du cinquième groupe, peu nombreux, ont moins de 50 ans, avec des courbes de croissance chaotique.

Une majorité de pieux proviendrait d'une forêt de type secondaire, sans pour autant que l'on ait la preuve d'une ouverture du milieu forestier. Les autres bois sont issus d'une forêt que l'on pourrait qualifier de type primaire.

Le site de Clairvaux II-Ilbis, occupé sur une soixantaine d'années, offre la possibilité, avec son plan architectural clair, de mettre en lumière l'évolution du village structures par structures, et ce malgré un manque de cambium. Il n'en est toutefois pas de même pour tous les sites occupés sur une plus longue durée. Il a été possible de réaliser ce travail en palliant en partie le manque de cambium par une modification du pas chronologique dès le commencement de l'étude.

CHALAIN 19 (CH 19)

Localisé dans la zone archéologique de Doucier, Chalain 19 a fait l'objet de six années de fouille programmée (fig. 8). Une trentaine de bois horizontaux et 2 069 pieux ont été relevés sur plan, sur une surface totale de 2 400 m² (fig. 9).

ANALYSE DENDROCHRONOLOGIQUE DES PIEUX EN CHÊNE

Au total, 352 échantillons de pieux de chêne ont été mesurés. Il est toutefois important de signaler que les bois de moins d'une quinzaine d'années ont été écartés de cette étude; ce sont donc 89 % des échantillons qui ont été datés (fig. 10):

Les 17 moyennes obtenues comportent entre 2 et 138 individus. Les moyennes CH19 M106qu et CH19 M100qu comptent respectivement 81 et 138 individus, soit 62 % des bois datés. La moyenne CH19 M106qu a une longueur de 245 années, avec une origine en 3220 av. J.-C. et un *terminus* en 2976 av. J.-C. CH19 M100qu a des caractéristiques proches de la moyenne CH19 M106qu, avec une

durée de 250 ans, une origine en 3215 av. J.-C. et un terme en 2966 av. J.-C. Les 15 autres moyennes comportent entre 2 et 12 individus et montrent probablement que les arbres proviennent de stations forestières différentes (Viellet, 2007).

Au total, seuls 10 % des chênes étudiés possèdent leur cambium. Ce déficit ne favorise pas la reconnaissance des différentes phases d'abattage et la mise en évidence des structures.

ANALYSE DENDROCHRONOLOGIQUE DES PIEUX EN FRÊNE

Nous avons mesuré 325 pieux et bois horizontaux en frêne. 65 % d'entre eux ont finalement été datés (fig. 11).

Trois moyennes concentrent 112 individus:

- CH 19 M20fx est composée de 52 frênes et a son origine en 3239 av. J.-C., son terme en 3172 av. J.-C.;
- CH 19 M14fx est constituée de 37 frênes et a pu être datée entre 3093 et 2978 av. J.-C.;
- CH 19 M8fx, composée de 23 bois, est datée entre 3179 et 3096 av. J.-C.

Ces trois moyennes constituent 63 % des frênes datés; les autres moyennes comptent entre 3 et 12 individus. Quant au nombre de cambium, nous observons une différence notable entre les frênes et les chênes: parmi les 13 moyennes datées, 97 pieux possèdent leur cambium, soit 54 %.

OCCUPATIONS HUMAINES ET INTERPRÉTATION DES STRUCTURES

L'extension progressive des décapages année après année a été orientée de manière à cerner les limites de l'espace villageois et son organisation interne, mais également à appréhender son insertion dans le terroir grâce à la réalisation de sondages systématiques autour du site. L'objectif est de retracer, le plus précisément possible, l'histoire du village et de son organisation architecturale.

Nous avons mesuré 675 pieux et bois horizontaux (316 chênes et 211 frênes). Le faible nombre de chênes avec cambium n'a pas facilité la reconnaissance des différentes phases d'abattage. CH 19 est un site archéologique difficile à interpréter en raison de la succession des occupations pendant près de deux siècles et demi.

Nous ne traiterons ici que les phases d'abattage les plus significatives.

La première phase d'abattage indiscutable est datée de 3174-3173 et 3172 av. J.-C., avec 49 pieux (dont 33 cambiums) et 3 bois horizontaux (dont 1 cambium) également en frêne. Ces bois sont répartis dans les différentes structures de CH 19 : palissade, chemin de planches, village et secteur isolé. C'est durant cette phase que semble avoir débuté la construction de la palissade ; quelques pieux au-delà du village pourraient marquer l'esquisse du chemin ; 18 bois appartiennent à la structure villageoise et 8 à la construction isolée (fig. 12a).

La deuxième phase d'abattage a lieu en 3098/3097/3096 av. J.-C. ; elle concerne 27 pieux en frêne (dont 18 cambiums) dont la majorité appartient au secteur de la construction isolée ; quelques pieux circulaires alignés constituent probablement les vestiges de la fondation d'une construction (fig. 12b).

La seconde moitié du 31^e siècle est marquée par le début de l'exploitation des chênes. Les bois de cette troisième phase d'abattage sont, en majorité, des chênes refendus datés de 3026 av. J.-C. : les 39 pieux sont répartis principalement dans le centre du village et dans le secteur de la construction isolée, mais ils sont présents également dans la palissade et dans le chemin de planches (fig. 12c).

La quatrième phase d'abattage, datée entre 3010 et 3001 av. J.-C., est la plus remarquable avec 124 bois, dont 7 avec cambium et 44 avec aubier incomplet (fig. 12d). En examinant le bloc-diagramme de cet épisode (fig. 10) et en prenant en compte l'estimation de l'aubier des chênes, il est possible d'affirmer qu'au moins la moitié des individus qui appartiennent à cette quatrième phase se rattache à la date de 3004 av. J.-C., soit une cinquantaine de bois abattus la même année. Cette phase, composée de chênes refendus, concerne toutes les structures du site de CH 19. Elle permet de visualiser, pour la première fois, les quatre rangées de pieux de la structure isolée.

Après cet épisode, s'opère un nouveau changement dans le choix de l'essence arborée et le frêne reste présent jusqu'en 2978 av. J.-C., avec la cinquième phase d'abattage comprenant 39 bois, dont 37 refendus et 2 circulaires. Ces bois ont été abattus en 2981, 2980, 2979 et 2978 av. J.-C. À l'exception d'1 pieu dans le village, les autres frênes font exclusivement partie de la palissade (fig. 12e).

Enfin, la sixième phase d'abattage couvre trois années, 2978, 2977 et 2976 av. J.-C. Elle est composée de 27 pieux en chêne dont 5 possèdent leur dernier cerne sous écorce (fig. 12e). On les retrouve sur l'ensemble du site et seuls 6 pieux de fort diamètre (jusqu'à 40 cm) appartiennent au secteur de la construction isolée. Les six phases d'abattage

mises en évidence rassemblent 360 bois sur les 527 datés. Une fois de plus, nous assistons à une perte conséquente d'information due principalement à l'absence d'aubier, de cambium et à l'utilisation de jeunes bois. C'est donc avec 68 % des bois datés que l'interprétation a été réalisée.

LES STRUCTURES LISIBLES

La palissade

Dès les premières phases d'abattage, la palissade est matérialisée par quelques pieux qui marquent son tracé demi-circulaire définitif. Cet enclos de 75 m de longueur ceinture le village en suivant une dépression marécageuse inondable (fig. 13). Ces pieux, très rapprochés et de morphologies variables, sont majoritairement en frêne et en chêne ; leur répartition n'est pas aléatoire : les chênes, de gros diamètre, sont situés principalement de part et d'autre du départ du chemin de planches ; les frênes, quant à eux, sont localisés au nord du départ du chemin. De nombreuses traces d'arrachements montrent que la palissade a fait l'objet de réfections régulières. À l'approche du secteur isolé, les essences sont de plus en plus diversifiées. La bonne lisibilité en plan de la palissade pourrait suggérer une seule étape de construction et ce pendant un laps de temps relativement bref. Mais l'étude dendrochronologique a montré que cette palissade a subi des réfections et des réaménagements successifs pendant plus de deux siècles. L'interprétation de cette structure a été possible grâce à un nombre de pieux suffisant et à une bonne qualité des prélèvements.

Le chemin de planches

Le chemin néolithique de CH 19 et ses abords ont été décapés sur près de 1 400 m², ce qui a permis d'en suivre le tracé sur 140 m de longueur, au-delà de la palissade en direction de la terre ferme. Nous distinguons deux tracés non superposés et parallèles qui se différencient par les essences de pieux utilisées (fig. 14) :

- un premier tracé construit majoritairement en frêne et en bois blanc, avec un écart de 2 m à 2,40 m entre les deux lignes de poteaux où dominent les bois circulaires ou semi-circulaires ;
- un second tracé est caractérisé par des poteaux en chêne refendus et un écart entre les deux lignes de pieux de 2 m à 2,20 m (Pétrequin *et al.*, 1992 ; Pétrequin *et al.*, 2002). Lors de la fouille de ces deux chemins, plus de 600 pieux ont été prélevés en vue de leur détermination et de l'analyse dendro-

Fig. 8 – Localisation de Chalain 19 et Chalain 2 sur les bords du lac de Chalain
(DAO : P. Pétrequin, 2000, modifié).

Fig. 9 – Plan des pieux de Chalain 19 (DAO: A. Viellet, 2005).

Fig. 10 – Bloc-diagramme des chênes datés sur le site de Chalain 19 (DAO: A. Viellet, 2007).

Fig. 11 – Bloc-diagramme des frênes datés sur le site de Chalain 19 (DAO: A. Viellet, 2007).

chronologique : 37 chênes et 20 frênes ont pu être datés, ce qui représente moins de 9 % d'individus datés pour l'ensemble de ces chemins. Dans CH 19, 60 % des chênes et 75 % des frênes non datés appartiennent aux chemins. Ce sont tous des bois jeunes, avec un nombre de cernes inférieur à 40. Un deuxième facteur défavorable à la datation est la mauvaise conservation des bois. En effet, ces chemins ont été construits sur une ancienne beine lacustre exondée qui a subi une émergence de plus en plus longue au fur et à mesure que les chemins se rapprochent de la terre ferme, ce qui a entraîné la détérioration du matériel ligneux. Ces conditions difficiles n'ont pas été favorables à la détermination des successions chronologiques de l'édification et des réfections des chemins. Néanmoins, les essences et la morphologie des pieux – datés ou non – autorisent une hypothèse d'interprétation. Pour l'occupation Horgen, la plus ancienne (32^e siècle av. J.-C.), seuls 5 individus (frênes circulaires) ont pu être datés. En

plan, leur répartition forme d'abord une ligne coupée par une perpendiculaire (fig. 15). Lorsque l'on prend en compte tous les pieux en frêne circulaires ou refendus dans la lignée des pieux datés, il est possible de distinguer un chemin d'une largeur de 2 m environ. À chaque phase d'abattage, des pieux sont successivement implantés sur ces chemins, ce qui semble démontrer que, à chaque reconstruction du village, un grand nombre de pieux étaient abattus pour reconstruire partiellement ou consolider dans le même temps le chemin d'accès. À l'extrême fin du 31^e siècle et au 30^e siècle, un deuxième tracé du chemin utilise des pieux en chêne refendus, ce qui témoigne d'une modification importante de l'approvisionnement en bois d'œuvre, changement déjà mis en évidence pour les bois d'architecture du village. Il convient une fois encore de prendre en compte les pieux non datés afin de suivre correctement, sur une centaine de mètres, le tracé de ce deuxième chemin, parallèle et contigu au chemin Horgen.

a. Phase d'abattage du frêne 3174/3173/3172 av. J.-C.

b. Phase d'abattage du frêne 3098/3097/3096 av. J.-C.

c. Phase d'abattage du chêne 3026 av. J.-C.

Fig. 12 – Les phases d'abattage de Chalain 19 (DAO: A. Viellet, 2007).

a. Bloc-diagramme des frênes datés

b. Bloc-diagramme des chênes datés

c. Photographies de détail

d. Tracé de la palissade

Fig. 13 – La palissade (DAO: A. Viellet, 2007; clichés: P. Petrequin, 1998).

a. Bloc-diagramme des frênes datés

b. Bloc-diagramme des chênes datés

c. Plan global et interprétation des chemins de Chalain 19

d. Gouttière située entre les deux rangées de pieux du chemin en chêne

Fig. 14 – Les chemins de planches (DAO et cliché: A. Viellet, 2007).

a. Plan

b. Photographie des vestiges

Fig. 15 – Les cinquante premiers mètres des chemins où les pieux sont les mieux conservés (DAO et cliché : A. Viellet, 2007).

Lors de la fouille, une deuxième structure transversale, perpendiculaire aux deux tracés du chemin, est apparue (fig. 15). Sur le site de CH 2 AC, une structure semblable avait été interprétée à tort comme les fondations d'une maison isolée. Mais la présence de ces deux structures sur le chemin de CH 19, l'une à 12 m, l'autre à 53 m de la palissade, autorise à suggérer la présence de systèmes défensifs disposés à l'entrée du village et à l'avant de sa palissade. Lors du dégagement de la portion de chemin en chêne, nous avons mis en évidence une dépression longitudinale longue d'une centaine de mètres entre les deux lignes de poteaux; le fond de cette dépression était tassé et compacté par les piétinements sur un sol humide (Pétrequin *et al.*, 2002; Köninger *et al.*, 2002). Deux fonctionnements différents sont en présence: aucun piétinement, ni compaction de surface n'est visible sur le premier chemin, ce qui suppose un système de platelage en bon état pendant toute la durée de son utilisation et une réfection régulière de celui-ci (Pétrequin *et al.*, 2001, vol. 1 et 2). Quant au chemin en chêne, plus récent, il faudrait plutôt envisager un fonctionnement en deux temps: dans un premier temps, le chemin serait construit afin d'acheminer les fûts nécessaires à l'édification du village; dans un second temps, et suite à la dégradation du tablier, les cultivateurs néolithiques se seraient contentés de marcher directement sur des litières, en attendant la construction d'un nouveau village. Dans les deux cas, la datation dendrochronologique des bois des chemins de planches ne peut répondre pleinement à ces hypothèses, en raison du faible nombre de bois datés.

Les édifices potentiels

Les maisons sont les structures les plus difficiles à identifier en raison de la superposition des différentes occupations selon un plan identique. La première structure repérée en dendrochronologie est celle du secteur isolé; quelques années plus tard, une deuxième structure est reconnue dans le secteur du village densément bâti (fig. 16). Ces structures sont composées de quatre rangées de poteaux porteurs, ce qui est une nouveauté sur les sites de Chalain et de Clairvaux. Depuis le Néolithique moyen II, le plan classique des maisons comprend deux nefs, soit trois rangées parallèles de poteaux, comme c'est le cas au nord-ouest des Alpes pendant les IV^e et III^e millénaires (une exception connue à CL II). Aux environs de 3000 av. J.-C., ces nouvelles constructions à quatre rangées de poteaux font leur apparition, alors qu'elles sont complètement absentes de la tradition locale (Pétrequin *et al.*, 1999). Mais la deuxième structure

est située en plein village et aucun signe ne montre une fonction spécifique. Celle-ci a été reconnue grâce au relevé des paires de pieux de fondation. Sur plan, il paraît en effet évident qu'il s'agit d'une construction reposant non pas sur trois rangées, mais bien sur quatre rangées parallèles de poteaux de fondation. Cependant, la dendrochronologie ne permet pas de confirmer cette observation, puisque les pieux ne constituent nullement un ensemble cohérent: ils appartiennent à des horizons chronologiques différents. Les datations s'échelonnent entre 3094 et 3008 av. J.-C. Dans le doute, il est permis de dire que ce bâtiment a été reconstruit sur un même plan pendant près de 90 années. Contrairement au bâtiment isolé, cette structure se trouve dans l'orientation des alignements de poteaux visibles sur le plan des pieux (fig. 16). Par son originalité architecturale, cette structure semble représentative des nouvelles influences culturelles qui émergent dès le 30^e siècle, bousculant la tradition des maisons ubiquistes à trois rangées de poteaux porteurs. Il n'en reste pas moins qu'aucune structure à trois rangées de poteaux n'a été réellement identifiée sur le terrain. Si la durée d'occupation du site représente une donnée intéressante, elle n'en constitue pas moins un facteur qui limite la lecture des habitats. La construction et la reconstruction des différentes structures se faisaient sur un plan quasiment identique. Aussi, toute interprétation architecturale est rendue difficile par la forte densité de pieux qui représente ces épisodes successifs. La superposition des différents horizons et leur imbrication rendent délicate la mise en évidence de la dynamique du site dans le temps et dans l'espace. Si, à elle seule, la dendrochronologie ne peut résoudre ces difficultés, elle n'en demeure pas moins un auxiliaire incontournable pour acquérir une vision fiable de l'évolution chronologique des occupations.

ÉTUDE ENVIRONNEMENTALE

Dans la nature, divers facteurs peuvent influencer sur le déroulement de la croissance des bois. Bien que fixé génétiquement pour chaque espèce, le développement d'un arbre peut subir de nombreuses altérations liées aux conditions environnementales.

Par le biais de plusieurs caractères spécifiques observés sur les bois néolithiques des sites littoraux de Chalain et de Clairvaux, nous allons tenter d'apporter quelques précisions concernant l'ambiance écologique dans laquelle ces bois se sont développés. Il ne s'agit pas ici de réaliser une analyse fine du climat, mais de déterminer l'existence (ou non) de groupes écologiques.

a. Vestiges et orientation des habitats

b. Bloc-diagramme des frênes datés

c. Bloc-diagramme des chênes datés

Fig. 16 – La zone densément bâtie du village (DAO : A. Viellet, 2007).

Analyse du chêne

Nous nous sommes tout d'abord intéressée à la répartition des pieux selon leur nombre et leur âge, puis par tranche chronologique (fig. 17a et b). On constate d'emblée que la majorité des chênes sont âgés de 80 à 150 ans. La répartition chronologique de ces individus montre une corrélation entre l'âge des bois et leur attribution chronologique.

- Entre 3065 et 3020 av. J.-C. environ, la majorité des individus abattus a moins d'une centaine d'années. La plus grande partie des pieux présente toutefois un âge compris entre 80 et 120 ans, avec une concentration plus importante entre 3040 et 3025 av. J.-C.

- À partir de 3025 av. J.-C. jusqu'à 3000 av. J.-C., les nombreux chênes ont majoritairement entre 100 et 145 ans. Ce groupement est tout à fait cohérent puisque cette durée de 25 ans correspond aux phases d'abattage les plus importantes et à l'édification des structures du 31^e siècle.

- De 3000 à 2970 av. J.-C., on note un lot de bois de 100 à 180 ans avec une majorité ayant entre 100 et 150 ans. Les bois de moins de 50 ans sont peu nombreux, en raison d'une synchronisation délicate avec les bois âgés.

L'âge des bois est ensuite comparé à l'estimation de leur diamètre (fig. 17c). Leur diamètre est en adéquation avec leur âge. Cette constatation pourrait sembler banale, mais cela montre que la majorité des bois coupés se sont développés dans un contexte forestier stable, sans qu'il y ait d'indice apparent d'une ouverture de la forêt. En comparant les deux graphiques, il est possible de percevoir une autre caractéristique de cette forêt: un lot important d'individus est âgé de 100 à 150 ans pour des diamètres compris entre 20 cm et 30 cm. Il est alors possible d'affirmer que ces chênes ont poussé dans une forêt où la compétition était forte.

Un autre facteur, caractéristique de chaque individu, a été pris en compte: la largeur moyenne du cerne. Une grande quantité de bois comporte une largeur de cerne moyen comprise entre 0,7 mm et 1 mm (fig. 17d), puis un deuxième groupe de chênes possède un cerne qui mesure entre 1,2 mm et 1,4 mm de largeur. Sur le graphique, la largeur moyenne des cernes montre une césure entre les individus ayant un cerne moyen inférieur à 1 mm et ceux dont la largeur du cerne moyen est supérieure à 1,2 mm. S'agit-il d'un indice tendant à démontrer une provenance environnementale différente? Pour le premier lot, on peut supposer une croissance en milieu plutôt fermé, et pour le second groupe, une croissance correspondant à une forêt de type secondaire. Cette différenciation est accentuée par le fait que de nombreux bois du premier groupe ont

nécessité plus de six mesures pour réaliser une synchronisation dendrochronologique satisfaisante.

La comparaison entre la largeur moyenne du cerne et les diamètres montre également deux groupes de bois distincts, mais le diamètre ne semble pas être un facteur déterminant, puisque la largeur du cerne moyen oscille, pour un même diamètre, entre 0,6 mm et 1,5 mm ou, suivant les diamètres, entre 0,6 mm et 1,9 mm. La figure 17e ne permet pas d'affirmer que plus le diamètre est fort plus la largeur moyenne du cerne est importante.

D'après ces informations, les chênes abattus par les cultivateurs de CH 19 semblent provenir de deux milieux forestiers distincts: une forêt fermée où l'on ne perçoit pas d'action anthropique et une forêt de type secondaire, déjà remaniée par l'homme.

Le chêne n'est pas forcément présent au même moment que le frêne. C'est pourquoi il est important de réaliser la même analyse sur cette essence afin de vérifier si la provenance des frênes diffère ou non de celle des chênes.

Analyse du frêne

La présence ou l'absence des frênes varie dans le temps. Les frênes abattus ne sont pas aussi âgés que les chênes (fig. 18a et b), puisque la majorité des frênes a entre 30 et 80 ans. Toutefois, on note une augmentation de l'âge des pieux dès l'approche du 31^e siècle: en effet, la première occupation du 32^e siècle est caractérisée par des frênes âgés de 25 à 65-70 ans, alors que pour les deux principales phases d'abattage du 31^e siècle, les bois sont, pour la plupart, âgés de 40 à près de 90 ans.

Les bois âgés sont rares et ne sont présents qu'à partir de 3065 av. J.-C. Ils correspondent aux phases d'abattage pendant lesquelles chênes et frênes sont coupés simultanément; c'est par exemple le cas des deux rangées de pieux en frêne ajoutées à la structure isolée en chêne. L'âge des frênes varie selon les épisodes chronologiques, mais, contrairement au chêne, la majorité des frênes sont âgés de 30 à 70 ans. La classe d'âge des 50 à 85 ans est bien représentée, mais seuls 21 individus ont plus de 85 ans.

La comparaison entre l'âge et le diamètre des frênes montre clairement deux groupes de bois (fig. 18c): un premier où les diamètres varient de 6 cm à 15 cm pour des bois âgés de 25 à 70 ans (une majorité), et un second lot comportant moins d'individus, âgés de 40 à 120 ans, pour des diamètres compris entre 20 cm et 30 cm. On rejoint le cas des chênes avec deux provenances différentes: la première correspondant à un milieu forestier fermé et

Fig. 17 – *Approche écologique des chênes de CH 19 (DAO: A. Viellet, 2007).*

l'autre à une forêt moins dense où l'action anthropique a transformé la forêt.

Le facteur «largeur moyenne du cerne par individu» devient, là aussi, un moyen d'affiner les premières impressions. La majorité des fûts de frêne possède un cerne moyen compris entre 0,5 mm et 1,4 mm, plus étroit que celui des chênes (fig. 18d). La cohérence entre l'âge des bois et la largeur du cerne semble évidente, mais là encore on distingue deux groupes principaux: un premier lot, où la largeur moyenne du cerne est comprise entre 0,6 mm et 1 mm, et un second, entre 1,1 mm et 1,6 mm. Le premier lot comporte les bois dont l'âge varie entre 30 et 70 ans, le second entre 25 et 90 ans. Ces deux groupes montrent

là encore que nous avons affaire à deux milieux forestiers différents.

Sur les graphiques, la largeur du cerne moyen est plus importante pour le frêne que pour le chêne (fig. 18e). L'écart est plus grand avec un minimum de 0,4 mm environ et un maximum de 4 mm, avec une concentration entre 0,5 mm et 1,6 mm. Même en prenant en compte les diamètres supérieurs à 15 cm, il n'en reste pas moins qu'un nombre non négligeable de frênes, malgré un diamètre plus fort (jusqu'à près de 45 cm de diamètre) garde une largeur de cerne moyen entre 0,5 mm et 1,6 mm. Seul un petit groupe de 12 bois possède une largeur de cerne supérieure à 1,9 mm.

Fig. 18 – *Approche écologique des frênes de CH 19* (DAO: A. Viellet, 2007).

d. Corrélation entre la largeur moyenne des cernes et l'âge des frênes

e. Corrélation entre la largeur moyenne des cernes par frêne et leur diamètre estimé

La largeur du cerne moyen des frênes est plus faible que celle des chênes. La vision d'une forêt fermée et sans traumatisme visible (ouverture de la forêt) paraît donc se confirmer pour la majorité des bois.

Il n'est pas interdit de concevoir que chênes et frênes se sont développés dans deux milieux tout à fait similaires. Le frêne a cependant un besoin de luminosité importante, il a donc apparemment davantage souffert dans les deux milieux forestiers où la compétition entre espèces l'a défavorisé.

Nous pourrions émettre l'hypothèse que les frênes ont été coupés les premiers, à proximité du lac, pour des

raisons tout à fait compréhensibles de commodité et d'économie du temps de travail, mais cette hypothèse n'est pas valide sur CH 19. La majorité des bois de cette étude paraît avoir souffert dans un environnement qui ne leur était pas favorable (essence héliophile), comme en témoignent les cernes serrés.

Bien entendu, ceci n'est valable que pour les frênes qui ont pu être datés. Il convient de se demander alors si tous les jeunes frênes (333) qui n'ont pas pu être datés en raison de leur jeunesse ne proviennent pas effectivement de la lisière de la forêt ou de coupes rases.

Fig. 19 – Bloc-diagramme des chênes de CH2-15qu, 3275/2923 av. J.-C. (DAO: A. Viellet, 2007).

CHALAIN 2 (CH 2)

Chalain se situe sur la rive occidentale du lac de Chalain dans la zone archéologique de la Prise d'Eau. Durant les fouilles réalisées en 1987 et 1988, 1 834 pieux et bois horizontaux ont été échantillonnés. Cependant, seules 883 pièces ont été déterminées en raison d'un nombre important de bois jeunes et de bois mal conservés. Les individus analysés se répartissent comme suit : 625 chênes, 87 frênes et 171 bois d'essences diverses (Lambert, 1988 ; Lavier, 1996).

ÉTUDE DES CHÊNES

Une moyenne dendrochronologique CH2-15qu a été réalisée à partir de 127 chênes pour une durée de 353 années (fig. 19). La datation a été effectuée à partir des référentiels A200 de Stuttgart (couvrant le secteur sud de l'Allemagne), NEOL1 (Néolithique moyen), NEOL2 (Néolithique final) de Neuchâtel et la moyenne M35qu de Clairvaux IV avec une origine en 3275 av. J.-C. et un terme en 2923 av. J.-C. sur aubier.

Le site de CH 2 possède deux palissades rectilignes, deux chemins de planches et deux zones d'habitat réparties de part et d'autre d'un chemin très bien marqué à l'intérieur du village (Pétrequin, Pétrequin, 1988). Le bloc-diagramme de CH 2 (fig. 19) montre trois phases principales (Lavier, 1996) : la phase la plus ancienne se situe aux environs de 3000 av. J.-C. (sans cambium), une deuxième phase d'abattage en 2979-2978 av. J.-C. (avec 4 cambiums), et, enfin, la dernière phase d'abattage en 2974 av. J.-C. comprenant 5 bois avec leur dernier cerne sous écorce. Les pieux de la phase 3000 av. J.-C. se composent de 19 bois (fig. 20). Ils sont localisés principalement dans les deux zones d'habitat, excepté 2 d'entre eux qui se situent entre les deux palissades. La deuxième phase d'abattage, datée de 2979-2978 av. J.-C., est matérialisée par 28 pieux parmi lesquels 5 ont encore leur cambium (fig. 20). Les bois sont regroupés par lots de 3 à 6 individus. Il s'agit sans doute de vestiges de maisons en partie disparues. La phase d'abattage la plus récente, en 2974 av. J.-C., se compose de 38 individus dont 5 ont encore leur cambium. Ces derniers font tous partie de la petite palissade, ainsi que 10 autres bois sans cambium. Il semble important de revenir sur la construction des palissades et sur la portion de chemin situé dans le village. Les pieux en chêne datés n'ont pas pu être tous attribués à ces trois phases d'abattage. Comme à CH 19, nous sommes sans doute en présence de phénomènes de réparations et

de reconstructions, comme l'indiquent les travaux d'entretien de la petite palissade et du chemin. Pour la palissade, le pieu le plus ancien est daté de 3142 av. J.-C., un second de 3084 av. J.-C., et la dernière phase d'abattage de 2974 av. J.-C. En ce qui concerne le chemin, les pieux datés sont également dispersés chronologiquement puisque le pieu le plus ancien est daté de 3124 av. J.-C., tandis que les bois suivants sont intégrés dans les trois phases d'abattage mises en évidence. L'étude des trois phases montre que l'occupation a duré au moins une trentaine d'années. Mais, dans cette étude, n'ont été prises en compte que les grandes phases d'abattage alors que, pour CH 19, nous avons pu distinguer les phases d'abattage des coupes ne comprenant que quelques bois (au moins 20 individus). Cette prise en compte d'un nombre de bois abattus plus important permet d'apprécier l'étendue chronologique de toutes les occupations potentielles.

ÉTUDE DES FRÊNES

En 2001, 21 frênes de Chalain 2 ont été analysés, autorisant la réalisation d'une moyenne, CH2-19fx d'une longueur de 60 années, composée de 14 individus avec une origine en 3127 av. J.-C. et un *terminus* en 3068 av. J.-C. sur aubier incomplet (fig. 21a). Cette chronologie est antérieure d'environ 70 ans à celle du chêne.

Les individus de cette moyenne sont des bois jeunes de 42 à 58 ans. Sur les 14 échantillons, 10 possèdent de l'aubier (entre 2 et 6 cernes) (p1212, p1217, p1339, p1358, p1474, p1570, p1614, p1627, p1631 et p1744). Seul le bois p1676 a un aubier plus large avec 11 cernes.

Pour cette essence, l'unique phase d'abattage concerne 11 pieux en frêne datés de 3068 av. J.-C. (fig. 21a), ce qui en fait la phase la plus ancienne du site. Avec ces nouvelles datations des frênes, il est probable que ce site ait été abandonné pendant une cinquantaine d'années. Cependant il ne faut pas oublier les pieux en chêne qui ne s'insèrent pas dans les phases d'abattage mises en évidence. Ces chênes sans aubier sont datés entre 3152 av. J.-C. et 3026 av. J.-C. Ils sont localisés dans deux secteurs : dans la partie ouest du village et au sud du chemin de planches (fig. 22). Seul un pieu est isolé côté est, mais il est peu éloigné du groupe de bois appartenant au chemin.

COURBES DE CROISSANCE

L'étude de la croissance des chênes permet de distinguer quatre groupes (fig. 23) :

Fig. 20 – Chalain 2. Localisation des chênes datés (DAO: A. Villet, 2007).

a. Bloc-diagramme

b. Courbes de croissances des frênes

Fig. 21 – Chronologie CH2 19fx (3127/3068 av. J.-C.) (DAO: A. Viellet, 2007).

- un groupe de bois âgés dont la courbe de croissance est plate. Cette dizaine d'arbres possède toutes les caractéristiques d'une forêt dite primaire où la compétition est telle que même les chênes n'ont pas suffisamment de lumière pour atteindre l'étage forestier supérieur (Schmerber, 1997; Hans-Jürgen, 1998; Schnitzler-Lenoble, 2002);
- un deuxième groupe de bois âgés avec une croissance sans perturbation marquée dont les courbes s'apparentent à celles du groupe précédent;

- un troisième ensemble regroupe des arbres dont la courbe est exponentielle, ce qui signifie que ces arbres ont eu une croissance régulière sans perturbation majeure pendant toute leur vie;
- enfin, un quatrième lot avec quelques jeunes chênes, à croissance rapide mais irrégulière, provient sans doute de rejets de souches.

En ce qui concerne les frênes, on observe deux types de croissance (fig. 21b) :

Fig. 22 – Chalain 2. Localisation des frênes datés. (DAO : A. Viellet, 2007).

Fig. 23 – Courbes de croissance des chênes de CH2-15qu (3275/2923 av. J.-C.) (DAO: A. Viellet, 2007).

- la première se caractérise par une croissance rapide et perturbée. L'alternance de pics et de chutes de croissance semblerait indiquer un milieu assez ouvert avec des stress d'ordre climatique ou anthropique;
- le second ensemble se distingue du premier par une baisse rapide de la croissance, alors que les arbres ne sont âgés que d'une cinquantaine d'années. Vers leur vingtième année, ces arbres connaissent un ralentissement de croissance. Essence de lumière, les frênes n'ont pas pu s'adapter à la concurrence avec d'autres arbres et à une compétition trop forte. Tout porte à croire qu'ils sont issus d'un milieu où les essences se disputent le premier étage forestier.

Le lot de bois étudié sur le site de Chalain 2 est quantitativement faible par rapport aux différentes structures et à la superficie fouillée. La mesure d'autres échantillons pourrait faire l'objet d'un complément d'étude.

VERS DES SYNTHÈSES DENDROCHRONOLOGIQUES

Dans l'analyse des trois sites que nous venons d'étudier, nous avons volontairement mis l'accent sur l'occupation spatiale et l'environnement, ainsi que sur les potentialités et les faiblesses des résultats dendrochronologiques. Les deux essences analysées, chêne et frêne, ont permis de mettre en évidence différents aspects : les chronologies du frêne sont moins nombreuses, mais elles sont pourtant essentielles pour comprendre la mise en place des différentes structures architecturales ; sur Chalain 19, il a été possible de suivre une alternance d'exploitation bien marquée entre le chêne et le frêne. Ces modifications d'abattage reflètent sans doute d'autres phénomènes d'ordre social, culturel ou démographique. Afin de rendre compte de ces phénomènes dans leur globalité, nous avons intégré dans cette partie les autres sites étudiés par la dendrochronologie de Chalain et Clairvaux entre le 35^e et le 30^e siècle.

LE JEU DES ESSENCES

Sur le bloc-diagramme, nous avons cumulé toutes les chronologies datées des chênes et des frênes entre le 35^e et le 30^e siècle av. J.-C. (fig. 24). Les essences chêne et frêne sont utilisées différemment selon les épisodes chronologiques. En contexte Port-Conty, le site de Clairvaux II-IIbis montre que les frênes et les chênes ont quasiment été utilisés indifféremment.

Après un hiatus de deux siècles et demi, le 32^e siècle est caractérisé par l'emploi massif des frênes jusqu'au milieu

du 31^e siècle. Puis le chêne est à nouveau exploité jusqu'à la fin du 30^e siècle, période ponctuée occasionnellement par la présence de quelques frênes âgés.

Afin de compléter cette première approche, un examen morphologique sur le débitage des fûts a été réalisé (fig. 24). Il révèle que les chênes sont très majoritairement refendus, quelle que soit la période ; quant au frêne, il est utilisé sous deux formes, circulaire ou refendu. Au Port-Conty, le frêne est indifféremment employé circulaire ou refendu. Il faut toutefois noter que les pieux circulaires sont utilisés principalement pour les fondations de la maison 12 (Clairvaux II-II bis), tandis que les pieux refendus sont majoritairement localisés dans la palissade.

Pendant la culture de Horgen, où le frêne est l'essence de prédilection, les fûts sont utilisés uniquement en section circulaire. Puis, au début du 30^e siècle, on observe un changement de débitage avec, cette fois, des pieux exclusivement refendus. Ces frênes sont peu nombreux mais de fort diamètre, ce qui a permis leur refente. Ce changement de débitage des frênes est attesté en 2996 av. J.-C., après une absence d'utilisation de cette essence pendant une vingtaine d'années, au profit exclusif du chêne refendu.

L'exploitation des chênes connaît également un changement fondamental. Au 32^e siècle et jusqu'à la première moitié du 31^e siècle, cette essence est sous-exploitée. Ces fûts âgés d'une cinquantaine à une centaine d'années ont un diamètre inférieur à 20 cm. Mais, à partir de la seconde moitié du 31^e siècle jusqu'à la fin du 30^e siècle, les chênes utilisés ont entre 100 et 200 ans et un diamètre souvent supérieur à 25-30 cm.

Ce type de débitage en refend sur chênes et frênes âgés semble refléter une croissance démographique importante liée sans doute à l'augmentation du nombre de villages et au besoin d'aller plus profondément dans la forêt où les bois n'ont pas encore subi l'impact de l'homme (Pétrequin *et al.*, 1998).

UNE DÉMOGRAPHIE EN EXPANSION

Le Néolithique final est caractérisé par une occupation continue de près de trois siècles, de 3200 à 2916 av. J.-C. Cette séquence chronologique comporte une soixantaine de phases d'abattage qui vont permettre de visualiser le nombre de villages contemporains au bord des deux bassins lacustres (fig. 24). Neuf sites ont été pris en compte : CH 2, CH 3, CH 4, CH 5, CH 6 et CH 19 pour le lac de Chalain ; CL IV, CL MM et CL X pour Clairvaux (fig. 25). On constate tout d'abord une occupation quasi continue ;

Fig. 24 – Bloc-diagramme des moyennes datées de Chalain et de Clairvaux du 35^e au 30^e siècle av. J.-C. et morphologie des chênes et des frênes abattus (DAO : A. Viellet, 2007).

Datation	Sites									Nombre de villages
	CH 19	CH 2	CH 3	CH 4	CH 5	CH 6	CL IV	CL MM	CL X	
2920										1
2940										1
2956										1
2957										1
2958										1
2963										1
2970/2960										2
2972										3
2974										2
2975										2
2976										3
2977										3
2978										4
2979										3
2980										3
2986										1
2987										1
2988										1
2989										1
2990										2
2991										1
2992										1
2996										1
3000										3
3001										2
3002										2
3003										2
3004										2
3005										1
3006										1
3007										2
3008										2
3009										1
3010										1
3017										1
3018										1
3019										1
3024										1
3026										1
3030/3020										2
3035										1
3044										1
3068										1
3069										1
3096										1
3097										1
3098										1
3169										1
3170										1
3171										1
3172										1
3173										1
3174										1
3175										1
3176										1
3177										1
3178										1
3179										1
3180										2
3181										1
3182										1
3200										1

— nombre de villages contemporains

Fig. 25 – Schéma reprenant le cumul des villages contemporains d'après les phases d'abattage des chênes et des frênes de 3200 à 2920 av. J.-C. (DAO : A. Viellet, 2007).

des hiatus sont possibles, mais ils sont certainement de courte durée. L'observation de la figure 24 permet de suggérer une période d'intensification de l'occupation des rives, c'est-à-dire des moments où les villages sont les plus nombreux.

Une première période d'intensification, entre 3004 et 3000 av. J.-C., montre deux à trois villages contemporains pendant ces cinq années; trois d'entre eux sont à Chalain (CH 4, CH 2 et CH 19) et le quatrième à Clairvaux (la Motte-aux-Magnins).

La deuxième période d'intensification dure une dizaine d'années, entre 2980 et 2970 av. J.-C. Le nombre de villages contemporains varie de deux à quatre. Tous les sites étudiés sont concernés, excepté CH 4 dont la dernière phase d'abattage se situe en 3001 av. J.-C.

Ces données reflètent certainement une part de réalité. Mais il s'agit de phases d'abattage qui précèdent les périodes d'occupation ou de réutilisation de structures qui ont probablement une espérance de vie supérieure à une dizaine d'années. Nous devons donc nuancer l'interprétation de nos résultats. De plus, si l'on prend en compte les dates radiocarbone et la typologie des artefacts, le nombre de villages contemporains augmente: pour deux occupations reconnues par la dendrochronologie, on peut aisément ajouter au moins deux occupations reconnues par l'archéologie (Pétrequin, 2000 et 2001).

DENDROCHRONOLOGIE ET ENVIRONNEMENT

Nous avons tenté d'évoquer l'environnement forestier néolithique par le biais des bois analysés. Il est toutefois important de rester prudent, car nos hypothèses, bien que fondées, ne reflètent qu'une vision partielle de ce milieu.

Les bois analysés sont majoritairement des pieux verticaux, qui ne représentent qu'une partie des bois abattus pour réaliser les structures architecturales telles que les maisons, les palissades ou les chemins de planches. Une autre restriction est liée à la sélection des essences: seuls les chênes et les frênes ont été analysés dans cette étude. De surcroît, les bois jeunes ont souvent été écartés en raison d'une marge d'erreur trop importante lors de leur synchronisation. C'est en particulier le cas des rejets de souche (Viellet, 2005 et 2007).

Ces remarques concernant l'environnement forestier au Néolithique nous autorisent toutefois à évoquer différents milieux potentiels:

- une forêt de type primaire telle celle qui est encore visible le long de la frontière entre la Biélorussie et la

Pologne avec la forêt de Białowieża, où les processus écologiques ne sont pas perturbés par l'homme;

- une forêt de type secondaire âgée, avec des chênes et des frênes de tous âges, toutefois marqués par des croissances difficiles où la compétition est importante;

- une forêt de type secondaire jeune transformée régulièrement et activement, où l'on retrouve des croissances dynamiques.

Ce sont ces chênes âgés, à croissance plate et lisse, mais de diamètre modeste, qui montreraient l'existence d'une forêt de type primaire, peu ou pas touchée par l'homme. Ces bois ont été abattus principalement pendant des périodes où la croissance démographique est importante et le nombre de villages en augmentation. On peut alors penser que les cultivateurs néolithiques ont été «obligés», par choix ou par nécessité, de se rendre au-delà de la forêt de type secondaire proche pour obtenir des fûts de qualité exceptionnelle dont la croissance lente et régulière assure une longévité maximale aux structures architecturales (Lavie, 2003).

*
* *

APPORT DE LA DENDROCHRONOLOGIE À L'ARCHÉOLOGIE

Grâce aux milliers d'artefacts, particulièrement bien conservés en milieu anaérobie, les préhistoriens ont pu préciser les grandes tendances évolutives des cultures archéologiques à Chalain et à Clairvaux et définir une chronologie relative. Les systèmes chronoculturels ont été établis principalement à partir de la céramique qui reste, pour l'instant, le meilleur marqueur culturel (Pétrequin, 1988; Pétrequin, Bailly, Viellet, 2001).

Mais les vraies difficultés commencent avec la datation absolue de ces ensembles successifs (sédimentaires, stylistiques, culturels). Dans le cas des deux bassins lacustres, 48 dates radiocarbone ont été obtenues, toujours à partir de bois ou de charbons de bois et en choisissant les cernes les plus proches de l'écorce. Sur la figure 25, le résultat de ces datations (conventionnelles ou AMS) a été figuré en blocs cumulatifs. On se rend vite compte de l'incertitude de ces groupements de dates pour situer précisément un ensemble culturel en chronologie, d'autant qu'il semble bien que, pour des raisons que nous ignorons, l'incertitude augmente avec l'intensité de la durée de l'occupation (Pétrequin,

Fig. 26 – Diagramme cumulatif des dates radiocarbone conventionnelles avec un intervalle de confiance de 2 sigma, selon la succession des groupes culturels reconnus entre 3700 et 2400 av. J.-C., à Chalain et à Clairvaux. Les dates dendrochronologiques sont mises en regard des dates radiocarbone. La date du NMB est une hypothèse dendrochronologique. (Logiciel Calibeth v. 1.5b, sept. 1991, Zurich, DAO : P. Pétrequin, 2001).

Bailly, Viellet, 2001) ; le cas est manifeste pour le groupe de Chalain qui, en chronologie, ne montre aucun pic statistique (fig. 26, colonne de droite). Nous avons replacé sur cette figure, sous la forme d'un rectangle vertical blanc, la position chronologique absolue des principaux ensembles stylistiques de la céramique, position fondée sur les attributions dendrochronologiques directes (datations à Chalain

ou à Clairvaux) ou indirectes (datations d'ensembles typologiques équivalents, mais sur le lac de Neuchâtel, comme c'est le cas pour le groupe de Chalain/Auvernier-Cordée). En fait, dans ces villages d'ambiance humide, les limites du radiocarbone sont vite atteintes. De telles chronologies, fondées sur les analyses radiocarbone, tendent, en général, à montrer des évolutions lentes, des transformations pro-

Fig. 27 – Modifications des conditions d'approvisionnement en bois d'œuvre sur le site de CH 19 et la mutation culturelle du 31^e siècle av. J.-C. (DAO: A. Viellet, P. Pétrequin, 2002, p. 179).

gressives, des acculturations de proche en proche plutôt que des accélérations du peuplement, des transferts rapides par circulation des idées ou par déplacement de population.

L'application de la dendrochronologie à cette notion d'écoulement du « temps culturel » à Chalain et à Clairvaux est efficace, lorsque la documentation dendrochronologique est abondante et de bonne qualité, comme c'est le cas entre le 32^e et le 30^e siècle.

Pour le néolithicien, il s'avère essentiel de préciser le temps qu'il a fallu pour passer de la culture de Horgen à celle de Ferrières-Clairvaux, le phénomène ayant été suivi en détail, à partir de la céramique et de plusieurs séquences sédimentaires à Chalain 3 et Chalain 19 (fig. 27, à droite). Les dates radiocarbone permettraient de suggérer un passage lent et progressif. Au contraire, l'observation des bois d'œuvre sur le terrain a permis de proposer une interprétation radicalement différente (Pétrequin *et al.*, 1999) : une expansion rapide des groupes Ferrières-Clairvaux

conduisant à abandonner l'exploitation des jeunes perchis de frêne, correspondant à une agriculture cyclique en forêt dans un territoire réduit (modèle Horgen), pour se tourner vers un milieu plus éloigné des villages, avec une couverture forestière de chênes et de frênes pour la plupart âgés. L'hypothèse d'une migration conduisant à une augmentation rapide de la population locale s'accorderait alors aussi bien aux observations sur les matériaux de construction qu'au passage très rapide d'une culture (Horgen) à l'autre (Ferrières-Clairvaux).

Ce changement d'approvisionnement en bois d'œuvre, en relation avec une modification des techniques et des styles céramiques (fig. 27), a été vérifié par la dendrochronologie. Le point de rupture entre les deux modes d'alimentation en bois d'œuvre peut être daté de 3050 av. J.-C., date à partir de laquelle les gros chênes et les frênes augmentent numériquement jusqu'en 2980. La modification du panorama culturel est donc effectivement rapide, avec

Fig. 28 – À la fin du IV^e millénaire av. J.-C., les lacs de Chalain et de Clairvaux sont placés juste en limite des zones d'influences culturelles Horgen (nord-est) et Ferrières (sud) (DAO : P. Pétrequin sur fond de carte Bertin, 2002, p. 176).

une régionalisation du nouveau style Ferrières-Clairvaux en 25 à 30 années, c'est-à-dire la durée d'une génération (fig. 28).

Les préhistoriens non anglo-saxons se méfient, en général, de ces notions de densité de peuplement et de

pression démographique, parce qu'elles sont rarement démontrables. Mais l'exemple considéré ici nous semble tout à fait pertinent pour commencer à modifier les modes de pensée d'une archéologie de la stabilité (Pétrequin, 1997a-b et 2005).

BIBLIOGRAPHIE

ABRÉVIATIONS

APDCA	Association pour la promotion et la diffusion des connaissances archéologiques.
BSPF	<i>Bulletin de la Société préhistorique française.</i>
CTHS	Comité des travaux historiques et scientifiques.
MSH	Maison des sciences de l'homme.

BAILLIE M. G. L., PILCHER J. R.

1973: «A simple cross-dating program for tree-ring research», *Tree-Ring Bulletin*, 37, p. 1-12.

BECKER B.

1985: «Die absolute Chronologie der Pfahlbauten nördlich der Alpen im Jahrringkalender Mitteleuropas», in *Dendrochronologie in der Ur- und Frühgeschichte: die absolute Datierung von Pfahlbausiedlungen nördlich der Alpen im Jahrringkalender Mittel-Europas*, Basel, Société suisse de préhistoire et d'archéologie (coll. Antiqua, 11), p. 8-29.

CAMPY M.

1982: *Le Quaternaire franc-comtois*, Thèse de doctorat, Univ. de Franche-Comté, multigraphié.

ECKSTEIN D.

1969: *Entwicklung und Anwendung der Dendrochronologie zur Alterbestimmung des Siedlung Haithabu*, Thèse de doctorat, Univ. de Hambourg.

GUIBAL F., LAMBERT G.-N., LAVIER C.

1992: «Application de trois tests de synchronisation à trois types de données», *Dendrochronologia*, 9, p. 193-206.

HAFNER A.

1992: «Latrigen VI "Riedstation": un plan de village littoral néolithique (lac de Bienne, Suisse)», in *Archéologie et environnement des milieux aquatiques, Actes du 116^e congrès national des sociétés savantes, Chambéry 1991*, Paris, éd. du CTHS, p. 234-243.

HANS-JÜRGEN O.

1998: *Écologie forestière*, Paris, Institut pour le développement forestier, 397 p.

HOLLSTEIN E.

1980: *Mitteleuropäische Eichenchronologie*, Mainz, Philipp von Zabern.

KÖNINGER J., MAINBERGER M., SCHLICHTERLE H., VOSTEEN M.

2002: *Schleife, Schlitten, Rad und Wagen: Zur Fragefrüher Transportmittelnördlich der Alpen, Rundgespräch Hemmenhofen 10, Oktober 2001*, Hemmenhofen Skripte, 3, Gaienhofen-Hemmenhofen, Landesdenkmalamt Baden-Württemberg.

LAMBERT G.-N.

1998: «La dendrochronologie, mémoire de l'arbre», in FERDIÈRE A. (DIR.), *La Datation en laboratoire*, Paris, éd. Errance (coll. Archéologiques), p. 13-69.

LAMBERT G.-N., LAVIER C.

1989: «Dendrochronologie des stations II et II bis», in PÉTREQUIN P. (DIR.), *Les Sites littoraux néolithiques de Clairvaux-les-Lacs (Jura) -II- Le Néolithique moyen*, Paris, éd. MSH, p. 137-154.

1990: «Dendrochronologie et méthodologie», *BSPF*, 87/5, p. 143-152.

1992a: «Dendrochronology in Eastern and North-Eastern France, Lundqua Report», in BARTHOLIN B., BERGLUND B., ECKSTEIN D., SCHWEINGRUBER F. (DIR.), *Tree-Rings and Environment, 34, Proceedings of the International Dendrochronological Symposium, Ystad, South Sweden, 3-9 sept. 1990*, Birmensdorf, Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research, WSL/FNP, p. 177-181.

1992b: «L'étalon de datation dendrochronologique Bourgogne 29», in LAMBERT G.-N., MAURICE-CHABARD B. (DIR.), *Les Veines du temps, lectures de bois en Bourgogne*, Autun, Musée Rolin, p. 123-156.

LAMBERT G.-N., LAVIER C., PERRIER P., VINCENTOT S.

1988: «Pratique de la dendrochronologie», *Histoire et Mesure*, III/3, p. 279-308.

LAVIER C.

1996: *Dendrochronologie appliquée à l'archéologie: élaboration d'une chronologie du chêne (Quercus sp.) pour le Néolithique à partir des sites lacustres de Clairvaux-les-Lacs et*

de Chalain (Jura, France), Mémoire de DEA, Méthodes et techniques nouvelles en sciences humaines, option Histoire et cultures des sociétés antiques, Univ. de Franche-Comté, multigraphié.

2003: «Dendrochronologie et retables brabançons: méthodologie, technologies, analyses et interprétations spécifiquement adaptées à l'étude des œuvres», in GUILLOT DE SUDUIRAUT S. (DIR.), *Les Retables brabançons des XV-XVI^e siècles, Actes du colloque international, Paris, mai 2001*, Paris, coédition Louvre/Documentation française, p. 403-435.

PÉTREQUIN P.

1989: *Les Sites littoraux néolithiques de Clairvaux-les-Lacs (Jura) -II- Le Néolithique moyen*, Paris, éd. MSH.

1997a: «Sociétés à évolution lente ou fantasmes occidentaux?: le temps du Néolithique (6000-2100 av. J.-C.)», *Traverse, Zur Sozialgeschichte der Zeit*, 1997/3, p. 48-62.

1997b: «Variations démographiques et transferts culturels», in PÉTREQUIN P. (DIR.), *Les Sites littoraux néolithiques de Clairvaux-les-Lacs et de Chalain (Jura) -III- Chalain station 3, 3200-2900 av. J.-C.*, vol. 2, Paris, éd. MSH, p. 319-323.

2000: *Chalain 2000: quatre millénaires d'habitat lacustre mis en question*, Besançon, Laboratoire de chrono-écologie et Centre de recherche archéologique de la vallée de l'Ain, multigraphié.

2001: *Clairvaux 2001: trois millénaires d'habitat lacustre*, Besançon, Laboratoire de chrono-écologie et Centre de recherche archéologique de la vallée de l'Ain, multigraphié.

2005: «Habitats lacustres néolithiques et perception du temps», *BSPF*, 102/4, p. 789-802.

PÉTREQUIN P., ARBOGAST R.-M., BOURQUIN-MIGNOT C., DUPLAIX A., MARTINEAU R., PÉTREQUIN A.-M., VIELLET A.

2002: «Le mythe de la stabilité: déséqui-

libres et réajustements d'une communauté agricole néolithique dans le Jura français, du 32^e au 30^e siècle av. J.-C.», in RICHARD H., VIGNOT A. (DIR.), *Équilibres et ruptures dans les écosystèmes depuis 20 000 ans en Europe de l'Ouest, Actes du colloque international de Besançon, sept. 2000*, Besançon, Presses universitaires de Franche-Comté (coll. Annales littéraires de l'université de Franche-Comté, série Environnement, sociétés et archéologie, 3), p. 175-190.

PÉTREQUIN P., ARBOGAST R.-M., BOURQUIN-MIGNOT C., LAVIER C., VIELLET A.

1998: «Demographic growth, environmental changes and technical adaptations: responses of an agricultural community from the 32nd to the 30th centuries BC», *World Archaeology*, 30/2, p. 181-192.

PÉTREQUIN P., BAILLY M., VIELLET A.

2001: «Les villages littoraux néolithiques du Jura français et les chronologies des IV^e et III^e millénaires av. J.-C.: le point de vue de l'archéologue et du dendrochronologue», in BARRANDON J.-N., GUIBERT P., MICHEL V. (DIR.), *Datation, Actes des XXI^e rencontres internationales d'archéologie et d'histoire d'Antibes, Antibes, 19 oct. 2000*, Antibes, éd. APDCA, p. 407-431.

PÉTREQUIN P., PÉTREQUIN A.-M.

1988: *Le Néolithique des Lacs: Préhistoire des lacs de Chalain et de Clairvaux (4000-2000 av. J.-C.)*, Paris, éd. Errance (Coll. Hespérides).

PÉTREQUIN P., PÉTREQUIN A.-M., FRENEE E., MONNIER J.-L.

1992: «Chalain 6 (Fontenu, Jura): architecture et traction animale au Néolithique final», in: *Archéologie et environnement des milieux aquatiques, Actes du 116^e congrès des sociétés savantes, Chambéry 1991*, Paris, éd. du CTHS, p. 243-262.

PÉTREQUIN P., PÉTREQUIN A.-M., VIELLET A., MARÉCHAL D.

2001: *Chalain 19, 6^e année de fouille programmée tri-annuelle, rapport à 3 ans*, Besançon, Laboratoire de chrono-écologie, 3 vol., multigraphié.

PÉTREQUIN P., VIELLET A., ILLERT N.

1999: «Le Néolithique au nord-ouest des Alpes: rythmes lents de l'habitat, rythmes rapides des techniques et des styles?» in BRAEMER F., CLEUZIOU S., COUDART A. (DIR.), *Habitat et société, Actes des XIX^e rencontres internationales d'archéologie et d'histoire d'Antibes, Juan-les-Pins, 22-24 oct. 1998*, Antibes, éd. APDCA, p. 297-323.

SCHIFFERDECKER F.

1984: «Notes à propos de la densité de l'habitat néolithique à Auvernier (Neuchâtel, Suisse)», in *Influences méridionales dans l'est de la France au Néolithique: le rôle du Massif central, Actes du colloque interrégional sur le Néolithique, Le Puy-en-Velay, 3-4 oct. 1981*, Clermont-Ferrand, Centre de recherches et d'études préhistoriques de l'Auvergne (Cahier 1), p. 275-279.

SCHIFFERDECKER F., SUTER P.-J.

1986: «Le Néolithique sur le plateau suisse», in: *Chronologie: datation archéologique en Suisse*, Bâle, Société suisse de préhistoire et d'archéologie (coll. Antiqua, 15), p. 34-43 et 129-143.

SCHMERBER C.

1997: «Les arbres face à la lumière», *Bulletin technique de l'Office national des Forêts, n° spécial 34*, p. 45-108.

SCHNITZLER-LENOBLE A.

2002: *Écologie des forêts naturelles d'Europe: biodiversité, sylvigénèse, valeur patrimoniale des forêts primaires*, Paris, éd. Techniques et Documentation.

VIELLET A.

1996: *Étude dendrochronologique du frêne sur la station II-IIbis de Clairvaux-les-Lacs*, Mémoire de maîtrise, Histoire de l'art et archéologie, Univ. de Franche-Comté, multigraphié.

2005: «Synthèse chronologique des bois d'œuvre des sites néolithiques de Clairvaux-les-Lacs et de Chalain (Jura, France): les aléas de la méthode dendrochronologique», *BSPF*, 102/4, p. 803-812.

2007: *Temps, espace, environnement: étude dendrochronologique des villages littoraux de Chalain et de Clairvaux (Jura, France) du 39^e au 26^e siècle av. J.-C.*, Thèse de doctorat, Archéologie, Univ. de Franche-Comté, 384 p., multigraphié.