

**UNIVERSITE DE FRANCHE-COMTE  
ECOLE DOCTORALE « LANGUAGES, ESPACES, TEMPS, SOCIETES »**

Thèse en vue de l'obtention du titre de docteur en  
**ARCHEOLOGIE**

**TEMPS, ESPACE, ENVIRONNEMENT.  
ETUDE DENDROCHRONOLOGIQUE DES VILLAGES LITTORAUX  
DE CHALAIN ET DE CLAIRVAUX (JURA, France)  
DU 39<sup>e</sup> AU 26<sup>e</sup> SIECLES AV. J.-C.**

Présentée et soutenue publiquement par

**Amandine VIELLET**

Le 28 juin 2007

Sous la direction de M. Pierre PETREQUIN

Membres du Jury :

Alain BEECHING, Professeur à l'université Lumière - Lyon II, Rapporteur  
Patrick GASSMANN, Responsable du laboratoire de dendrochronologie,  
Laténium, Neuchâtel, Suisse, Invité  
Christian JEUNESSE, Professeur à l'université Marc Bloch Strasbourg II  
Georges Noël LAMBERT, Chargé de recherche CNRS, Besançon  
Pierre PETREQUIN, Directeur de recherche CNRS, Besançon  
Jean VAQUER, Directeur de recherche CNRS, Toulouse, Rapporteur



**UNIVERSITE DE FRANCHE-COMTE  
ECOLE DOCTORALE « LANGUAGES, ESPACES, TEMPS, SOCIETES »**

Thèse en vue de l'obtention du titre de docteur en  
**ARCHEOLOGIE**

**TEMPS, ESPACE, ENVIRONNEMENT.  
ETUDE DENDROCHRONOLOGIQUE DES VILLAGES LITTORAUX  
DE CHALAIN ET DE CLAIRVAUX (JURA, France)  
DU 39<sup>e</sup> AU 26<sup>e</sup> SIECLES AV. J.-C.**

Présentée et soutenue publiquement par

**Amandine VIELLET**

Le 28 juin 2007

Sous la direction de M. Pierre PETREQUIN

Membres du Jury :

Alain BEECHING, Professeur à l'université Lumière - Lyon II, Rapporteur  
Patrick GASSMANN, Responsable du laboratoire de dendrochronologie,  
Laténium, Neuchâtel, Suisse, Invité  
Christian JEUNESSE, Professeur à l'université Marc Bloch Strasbourg II  
Georges Noël LAMBERT, Chargé de recherche CNRS, Besançon  
Pierre PETREQUIN, Directeur de recherche CNRS, Besançon  
Jean VAQUER, Directeur de recherche CNRS, Toulouse, Rapporteur



*Illustration P. Vieillet*

## **AVANT-PROPOS**

Ce travail est le fruit d'une longue histoire. Arrivée presque par hasard en 1993 à Chalain en temps que guide archéologique sur le site des maisons expérimentales, j'ai commencé à fouiller au sein de l'équipe de Pierre Pétrequin dès l'année suivante dans le cadre de la fouille programmée de Chalain 4, et ne suis plus repartie...

En 1996, mon mémoire de maîtrise concernait déjà l'étude dendrochronologique des frênes de la station II-II bis de Clairvaux, fouillée une vingtaine d'années auparavant. En 1997, dans le cadre du DEA, j'ai commencé l'analyse des chênes et des frênes de Chalain 19. Ce site fouillé pendant six années m'a permis d'évaluer la tâche colossale du dendrochronologue face à un village néolithique final décapé sur près de 2000 m<sup>2</sup>, avec son chemin d'accès et sa palissade. C'est en temps qu'archéologue et dendrochronologue que j'ai participé activement à la fouille, au relevé et au prélèvement de deux milliers de pieux afin d'acquérir une bonne expérience des milieux humides et des problématiques qui s'y rattachent.

Mais ce n'est qu'en 2001 que l'analyse dendrochronologique a réellement commencé, alors que j'étais en possession de la totalité des échantillons du site : il était alors possible de constituer des moyennes satisfaisantes et de dépasser ainsi la stricte approche chronologique,

pour aborder les aspects écologiques et plus particulièrement les relations que les cultivateurs néolithiques ont entretenus avec l'environnement forestier du Premier Plateau du Jura.

Mon intention dans ce travail est de mettre à profit la méthode dendrochronologique, comme outil de datation au service de l'archéologie, pour affiner les successions culturelles à l'intérieur de l'ensemble cohérent que représentent les deux bassins lacustres de Chalain et de Clairvaux. Ces deux lacs constituent en effet deux entités à la fois originales et complémentaires, où les stratigraphies parfois dilatées permettent au préhistorien d'établir des évolutions culturelles bien documentées par un matériel abondant et particulièrement bien conservé. La dendrochronologie, particulièrement efficace dans ces ambiances anaérobies où les bois sont préservés, est alors le complément indispensable pour préciser la durée des différentes occupations ou/et abandons des villages.

Nous avons commencé notre recherche par un test sur les pieux d'une structure isolée sur le site de Chalain 19. Il s'agissait alors de déterminer les possibilités, mais aussi les limites de la méthode dendrochronologique, limites liées à l'âge des bois et à leur croissance, à la présence ou l'absence de cambium.

Après ces préalables sur une série aisée à cerner, car peu nombreuse (200 bois environ), nous avons élargi l'étude à l'ensemble du site de Chalain 19, fouillé sur près de 2000 m<sup>2</sup>, en y analysant la totalité des chênes et des frênes de la palissade, des chemins de planches et des habitations. Ainsi, nous avons pu mettre en évidence différentes phases d'occupation du site et proposer une interprétation pour les modes de construction et la longévité des différentes structures.

Il était ensuite intéressant d'étendre le travail à l'ensemble des villages du Néolithique moyen et final reconnus à Chalain et à Clairvaux. Cette synthèse, qui prend en compte les études déjà réalisées par Catherine Lavier dix ans plus tôt, concerne un millénaire d'habitat lacustre dans la Combe d'Ain et une vingtaine de sites entre le 39<sup>e</sup> et le 29<sup>e</sup> siècle av. J.-C. Nous avons pu mettre en lumière des hiatus chronologiques qui viennent rythmer ce millénaire d'occupation, ainsi que les moments de forte intensification de l'habitat ; ces rythmes sont, à mon sens, à mettre en relation avec des fonctionnements sociaux plutôt que simplement -comme le veut certaine tradition des recherches au bord des plans d'eau- en rapport strict et unique avec les variations du niveau des lacs.

Même si l'étude de l'environnement forestier de ces villages néolithiques littoraux n'était pas sans difficulté, nous avons tenté d'aborder plus particulièrement la provenance des bois

abattus, en réfléchissant sur les courbes de croissance des chênes et des frênes. Cette première approche laisse entrevoir les potentialités qu'offre l'étude des bois pour une meilleure connaissance de l'environnement forestier au Néolithique.

La méthode dendrochronologique reste incontestablement le meilleur moyen pour dater de façon précise, idéalement à l'année près, les épisodes qui ont rythmé le temps et la vie des communautés lacustres ; mais elle ne prend toute son efficacité que dans le cadre de recherches pluridisciplinaires dont le fil conducteur est manipulé par des généralistes qui dominent les problèmes.

Mais dans les faits, le cas des villages littoraux de Chalain et de Clairvaux montre que l'application de la dendrochronologie est loin d'être aussi évidente qu'il n'y paraît -au moins pour des gens extérieurs à cette discipline au sens strict- (recherche exclusive de la date) et que les apports scientifiques en sont parfois à la fois plus aléatoires et plus imprévisibles, offrant alors des conséquences dans des domaines jusqu'ici peu abordés, comme ceux des variations de la densité de population.



## REMERCIEMENTS

Si ce travail de longue haleine voit le jour, c'est en grande partie grâce à Pierre Pétrequin et Catherine Lavier. Je remercie tout d'abord Pierre Pétrequin, ancien directeur du Laboratoire de Chrono-écologie, UMR 6565, CNRS et Université de Besançon, responsable des recherches à Clairvaux et à Chalain depuis plus de 30 ans, de m'avoir confié en 1995 l'étude des pieux néolithiques des villages littoraux jurassiens.

Catherine Lavier, actuellement Ingénieur de recherche au Centre de Recherche et de Restauration des Musées de France, avait initié cette étude, avec Georges-Noël Lambert, dès son arrivée au Laboratoire de Chrono-écologie en 1985. Qu'elle soit ici chaleureusement remerciée de nous avoir formée à la discipline en prodiguant conseils et encouragements constants.

Je veux remercier les membres du jury ici présent d'avoir accepté de porter un regard critique sur ce travail :

- Alain Beeching, Professeur, Université Lumière-Lyon 2, rapporteur
- Jean Vaquer, Directeur de Recherche au CNRS, Centre d'Anthropologie de Toulouse, Université de Toulouse-Le Mirail, rapporteur

- Christian Jeunesse, Professeur, Université Marc Bloch, Strasbourg II
- Georges-Noël Lambert, Chargé de recherche au CNRS, Laboratoire de Chrono-Écologie, Université de Franche-Comté
- Patrick Gassmann, dendrochronologue au Musée du Laténium de Neuchâtel a accepté notre invitation pour participer à ce jury ; il a généreusement mis à ma disposition plusieurs référentiels suisses et allemands indispensables aux comparaisons chronologiques de part et d'autre du Jura.

Dès 1995, le Laboratoire de Chrono-écologie et leurs directeurs successifs Pierre Pétrequin et Hervé Richard, m'a accueilli dans ses locaux où j'ai pu effectuer ma recherche. Une bourse B.D.I. de deux années (2000 et 2001) a facilité mes conditions de travail. Le Centre de Recherche Archéologique de la Vallée de l'Ain m'a également soutenu financièrement pendant ce travail.

J'exprime toute ma reconnaissance aux fouilleurs qui m'ont aidée lors des prélèvements, parfois difficiles, des quelque 2000 pieux de Chalain 19, et à tous les acteurs qui, depuis 1970, contribuent à la richesse des résultats obtenus sur ces sites lacustres. Les discussions fructueuses entre les différents participants à ce vaste programme de recherche ont considérablement enrichi nos réflexions et alimenté des débats passionnants et souvent passionnés. Je souhaite que mon travail reflète une partie de cette passion partagée.

Un grand merci à Anne-Marie Pétrequin pour son aide précieuse lors de la mise en forme de la thèse et pour son amical et chaleureux soutien.

Enfin, je tiens à exprimer toute mon affection à ma famille, mes amis et Lou qui m'ont supportée et ont su me porter jusqu'au bout de cette belle aventure.

A tous, merci !





# SOMMAIRE

<b>INTRODUCTION</b>	<b>17</b>
<b>CHAPITRE 1</b>	<b>39</b>
<i>Dendrochronologie et premiers tests à Chalain 19</i>	
<b>1. Introduire la dendrochronologie</b>	<b>41</b>
1.1. <i>Évolution de la dendrochronologie</i>	42
1.2. <i>Principes de la dendrochronologie</i>	46
1.2.1. <i>Préparation et mesure</i>	46
1.2.2. <i>Synchronisation des séquences</i>	49
1.2.3. <i>Indices de correction</i>	49
1.2.4. <i>Tests de corrélation</i>	50
<b>2. Choix d'une zone-test</b>	<b>51</b>
2.1. <i>Contexte archéologique du test</i>	53
2.1.1. <i>Des artefacts originaux pour une structure originale</i>	54
2.1.2. <i>Plan et étude des pieux</i>	58
2.1.3. <i>Observation du plan de CH 19</i>	61
2.1.4. <i>Étude typologique des pieux</i>	63
2.1.5. <i>Étude des diamètres des poteaux de fondation</i>	64
2.2. <i>Test dendrochronologique</i>	66
2.2.1. <i>Analyse des chênes</i>	66
2.2.2. <i>Analyse des frênes</i>	72

2.2.3. Estimation de l'aubier du chêne	82
2.2.4. Estimation de l'aubier du frêne	84
2.3. Première interprétation chronologique	85
<b>3. Test d'analyse environnementale</b>	<b>91</b>
3.1. Chêne	91
3.1.1. Groupes écologiques	93
3.1.2. Années caractéristiques	94
3.2. Frêne	94
3.2.1. Groupes écologiques et années caractéristiques	94
3.2.2. Bilan des années caractéristiques comparées à la courbe <sup>14</sup> C	100
<b>CHAPITRE 2</b>	<b>105</b>
<i>CHALAIN 19 : un site de référence</i>	
<b>1. Le site lacustre de Chalain 19 : six années de recherches</b>	<b>107</b>
1.1. Morpho-typologie des pieux	111
1.2. Analyse dendrochronologique des pieux en chêne	113
1.3 Analyse dendrochronologique des pieux en frêne	120
<b>2. Occupations humaines et interprétation des structures</b>	<b>126</b>
2.1. La question de l'estimation de l'aubier du chêne	126
2.2. La question de l'estimation de l'aubier du frêne	128
2.3. Les différentes phases d'abattage	128
2.4. Les occupations du site de CH19	136
2.5. Les structures lisibles	143
2.5.1. La palissade	143
2.5.2. Le chemin de planches	145
2.5.3. Les édifices potentiels	148
<b>3. Étude environnementale</b>	<b>152</b>
3.1. Analyse du chêne	152
3.2. Analyse du frêne	157

## **CHAPITRE 3** **163**

*Synthèse dendrochronologique des sites lacustres de Chalain et de Clairvaux du 39<sup>e</sup> siècle au 26<sup>e</sup> siècle av. J.-C.*

### **1. Chronologies du lac de Chalain** 165

#### *1.1. zone archéologique de « la Prise d'Eau »* 165

*1.1.1. La pirogue de la station noyée 1 de Chalain* 166

*1.1.2. Chalain 2 (CH2)* 167

*1.1.3. La pirogue de CH2AC* 178

*1.1.4. Chalain 3 (CH3)* 178

*1.1.5. Chalain 4 (CH 4)* 193

*1.1.6. Chalain 5 (CH 5)* 199

*1.1.7. Chalain 6 (CH 6)* 201

#### *1.2. La zone archéologique de « Doucier »* 204

*1.2.1. Chalain 19 (CH19)* 204

#### *1.3. Sites immergés* 204

*1.3.1. Chalain 7 (CH 7)* 204

*1.3.2. Chalain 8 (CH 8)* 206

*1.3.3. Chalain 20 (CH 20)* 207

*1.3.4. Chalain 21 (CH 21)* 207

*1.3.5 Chalain 22 (CH 22)* 207

### **2. Chronologies du lac de Clairvaux** 209

#### *2.1. Le Néolithique final* 209

*2.1.1. Clairvaux La Motte-aux-Magnins (CL MM)* 209

*2.1.2. Clairvaux III (CL III)* 215

*2.1.3. Clairvaux IV (CL IV)* 215

*2.1.4. Clairvaux X (CL X)* 218

#### *2.2. Le Néolithique moyen* 219

*2.2.1. Clairvaux II-IIbis (CL II-IIbis)* 219

*2.2.2. Clairvaux XIV (CL XIV)* 228

*2.2.3. Clairvaux VII (CL VII)* 231

#### *2.3. Nouvelle chronologie régionale : JURA-NEO-7* 234

*2.3.1. Constitution d'un référentiel du frêne* 237

<b>3. Synthèse dendrochronologique</b>	239
3.1. <i>Les hiatus chronologiques</i>	239
3.2. <i>Les occupations</i>	242
3.2.1. <i>Le jeu des essences</i>	244
3.3. <i>Une approche environnementale</i>	249
3.3.1. <i>Synthèse de l'estimation des aubiers réalisée sur huit sites du Néolithique final</i>	249
3.3.2. <i>Dendrochronologie et environnement</i>	250
<b>CONCLUSION</b>	<b>253</b>
<b>De la dendrochronologie à l'archéologie</b>	
<b>Bibliographie</b>	279
<b>Table des figures</b>	299
<b>Table des tableaux</b>	305
<b>Annexes 1 Histogrammes</b>	307
<b>Annexes 2 Plans complémentaires</b>	333
<b>Annexes 3 Listings des bois datés</b>	349





## INTRODUCTION

### *La Combe d'Ain*

Les lacs de Chalain et de Clairvaux se situent à la limite des moraines würmiennes, au pied du Jura plissé et sur la rive orientale de la haute vallée de l'Ain, à 500 m d'altitude, connue sous le nom de « Combe d'Ain ».

La Combe d'Ain se présente comme une longue dépression, orientée nord-est/sud-ouest parallèlement à la structure locale de la chaîne jurassienne (Campy 1982). Elle s'étend de Crotenay à Largillay (Fig. 1), sur une trentaine de kilomètres ; sa largeur, croissante d'amont en aval, varie de 2,5 km à 6 km. La Combe d'Ain était barrée au sud par la langue glaciaire d'Orgelet ; elle constituait un lac lors de l'extension glaciaire maximale würmienne. Après le retrait des glaces au Dryas ancien, les dépôts varvés du centre et deltaïques de la périphérie orientale ont été surcreusés par les rivières (Pétrequin 1989). La bordure du plateau de Champagnole, située à près de 800 m d'altitude en rive droite de la vallée de l'Ain, est entaillée de plusieurs reculées ; trois d'entre-elles, Chalain, Clairvaux et Chambly, sont barrées par des moraines terminales et des dépôts deltaïques, constituant ainsi des dépressions étanches favorables à la formation de petits lacs de barrage. Distants d'une douzaine de kilomètres l'un de l'autre, les lacs de Chalain et de Clairvaux font l'objet de notre recherche.

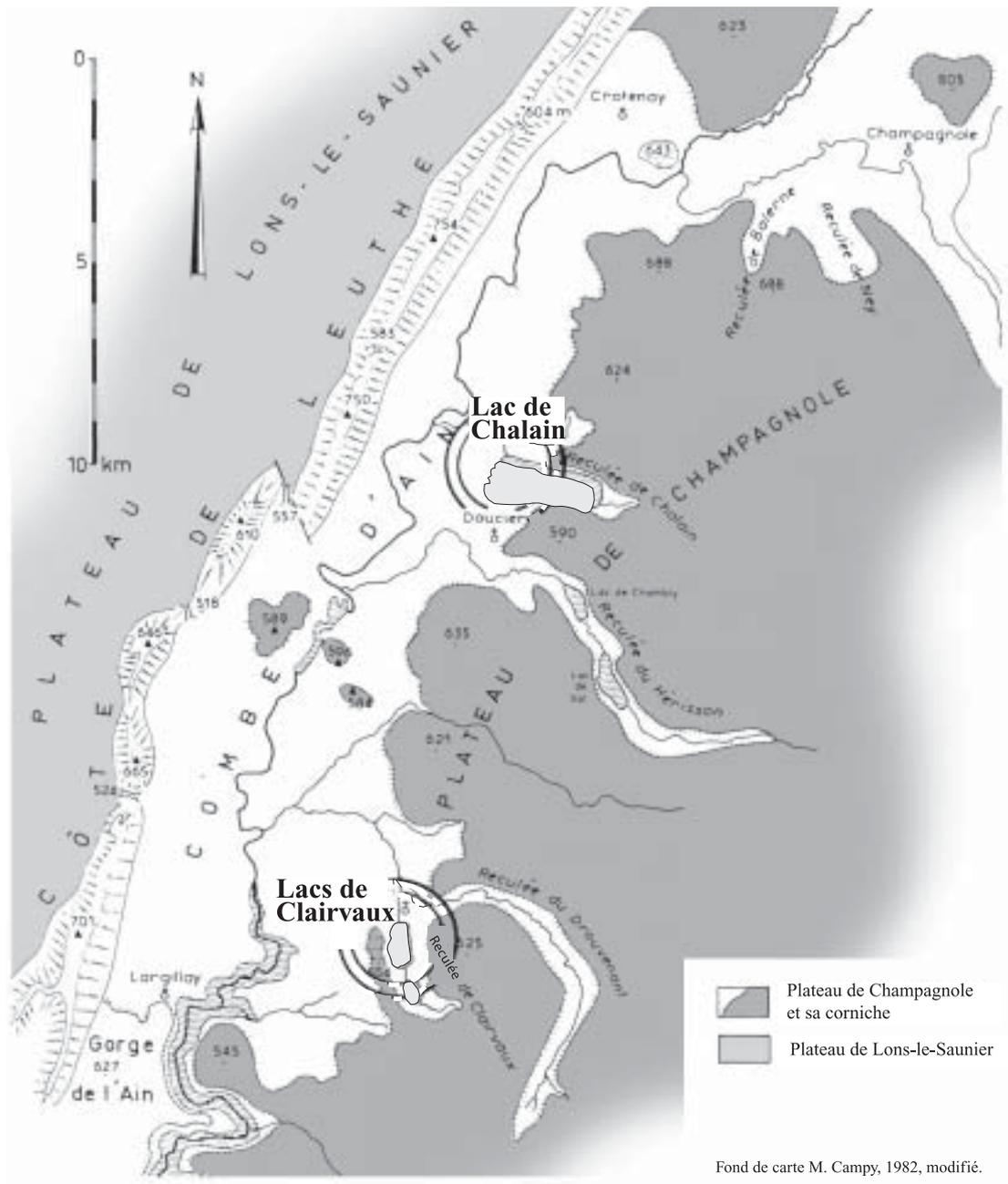


Figure 1. La Combe d'Ain : localisation des lacs de Chalain et de Clairvaux

### Présentation morphologique

Les lacs de Chalain et de Clairvaux se situent en rive gauche de l'Ain (Fig. 2 a et b), où les calcaires rauraciens du plateau de Champagnole ont été entaillés par des langues de glace du glacier jurassien würmien (Campy 1982). Ces deux lacs sont situés juste en aval des éboulis des reculées, dans la Combe d'Ain, derrière des barrages formés par des arcs morainiques de retrait. Pour sa part, la rive gauche de la vallée de l'Ain (Campy 1982 ; Dufraisse

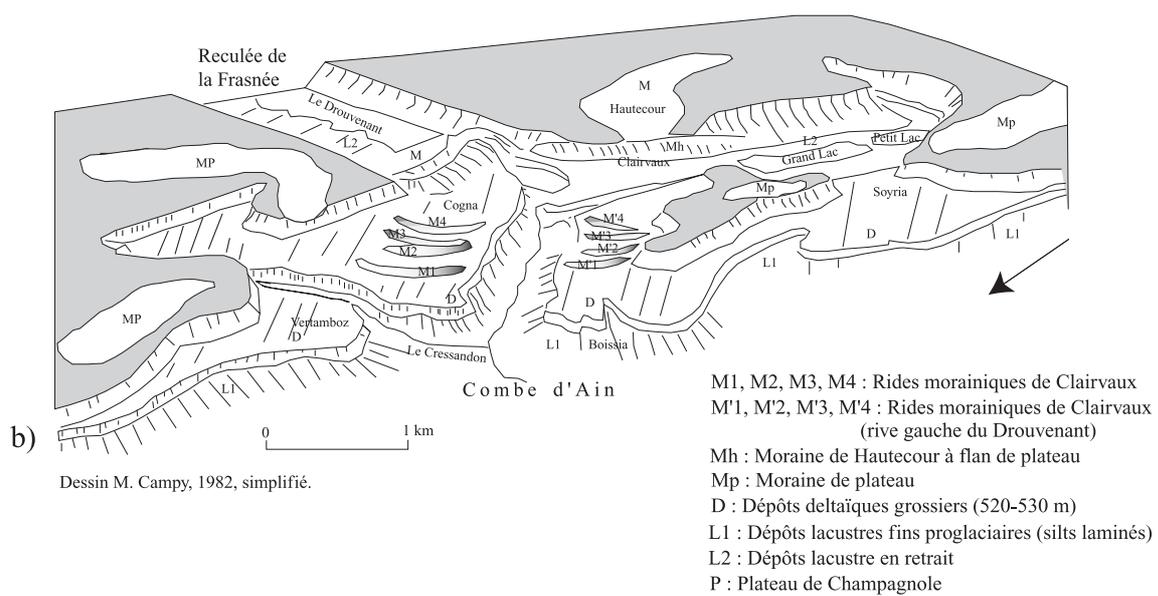
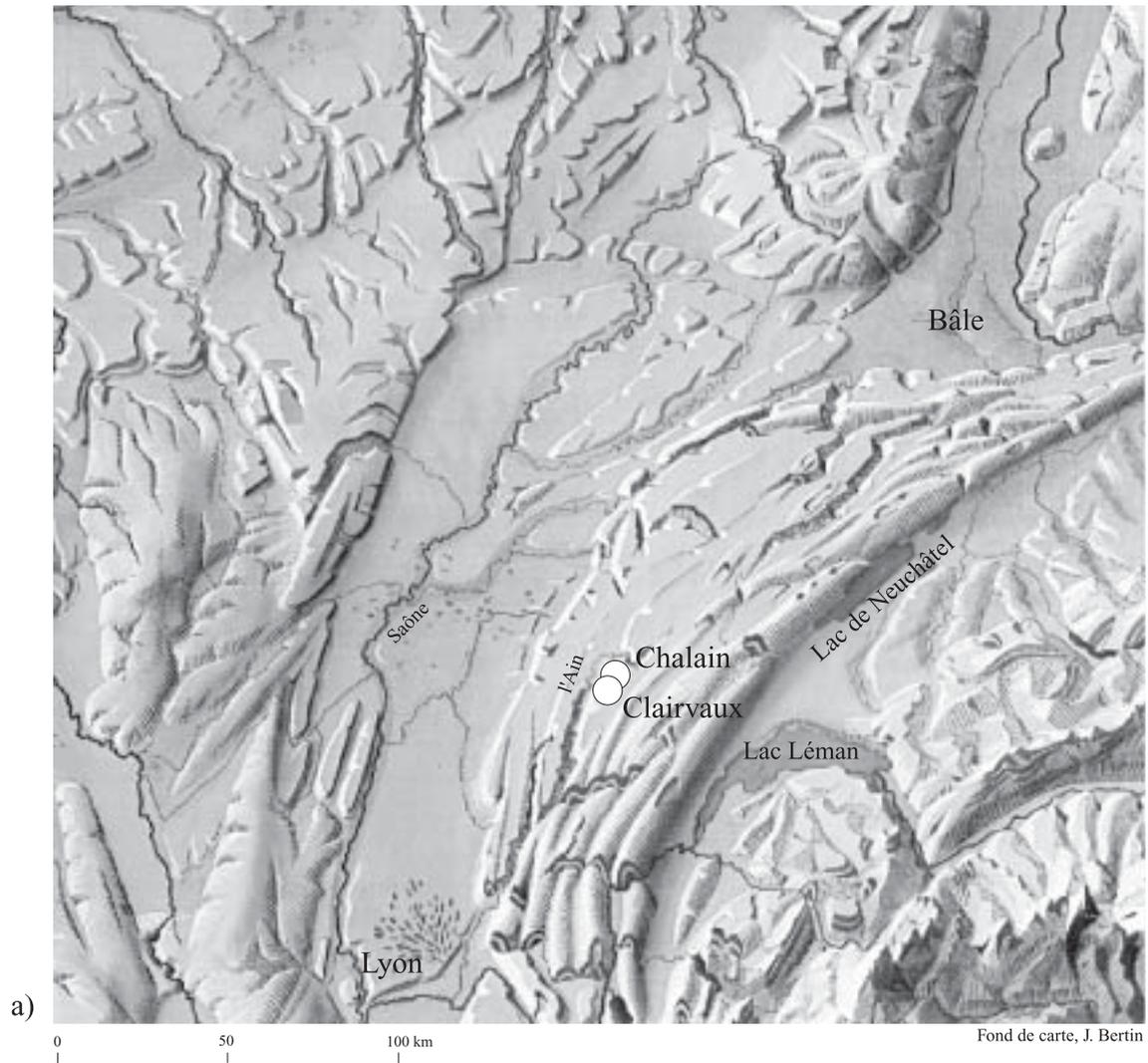


Figure 2. Caractéristiques morphologiques de la Combe d'Ain

2002) montre une succession d'unités morphologiques étagées bien caractérisées :

- vers 460 m d'altitude, la terrasse inférieure de l'Ain avec des dépôts fins varvés est potentiellement occupée par une forêt de milieu humide ;
- plus à l'est, vers 530 m d'altitude, la haute terrasse de l'Ain (*top set* lacustre) est en relation avec des dépôts grossiers deltaïques, à sols humiques bien développés et, aujourd'hui, favorables aux cultures céréalières ;
- de 540 à 650 m d'altitude, les versants du plateau de Champagnole, avec leurs éboulis caillouteux et le plateau lui-même aux sols maigres et peu fertiles sont le domaine des pâturages et des parcours, en particulier sur les placages morainiques.

Cette diversité des paysages a probablement été déterminante pour attirer les populations d'agriculteurs néolithiques : vastes territoires de chasse, les forêts abritent une quantité importante d'essences arborées nécessaires à la construction des habitations, tandis que le climat de petite montagne et les terres légères de la Combe d'Ain ont favorisé l'essor des cultures céréalières.

### *Historique des recherches*

C'est en 1869, à l'occasion d'une sécheresse exceptionnelle que Jules Le Mire (Le Mire 1872) reconnaît sur les rives du Grand Lac de Clairvaux des pieux de chêne émergeant de la craie lacustre mise à découvert par l'étiage prolongé. Le Mire procède alors à différents sondages sur la rive septentrionale du lac et publie les premiers résultats de ses investigations en 1872 dans le Bulletin de l'Académie des Sciences, Belles Lettres et Arts de Besançon : il y fait état de la découverte des premières traces en France d'une « cité lacustre », en se référant à ce que l'on connaît déjà en Suisse et en Allemagne, en particulier les vestiges de villages préhistoriques au bord du lac de Zurich découverts en 1854 (Keller 1854 ; Pétrequin 1984). Ces découvertes font grand bruit à l'époque, en raison de l'excellente conservation des vestiges, protégés depuis 5 000 ans dans un milieu privé d'oxygène : les bois des habitations, les outillages les plus fragiles, les tissus, les restes de repas dans les poteries, les graines y sont retrouvés par milliers. Cet engouement pour les « Antiquités Lacustres » provoque une véritable ruée sur les lacs et les marais et marque le tout début de l'archéologie des milieux humides en France, comme en Suisse et en Allemagne. À Clairvaux, après une période de fouilles désordonnées à la recherche

d'objets de collection, en particulier par l'antiquaire A. Stuer et M. Grosjean (1904), le site principal (La Motte-aux-Magnins), retombe dans l'oubli avec le début de la Première Guerre Mondiale.

Les recherches ne reprendront qu'en 1970 sous la direction du Service régional de l'Archéologie (S.R.A.), puis du Centre National de la Recherche Scientifique (C.N.R.S.) à partir de 1986, sous la responsabilité scientifique de P. Pétrequin.

Concernant le lac de Chalain (Fontenu, Jura), les conditions de découverte sont quasiment identiques. C'est en 1904, à la suite de l'abaissement artificiel brutal du plan d'eau pour l'installation d'une usine hydroélectrique, que des milliers d'objets fragiles, des tissus, des bois, conservés jusque-là sous le niveau de l'eau, apparaissent sur les plages de craie exondées (Fig. 3). *« Sur la vaste surface blanche de la craie lacustre dont il est formé, se montrent, dès ce moment, une multitude de pilotis, parfois encore en saillie de quelques décimètres, assez rarement en sapin, plus souvent en quartiers de chênes refendus, ils sont fréquemment très gros ; leur longueur conservée varie de moins de 2 à 3 m jusqu'à 6 ou 7 m, jusqu'à 9 ou 10 m »* (Girardot 1904). Classés dès 1911 au titre des Monuments Historiques, les « palafittes de Chalain » feront, eux aussi, l'objet de nombreuses fouilles, officielles ou clandestines. Comme celles de Clairvaux, les ruines des villages néolithiques tomberont peu à peu dans l'oubli entre les deux guerres, jusque dans les années 1970, date de l'élaboration d'un véritable programme de recherche dans le cadre du S.R.A. puis du C.N.R.S.

Très vite, avec ces recherches nouvelles regroupant des spécialistes de tous horizons qui appliquent aujourd'hui à peu près l'ensemble des techniques d'analyses, les lacs de Chalain et de Clairvaux deviennent de véritables cas d'école pour la préhistoire européenne. Pour protéger ces vestiges magnifiquement conservés sous le niveau de l'eau, mais qui restent extrêmement fragiles, un réel effort de protection est réalisé : classement au titre des Monuments Historiques, protection des rives, consolidation des berges et essai de rendu au public.

Une récente évaluation globale du potentiel archéologique de ces deux lacs jurassiens (Chalain en 2000 et Clairvaux en 2001), à la demande du Service régional de l'Archéologie et du Ministère de la Culture (sous la direction de P. Pétrequin), a donné les résultats suivants :

- à Chalain, ce ne sont pas moins de 33 sites d'habitat stratifiés qui s'alignent le long de la rive occidentale du lac et dans le bas-marais. À ce jour, la chronologie représentée couvre quatre millénaires, dans un contexte sédimentaire dilaté où la conservation des témoins archéologiques, même les plus fragiles, est favorisée par la nappe phréatique et les hauts niveaux du lac ;

- à Clairvaux, ce sont 18 sites d'habitat stratifiés qui se sont succédé aux deux extrémités du Grand Lac pendant trois millénaires, livrant le plan des structures villageoises et des milliers de témoins de la vie quotidienne des cultivateurs néolithiques.



*Lac de Chalain  
Archives du Musée d'Archéologie de Lons-le-Saunier*



*Lac de Chalain, côté Doucier  
Archives du Musée d'Archéologie de Lons-le-Saunier*

*Figure 3. Lac de Chalain : les éboulements de 1904*

*Trente années de fouille archéologique en milieu lacustre*

Au début des années 1970, le Service régional de l'Archéologie commence à développer, sous la direction de P. Pétrequin, une véritable dynamique de recherche : « Chronologie Jura Sud » autour du lac de Clairvaux. Plusieurs sites sont à ce moment menacés de disparition, en raison des activités touristiques alors en plein développement autour des lacs jurassiens : implantation de campings, de plages et de parkings. Dès 1972, l'aménagement d'une nouvelle plage au lieu-dit le « Bain des Dames » occasionne des sondages, suivis d'une fouille extensive et du prélèvement des pieux d'un village néolithique (stations de CL II et II bis) (abréviation conventionnelle de Clairvaux : CL). Une étude pluridisciplinaire et originale est alors mise en place, pour tenter de définir les rapports entre un groupe humain et son milieu. Très érodées, les stations de CL II et II bis n'offrent plus ni couche archéologique, ni vestiges matériels, mais la relativement bonne conservation des pieux a permis une bonne compréhension des structures architecturales.

Les études sur Chalain commencent en 1972, parallèlement aux fouilles de Clairvaux, avec un ensemble de prospections subaquatiques, qui permettent de découvrir la station noyée n°1. Quelques années plus tard, pendant l'hiver 1978-1979, une baisse artificielle du lac permet de réaliser des relevés comme ceux du chemin de planches de CH 17 (abréviation conventionnelle de Chalain : CH) et le plan des pieux de CH 5. Puis, à la suite du programme de recherche sur Clairvaux, l'équipe entame un premier décapage de sauvetage sur le site de CH2/3-5 en raison de l'érosion qui l'endommage.

En 1986, P. Pétrequin, alors chercheur au Centre National de la Recherche Scientifique, met en place un véritable programme d'étude sur le lac de Chalain, centré sur les 32<sup>e</sup> et 30<sup>e</sup> siècles av. J.-C. De 1987 à 2000, les recherches ont volontairement porté sur des secteurs directement menacés, c'est-à-dire des zones émerives à l'étiage, érodées par les fluctuations du niveau du lac et les aménagements à vocation touristique. Ont été ainsi privilégiés les sites proches de La Prise d'Eau (Fig. 4) : CH 2, CH 3, CH 4, CH 5, CH 6 ; puis le site de CH 19, dans la zone archéologique de Doucier. Ces sites, qui ont été fouillés partiellement, s'inscrivent dans une fourchette chronologique qui couvre la période du 38<sup>e</sup> au 30<sup>e</sup> siècle av. J.-C.

L'évaluation de la rive sud-ouest, dans la zone archéologique de Doucier, débute au cours de l'été 1995 par des sondages à la tarière. L'année suivante, une première campagne de fouille à lieu sur le site de CH 19 (32<sup>e</sup>-30<sup>e</sup> siècles av. J.-C.).

En 1981, la création du Laboratoire de Chrono-Ecologie de Besançon permet de concentrer

les compétences autour du thème de la néolithisation de la Combe d'Ain. Les études dendrochronologiques se systématisent avec le prélèvement et la mesure de tous les pieux et bois d'architecture susceptibles d'être datés. Les études pluridisciplinaires se développent visant à améliorer la connaissance du milieu naturel : palynologie, climatologie, sédimentologie, anthracologie et carpologie par exemple. Ces différentes disciplines enrichissent sans cesse les données et contribuent au renouvellement des problématiques.

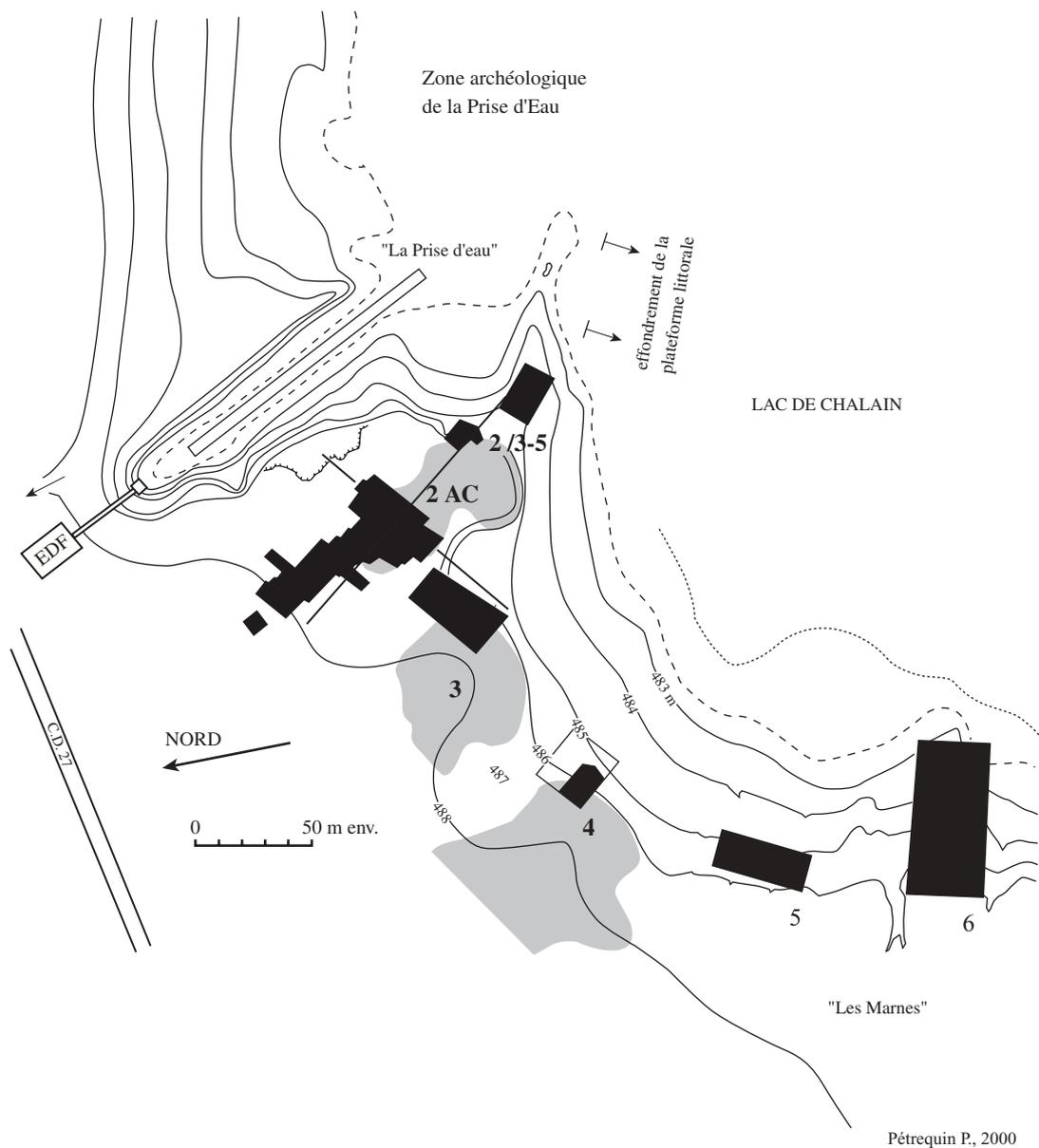


Figure 4. Lac de Chalain : localisation des sites sur la Zone archéologique de la Prise d'Eau

*Nouvelles recherches*

Ces nouveaux programmes de recherche mettent l'accent sur les effets de l'anthropisation sur les paysages, en croisant les résultats, afin d'appréhender les transformations chronoculturelles de ces communautés villageoises néolithiques.

Les successions stratigraphiques observées par sondages lors de la fouille montrent une occupation des rives lacustres quasi ininterrompue depuis 3700 av. J.-C. jusqu'aux environs de 800 av. J.-C., ce qui correspond bien aux périodes d'occupation littorale au nord-ouest des Alpes (Magny 1991, 1992 et 1995).

Mais dans ce contexte pré-alpin, l'originalité de ces deux lacs semble être l'étonnante concentration d'habitats à la fin du IV<sup>e</sup> millénaire et au début du III<sup>e</sup> millénaire av. J.-C., au moment où les témoins d'occupation restent encore mal représentés sur les grands lacs de Suisse occidentale, à 80 km à vol d'oiseau à peine et à plus basse altitude. Les conditions de préservation des rives des lacs de Chalain et de Clairvaux sont exceptionnelles et les sites sont étudiés dans le cadre de campagnes de fouilles programmées. Au contraire, les lacs suisses ont fait l'objet de fouilles de sauvetage liées à de grands travaux d'aménagement (par exemple : ports, autoroutes) (Gallay 1998 ; Voser 2000 ; Kaenel 1998 et 2002 ; Weidmann 2001). Chalain et Clairvaux sont des exemples, devenus très rares aujourd'hui, de bassins lacustres peu modifiés par les travaux agricoles et les aménagements qui se sont succédé pendant les deux derniers millénaires. C'est effectivement parce que ces deux lacs sont situés dans une zone jusqu'ici peu touchée par la pression démographique qu'il est encore possible d'étudier non seulement les villages eux-mêmes, mais l'ensemble de leur environnement, y compris les anciens terroirs cultivés et les territoires de chasse. Les recherches actuelles à Chalain et à Clairvaux portent donc, de façon légitime, sur des périodes mal connues ailleurs.

Grâce aux résultats de fouilles archéologiques réalisées sur 15 sites (9 à Chalain et 6 à Clairvaux), il est possible de reconstituer une longue séquence chronologique. En outre, les sondages à la tarière ont permis la reconnaissance de 33 sites archéologiques à Chalain et 18 à Clairvaux, représentant environ trois millénaires d'occupation. Les zones à fouiller sont choisies en fonction de plusieurs critères ; la topographie des lieux (en particulier les sites de presqu'îles), le résultat des sondages à la tarière et l'épaisseur des couches conservées ; en effet, c'est là où les couches sont le plus dilatées que l'archéologue observera au mieux la succession des différentes séquences d'occupation et d'abandon des habitats, permettant la

lisibilité des successions culturelles dans un même village et d'un village à l'autre. Ces chronologies, construites site par site puis, par raccords stratigraphiques, d'un site à l'autre, autorisent la mise en place de systèmes chrono-culturels précis. Avec des milliers de poteries et d'artefacts en pierre, en bois ou en os, la reconnaissance des grandes tendances évolutives, considérées comme d'authentiques cultures, se met progressivement en place.

Cependant des problèmes apparaissent dans les différences de sédimentation entre les deux lacs (les sites de Clairvaux ont des stratigraphies plus complexes que celles de Chalain). Ce facteur limitant est lié aux conditions de sédimentation (Pétrequin, Bailly et Viellet 2001) différentes entre un très petit lac (Clairvaux) et un plan d'eau de dimensions moyennes (Chalain).

En dépit de ces différences, les habitats littoraux de Chalain et de Clairvaux constituent des exemples exceptionnels de stratigraphies dilatées, parfois jusqu'à un mètre de sédiments pour un siècle d'occupation à peine.

Pour préciser les successions culturelles, les datations radiocarbone et dendrochronologiques sont systématiquement sollicitées. Entre 1970 et 1984, la dendrochronologie n'en était en France qu'à ses débuts ; c'est donc la méthode de datation par le radiocarbone qui est a d'abord été utilisée à Clairvaux. Durant ces quatorze années, et en ne prenant en compte que les échantillons clairement associés à un contexte typo-chronologique, 78 datations radiocarbone ont été réalisées pour les sites de Clairvaux et de Chalain. Les résultats sont assez décevants, un effet de flou apparaissant dans les diagrammes ainsi qu'un étirement de la chronologie absolue, au-delà de la limite amont de la séquence dendrochronologique. Ce phénomène est sans doute dû à l'existence de trois dates radiocarbone de Nancy qui sont en totale contradiction avec des datations réalisées par d'autres laboratoires. Un deuxième problème intervient avec les échantillons confiés au laboratoire de Lyon dans les années 1970 : la majorité des datations est en décalage avec les propositions dendrochronologiques. Ces dates radiocarbone de Lyon ont donc définitivement été écartées. Par contre, d'autres résultats provenant des laboratoires de Gif et de Thonon, sont en bonne concordance avec les dates dendrochronologiques de Clairvaux II-IIbis (Cortailod Port-Conty).

Aujourd'hui les corrélations dates radiocarbone AMS/dates dendrochronologiques apparaissent meilleures. Mais si la position relative des groupes culturels peut approximativement être approchée par le radiocarbone (Bailly et Salanova 1999 ; Pétrequin, Bailly et Magny 2005), la mise en évidence des épisodes courts, des ruptures rapides ou des hiatus appartient au seul domaine de la dendrochronologie et des évolutions culturelles (Olive et Pétrequin 1989 ; Pétrequin, Bailly et Viellet 2001).

Une autre méthode, appelée *cross-dating* intéresse tout particulièrement l'archéologie (Pétrequin, Bailly, Viellet 2001 ; Kaenel et Schweingruber 1995). Cette technique est élaborée dès les années 1950 et permet de déterminer la position chronologique relative des sujets étudiés en comparant entre elles des séries (de mesures de cernes d'arbres ou d'artefacts) en apparence semblables, mais éloignées dans l'espace. Ce système de *cross-dating* a permis de situer la position chronologique des grandes étapes de la pré- et protohistoire européenne.

Depuis les années 1980, la dendrochronologie joue un rôle important pour établir le cadre chronologique des sites de Chalain et de Clairvaux. La méthode est fondée sur la mesure et l'étude de cernes de croissance des bois sub-fossiles. La fiabilité des datations repose sur la qualité et les caractéristiques propres du bois. En effet, un bois ne disposant pas d'aubier complet avec dernier cerne sous écorce ne peut être daté à l'année près. Mais aujourd'hui la dendrochronologie ne s'investit plus seulement dans la datation ; c'est également un excellent moyen d'appréhender l'environnement et l'approvisionnement en bois d'œuvre pour la construction des habitats. Il convient toutefois d'émettre deux réserves : la première liée à la qualité des bois (absence de cambium, bois très jeunes) et la deuxième liée au fait que les bois datés représentent en grande majorité les poteaux verticaux des habitations (il est très difficile de rattacher les poteaux aux phases sédimentaires). Toutefois, malgré ces réserves, la dendrochronologie reste aujourd'hui la méthode de datation la plus précise.

Deux thèmes du Programme Interdisciplinaire de Recherche sur l'Environnement « PIREN » (Pétrequin et Lambert 1999) ont eu pour but l'étude des séries de bois prélevés sur les sites de Chalain et de Clairvaux et d'en tirer les conséquences à large échelle. Après plus de 30 années de recherche sur les lacs de Clairvaux et de Chalain, il est maintenant possible de suivre l'évolution de plusieurs villages depuis leur installation au bord du lac jusqu'à leur abandon. Les recherches de terrain nous renseignent plus particulièrement sur les populations du 32<sup>e</sup> à la fin du 30<sup>e</sup> siècle av. J.-C. Les objectifs de la problématique se détaillent en quatre points :

- évolution naturelle et anthropique de l'environnement ;
- réponses et réactions de la communauté agricole par le biais des fonctionnements sociaux, économiques, techniques et culturels ;
- vitesse de réponse et champs d'application de ces réactions ;
- validation, ou non, de ce « modèle » et comparaison avec d'autres exemples connus au nord-ouest des Alpes.

Les sites de Chalain et de Clairvaux offrent la possibilité de déterminer si les communautés agricoles subissent et/ou provoquent des contraintes environnementales fortes ou modérées. N'oublions pas que le Néolithique marque l'avènement d'un système productif qui apporte des bouleversements considérables dans les rapports homme/milieu (défrichements, agriculture, élevage, sédentarisation).

L'objectif est de classer les phénomènes d'adaptation de ces communautés néolithiques suivant un ordre chronologique, phénomènes qui dépendent d'éventuelles évolutions sociales, économiques et techniques ; l'archéologue observera et prendra en compte les traditions et les résistances face aux innovations extérieures.

Il s'agit donc d'appréhender et de comprendre les vitesses d'évolution des communautés villageoises de Chalain et de Clairvaux.

La séquence chronologique et culturelle entre 4000 av. J.-C. et 2400 av. J.-C., peut désormais se détailler selon la succession culturelle suivante :

- vers 4000 : apparition du Néolithique Moyen Bourguignon (NMB) sur le lac de Clairvaux en relation étroite avec le Cortailod du lac de Neuchâtel,
- 3450 : arrivée du groupe culturel Port-Conty originaire de Suisse occidentale,
- 3200 : première arrivée du groupe culturel Horgen moyen, issu de Suisse occidentale,
- 3150 : évolution régionale du Horgen,
- 3130 : colonisation issue du Ferrières ardéchois,
- 3050/2900 : régionalisation des styles céramiques Ferrières et mise en place du groupe de Clairvaux,
- 2900/2800 : hiatus de la séquence lacustre,
- 2800/2700 : évolution locale du groupe de Clairvaux, avec une réactivation des influx culturels méridionaux,
- 2700/2600 : transformations stylistiques liées à l'arrivée de la culture Cordée originaire de Suisse occidentale (début de la mise en place du groupe de Chalain),
- 2600/2400 : nouveau hiatus et abandon momentané des deux bassins lacustres.

La qualité des informations et des observations sur les lacs jurassiens a permis d'aborder la question de la fluctuation de la densité de population ainsi que la durée des occupations (Pétrequin 1997). À ce titre, la Combe d'Ain demeure un lieu privilégié pour les recherches concernant le peuplement de ces premières communautés d'agriculteurs, dans la mesure où elle s'est trouvée géographiquement à la frontière mouvante de plusieurs

populations et cultures néolithiques. Parallèlement, évaluer le degré d'anthropisation des paysages reste une priorité puisque ce phénomène est profondément conditionné par les variations de la démographie locale (Pétrequin 1997a, 1997b, 1997c ; Pétrequin *et al.* 1998 et 2002).

Temps, espace et environnement semblent ainsi intimement liés. Cette nouvelle approche a entraîné de profonds changements dans la façon d'appréhender le Néolithique à l'ouest des Alpes, du moins pour les IV<sup>e</sup> et III<sup>e</sup> millénaires.

A la transition Néolithique moyen II/Néolithique final (fin du IV<sup>e</sup> millénaire), les plateaux occidentaux du Jura sont en limite des aires culturelles méridionale (couloir du Rhône, Ardèche, Causses) et septentrionale (Suisse centrale, Suisse nord-orientale, Bodensee) (Pétrequin 1992, 1993). Les approches archéologiques de l'évolution des industries néolithiques, en particulier l'étude de la céramique, des armatures de flèches en silex et des objets de parure, permettent de démontrer une rupture évolutive spectaculaire (Giligny 1994, 1995 ; Pétrequin 1994a, 1994b ; Giligny *et al.* 1995 ; Maréchal *et al.* 1998).

La séquence culturelle montre la succession, sur les deux lacs et parfois sur les mêmes sites d'habitat, de deux traditions d'origine différente :

- d'abord une tradition septentrionale, représentée par la culture du Horgen, dont l'épicentre de formation est la région du Bodensee ;
- puis une tradition méridionale, avec la culture de Ferrières, telle qu'elle est représentée par la céramique et la parure, sur ses franges ardéchoises et caussenardes.

Cette séquence archéologique, documentée par de très grandes séries d'outillages trouvés dans des conditions stratigraphiques excellentes, a permis de détailler les hypothèses de transfert rapide d'une tradition culturelle à l'autre. L'hypothèse aujourd'hui proposée est celle d'un renouvellement important de la population, entre la tradition septentrionale et la tradition méridionale, en raison de l'importance des bouleversements techniques et culturels dans un laps de temps court. Il est donc possible d'imaginer, à partir de la base documentaire, que la population régionale de tradition septentrionale a été submergée rapidement par l'immigration massive de groupes humains venus du sud. Celle-ci semble avoir modifié profondément les domaines essentiels du marquage des individus, tels que la céramique, les décors, les parures et les armes de jet ; au contraire, dans certains domaines techniques comme celui de l'abattage du bois, de l'élevage en forêt ou de la chasse au cerf, la tradition septentrionale a étonnamment résisté aux processus d'acculturation qui illustrent « la symbiose » rapide entre les traditions septentrionale et méridionale ; ce phénomène aurait alors

donné naissance à un nouveau groupe culturel, développant progressivement sa propre dynamique dès lors qu'il fut coupé de ses bases génétiques (Maréchal *et al.* 1998).

Cette problématique archéologique est donc étroitement associée à l'idée de déplacement de population et de croissance démographique régionale ; elle constitue un cadre idéal pour tester les apports de la dendrochronologie.

Les villages littoraux de Chalain et de Clairvaux offrent ainsi un cadre d'étude exemplaire. En effet les sédiments permettent de suivre l'histoire du climat (Magny 1997) et de la végétation (Mignot et Pétrequin 1993 ; Pétrequin 1991, 1993 ; Richard 1986, 1989a, 1989b, 1989c, 1997a et 1997b ; Géry et Richard 1993). Quant à la densité de population, elle est intimement liée aux pratiques agricoles (Lundström-Baudais 1983, 1984, 1986, 1989a, 1989b, 1989c, 1995 ; Lundström-Baudais et Pétrequin 1985), à la reproduction du bétail et du gibier (Arbogast 1997 ; Arbogast et Pétrequin 1993, 1997 ; Arbogast, Pétrequin et Affolter 2000). En ce qui concerne les choix alimentaires, la culture matérielle, les évolutions de l'organisation des sociétés, l'approche pluridisciplinaire qui a été développée permet de suivre, sur la longue durée, la dynamique de ces populations, en rapport avec les théories de E. Boserup (1970) et T. Carlstein (1982) qui, dans les années 1970-1980, ont fait œuvre de précurseurs avec leurs travaux sur les relations entre systèmes sociaux (densité de population) et systèmes naturels (état transformé du milieu naturel).

Avec les programmes récents de l'évaluation systématique du patrimoine archéologique de Chalain (Pétrequin 2000) et de Clairvaux (Pétrequin 2001) par sondages à la tarière, les chercheurs disposent désormais d'une synthèse cohérente concernant les populations en présence au Néolithique moyen et final.

*Présentation des sites étudiés*

Le grand nombre de sites découverts, fouillés et sondés, permet de suivre les différentes cultures présentes sur plus d'un millénaire : du 39<sup>e</sup> siècle au 26<sup>e</sup> siècle. Une courte présentation permettra de mieux appréhender les différents sites archéologiques concernés par notre étude dendrochronologique.

*Les sites de Clairvaux-les-Lacs (Fig. 5) :*

- Clairvaux II-IIbis (CL II-IIbis) : après des sondages réalisés en 1972, cette station fait l'objet d'une fouille de sauvetage en 1972 et 1973 (extension de la plage municipale de Clairvaux-les-Lacs). La couche archéologique était très érodée, mais la fouille a permis de démontrer qu'il s'agissait d'un village type Port-Conty du 35<sup>e</sup> siècle ;
- La Motte-aux-Magnins (CL MM) : ce site a été fouillé entre 1970 et 1983 en campagnes programmées, sur 96 m<sup>2</sup> pour La Motte-aux-Magnins, 8 m<sup>2</sup> pour les sondages de La Motte-aux-Magnins Sud et 4 m<sup>2</sup> pour le sondage de La Motte-aux-Magnins Nord. Cet habitat complexe montre des occupations depuis le Néolithique Moyen jusqu'à la fin de l'Âge du Bronze ancien ;
- Clairvaux III : en 1972, deux sondages indiquent une succession d'habitats et de couches d'incendie. En 1974, une fouille est effectuée sur 48 m<sup>2</sup>. Trois occupations successives sont révélées, dont les deux plus anciennes appartiennent au groupe de Clairvaux récent, soit au 30<sup>e</sup> siècle ;
- Clairvaux IV (CL IV) : suite à deux sondages en 1977, une campagne de fouille est consacrée à cet habitat en 1984. L'occupation, de la fin du 31<sup>e</sup> siècle jusqu'au 30<sup>e</sup> siècle, correspond au groupe de Clairvaux ancien ;
- Clairvaux VIII (CL VIII) : ce site a été recoupé par une tranchée de drainage en 1986. Les artefacts permettent de préciser que ce village appartient au Néolithique moyen II ;
- Clairvaux X (CL X) : cet habitat a été découvert en 1996 lors d'une évaluation archéologique. Une seule occupation, datée de la première moitié du 30<sup>e</sup> siècle, est attribuée à la phase récente du groupe de Clairvaux ;
- Clairvaux XIV (CL XIV) : ce site a été repéré lors de sondages systématiques à la tarière réalisés sur la rive sud du Grand Lac de Clairvaux en 2001. Fouillé en 2002 et 2003, ce site appartient en totalité au Néolithique Moyen Bourguignon (N.M.B.) ;
- Clairvaux VII (CL VII) : la troisième année de fouille archéologique est actuellement en cours. D'après les artefacts mis au jour, la chronologie serait proche de celle CL XIV.

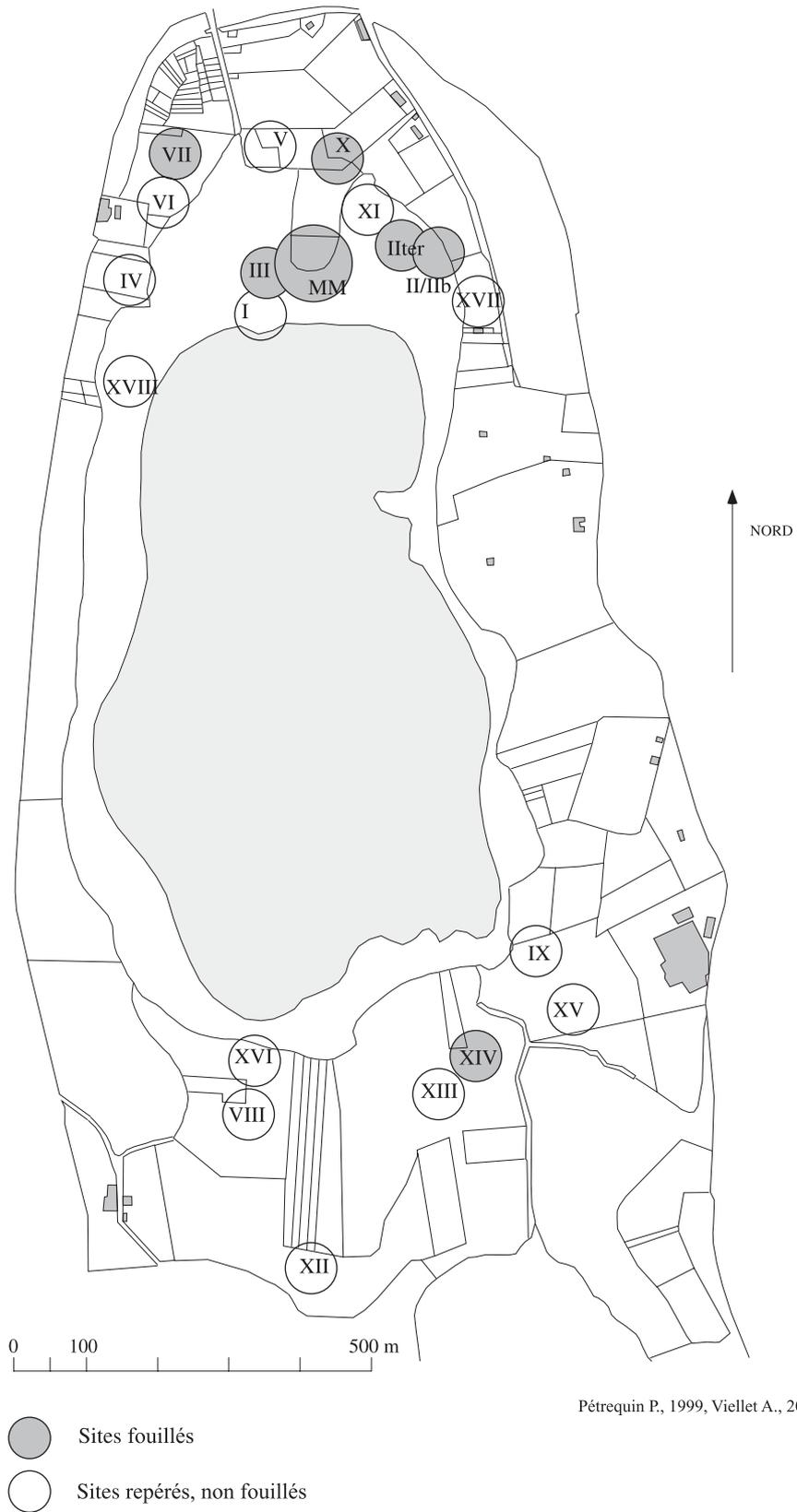
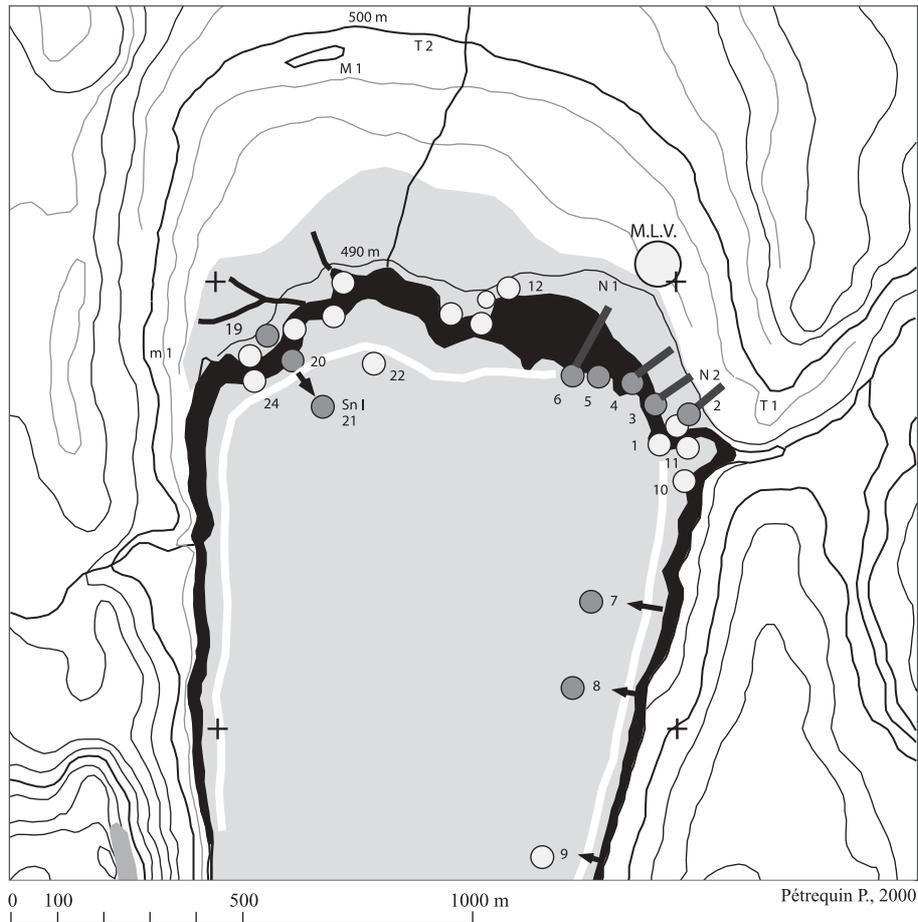


Figure 5. Les sites archéologiques fouillés sur Clairvaux-les-Lacs



- Sites fouillés
  - Sites repérés, non fouillés
- Nord

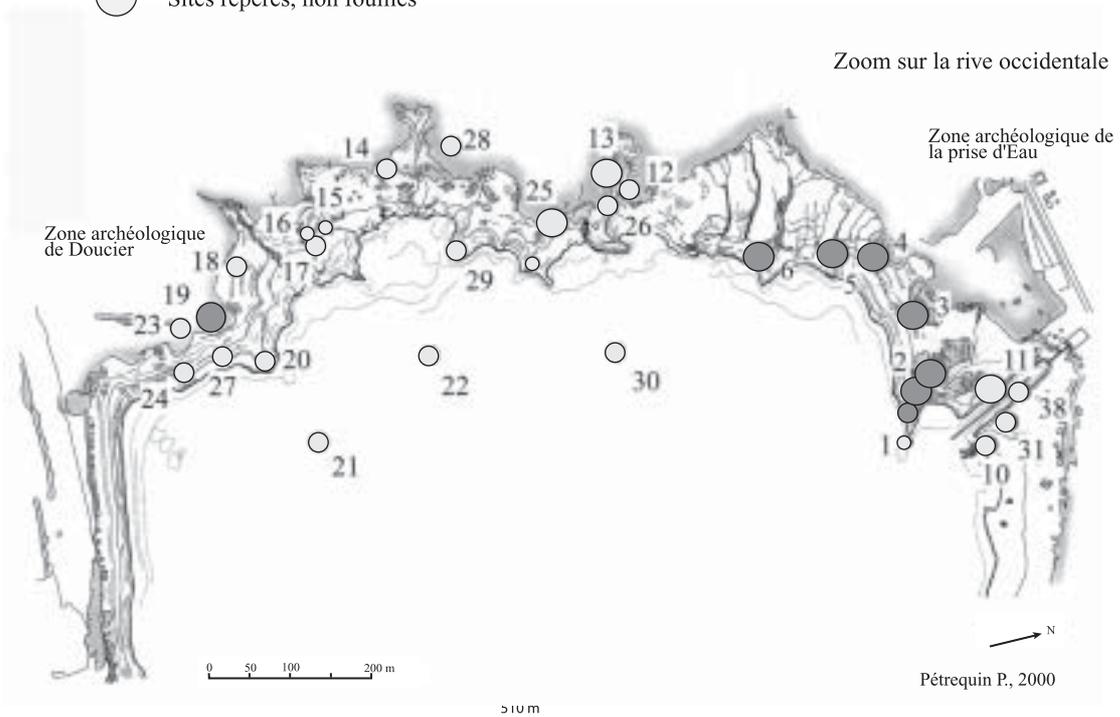


Figure 6. Localisation des sites fouillés sur le lac de Chalain

*Les sites de Chalain (Fig. 6) :*

- Chalain 2 A-C (CH 2 A-C) : les fouilles ont été réalisées en 1987 et 1988 sur une surface de 200 m<sup>2</sup>. Deux phases chronologiques sont présentes, avec la couche C correspondant au groupe de Clairvaux ancien et la couche A// attribuable au groupe de Clairvaux récent ;
- Chalain 3 (CH 3) : le site est fouillé de 1989 à 1991 sur une surface de 129 m<sup>2</sup>. La stratigraphie complexe, plus dilatée côté lac, permet de reconnaître quatre ensembles stratigraphiques : les couches VIII et VI appartiennent à la culture de Horgen, la couche IV à la culture Ferrières et enfin le niveau IIc au groupe Clairvaux ancien puis Clairvaux récent ;
- Chalain 4 (CH 4) : entre 1992 et 1994, des décapages extensifs sur 100 m<sup>2</sup> ont montré la présence d'une occupation unique au Néolithique final. La couche la plus récente, très érodée, a livré quelques tessons de l'Âge du Bronze final ;
- Chalain 5 (CH 5) : ce site est complètement érodé. Quelques dizaines de pieux conservés ont été prélevés en 1986. Seule la dendrochronologie permettra son attribution chronologique en l'absence d'artefacts significatifs ;
- Chalain 6 (CH 6) : ce site est très érodé. Quelques artefacts récoltés en 1972 nous autorisent toutefois une attribution au Néolithique final. En 1989, quelques pieux ont été prélevés pour une datation dendrochronologique plus précise ;
- Chalain 7 (CH 7) : l'ensemble du site a glissé dans le lac. Il ne subsiste actuellement que quelques gros blocs situés à 150 mètres du rivage, entre 12 et 15 mètres de profondeur. En 1993, quelques pieux ont été prélevés en plongée ;
- Chalain 8 (CH 8) : ce site est la réplique exacte du précédent. Là encore, quelques bois ont été prélevés en plongée en 1993 ;
- Chalain 19 (CH 19) : la fouille de ce site a eu lieu entre 1995 et 2001, sur une surface de plus de 1700 m<sup>2</sup>. Deux occupations principales sont présentes, avec la couche O appartenant à la culture de Horgen et l'ensemble H/K appartenant au groupe de Clairvaux ancien ;
- Chalain 20 : ce site est très particulier puisqu'il pourrait s'agir d'un village édifié sur une véritable île artificielle. D'après les artefacts, son attribution chronologique se situe dans la deuxième moitié du Néolithique final ;
- Chalain 21 : il ne s'agit pas d'un village mais de blocs effondrés et basculés dans le lac. Ils sont issus des sites de CH 20 et CH 27 ; ils sont attribués à la deuxième moitié du Néolithique final.

Depuis 1985, le laboratoire de Chrono-Écologie de Besançon a assuré l'étude dendrochronologique de ces sites. Depuis la pirogue exhumée par Girardot en 1904 (Fig. 7), jusqu'au dernier site fouillé, CL VII en 2006, près de 5000 bois ont été prélevés pour détermination spécifique et/ou pour analyse dendrochronologique toutes espèces et tous diamètres confondus. Sur ce total, environ 2000 ont été sélectionnés et ont fait l'objet de mesures dendrochronologiques ; 1107 ont pu être datés, correspondant à 14 sites néolithiques différents de Chalain et de Clairvaux et à 35 années de fouille.

Parmi tous ces sites, CH 19 est sans doute celui qui a été étudié par la dendrochronologie de la façon la plus approfondie. En effet, chargée depuis le Diplôme d'Étude Approfondi (D.E.A., Viellet 1997) de l'étude dendrochronologique de ses bois et par là même de la responsabilité des opérations de prélèvements et de recherches lors des campagnes de fouille sur ce site complexe, il nous a semblé important de traiter cet habitat néolithique dans son intégralité.

Le nombre de pieux mesurés et datés sur CH 19 dépasse de loin celui des autres sites (524 bois à CH 19 et 141 à CH2 par exemple), en particulier en raison d'une fouille extensive visant à suivre l'évolution spatiale des villages successifs. C'est donc à partir de cet ensemble archéologique riche en artefacts et particulièrement bien conservé que seront d'abord développées mes analyses dendrochronologiques.



Archives du Musée d'Archéologie de Lons-le-Saunier

*Figure 7. Pirogue de Chalain découverte le 3 juin 1904*

## *La problématique*

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 la période des 32<sup>e</sup> au 30<sup>e</sup> siècle av. J.-C., trois siècles pendant lesquels les cultivateurs du Jura installent leurs villages sur les rives inondables de ces deux petits lacs de la Combe d'Ain. Ces installations du Néolithique final succèdent aux premiers villages du Néolithique moyen, dont les témoignages les plus anciens, encore mal datés, doivent débiter 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 exondée, jusqu'à leur abandon accidentel ou volontaire, en passant par différentes étapes de réfection ou de reconstruction de tout ou partie des structures. Outre les maisons proprement dites, l'étendue des décapages et l'excellente conservation des bois verticaux et horizontaux nous ont permis d'appréhender des structures que les archéologues ont rarement la chance de pouvoir étudier : les chemins de planches et les palissades par exemple (Chalain 19, Chalain 2, CL II/IIbis).

Il faut souligner aussi que l'étude dendrochronologique présentée ici s'inscrit dans le cadre d'une recherche réellement collective et pluridisciplinaire sur le long terme (35 ans), dans laquelle les différents acteurs sont amenés à apporter leur contribution (sédimentologie, tracéologie, carpologie, archéozoologie, etc.), non pas dans le but de juxtaposer des résultats individuels, mais d'enrichir les réflexions et de nourrir, s'il le faut, les contradictions.

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 : choix des essences utilisées, âge des arbres abattus, typologie des pieux, afin de mener une réflexion sur l'état du milieu forestier et les contraintes environnementales qui ont pesé sur les populations néolithiques. En effet, 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 alors une approche indispensable à la compréhension des phénomènes environnementaux en jeu dans la période concernée.





## **CHAPITRE 1**

### *Dendrochronologie et premiers tests à Chalain 19*



*« Crois-moi, car j'en ai fait l'expérience,  
tu trouveras davantage dans les forêts que  
dans les livres. Les arbres et le sol  
t'apprendront ce qu'aucun maître ne te dira. »*

Bernard de Clairvaux (1091-1153)

## ***1. Introduire la dendrochronologie***

Pendant les premières années de l'application de la dendrochronologie à des problèmes archéologiques, les analyses ont porté sur des lots de bois directement prélevés par les archéologues eux-mêmes. Pour le dendrochronologue, la connaissance des sites était par conséquent dictée par le seul lot de bois apporté en laboratoire en vue de sa datation. L'évolution des méthodes archéologiques et paléo-environnementales a permis d'élargir le champ de la recherche et de créer une véritable dynamique interdisciplinaire porteuse de résultats novateurs. Depuis une dizaine d'années, les problématiques ont changé et le travail du dendrochronologue ne se limite plus à la seule question de la datation mais s'intéresse également à l'impact de l'homme sur son environnement (Billamboz *et al.* 1982 ; Billamboz 1992, 1996 ; Gassmann 1984, 1991, 2002). Cette nouvelle démarche reflète bien l'évolution de la discipline, principalement en archéologie des milieux humides où l'accumulation de bois donne matière à des analyses particulièrement conséquentes et complémentaires.

Les conditions indispensables à la réussite de ce type d'étude se trouvent réunies sur les sites lacustres de Chalain et de Clairvaux, d'une part grâce à une très bonne conservation des bois en milieu anaérobie, d'autre part en raison de la très haute précision stratigraphique des nombreux sites étudiés.

Afin d'apprécier au mieux les potentialités des analyses dendrochronologiques sur ces sites, la réalisation d'un premier test a semblé nécessaire avant d'entamer l'étude détaillée de centaines d'échantillons. Ce test consiste à utiliser un lot de bois défini, en l'occurrence celui d'une structure isolée au sein du site de CH 19, et d'appréhender les possibilités mais également les limites de la méthode dendrochronologique.

### 1.1. Évolution de la dendrochronologie

La dendrochronologie, du grec « *dendron, chronos et logos* », -l'étude du temps à travers le bois- est, pour l'essentiel, une méthode de datation par l'analyse des variations de la largeur des anneaux de croissance des arbres, les cernes. Les premières sources écrites concernant cette méthode remontent au IV<sup>e</sup> siècle av. J.-C. et appartiennent à Théophraste qui met en parallèle la croissance des arbres et leur diamètre (Studhalter 1956). Mais le premier à observer des relations entre la largeur des cernes et les variations saisonnières du climat n'est autre que Léonardo da Vinci : « *Les cercles des branches d'arbres sciées montrent le nombre de leurs années, mais aussi lesquelles furent les plus humides et les plus sèches selon leur taille.* » (Corona 1983 ; Girardclos 1999).

À la fin du XVIII<sup>e</sup> et au début XIX<sup>e</sup> siècle, l'astronome américain Andrew-Ellicott Douglas travaille essentiellement sur la mise en évidence des relations entre les variations de la largeur des cernes des arbres et les changements climatiques (Douglass 1928, 1936). Il décompte alors les cernes à rebours pour déterminer l'âge des arbres et mesure l'épaisseur de chaque cerne. Il met au point un appareil astucieux, le cyclographe. Celui-ci permet de rechercher une périodicité dans la croissance des arbres, en rapport avec les variations d'intensité et de reproduction des taches solaires. C'est en observant des bois archéologiques provenant de campements indiens d'Arizona que A.E. Douglas distingue des cernes caractéristiques appelés aujourd'hui « signatures dendroclimatologiques ». A partir de cette découverte, il date des campements indiens et élabore les chronologies correspondantes. Il laisse de nombreuses séries de mesures traduites en graphiques ; grâce à ces courbes, il date de nombreux bois archéologiques et met au point un procédé permettant de comparer l'âge des bois en remontant dans le temps, le *cross-dating* (Douglass 1919). Entre 1925 et 1937 deux de ses disciples perfectionnent les techniques d'analyse et s'intéressent aux interactions entre la croissance des arbres et le climat.

En 1937, A.E. Douglass fonde à Tucson, en Arizona, le « Laboratory of Tree-Ring Research ». En 1954, E. Schulmann (1956) découvre des arbres très âgés, les Bristlecone pin (*Pinus aristata Engelm et Pinus longaeva D. K. Bailey*) dont certains spécimens peuvent atteindre 4600 ans. Des mesures sur ces arbres très âgés permettent de faire le lien avec les datations au radiocarbone (tables de calibration du <sup>14</sup>C) et d'établir une chronologie de 8700 ans. La calibration du <sup>14</sup>C sur les cernes de croissance des bois a commencé à la fin des années 1950. Grâce à des *Pinus aristata* américains très âgés et datés par dendrochronologie jusqu'à 5 à 6000 ans et des mesures de séquences de 5 à 10 cernes, on a pu montrer un écart

entre le calendrier 14C et le calendrier en années réelles (années solaires). À partir de 500 ans av. J.-C., l'écart augmente et atteint presque 800 ans vers 5500 BP.

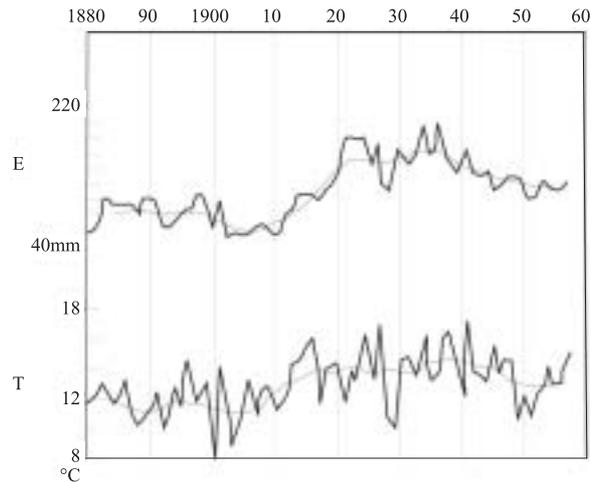
Dans les années 1980 et 1990, une nouvelle étude systématique de ce phénomène est réalisée par plusieurs laboratoires. Cette étude consiste à travailler sur des séquences de 5 à 10 années de cernes sur divers arbres : des arbres vivants (américains) et des arbres morts (européens). Ces courbes dendrochronologiques constituent la banque de données à partir de laquelle les calibrations sont dorénavant possibles (publication de cette base de données en 1993) et ce pour l'holocène et l'extrême fin des dernières glaciations (fin de la courbe dendrochronologique vers 11000 BP) (Ferdrière 1998).

Dans les années 1950, E. Schulmann et H.C. Fritts, directeurs du Laboratoire de Tucson, s'intéressent à la sensibilité à la sécheresse de plusieurs conifères et suivent, avec beaucoup de finesse et une grande précision, les variations de l'aridité dans l'ouest des Etats-Unis depuis le premier siècle de notre ère (Fritts 1976).

Des chercheurs de l'Université d'Illinois à Chicago, B. Bannister (Bannister 1965 ; Bannister, Jeffrey et Robinson 1969), J.W. Hannah (1965) et W. Weakly (1968) réalisent des datations systématiques de constructions en bois. Ils réussissent à mettre en évidence l'accroissement concentrique de certains villages indiens et à suivre les migrations des populations précolombiennes.

C'est également dans les années 1950 que l'école scandinave, issue de l'école américaine, s'essaie à de nouvelles datations. L'engouement de E.H. De Geer (1954) pour la dendrochronologie le conduit un peu trop loin dans la méthode de datation, tout du moins pour l'époque, puisqu'il propose de dater des varves glaciaires et diverses poutres de Scandinavie en se référant aux séquoias de Californie. En 1961, G. Siren (1961) trace de nombreuses courbes de croissance pour des conifères nordiques. En 1950, 1957 et 1962, P. Slästad et T. Mikola (1950) montrent qu'en limite septentrionale de croissance des arbres, l'épaisseur des cernes est directement liée aux températures de juillet. Le cerne se comporterait donc comme un « thermomètre » naturel (Fig. 8).

L'étude des cernes de croissance devient alors une véritable course dans plusieurs pays. Après l'ouest des Etats-Unis et la Scandinavie, c'est au tour de l'Allemagne de prendre part à la compétition. Mais contrairement aux facteurs climatiques bien connus pour les deux premières zones géographiques -les Etats-Unis et la Scandinavie-, le climat d'Europe occidentale est beaucoup plus varié et il est impossible de déterminer immédiatement la responsabilité de chacune des variables du climat dans la croissance des arbres.



Parallélisme entre l'épaisseur des cernes (E) de six essences de pins de la Finlande du Nord (entre le 68° et le 69° N) et les températures de juillet (T) relevées à la station de Karesuando. Les courbes en grisé sont adoucies. Mikola T., 1950

Figure 8. Le cerne : un thermomètre naturel

En toute rigueur, il faut comparer entre elles les différentes conditions de croissance. Ce problème demeure d'actualité et ces réelles difficultés expliquent le retard des études dendrochronologiques en Europe, et en Allemagne la volonté d'orienter les recherches sur la dendrochronologie purement mathématique, au détriment de la dendroclimatologie.

En 1941, grâce à une équipe de chercheurs allemands, sous la direction du professeur F. Huber (Munich), la première chronologie du chêne est réalisée pour l'Allemagne occidentale (Huber et Giertz-Siebenlist 1978). Cette chronologie a permis, pour la première fois, de dater les sites lacustres en Suisse. E. Hollstein, le successeur de B. Huber, accomplit un travail important sur la datation de bois romains et mérovingiens et procède à l'étude des charpentes des cathédrales de Trêves, Cologne et Speyer. En 1980, E. Hollstein publie une chronologie étalon du chêne, chronologie de grande importance (Hollstein 1978, 1980).

Une collaboration entre les chercheurs irlandais M.G.L. Baillie et J.R. Pilcher (Baillie et Pilcher 1973, Baillie 1982 ; Pilcher *et al.* 1984) et les scientifiques allemands conduit à la corrélation de plusieurs chronologies européennes pour le chêne, assemblage qui couvre aujourd'hui sept millénaires.

Outre ces différentes écoles, quelques autres travaux intéressants sont à signaler. Tout d'abord les recherches réalisées en 1966 par le chercheur belge A.V. Munaut qui réalise un travail considérable sur la mathématisation de la dendrochronologie et ses possibilités d'utilisation dans les régions tempérées (Munaut 1966). La même année, le chercheur

néo-zélandais A. Druce date une coulée de lave volcanique récente dans les Monts Egmont (Ile du Nord en bordure du détroit de Cook), à partir de souches de frêne fossilisées (Druce 1966).

Depuis une vingtaine d'années, le renouveau de l'archéologie en ambiance lacustre, avec l'ouverture de fouilles de grande envergure et de multiples études pluridisciplinaires en Suisse, en Allemagne et en France, a permis de collecter des milliers de bois. Les laboratoires alors impliqués dans la recherche dendrochronologique sont nombreux ; il convient de citer ceux de Stuttgart, du Musée de Trèves, du Musée Cantonal de Neuchâtel, de Zurich, de Hemmenhoffen, de Moudon et de Besançon (Laboratoire de Chrono-Écologie, U.M.R. 6565). Ce dernier, créé en 1981, s'inscrit intégralement dans cette dynamique de recherche. Sa création était intimement liée à l'étude des sites lacustres jurassiens de Clairvaux et de Chalain. Les échantillons de pieux en chêne provenant de ces deux lacs ont permis la construction d'un référentiel français -Jura-Neo 6- pour le Néolithique (Lavier 1996). Le début des années 1980 marque réellement l'essor de la dendrochronologie. De nombreux laboratoires fleurissent dans le monde entier ; ils sont assez souvent orientés vers la construction de chronologies longues ou vers la mise au point de méthodes de calculs utilisées pour améliorer la fiabilité et la précision des datations.

Dans le Grand Est et dans le massif alpin, l'essor de l'archéologie minière permet également d'étudier des ensembles de bois parfaitement conservés dans les milieux souterrains que sont les mines ou en milieu noyé comme les puits salés de la haute vallée de l'Asse dans les Alpes de Haute Provence (Morin et Rosenthal 2004). Leur étude permet non seulement de caractériser la dynamique des exploitations mais aussi de déterminer les essences présentes aux différentes époques de leur activité.

Pendant les quinze dernières années, les méthodes de calculs ont sans cesse été reprises et améliorées. De surcroît d'autres aspects de la discipline ont été reconsidérés : le climat, les données écologiques et la provenance des bois ainsi que l'impact de l'homme sur son environnement (Billamboz *et al.* 1992).

## *1.2. Principes de la dendrochronologie*

La datation est une part essentielle de l'étude dendrochronologique. Elle permet de déterminer la période durant laquelle un arbre, vestige ligneux, a vécu ; elle permet 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 environnement défavorable entraîne la formation d'un cerne plus étroit ; c'est ce que l'on appelle le phénomène de phénologie (Hans-Jürgen 1998).

En mesurant la largeur des cernes de croissance de nombreux bois et en étudiant les résultats de ces mesures, une reconstitution des indices de croissances annuels est possible pour chaque essence végétale et par région (Fig. 9). La recherche de pièces de bois appartenant à des époques différentes permet de corréliser entre elles les séquences fournies par chacun des bois et d'établir ensuite une courbe continue riche d'informations : un véritable calendrier. Pour dater une pièce de bois, nous recherchons par comparaison la position de sa courbe générale. Dans un premier temps les courbes sont observées et synchronisées optiquement sur une table lumineuse afin de visualiser les meilleures positions ; puis dans un second temps, il est 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. Toutefois, chaque essence réagissant différemment aux nombreux facteurs qui déterminent sa croissance, il est nécessaire, au début de l'analyse dendrochronologique, de traiter chaque essence séparément.

### *1.2.1. Préparation et mesure*

Après avoir choisi des rayons de bonne qualité - trois au minimum - sur l'échantillon de bois où les cernes sont les plus lisibles (absence de nœud ou de blessure), le dendrochronologue réalise un « chemin de mesure » (Fig. 10) à l'aide d'une lame de rasoir (pour les bois humides). Ce chemin part de la moelle en direction du cambium. Le chercheur obtient ainsi une bonne lisibilité de chaque cerne. Sur un même échantillon, plusieurs chemins sont

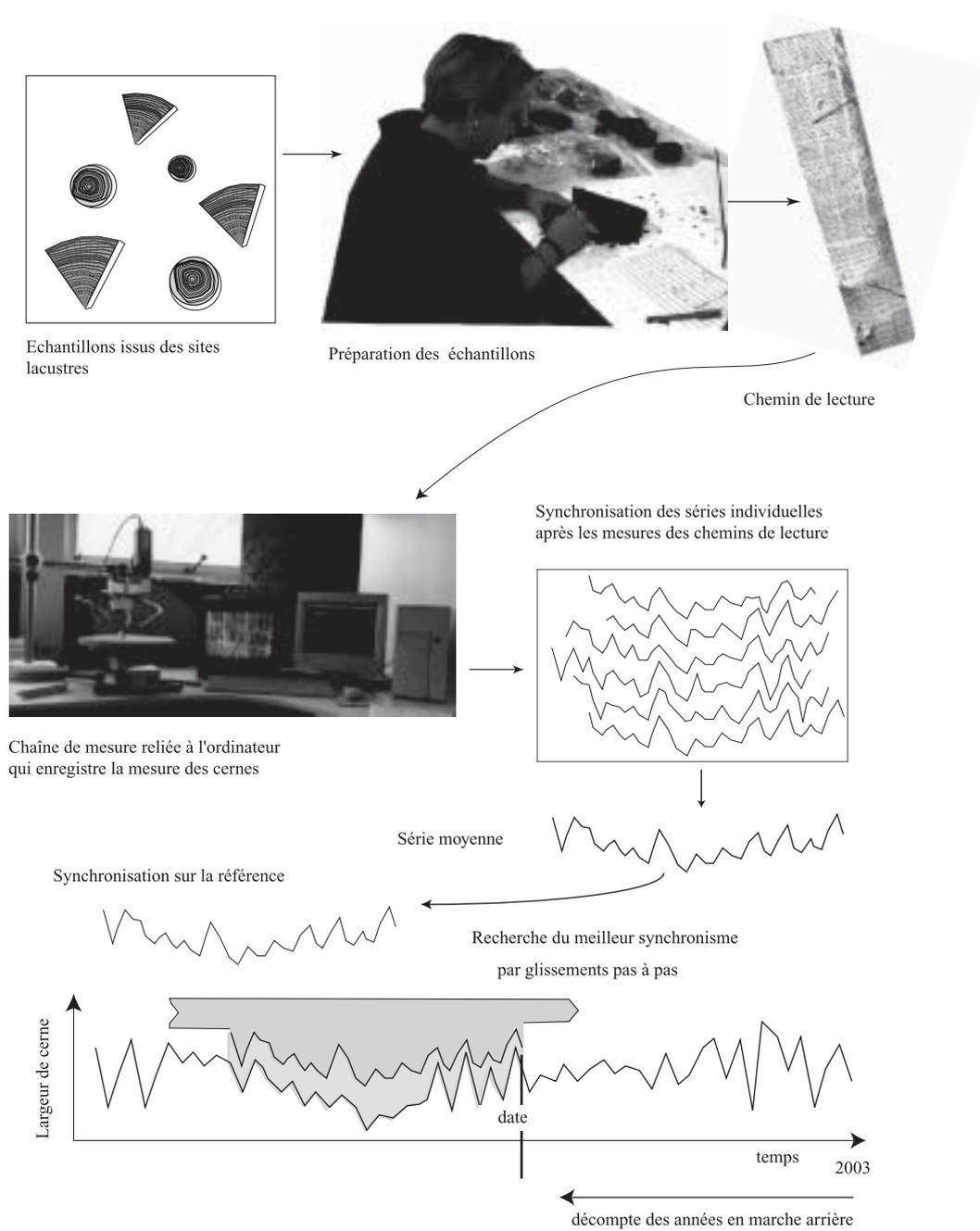


Figure 9. Principe de la méthode dendrochronologique



Photographie C. Lavier, 2001

Réalisation des chemins de mesure à l'aide d'une lame de rasoir



Photographie C. Lavier, 2001

Lecture d'un chemin de mesure

*Figure 10. Préparation des chemins de mesure*

mesurés afin d'exprimer au mieux la croissance moyenne de l'arbre. La multiplication des chemins réduit notamment l'imprécision inévitable liée à chaque mesure du cerne. Après préparation de leur surface, les échantillons sont soumis à la mesure.

Pour cela, l'échantillon est posé sur un chariot mobile, qui est déplacé sous une binoculaire et une caméra vidéo, depuis la moelle en direction du cambium. Relié à un ordinateur, cet appareil va permettre au dendrochronologue de commander les déplacements et d'enregistrer les valeurs de façon automatique (logiciels de mesure « dendron », Lambert G.N. et T.S.A.P., Rinn F., Société allemande, version 1994) (Rinn 1989). Il est donc aisé

pour l'opérateur, tout en observant l'échantillon, de passer d'un cerne à l'autre en prenant chaque fois la mesure de sa largeur. Chacune de ces valeurs est stockée dans l'ordinateur. Ces valeurs seront utilisées, par la suite, pour effectuer le dessin des courbes, leur visualisation et leur contrôle. Cette démarche est essentielle. Malgré la fiabilité croissante des calculs statistiques, le dessin de la courbe dendrochronologique reste un passage obligé entre la mesure et la datation. Cette représentation graphique aide à la découverte d'éventuelles erreurs de mesure ; elle facilite la datation tout en permettant de vérifier sur table lumineuse les comparaisons entre les séquences. Le dendrochronologue peut ainsi, plus aisément, se familiariser avec les aspects caractéristiques des courbes concernées. Sur chacune d'elles est référencé le numéro de l'échantillon, sa localisation, l'essence végétale, la présence -ou non- de la moelle, de l'aubier et du cambium.

### *1.2.2. Synchronisation des séquences*

La recherche des synchronisations s'effectue par comparaison entre deux séries dendrochronologiques individuelles (Fig. 9), en tenant compte de la présence -ou non- des derniers cernes de croissance et des informations retenues lors des prélèvements et de la mesure. Ce travail permet d'apprécier les différents types de croissance et les caractères communs à plusieurs bois dans un lot d'échantillons. Par cette méthode, il est souvent possible de dégager différentes familles. Dans un premier temps, la reconnaissance de ces familles va faciliter les premières synchronisations et datations : bois âgés, bois jeunes, croissances rapides ou lentes. Les résultats de cette première étape sont ensuite vérifiés par un certain nombre de calculs suivant les difficultés de synchronisation.

### *1.2.3. 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. Mis au point par E. Hollstein à Trêves, ce calcul effectuée sur les séquences une modification de chaque valeur de cerne en fonction du précédent (Hollstein 1980). Plus l'écart entre deux cernes est important, plus la valeur de l'indice sera forte. Le résultat reflète les variations interannuelles des individus. Ce filtre pose toutefois un inconvénient puisqu'il amplifie la valeur des années caractéristiques (Lambert *et al.* 1988 ; Lambert et Lavier 1992a,1992b ; Lambert *et al.* 1992).

L'indice Except, créée à l'unité de dendrochronologie de Besançon (Lambert et Lavier 1992a) est inspiré d'un calcul utilisé en Angleterre par les dendrochronologues M.G.L Baillie et J.-R. Pilcher (1973). Ce filtre tente de diminuer le défaut de l'indice de Hollstein : en effet, au lieu de rapporter la largeur du cerne à deux consécutifs, il effectue une correction basée sur la moyenne mobile des six cernes encadrant le cerne à corriger (Girardclos 1992). L'indice E (Except) élimine le cerne le plus large et le cerne le plus petit inclus dans la moyenne mobile. 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).

#### 1.2.4. 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 (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. Ce test est peu sensible aux variations climatiques, aux *trend* présents dans les séquences et permet donc de comparer des bois dont les croissances sont différentes. Ce test peut être complété par un calcul standard appelé distance euclidienne (Lambert et Lavier 1990a). Celui-ci consiste à estimer la surface qui sépare deux courbes. La synchronisation est viable lorsque l'aire mesurée séparant deux courbes est faible. Lorsque le résultat de la distance euclidienne est faible et que le coefficient W est satisfaisant ( $W = 3,09$  correspond à un risque d'erreur de 1 pour 1000), la corrélation pourra être admise.

Le test de Student ou test de Baillie et Pilcher est issu des analyses anglo-saxonnes (Baillie et Pilcher 1973). Il est basé 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.

En définitive, la dendrochronologie a 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 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 idéal reste pourtant exceptionnel. C'est pourquoi nous avons entrepris, avant de traiter un site dans son intégralité, de réaliser un test sur un lot restreint de bois humides pour évaluer *a priori* la qualité de ce matériel archéologique tant du point de vue chronologique que socio-écologique. C'est ce test que nous nous proposons d'expérimenter et d'explicitier.

## **2. *Choix d'une zone-test***

Ce test vise avant tout à évaluer les potentialités et les carences de la méthode dendrochronologique face à la matière première (bois sub-fossiles humides) en prenant en compte l'action de l'homme sur cette matière première. C'est pourquoi il nous a paru pertinent de ne prendre, dans un premier temps, qu'un premier lot de pieux de CH 19. Notre choix s'est porté sur un lot de bois cohérent appartenant à une structure parfaitement mise en évidence à partir des fouilles : un bâtiment isolé (Fig. 11), dont la lisibilité générale ne se discute pas. Le lot de bois présents sur cette zone de 224 m<sup>2</sup> est particulièrement propice à cette étude avec 200 échantillons (pieux et bois horizontaux). La qualité des prélèvements sur le terrain a été tout à fait satisfaisante, avec deux essences très bien représentées, *Quercus* et *Fraxinus*. La datation de ces bois a constitué l'objectif premier, la précision de ces datations permettant d'appréhender la durée des occupations successives, en prenant en compte les phases d'abandon et de reconstruction des structures d'habitat. Cette évaluation dendrochronologique devait également permettre d'appréhender les difficultés et les acquis de la datation dans le milieu des deux lacs jurassiens. Enfin, outre l'intérêt chronologique, nous voulions tester les apports de la dendrochronologie à une meilleure connaissance des rapports que les agriculteurs néolithiques ont entretenus avec leur environnement.

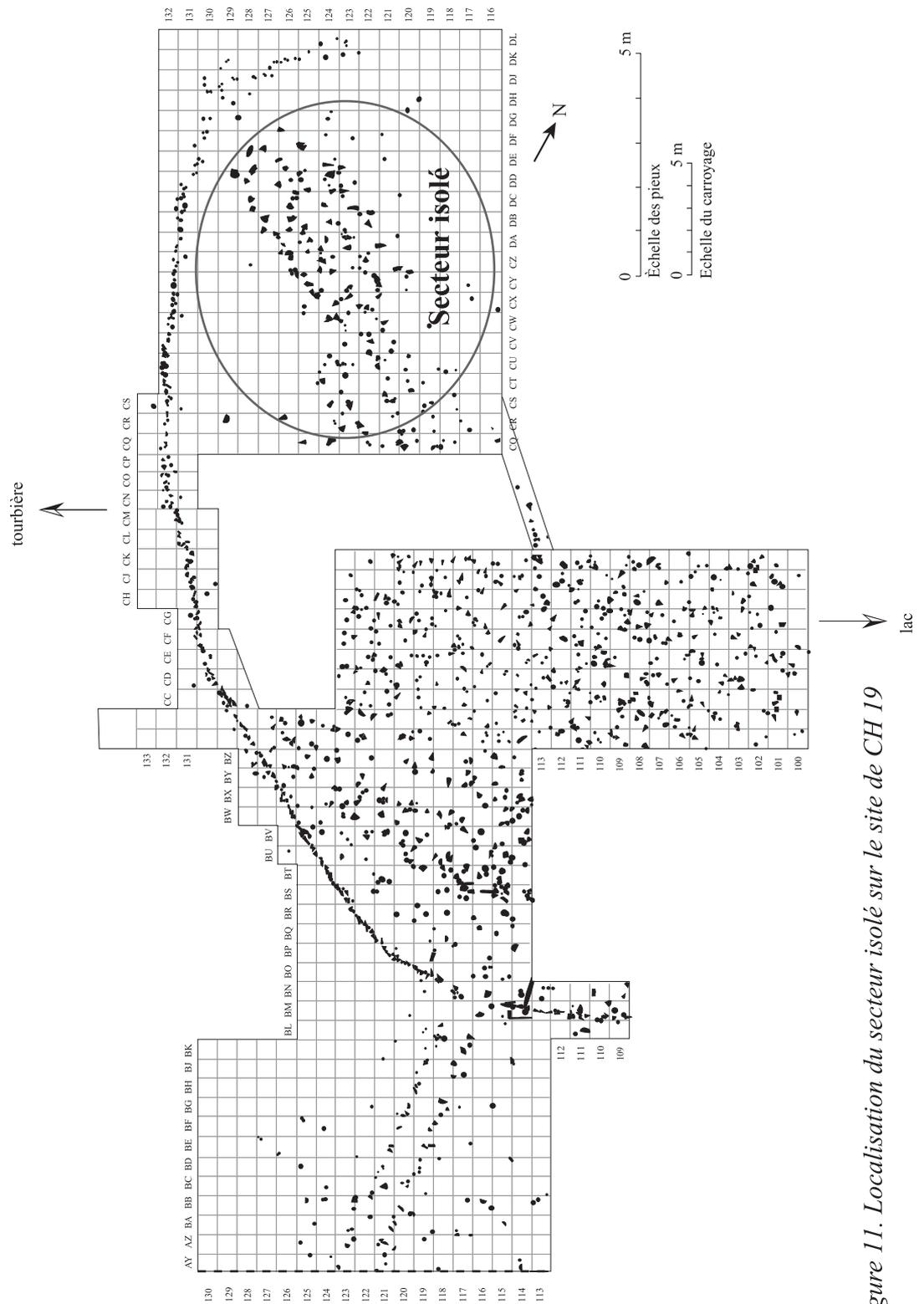


Figure 11. Localisation du secteur isolé sur le site de CH 19

### 2.1. Contexte archéologique du test

Les premières études de la rive sud-ouest du lac de Chalain ont débuté en 1995 par des sondages à la tarière et se sont poursuivies en 1996 par la fouille programmée de la station 19 (CH 19) (zone archéologique de Doucier), sous la direction de P. Pétrequin. Ce programme pluriannuel, financé par le Service régional de l'Archéologie (Ministère de la Culture), le Conseil régional de Franche-Comté et le département du Jura, s'est poursuivi jusqu'en 2001 (Pétrequin, Pétrequin, Viellet et Maréchal 2001).

La séquence stratigraphique de CH 19 comporte deux occupations, séparées par des craies stériles (Fig. 12) :

- une phase ancienne que les artefacts permettent d'attribuer à la culture de Horgen, c'est-à-dire au 32<sup>e</sup> siècle av. J.-C. (couche O) ;
- une phase d'occupation composée d'un mobilier archéologique qui autorise à dater ce niveau d'occupation du 31<sup>e</sup> siècle av. J.-C. Elle est caractérisée par le développement du groupe de Clairvaux ancien (couches H et K).

Sur le secteur de la construction isolée, la stratigraphie, moins dilatée dans cette partie du site, ne nous permet plus de distinguer de séparation stérile entre la couche H et K. Nous avons donc regroupé ces deux couches dans l'ensemble H/K.

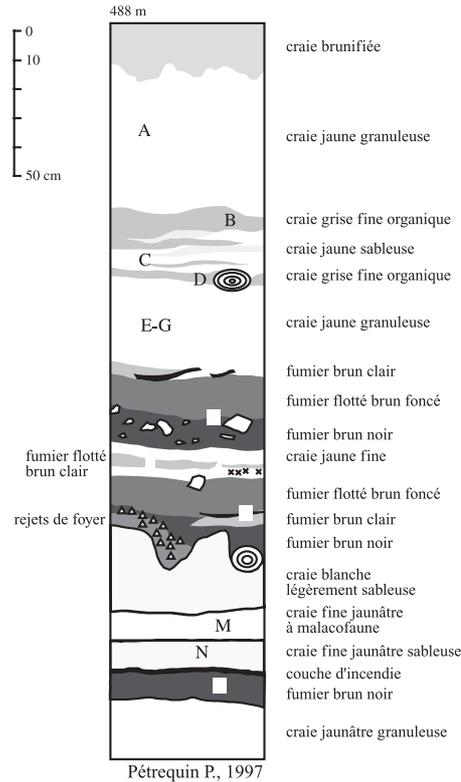
Au vu des artefacts retrouvés dans les couches H et K, il est possible d'attribuer à cet ensemble une datation allant de la deuxième moitié du 31<sup>e</sup> à la première moitié du 30<sup>e</sup> siècle av. J.-C. Chalain 19 semble donc contemporain de Chalain 3 couches IV et II<sup>e</sup>, Chalain 4 et Clairvaux IV niveaux inférieur et supérieur.

À l'est des habitats densément construits, cette zone que nous désignerons comme « isolée », s'étend sur 224 m<sup>2</sup>. Elle se distingue du reste du village par une densité de pieux très localisée au nord-est du site.

Pour des questions d'organisation interne à la fouille, l'analyse dendrochronologique de cet ensemble a été réalisée en deux temps :

- en 1997, une première série de prélèvements de pieux n'avait pas abouti à une interprétation satisfaisante. Le décapage, peu profond, n'avait pas permis d'obtenir un échantillonnage suffisant et de bonne qualité dendrochronologique, notamment en raison de l'absence de pieux à aubier. C'est pendant cette campagne de fouille qu'une palissade a été mise en évidence.

Figure 12. Stratigraphie du site de Chalain 19



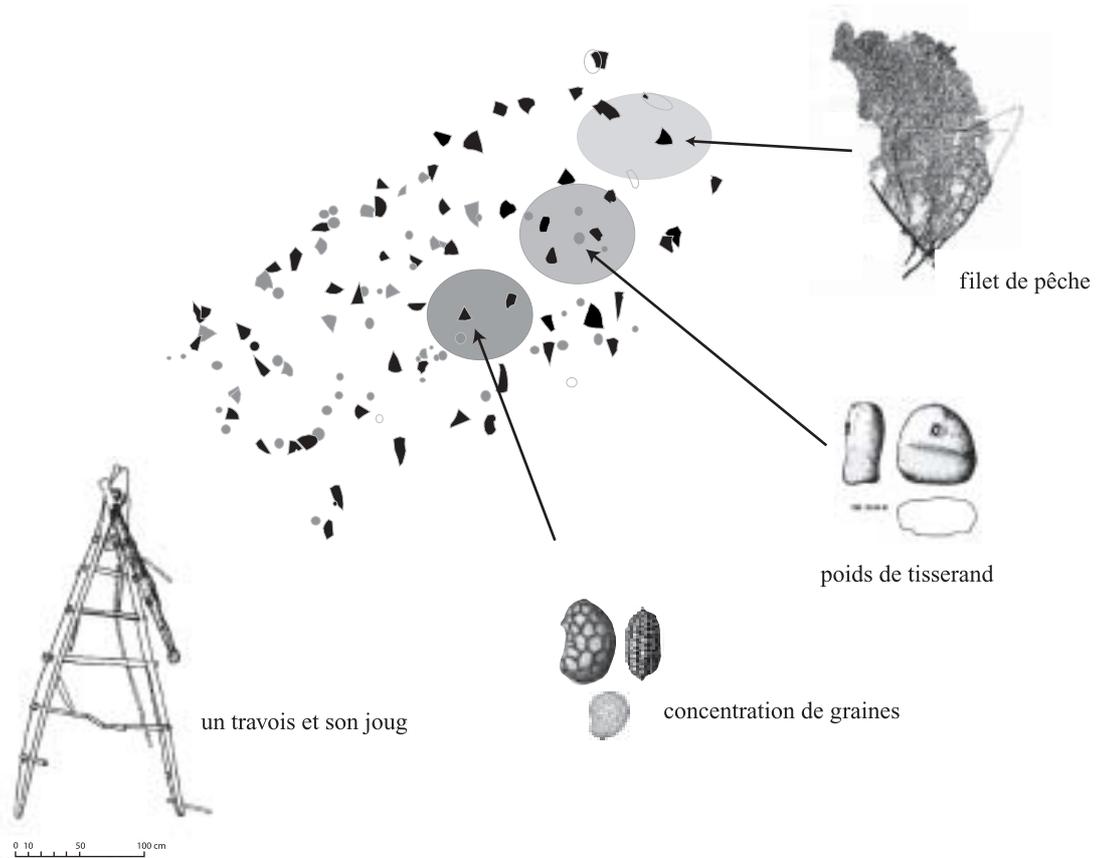
Cette portion de palissade est essentiellement composée de saules (*Salix sp.*), de bouleaux (*Betula sp.*), d'érables (*Acer sp.*), d'aulnes (*Alnus sp.*) et d'un nombre minime de hêtres (*Fagus sp.*) et de pommoidés.

- en 1999, la fouille complète et systématique de ce secteur de la construction isolée a permis de dresser un plan plus complet de la répartition de ces pieux. La qualité de l'échantillonnage est alors bien meilleure que celle de 1997, avec l'acquisition de bois mieux conservés et un nombre statistiquement acceptable de bois avec aubier et/ou cambium. La bonne qualité de l'échantillonnage est due également à la protection des bois sous film plastique, au fur et à mesure de leur dégagement. Les altérations causées essentiellement par l'assèchement de la matière ligneuse ont été ainsi évitées.

### 2.1.1. Des artefacts originaux pour une structure originale

La position de cette construction isolée du reste du village et les artefacts associés, laissent présager, en plus d'une structure architecturale à quatre rangées de pieux, plutôt atypique, une distinction d'ordre social ou/et économique.

2. Choix d'une zone-test



Photographie A. Viellet, 1999

Nettoyage du filet de pêche

Figure 13. Les artefacts du secteur isolé

La fouille de ce secteur a été réalisée afin de comprendre les rapports entre le village et cette maison dont l'architecture est inhabituelle. Lors de la fouille, l'originalité de cette construction s'est trouvée renforcée (Fig. 13) (Pétrequin *et al.* 2001).

En effet, sous le plancher, un important dépôt de graines de pavot, d'akènes de mûres et de fraises permet de suggérer une consommation alimentaire ou des préparations quotidiennes surprenantes. De plus, et pour la première fois sur les sites fouillés à Chalain, ont été retrouvés 17 poids perforés en argile dispersés entre les quatre rangées de poteaux. D'après leur typologie, il pourrait s'agir d'éléments servant à la mise sous tension d'un métier à tisser vertical. Cette découverte est d'autant plus remarquable lorsque l'on sait qu'à la fin du Néolithique, les tissus en lin contribuent à l'affichage des différences sociales et par conséquent, on mesurera mieux l'intérêt d'avoir localisé cette activité de tissage unique dans ce bâtiment isolé (Pétrequin *et al.* 2006).

Toujours dans l'espace délimité par les quatre rangées de poteaux et du côté de la palissade en DE-DF 126 HK, une grande sparterie et des baguettes ligaturées ont été mises au jour. Ces vestiges ont été interprétés comme des éléments constituant un filet de pêche.

Au-devant de ce qui est considéré comme le pas de porte de la maison isolée, des rejets de

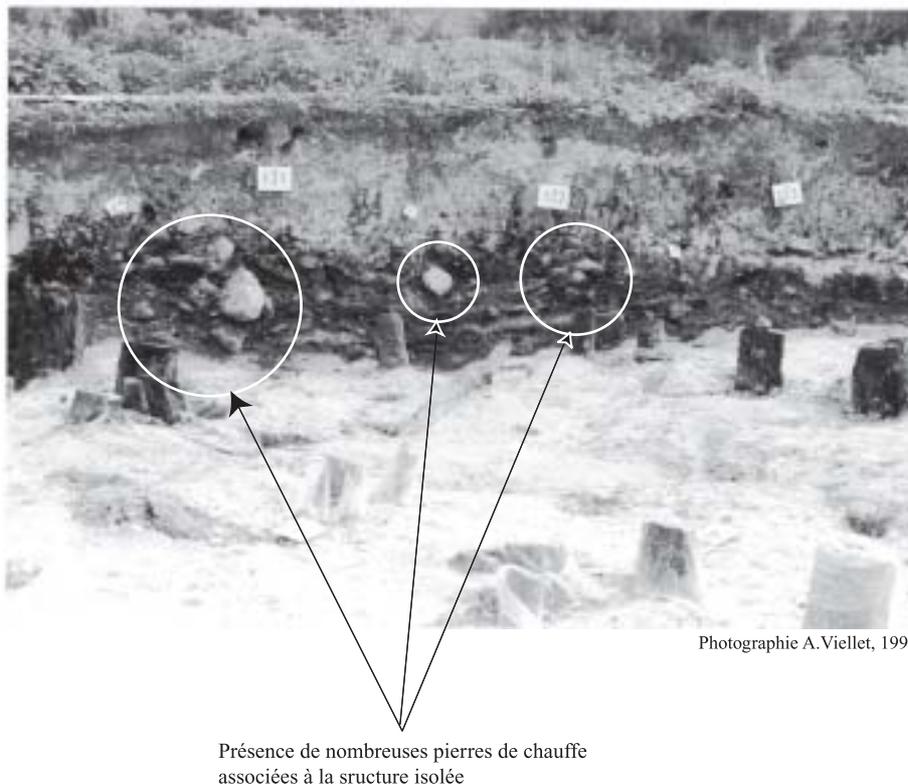


Figure 14. Stratigraphie du dépotoir situé devant la structure isolée



Photographie A. Viellet, 1999

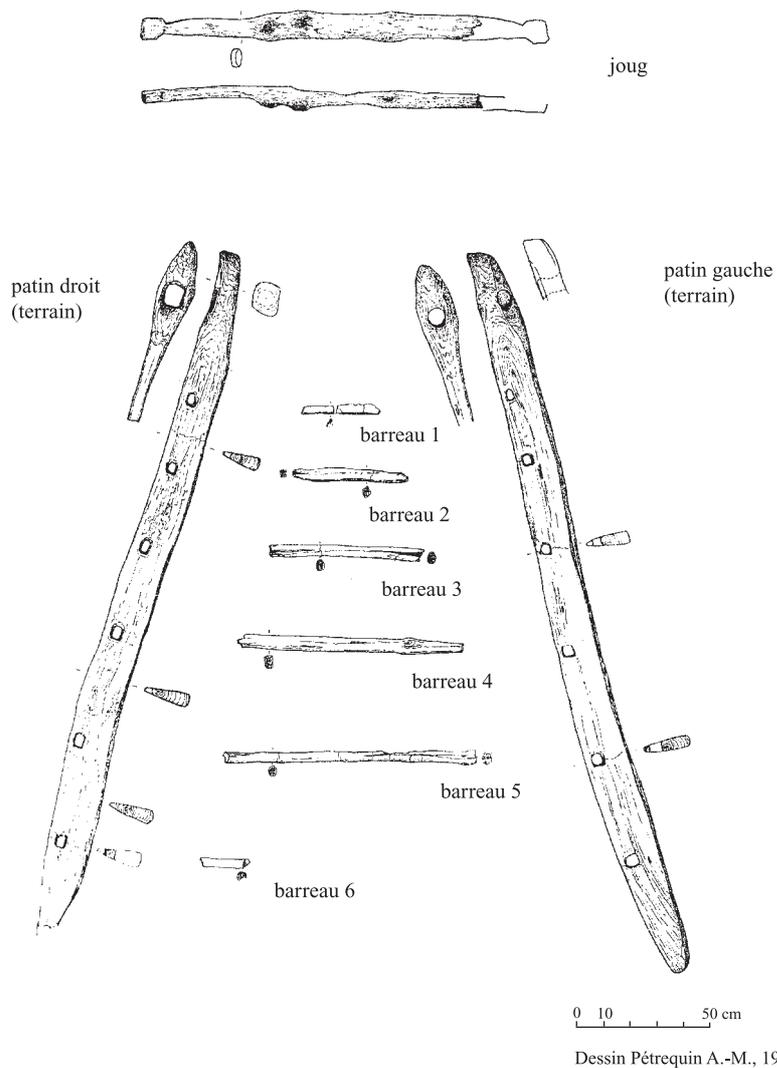


Figure 15. Chalain 19, le travois et son joug

pierres chauffées et d'ossements animaux fragmentés sont présents en très petite quantité. C'est également dans cette zone qu'un long poignard en silex d'importation a été découvert.

Devant la structure isolée, en direction de l'espace densément bâti, a été mise au jour la plus importante concentration de pierres chauffées du village, à la fois par son volume mais aussi par la dimension exceptionnelle des blocs éclatés (Fig. 14). Il pourrait s'agir d'un foyer en rapport avec des consommations collectives et festives de viande, d'autant que les rejets d'artefacts y sont rares.

Mais la découverte la plus remarquable est celle d'un travois et d'un joug, tous deux amarrés au sol par un piquet en frêne, à l'angle sud-ouest du décapage de la maison isolée (Fig. 15). Le joug a une longueur restituée de 1,52 m. Il appartient à un type rectiligne à encoche. Quant au travois, il est composé de deux patins en frêne (patin droit 2,79 m, patin gauche 2,89 m) reliés entre eux par six barreaux dont la plupart étaient encore en place lors de la fouille. Jusqu'à cette découverte en 1999, les travois n'étaient connus que par les figurations piquetées du Val Fontanalbe (Italie) et mal situés dans la chronologie du Néolithique (Pétrequin *et al.* 2006).

### *2.1.2. Plan et étude des pieux*

Un pieu ou un poteau sont des pièces de bois destinées à être enfoncées dans le sol, le plus souvent pour soutenir une structure d'habitat. Au préalable, les pieux porteurs sont préparés, écorcés, retaillés ou refendus, voire appointés (Fig. 16), à l'aide d'une herminette ou d'une hache (Fig. 17), outils de défrichage et de débitage du bois. Enfoncer un pieu dans le sol n'est pas forcément un travail de longue haleine car les craies lacustres se liquéfient sous l'effet des vibrations et se compactent à nouveau quelques heures après l'arrêt des vibrations ; ce sont là les propriétés d'un sédiment thixotrope (Pétrequin 1991). Aujourd'hui, c'est cette propriété des craies qui permet de prélever dans de bonnes conditions des poteaux vieux de 5000 ans, exceptionnellement préservés dans un milieu gorgé d'eau et privé d'oxygène.

Il arrive cependant très fréquemment que les pieux, sous l'action abrasive de la craie, aient perdu leur cambium, dénommé plus justement dernier cerne sous écorce, et une partie de leur aubier. Les pieux peuvent avoir été arrachés volontairement ou par flottage. Gorgée d'eau, lors d'une remontée du niveau du lac, la craie liquide peut exercer une poussée

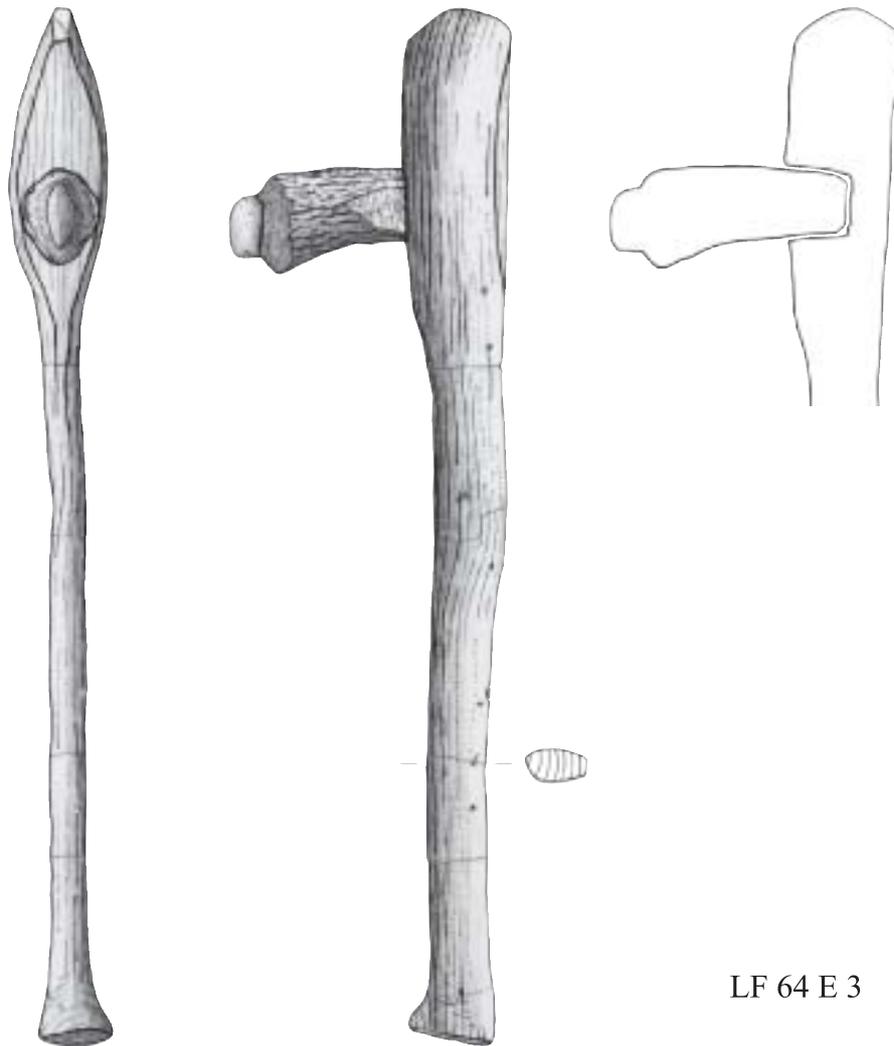


Photographie A. Viellet, 1999



Photographie A. Viellet, 1999

*Figure 16. Exemples de pieux appointés*



LF 64 E 3



EF 69 E 3

Dessins N. Delattre, 1993, 1994

Figure 17. Hache et herminette du site de CH 4  
Groupe du Clairvaux ancien

verticale sur le pieu et le déloger de son emplacement originel. Le pieu manquant laisse place alors à un cône vide. Toutefois, il est possible d'en trouver les traces grâce au dépôt d'écorce ou de petits morceaux de bois sur les parois du cône. Le négatif de cet élément architectural ne doit pas être négligé : il nous renseigne, entre autres, sur le diamètre du pieu disparu.

Après échantillonnage et relevé global des pieux, les échantillons sont traités au laboratoire de Chrono-écologie de Besançon. Le plan est informatisé ainsi que la totalité des informations recueillies. La précision du carroyage est un facteur déterminant pour la localisation originelle des pieux. Ces derniers sont considérés comme des artefacts à part entière, puisqu'ils sont travaillés et apportés par l'homme sur leur lieu d'utilisation. Abattage de l'arbre, façonnage, époinçage et mise en place en tant qu'élément d'architecture dans l'unité d'habitation constituent autant d'opérations qui s'inscrivent dans une véritable chaîne opératoire (Choulot, Ernst *et al.* 1997).

### 2.1.3. Observation du plan de CH 19

Les pieux sont répartis sur trois secteurs distincts (Fig. 18) :

- le premier secteur concerne une palissade, au nord et à l'est de la structure isolée. 99 % des essences arborées de ce lot représentent des espèces variées, comme *Salix*, *Betula*, *Alnus*, *Acer* et en très faible proportion des représentants de la famille des pomoidés. Le 1 % de bois restant n'est autre que le frêne (*Fraxinus*), concentré dans la partie nord-ouest de cette palissade ;
- le deuxième secteur concerne le bâtiment isolé correspondant aux quatre rangées de poteaux parallèles. En isolant sur le plan chacune des essences, on constate que seules deux espèces arborées sont employées dans cette zone : le frêne et le chêne. Le chêne est majoritaire dans les lignes de pieux ;
- un troisième secteur, à l'avant de la structure, est matérialisé par une concentration de pieux majoritairement en frêne et sans organisation évidente. C'est sur cette zone que le foyer peut-être d'usage collectif a été mis au jour.

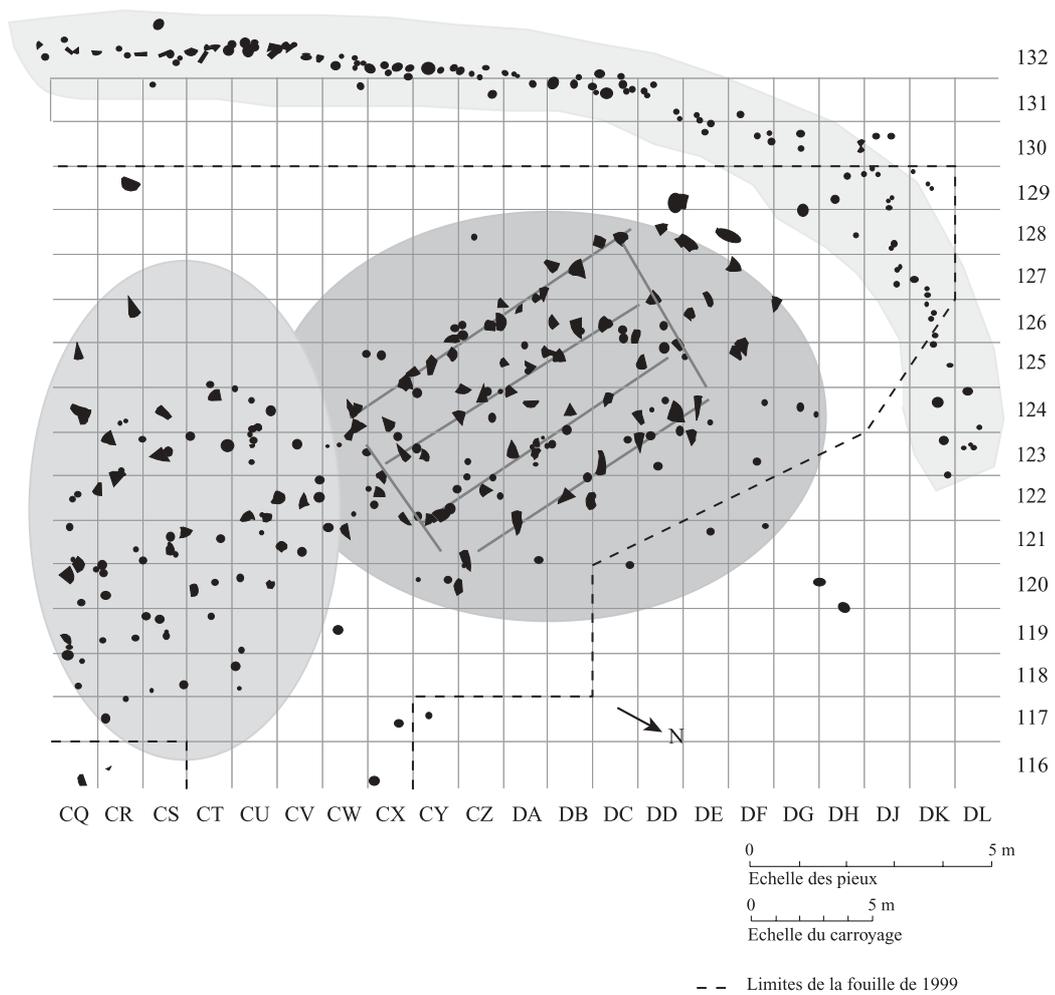
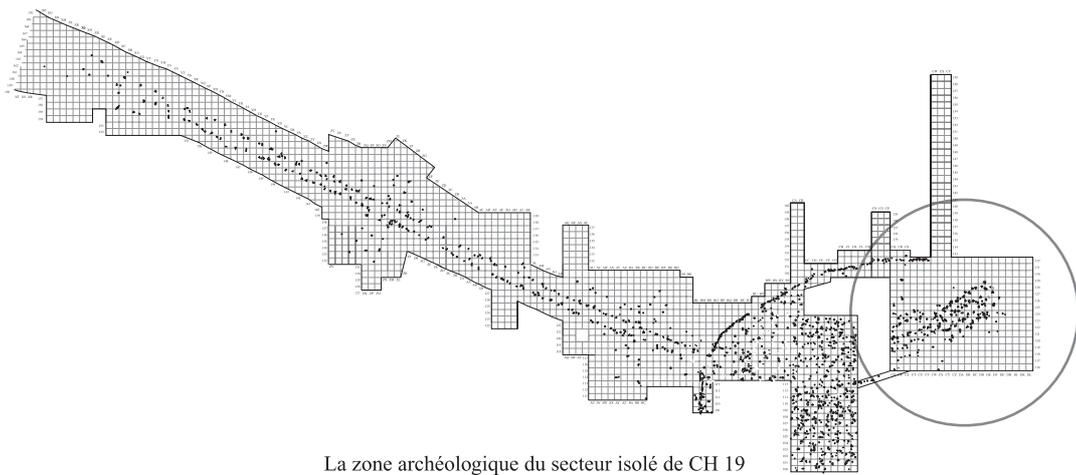


Figure 18. Division du secteur isolé en trois zones : la palissade, la structure et la zone au devant de la structure

## 2.1.4. Étude typologique des pieux

Sur le terrain, il a été possible de diviser le lot de bois en trois groupes : les chênes, les frênes et les autres essences arborées. Sur le secteur de la construction isolée, le total des pieux prélevés est de 206 : 116 frênes, 80 chênes et 10 bois d'essences diverses, sans compter la palissade (cf. chapitre 2). La densité maximale est de six pieux au mètre carré.

Les poteaux proviennent d'arbres abattus et exploités en fonction de leur morphologie et de leur utilisation (poteau maître ou secondaire). En effet, leur utilisation finale va déterminer le type de préparation des bois qui seront circulaires, fendus ou refendus. Parmi les 206 bois prélevés, la répartition des sections s'effectue de la manière suivante (Fig. 19) :

- pour les chênes : 10 circulaires, 3 fendus et 67 refendus ;
- pour les frênes : 96 circulaires, 5 fendus (ou demi-circulaires) et 15 refendus ;
- les dix bois restants, dont l'essence n'a pas été déterminée, sont tous circulaires.

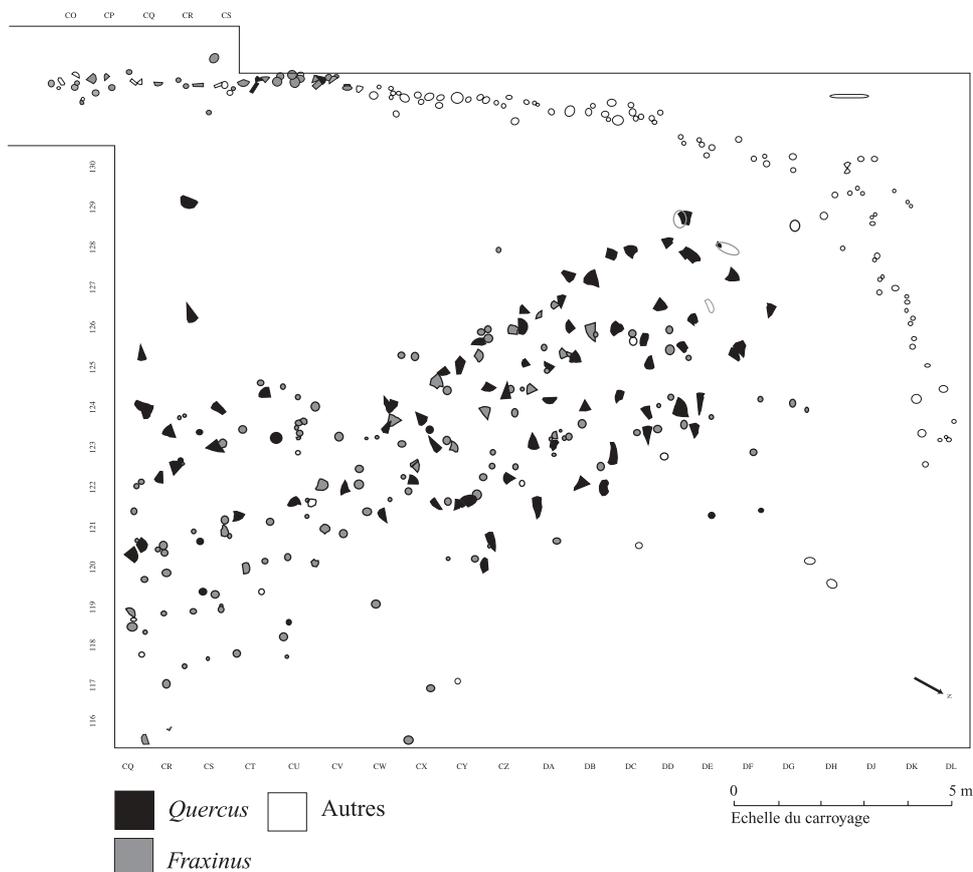


Figure 19. Localisation des chênes et des frênes dans le secteur isolé

Il apparaît clairement que la majorité des chênes est à section refendue, alors que 83% des frênes sont à section circulaire. Il faut en outre noter la diversité des sections des pieux en frêne, qui peuvent être équarris en profil hexagonal ou octogonal. Ces formes de travail du bois sont peut-être le reflet d'une volonté de façonner des angles sur les pieux porteurs pour un meilleur ancrage dans ce sol thixotrope et une longévité accrue des constructions.

### 2.1.5. Étude des diamètres des poteaux de fondation

Les premières observations concernent la localisation précise, la typologie et le diamètre des pieux.

Le diamètre est une indication importante pour estimer le travail lié à l'abattage et à la préparation des pièces architecturales ; c'est également une source d'information sur l'état du milieu forestier exploité. Deux essences ont été principalement utilisées, *Quercus* et *Fraxinus*. À l'évidence, le chêne paraît être l'essence privilégiée, avec des pieux refendus de plus de 20 cm de diamètre. En ce qui concerne le frêne, il est utilisé sous forme de pieux soit refendus avec des diamètres supérieurs à 20 cm, soit circulaires, avec des diamètres n'excédant pas 14 cm (Fig. 20).

99 % des chênes de ce secteur sont refendus et de diamètre important (certains dépassent 45 cm), notamment pour la rangée de poteaux se situant côté lac (Fig. 21). Cette constatation, qui n'est pas due au hasard, suggère sans doute un renforcement des fondations destiné

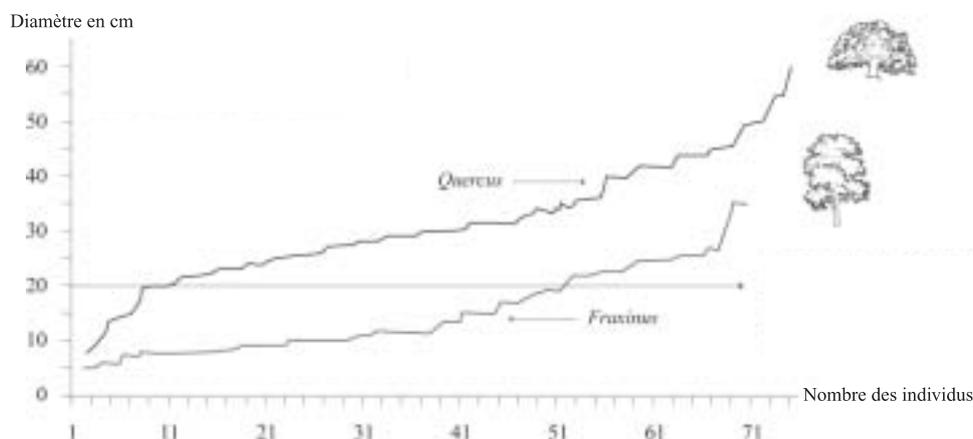


Figure 20. Comparaison des diamètres entre les pieux en chêne et en frêne dans le secteur isolé

à contrer les effets de l'érosion provoquée par le ressac ; nous remarquons également que dans cette zone les sédiments sous-jacents sont plus meubles et offrent une moindre résistance mécanique aux tassements.

Après ces observations, nous avons procédé à l'étude comparative des diamètres entre les chênes et les frênes. Nous avons pris en compte les échantillons dont l'estimation du diamètre était satisfaisante, pour le chêne comme pour le frêne (Fig. 20).

Le nombre de chênes de moins de 20 cm de diamètre n'excède pas 10 individus (7%). Par contre plus de 60 bois dépassent les 20 cm et les plus gros fûts atteignent 55 cm de diamètre. Quant aux frênes, nous n'avons pas affaire aux mêmes gabarits de fûts puisque, pour cette essence, 80% des individus ont un diamètre compris entre 5 et 20 cm.

Ces différences de diamètre peuvent s'expliquer par des choix liés à des besoins spécifiques, choix effectués dès l'abattage sur les lieux d'approvisionnement ; mais des considérations d'ordre chronologique ou/et écologique ont pu intervenir.

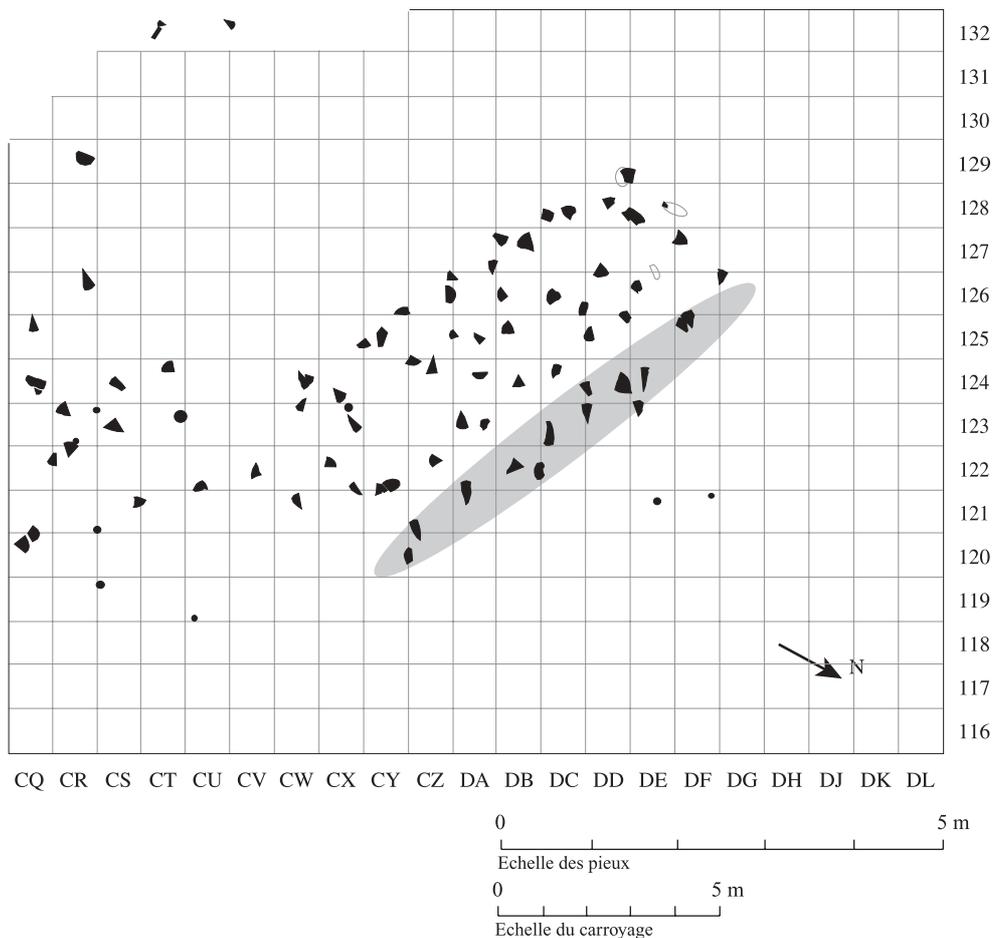


Figure 21. Plan des pieux en chêne

## 2.2. Test dendrochronologique

La totalité des bois a été prélevée à la scie à la fin de la campagne de fouille de 1999, soit 206 individus. Une tranche d'environ 4 cm d'épaisseur a été échantillonnée sur chaque pieu et bois horizontal. La première étape du travail consiste à déterminer les essences arborées utilisées et à sélectionner les séries qu'il sera possible de dater par dendrochronologie. En effet, le principe de l'hétéroconnexion -synchronisation de moyennes entre deux essences- n'est pas applicable à toutes les espèces. Depuis quelques années, cette méthode a été utilisée à Chalain et à Clairvaux sur le chêne et sur le frêne (Billamboz 2002 ; Lavier 1996 ; Viellet 1996, 1997). Les résultats obtenus sont tout à fait recevables et donnent des informations intéressantes pour l'étude de la succession des groupes culturels à l'intérieur d'un site.

Tous les chênes et les frênes ont été mesurés, soit 81 chênes et 93 frênes (84% des bois prélevés). Les 32 autres échantillons sont des petits piquets de moins de 10 ans et des essences autres que *Quercus* et *Fraxinus*.

### 2.2.1. Analyse des chênes

Dans le secteur étudié, 81 échantillons de chêne ont fait l'objet d'une analyse dendrochronologique (Viellet 2003). Tous ont été manipulés et observés, même si certains d'entre eux ne comportaient pas un nombre de cernes (entre 10 et 30 ans) suffisants pour réaliser une datation fiable. Sur la totalité de ces échantillons, 51 possèdent de l'aubier (soit plus de 62% du total des chênes) dont 12 complets avec leur dernier cerne sous écorce (soit 15% des échantillons de chêne). La grande majorité des pilotis (75 individus) sont refendus ; il en résulte un faible nombre de pieux avec moelle entière : 12 sur 81 chênes.

Pour notre test, il est souhaitable de replacer ces chiffres en fonction des trois zones distinctes mises en évidence à CH 19 :

- les pieux qui appartiennent au bâtiment isolé (Tableau 1),
- le segment de palissade,
- les pieux répartis entre le secteur densément bâti et la structure isolée (Tableau 2). Dans ce dernier secteur ont été mis au jour 20 pieux en chêne (ce qui représente 24% des pieux de la surface totale fouillée) : 14 sont datés, 15 possèdent de l'aubier dont 4 complets et 4 possèdent leur moelle.

2. Choix d'une zone-test

n° pieux	longueur	datation	moelle	aub/camb
1389	112	-3156/-3045	moelle	
1391	159	-2997 -3140/-2982 -2958		aubier
1392	159	-2995 -3135/-2977		
1393	110	-3048 -3157/-3048 -3009	moelle	aubier
1396	79	-3154/-3076	moelle	
1397	119	-3095 -2997/-2976		aubier
1398	126	-2993 -3106/-2981		cambium
1401	132	non daté		
1405	116	-3122/-3007		
1406	135	-3018 -3139/-3005 -2979		aubier
1407	178	-3023 -3181/-3004 -2984	moelle	aubier
1408	75	-3038 -3110/-3036 -2999		aubier
1411	134	-2989 -3109/-2976		cambium
1414	147	-3174/-3028		
1416	107	-2991 -3083/-2977		cambium
1418	91	-3069 -2979/-2977		aubier
1419	140	-3030 -3167/-3028 -2991		aubier
1421	158	-3025 -3167/-3010 -2986		aubier
1423	152	-3173/-3022		
1424	155	non daté		
1425	137	-3017 -3142/-3006 -2978		aubier
1428	146	-2991 -3121/-2976		cambium
1429	153	-3019 -3157/-3005 -2980		aubier
1430	131	-3030 -3134/-3004		cambium
1431	143	-3018 -3148/-3006 -2979		aubier
1432	122	-2994 -3105/-2984 -2955		aubier
1433	107	-3041 -3146/-3040 -3002		aubier
1436	80	-3038 -3115/-3036 -2999		aubier
1437	104	-3160/-3057		
1440	97	-3125/-3029		
1443	131	-3150/-3020		
1448	114	-3040 -3139/-3026 -3001		aubier
1450	154	-3023 -3157/-3004 -2984		aubier
1452	71	non daté	moelle	cambium
1456	134	-3155/-3022		
1459	92	-3029 -3119/-3028 -2990		aubier
1461	102	-3140/-3039		
1462	91	-3127/-3037 -3002	moelle	aubier
1466	88	-3118/-3031		
1468	159	-3180/-3022		
1470	80	-3036 -3110/-3031 -2997		aubier
1472	64	-3043 -3104/-3041 -3004		aubier
1476	79	non daté		aubier
1479	135	-3034 -3163/-3029 -2995		aubier
1484	110	-3125/-3016	moelle	
1485	124	-3029 -3140/-3017 -2990		aubier
1487	164	-2996 -3136/-2973		cambium
1491	135	-3157/-3023		
1492	75	-3058 -3119/-3045 -3019		aubier
1496	132	-3027 -3142/-3011 -2988		aubier
1497	66	non daté	moelle	cambium
1498	121	-3146/-3026		
1502	144	-3018 -3151/-3008 -2979		aubier
1515	152	-3029 -3158/-3007 -2990		aubier
1517	133	-3109/-2977		aubier
1518	87	non daté		aubier

Tableau 1. Quercus : pieux de la structure isolée

n° pieux	longueur	datation	moelle	aub/camb
1508	136	-2992 -3128/-2993 -2953		aubier
1522	100	-3113/-3014		
1527	43	non daté		
1539	116	-3019 -3123/-3008 -2980		aubier
1541	80	-3038 -3112/-3003 -2999		aubier
1543	103	-3018 -3115/-3013 -2979		aubier
1549	122	-3138/-3017		
1551	98	-3019 -3115/-3018 -2980		aubier
1555	46	-3060 -3090/-3045 -3021	moelle	aubier
1564	15	non daté	moelle	aubier
1566	16	non daté	moelle	cambium
1568	138	-3020 -3140/-3003 -2981		aubier
1570	177	non daté		cambium
1573	146	-3013 -3122/-2977		cambium
1574	156	-3161/-3006	moelle	
1575	133	-3135/-3003		
1580	144	-3009 -3124/-2981 -2970		aubier
1581	173	non daté		cambium
1583	88	-3042 -3127/-3040 -3003		aubier
1584	153	non daté		aubier

Tableau 2. *Quercus* : secteur de la structure isolée

Les bois qui nous intéressent plus particulièrement sont les pieux de fondation de la structure isolée ; ils sont au nombre de 61 (75% des pieux en chêne font donc partie intégrante de cette construction). Dans ce lot, 49 sont datés (soit un peu plus de 80%), 32 disposent de cernes d'aubier, 7 sont complets avec le dernier cerne sous l'écorce. Nous disposons également de 11 bois possédant leur moelle, ce qui représente 18% de la totalité. Cette absence de moelle est tout à fait explicable par le fait que 99% des chênes sont refendus en quartiers et, par conséquent, ont très souvent leur cœur mutilé.

Parmi ces 49 échantillons datés, 43 sont répartis dans des moyennes comprenant entre quatre et 138 échantillons :

- CH19 M100qu, d'une longueur de 250 années est constituée de 138 chênes. Elle trouve son origine en 3215 av. J.-C. et son terminus en 2966 av. J.-C. ;
- la moyenne CH19 M106qu, longue de 245 ans, est composée de 81 individus. Son origine est attestée en 3220 av. J.-C. et son terme en 2976 av. J.-C. ;
- CH19 M5qu est construite avec 4 individus formant une moyenne de 153 années, avec une origine en 3157 av. J.-C. et un terminus en 3005 av. J.-C. ;
- CH19 M7qu est constituée de 12 bois sur une longueur de 151 années ; son origine se situe en 3124 av. J.-C. et sa fin en 2974 av. J.-C.

Le fait que ces échantillons soient parfaitement intégrés dans des moyennes incluant un grand nombre de bois issus de tout le village montre qu'il ne s'agit vraisemblablement pas d'un abattage spécifique à ce secteur isolé.

Six bois n'ont pu être intégrés dans aucune moyenne (p1396, p1397, p1418, p1462, p1484 et p1487). Sans entraver ni remettre en question les chronologies, ils ont toutefois, individu par individu, des coefficients de datation tout à fait satisfaisants. Ceux-ci permettent d'obtenir des dates supplémentaires qui pourront sans doute compléter l'interprétation de ce secteur.

Sur ces 49 bois, les sept aubiers complets correspondent à au moins deux phases d'abattage (Fig. 22 et 23). Celles-ci sont étalées sur 32 années soit entre 3004 av. J.-C. et 2973 av. J.-C. L'unique date de 2973 av. J.-C. sur cambium ne semble pas correspondre à une phase d'abattage. La supposition d'une réparation reste envisageable. Par conséquent la durée de la première occupation entre 3004 av. J.-C. et 2976 av. J.-C. serait de 28 années.

Après plusieurs vérifications, il s'avère que deux pieux avec aubier incomplet auraient été abattus en 2953 av. J.-C. et 2958 av. J.-C. Ces deux individus pourraient être les témoins de dernières réparations ou consolidations. Cependant, l'estimation d'aubier effectuée sur ces bois n'est peut-être pas cohérente. En effet, la méthode d'estimation d'aubier mise au point par G.N. Lambert (Lambert 1998) n'est peut-être pas directement applicable aux bois néolithiques de Chalain et de Clairvaux. Ces bois pourraient également faire partie de la phase d'abattage 2977/2776 av. J.-C. (cf. chapitre 2).

Le nombre d'échantillons datés donne un certain nombre d'informations intéressantes malgré le faible nombre de bois avec cambium. En particulier, la première phase d'abattage, en 3004 av. J.-C., permet de mettre en évidence la présence d'une seule structure architecturale sur quatre rangées de pieux.

Dans la zone extérieure à la construction isolée, 20 pieux ont été prélevés : 14 ont pu être datés dont deux avec moelle, neuf avec aubier et un avec cambium. Nous pouvons faire la même observation que pour la structure isolée : 99% des pieux de chêne sont refendus, ce qui explique le faible nombre de moelle.

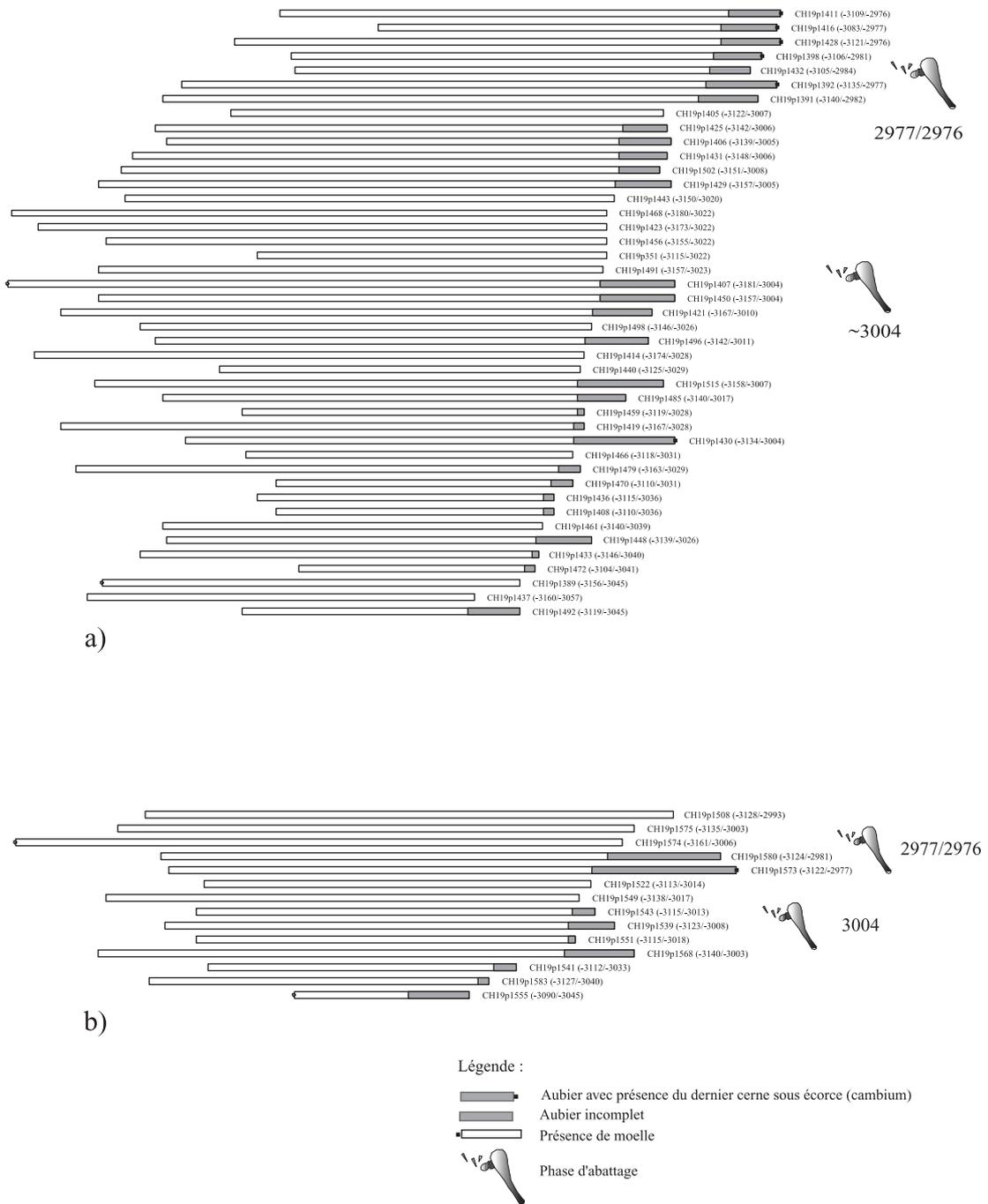


Figure 22. a) Chênes datés de la construction isolée  
 b) Chênes datés du secteur au devant de la construction isolée

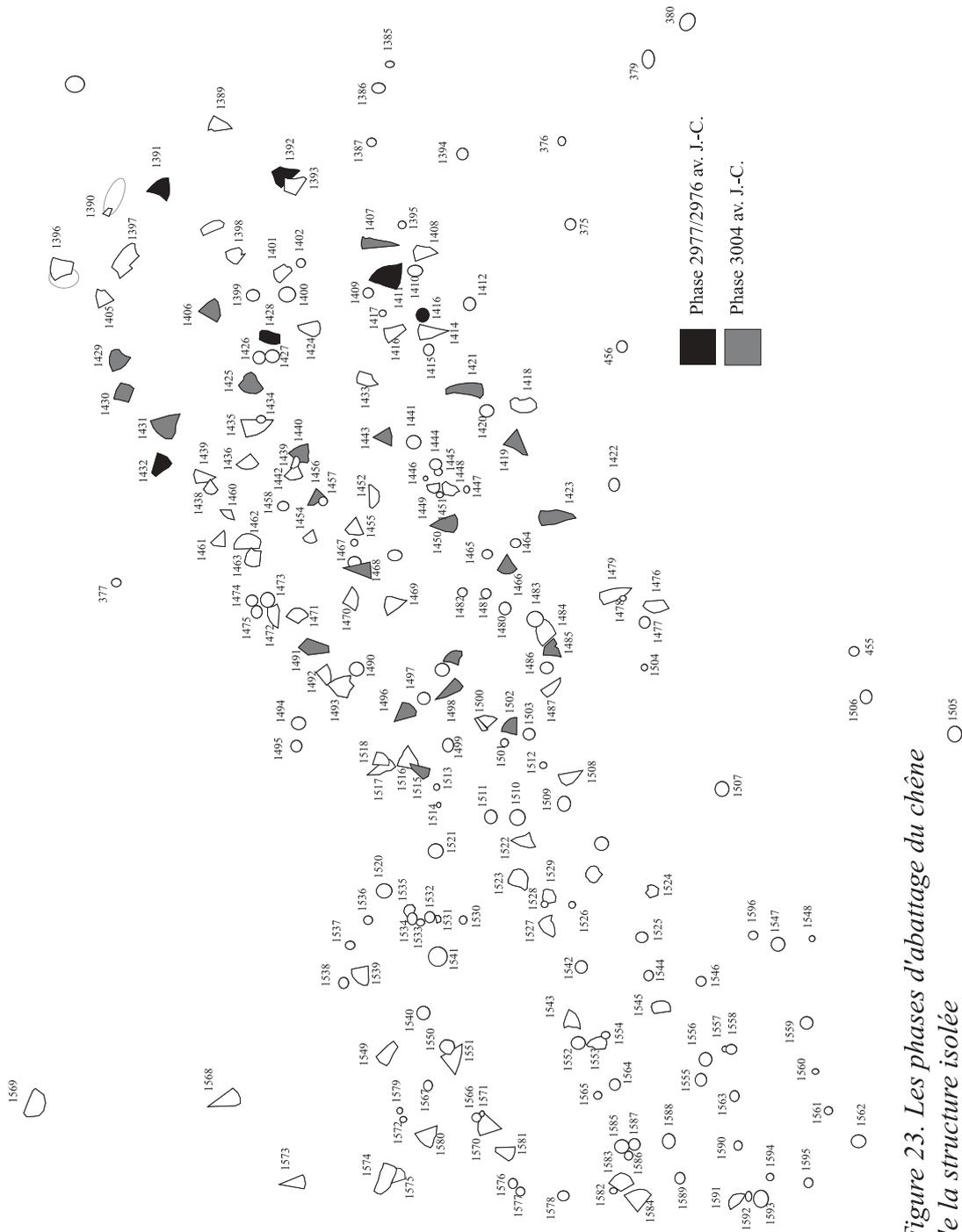


Figure 23. Les phases d'abattage du chêne de la structure isolée

Ce petit lot de pieux se répartit dans trois moyennes du site de CH 19, elles-mêmes datées sur d'autres chronologies de Chalain et de Clairvaux :

- le pieu 1541 forme, avec un individu d'un autre secteur de la fouille, la moyenne 31QU datée entre 3112 av. J.-C. et 3033 av. J.-C. ;
- les pieux 1575, 1508, 1522, 1549, 1551, 1555, 1568, 1573, 1574 et 1583 font partie de la moyenne 106 QU, composée de 81 individus répartis sur 245 années ; la datation proposée se situe entre 3220 av. J.-C. et 2976 av. J.-C. ;
- les trois derniers pieux, 1580, 1543 et 1539 trouvent leur place dans la moyenne M7QU. Elle possède 12 individus sur 151 ans et est datée entre 3124 av. J.-C. et 2974 av. J.-C.

Malgré un nombre de bois peu important, il est possible de distinguer deux phases d'abattage (Fig. 22 et 24) :

- la première en 2977/2976 av. J.-C. est déjà présente dans la construction isolée. Les pieux situés hors de la structure n'apportent pas de précisions supplémentaires ;
- la deuxième phase datée des environs de 3004 av. J.-C. est décisive pour l'interprétation de la structure à quatre rangées de poteaux. Les quelques pieux extérieurs n'apportent pas de précisions complémentaires et ne présentent pas d'alignements susceptibles d'évoquer un habitat.

Il reste quatre échantillons, dont trois antérieurs à ces deux phases, daté de 3033/3045 av. J.-C. avec aubier incomplet, et un pieu daté en 3003 av. J.-C. également avec aubier incomplet.

Comme nous venons de le voir, les phases d'abattage perçues à l'avant de la structure isolée ne donnent pas d'information sur l'architecture du bâtiment et aucune cohérence architecturale n'est décelée dans cette zone extérieure.

### *2.2.2. Analyse des frênes*

Sur le secteur concerné, 47 échantillons ont été mesurés. Dans ce lot, 28 bois ont pu être datés, soit 59% (Tableau 3) Contrairement aux pieux en chêne, le nombre de pieux avec dernier cerne sous écorce est important avec 13 cambiums. Le nombre de bois avec aubier incomplet est de neuf (32%), et sept échantillons ne possèdent pas de premier cerne d'aubier (25%).



n° pieux	longueur	datation	moelle	aub/camb
1395	36	-3101 -3133/-3098	moelle	aubier
1399	23	non daté	moelle	cambium
1400	34	-3189 -3222/-3189	moelle	aubier
1403	40	-3174 -3213/-3174	moelle	aubier
1404	126	non daté	moelle	cambium
1415	49	non daté	moelle	
1417	25	non daté	moelle	aubier
1426	39	-3222/-3184	moelle	
1427	51	-3163/-3113		
1434	45	non daté	moelle	cambium
1435	110	-3010 -3105/-2996		cambium
1438	30	non daté		cambium
1439	46	-3223/-3178	moelle	
1441	44	non daté	moelle	aubier
1442	85	-2998-3080/-2996		cambium
1444	45	-3223/-3179	moelle	
1445	20	non daté	moelle	cambium
1446	25	non daté	moelle	aubier
1447	29	-3200/-3172	moelle	
1449	37	-3174-3208/-3172	moelle	cambium
1453	63	-3099-3160/-3098	moelle	cambium
1454	84	-2999-3080/-2997		aubier
1455	40	non daté	moelle	
1457	23	non daté	moelle	cambium
1458	11	non daté	moelle	cambium
1460	35	non daté		cambium
1463	105	-3004-3101/-2997		aubier
1464	58	non daté		
1465	59	-3106-3156/-3098	moelle	cambium
1469	86	-2999-3081/-2996		cambium
1471	56	-2998-3051/-2996		cambium
1473	47	non daté	moelle	aubier
1474	51	-3102-3149/-3099	moelle	aubier
1475	69	-3099-3166/-3098	moelle	cambium
1480	47	-3100-3144/-3098	moelle	aubier
1482	55	-3103-3153/-3099	moelle	aubier
1483	42	-3039/-2998		
1486	45	-3175-3218/-3174	moelle	cambium
1490	68	-3099-3165/-3098	moelle	cambium
1493	74	non daté		cambium
1494	38	non daté		
1495	68	-3100-3165/-3098	moelle	cambium
1499	38	non daté	moelle	cambium
1500	84	-2998-3080/-2997		aubier
1503	49	-3149/-3101	moelle	
1516	90	-2998-3085/-2996		cambium

Tableau 3. *Fraxinus* : pieux de la structure isolée

## 2. Choix d'une zone-test

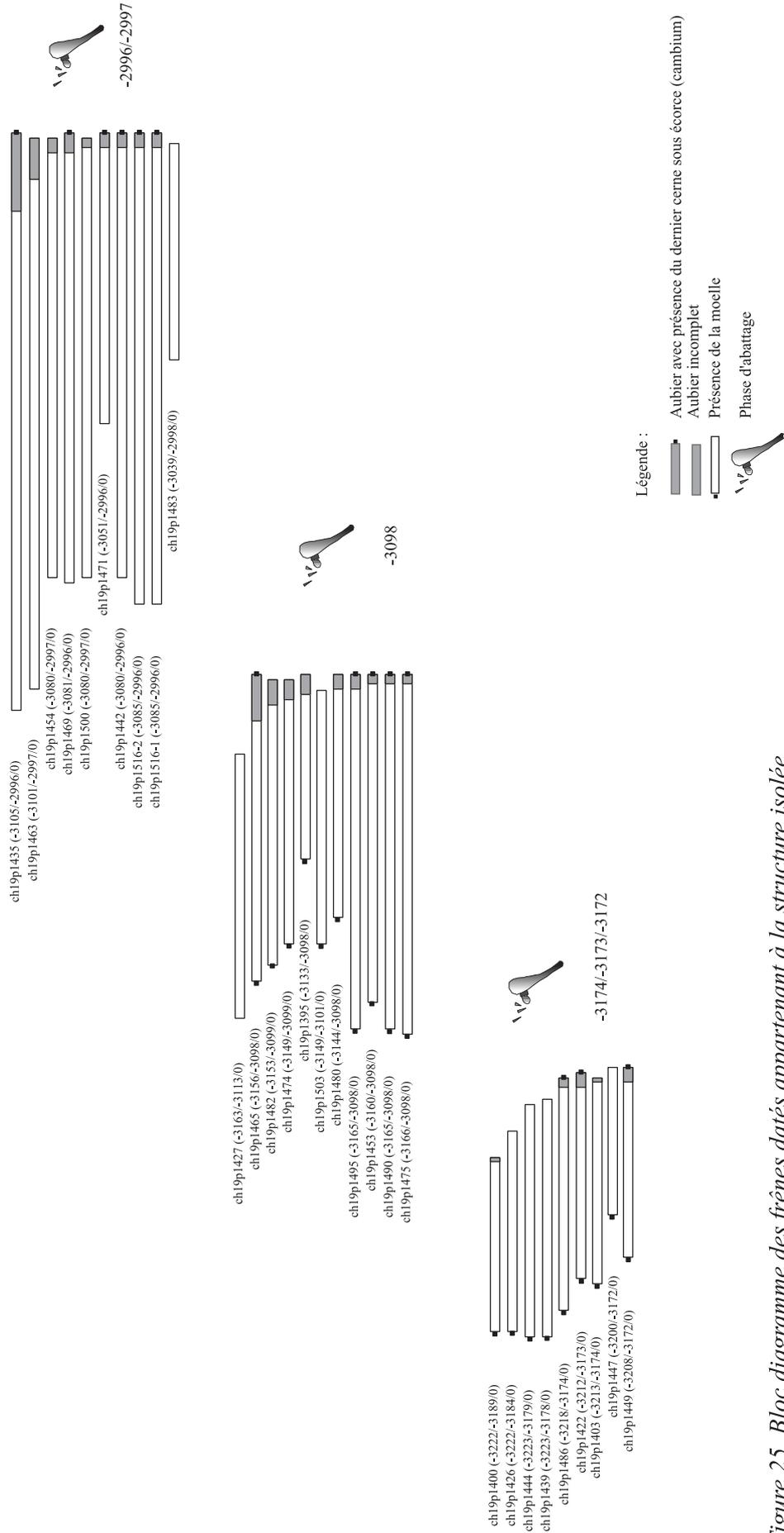


Figure 25. Bloc diagramme des frênes datés appartenant à la structure isolée

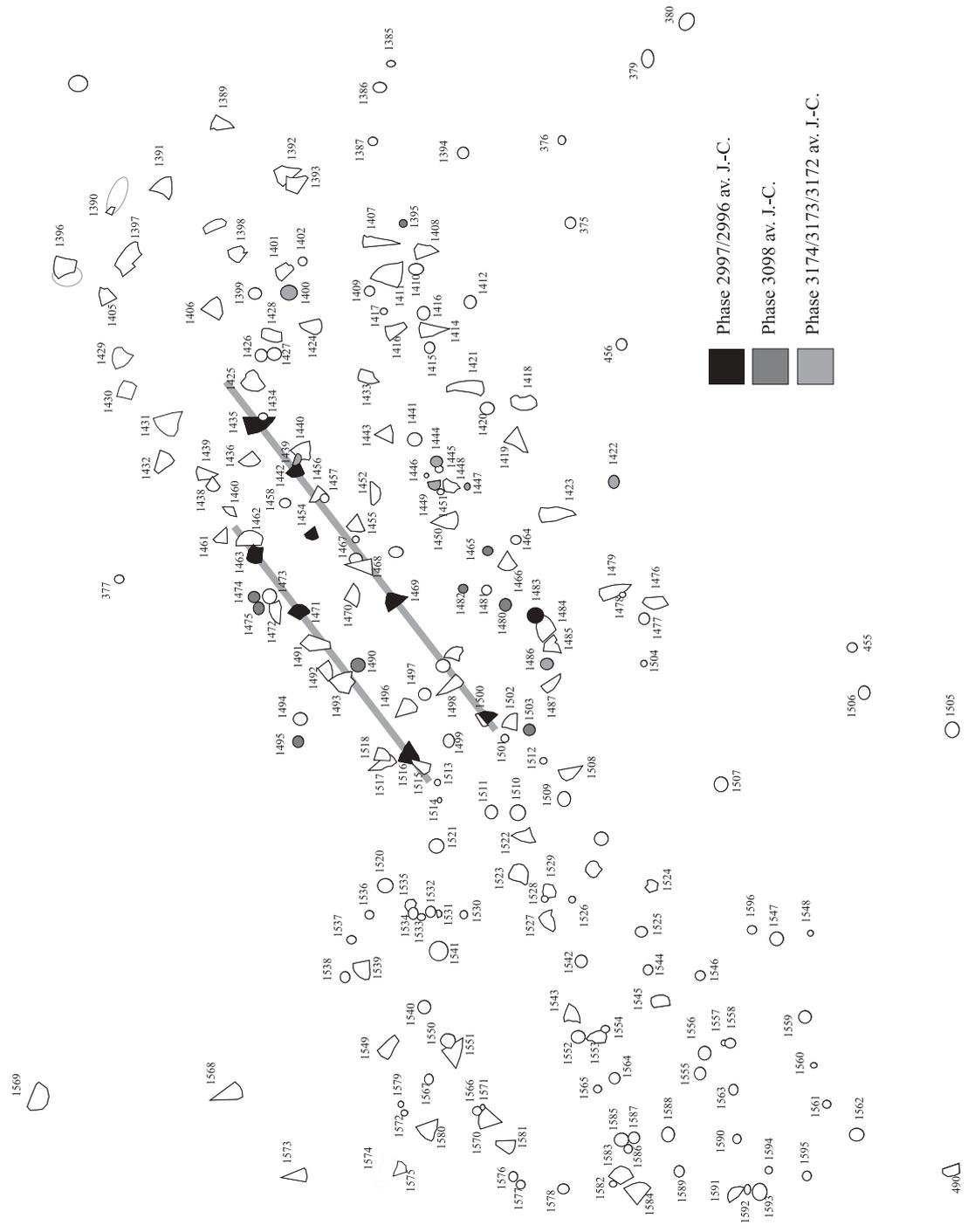


Figure 26. Les phases d'abattage du frêne de la structure isolée

Les moelles sont présentes sur 64% des bois (18 individus), c'est-à-dire deux fois plus que pour le chêne. Ces frênes ont été intégrés dans les moyennes CH19 M1fx, CH19 M20fx, CH19 M3fx, CH19 M9fx, CH19 M8fx et CH19 M6fx.

Trois phases distinctes apparaissent dans le premier graphique (Fig. 25 et 26) :

- la première, assez confuse, se compose de neuf individus datés entre 3189 et 3172 av. J.-C. Trois cambiums sont attestés : 3174, 3173 et 3172 av. J.-C. Cependant, le nombre de cernes d'aubier est nettement inférieur au nombre de cernes d'aubier du chêne, ce qui nous amènerait à écarter deux de ces bois dont le terme est situé en 3189 et 3184 av. J.-C. ;
- la deuxième phase datée en 3098 av. J.-C. est également composée de neuf bois. Comme pour la première phase, un individu reste écarté de ce lot avec un terme en 3113 av. J.-C. Cinq derniers cernes sous écorce sont présents dans cette phase d'abattage ;
- la troisième et dernière phase, avec 10 individus, propose un abattage entre 2997 et 2996 av. J.-C.

La distance chronologique entre ces trois phases d'abattage du frêne ne permet pas de les corréler. Les deux premières phases du frêne sont bien antérieures à la première phase d'abattage du chêne. La troisième phase du frêne se situe entre la première et la deuxième phase d'abattage du chêne. Les frênes de cette phase ont une morphologie différente de ceux des deux premières phases, puisqu'ils sont refendus (Fig. 27). De plus les diamètres des frênes refendus sont supérieurs à 30 cm, alors que le diamètre des frênes circulaires est compris entre 10 et 14 cm environ. Les frênes refendus forment deux alignements dans deux des quatre rangées de la construction en chêne dans la structure isolée (Fig. 26).

Dans la zone extérieure du bâtiment isolé, le frêne est l'essence majoritaire (46 individus dont trois bois horizontaux). Toutefois, seuls 17 pieux et un bois horizontal ont pu être datés (Tableau 4). Ce déficit est dû au faible nombre de cernes (moins de 40) sur les frênes circulaires de 5 à 9 cm de diamètre.

Morphologiquement, et à l'inverse des chênes, 99% de ces pieux sont circulaires ; 17 possèdent leur moelle. De plus, 11 bois possèdent leur dernier cerne sous écorce et sept leur aubier incomplet.

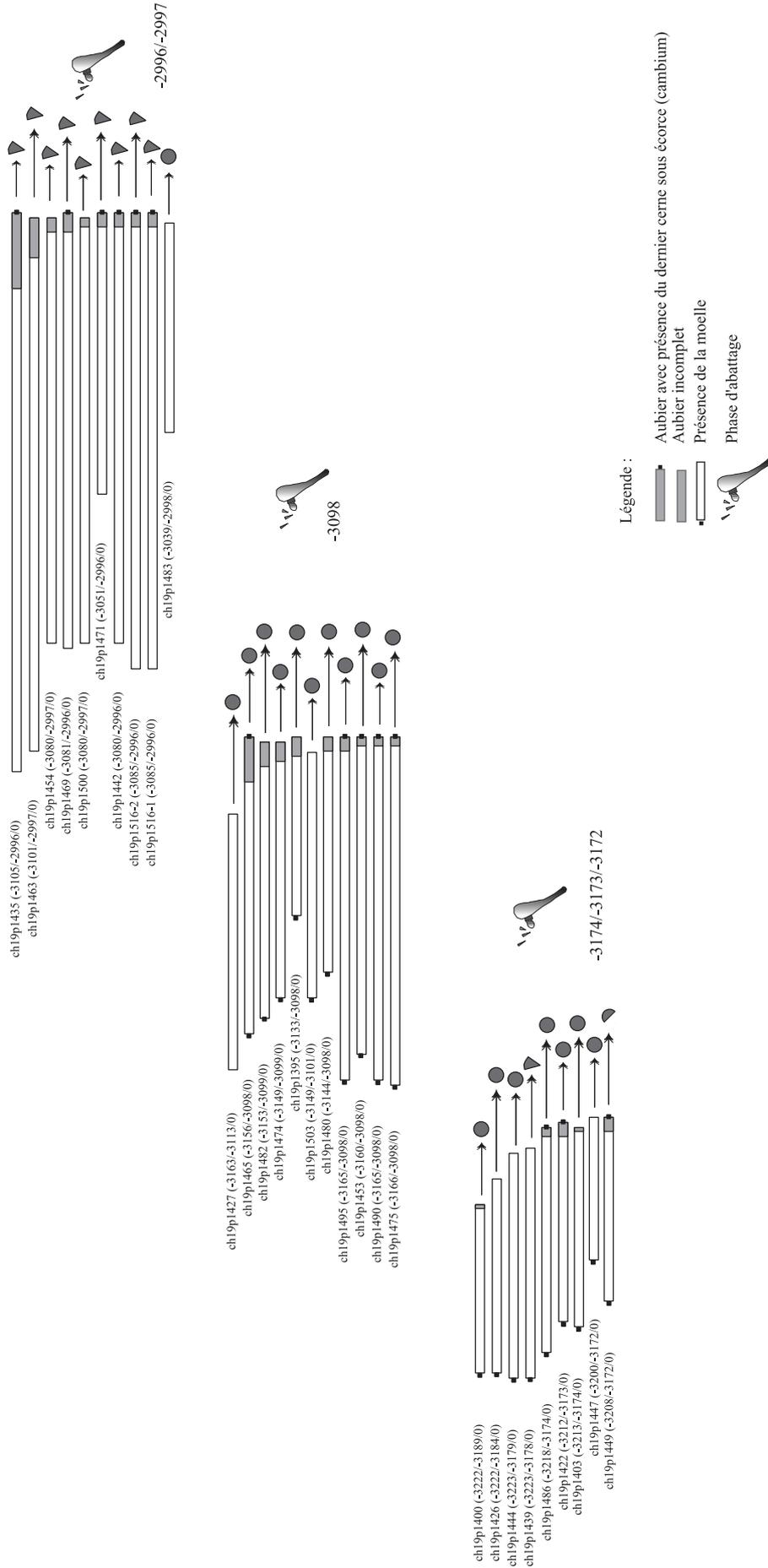
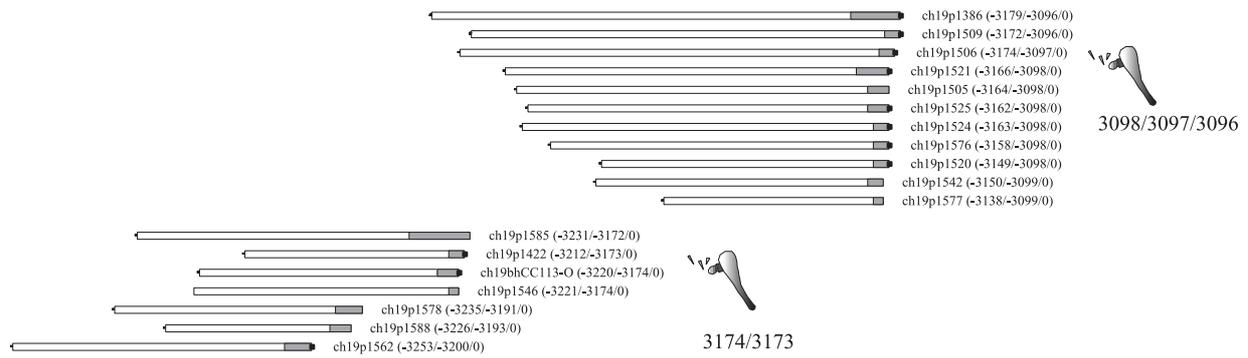


Figure 27. Bloc diagramme des frênes inclus dans la structure isolée et leur morphologie

n° pieux	longueur	datation	moelle	aub/camb
377	39	non daté	moelle	
1385	31	non daté		aubier
1386	84	-3104-3179/-3096	moelle	cambium
1394	47	non daté	moelle	cambium
1422	40	-3175-3212/-3173	moelle	cambium
1477	29	non daté		
1478	36	non daté	moelle	aubier
1504	54	non daté		
1505	67	-3101-3164/-3098	moelle	aubier
1506	78	-3099-3174/-3097	moelle	cambium
1509	77	-3098-3172/-3096	moelle	cambium
1520	52	-3100-3149/-3098	moelle	cambium
1521	69	-3103-3166/-3098	moelle	cambium
1523	72	non daté	moelle	cambium
1524	66	-3100-3163/-3098	moelle	cambium
1525	65	-3101-3162/-3098	moelle	cambium
1535	13	non daté	moelle	
1537	33	non daté	moelle	cambium
1538	25	non daté	moelle	cambium
1542	52	-3101-3150/-3099	moelle	aubier
1544	21	non daté	moelle	cambium
1545	81	non daté		cambium
1546	48	-3175-3221/-3174		aubier
1547	43	non daté	moelle	cambium
1552	64	non daté	moelle	cambium
1553	44	non daté		cambium
1554	18	non daté	moelle	cambium
1558	38	non daté	moelle	cambium
1560	40	non daté	moelle	
1561	58	non daté	moelle	aubier
1562	54	-3204-3253/-3200	moelle	cambium
1565	17	non daté		cambium
1576	61	-3100-3158/-3098	moelle	cambium
1577	40	-3100-3138/-3099	moelle	aubier
1578	45	-3195-3235/-3191	moelle	aubier
1582	20	non daté	moelle	
1585	60	-3182-3231/-3172	moelle	aubier
1586	15	non daté	moelle	cambium
1587	24	non daté		cambium
1588	34	-3196-3226/-3193	moelle	aubier
1590	44	non daté		cambium
1591	39	non daté	moelle	cambium
1593	67	non daté	moelle	aubier
BHCC113.0	47	-3177-3220/-3174	moelle	cambium
BHCD100.Hsup	44	non daté	moelle	
BHCZ132Hsup	40	non daté	moelle	

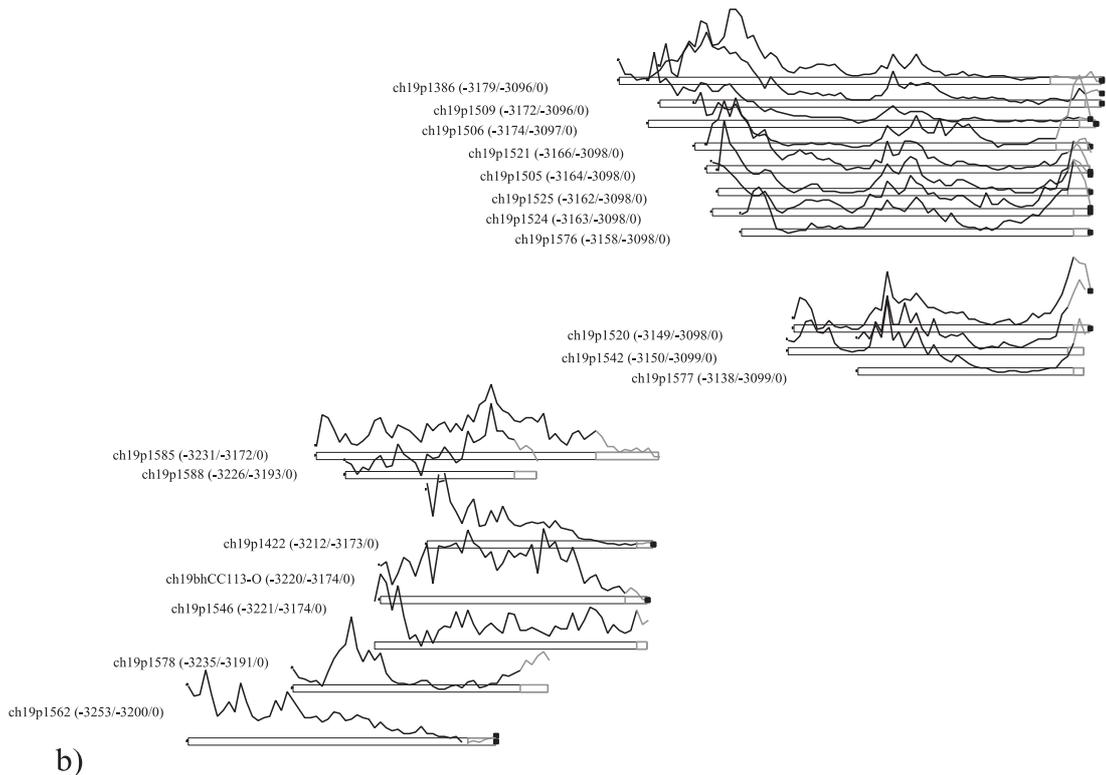
Tableau 4. *Fraxinus* : secteur de la structure isolée



a)

Légende :

-  Aubier avec présence du dernier cerne sous écorce (cambium)
-  Aubier incomplet
-  Présence de la moelle
-  Phase d'abattage



b)

Figure 28. a) Bloc diagramme des frênes extérieurs à la construction isolée  
b) Courbes de croissance des frênes extérieurs à la construction isolée

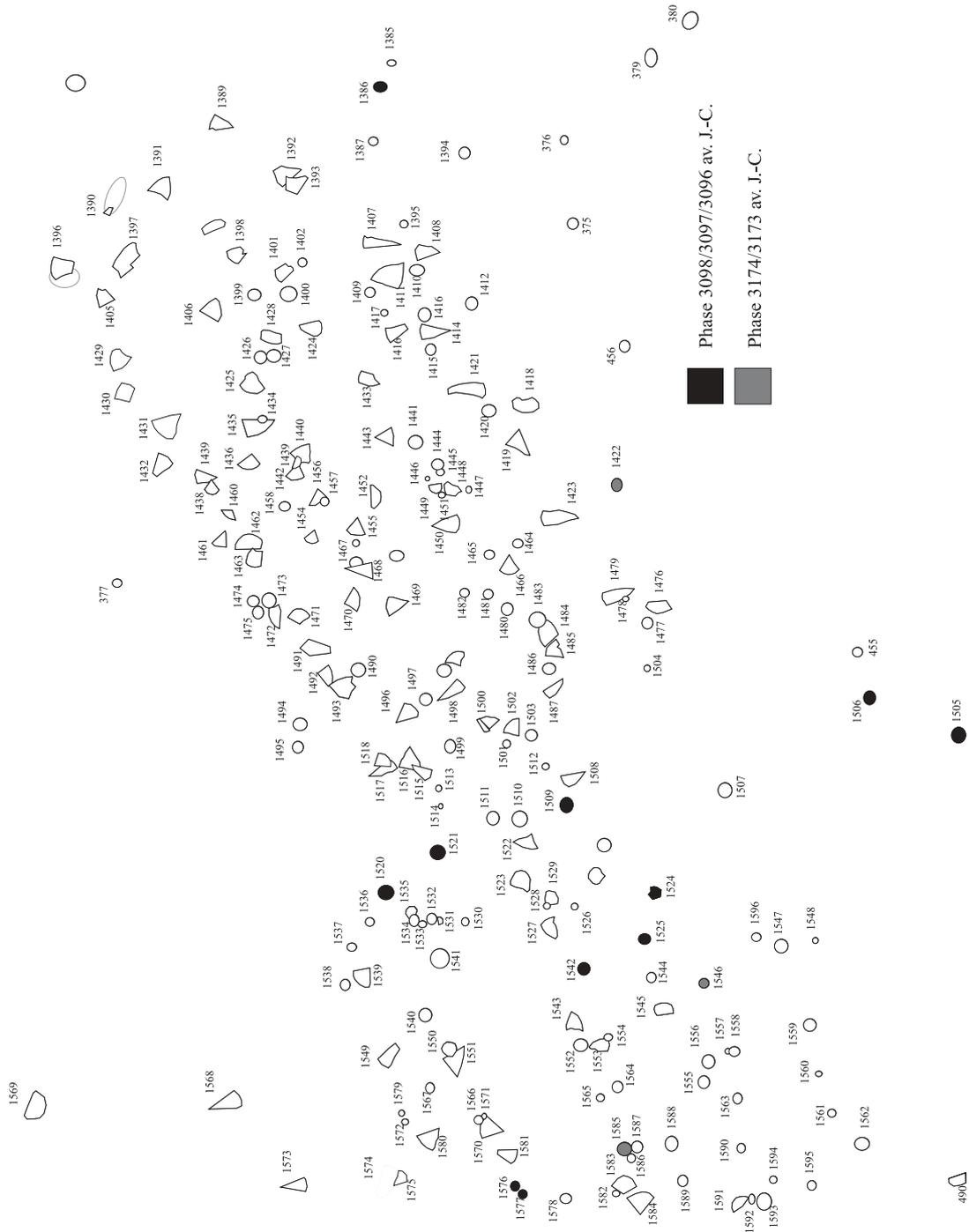


Figure 29. Les phases d'abattage du frêne de la zone extérieure à la structure isolée

Ces 18 bois s'intègrent dans trois moyennes du site de CH 19 :

- les pieux p1422, 1546, 1585, 1588 et le bois horizontal BHCC113.O font partie de la moyenne M20fx. Cette dernière, datée entre 3239 et 3172 av. J.-C. sur cambium, est composée de 52 individus sur 68 années ;
- les échantillons p1562 et p1578 se placent dans la moyenne M9fx. Longue de 72 ans, elle est constituée de six individus et datée entre 3253 et 3182 av. J.-C. ;
- enfin, les pieux 1386, 1505, 1506, 1509, 1520, 1521, 1524, 1525, 1542, 1576 et 1577 forment en partie la moyenne M8fx. Longue de 84 années, elle intègre 23 bois. M8fx est datée entre 3179 et 3096 av. J.-C. sur cambium.

Les chronologies utilisées pour dater ces bois ont elles-mêmes été synchronisées avec des chronologies de référence, permettant ainsi d'évaluer la qualité des datations.

Deux phases d'abattage (Fig. 28 et 29) sont mises en évidence :

- la première et la plus ancienne est datée en 3174/3173 av. J.-C. sur cambium, elle est également présente dans la construction isolée ;
- la deuxième est datée en 3098/3097/3096 av. J.-C. sur cambium et se compose de 10 pieux circulaires et un équarri. Aucune structure n'est visible sur le plan.

Trois pieux, plus anciens, sont datés en 3191 av. J.-C. avec aubier, 3193 av. J.-C. avec aubier et le dernier en 3200 av. J.-C. sur cambium.

### *2.2.3. Estimation de l'aubier du chêne*

La précision des datations dépend de la présence ou non de l'aubier et de l'écorce. Il est possible de dater à l'année près si le dernier cerne immédiatement sous l'écorce est présent. Ce cerne correspond à la dernière année de croissance de l'arbre, c'est-à-dire, à une année près, à la date de sa mort ou de son abattage. Mais si le bois est dégradé, la datation à l'année près devient hypothétique. L'estimation de l'aubier autorise cependant des propositions. Certains dendrochronologues européens, voire régionaux, ont proposé leur propre estimation de l'aubier sur le chêne avec leurs caractéristiques biogéographiques et climatiques. G.N. Lambert, au laboratoire de Chrono-Ecologie de Besançon, estime que le nombre de cernes d'aubier manquant (Lambert 1998) correspond à  $21 \pm 19$  années, soit une imprécision de 39 années maximum, pour un chêne avec un seul cerne d'aubier. Cette étude statistique est valable pour des bois de moins de 120 ans. Il faut préciser cependant que ces

estimations ont été effectuées à partir de bois actuels de la forêt de Chaux (Jura, 39). Il faut alors se demander si l'on est en droit de répercuter ce calcul statistique sur des chênes néolithiques abattus à plus de 490 m d'altitude.

Plusieurs scientifiques (Baillie 1982 ; HILLAM, Morgan, Tyers 1986 ; HOLLSTEIN 1978, 1980 ; HUGUES, Milson, Leggett 1981, Pousset et Locatelli 2003 ; Lavier 2003) ont proposé d'autres estimations :

- M.G.L. Baillie, en 1973, donne une estimation de  $32 \pm 9$  pour les chênes irlandais ;
- E. Hollstein, qui a réalisé son étude sur 200 individus, montre que la moyenne d'aubier se situe entre 7 et 46 cernes d'aubier ;
- S. J. Milson, en 1979, estime l'aubier des chênes du « North Wales » de  $34 \pm 7$  cernes d'aubier ;
- M.K. Hugues, en 1981, dans une étude sur 175 chênes du nord de l'Angleterre et du nord du Pays de Galles, observe une variation de 10 à 55 cernes d'aubier ;
- pour la période du Moyen-Âge, le travail réalisé par D. Pousset et C. Locatelli montre que l'estimation de l'aubier semble varier en fonction des époques ; en effet, cette estimation est actuellement de 5 à 35 cernes à partir de 1450, mais de 8 à 28 cernes aux XV<sup>e</sup> et XVI<sup>e</sup> siècles et de 5 à 33 cernes pour les IX<sup>e</sup> et XII<sup>e</sup> siècles. Néanmoins, les corpus n'étant pas comparables quantitativement et qualitativement, c'est aujourd'hui l'intervalle le plus large qui est privilégié.

La méthode qui paraît être la plus intéressante est utilisée à Neuchâtel (Suisse) par P. Gassmann (1984). Elle consiste à attribuer à l'aubier potentiel un aubier virtuel comprenant le même nombre de cernes que celui observé sur les deux derniers centimètres mesurés. Cette méthode est intéressante pour des bois à croissance régulière et où la largeur de l'aubier est constante.

Il découle de cette série de tentatives qu'il n'est pas possible d'attribuer une estimation fiable à une aire géographique étendue ; concernant la croissance des bois, chaque région possède ses caractéristiques propres. La meilleure estimation reste sans doute celle réalisée à l'intérieur d'un même site ou, en tout cas, à l'intérieur d'un ensemble de sites aux caractères biogéographique et climatique similaires.

Sur ce premier lot de bois de la structure isolée de CH 19, il ne nous est pas possible de réaliser ce calcul puisque le nombre de derniers cernes sous écorce ne concerne que sept chênes. En effet, une estimation d'aubier nécessite un nombre d'individus plus important pour affiner les datations des bois et des phases d'abattage.

#### 2.2.4. Estimation de l'aubier du frêne

En 1997, dans le cadre d'un D.E.A. sur les chênes et les frênes d'une partie du site de CH 19, (Viellet 1997) nous avons remarqué la présence de cernes ne possédant pas de thylles (obturation causée par l'aspiration du contenu d'une cellule de parenchyme de rayon dans la cavité d'un élément conducteur de la sève brute). Il est vrai que pour la plupart des frênes le nombre de ces cernes varie, en moyenne, de un à cinq. Cette absence de thylles a été interprétée comme de l'aubier (Fig. 30). Les travaux dendrochronologiques réalisés sur cette essence ne mentionnent que très rarement la présence de thylles, bien qu'ils aient été observés par quelques auteurs (Schweingruber 1990 ; Beauverie 1910). Dès le début du XX<sup>e</sup> siècle, en effet, J. Beauverie décrit le frêne de la façon suivante : « *Le frêne est un bois blanc nacré, quelquefois rose, bistre ou verdâtre flambé de brun au cœur. Aubier un peu plus clair, très large mais peu distinct, cependant la différence s'accroît chez les arbres âgés de plus de 40 ans...* » (Beauverie 1910 : p. 124-125).

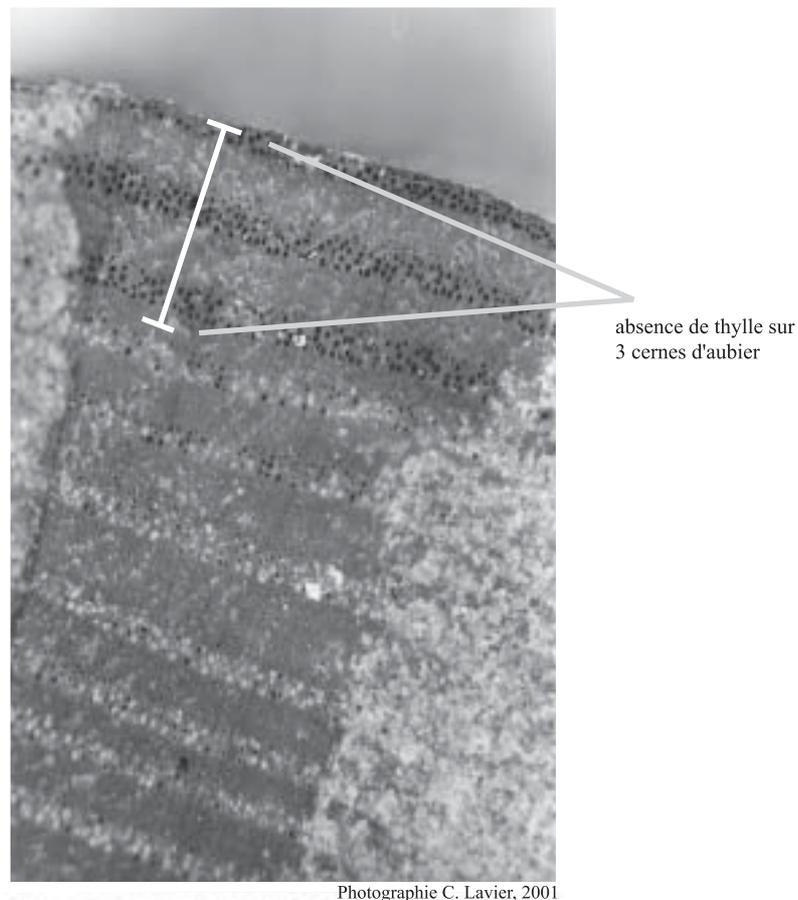


Figure 30. Absence de thylles sur un pieu en frêne de CH 19

Les forestiers reconnaissent effectivement que l'aubier n'est visible que pendant quelques heures après l'abattage. Dans notre cas, nous avons pu observer que les frênes sont représentés de deux manières :

- des individus qui possèdent des thylles sans aubier visible sous la binoculaire, mais avec un dernier cerne sous écorce tout à fait lisible ;
- des frênes dont quelques cernes ne présentent pas de thylle avant le cambium. Dans ces cas nous sommes effectivement en présence d'aubier.

À notre connaissance il n'y a eu aucune étude sur l'estimation de l'aubier du frêne. Effectivement, cette partie du bois reste très peu lisible et la question demeure de la distinction entre l'aubier conducteur, assurant la circulation de la sève brute, et l'aubier de stockage ; l'aubier conducteur ne comportant que deux à trois cernes. Les frênes du secteur de la maison isolée de CH 19 ont un nombre de deux à sept cernes sans thylle.

Si l'on additionne le nombre de cernes d'aubier et que l'on divise ce chiffre par le nombre d'individus ayant un dernier cerne sous écorce, on obtient le chiffre de 3,25 cernes d'aubier pour le frêne. Mais cette estimation du nombre de cernes d'aubier reste incertaine puisque le nombre d'échantillons est statistiquement trop faible.

### 2.3. *Première interprétation chronologique*

La première phase d'abattage que nous avons pu mettre en évidence, sur des pieux avec cambium, se situe en 3174/3173/3172 av. J.-C. ; elle concerne des pieux uniquement en frêne et majoritairement circulaires. Ces pieux sont répartis sur toute la zone à l'avant de la construction isolée, sans organisation architecturale apparente (Fig. 31).

La deuxième phase d'abattage, concernant également des frênes circulaires, est datée des années 3098/3097/3096 av. J.-C. En associant tous les pieux de cette phase, deux petites rangées, comprenant trois pieux chacune, pourraient être les vestiges d'une structure.

Il n'est malheureusement pas possible d'aller plus loin dans cette interprétation, puisque le nombre de pieux non datés est trop important pour ce secteur de CH 19.

Ces deux premières phases d'abattage, avec des datations sur trois années successives, seraient peut-être liées au stockage des fûts pendant quelques saisons, stockage lui-même en relation

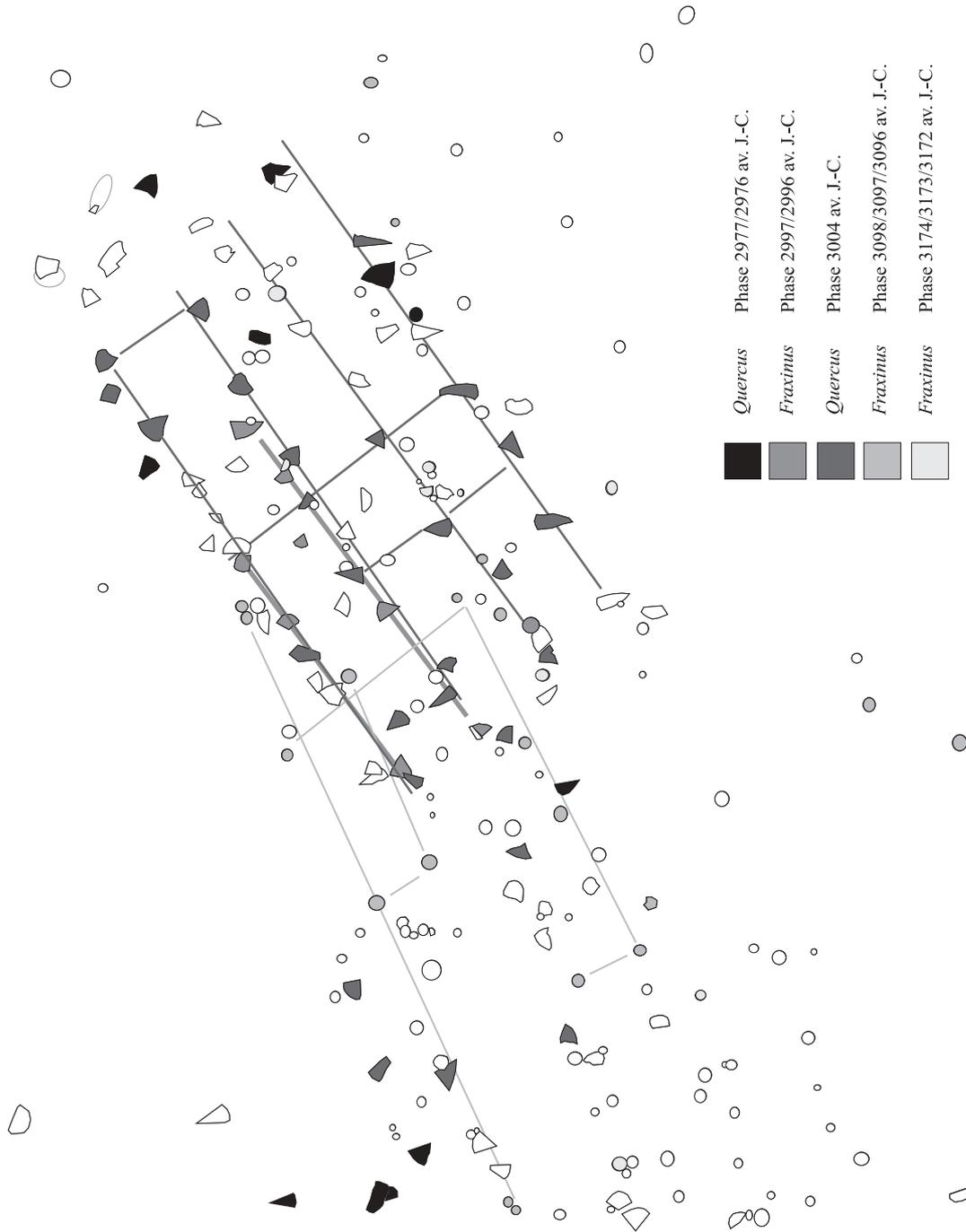
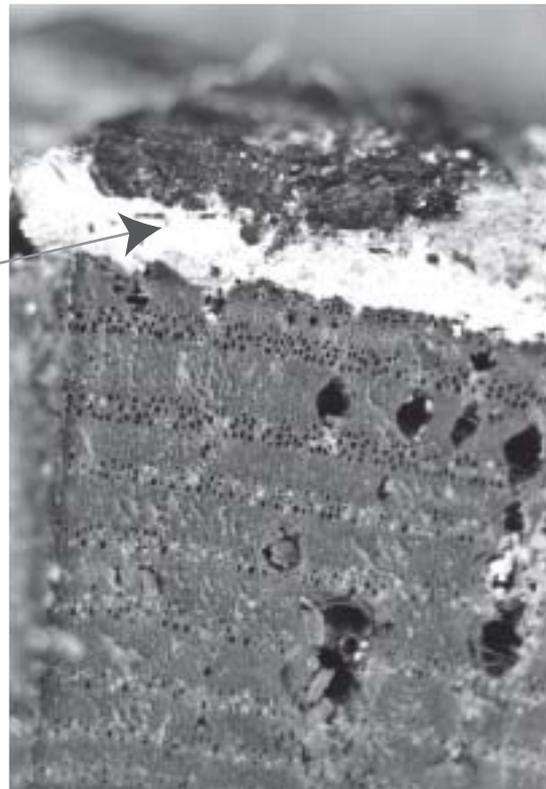
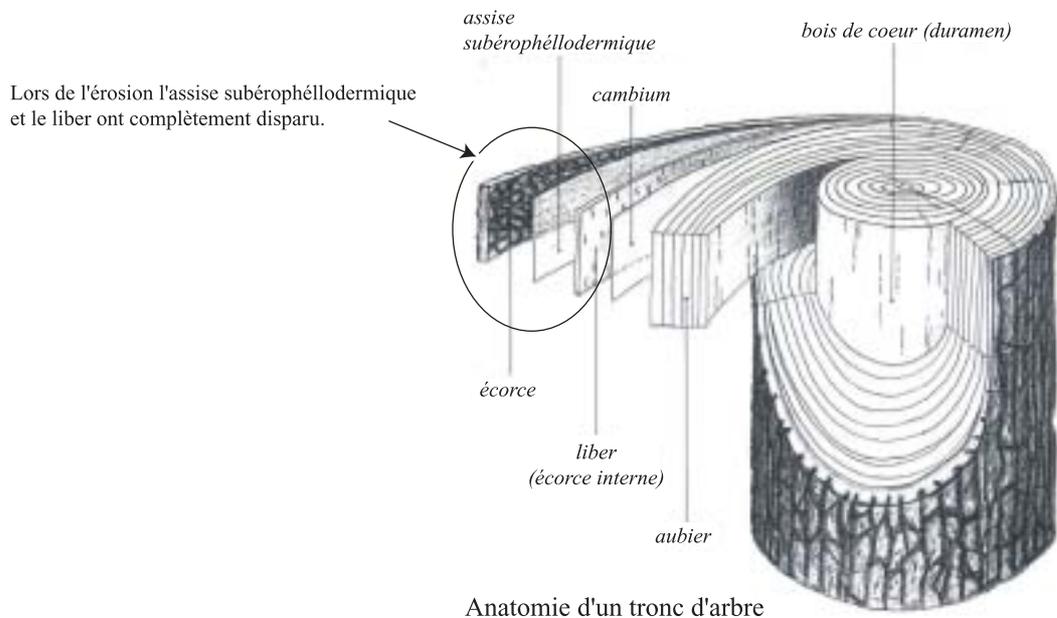


Figure 31. Phases d'abattage et interprétations des chênes et des frênes

Erosion provoquée par la craie sur les derniers cernes sous écorce.  
La craie lacustre s'immisce entre l'écorce et le cambium.  
Ce phénomène est sans doute la cause principale du nombre  
peu élevé de pieux possédant encore leur cambium.



Photographie C. Lavier et A. Viellet, 2001



Dessin P. Viellet, 1996

Figure 32. Le problème de l'érosion sur les derniers cernes des pieux

avec des défrichements cycliques ou saisonniers. Cette pratique permet généralement d'assurer une bonne régénération de la forêt. Toutefois pour le moment ces hypothèses restent à démontrer.

La troisième phase d'abattage, en 3004 av. J.-C., concernant exclusivement des chênes refendus, a permis la mise en évidence du plan d'un bâtiment rectangulaire à quatre rangées de poteaux.

Cette unité architecturale n'aurait pas été clairement définie par la dendrochronologie si l'on n'avait pas décidé, après plusieurs années d'observations, d'intégrer dans les diagrammes interprétatifs tous les individus, y compris ceux ne possédant pas d'aubier, et de les classer par premier cerne d'aubier ou dernier cerne mesuré si l'aubier est absent. Ceci permet de prendre en compte tous les bois, y compris ceux dont l'aubier a été érodé par la craie ce qui est fréquent à CH 19. Il arrive également qu'une couche de craie se soit substituée à l'aubier, entre le bois et l'écorce (Fig. 32).

La quatrième phase d'abattage concerne également des pieux en frêne, mais cette fois refendus, avec des diamètres supérieurs à 30 cm. Ces pieux sont alignés dans deux des quatre rangées de poteaux en chêne ; cette phase d'abattage est datée de 2997/2996 av. J.-C.

La cinquième et dernière phase d'abattage du chêne se situe en 2977/2976 av. J.-C. ; la datation a été réalisée sur cambium. C'est la phase la plus récente pour ce secteur. Répartis dans la structure, les pieux ne présentent pas d'organisation apparente. Mais plusieurs pieux, qui pourraient appartenir à cette phase, n'ont pu être datés ; visuellement, il est possible de les intégrer à cette structure : nous distinguons alors quatre alignements, bien que le nombre de pieux soit ici beaucoup plus faible que pour la phase 3004 av. J.-C. (il ne faut pas oublier que certaines pièces architecturales proviennent de réutilisations).

Lors d'une étude menée par A.M. Pétrequin (Pétrequin et Pétrequin 1984) dans le cadre de sa thèse « Villages littoraux et modèles ethnographiques » la question des réparations et de la réutilisation des matériaux de construction a été abordée. Plusieurs mois d'observations ont permis d'obtenir des réponses d'importance pour l'archéologue, mais également pour le dendrochronologue.

En ce qui concerne les pieux maîtres verticaux, on observe qu'ils sont très rarement remplacés : on se contente de les doubler par un système de moises ; plus rarement on renforcera les supports de planchers en ajustant en force des bois verticaux entre le plancher et le sol. Lorsque la construction tend à se coucher, elle est étayée latéralement par des jambes

de force. Cette consolidation permet d'augmenter la durée de vie des constructions ; c'est ainsi que certaines maisons, presque entièrement couchées sur l'eau sont encore habitées. Enfin, la maison meurt de vieillissement :

- 1- la toiture s'effondre
- 2- le plancher et les parois disloqués s'écroulent
- 3- les matériaux lourds, comme les foyers, abandonnés sur le sol rehaussé, tombent sous la maison.

Ne subsistent alors que les pilotis. S'ils ne sont pas arrachés pour les besoins d'une nouvelle construction, ils disparaîtront une vingtaine d'années plus tard sous l'action de l'érosion naturelle (Fig. 33).

Dans ces villages occupés en permanence sur plusieurs dizaines d'années, voire plusieurs siècles, la réutilisation des matériaux de construction est un fait majeur pour appréhender les chances de fossilisation et de conservation des vestiges d'habitat. Les observations ont montré que la réutilisation des matériaux est aussi fréquente sur terre ferme que sur lac, même lorsque les villages sont implantés à proximité de la forêt. Ce phénomène paraît répondre au besoin d'économiser les efforts et les matériaux. Dans le cas de nouvelles constructions, la récupération de bois d'œuvre est rare, mais elle existe, notamment lorsque tout un quartier a été soudainement ravagé par un incendie et qu'il faut à nouveau construire un abri dans un court laps de temps. Mais le choix portera sur des bois chauffés et carbonisés superficiellement : ces matériaux durcis par le feu ont une résistance nettement supérieure à celle des bois frais. Cet exemple ethnographique a permis l'observation directe de réparations successives et de réutilisation de pieux sur la longue durée.

L'estimation de la durée moyenne des habitations, réalisée par C. Lavier de 1985 à 1995 à partir des pieux de Chalain et de Clairvaux, montre qu'une construction a une espérance de vie de 10 à 12 ans, estimation confirmée par les deux maisons expérimentales construites à Chalain en 1987/1988 (Pétrequin 1991).

Cependant, pour la structure isolée de CH 19, nous constatons que 28 années séparent la première phase d'abattage (la plus ancienne) de la dernière (la cinquième). Nous sommes en droit de supposer que les pieux maîtres verticaux aient résisté pendant ces 28 ans, mais l'expérience a montré, grâce à la construction des deux maisons expérimentales, que des réfections régulières étaient nécessaires au niveau des superstructures et en particulier de la couverture.

En considérant la totalité des phases d'abattage reconnues pour la construction de la structure isolée de CH 19, six phases de construction distinctes sont obtenues sur un laps de



Maison construite au même emplacement que l'habitation précédente. Les pieux de l'ancienne construction apparaissent à côté des pilotis actuels, village de Ouédo-Gbadji, République Populaire du Bénin, Photographie P. Pétrequin, 1976.



Les conditions de conservation et de fossilisation (pieux au premier plan) sont en relation étroite avec des adaptations architecturales au milieu. Village de Ganvié, République Populaire du Bénin, Photographie P. Pétrequin, 1982.

*Figure 33. Exemples ethnographiques de vestiges de pieux*

temps de 198 années. Il est important de remarquer l'utilisation du frêne pendant les phases Horgen (3174 et 3096 av. J.-C.) et Clairvaux ancien (2997/2996 av. J.-C.). Trois phases de construction en frêne sur ce secteur couvrent une durée de 178 années, alors que les périodes d'utilisation du chêne ne couvrent que 28 ans.

Les résultats des datations dendrochronologiques permettent d'affirmer que cette zone a été occupée dès la première moitié du 32<sup>e</sup> siècle av. J.-C. pendant la culture de Horgen. Même si un grand nombre de pieux ont disparu par arrachement (anthropique ou naturel) ou sous l'effet de l'érosion, nous savons maintenant que les premières constructions étaient bâties sur pieux de frêne circulaires de faible diamètre. Pour ce qui est des constructions sur pieux de chêne refendus au Clairvaux ancien, le plan est un peu plus lisible sans doute parce que ces constructions sont plus récentes.

### **3. *Test d'analyse environnementale***

Il paraît difficile de parler de reconstitution environnementale à partir des seuls bois architecturaux du secteur isolé de CH 19. Des disciplines environnementales, comme l'anthracologie et la palynologie participent, elles aussi, à une meilleure connaissance de l'environnement naturel des villages d'ambiance humide pendant le Néolithique. Pour autant, peu d'études dendrologiques sur bois humides ont été réalisées sur les sites de Chalain et de Clairvaux. C'est pourquoi il nous a semblé judicieux de pratiquer un test sur les bois de ce secteur isolé, afin de cerner le contexte environnemental, en discernant les événements climatiques et les actions anthropiques inscrits dans la longue durée dans les cernes des chênes et des frênes.

#### **3.1. *Chêne***

Afin de mener à bien ce test, nous avons tout d'abord pris en compte tous les individus à croissance similaire, en conservant les bois sans aubier. Notre attention ne s'est volontairement pas portée sur les terminus des bois, mais sur les différentes ambiances écologiques dans lesquelles les arbres se sont développés.

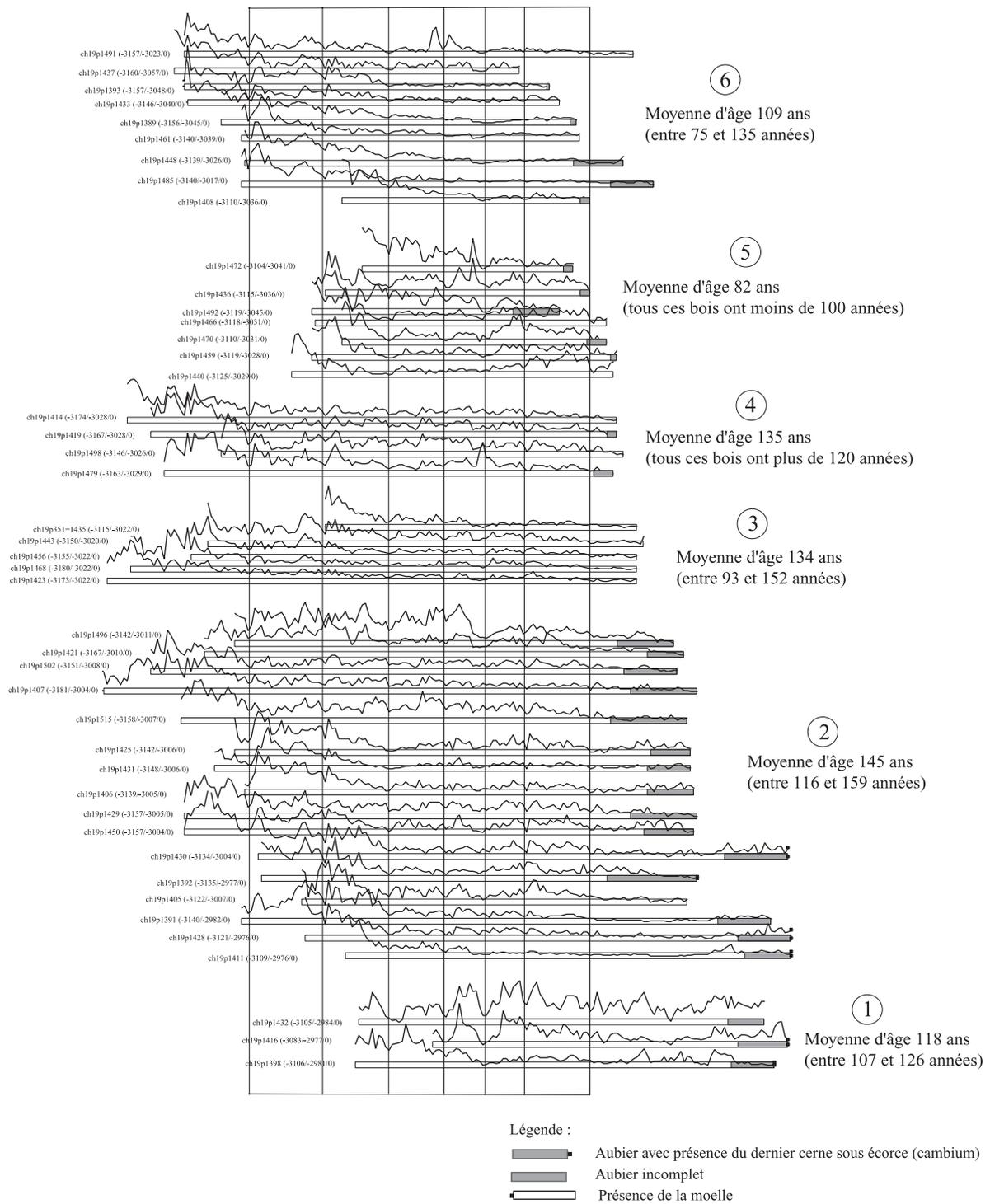


Figure 34. Les différents groupes écologiques des chênes présents dans la structure isolée

### 3.1.1. Groupes écologiques

Tous les chênes datés ont été pris en compte. Le classement des courbes par leurs caractéristiques de croissance nous a ainsi permis de distinguer six groupes écologiques (Fig. 34) :

- le premier groupe, avec trois individus, dispose de deux bois, p1416 et p1432 dont la croissance semble meilleure que celles des autres arbres ; ces bois ne connaissent pas de phénomène de sénescence. S'agissant du dernier bois, sa croissance est un peu plus monotone, avec un vieillissement marqué sur les dix dernières années de sa vie ;
- le deuxième groupe est composé de 16 bois âgés de 116 à 159 ans (145 ans de moyenne d'âge) couvrant une période de 205 années. Au départ, les courbes présentent un profil classique démontrant une croissance rapide sans événement particulier pendant la vie des arbres. Dans ce lot, le phénomène de sénescence est interrompu par un nouveau départ végétatif ;
- le troisième groupe est constitué de cinq bois. Leur courbe de croissance est proche de celle du lot précédent mais plus aplatie. Bien que particulièrement proches, les conditions environnementales étaient sans doute moins favorables. Sur ces cinq individus, aucun ne possède d'aubier, mais nous distinguons très bien que leur vieillissement a commencé vers 3040 av. J.-C., comme c'était le cas pour le lot de bois précédent. L'absence d'aubier ne permet pas d'affirmer la présence du même phénomène de reprise de croissance aux environs de 3020 av. J.-C. ;
- le quatrième lot montre des pics de croissance plus marqués que dans les deux groupes précédents, sans qu'il soit possible de mettre en évidence un événement d'ordre climatique ou anthropique ;
- le cinquième groupe est constitué de sept échantillons, tous âgés de moins de 100 ans. L'homogénéité de cet ensemble n'est pas flagrante, mais le chevauchement des courbes indique toutefois des similitudes dans leur développement. La dilatation des cernes est un peu plus importante. Un petit pic de croissance apparaît sur deux bois sans pour autant désigner une ouverture anthropique de la forêt puisque l'année suivante la chute de la croissance est bien marquée. Ce petit événement serait alors plutôt à attribuer à une année particulièrement favorable (sans pour autant toucher les autres essences utilisées lors de la construction du bâtiment isolé). Le vieillissement de ce groupe débute vers 3035 av. J.-C. ;
- le sixième lot, composé de neuf pieux, se situe dans une ambiance forestière proche des trois premiers groupes écologiques. Il se particularise cependant par une croissance plus difficile. Sur une moyenne d'âge de 109 ans, après seulement 60 années, la croissance de ces bois ressemble fort à une lutte constante, avec des courbes quasiment plates, si bien que l'on ne distingue même plus l'effet de sénescence. Comme pour le deuxième groupe écologique, une ambiance type forêt primaire pourrait être envisageable.

### 3.1.2. Années caractéristiques

Les années caractéristiques négatives à 75 et 90% sont très nombreuses (Fig. 35), notamment en début de croissance des arbres, entre 3171 et 3131 av. J.-C. puis entre 3138 et 3104 av. J.-C. et enfin en milieu de croissance entre 3096 et 3036 av. J.-C. Après cette dernière date de 3036 av. J.-C., nous constatons effectivement que le faible nombre d'années négatives est suivi par une légère reprise de croissance.

*A contrario*, les années caractéristiques positives sont peu nombreuses (Fig. 36) et seuls deux groupes se dégagent : le premier se situe chronologiquement entre 3168 et 3154 av. J.-C., et le deuxième entre 2999 et 2980 av. J.-C., correspondant à la reprise de croissance végétative des groupes écologiques 1 et 2.

## 3.2. Frêne

Les frênes de la structure isolée sont répartis en trois phases d'abattage distinctes comme nous avons pu le voir lors de la datation des pieux. Il est maintenant intéressant d'examiner les courbes de croissance de chacune de ces trois phases.

### 3.2.1. Groupes écologiques et années caractéristiques

Les différents groupes écologiques de *Fraxinus* sont entièrement liés à la chronologie. En effet, les trois phases d'abattage du frêne dans la zone isolée correspondent à trois groupes de bois dont les croissances sont bien distinctes.

La phase la plus ancienne est caractérisée par des bois jeunes de 30/40 ans. Leur début de croissance est rapide, caractéristique de bois issus de rejet de souche ou de bois de lisière. Dans ce lot de bois, on distingue quatre groupes d'années caractéristiques (Fig. 37, 38 et 39) :

- deux groupes d'années caractéristiques positives entre 3205 et 3201 av. J.-C. puis entre 3192 et 3183 av. J.-C.,
- deux groupes d'années caractéristiques négatives entre 3220 et 3197 av. J.-C., puis entre 3188 et 3173 av. J.-C.

Nous pouvons noter que ces lots correspondant à des années caractéristiques ne sont pas distincts les uns des autres ; par conséquent, nous ne pouvons pas prétendre à la démonstration d'épisodes climatiques bien marqués.

### 3. Test d'analyse environnementale

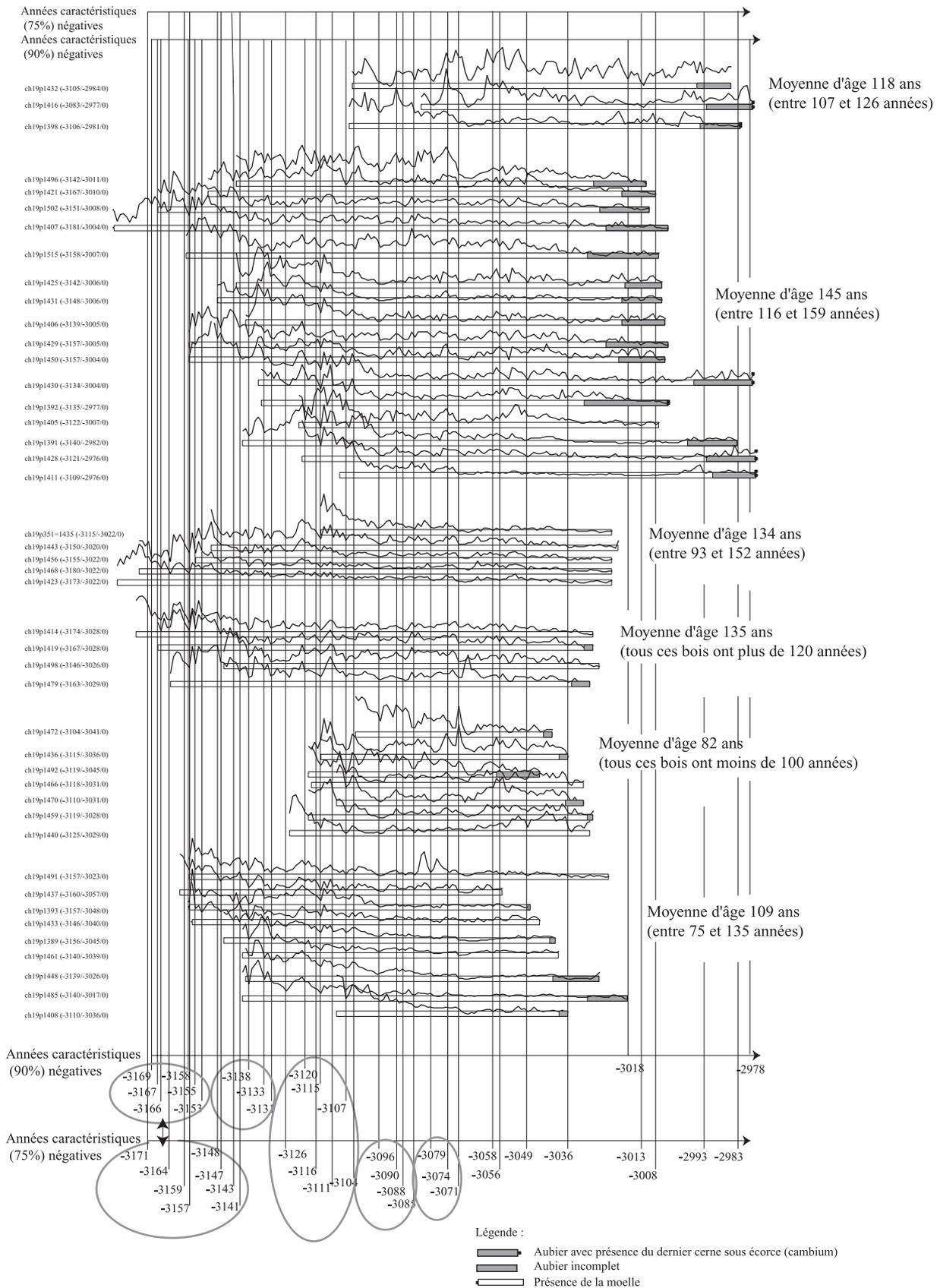


Figure 35. Les différents groupes écologiques des chênes présents dans la structure isolée et les années caractéristiques négatives

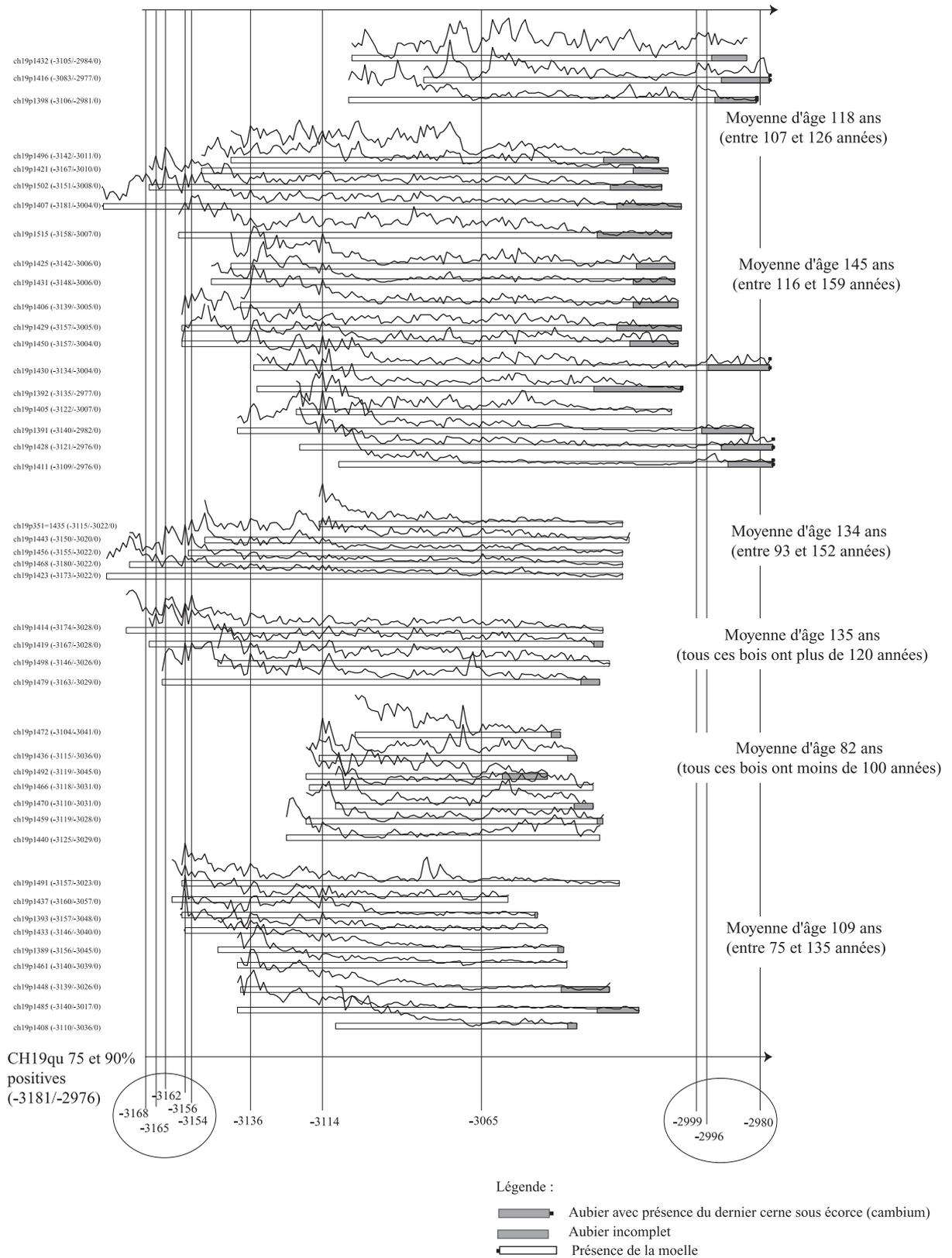


Figure 36. Les différents groupes écologiques des chênes présents dans la structure isolée et les années caractéristiques positives

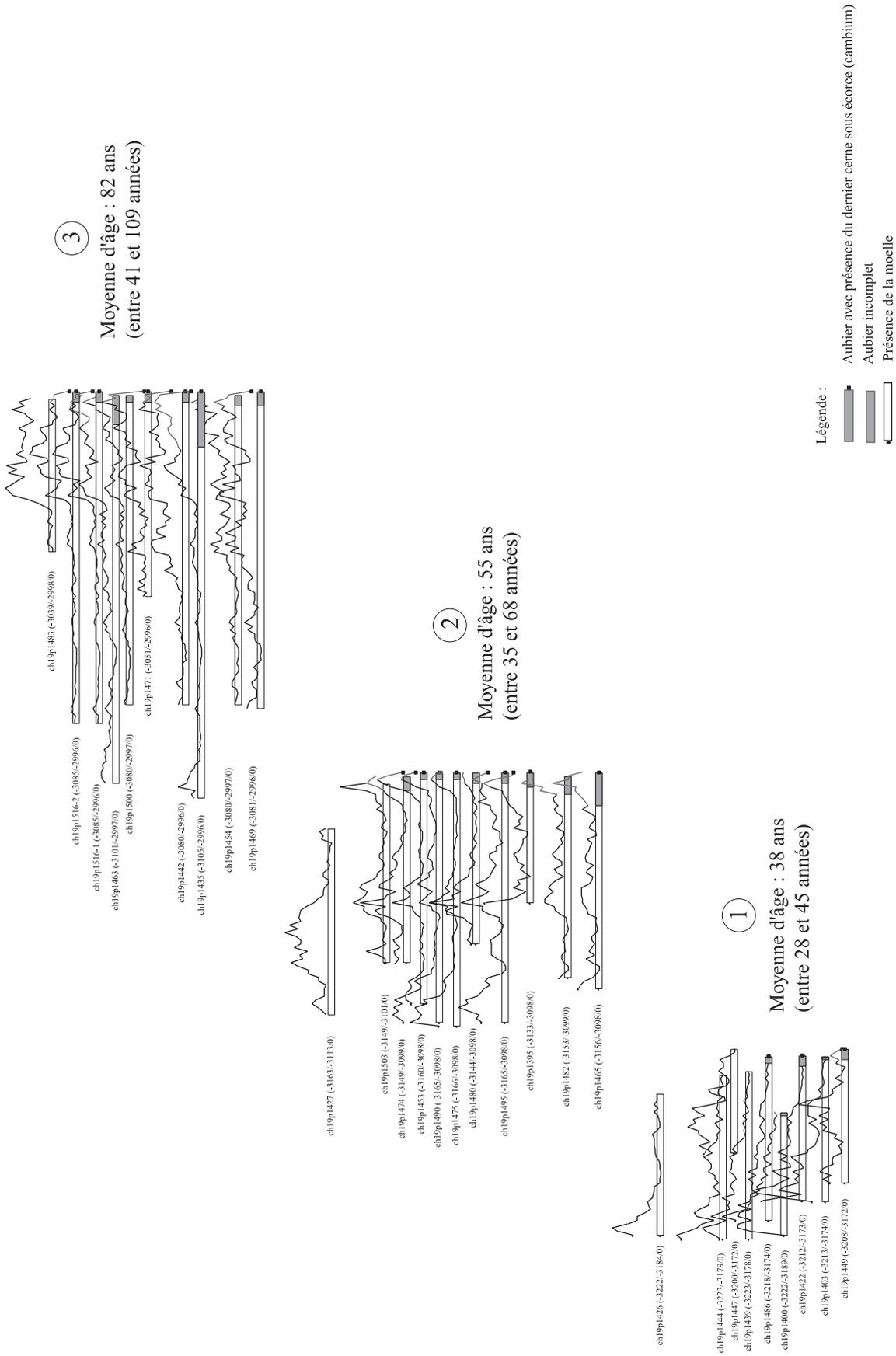


Figure 37. Etude comparative des groupes de croissance selon les différentes phases chronologiques des frênes appartenant à la structure isolée

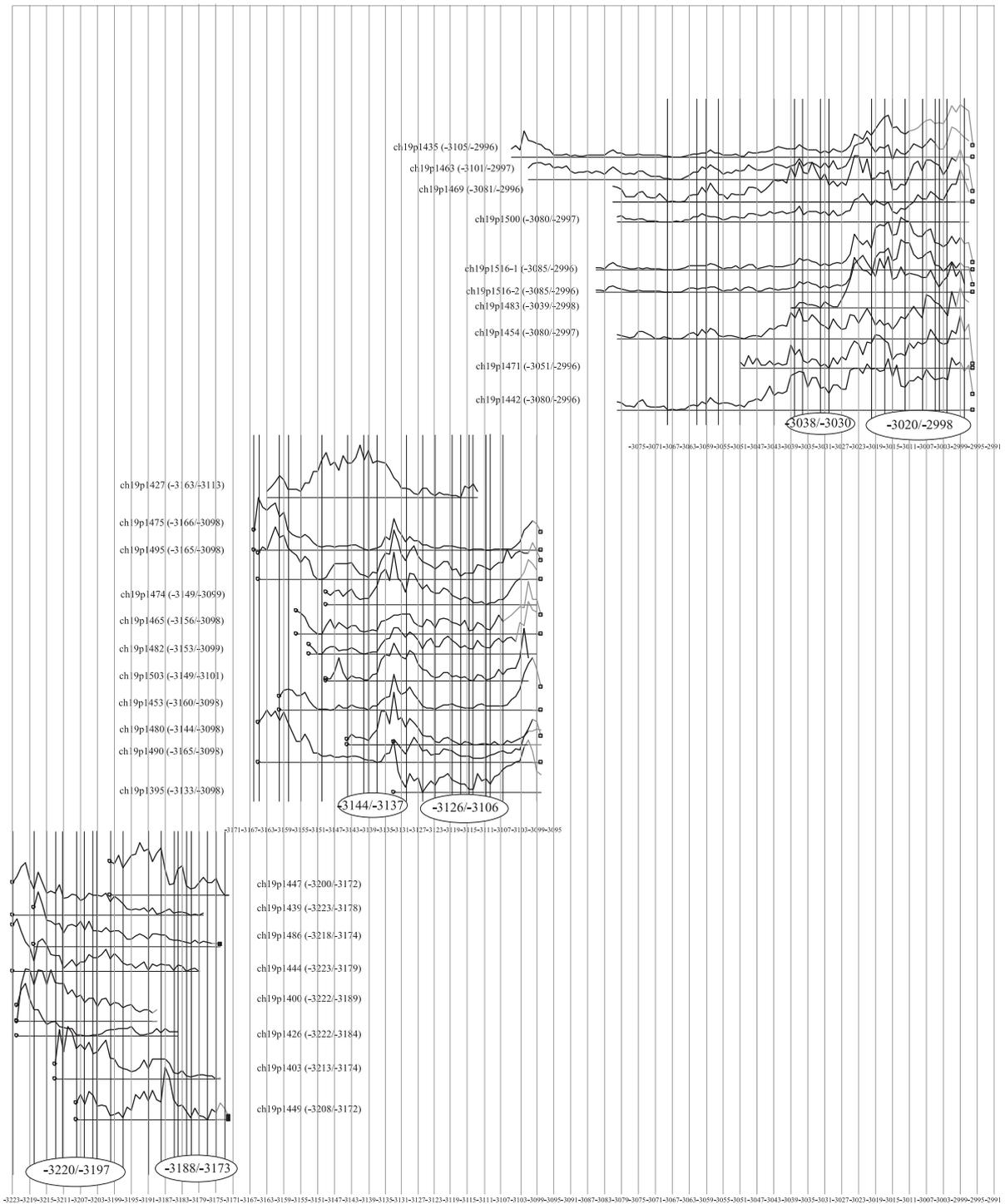


Figure 38. Les années caractéristiques négatives du frêne de la structure isolée

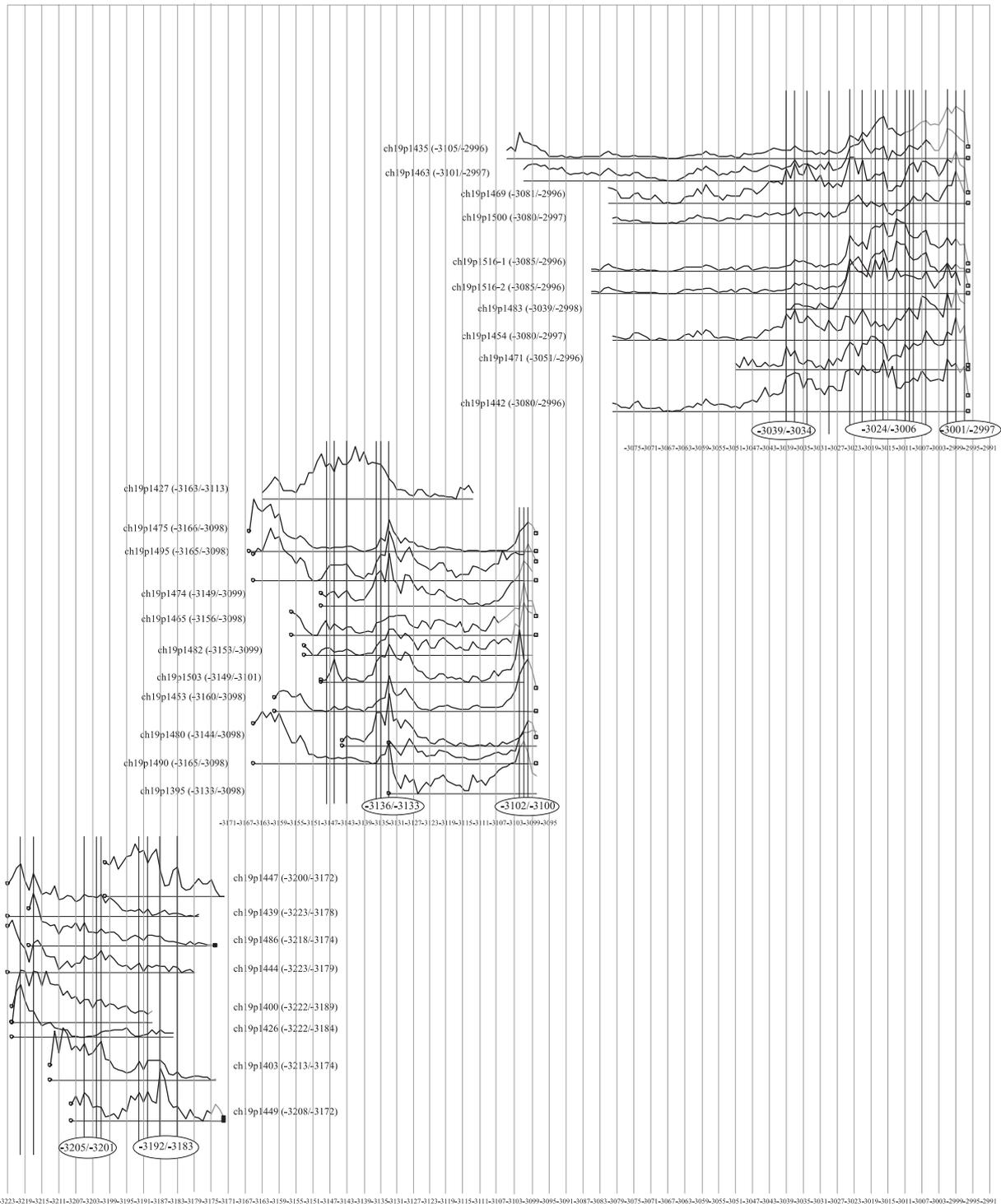


Figure 39. Les années caractéristiques positives du frêne de la structure isolée

La phase suivante d'abattage du frêne est composée de bois majoritairement âgés de 50/60 ans. Ils présentent un type de croissance perturbée avec deux épisodes de faible accroissement. Cette croissance lente est brutalement interrompue par une reprise végétative vers 3135 av. J.-C., puis une seconde reprise une dizaine d'années avant leur abattage.

Des années caractéristiques sont également présentes dans ce lot de bois et sont réunies en quatre groupes (Fig. 37, 38 et 39) :

- deux groupes d'années caractéristiques positives entre 3136 et 3133 av. J.-C., puis entre 3102 et 3100 av. J.-C.,
- deux groupes d'années caractéristiques négatives entre 3144 et 3137 av. J.-C., puis entre 3126 et 3106 av. J.-C.

Les épisodes positifs sont brefs contrairement aux épisodes négatifs. Ces derniers concordent parfaitement avec les deux baisses de croissance enregistrées par ces frênes.

La phase d'abattage la plus récente est constituée de bois dont la majorité a plus de 80 ans. La première moitié de leur vie est caractérisée par un accroissement difficile et ce pendant plus d'une quarantaine d'années. La seconde partie de leur croissance est marquée par une reprise rapide qui tendrait à démontrer une ouverture de la forêt.

Dans ce groupe d'individus, nous avons repéré cinq groupes marqués par des années caractéristiques (Fig. 37, 38 et 39) :

- trois groupes d'années caractéristiques positives en 3029/3034 av. J.-C., 3024/3006 av. J.-C. et 3001/2997 av. J.-C.,
- deux groupes d'années caractéristiques négatives entre 3038 et 3030 av. J.-C. puis entre 3020 et 2998 av. J.-C.

Nous observons également, dans cet épisode de 28 ans comprenant de nombreuses années caractéristiques positives, quatre années négatives qui viennent s'intercaler dans les groupes d'années caractéristiques positives.

### 3.2.2. Bilan des années caractéristiques comparées à la courbe $^{14}\text{C}$

La comparaison entre ces épisodes d'années caractéristiques et la courbe du  $^{14}\text{C}$  résiduel est tout à fait surprenante. Prenons tout d'abord le nombre d'épisodes d'années caractéristiques positives du chêne et du frêne (Lambert et Lavier 1992b ; Lambert *et al.* 1988 ; Lambert 1998) (Fig. 40a) : il diffère entre les deux essences, avec deux pour le chêne et sept pour le

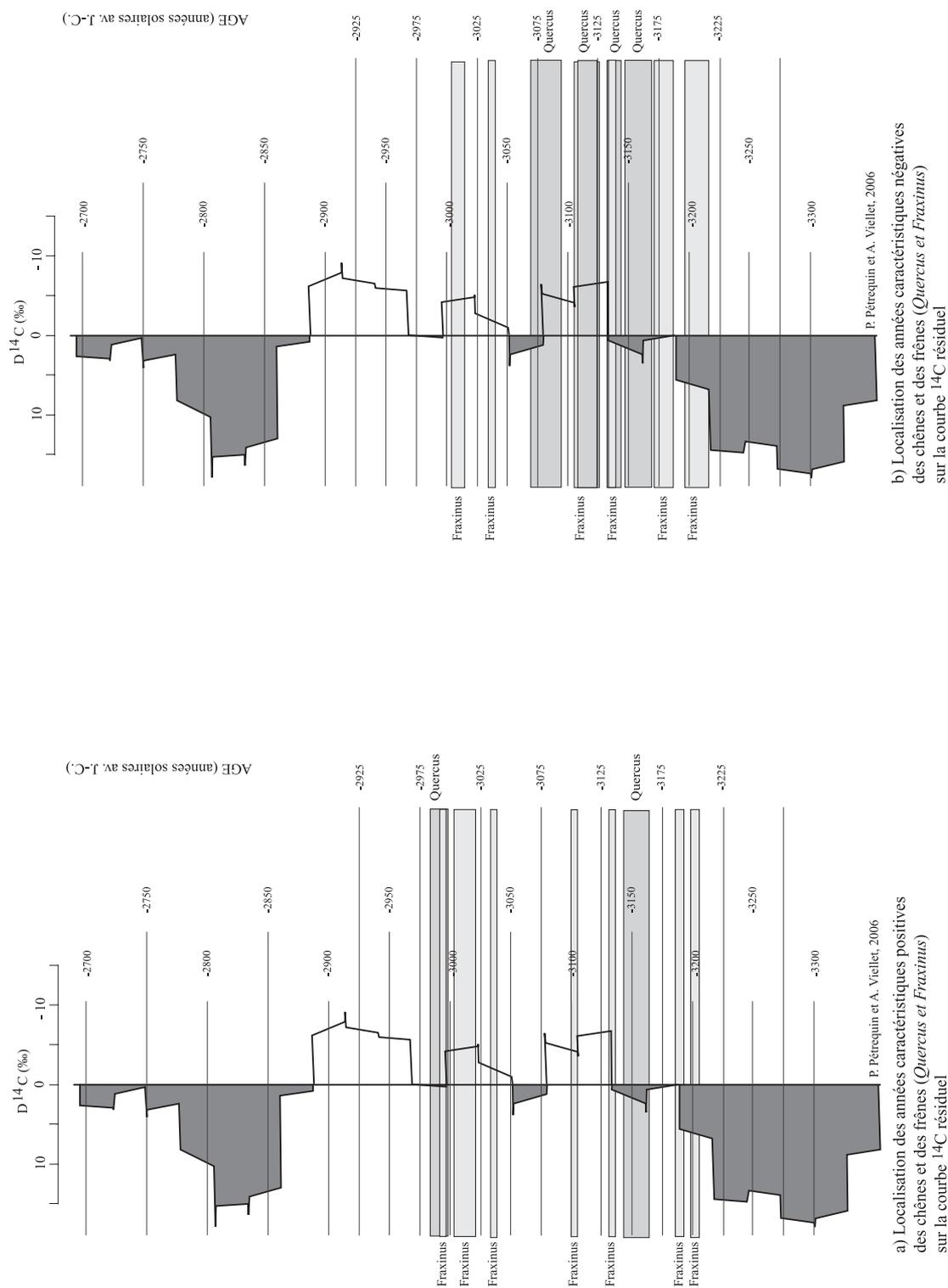


Figure 40. Localisation sur la courbe 14C des années caractéristiques positives et négatives des chênes et des frênes

frêne. Placés chronologiquement sur la courbe du  $^{14}\text{C}$  résiduel, nous observons de nombreux points qui ne coïncident pas. En effet, nous aurions pu nous attendre à ce que ces épisodes positifs soient en adéquation avec les périodes d'amélioration climatique, mais il semble bien que les chênes et les frênes n'aient pas suivi cette logique (Pétrequin, Magny, Bailly 2005). Même en prenant en compte le décalage nécessaire à un arbre pour que ses cernes enregistrent l'amélioration climatique, nous ne parvenons pas à corrélérer ces deux phénomènes de façon satisfaisante.

En ce qui concerne les épisodes des années caractéristiques négatives (Fig. 40b), nous observons le même phénomène, même si plusieurs épisodes négatifs sont de plus longue durée que les épisodes positifs.

Par conséquent, il semble bien que les variations de croissance des chênes et des frênes et la présence d'années caractéristiques positives et négatives ne soient pas à mettre automatiquement en relation avec le climat. Il peut alors s'agir de variations micro-climatiques, de facteurs inhérents à l'activité de l'homme (défrichements) ou directement liés au type de forêt. Les arbres de forêt non anthropisée, de type primaire, ne subiraient que très peu -ou de façon décalée- les changements mineurs de climat. Toujours est-il qu'il n'est plus possible de dire que l'activité humaine disparaît lors des épisodes de péjorations climatiques et de montée du niveau des lacs. Il faudra à présent nuancer nos propos et prendre davantage en compte d'autres données qui ne sont pas uniquement d'ordre climatique (Magny 1993a, 1993b, 1997 ; Pétrequin, Magny et Bailly 2005).

*Test dendrochronologique : intérêts et limites*

En conclusion, ce test sur une structure isolée et ses alentours démontre combien la dendrochronologie est une méthode essentielle pour l'archéologie. Toutefois, elle reste d'emploi difficile, lorsque toutes les conditions de conservation ne sont pas réunies. Les bois étudiés dans ce chapitre sont particulièrement représentatifs des chênes et des frênes présents sur tout le site de CH 19. Ce test montre la complexité des datations lorsque le dernier cerne sous écorce est absent. Il souligne l'importance de l'estimation de l'aubier pour mettre en évidence le plan d'une structure architecturale dans son intégralité. Cette absence d'aubier est un handicap majeur qui risque de poser de nombreux problèmes dans la reconnaissance des habitats lors de l'étude globale du site.

L'essai de reconstitution de l'ambiance écologique et de corrélation entre les épisodes d'années caractéristiques et les variations climatiques s'est révélé très difficile à réaliser en l'absence d'outil informatique adéquat qui permettrait de gérer un nombre de bois plus important. Néanmoins, ce test aura permis de mettre en évidence l'inadéquation entre les années caractéristiques et la courbe du  $^{14}\text{C}$  résiduel : il ne semble pas y avoir de lien intrinsèque entre les variations climatiques et la présence ou l'absence de l'homme, en tout cas sur le site de Chalain 19 (cf. chapitre 3).



## CHAPITRE 2

### *CHALAIN 19 : un site de référence*



## ***1. Le site lacustre de Chalain 19 : six années de recherches***

Afin d'appréhender la zone archéologique de Doucier dans sa totalité, elle a fait l'objet d'une évaluation systématique à la tarière. La découverte de vestiges archéologiques (CH 18 : chemin de planches ; CH 20 : village sur remblais artificiels ; CH 21 : blocs effondrés issus de CH 20 et CH 27, CH 23 : matériel isolé, CH 24 : ossements humains et quelques pieux encore présents et CH 27 : groupe de pieux et une couche archéologique reconnue en 1997), montrent des occupations qui couvrent, chaque fois, une période seulement de la chronologie du Néolithique final.

Quant au site de CH 19, sa stratigraphie est suffisamment dilatée pour tenter d'appréhender les mouvements culturels entre le 32<sup>e</sup> et le 30<sup>e</sup> siècle av. J.-C. Chalain 19 apparaissait donc comme le meilleur candidat pour affiner la chronologie. Dans ce but, six campagnes de fouilles de deux mois chacune ont été entreprises de 1996 à 2001, dans le cadre d'une recherche programmée.

La campagne de 1996 est marquée par l'ouverture d'une surface de fouille de 230 m<sup>2</sup> comprenant un niveau d'incendie.

En 1997 un décapage extensif a permis de mettre au jour une partie de l'organisation spatiale de l'habitat. Le point fort de cette campagne a été la découverte d'une palissade et d'une structure isolée. Sur ce dernier secteur, des sondages ont été réalisés tous les mètres sur une surface de 220 m<sup>2</sup>, concernant la couche archéologique la plus récente.

En 1998, pour la troisième année, la surface du décapage a été étendue sur 1000 m<sup>2</sup>, extension se situant plus particulièrement côté ouest. Lors de cette campagne, un départ de chemin de planches a été découvert, chemin permettant de relier le village à la terre ferme à travers le bas-marais. C'est également lors de cette campagne qu'une palissade demi-circulaire

ceinturant le village du côté du bas-marais a pu être dégagée. Dès lors, il paraît évident que l'espace villageois était divisé en deux secteurs : d'une part une zone densément bâtie, d'autre part un espace comportant une structure isolée. Cette même année, la découverte d'un squelette d'enfant (Fig. 41) situé à l'intersection de la palissade et du chemin de planches, à l'entrée du village, a suscité des hypothèses (Pétrequin, Viellet et Maréchal 2001, tome 2) telles qu'un dépôt rituel de clôture lié à l'abandon définitif de l'espace villageois.



Photographie A. Viellet, 1998

*Figure 41. Fouille du squelette d'enfant découvert en 1998 à l'intersection de la palissade et du départ du chemin de planches*

En 1999, 220 m<sup>2</sup> ont été décapés sur le secteur de la construction isolée. Les artefacts mis au jour en font une des zones les plus intéressantes de CH 19 (cf. chapitre 1).

Les deux années 2000 et 2001 ont concerné essentiellement le dégagement du chemin de planches sur une longueur totale de 140 m. Les prélèvements de pieux effectués dans ce secteur ont été difficiles : au-delà du bas-marais, les pieux étaient très mal conservés en raison de la proximité de la terre ferme. Pour près de la moitié d'entre eux, il a fallu descendre de 1 m à 1,50 m de profondeur pour obtenir des échantillons de bonne qualité (Fig. 42).

À l'issue de ces campagnes de fouille, il a été possible de définir l'organisation de l'espace villageois. Conjointement, l'étude dendrochronologique des chênes et des frênes devait permettre de définir les différentes phases d'abattage, la succession des occupations et le plan proprement dit de l'habitat.

Après six années de fouilles, 2069 pieux et une trentaine de bois horizontaux ont été relevés sur plan (Fig. 43), sur une surface totale de 2400 m<sup>2</sup>. Parallèlement nous avons participé à la fouille et aux observations stratigraphiques ainsi qu'à l'étude typologique du matériel. Cette approche pluridisciplinaire est certainement un excellent moyen pour appréhender un site dans sa globalité et obtenir les meilleures chances de comprendre son histoire et la dynamique de son occupation.



*Figure 42. Les pieux du chemin de planches, très altérés, ont souvent dû être dégagés sur plus d'un mètre de profondeur afin d'obtenir un prélèvement satisfaisant pour la dendrochronologie*

Photographie A. Viellet, 1998

### *Premiers essais de datation dendrochronologique*

À la fin de l'année 1996, nous avons réalisé un premier travail dendrochronologique sur les bois prélevés lors de la première campagne de fouille. Cette étude montre que les phases d'abattage des bois d'œuvre se succèdent tous les 10/15 ans, de 3174 à 2916 av. J.-C. À l'issue de la campagne de 1997, les dates d'abattage des chênes suggèrent des reconstructions successives sur le même plan vers 3007 av. J.-C. puis en 2977/2975 av. J.-C.

Les premières analyses montrent que les datations dendrochronologiques obtenues année après année devaient être réinterprétées à chaque fois que l'on intégrait une nouvelle série de bois datés.



Figure 43. Plan des pieux de Chalain 19

Cette constatation permet de mettre en évidence un élément méthodologique fondamental. En effet, il est indispensable de constituer un corpus d'étude représentatif avant de tenter toute interprétation. Si cette interprétation est initiée trop tôt, elle se voit remise en cause par le remaniement des données antérieures, puisque l'on procède à une réinterprétation des moyennes à chaque nouvel apport de datation.

En fait, c'est seulement en 2002, lorsque la base de données a été définitivement acquise dans sa totalité, que l'analyse dendrochronologique des chênes et des frênes a pu réellement commencer.

### 1.1. Morpho-typologie des pieux

Comme nous l'avons vu dans le premier chapitre, les pieux se répartissent en trois groupes : circulaire, fendu et refendu.

Pour l'ensemble de la station, les chênes (571 prélevés) sont, en grande majorité, refendus : 85% pour 7% de fûts circulaires et 8% de fendus (ou demi-circulaires). Au contraire, les frênes sont à 82% circulaires, 13% refendus et 5% fendus.

Pour affiner ces données, nous avons décidé de diviser le site en quatre zones : le chemin, la palissade, le centre du village et le secteur isolé (Fig. 44).

<i>Quercus</i> nbre total : 571 nbre mesurés : 352 nbre datés : 317		Tableau 5. Répartition morphologique des chênes			
		<i>chemin</i>	<i>palissade</i>	<i>village</i>	<i>sect. isolé</i>
<i>refendu</i>	73%	90%	90%	90%	
<i>fendu</i>	14%	2%	7%	5%	
<i>circulaire</i>	12%	8%	3%	5%	

Les observations sur la morphologie des chênes et des frênes du secteur isolé (cf. chapitre 1) peuvent être appliquées à l'ensemble de la station. En effet, c'est le pourcentage des pieux refendus qui domine dans les quatre zones. L'abattage de ces chênes de fort diamètre permet la refente des fûts, ce qui représente une économie de matière première mais engendre un investissement en temps de travail supplémentaire (Pétrequin 1991).

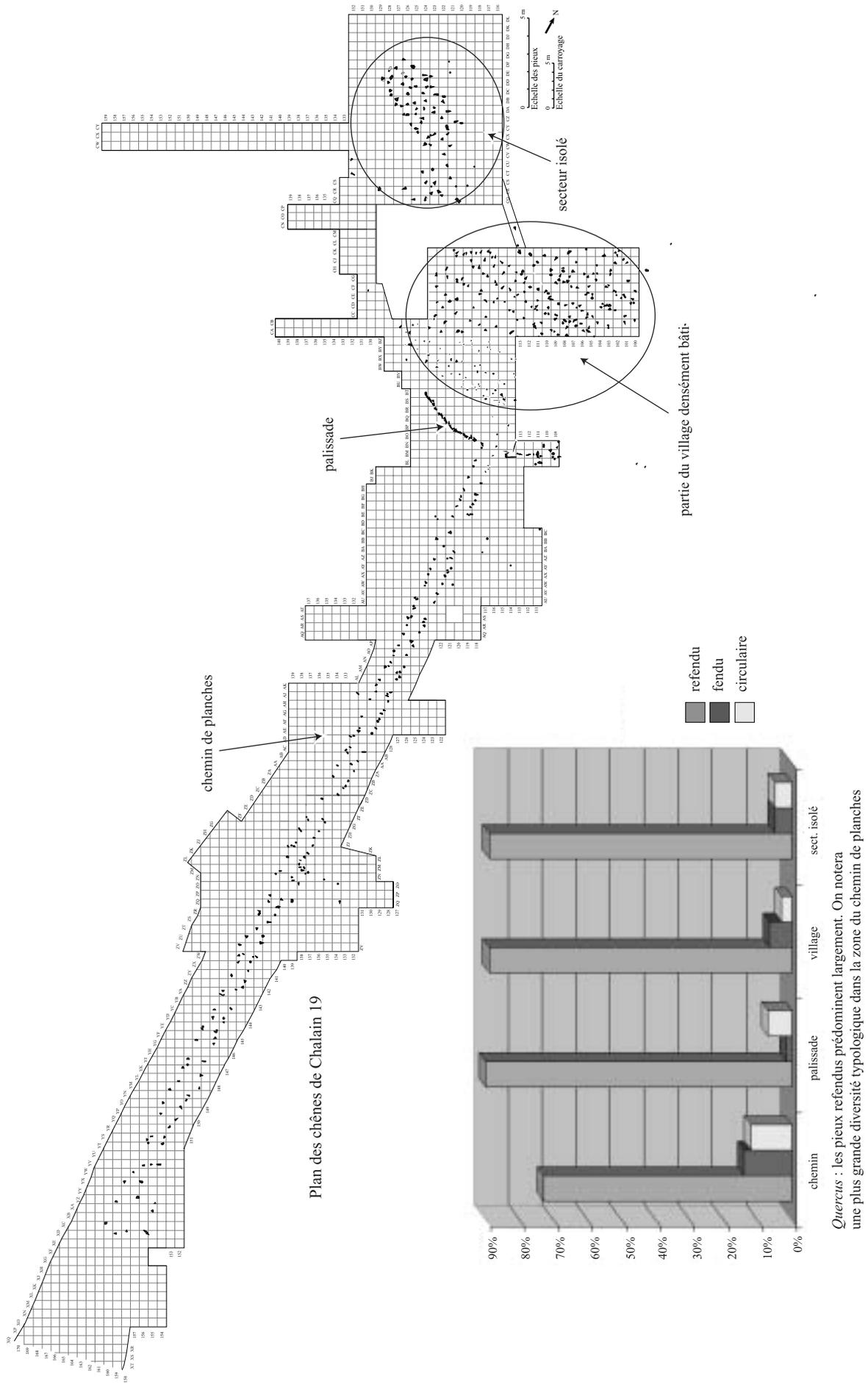


Figure 44. Plan des pieux en chênes et leur répartition morphologique

Il semble que le chemin de planches soit le secteur où la morphologie des pieux est la plus disparate. Les bois de la palissade, du centre du village et du secteur isolé montrent, quant à eux, des pourcentages similaires, avec un nombre de pieux refendus identique et un cumul du nombre des pieux fendus et circulaires de 10%.

Nous avons réalisé les mêmes calculs pour les 678 pieux en frêne prélevés de CH 19 (Fig. 45) :

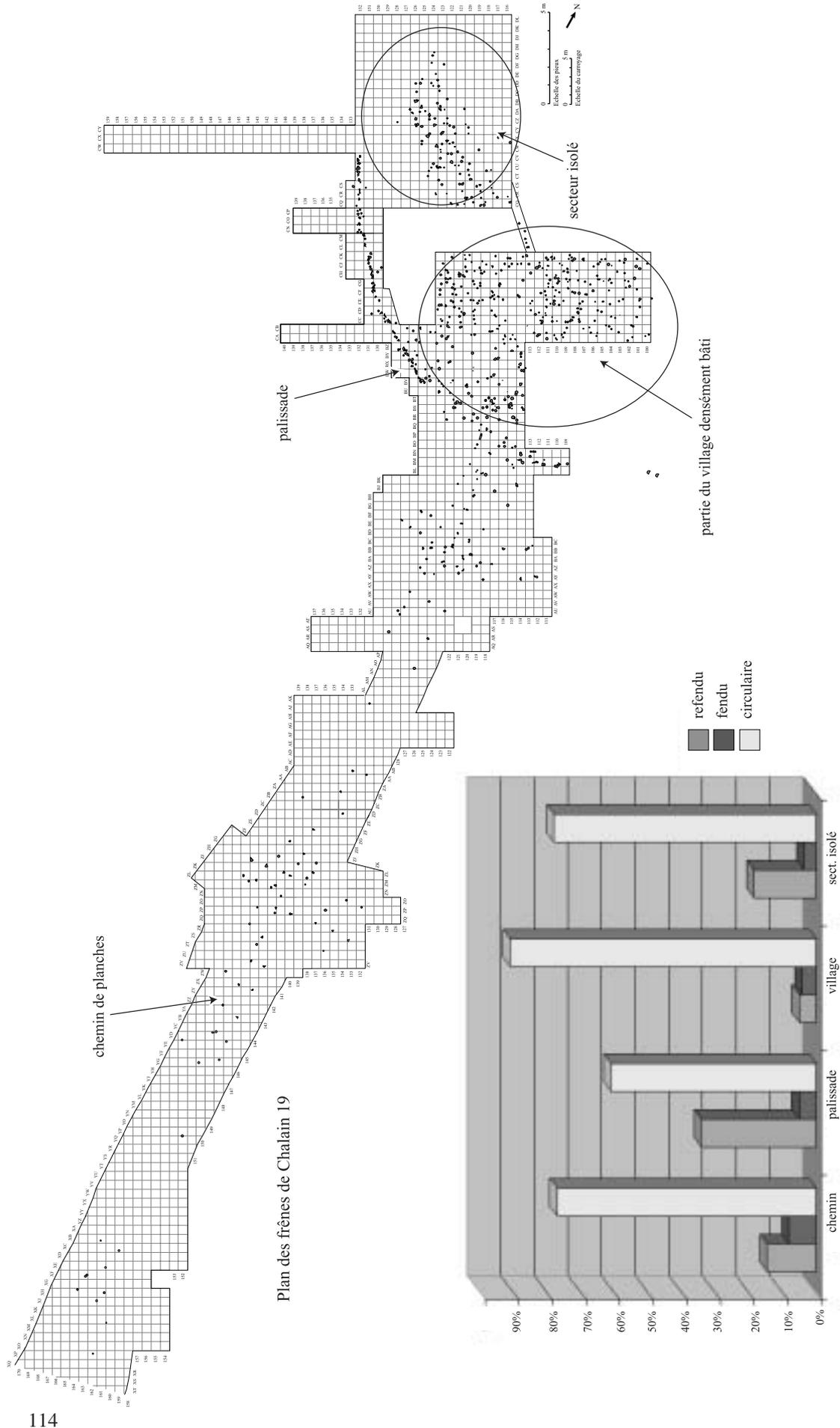
<i>Fraxinus</i> <i>nbre total : 678 (dont 333 perches)</i> <i>nbre mesurés : 325</i> <i>nbre datés : 211</i>		<i>Tableau 6. Répartition morphologique des frênes</i>			
	<i>chemin</i>	<i>palissade</i>	<i>village</i>	<i>sect. isolé</i>	
<i>refendu</i>	15%	34%	5%	18,50%	
<i>fendu</i>	8%	5%	4%	3,50%	
<i>circulaire</i>	77%	61%	91%	78%	

L'exploitation du frêne est différente de celle du chêne. Ici, ce sont principalement des fûts circulaires de petit diamètre (entre 3 et 15 cm) qui ont été abattus. Au centre du village, on note un pourcentage de pieux circulaires plus important que pour les trois autres secteurs. Nous serions en présence d'un choix sélectif concernant les bois d'œuvre des habitations. Il faut préciser que tous les frênes n'apparaissent pas dans ce tableau puisque 333 frênes (une partie seulement a été mesurée) provenaient de fûts et de perches avec un nombre de cernes trop faible pour effectuer une datation correcte.

## 1.2. 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 (cf. chapitre 3) ; ce sont donc 89% des échantillons qui ont été datés :

- 276 pièces sont intégrées dans 17 moyennes ;
- 41 individus récalcitrants ont toutefois été datés isolément ;
- 35 échantillons non pas répondus à la datation.



*Fraxinus* : A, l'inverse des chênes, les pieux en frêne circulaires prédominent. On notera une plus grande diversité typologique dans la zone de la palissade.

Figure 45. Plan des pieux en frêne et leur répartition morphologique

Les 17 moyennes obtenues comportent entre 2 et 138 individus. Deux de ces moyennes, CH19 M106qu et CH19 M100qu, comptent respectivement 81 et 138 individus, soit 62% des bois datés.

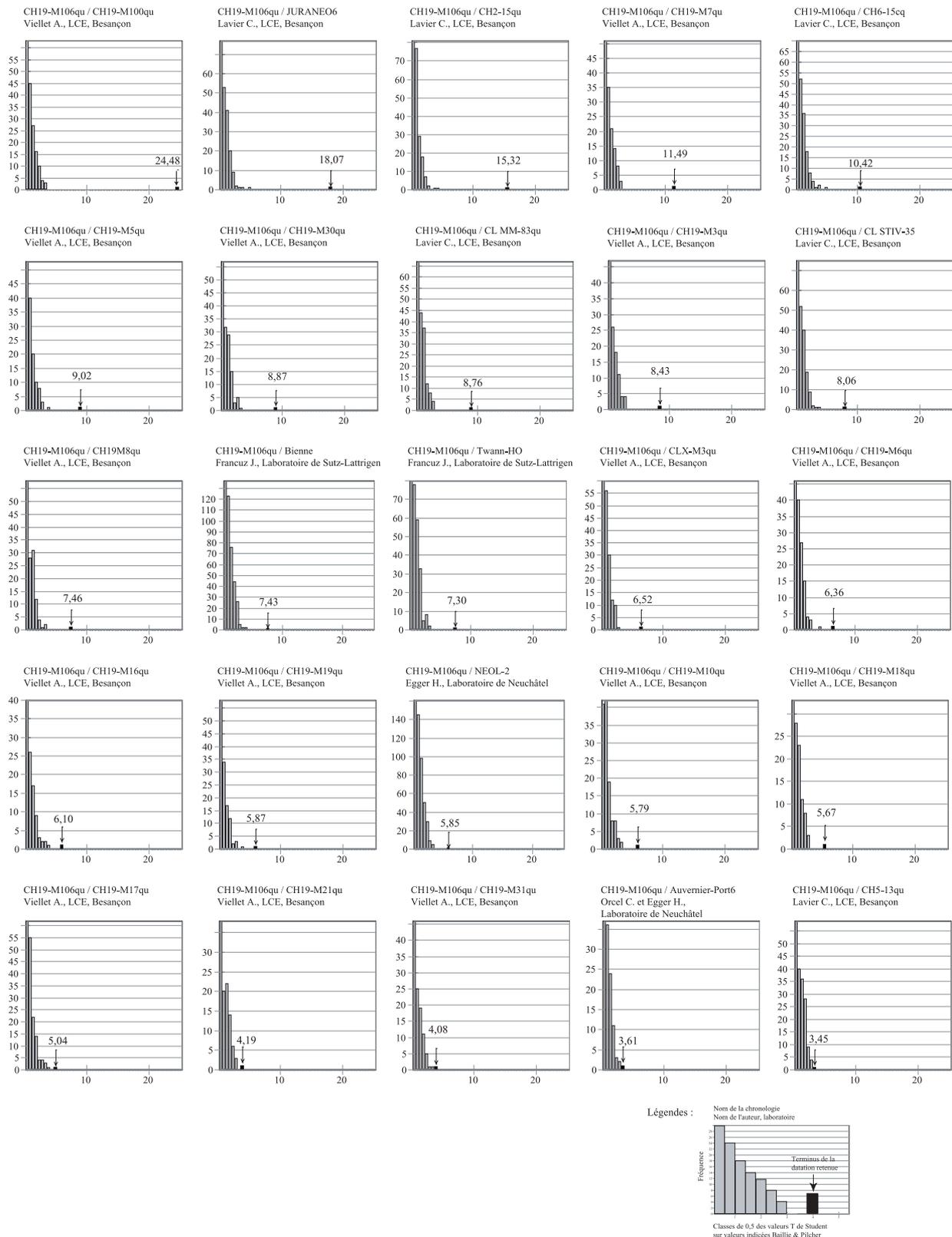
La moyenne CH19 M106qu a une longueur de 245 années, avec une origine en 3220 av. J.-C. et un terminus en 2976 av. J.-C. La largeur moyenne des cernes est de 12,25 mm, avec une largeur minimale de 5,9 mm et une largeur maximale de 29,16 mm. La datation de cette moyenne a été obtenue (Fig. 46) par corrélation avec les chronologies de Chalain et de Clairvaux et avec quelques chronologies suisses ; 24 moyennes ont donné des résultats identiques.

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. La largeur moyenne des cernes est de 11,5 mm, la largeur minimale étant de 4,9 mm et la largeur maximale de 26,2 mm. Quant à la datation, 23 chronologies (Fig. 47) ont donné des résultats identiques. Ces deux moyennes forment des chronologies comparables (notamment au niveau de leur longueur) à celles des sites de CH2, CH3 ou CH4 (Lavie 1996 ; Lambert et Lavie 1997). Les 15 autres moyennes (Annexes 1) comportent entre 2 et 12 individus :

<i>nom</i>	<i>nbre</i>	<i>longueur</i>	<i>datation</i>	<i>larg.moy.cernes</i>	<i>cerne min.</i>	<i>cerne max.</i>
CH19 M16qu	4	76 ans	3075/3000	1,12 mm	0,2 mm	2,5 mm
CH19 M17qu	3	214 ans	3234/3021	0,9 mm	0,3 mm	3,5 mm
CH19 M19qu	2	152 ans	3160/3009	0,77 mm	0,3 mm	1,56 mm
CH19 M30qu	8	165 ans	3147/2983	1,42 mm	0,48 mm	3 mm
CH19 M31qu	2	80 ans	3112/3033	1 mm	0,3 mm	2,54 mm
CH19 M3qu	2	86 ans	3130/3045	1,69 mm	0,6 mm	4,6 mm
CH19 M5qu	4	153 ans	3157/3005	1,2 mm	0,55 mm	2,15 mm
CH19 M7qu	12	151 ans	3124/2974	1,2 mm	0,48 mm	3,2 mm
CH19 M10qu	4	122 ans	3116/2995	1,27 mm	0,65 mm	2,3 mm
CH19 M18qu	2	76 ans	3051/2976	1,38 mm	0,56 mm	2,6 mm
CH19 M12.1qu	2	150 ans	3150/3001	1,1 mm	0,48 mm	2,17 mm
CH19 M6qu	5	147 ans	3123/2977	1,25 mm	0,6 mm	2,2 mm
CH19 M11qu	2	175 ans	3155/2981	0,98 mm	0,33 mm	3,58 mm
CH19 M21qu	2	76 ans	3118/3043	1,6 mm	0,59 mm	3,97 mm
CH19 M8qu	3	147 ans	3150/3004	0,93 mm	0,32 mm	2,4 mm

Tableau 7. Moyennes du chêne à faible effectif

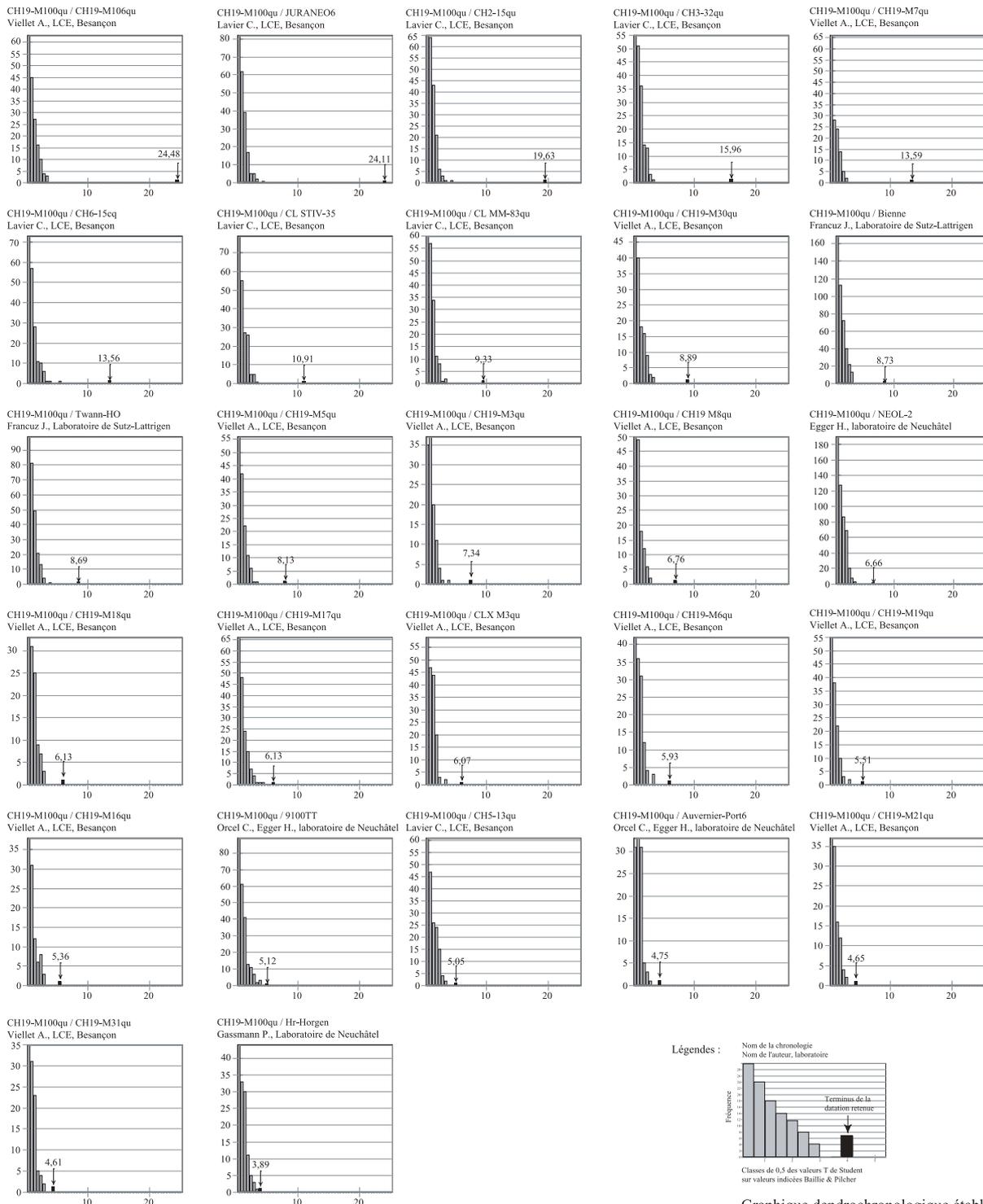
## Chapitre 2. Chalain 19 : un site de référence



Graphique dendrochronologique établi d'après Sylphe (Meignier, 2003)

Figure 46. Histogramme de la moyenne CH19 M106qu -3220/-2976 av. J.-C.

1. Le site lacustre de Chalain 19 (CH 19) : six années de recherches



Graphique dendrochronologique établi d'après Sylphe (Meignier, 2003)

Figure 47. Histogramme de la moyenne CH19 M100qu -3225/-2966 av. J.-C.

Ces petites chronologies ne sont pas sans intérêt. Elles démontrent probablement que les arbres proviennent de stations forestières différentes.

Cependant les caractéristiques des cernes des individus constituant ces moyennes datées ne montrent pas une grande diversité :

- la largeur moyenne des cernes ne diffère que d'un demi-millimètre (0,9 à 1,69 mm) ;
- il en est de même pour le cerne minimal (0,2 à 0,65 mm) ;
- par contre pour le cerne maximal l'écart est supérieur à 2 mm (1,56 à 3,97).

*A priori*, ces chiffres n'expliquent pas l'impossibilité de synchroniser ces moyennes. C'est plutôt la diversité des courbes de croissance, dont certaines sont plates et d'autres dynamiques, qui indiquerait des conditions de pousse différentes, engendrant des moyennes difficiles à corrélérer. Par ailleurs, ces moyennes ne se terminent pas toutes par un dernier cerne sous écorce ; seules trois d'entre elles en possèdent (p751 pour CH19 M16qu, p 1411 et p1428 pour CH19 MM106qu et p1256 pour CH19 M8qu).

Nous avons déjà soulevé ce problème d'absence de cambium lors du test réalisé sur la maison isolée de CH 19. Ce déficit en cambium semble se répéter pour tous les pieux en chêne mesurés sur ce site. En effet, sur les 276 bois composant les 17 moyennes, nous n'avons recensé que 26 derniers cernes sous écorce, soit seulement 9,4% des chênes.

Outre ces chronologies composées de peu d'échantillons, 41 individus n'ont pas pu être intégrés dans les moyennes de CH19. Néanmoins, ils ont été datés individu par individu (Tableau 8).

Ces pieux et bois horizontaux ont des âges assez disparates. On peut remarquer qu'une dizaine de bois âgés, entre 124 et 184 ans, ne sont pas intégrés dans les moyennes. Ce fait n'est pas étonnant, puisque le début de sénescence diffère selon les arbres, ainsi que leurs conditions de croissance. Dans cette petite sélection de bois (p1032, p1811, p938, p1020, p1217, p686, p1096 et p4), plusieurs cas de figure apparaissent (Fig. 48) : par exemple les pieux 1811 et 938, qui ont tous deux 137 ans, n'ont pas du tout le même profil en fin de vie. L'un commence son vieillissement vers 100 ans, tandis que l'autre montre des signes de vieillissement vers 70 ans. Dans un autre cas, le pieu n°4, malgré ses 143 ans a une courbe de croissance où aucun signe de sénescence n'est visible.

Dans ce tableau, il apparaît, là encore, que les cambiums sont rares (12% des individus) ; quant aux 35 bois non datés, sept possèdent un dernier cerne sous écorce. 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.

1. Le site lacustre de Chalain 19 (CH 19) : six années de recherches

<i>nom</i>	<i>âge</i>	<i>datation</i>	<i>aubier</i> <i>o = oui</i> <i>n = non</i>	<i>cambium</i> <i>o = oui</i> <i>n = non</i>
p 1032	146 ans	3147/3002	n	n
p 1033	124 ans	3121/2998	n	n
p 1811	137 ans	3121/2985	o	n
p 1824	95 ans	3129/3035	n	n
p 1760	33 ans	3020/2988	o	o
p 1755	99 ans	3093/2995	n	n
p 1020	157 ans	3173/3017	o	n
p 1088	132 ans	3130/2999	n	n
BH/BP124 (H)	44 ans	3039/2996	n	n
p 1045	102 ans	3162/3061	n	n
p 1079	84 ans	3126/3043	n	n
p 1034	72 ans	3134/3063	n	n
p 1081	104 ans	3131/3028	n	n
p 1076	72 ans	3116/3045	n	n
p 1037	45 ans	3044/3000	o	n
BHpl/CZ139/Hsup	79 ans	3042/2964	n	n
p 938	137 ans	3120/2984	o	n
BHpl/BY126/H-K	84 ans	3126/3043	n	n
p 1121	74 ans	3048/2975	o	o
p 1217	184 ans	3162/2979	o	n
p 683	54 ans	3033/2980	o	n
p 844	76 ans	3051/2976	o	n
p 857	76 ans	3112/3037	n	n
p 832	83 ans	3104/3022	n	n
p 833	97 ans	3113/3017	n	n
p 880	126 ans	3099/2974	o	n
p 686	148 ans	3187/3040	n	n
p 963	65 ans	3104/3040	n	n
p 1280	71 ans	3100/3030	n	n
p 958	73 ans	3101/3029	o	o
p 1096	161 ans	3122/2962	o	n
BH/BM114	72 ans	3100/3029	n	n
p 222	81 ans	3087/3007	o	n
p 130	104 ans	3136/3033	o	n
p 4	143 ans	3159/3017	n	n
p 140	125 ans	3114/2990	o	n
p 94	82 ans	3122/3041	n	n
p 143	117 ans	3132/3016	o	n
p 190	114 ans	3119/3006	o	o
p 867	94 ans	3134/3041	n	n
BH/BN114.1	117 ans	3147/3031	n	n

Tableau 8. Chênes datés de manière individuelle

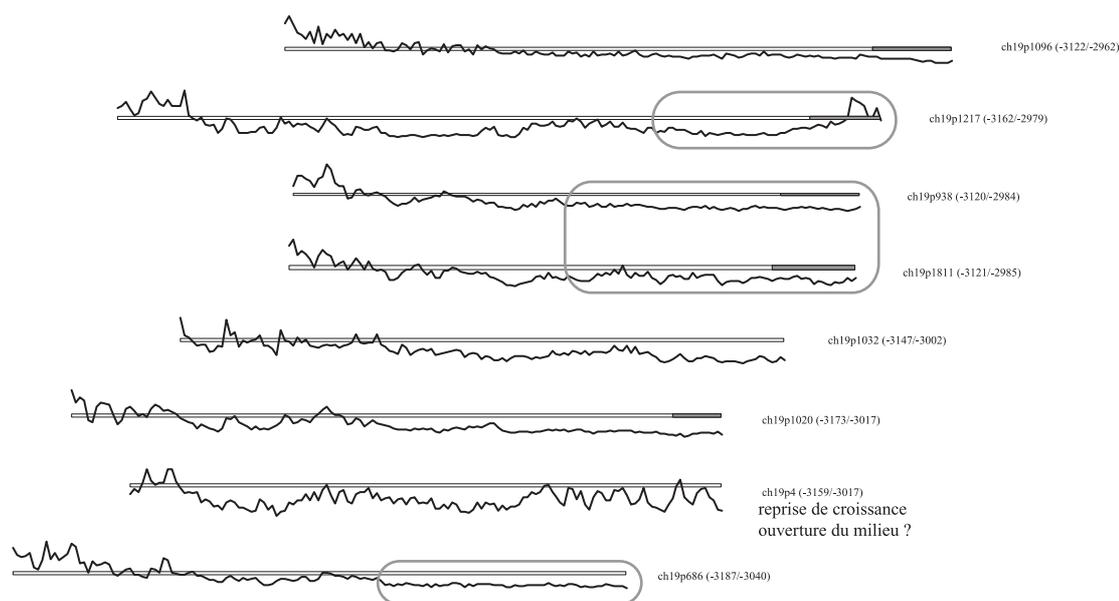


Figure 48. Courbes de croissance de quelques pieux datés montrant différents types de vieillissement

### 1.3 Analyse dendrochronologique des pieux en frêne

Lors des six campagnes de fouille sur CH19 et de l'exploitation des résultats, 325 pieux et bois horizontaux en frêne ont été mesurés :

- 178 individus ont été synchronisés et font partie de 13 moyennes chronologiquement fiables ;
  - 33 bois ont pu être datés de manière individuelle ;
  - 114 individus, malgré de nombreux essais, ne donnent aucune datation satisfaisante : 94 d'entre eux n'ont pas pu être corrélés, parmi lesquels figurent en particulier les petits piquets ne possédant qu'une dizaine de cernes. Enfin, 20 individus composent deux moyennes non datées : CH19 M13fx avec 8 bois et CH19 M19fx avec 12 bois (Fig.49).
- Au final, 65% des pieux et bois horizontaux en frêne ont été datés.

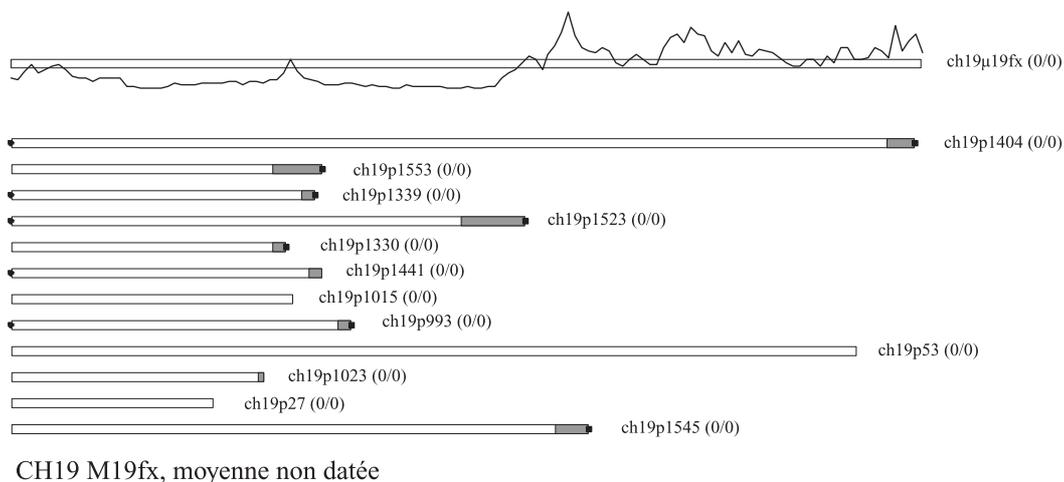


Figure 49. Blocs diagrammes des moyennes CH19 M19fx et CH19 M13fx

Trois moyennes concentrent 112 individus :

- CH 19 M20fx est composée de 52 frênes et couvre seulement 68 années. Cette moyenne a été datée sur plusieurs chronologies (Fig. 50). CH 19 M20 FX a son origine en 3239 av. J.-C. et son terme en 3172 av. J.-C.
- CH 19 M14fx est constituée de 37 frênes et a pu être datée en 3093/2978 av. J.-C.
- CH 19 M8fx, composée de 23 bois est datée en 3179/3096 av. J.-C.

Les 10 moyennes restantes possèdent entre 3 et 12 individus et se présentent comme suit (Annexes 1) :

<i>nom</i>	<i>nbre</i>	<i>âge</i>	<i>datation</i>	<i>larg.moy.cerne</i>	<i>cerne min.</i>	<i>cerne max.</i>
CH19 M18fx	5	74 ans	3118/3045	0,83 mm	0,28 mm	2,39 mm
CH19 M1fx	10	159 ans	3233/3075	1,16 mm	0,73 mm	3,4 mm
CH19 M2fx	8	203 ans	3175/2973	1,17 mm	0,25 mm	2,73 mm
CH19 M3.2fx	4	65 ans	3129/3065	0,79 mm	0,2 mm	2,66 mm
CH19 M3fx	7	170 ans	3238/3069	0,8 mm	0,3 mm	2,3 mm
CH19 MM1fx	3	77 ans	3230/3154	1,46 mm	0,8 mm	2,87 mm
CH19 MM9fx	6	72 ans	3253/3182	1,15 mm	0,6 mm	2 mm
CH19 MM3fx	12	185 ans	3163/2979	1,37 mm	0,44 mm	3,35 mm
CH19 MM6fx	5	76 ans	3163/3088	0,97 mm	0,3 mm	2,46 mm
CH19 M16fx	6	62 ans	3100/3039	0,93 mm	0,16 mm	1,96 mm

Tableau 9. Moyennes du frêne à faible effectif

Trois moyennes constituent 63 % de ces bois datés ; les autres moyennes comptent entre 3 et 12 individus. La comparaison des caractéristiques des cernes de ces moyennes montre une plus grande diversité que pour les chênes, notamment en ce qui concerne la largeur moyenne des cernes et celle des cernes maximaux, qui passe du simple (0,79 à 1,46 mm) au double (1,56 à 3,4 mm).

Dans le tableau ci-dessus, nous pouvons remarquer que la longueur des chronologies n'est pas proportionnelle au nombre de bois qui composent ces moyennes (exemple : CH19 M20fx, 52 individus pour 68 ans, alors que CH19 M2fx compte 8 individus pour une durée de 203 ans). Cette observation n'est pas valable pour les moyennes du chêne puisque CH19 M100qu et CH19 M106qu qui comportent plus de 80 bois, ont plus de 240 ans. En ce qui concerne les datations, on notera que 10 moyennes du frêne (CH19 M18fx, CH19 M1fx, CH19 M20fx, CH19 M3.2fx, CH19 M3fx, CH19 MM1fx, CH19 MM9fx, CH19 MM6fx, CH19 MM8fx, CH19 M16fx) sont antérieures à celles du chêne excepté trois moyennes : CH19 M2fx, CH19 MM3fx et CH19 M14fx. Quant au nombre de cambium, là encore, nous observons une différence notable entre les frênes et les chênes : parmi les 13 moyennes datées, 97 pieux possèdent leur cambium (soit 54%). Dans ces 13 moyennes, 4 n'ont pas de cambium sur le pieu qui signe la date la plus récente.

En plus des 178 bois qui composent ces chronologies, 33 individus ont été datés de manière individuelle :

<i>nom</i>	<i>âge</i>	<i>datation</i>	<i>aubier</i> <i>o = oui</i> <i>n = non</i>	<i>cambium</i> <i>o = oui</i> <i>n = non</i>
p 990	58 ans	3134/3077	o	o
p 809	53 ans	3080/3028	n	o
p 866	57 ans	3072/3016	n	o
p 821	71 ans	3112/3042	n	o
p incl	178 ans	3158/2981	n	o
p 1087	82 ans	3092/3001	n	o
p 1057	185 ans	3163/2979	n	o
p 791	76 ans	3102/3027	o	o
p 1046	45 ans	3112/3068	o	n
p 1011	39 ans	3041/3003	o	n
BH/BP116	38 ans	3047/3010	o	o
p 996	61 ans	3069/3009	o	o
p 1014	64 ans	3100/3037	o	n
p 1053	36 ans	3055/3020	o	n
p 983	51 ans	3095/3045	o	n
p 1798	160 ans	3149/2990	o	o
p 1759	54 ans	3040/2987	o	n
p 1818	145 ans	3150/3006	o	n
p 1410	53 ans	3077/3025	o	n
p 1560	40 ans	3071/3032	n	n
p 1511	62 ans	3076/3015	o	n
p 1556	36 ans	3125/3090	o	o
p 744	45 ans	3123/3079	n	n
p 835	71 ans	3074/3004	n	n
p 1558	38 ans	3055/3018	o	o
p 1590	44 ans	3060/3017	o	o
p 1540	40 ans	3130/3091	n	n
p 1346	60 ans	3099/3040	o	n
p 1353	46 ans	3128/3083	o	n
p 893	67 ans	3077/3011	n	o
p 763	36 ans	3101/3066	n	n
p 1301	62 ans	3157/3096	o	o
p 1304	46 ans	3059/3014	n	o

Tableau 10. Frênes datés de manière individuelle

D'après le tableau ci-dessus, ces bois peuvent être répartis en 3 groupes, selon leur âge :

- entre 30 et 50 ans (39%),
- entre 50 et 82 ans (48%),
- plus de 140 ans (12%).

Les bois âgés sont très peu nombreux : seuls 4 individus ont plus de 140 ans. L'âge et l'insertion chronologique des 33 pieux datés individuellement ne sont pas en contradiction avec

Chapitre 2. Chalain 19 : un site de référence

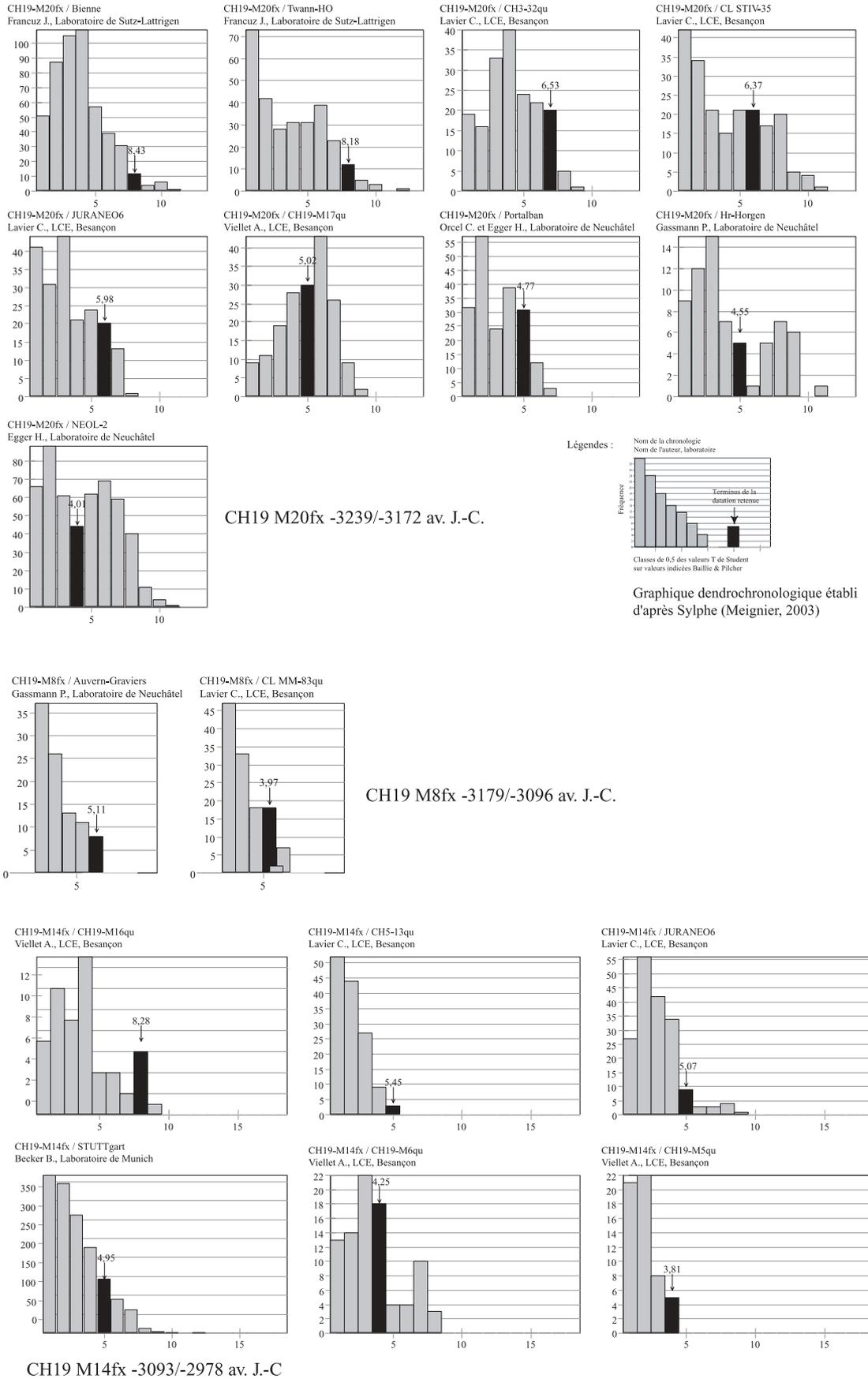


Figure 50. Histogrammes des moyennes CH19 M20fx, CH19 M8fx et CH19 M14fx

les bois composant les 13 moyennes du frêne de CH 19. C'est sans doute des conditions de croissance différentes qui nous ont empêchés de les corrélés à ces moyennes.

Les cambiums sont présents dans 50% des cas, pour les 33 pieux datés individuellement comme pour les 114 bois non datés et les 178 bois synchronisés et datés. Rappelons que pour les chênes, seuls 10% des bois datés ont conservé leur cambium. Cette différence pourrait s'expliquer par le grand nombre de chênes refendus. Cette action anthropique provoque une fragilisation du bois et une dégradation des derniers cernes qui ne sont plus protégés par l'écorce désolidarisée du bois. Nous avons très souvent observé, lors des prélèvements, que le sédiment crayeux s'était immiscé entre l'écorce et l'aubier (Fig. 51), abrasant les derniers cernes de croissance.

Au contraire, pour les frênes, majoritairement circulaires qui ont moins subi l'action anthropique, l'écorce a protégé le bois plus longtemps des effets de l'abrasion.

Au sujet des bois horizontaux, il s'agit principalement de planches plus ou moins épaisses. Leur refente est soit tangentielle, soit radiale. Il paraît alors évident que les planches radiales possèdent un nombre de cernes supérieur à celui des planches à débitage tangential et ont été les plus intéressantes pour l'approche dendrochronologique.

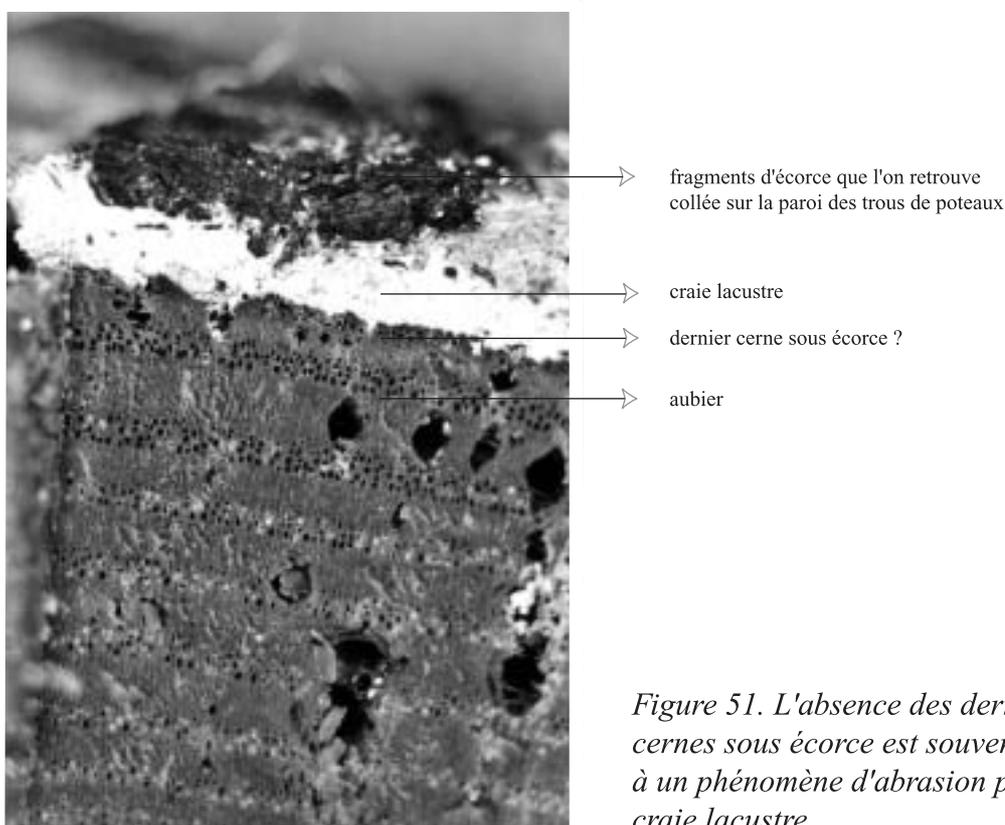


Figure 51. L'absence des derniers cernes sous écorce est souvent due à un phénomène d'abrasion par la craie lacustre

Photographie, C. Lavier, 2001

## ***2. 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'interprétation du site de CH19 est liée à la présence des trois couches d'occupation, O, K et H (cf. Fig. 12, chapitre 1). Les pieux traversent ces niveaux et peu de bois horizontaux ont été datés. L'objectif est maintenant de retracer, le plus précisément possible, l'histoire du village et de son organisation architecturale, par le biais de l'étude dendrochronologique. L'un des objectifs prioritaires de notre étude a été de privilégier la problématique des aubiers, souvent incomplets ou inexistants, mais indispensables pour réduire la marge d'incertitude des datations. Cependant, pour déterminer le plus précisément possible les différentes phases d'abattage, nous avons dû réaliser une estimation moyenne du nombre de cernes d'aubier.

### *2.1. La question de l'estimation de l'aubier du chêne*

La possibilité de définir les différentes occupations et d'identifier convenablement les structures dépend en grande partie de la conservation de l'aubier et du cambium afin d'obtenir une datation absolue. Or, précédemment, nous avons mentionné que cette partie anatomique périphérique du bois était conservée de façon très variable. Le nombre de derniers cernes sous écorce étant faible proportionnellement au nombre de bois analysés sur le site de CH19, il apparaît nécessaire de réaliser notre propre estimation de l'aubier.

Il n'est pas question ici de contester les différents calculs et méthodes qui ont été mis en place par plusieurs chercheurs (Eckstein, Lambert, Milsom, Hillam, Morgan, Tyers pour ne citer que ceux-ci). Cependant, les différents essais réalisés, (Gassmann 1984 ; Lambert 1998 ; Lambert, Lavier, Perrier, Vincenot 1988), ne donnent pas de résultats satisfaisants en ce qui concerne notre étude. Les raisons sont diverses : pour les chênes provenant des sites helvétiques, une excellente conservation des cambiums a permis aux dendrochronologues de Neuchâtel de mettre au point une méthode basée sur la régularité de la croissance des bois en ajoutant le nombre de cernes des deux derniers centimètres mesurés en estimation maximale. L'estimation réalisée au laboratoire de Besançon, pose problème par rapport aux bois

néolithiques : l'estimation d'aubier a été calculée à partir de bois actuels prélevés dans la forêt de Chaux et comprenant un nombre de cernes d'aubier qui ne semble pas pouvoir être comparé au nombre de cernes d'aubier des forêts néolithiques.

Pour que notre estimation soit valide, elle doit être effectuée site par site, en raison de la variabilité du nombre de bois prélevés dans chaque village fouillé. En ce qui concerne le site de CH19, seuls 23 individus en chêne datés possèdent encore leur dernier cerne sous écorce, et 7 chênes ne sont pas datés (6 d'entre eux sont des bois jeunes de moins de 50 ans avec aubier complet conservé).

Le nombre moyen de cernes d'aubier est estimé à 16 par individu. Pourtant un pieu dont l'aubier est beaucoup plus important fausse ce résultat. C'est pourquoi nous avons décidé d'écarter de notre calcul le bois qui possède le plus petit nombre de cernes d'aubier comme celui qui en possède le plus grand nombre. Avec cette nouvelle opération, on abaisse le nombre de cernes d'aubier complet à 15.

Cette estimation n'est cependant pas complètement satisfaisante. Il est en effet essentiel de tenir compte de l'âge des bois étudiés. Une nouvelle estimation par classes d'âge de 50 années montre les résultats suivants :

- les bois (9) de moins de 50 ans ont une moyenne de 8 cernes d'aubier,
- les bois (4) de 50 à 100 ans ont une moyenne de 10 cernes d'aubier,
- les bois (17) de 100 à 150 ans ont une moyenne de 18 cernes d'aubier,
- les bois (5 puisque le bois dont l'aubier est disproportionné n'a pas été pris en compte) compris entre 150 et 200 ans ont une moyenne de 22 cernes d'aubier.

Il s'agit d'un nombre de bois trop faible pour que cette estimation soit satisfaisante. Nous avons vu précédemment que le nombre de bois avec aubier complet était faible. Cependant en mesurant les bois, nous avons souvent observé que le bois de cœur était quasiment complet, malgré l'absence d'aubier. C'est pourquoi, comme pour les blocs diagrammes, nous avons choisi de classer les bois par leur dernier cerne de duramen mesuré. C'est uniquement par ces observations et cette méthode spécifique de classement que les phases d'abattage ont été mises en évidence.

## *2.2. La question de l'estimation de l'aubier du frêne*

Lors du test effectué sur la structure isolée, il est apparu que le nombre de cernes d'aubier n'excédait pas sept. Une estimation de l'aubier des frênes est néanmoins effectuée afin d'obtenir de plus amples informations sur la corrélation entre l'âge des bois et le nombre de cernes sans thylle.

Plus d'une centaine de bois avec cambium ont été pris en compte. Les résultats montrent que les frênes de moins de 50 ans ont une moyenne de cernes d'aubier de 2,8 contre 3,5 pour les bois âgés de 50 à 100 ans. Le nombre d'individus de plus de 100 ans étant faible, la dernière classe regroupe les bois qui ont entre 100 et 200 ans : le nombre moyen de cernes d'aubier est alors de trois.

Alors que le nombre de cernes d'aubier des chênes semble augmenter avec l'âge de l'arbre, celui des frênes semble diminuer pour les arbres de plus de 100 ans.

Ces estimations d'aubier semblent pertinentes pour CH 19. Mais il semble nécessaire d'effectuer de nouvelles estimations pour chaque site. Nous aborderons cet aspect de notre étude dans le prochain chapitre.

## *2.3. Les différentes phases d'abattage*

675 pieux et bois horizontaux ont été mesurés (316 chênes et 211 frênes). Le faible nombre de chênes avec cambium n'a pas facilité la reconnaissance des différentes phases d'abattage. CH19 est un site archéologique difficile à interpréter en raison de la succession des occupations pendant près de deux siècles et demi.

C'est pour cette raison que nous avons décidé de dissocier la « phase d'abattage » comprenant un nombre de bois significatif (supérieur à 20) et la « coupe » correspondant à l'abattage de quelques bois, témoins d'une phase disparue ou appartenant à une réfection ou un agrandissement de structure (Fig. 52a et b, 53a et b, 54).

La coupe la plus ancienne comporte trois frênes ; elle est attestée dès 3200 av. J.-C. sur dernier cerne sous écorce. Cet épisode concerne un bois du secteur isolé, un autre au centre du village et un bois horizontal situé à proximité de la palissade (Fig. 52b).

Vers 3180 av. J.-C., sept frênes sont abattus et sont utilisés dans l'espace densément bâti et dans le secteur de la maison isolée (Fig. 52b).

La première phase d'abattage indiscutable est datée de 3174/3173 et 3172 av. J.-C., avec 49 pieux (dont 33 cambiums) et trois bois horizontaux (dont un 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 huit à la construction isolée (Fig. 52b).

3155/3154 av. J.-C. concerne trois frênes avec cambium situés sur le chemin (Fig. 52b).

Le bois suivant abattu, âgé de 98 ans, est daté de 3135 av. J.-C. sans aubier. L'estimation réalisée précédemment permet de dater ce bois vers 3131 av. J.-C. (Fig. 52a).

Pendant une vingtaine d'années, aucune réparation ni aménagement n'a eu lieu sur ce site. En 3129, 3113 et 3108 av. J.-C., trois pieux en frêne, sans cambium conservé, sont abattus (Fig. 52a).

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. 52a).

Après cette phase d'abattage conséquente, 21 frênes sont abattus entre 3090 et 3023 av. J.-C. et concernent les pieux du chemin et du village (Fig. 52a).

Une coupe de quatre frênes en 3069 av. J.-C. concerne les pieux du chemin. Un de ces deux frênes, d'un diamètre supérieur à 30 cm, a été refendu en cinq pieux, placés à proximité les uns des autres, et utilisés pour la construction du chemin. Les cernes de croissance de ce frêne sont très serrés, ce qui a rendu la mesure dendrochronologique délicate ; c'est pour cette raison que deux des pieux refendus, issus de ce fût, ont été associés lors de la synchronisation (p1800 et p1801). Âgé de 170 ans, cet arbre a poussé dans un milieu forestier à forte compétitivité pendant 130 ans ; on note ensuite une croissance plus importante avec des cernes plus larges pendant plus d'une vingtaine d'années avant un déclin rapide. Cette croissance pourrait être la conséquence d'un éclaircissement forestier à proximité de ce frêne (Fig. 52a).

En 3045 av. J.-C., trois frênes avec cambium sont abattus (Fig. 52a).

Une coupe de sept chênes sans aubier est visible en 3045 av. J.-C. soit un abattage possible vers 3030 av. J.-C. Elle pourrait faire partie de la phase d'abattage suivante (Fig. 53b).

La première moitié du 31<sup>e</sup> siècle est marquée par le début de l'exploitation des chênes. Les bois de cette troisième phase d'abattage sont maintenant, en majorité, des chênes refendus

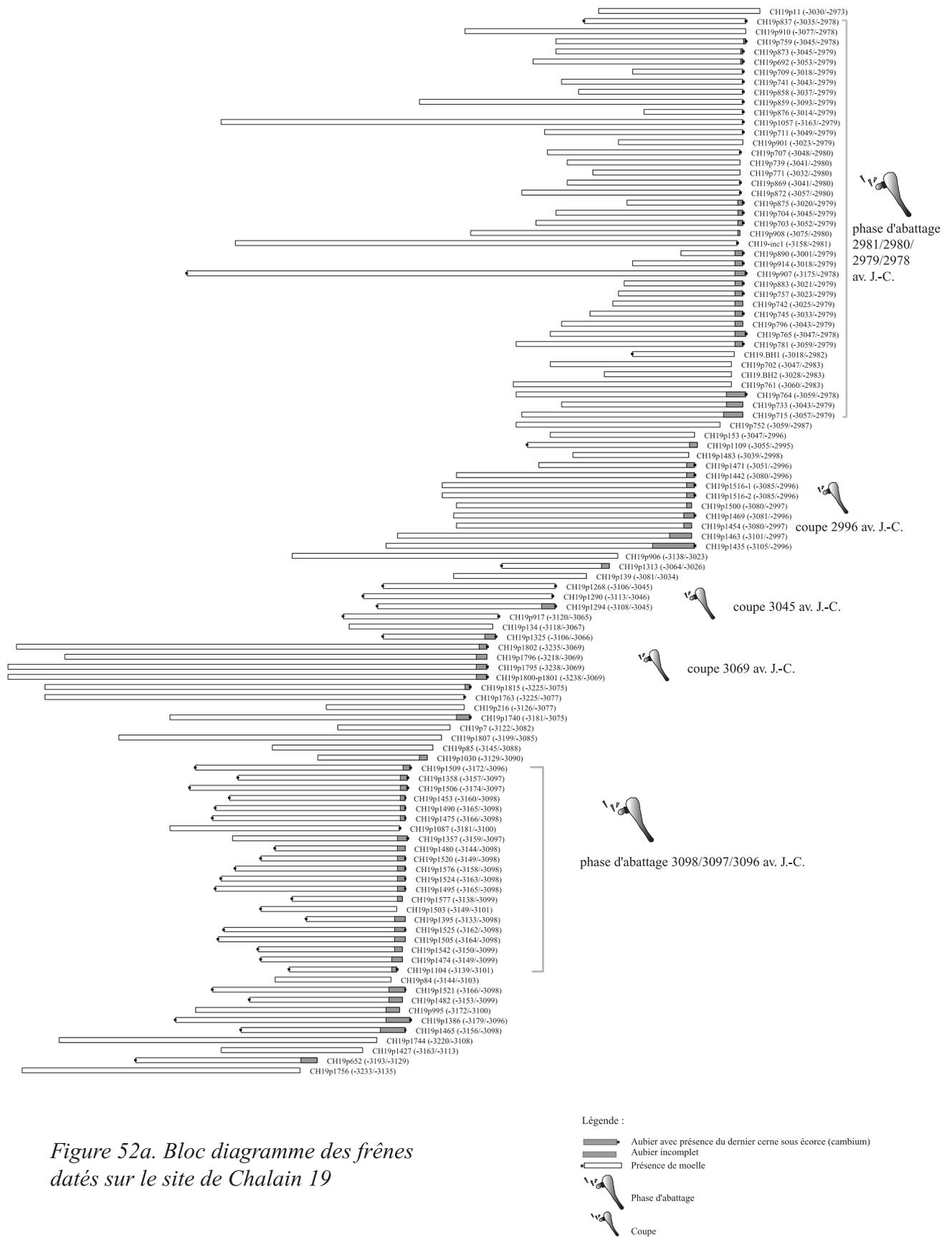


Figure 52a. Bloc diagramme des frênes datés sur le site de Chalain 19

## 2. Occupations humaines et interprétation des structures

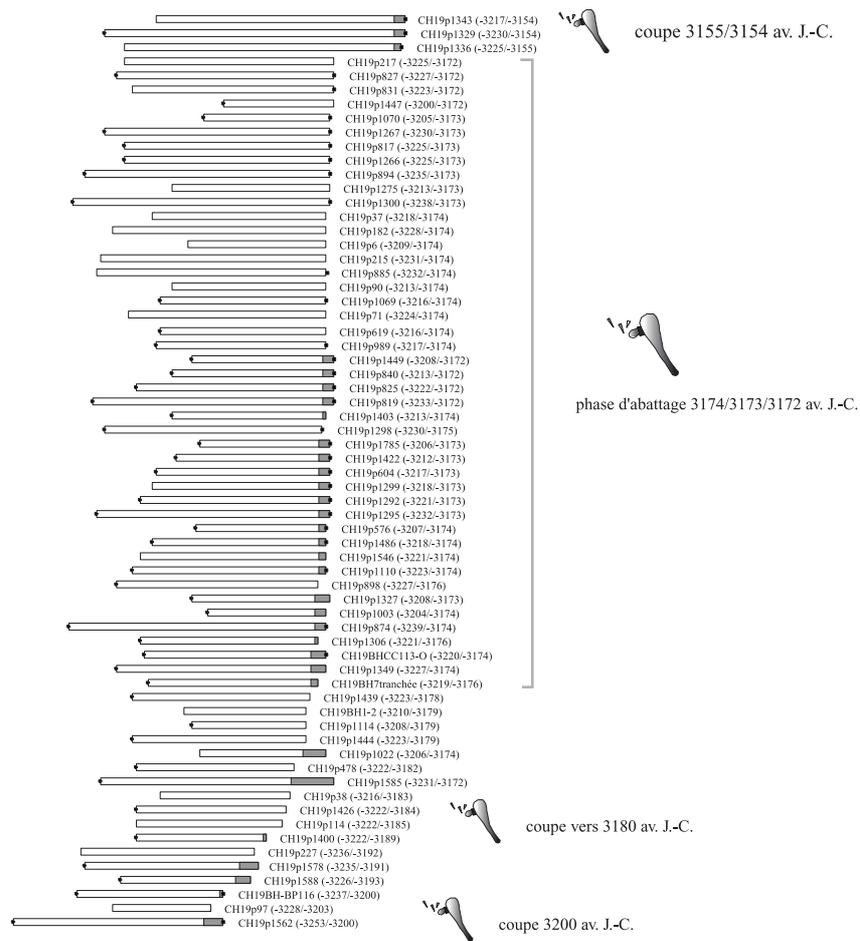


Figure 52b. Bloc diagramme des frènes datés sur le site de Chalain 19 (suite)

Légende :

- Aubier avec présence du dernier cerne sous écorce (cambium)
- Aubier incomplet
- Présence de moelle
- Phase d'abattage
- Coupe

datés en 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. 53b).

La quatrième phase d'abattage, datée entre 3010 et 3001 av. J.-C. est la plus remarquable avec 124 bois, dont sept avec cambium et 44 avec aubier incomplet. En examinant le bloc diagramme de cet épisode (Fig. 53a et 53b) 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 rattachent à la date de 3004 av. J.-C., soit une cinquantaine de bois abattus la même année. Cette phase, exclusivement composée de chênes refendus (sauf un circulaire), concerne toutes les structures du site de CH 19 :

- du côté de la palissade, les chênes sont concentrés de part et d'autre du chemin ; ce sont des pieux refendus de petit diamètre (20 cm environ) et disposés de manière très serrée, à l'exception de ceux qui marquent le départ du chemin ;
- au centre du village, quelques alignements sont visibles, sans possibilité de reconstituer une structure complète ;
- 15 pieux de cette phase sont répartis sur le chemin.

Cette phase permet surtout 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, avec neuf frênes abattus en 2996 av. J.-C. Contrairement aux phases d'abattage et aux coupes antérieures, les frênes sont, cette fois, majoritairement refendus. Leur localisation est très précise : huit d'entre eux sont localisés dans deux des quatre rangées de la construction isolée (Fig. 52a).

En 2990 av. J.-C., sept chênes sont abattus ; aucun bois ne possède de cambium (Fig. 53a).

Le frêne reste présent jusqu'en 2978 av. J.-C. avec la cinquième phase d'abattage comprenant 39 bois, dont 37 refendus et deux circulaires. Ces bois ont été abattus en 2981, 2980, 2979 et 2978 av. J.-C. À l'exception d'un pieu dans le village, les autres frênes font exclusivement partie de la palissade (Fig. 52a).

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 cinq possèdent leur dernier cerne sous écorce (Fig. 53a). On les retrouve sur l'ensemble du site et seuls six pieux de fort diamètre (jusqu'à 40 cm) appartiennent au secteur de la construction isolée.

Une dernière coupe de 11 chênes est datée de 2972 av. J.-C. La majorité de ces pieux est localisée dans le bas du village, côté lac (Fig. 53a).

## 2. Occupations humaines et interprétation des structures

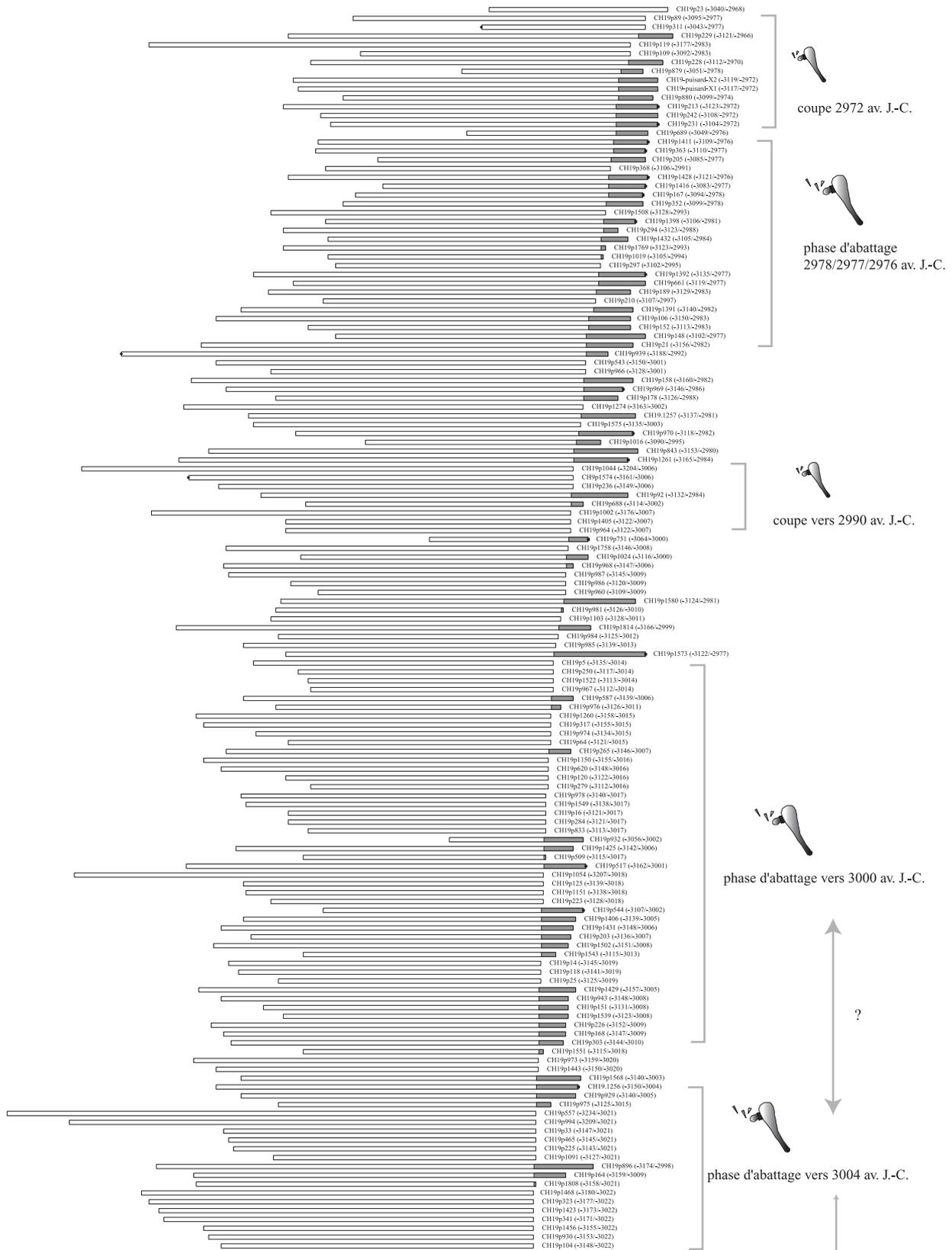


Figure 53a. Bloc diagramme des chênes datés sur le site de Chalain 19

- Légende :
-  Aubier avec présence du dernier cerne sous écorce (cambium)
  -  Aubier incomplet
  -  Présence de moelle
  -  Phase d'abattage
  -  Coupe

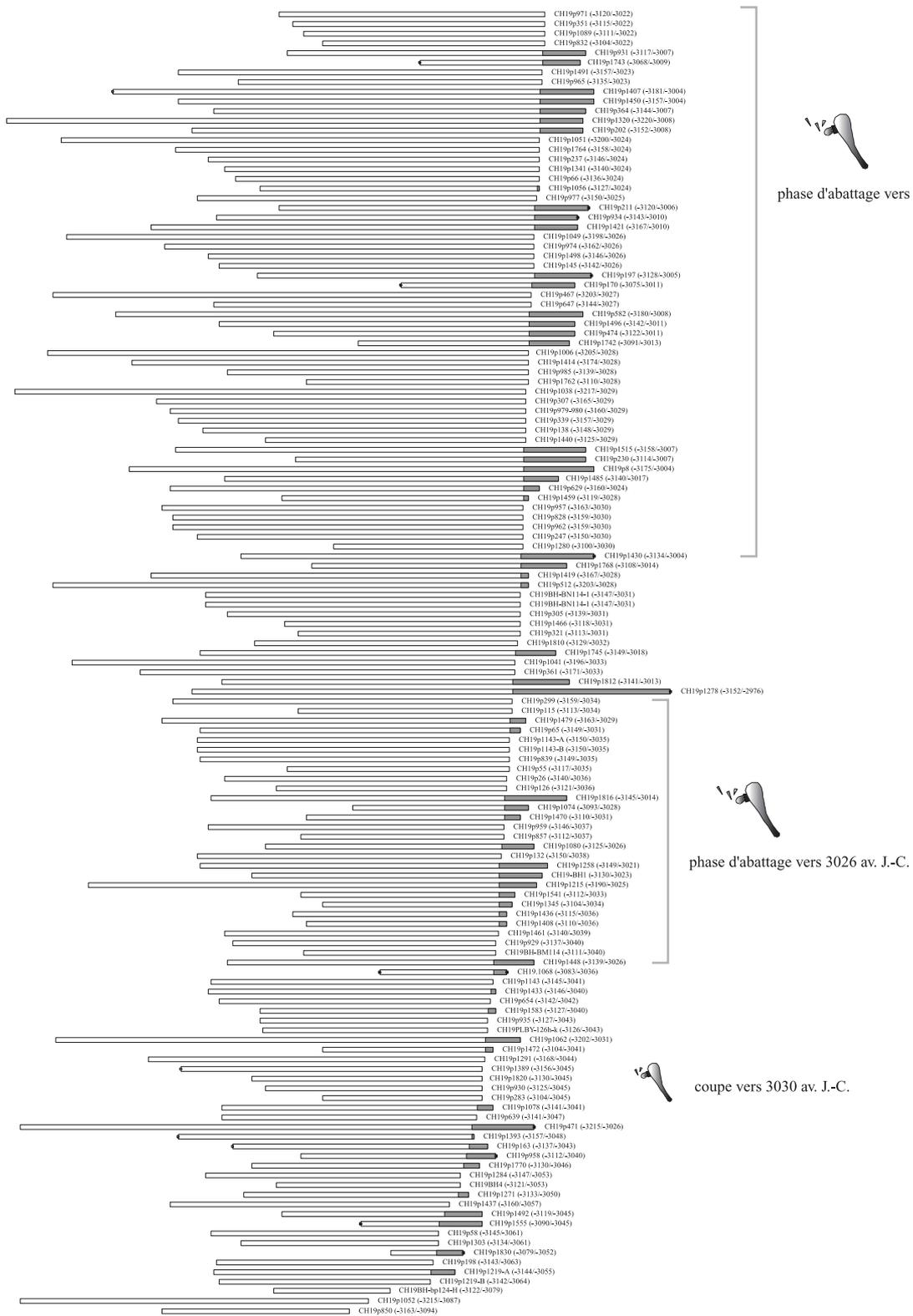


Figure 53b. Bloc diagramme des chênes datés sur le site de Chalain 19 (suite)

## 2. Occupations humaines et interprétation des structures

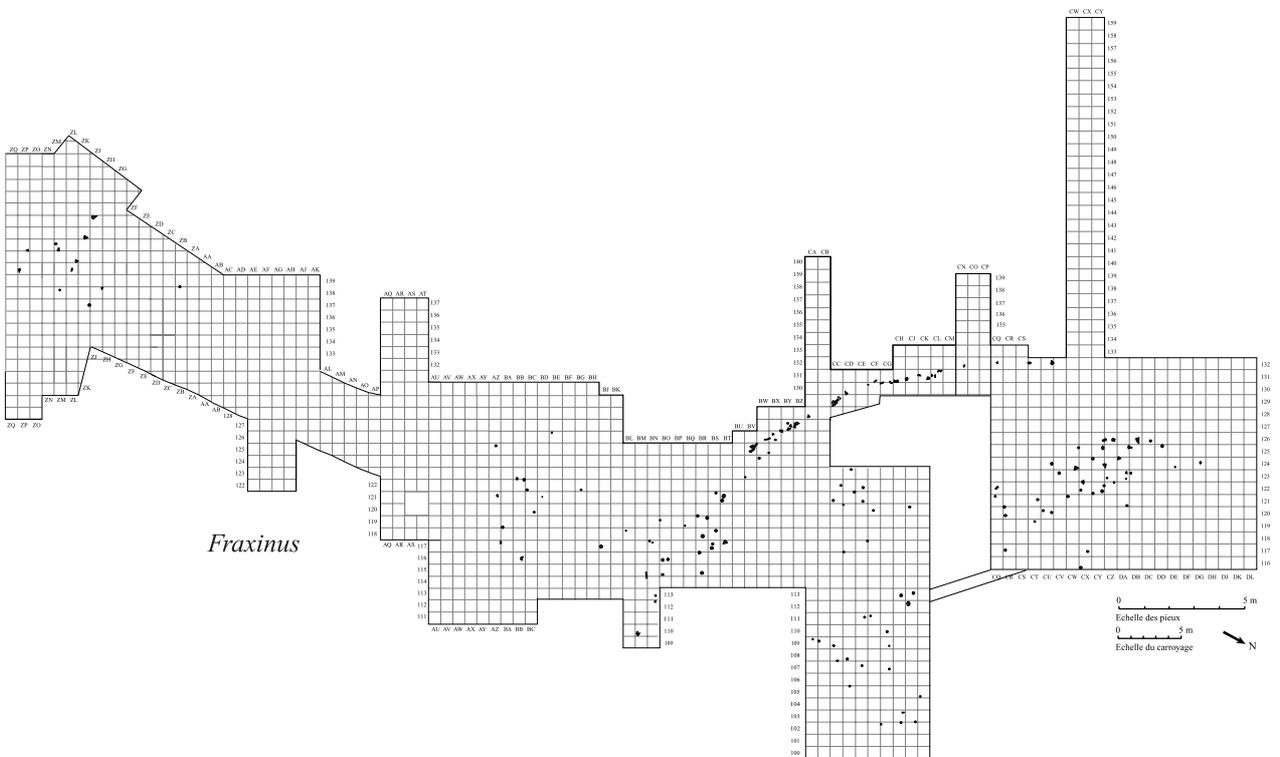
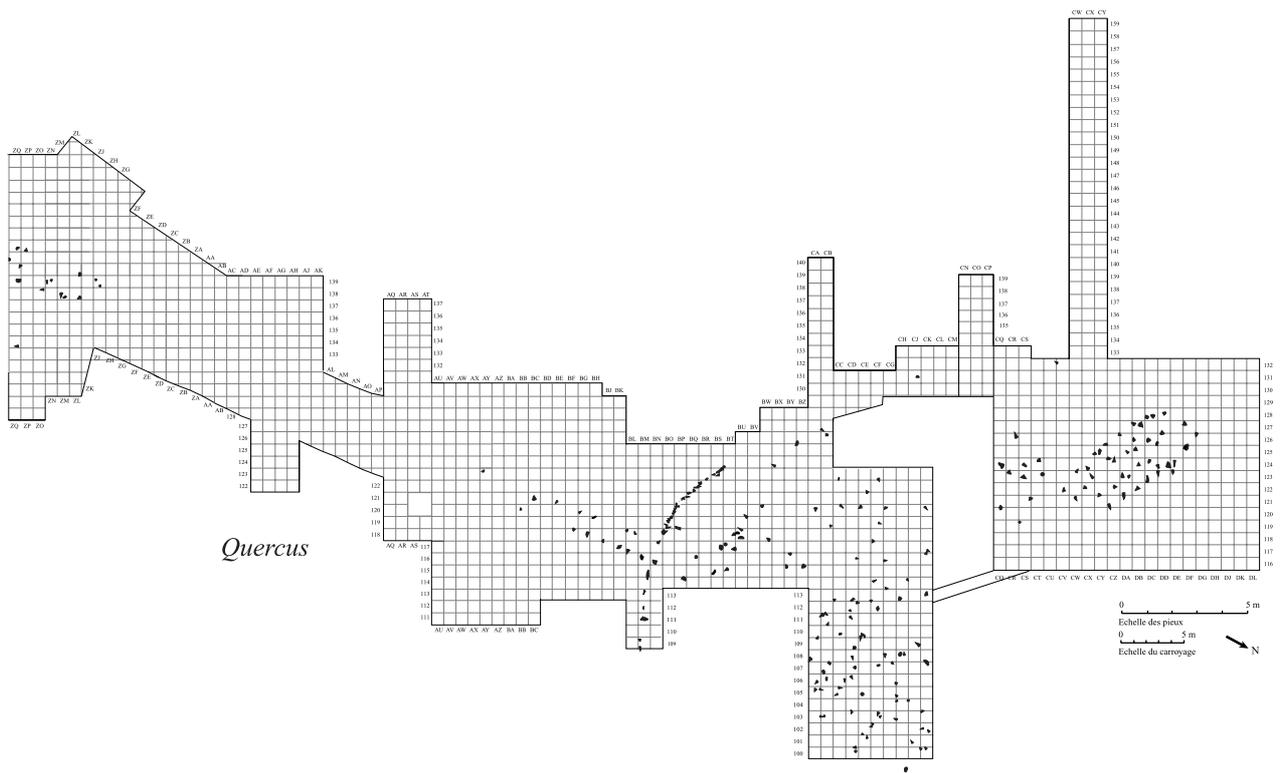


Figure 54. Répartition des chênes et des frênes datés

Deux pieux, localisés au centre du village, donnent les dernières datations : un pieu sans aubier en 2968 av. J.-C. et un avec aubier 2966 av. J.-C. Avec l'estimation du nombre de cernes d'aubier, la date ultime de construction ou de réparations sur le site se situerait aux environs de 2958 av. J.-C. (Fig. 53a).

Les six phases d'abattage et les coupes 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.

#### *2.4. Les occupations du site de CH19*

La mise en évidence des coupes et des phases d'abattage de CH 19 indique une succession de constructions pendant 238 années, soit près d'un quart de millénaire. Cependant, ces deux siècles et demi d'abattage de bois correspondant aux différentes phases d'abattage ne signifient pas pour autant que l'occupation du site a été continue.

Les phases d'abattage permettent de définir les différentes étapes de construction d'un village et le début de l'occupation des structures. C'est donc en fonction des phases reconnues en dendrochronologie que nous allons tenter d'évaluer les différents épisodes d'occupation du site.

La phase d'abattage la plus ancienne, témoignage de la première occupation du site remonte au 32<sup>e</sup> siècle (3174/3173/3172 av. J.-C.). Cette première occupation post 3172 av. J.-C. est matérialisée par les vestiges d'un premier tracé de palissade qui ceinture une partie du village, ainsi que les vestiges d'un chemin de planches. La répartition des pieux prouve également que tout l'espace interne, village et secteur isolé, étaient occupés dès cette première phase d'abattage. Toutefois, même si de rares alignements apparaissent, il est impossible de dégager une structure cohérente. Il est également difficile d'estimer la durée d'occupation de ce premier village (Fig. 55a).

Une vingtaine d'années plus tard, trois pieux datés en 3154 av. J.-C. matérialisent une nouvelle activité humaine. Ces pieux de frêne avec cambium, localisés en dehors du village, forment un triangle (Fig. 55b). De petites structures identiques ont été reconnues par P. Gassmann à Neuchâtel. Il pourrait s'agir de châssis ou de cadres, utilisés pour le tannage des peaux, le séchage des viandes, des poissons ou de certains végétaux, etc.

Cette coupe de 3154 av. J.-C. pourrait signifier la fin de la première occupation de CH 19 (post 3172 à 3150 av. J.-C. env.) correspondant à la couche stratigraphique O, associée à la culture de Horgen. Cette culture est également présente sur le site de CH3 avec les niveaux VI et VIII. Les bois conservés, (pieux et bois horizontaux) appartenant à ce niveau O sont carbonisés en périphérie. Avec des artefacts remarquablement conservés, ils matérialisent une couche d'incendie qui scelle la séquence anthropique Horgen sur ce site.

Plus d'un demi-siècle plus tard, en 3098/3097/3096 av. J.-C., un groupe de près de 30 pieux est abattu. Il s'agit toujours de frênes majoritairement circulaires. Ils sont implantés essentiellement dans le secteur isolé. Cependant le nombre de bois reste insuffisant pour identifier une structure. Cette installation n'est pas attribuée au plan culturel (Fig. 55c).

Les trois coupes suivantes ne nous apportent que peu d'information quant à l'occupation du site (Fig. 56a,b et c), mis à part le fait qu'il ne semble pas avoir été abandonné.

Il faut ensuite attendre près de 70 ans pour qu'une nouvelle occupation du site se manifeste avec la phase d'abattage 3026 av. J.-C. À ce moment, nous observons un changement dans le choix de l'essence exploitée : le frêne, qui était jusqu'ici la seule essence utilisée, diminue pour être presque totalement remplacé par les chênes refendus.

Dans la structure villageoise, des alignements de pieux précisent pour la première fois l'orientation est-ouest des constructions. Sur le secteur isolé, la répartition des pieux permet de distinguer quelques alignements significatifs (Fig. 57a).

Vingt ans plus tard, avec la phase 3004 av. J.-C., il est possible de discerner plus clairement les structures d'un village avec 124 chênes. Le plan d'ensemble montre parfaitement la répartition des différentes constructions : le chemin de planches, qui s'étend sur plus de 140 mètres de longueur, la palissade, renforcée par des pieux en chêne de part et d'autre du départ du chemin, le village densément construit et enfin le secteur isolé avec son bâtiment à quatre rangées de poteaux. Même si ces différentes structures architecturales étaient suggérées par la dendrochronologie dès la première phase d'occupation, la répartition des différents vestiges ligneux confirme l'organisation interne de l'espace villageois (Fig. 57b). Lors de la fouille de la palissade et du chemin de planches nous avons remarqué des traces d'arrachement de pieux. Ces cônes d'arrachement témoignent d'un entretien constant et peut-être collectif de la palissade et du chemin, structures communes à tout le village (Pétrequin 1991).

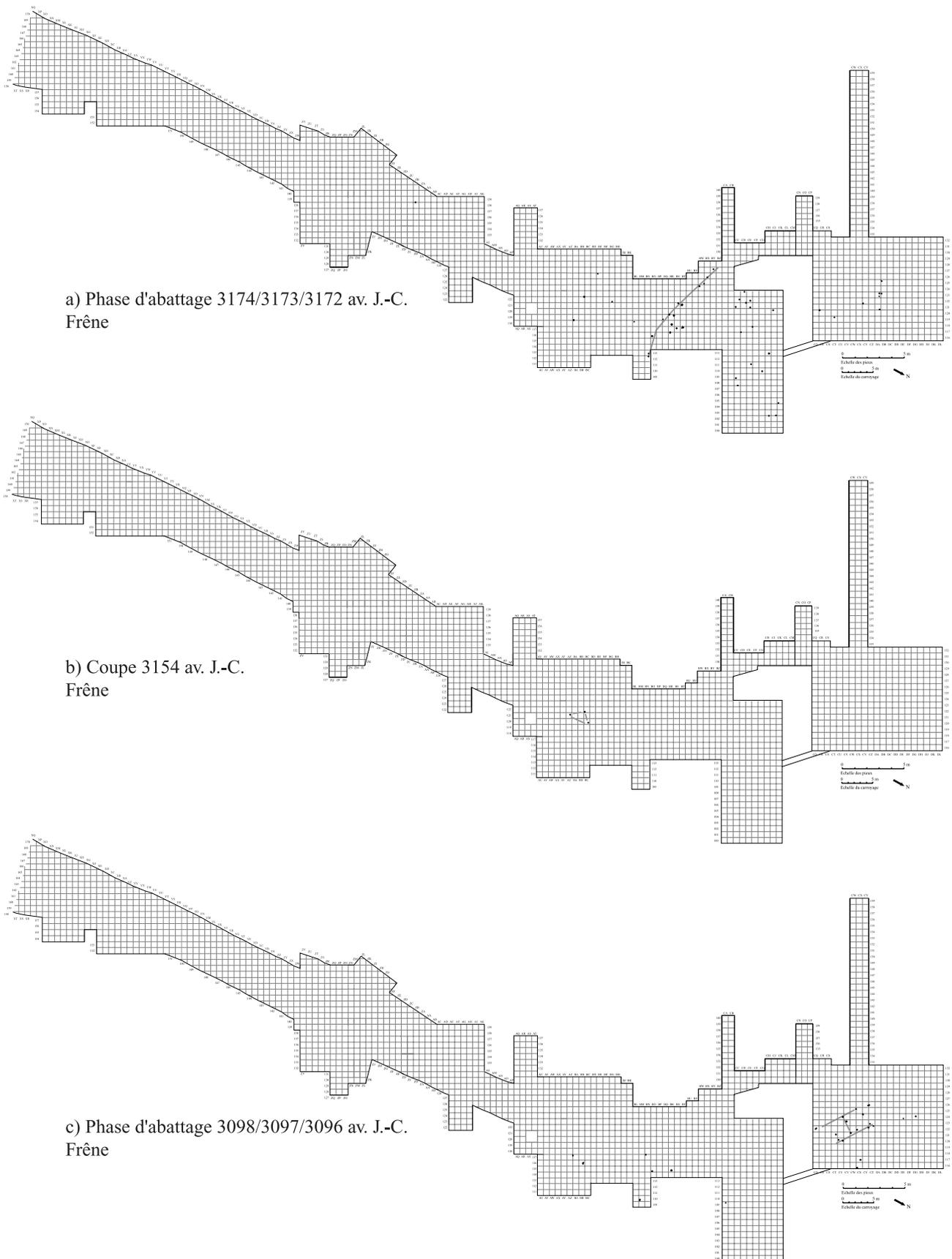


Figure 55. Répartition des frênes datés entre 3174 et 3096 av. J.-C.

## 2. Occupations humaines et interprétation des structures

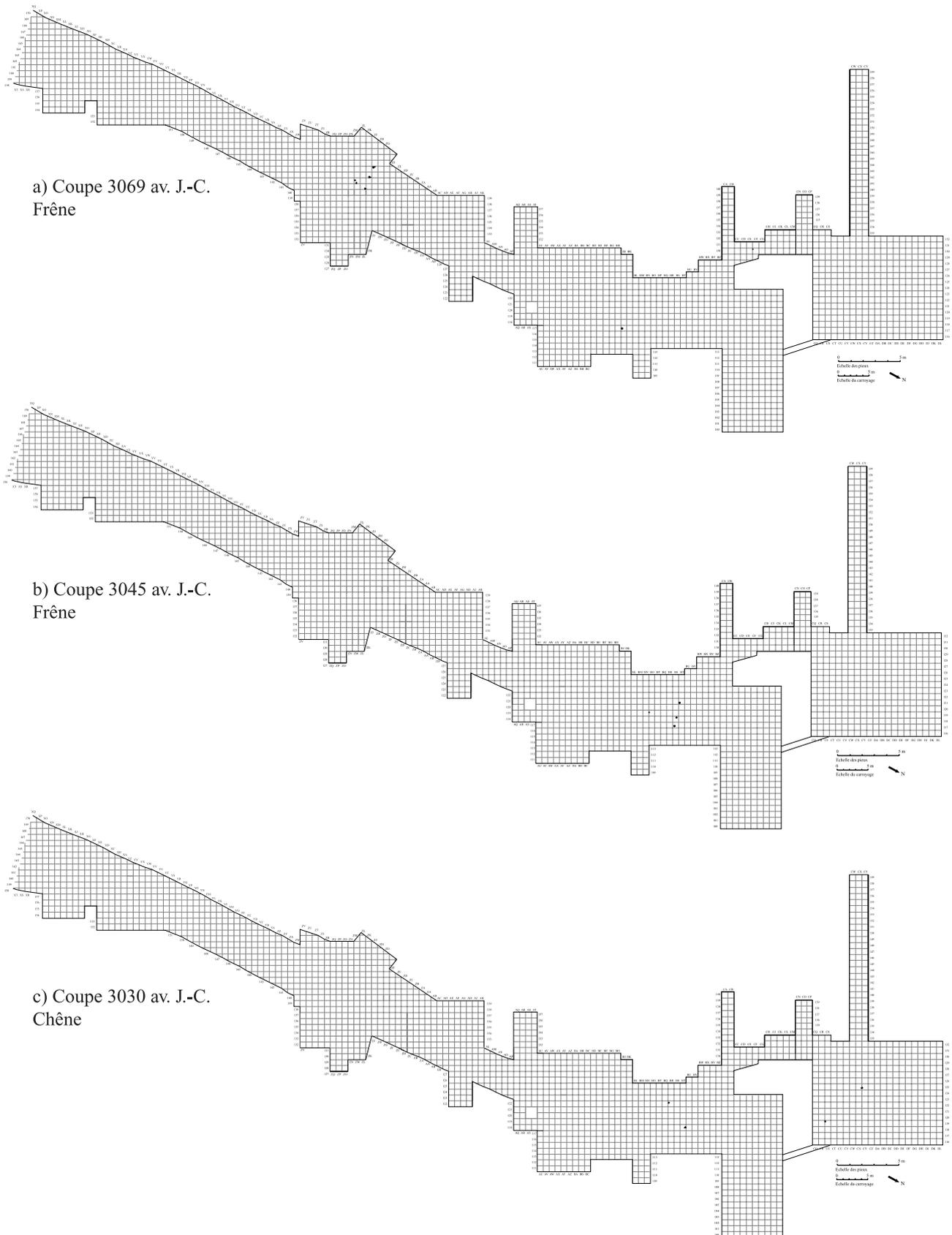


Figure 56. Répartition des chênes et des frênes datés entre 3069 et 3030 av. J.-C.

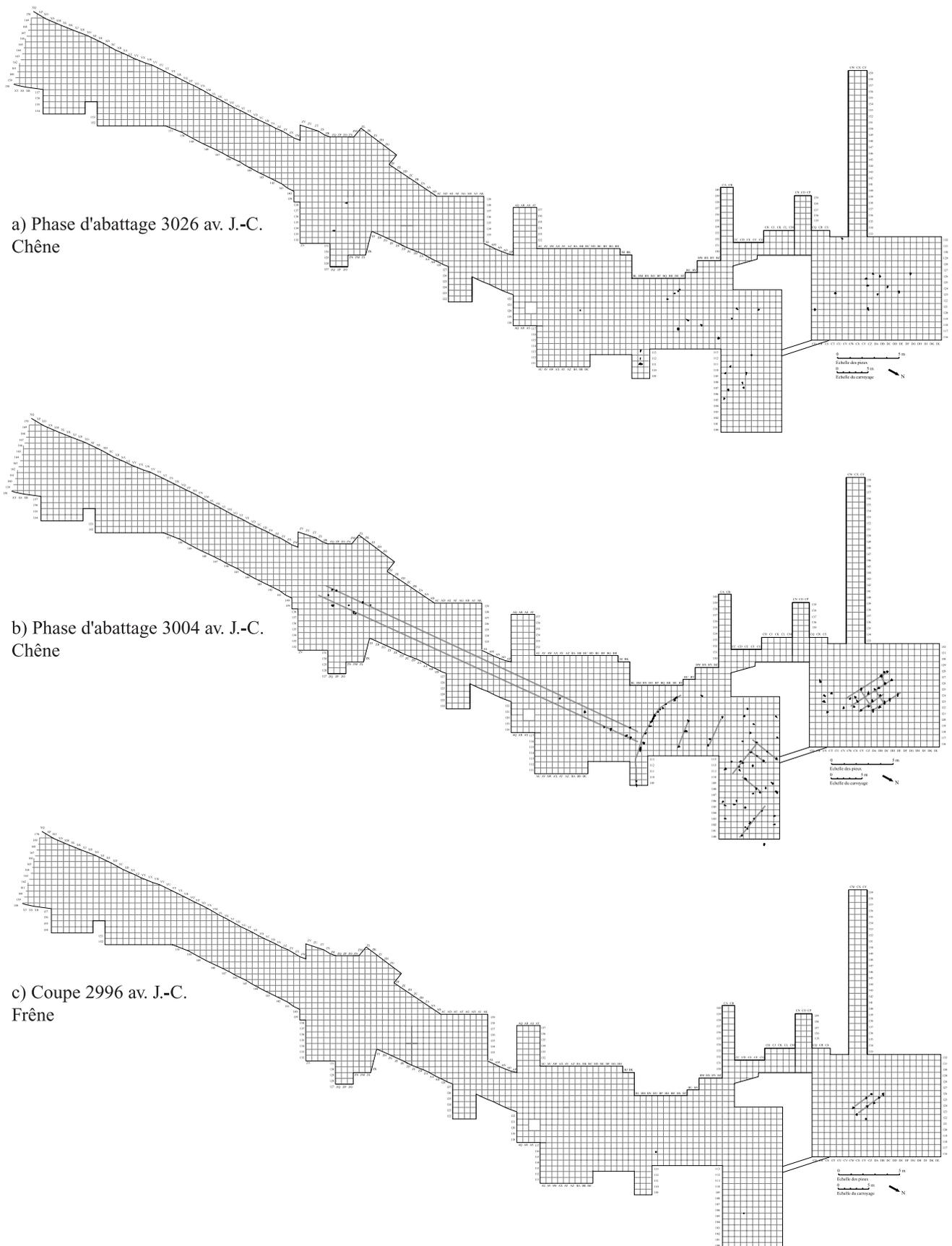


Figure 57. Répartition des chênes et des frênes datés entre 3026 et 2996 av. J.-C.

## 2. Occupations humaines et interprétation des structures

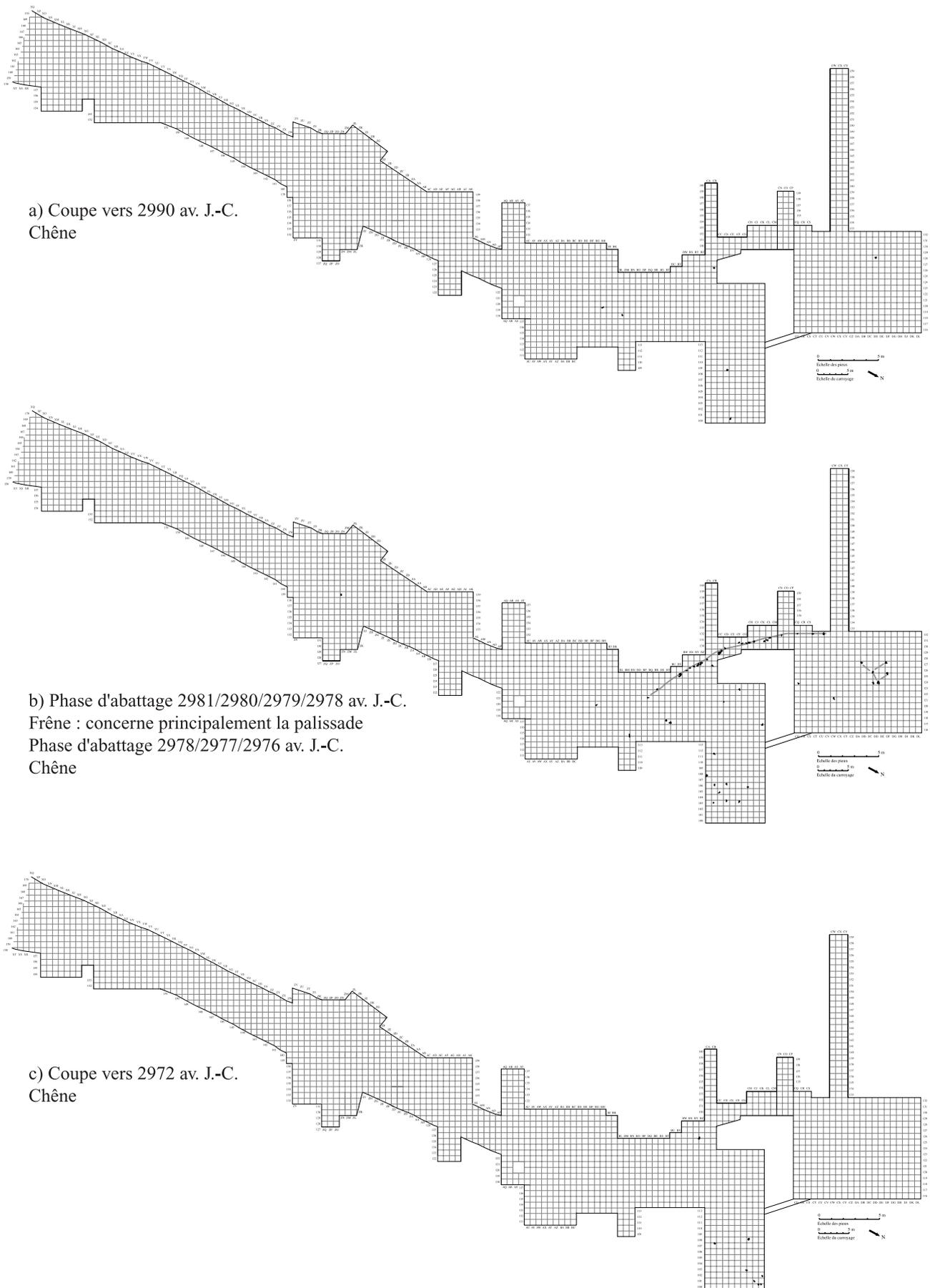


Figure 58. Répartition des chênes datés entre 2990 et 2972 av. J.-C.

Les coupes et phases d'abattage semblent concerner principalement des remaniements et des consolidations des structures (Fig. 57c et 58a, b et c).

La coupe de 2996 av. J.-C. relève sans doute aussi de travaux de consolidation, avec la mise en place de deux rangées de poteaux en frêne, pieux non plus circulaires, mais refendus, dans le bâtiment isolé (Fig. 57c). Ces poteaux viennent doubler les rangées de pieux en chêne côté tourbière.

La phase suivante 2981/2979/2978 av. J.-C. se caractérise également par des frênes majoritairement refendus. Ces pieux remplacent les anciens poteaux de la même essence dans la partie nord de la palissade. Nous avons ici la démonstration que les pieux en frêne de la palissade ont été arrachés régulièrement et remplacés par de nouveaux pieux. Au contraire, aucun indice ne prouve que les pieux constituant les segments de palissade en chêne ont été remplacés depuis 3026 et 3004 av. J.-C. Dans ce cas, il s'agirait d'un renforcement régulier avec ajout de poteaux, plutôt que de simples remplacements de pieux (Fig. 58b).

La dernière phase datée en 2978/2977/2976 av. J.-C. est composée de chênes refendus. Les pieux sont dispersés ; il pourrait s'agir de réparations (Fig. 58b). Dans le secteur isolé, les pieux semblent avoir été ajoutés à l'arrière du bâtiment (agrandissement, aménagement extérieur, etc.), comme le montrent les différentes observations réalisées sur les exemples ethnographiques relevées au Bénin par P. Pétrequin et A.M. Pétrequin (1984) .

Les 11 pieux les plus récents sont datés entre 2972 (cambium) et 2968 av. J.-C. (sans aubier). Après estimation de l'aubier du pieu 23, est obtenue une date proche de 2950 av. J.-C. (Fig. 58c).

La phase 3004 av. J.-C. correspondrait à l'abattage de fûts pour l'édification de la construction du dernier village établi sur CH 19. D'après ces éléments, nous estimons que la dernière occupation du site aurait duré près d'une cinquantaine d'années. Ceci reste une hypothèse en l'absence d'un nombre de pieux suffisant pour les 30 dernières années.

## 2.5. Les structures lisibles

La mise en place d'une différenciation entre coupes et phases d'abattage a permis de prendre en compte un nombre plus important de bois. C'est en cumulant tous les indices (traces d'arrachements de pieux par exemple) qu'il est possible d'avancer dans la lecture des différentes structures et d'avancer des hypothèses d'interprétations.

### 2.5.1. La palissade

Dès les premières phases d'abattage, la palissade est matérialisée par quelques pieux qui marquent déjà son tracé demi-circulaire définitif. Cet enclos de 75 mètres de longueur ceinture le village en suivant une dépression marécageuse inondable (Fig. 59).

Ces pieux, très rapprochés et de morphologie variable, 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.

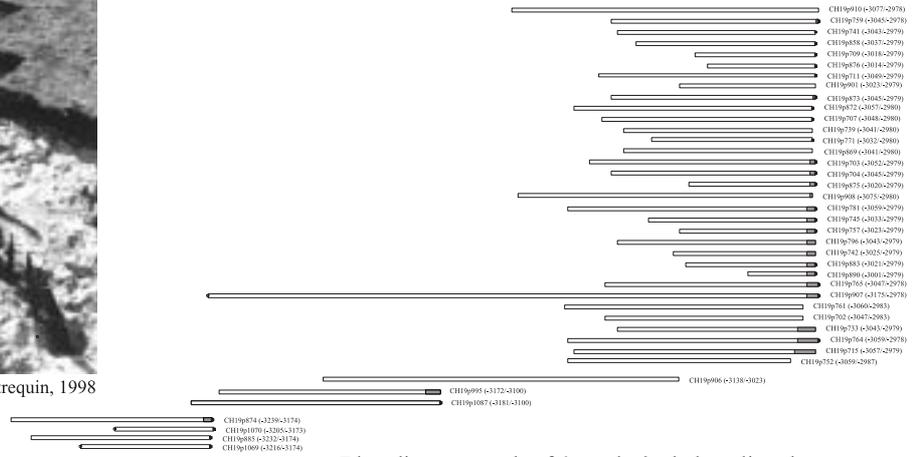
À l'approche du secteur isolé, les essences sont de plus en plus diversifiées. Une cinquantaine des bois de cette zone a été déterminée. Leur étude xylologique a été réalisée sous le contrôle de C. Bourquin Mignot (U.M.R. 6565). Outre le chêne et le frêne, six essences sont présentes : *Betula*, *Alnus*, *Salix*, *Fagus*, *Populus* et quelques rares pommoidés. Tout se passe comme si, dans ce secteur, on n'avait pas, contrairement au reste de la palissade, sélectionné les fûts utilisés, voire la qualité des essences exploitées. Mais ces pieux, non datés, n'ont pas permis d'identifier les différentes phases.

La bonne lisibilité en plan de la palissade pourrait suggérer une seule étape de construction et ce pendant un laps de temps relativement bref.

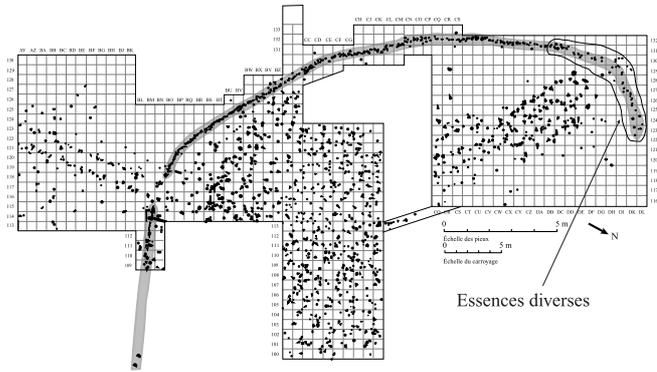
Mais la dendrochronologie démontre que cette palissade a subi des réfections et réaménagements successifs, pendant plus de deux siècles. L'interprétation de cette structure a été possible grâce un nombre de pieux suffisant et une bonne qualité des prélèvements.



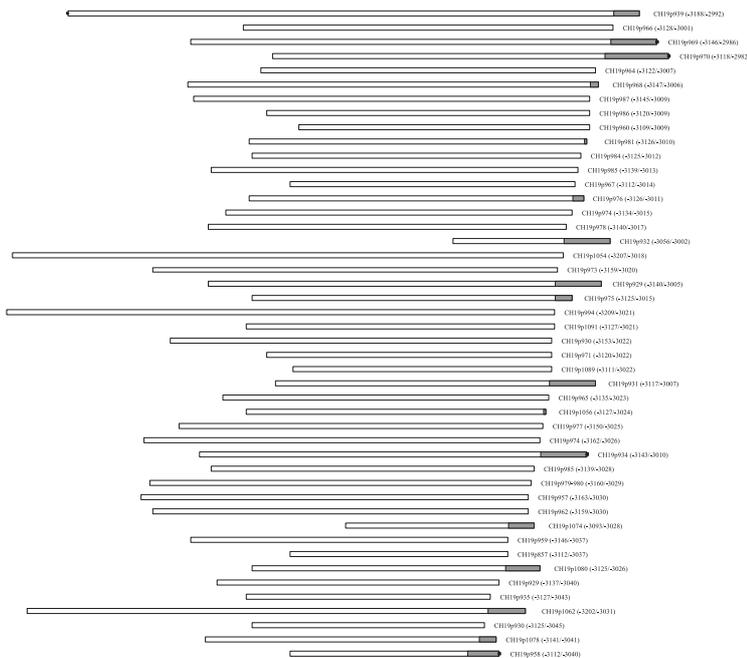
Photographie P. Pétrequin, 1998



Bloc diagramme des frênes datés de la palisade



Photographie P. Pétrequin, 1998



Bloc diagramme des chênes datés de la palisade



Photographie P. Pétrequin, 1998

Figure 59. Les chênes et les frênes datés de la palisade

### 2.5.2. Le chemin de planches

Le chemin néolithique de CH 19 et ses abords ont été décapés sur près de 1400 m<sup>2</sup> permettant d'en suivre le tracé sur 140 mètres de longueur, au-delà de la palissade en direction de la terre ferme. Nous distinguons deux tracés (Fig. 60) non superposés et parallèles qui se différencient par les essences de pieux utilisées : un tracé construit majoritairement en frêne et en bois blanc, avec un écart de 2 à 2,4 mètres entre les deux lignes de poteaux où dominent les bois circulaires ou demi-circulaires. Un deuxième tracé est caractérisé par des poteaux en chêne refendus et un écart entre les deux lignes de pieux de 2 à 2,20 mètres (Pétrequin, 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 dendrochronologique : 37 chênes et 20 frênes ont pu être datés, ce qui représente moins de 9% d'individus datés pour l'ensemble de ces chemins. 60% des chênes et 75% des frênes non datés de CH 19 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, occasionnant la détérioration du matériel ligneux.

Depuis le Néolithique, l'enfoncement de la plate-forme littorale s'est poursuivi sur plus d'un mètre d'épaisseur, et les poteaux se sont trouvés exposés à l'air et se sont altérés, rendant la datation presque impossible. 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<sup>e</sup> siècle av. J.-C.), seuls cinq individus (frênes circulaires) ont pu être datés. En plan, leur répartition forme d'abord une ligne coupée par une perpendiculaire (Fig. 61). 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 deux mètres environ. À chaque phase d'abattage, des pieux sont successivement implantés sur ces chemins, ce qui semble démontrer qu'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<sup>e</sup> siècle et au 30<sup>e</sup> siècle, un deuxième tracé du chemin utilise des pieux en chêne refendus, ce qui atteste



## 2. Occupations humaines et interprétation des structures

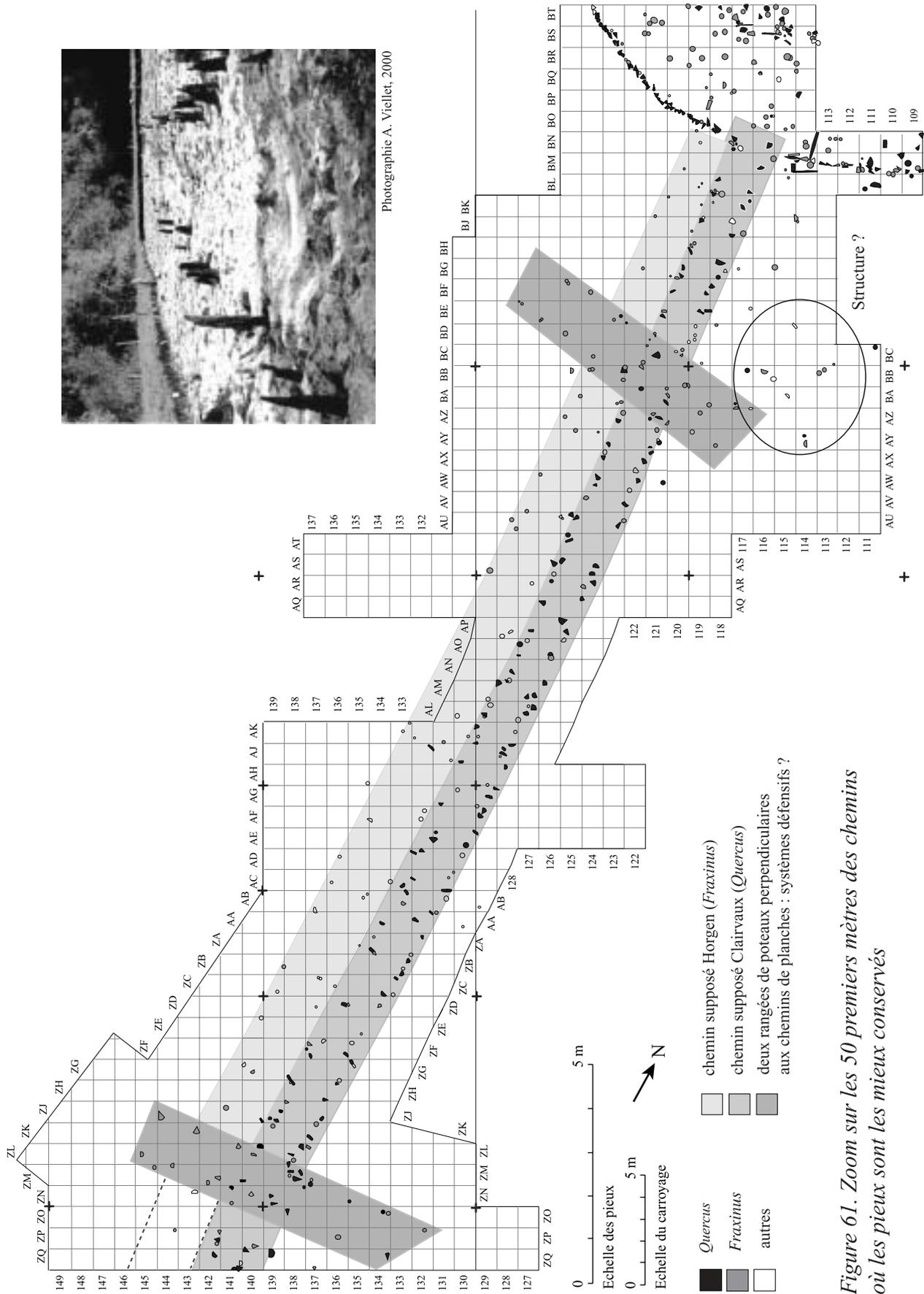


Figure 61. Zoom sur les 50 premiers mètres des chemins où les pieux sont les mieux conservés

d'une modification importante de l'approvisionnement en bois d'œuvre, changement déjà mis en évidence pour les bois d'architecture du village. Là encore, il convient 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. Lors de la fouille, une deuxième structure transversale est apparue (Fig. 61), perpendiculaire aux deux tracés du chemin. Sur le site de CH2 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 CH19, l'une à 12 mètres, l'autre à 53 mètres 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 entre les deux lignes de poteaux et longue d'une centaine de mètres ; le fond de cette dépression était tassé et compacté par les piétinements sur un sol humide (Pétrequin *et al.* 2002 ; Köninger *et al.* 2002) (Fig. 60).

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 (Pétrequin, Pétrequin, Viellet et Maréchal 2001, tomes 1 et 2) et une réfection régulière de celui-ci. 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 deuxième temps, et suite à la dégradation du tablier, les 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.

### *2.5.3. Les édifices potentiels*

Les maisons sont les structures les plus délicates à identifier en raison de la superposition des différentes occupations du site selon un plan identique. La première structure repérée en dendrochronologie est celle du secteur isolé (cf. chapitre 1) ; quelques années plus tard, une deuxième structure est reconnue dans le secteur du village densément bâti (Fig. 62). 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<sup>e</sup> et III<sup>e</sup> 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, Viellet et Illert 1999).

Certes, d'après les artefacts trouvés à proximité (cf. chapitre 1), le bâtiment isolé paraît posséder un statut à part. 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 de poteaux, mais bien sûr quatre rangées parallèles de poteaux de fondation. Mais la dendrochronologie ne permet 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.

Cette structure se trouve, contrairement au bâtiment isolé, dans l'orientation des alignements de poteaux visibles sur le plan des pieux (Fig. 62). Par son originalité architecturale, cette structure semble représentative des nouvelles influences culturelles qui émergent dès le 30<sup>e</sup> 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 limitant pour la lecture des habitats. La transcription des épisodes successifs de construction et de reconstruction des différentes structures sur un plan quasiment identique représentée par une forte densité de pieux rend difficile l'interprétation architecturale (Fig. 63).

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. La dendrochronologie à elle seule 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.

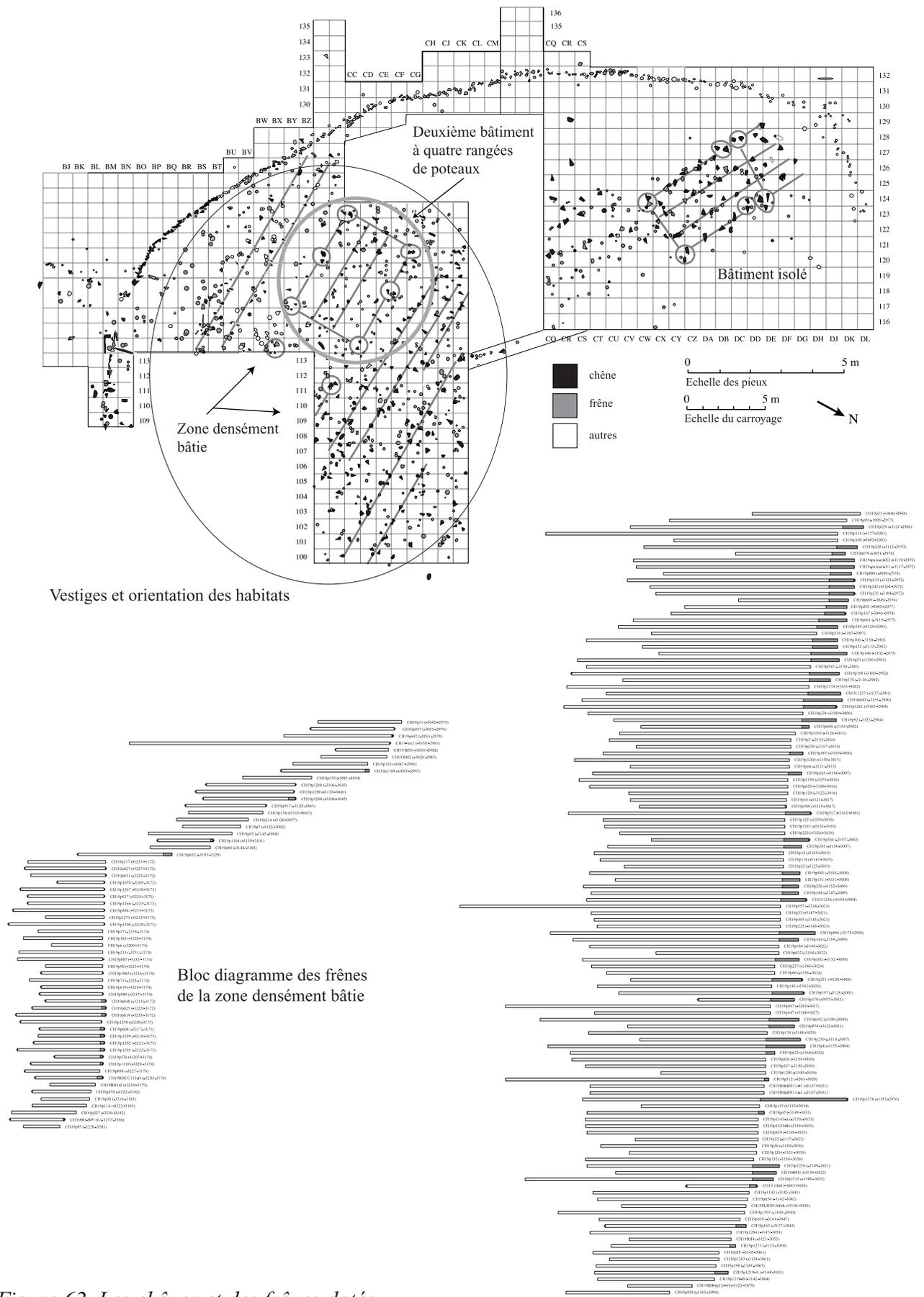


Figure 62. Les chênes et des frênes datés, localisés dans la zone densément bâtie du village

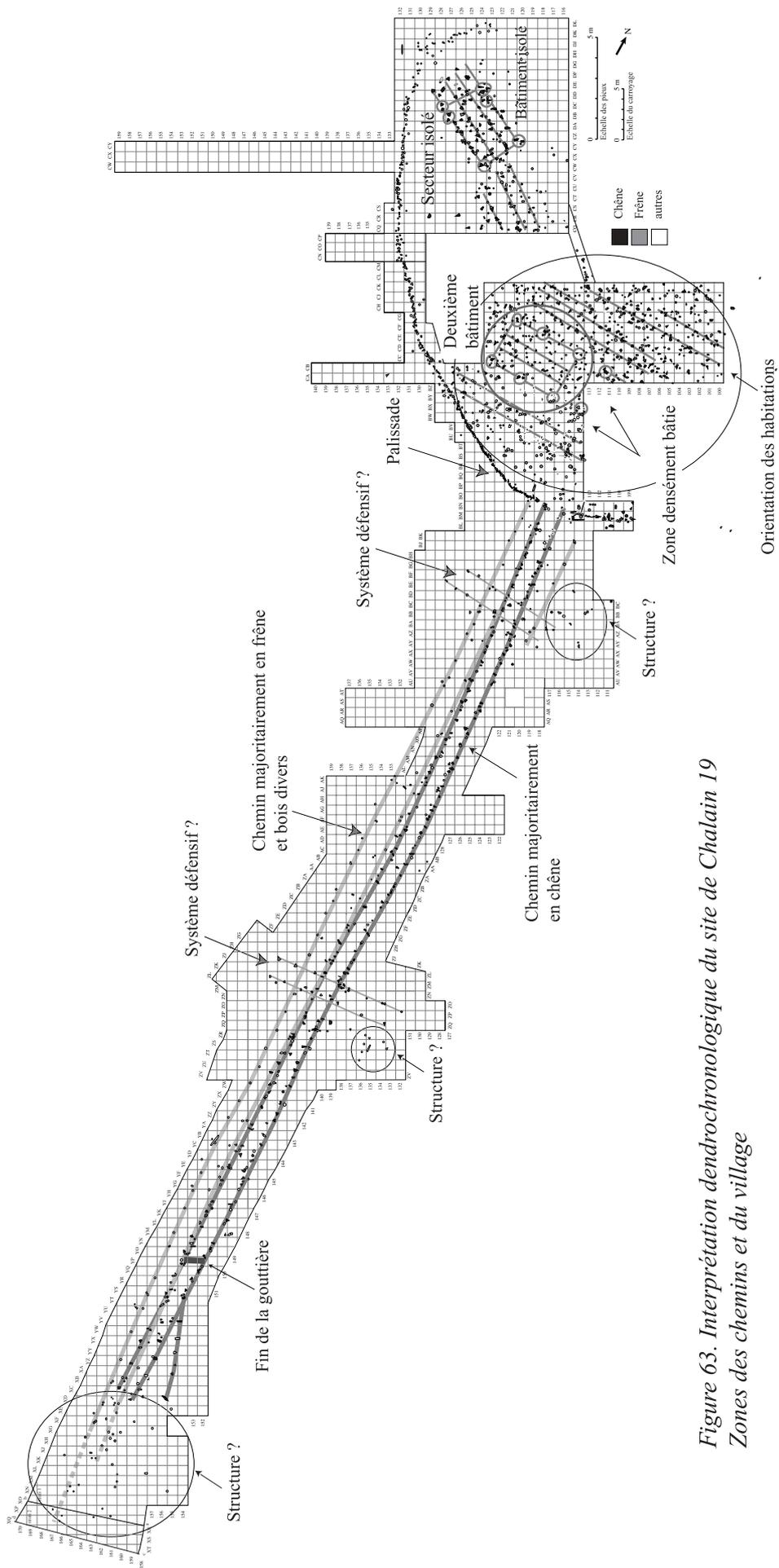


Figure 63. Interprétation dendrochronologique du site de Chalain 19  
Zones des chemins et du village

### 3. 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. Les premières tentatives d'analyses ont été réalisées sur les chênes datés en dendrochronologie.

#### 3.1. Analyse du chêne

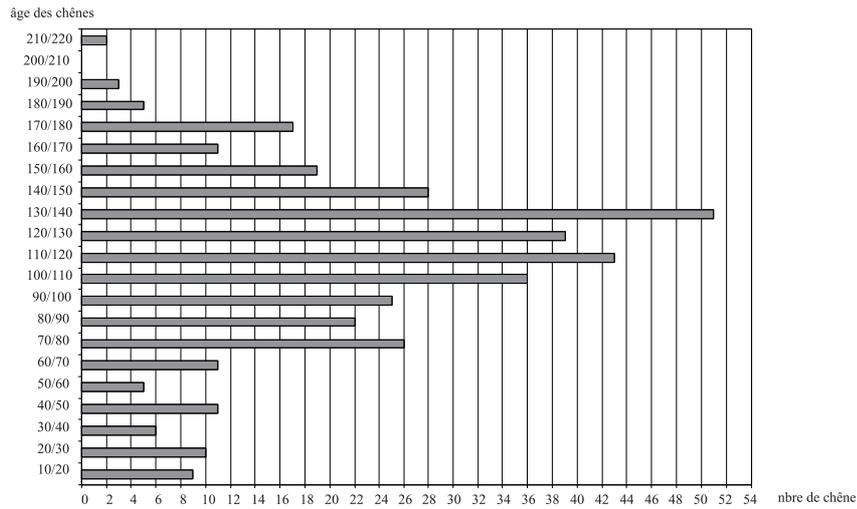
Nous nous sommes tout d'abord intéressée à la répartition des pieux selon leur nombre et leur âge, puis par tranche chronologique (Fig. 64a et b). On constate immédiatement que la majorité des chênes est âgée de 80 à 150 ans. La répartition chronologique de ces individus montre une corrélation entre 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.

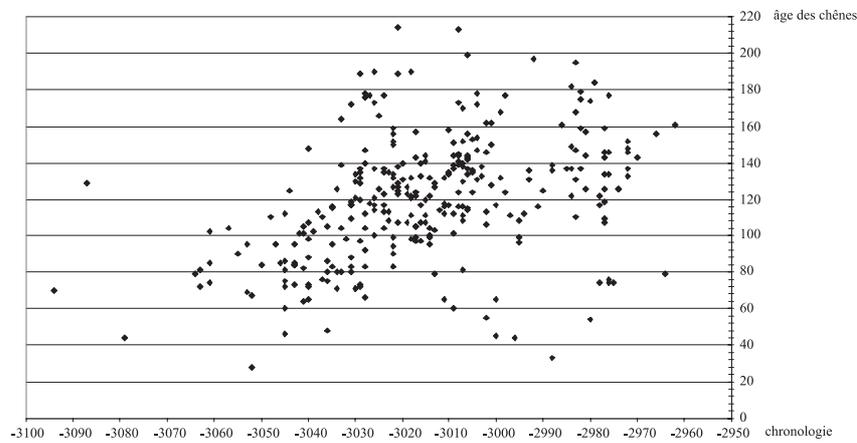
À partir de 3025 av. J.-C. jusqu'à 3000 av. J.-C., les nombreux chênes ont majoritairement entre 100 et 145 ans. Ce groupement est tout à fait cohérent puisque cette durée de 25 ans correspond aux phases d'abattage les plus importantes et à l'édification des structures du 31<sup>e</sup> siècle.

De 3000 à 2970 av. J.-C., nous sommes en présence d'un lot de bois de 100 à 180 ans avec une majorité d'entre eux 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.

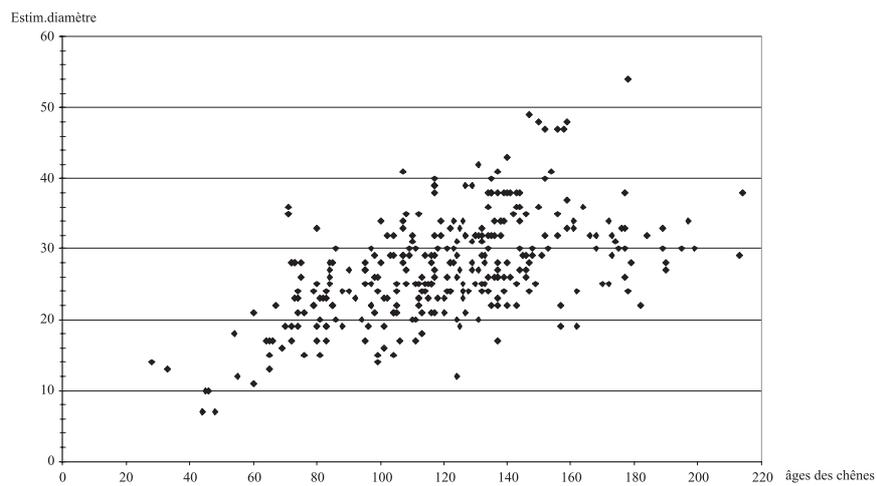
L'âge des bois est ensuite comparé à l'estimation de leur diamètre (Fig. 64c). Les diamètres sont en adéquation avec l'âge des bois. Cette constatation pourrait sembler banale, mais cela montre que la majorité des bois coupés se sont développés dans un contexte forestier stable, sans qu'il n'y ait d'indice apparent d'une ouverture de la forêt. En



a) Nbre chênes /classe de 10 ans



b) Chrono. chênes/âge



c) Diamètre/âge

Figure 64. Approche écologique des chênes de CH 19  
 a) Répartition du nombre de chênes par classe de 10 ans  
 b) Répartition chronologique des chênes selon leur âge  
 c) Corrélation entre le diamètre estimé des chênes et leur âge

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 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 à 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. 65a), puis un deuxième groupe de chênes compris entre 1,2 et 1,4 mm. 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, nous pouvons supposer une croissance en milieu plutôt fermé, et pour le deuxième 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. Le graphique (Fig. 65b) 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 Néolithiques à 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 fûts diffère ou non de celle des chênes.

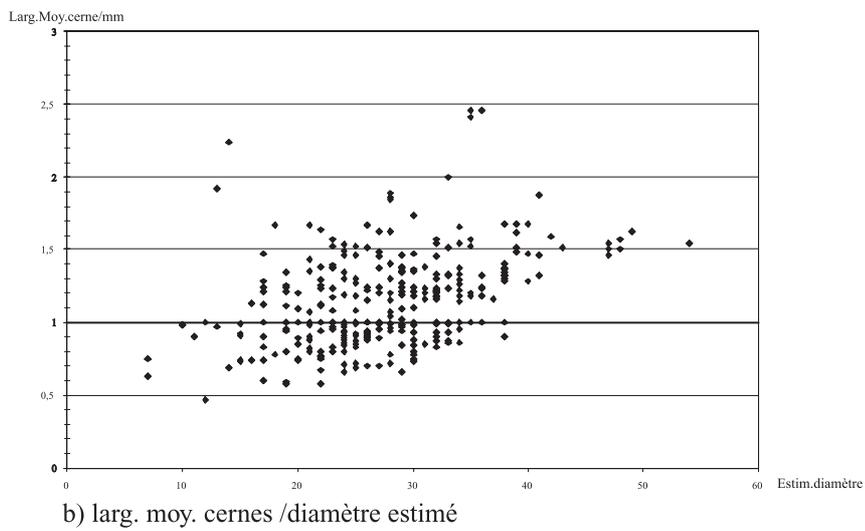
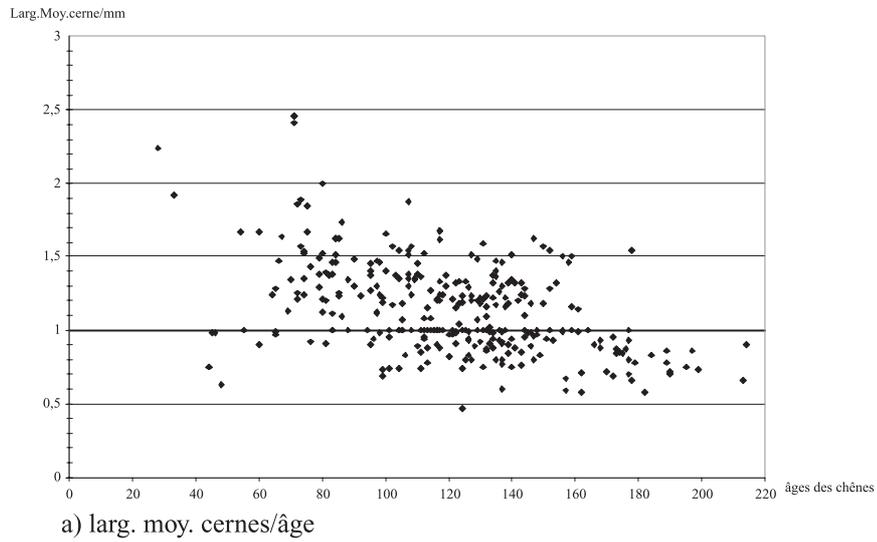
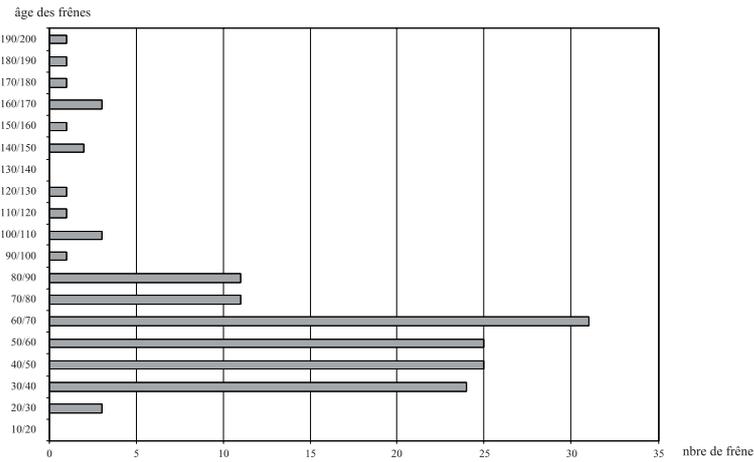
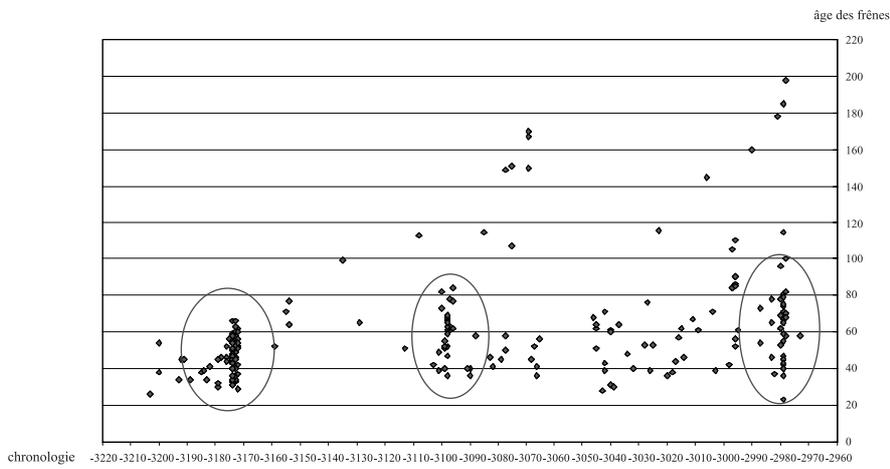


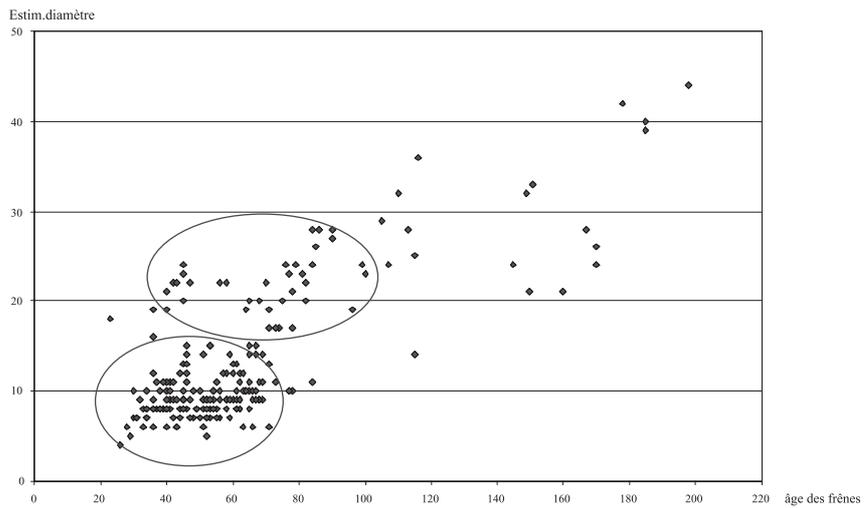
Figure 65. Approche écologique des chênes de CH 19  
a) Corrélation entre la largeur moyenne des cernes et l'âge des chênes  
b) Corrélation entre la largeur moyenne des cernes par chêne et leur diamètre estimé



a) Nbre frênes /classe de 10 ans



b) Chrono. frênes/âge



c) Diamètre/âge

Figure 66. Approche écologique des frênes de CH 19  
 a) Répartition du nombre de frênes par classe de 10 ans  
 b) Répartition chronologique des frênes selon leur âge  
 c) Corrélation entre le diamètre estimé des frênes et leur âge

### 3.2. *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. 66a et b) puisque la majorité des frênes a entre 30 et 80 ans. Toutefois nous remarquons une augmentation de l'âge des pieux dès l'approche du 31<sup>e</sup> siècle : en effet, la première occupation du 32<sup>e</sup> siècle est caractérisée par des frênes âgés de 25 à 65/70 ans alors que pour les deux principales phases d'abattage du 31<sup>e</sup> 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. Ces bois correspondent aux phases d'abattage pendant lesquelles chênes et frênes sont coupés simultanément : ce qui est 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. 66c) : un premier où les diamètres varient de 6 à 15 cm pour des bois âgés de 25 à 70 ans (une majorité), et un deuxième lot comportant moins d'individus, âgés de 40 à 120 ans, pour des diamètres compris entre 20 et 30 cm. Nous nous trouvons dans le cas de figure des chênes qui ont deux provenances différentes : la première correspondant à un milieu forestier fermé et 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 et 1,4 mm, plus étroit que celui des chênes (Fig 67a). La cohérence entre l'âge des bois et la largeur du cerne semble évidente, mais là encore nous distinguons deux groupes principaux : un premier lot où la largeur moyenne du cerne est comprise entre 0,6 et 1 mm, et un deuxième entre 1,1 et 1,6 mm. Le premier lot comporte les bois dont l'âge varie entre 30 et 70 ans, et le deuxième entre 25 et 90 ans. Ces deux groupes montrent là encore que nous avons à faire à deux milieux forestiers différents.

Sur les graphiques (Fig. 67b), la largeur du cerne moyen est plus importante pour le frêne que pour le chêne. L'écart est plus grand avec un minimum vers 0,4 mm et un

maximum à 4 mm, avec une concentration entre 0,5 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.

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 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.

L'hypothèse aurait pu être que les frênes avaient été coupés les premiers, à proximité du lac pour des raisons tout à fait compréhensibles de commodité et d'économie de temps de travail. Mais cette hypothèse n'est pas valide sur CH 19. La majorité des bois de cette étude paraissent avoir souffert dans un environnement qui ne leur est 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 pu être datés en raison de leur jeunesse ne proviennent pas effectivement de la lisière de la forêt ou de coupes rases.

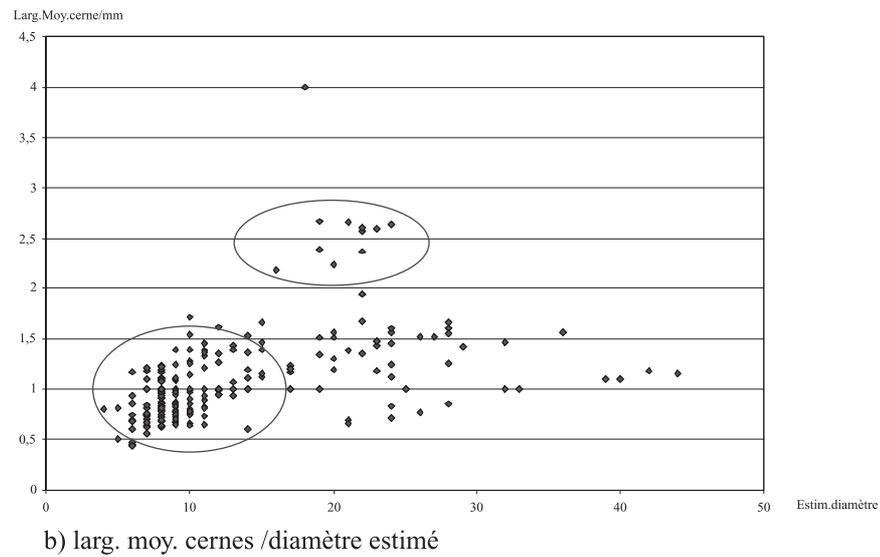
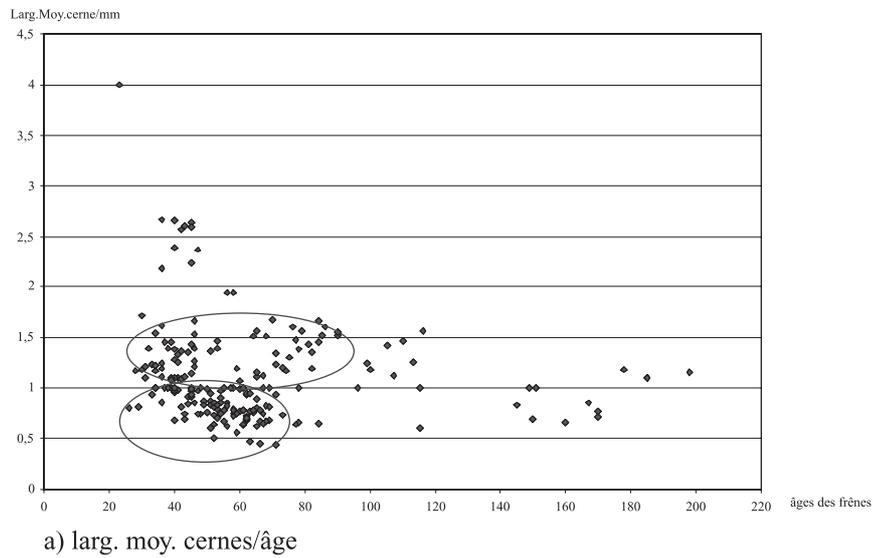


Figure 67. Approche écologique des frênes de CH 19

a) Corrélation entre la largeur moyenne des cernes et l'âge des frênes

b) Corrélation entre la largeur moyenne des cernes par frêne et leur diamètre estimé

*Chalain 19 : la méthode dendrochronologique et ses limites*

Comprendre la variabilité est une question centrale en Préhistoire. Appliquée à l'analyse d'un village, cette question reste délicate parce que tributaire de nombreux paramètres : fonction des structures, durée de l'occupation, nature et conservation des matériaux et du mobilier, etc.

L'étude des bois est, bien sûr, un des moyens d'approche. Pour autant, le site de CH 19, considéré dans sa globalité, n'en constitue pas moins un condensé d'événements qui se superposent et se succèdent dans le temps et dans l'espace. La dendrochronologie est-elle capable de débrouiller cette complexité bien réelle ?

Le test dendrochronologique mis en place sur le secteur isolé, puis élargi à l'échelle du site, a permis de poser un certain nombre d'interrogations. Un des points principaux dont nous avons déjà fait état, concerne la conservation de l'aubier et le faible nombre de pieux avec cambium. Cette déficience a de nombreuses conséquences. La première est, bien entendu, de ne pouvoir obtenir une quantité appréciable de datations à l'année près. Cette lacune a plus ou moins été comblée en choisissant de classer les bois, dans les blocs diagrammes, selon le dernier cerne de duramen mesuré et en effectuant une estimation de l'aubier manquant par classe d'âge.

Même si la combinaison de ces deux méthodes ne donne pas entière satisfaction, elle permet d'affiner la perception des différentes phases d'abattage en prenant en compte un nombre d'individus plus important. Si ce procédé n'avait pas été mis en place, il aurait été impossible de suivre l'évolution chronologique et spatiale des différentes structures en présence.

Le deuxième aspect de l'interprétation est la durée d'occupation de l'espace habité. Bien que le site comporte deux occupations majeures bien définies, la présence du chêne reste néanmoins quasiment continue entre 3065 et 2972 av. J.-C. Cette observation ne signifie par pour autant que l'occupation ait été constante au vu des phases d'abattage définies. Deux hypothèses peuvent être avancées : soit les crues ont effacé toute trace de présence humaine, soit, le site n'a effectivement pas été occupé pendant une ou deux dizaines d'années, sans que certaines structures n'aient été totalement abandonnées (ce qui semble peu probable).

La longue durée d'occupation de CH 19 a engendré de nombreuses reconstructions dans un espace bien défini depuis le Horgen. C'est ainsi que les structures des villages ont sans cesse été reconstruites, mais sur un plan quasi identique, ce qui rend le décryptage très

complexe. Il est difficile d'établir la contemporanéité des pieux laissés en place, arrachés par l'homme, voire extraits par l'effet de poussée du lac, sans compter les réparations et les réutilisations qui se sont succédé pendant près de deux siècles et demi. Sur les plans retraçant l'évolution chronologique du site, il ne reste, le plus souvent, que quelques alignements de pieux, fragiles témoins de la présence d'habitats.

Cette étude montre que la dendrochronologie peut élargir la réflexion sur le milieu forestier. Mais cette méthode ne peut à elle seule expliquer l'histoire du site. L'analyse des bois reste largement tributaire des facteurs naturels environnementaux : entre autre, conditions de croissance et conservation des bois, et de facteurs anthropiques comme par exemple la sélection des essences et la durée des occupations (Pétrequin, Bailly et Viellet 2001).

Des résultats probants peuvent toutefois être acquis grâce aux études pluridisciplinaires. Depuis le commencement des travaux archéologiques réalisés sur Chalain et Clairvaux, les différentes recherches et synthèses ont pu voir le jour grâce à de nombreuses disciplines et méthodes (Pétrequin 1986, 1989, 1997). Celles-ci touchent à l'environnement naturel avec par exemple la sédimentologie (Magny 1986, 1989, 1997 ; Le Jeune 1997), la palynologie (Richard 1986, 1989a, b et c, 1997a et b), l'antracologie (Dufraisse 2002 et 2005), les macrorestes végétaux (Lundström-Baudais 1983, 1985, 1986, 1989a, b et c, 1995 ; Schaal 2001), la xylologie (Mignot et Pétrequin 1993). Ces analyses qui touchent directement à l'environnement proche des néolithiques sont autant d'atouts pour parvenir à reconstituer les ambiances écologiques et leurs utilisations. Il en va de même pour l'étude des artefacts qui rassemblent aussi un grand nombre de spécialisations avec le lithique (Pétrequin et Saintot 1995 ; Arbogast, Pétrequin et Affolter 2000 ; Beugnier et Maigrot 2005), la céramologie (Giligny 1997 ; Giligny, Maréchal, Pétrequin et Martineau 2002), la faune avec l'archéozoologie (Arbogast, Pétrequin et Pétrequin 1995) mais aussi l'étude des objets en bois (Baudais et Delattre 1997 ; Baudais, Grudler et Lundström-Baudais 1997). Cette liste n'est pas exhaustive mais démontre toute l'importance de croiser les résultats et accepter les contradictions si elles existent. Toutefois, la dendrochronologie reste un atout majeur en ambiance humide, notamment dans la résolution chronologique fine à l'échelle de la génération.



## CHAPITRE 3

*Synthèse dendrochronologique des sites  
lacustres de Chalain et de Clairvaux  
du 39<sup>e</sup> siècle au 26<sup>e</sup> siècle av. J.-C.*



Depuis 1996, année de la dernière synthèse dendrochronologique des sites de Chalain et de Clairvaux (Lavier 1996), plusieurs centaines de bois ont été analysées pour le Néolithique final et une vingtaine pour le Néolithique Moyen Bourguignon. C'est pourquoi il est nécessaire aujourd'hui de réaliser une nouvelle synthèse qui s'étend du 39<sup>e</sup> siècle av. J.-C. au 26<sup>e</sup> siècle av. J.-C. L'aspect datation va être traité par le biais des différentes phases d'abattage mises en évidence et par la contemporanéité des sites. Quant à l'aspect environnemental, c'est au travers des croissances des bois d'architecture datés que nous allons essayer d'aborder les différents milieux forestiers exploités. Ces deux axes d'étude de la dendrochronologie pourront nous aider à mieux comprendre les phénomènes de pression et de croissance démographique au bord de ces deux lacs.

## ***1. Chronologies du lac de Chalain***

### *1.1. zone archéologique de « la Prise d'Eau »*

La zone archéologique de la Prise d'Eau se situe au nord de la rive occidentale du lac de Chalain (Fig. 68). À partir de 1987, la recherche s'est orientée sur les zones émerives à l'étiage de ce secteur altéré rapidement par le lac.

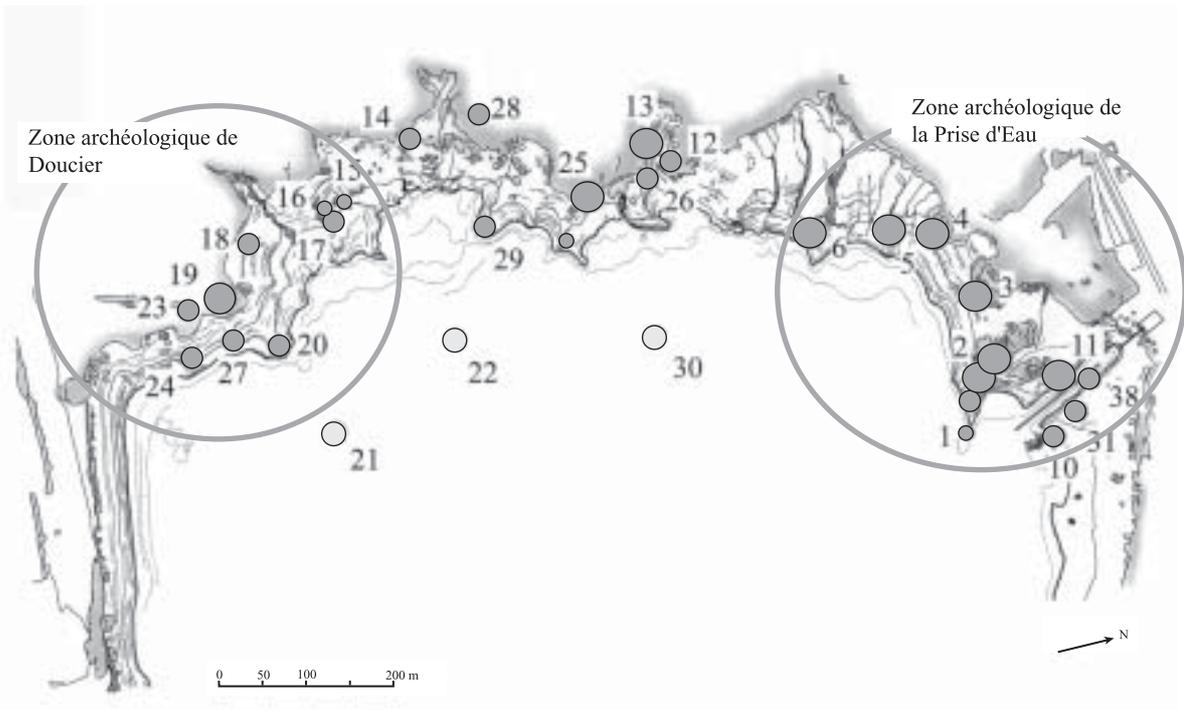


Figure 68. Localisation de la zone archéologique de la Prise d'Eau et de la zone archéologique de Doucier

### 1.1.1. La pirogue de la station noyée 1 de Chalain

Il s'agit d'un fragment de pirogue « 1988-1/F » trouvé sur la station noyée 1. Au vu des artefacts mis au jour, la moyenne dendrochronologique de cette pirogue a été testée sur les référentiels de la fin du Néolithique (Gassmann *et al.* 1996). En dépit de résultats médiocres (W entre 2,88 et 3,50) une datation en 2503 av. J.-C. a été retenue, date calée sur les chronologies A200 de Stuttgart (sud de l'Allemagne), La Saunerie (Auvernier) et Bains des Dames (Saint-Blaise).

Chalain-Marigny 1988-1F -2503			
Références	W	G	E
Saint-Blaise/B. des Dames 2 (1995)	2,88	69%	13,54
Auvernier-La Saunerie 64-1 (1995)	3,50	71%	11,17
A-200 (1978)	3,18	67%	5,38

Tableau 11. Tests de corrélation sur la pirogue 1988-1F

1.1.2. Chalain 2 (CH2)

Sur le site de CH 2, 1834 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).

*Etude des chênes*

Une moyenne dendrochronologique a été réalisée à partir de 127 chênes pour une durée de 353 années (CH2-15qu). 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. est un terme en 2923 av. J.-C. sur aubier (Annexes 1).

Les caractéristiques de cette chronologie sont les suivantes :

- largeur moyenne des cernes : 114 1/100<sup>e</sup> mm
- cerne minimum : 45 1/100<sup>e</sup> mm
- cerne maximum : 256 1/100<sup>e</sup> mm
- écart type : 37 1/100<sup>e</sup> mm

À noter que sur les 171 chênes mesurés, 44 n'ont pas pu être datés.

*Estimation de l'aubier des chênes*

La méthode utilisée ici est la même que pour le site de CH19 (cf. chapitre 2). Sur les 127 chênes de la moyenne, seuls 11 individus ont leur dernier cerne sous écorce. Le nombre de cernes d'aubier divisé par le nombre d'individus donne une estimation moyenne de 17 cernes. Le faible nombre d'individus avec cambium nous incite à prendre en compte tous les bois ayant une partie de leur aubier, ce qui fait passer le nombre de bois à 83. L'estimation de l'aubier reste quasiment identique avec un nombre moyen de cernes de 17,42. Un des bois, p1493, possède un aubier démesuré. Nous avons décidé de ne pas prendre en compte le pieu dont le nombre de cernes d'aubier était le plus petit, ainsi que le pieu 1493 avec un nombre de cernes d'aubier hors norme. Le résultat reste semblable avec 16,96 cernes.

Une estimation par classes d'âge de 50 années montre les résultats suivants :

- les bois (6) de moins de 50 ans ne possèdent aucun aubier,
- les bois (28) de 50 à 100 ans ont une moyenne de 13,81 cernes d'aubier,
- les bois (18) de 100 à 150 ans ont une moyenne de 15 cernes d'aubier,
- les bois (27) de 150 à 200 ans ont une moyenne de 20,25 cernes d'aubier,
- les bois (22) de 200 à 250 ans ont une moyenne de 19,63 cernes d'aubier.

Cependant, contrairement à CH19, le nombre de cernes d'aubier est variable dans chaque catégorie, c'est pourquoi nous avons décidé une fois encore de ne pas prendre en compte le plus grand et le plus petit nombre de cernes d'aubier pour chaque tranche d'âge. Les résultats sont pratiquement identiques mis à part pour la dernière classe où l'on passe de 19,63 à 18 cernes.

Ces résultats vont maintenant nous aider à replacer les bois ne possédant pas de cambium dans telle ou telle phase d'abattage, selon l'estimation moyenne d'aubier par classe d'âge.

#### *Localisation et phases d'abattage des chênes*

Le site de CH2 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 (Fig. 69) (Pétrequin et Pétrequin 1988). Le bloc diagramme de CH2 (Fig. 70) 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 quatre cambiums et enfin la dernière phase d'abattage en 2974 av. J.-C. comprenant cinq bois avec leur dernier cerne sous écorce.

Après estimation de l'aubier, nous avons pu déterminer que les pieux de la phase 3000 av. J.-C. se composent de 19 bois (Fig. 71). Ils sont localisés principalement dans les deux zones d'habitat, exceptés deux d'entre eux qui se situent entre les deux palissades. Il est impossible de mettre en évidence un alignement de pieux pouvant correspondre à une construction (Annexes 2).

La deuxième phase d'abattage, 2979/2978 av. J.-C. (Fig. 71) est matérialisée par 28 pieux dont 5 ont encore leur cambium. Les bois sont regroupés par lots de trois à six individus. Il s'agit sans doute de vestiges de maisons en partie disparus. Deux individus morphologiquement identiques font partie de la petite palissade. Ces deux bois sont des planches de fortes dimensions. Quatre pieux font partie du chemin.

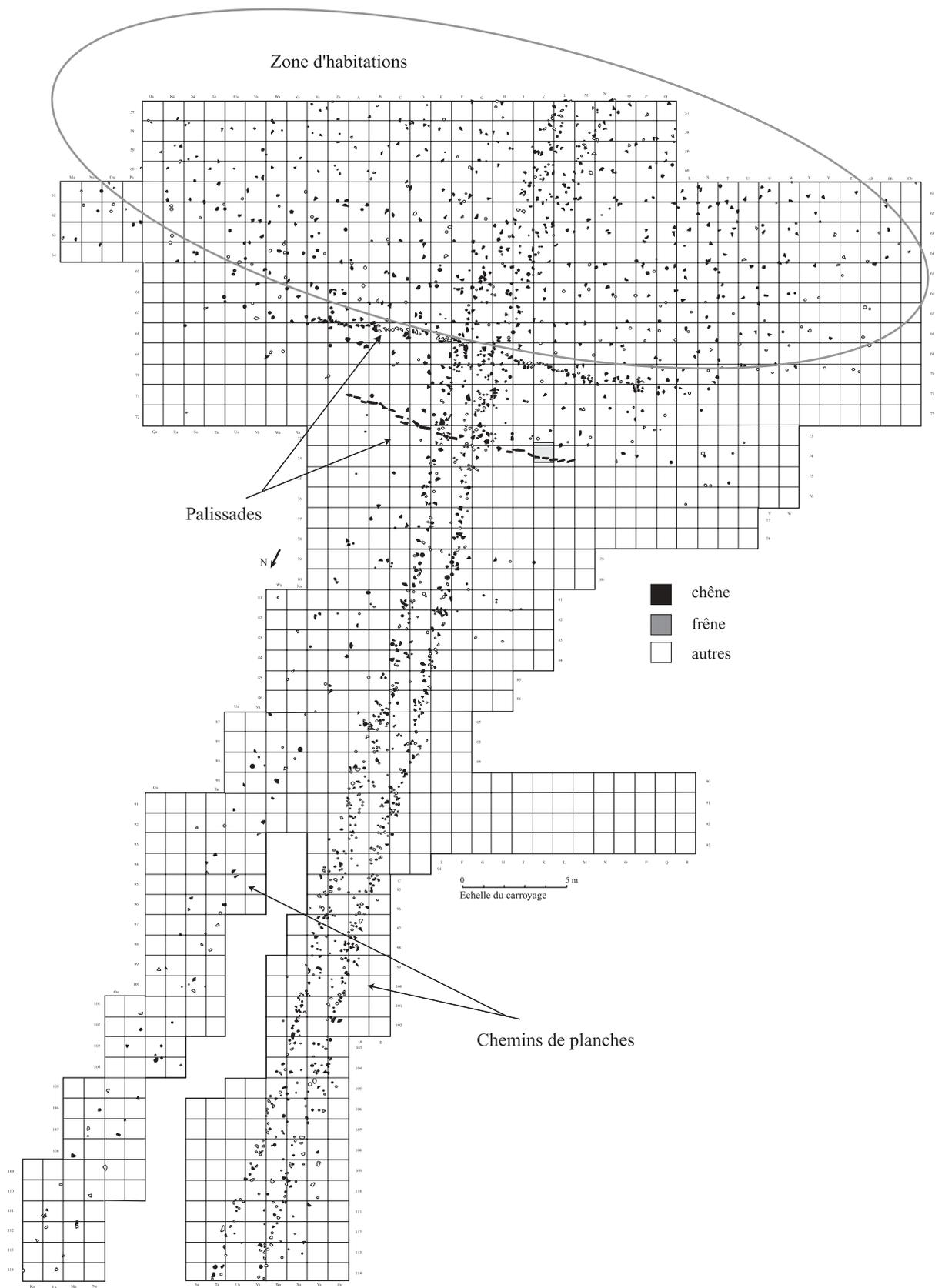


Figure 69. Plan des pieux de Chalain 2

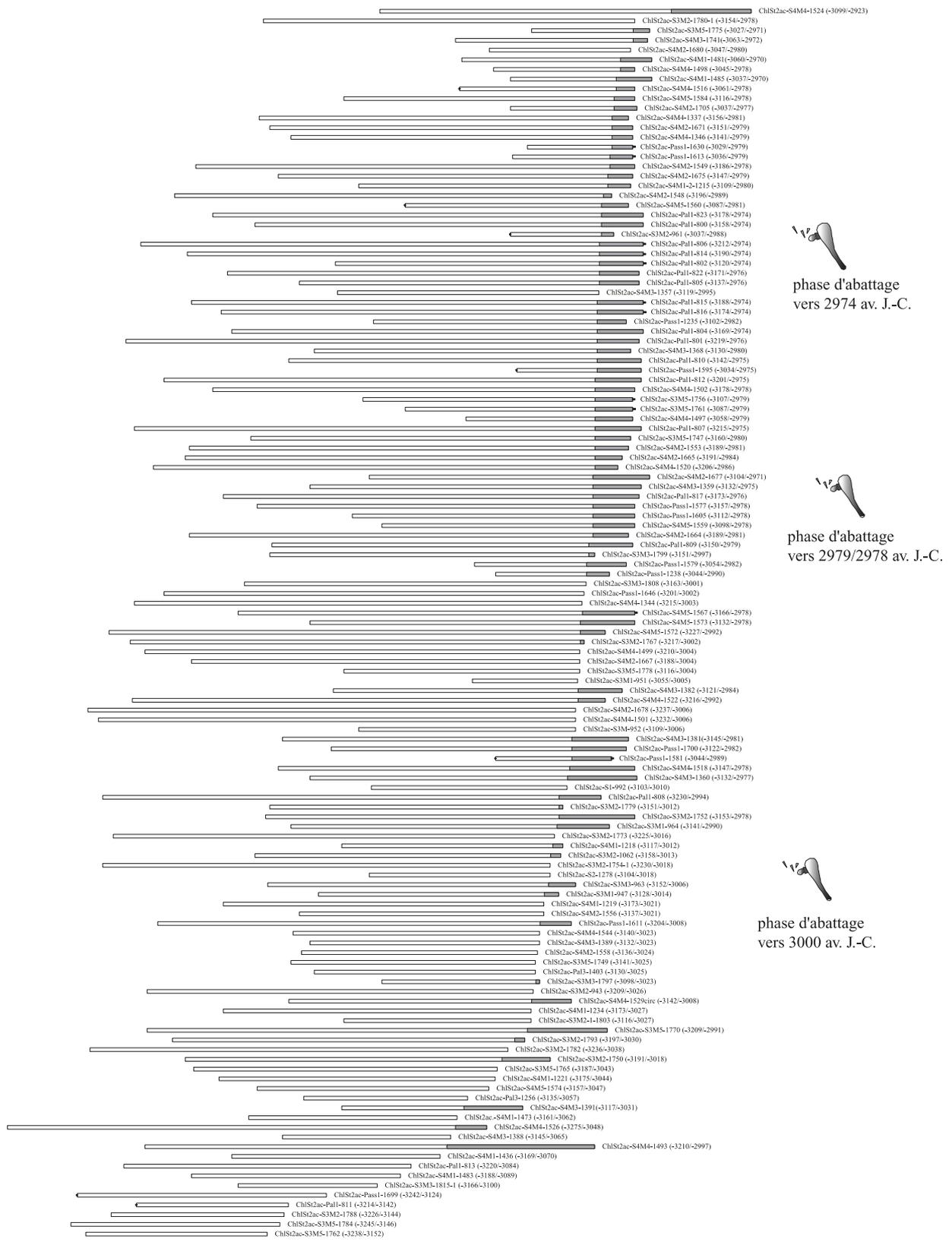


Figure 70. Bloc diagramme des chênes de CH2-15qu 3275/2923 av. J.-C.

La phase d'abattage la plus récente, en 2974 av. J.-C., se compose de 38 individus dont cinq ont encore leur cambium. Ces derniers font tous partie de la petite palissade, ainsi que 10 autres bois sans cambium. Les chênes restants ne sont pas dispersés de façon aléatoire dans le village, mais localisés, pour 19 d'entre eux, à l'ouest du chemin, dans le secteur des habitations. Aucun alignement évident n'est visible. Les quatre pieux restants sont groupés sur le chemin (Fig. 71).

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 pu tous être attribués à ces trois phases d'abattage. Comme à CH 19, nous sommes sans doute en présence de phénomènes de réparations et de reconstructions. Deux exemples : celle de la petite palissade et du chemin. Pour la palissade, le pieu le plus ancien est daté en 3142 av. J.-C., un second en 3084 av. J.-C., et la dernière phase d'abattage en 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 en 3124 av. J.-C. et 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. Toutefois 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 (au moins 20 individus) des coupes ne comprenant que quelques bois. Cette prise en compte d'un nombre de bois abattus plus important, permet d'apprécier l'étendue chronologique de toutes les occupations potentielles.

À noter la présence d'un pieu CH2 p1524 daté sur aubier de 2920 av. J.-C. difficile à corrélérer aux occupations. Il s'agit de la date la plus récente du 30<sup>e</sup> siècle av. J.-C. pour l'ensemble des sites de Chalain et de Clairvaux.

### *Les courbes de croissance*

L'étude de la croissance des pieux permet de distinguer quatre groupes (Fig. 72) :

- 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 (Hans-Jürgen 1998 ; Schmerber 1997 ; Schnitzler-Lenoble 2002) ;
- un deuxième groupe de bois âgés avec une croissance sans perturbation marquée dont



Figure 71. Chalain 2  
Localisation des chênes datés

# 1. Chronologies du lac de Chalain

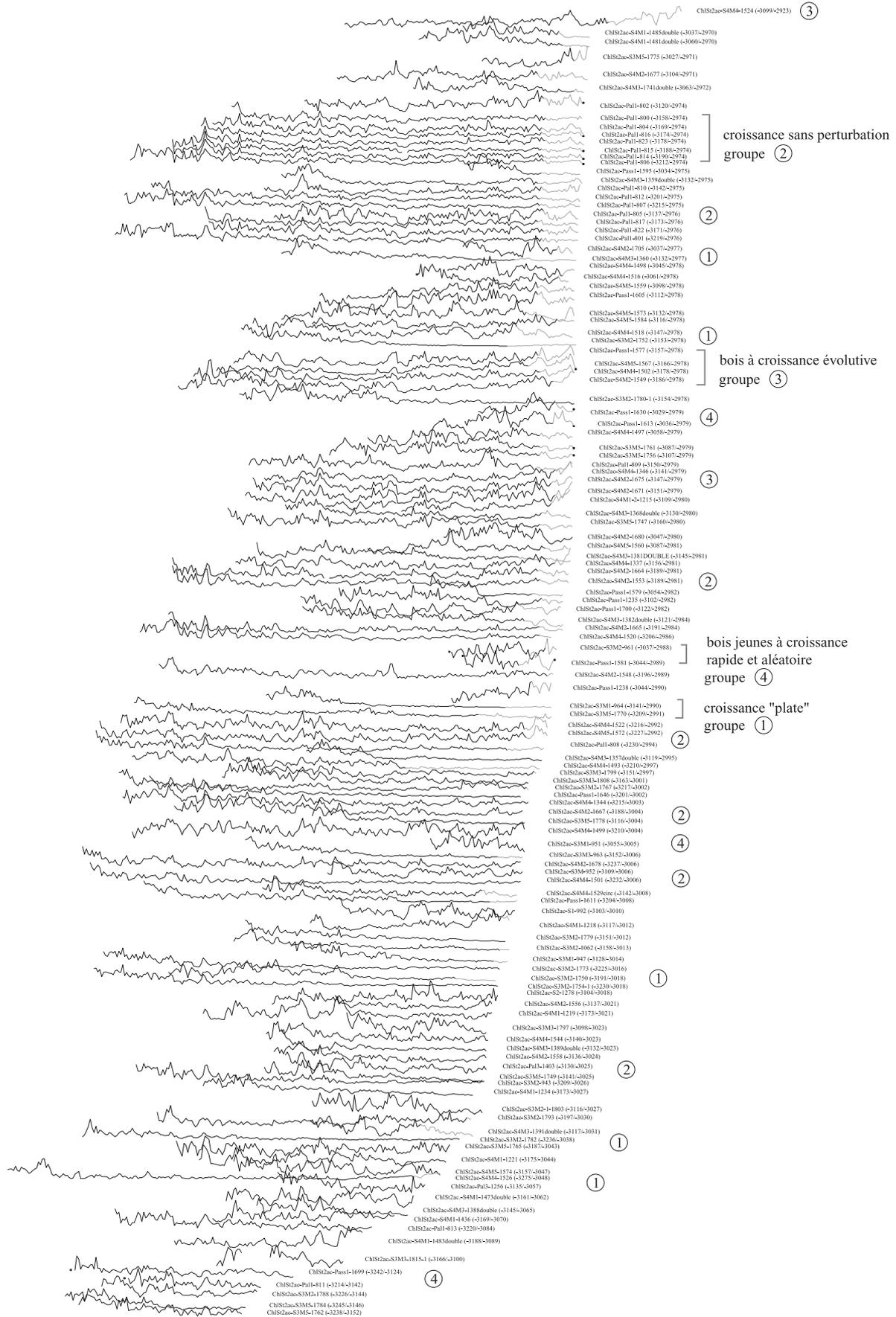


Figure 72. Courbes de croissance des chênes de CH2-15qu (-3275/-2923)

les courbes s'apparentent à celles du groupe précédent ;

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

Au regard de toutes ces spécificités, il est évident que ces arbres ont poussé dans des ambiances forestières très différentes.

#### *L'étude des frênes*

En 2001, 21 frênes de ce site ont été analysés, autorisant la réalisation d'une moyenne, CH2-19fx 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. 73). Cette chronologie est antérieure d'environ 70 ans à celle du chêne.

Ces caractéristiques sont les suivantes :

- largeur moyenne des cernes : 98 1/100<sup>e</sup> mm
- cerne minimum : 59 1/100<sup>e</sup> mm
- cerne maximum : 165 1/100<sup>e</sup> mm
- écart type : 22 1/100<sup>e</sup> mm

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) (p1339, p1474, p1217, p1744, p1631, p1570, p1212, p1358, p1627 et p1614). Seul le bois p1676 a un aubier plus large avec 11 cernes.

#### *Estimation de l'aubier des frênes*

Prélevés en 1987, les frênes de CH 2 ont subi, depuis, une détérioration qui a nui à la définition de présence ou non de dernier cerne sous écorce. Cependant, selon les résultats obtenus sur les frênes de CH 19, il est vraisemblable que le nombre de cernes manquants est très faible.

Onze pieux possèdent encore leur aubier ; nous pouvons alors estimer à 4,36 le nombre moyen de cernes d'aubier. Un des pieux possède un aubier plus large que les autres. Comme

pour les chênes, nous n'avons pas tenu compte de l'aubier le plus petit et de l'aubier le plus large afin d'obtenir une moyenne plus fiable. On obtient alors le chiffre de 3,88 cernes d'aubier pour ces individus, lot évidemment peu représentatif statistiquement.

#### *Phase d'abattage et localisation des frênes datés*

Onze pieux en frêne datés en 3068 av. J.-C. (Fig. 73a) constituent l'unique phase d'abattage pour cette essence, ce qui en fait la phase plus ancienne du site. Il est tout à fait plausible 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. 74). Seul un pieu est isolé côté est, mais il est peu éloigné du groupe de bois appartenant au chemin. Mis à part ce dernier ensemble, aucune rangée de pieux n'est visible.

#### *Les courbes de croissance*

Nous observons deux types de croissance (Fig. 73b) :

- 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 deuxième 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 leur croissance. Essence de lumière, les frênes n'ont 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 arbres se disputent le premier étage forestier.

Le lot de bois étudié sur le site de CH2 est quantitativement faible par rapport aux différentes structures et à la superficie fouillée. Il serait opportun, dans un futur travail, de mesurer d'autres pieux et d'analyser ce site de manière plus approfondie.

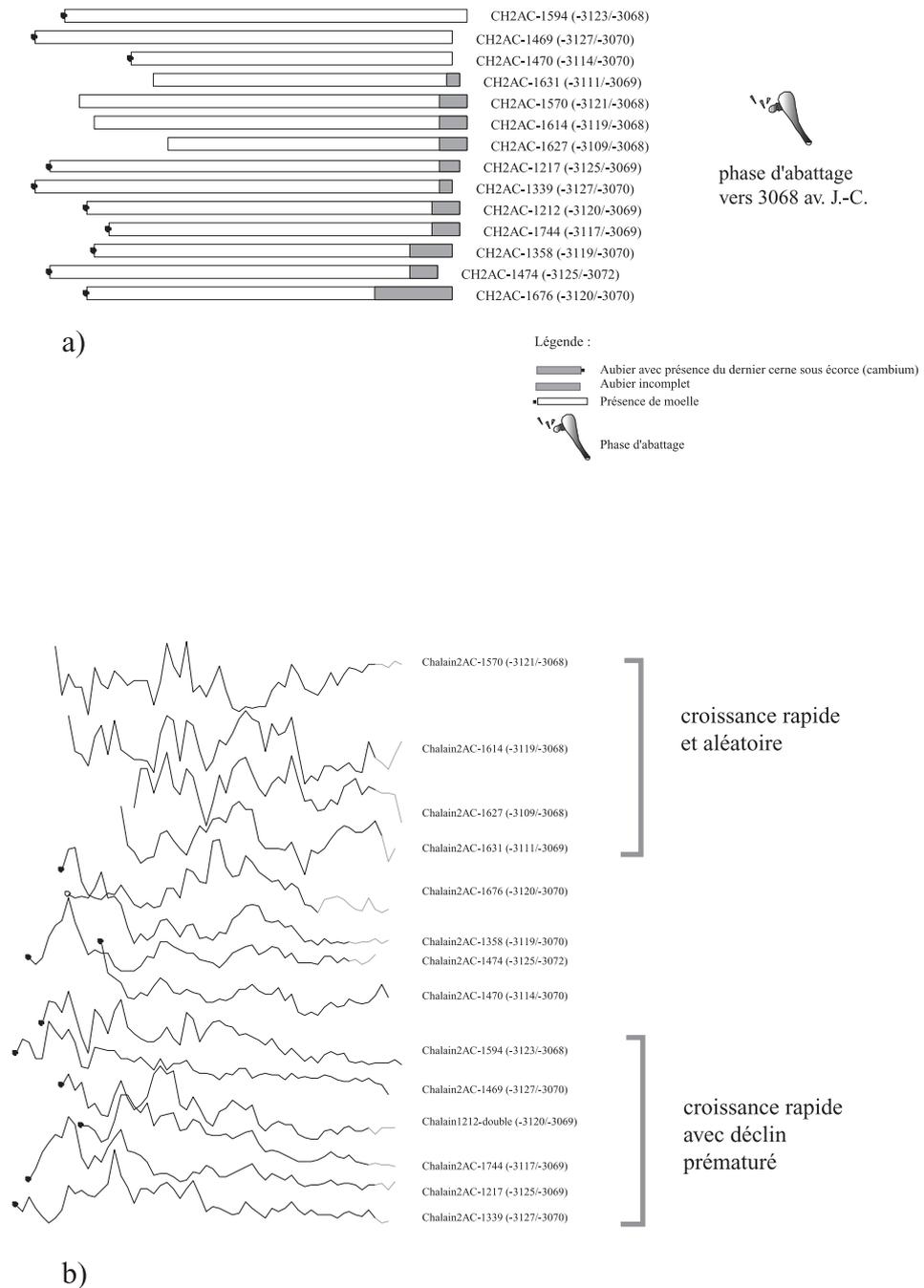


Figure 73. a) Bloc diagramme de la chronologie CH2 19fx 3127/3068 av. J.-C.  
 b) Courbes de croissances des frênes de CH2 19fx 3127/3068 av. J.-C.



Figure 74. Chalain 2  
Localisation des frênes datés

### 1.1.3. La pirogue de CH2AC

Un fragment de pirogue « Chalain-Marigny 1988-2/F » a été mis au jour lors des fouilles archéologiques. Il s'agit d'une pièce en chêne sur laquelle cinq mesures dendrochronologiques ont été réalisées, permettant la construction d'une moyenne de 232 années. Synchronisée avec celle des sites de CH2, CH3 et CH6, sa datation est attestée en 3027 av. J.-C. (Gassmann *et al.* 1996). Malgré l'absence totale d'aubier, la date la plus haute se situerait, pour cette pirogue, vers 3000 av. J.-C.

### 1.1.4. Chalain 3 (CH3)

Sur ce site, 993 pieux ont été prélevés, dont 289 chênes, 337 frênes et 367 bois appartenant à d'autres essences (Fig. 75).

L'étude dendrochronologique du site de CH3 a permis de monter trois moyennes (Lavier 1996 ; Lambert et Lavier 1997) ; elles ont été datées sur les référentiels suisses et allemands ainsi que les deux chronologies jurassiennes datées, CLIV-35qu et CH2-15qu (Annexes 1). Deux moyennes sont en chêne, et la troisième en frêne.

La moyenne CH3-32qu est composée de 117 chênes (220 mesurés) sur 280 années (Fig. 76). Sa datation, 3251/2972 av. J.-C. sur cambium, est divisée en deux phases distinctes avec deux couches stratigraphiques bien séparées : niveau VIII et VI (Fig. 77).

La moyenne CH3-22qu est constituée de cinq individus âgés dont quatre avec aubier. Elle a son origine en 4003 av. J.-C. et son terme en 3733 av. J.-C., soit une durée de 271 années (Fig. 78a).

CH3-34fx est composée de 34 frênes (45 mesurés) avec une origine en 3149 av. J.-C. et un terminus en 3024 av. J.-C., soit 126 années (Fig. 78b).

Les caractéristiques de CH3-32qu sont les suivantes :

- largeur moyenne des cernes : 103 1/100<sup>e</sup> mm
- cerne minimum : 30 1/100<sup>e</sup> mm
- cerne maximum : 240 1/100<sup>e</sup> mm
- écart type : 34 1/100<sup>e</sup> mm

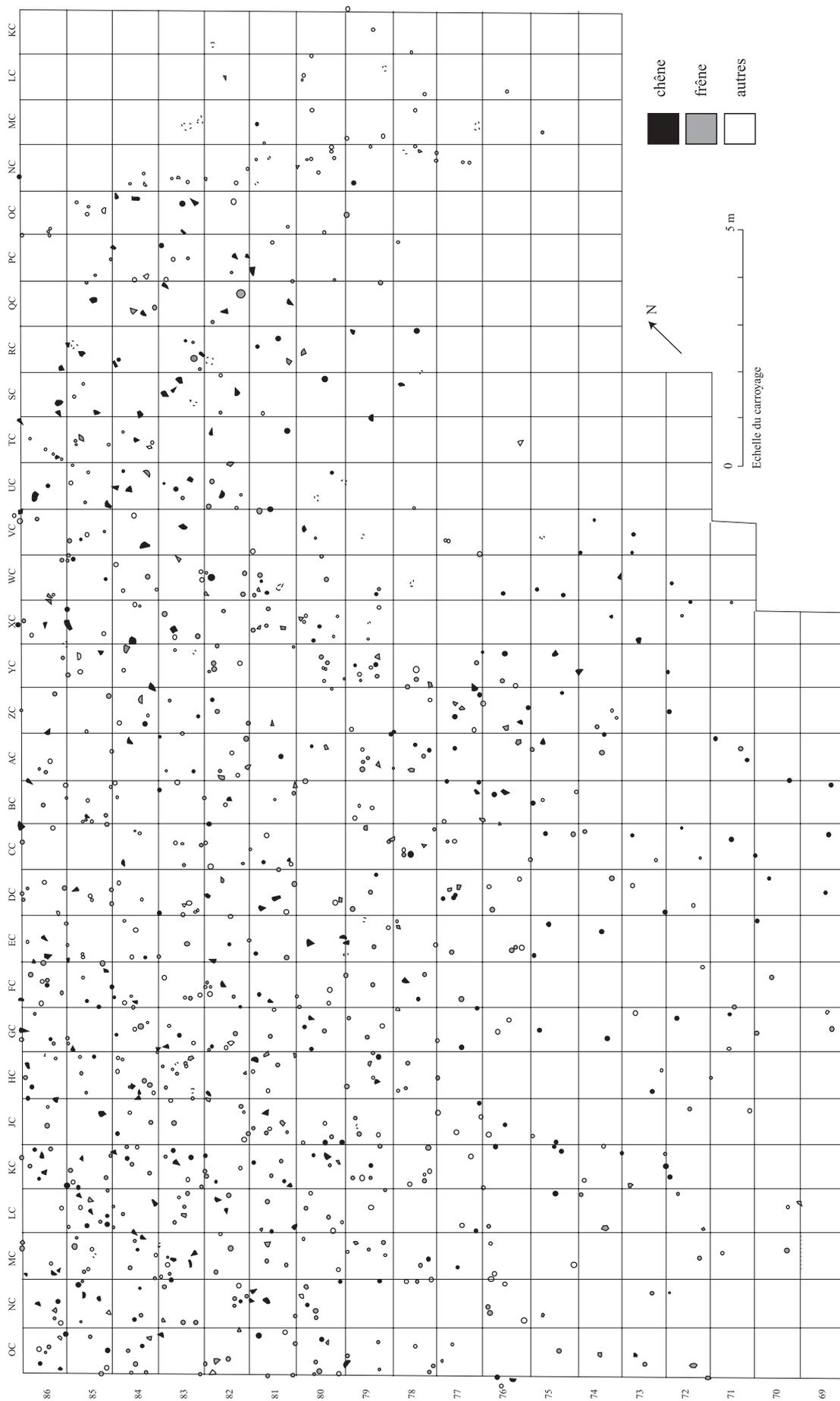
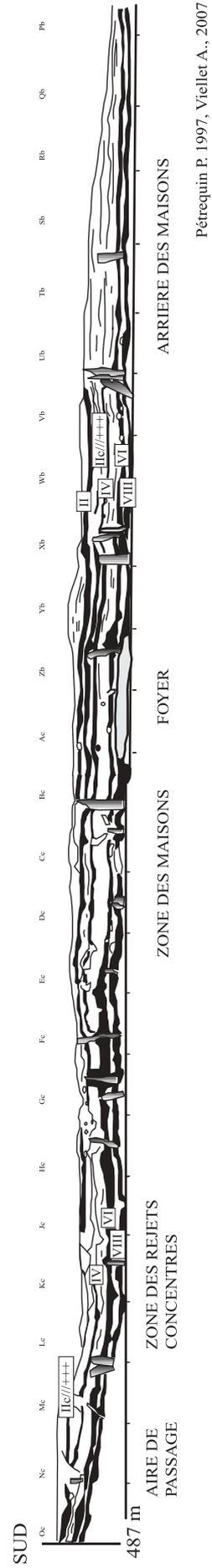


Figure 75. Plan des pieux de Chalain 3



Figure 76. Bloc diagramme de la chronologie CH3-32QU 3251/2972 av. J.-C.



Pétrequin P. 1997, Vieillet A., 2007

Figure 77. Stratigraphie de Chalain 3

Les caractéristiques de CH3-22qu sont les suivantes :

- largeur moyenne des cernes : 63 1/100<sup>e</sup> mm
- cerne minimum : 27 1/100<sup>e</sup> mm
- cerne maximum : 179 1/100<sup>e</sup> mm
- écart type : 32 1/100<sup>e</sup> mm

Les caractéristiques de CH3-34fx :

- largeur moyenne des cernes : 115 1/100<sup>e</sup> mm
- cerne minimum : 30 1/100<sup>e</sup> mm
- cerne maximum : 225 1/100<sup>e</sup> mm
- écart type : 33 1/100<sup>e</sup> mm

#### *Estimation de l'aubier des chênes*

Parmi les chênes datés du 31<sup>e</sup> et du 30<sup>e</sup> siècle, 78 possèdent leur aubier et 36 d'entre eux leur dernier cerne sous écorce. En prenant en compte ces 36 individus, l'estimation moyenne est de 16,9 cernes d'aubier. Bien que le nombre de pieux avec cambium soit un peu plus élevé que sur CH 2, il paraît nécessaire de suivre notre démarche et de réaliser une estimation en prenant en compte tous les bois avec aubier en raison du nombre important de jeunes chênes. Le nombre moyen de cernes passe alors de 16,9 à 16,93 ce qui est négligeable. Le nombre de cernes d'aubier étant très hétérogène, le nombre de cernes minimal et maximal est supprimé du calcul d'estimation, donnant ainsi un nombre de cernes moyen de 16,72. La faible différence entre le nombre de cernes d'aubier complet et le nombre de cernes d'aubier estimé tend à démontrer que le nombre de cernes manquants est faible et donc que notre estimation est très proche de la réalité.

L'estimation par classes d'âges de 50 années donne les résultats suivants :

- les bois (37) de moins de 50 ans ont une moyenne de 10,56 cernes d'aubier,
- les bois (12) de 50 à 100 ans ont une moyenne de 11,66 cernes d'aubier,
- les bois (5) de 100 à 150 ans ont une moyenne de 25,2 cernes d'aubier,
- les bois (6) de 150 à 200 ans ont une moyenne de 29,66 cernes d'aubier,
- et les bois (18) de 200 à 250 ans ont une moyenne de 26,55 cernes d'aubier.

L'estimation de l'aubier des frênes n'a pu être réalisée puisque ces quelques derniers cernes n'avaient pas été mis en évidence.

### *Les phases d'abattage*

La datation de la moyenne CH 3-22qu montre qu'une première occupation est présente au 38<sup>e</sup> siècle (Lambert et Lavier 1997). Mais le faible nombre de bois datés pour cet épisode chronologique ne permet pas de préciser la durée de celui-ci (Fig. 78a).

Une deuxième occupation est attestée au cours du 32<sup>e</sup> siècle, correspondant au niveau stratigraphique VIII. À partir des 13 bois datés, on peut distinguer deux phases (Fig. 76) :

- la première dans les années 3182/3175 av. J.-C. (bois à aubier incomplet) avec sept bois (Annexes 2) ;
- la seconde dans les années 3171/3169 av. J.-C. avec six bois dont quatre avec cambium. Ce sont des arbres de 50 à 70 ans, de 12 à 16 cm de diamètre et qui ont été utilisés lors de la première phase. La seconde se compose à la fois de quatre jeunes arbres, de 25-30 ans, sous forme de baliveaux de 4 à 8 cm de diamètre, et de deux fûts d'une quinzaine de centimètres de diamètre âgés de 80 ans environ.

Une troisième occupation au début du 31<sup>e</sup> s. av. J.-C. est marquée par une utilisation mixte du chêne (minoritaire) et du frêne, vers 3035 av. J.-C. et vers 3024 av. J.-C. (Fig. 76 et 78b et 79).

Pour la phase 3035 av. J.-C. nous avons d'une part des frênes et des chênes jeunes d'une trentaine d'années, avec des diamètres compris entre 8 et 10 cm, d'autre part des frênes de 80 ans d'une vingtaine de centimètres de diamètre (Fig. 82 et 83).

En ce qui concerne la phase 3024 av. J.-C., on remarque également deux groupes d'âges : des jeunes frênes d'une trentaine d'années avec un diamètre de l'ordre de 10 cm et des chênes et des frênes de près de 120 ans, d'une vingtaine de centimètres de diamètre (Billard, Joly *et al.* 1997 ; Billard, Ernst *et al.* 1997).

Nous constatons qu'un choix semble s'opérer concernant le diamètre et l'essence des arbres abattus. Pour la phase 3035 av. J.-C., les néolithiques semblent avoir choisi des chênes et des frênes certainement localisés en zones de prébois et/ou de milieux semi-ouverts ; alors que les plus gros fûts, exclusivement en frêne, proviendraient d'un milieu forestier plus fermé.

Durant la phase 3024 av. J.-C., nous observons que seuls les plus jeunes frênes ont été datés : est-ce que cela signifie qu'aucun chêne n'a été abattu à ce moment-là ou sommes-nous confrontés à un problème méthodologique lié à l'âge des chênes ? En effet, une trentaine de très jeunes chênes (moins de 40 ans) n'ont pu être synchronisés, et par conséquent datés : ce phénomène est dû à ce que nous appelons l'effet de jeunesse, représenté par une

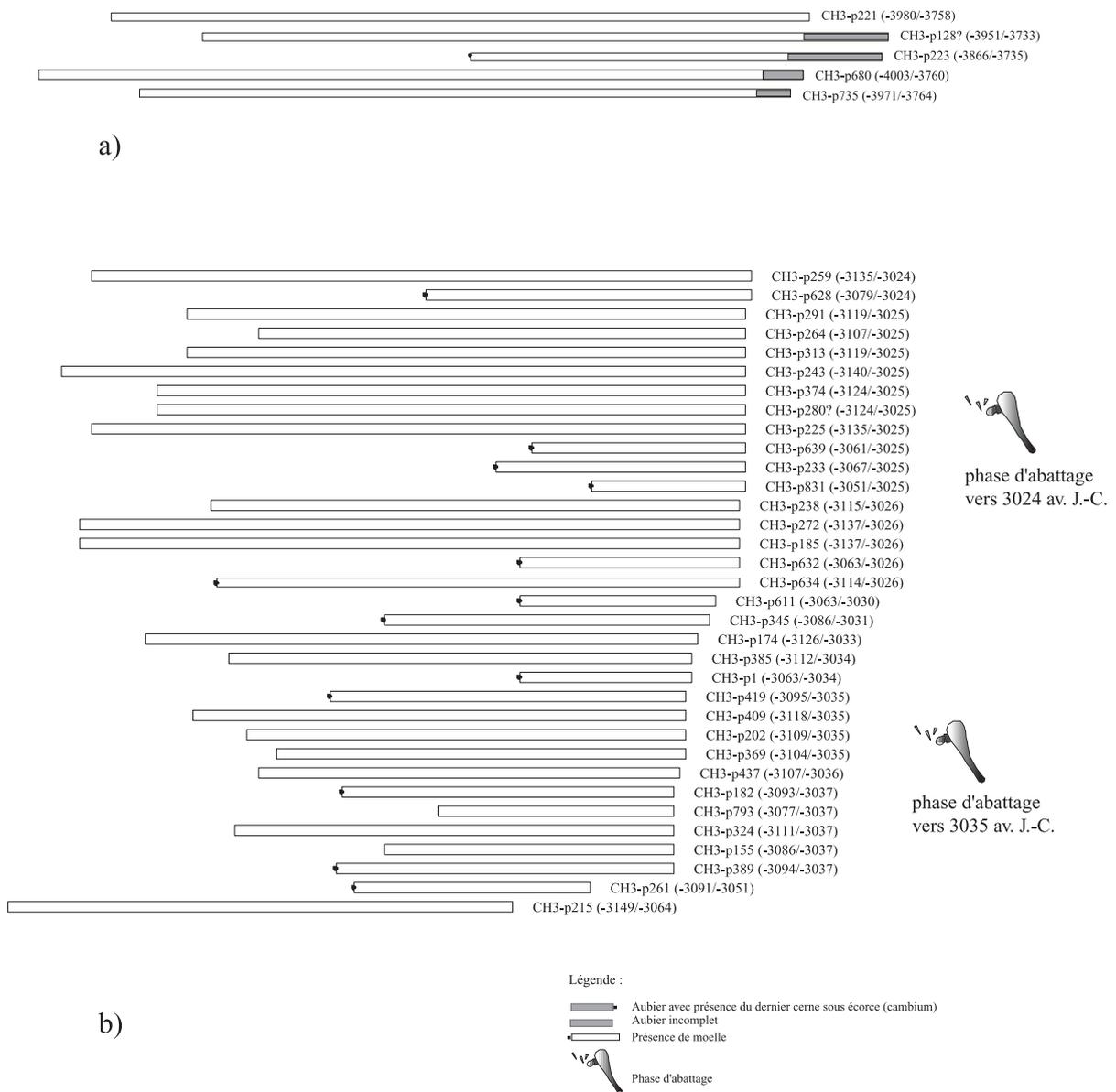
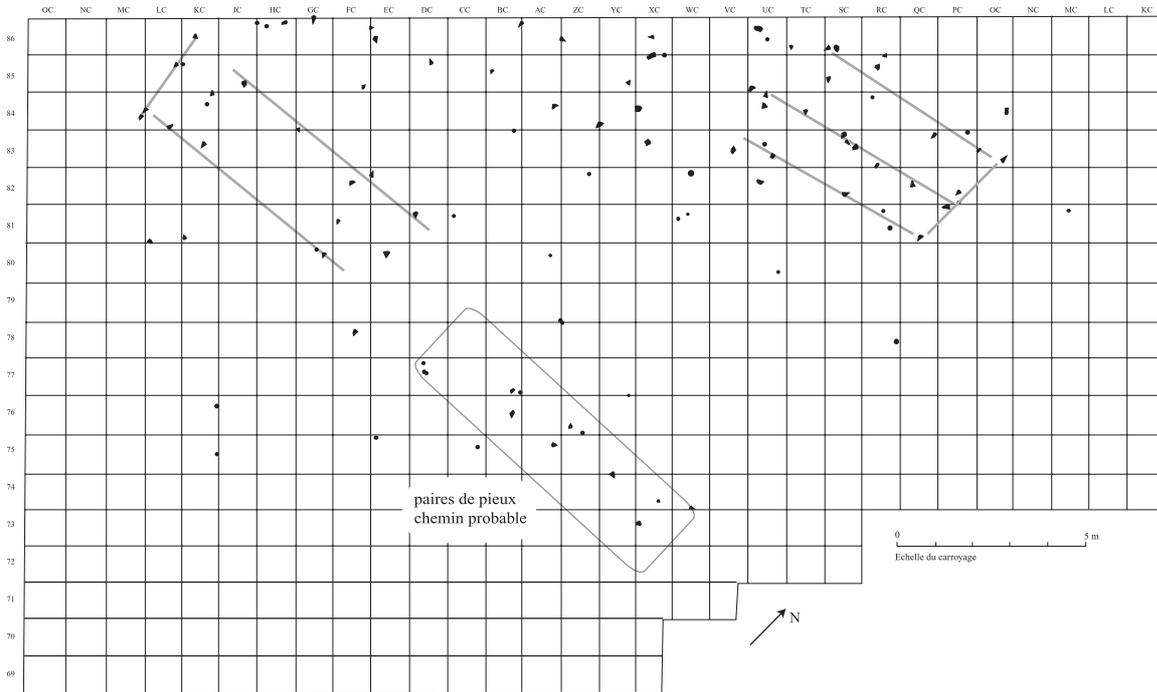
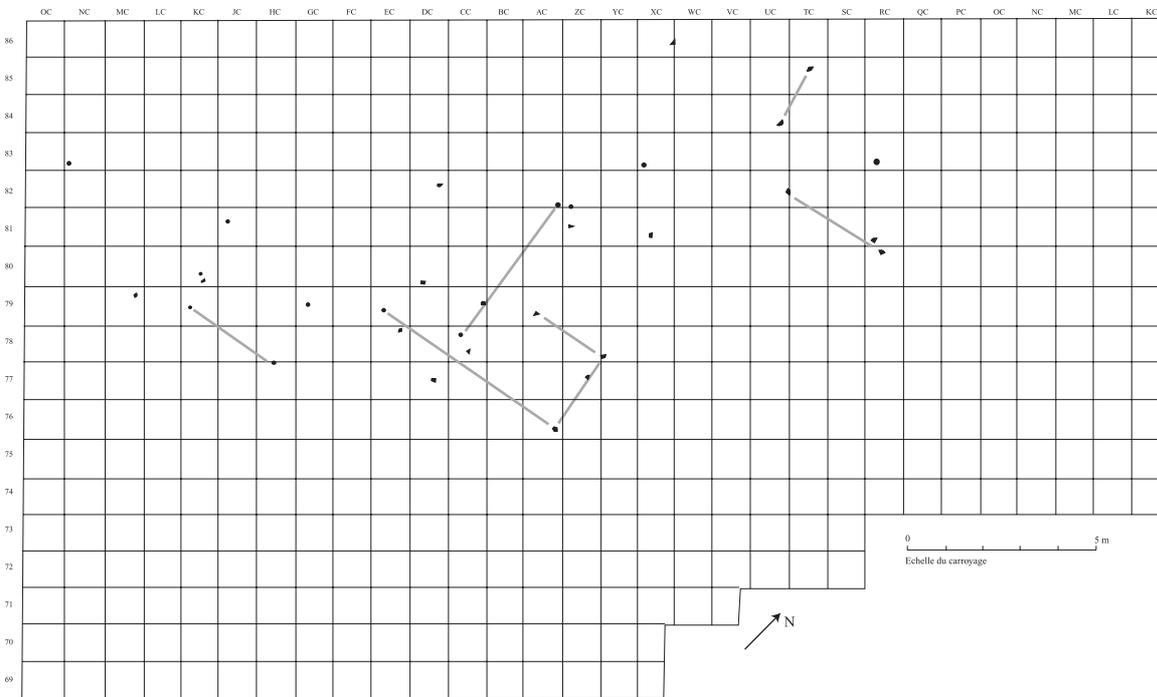


Figure 78. a) Bloc diagramme des chênes de CH3-22qu 4003/3733 av. J.-C.

b) Bloc diagramme des frênes de CH3-34fx 3149/3024 av. J.-C



a)



b)

Figure 79. a) Plan des chênes datés de Chalain 3 et orientation des structures  
 b) Plan des frênes datés de Chalain 3 et orientation des structures

croissance extrêmement perturbée pendant au moins une trentaine d'années (Viellat 2005). Cependant, quelques jeunes chênes ont été corrélés sans trop de difficultés avec les frênes de la phase 3035 av. J.-C., ce qui peut évoquer une sélection en faveur de baliveaux en frêne ; ceux-ci proviendraient de secteurs assez proches du lac en milieu semi-ouvert. Contrairement à la phase 3035 av. J.-C., les fûts se distinguent par l'emploi de chênes et de frênes plus âgés, de près d'une quarantaine d'années.

Après la phase 3024 av. J.-C., nous assistons à la fin de l'utilisation du frêne sur le site de Chalain 3. Une petite coupe, située vers 3015 se compose de huit chênes. Puis, la quatrième phase débute à l'extrême fin du 30<sup>e</sup> siècle et couvre une vingtaine d'années avec une soixantaine de chênes (dont les deux tiers disposent d'aubier). Les 32 derniers cernes sous écorce nous permettent de distinguer trois épisodes sur 12 années de coupes entre 2992 et 2972 av. J.-C. : le premier, de 2992 à 2986 av. J.-C., le deuxième de 2980 à 2976 av. J.-C. et le dernier en 2972 av. J.-C. (trois bois). Ces épisodes correspondent à l'emploi d'arbres d'âges divers, d'une dizaine d'années à plus de deux siècles et demi, pour des diamètres de 6 à 37 cm.

Parmi les plus jeunes, la classe des moins de 20 ans (quatre bois) présente des diamètres de 6 à 10 cm, celle des 20-30 ans (une trentaine de bois) de 7 à 14 cm, celle des 50-100 ans (15 bois) de 12 à 28 cm, celle des 100-200 (17 bois) de 20 à 33 cm et les arbres de plus de deux siècles (une vingtaine) ont des diamètres oscillant entre 21 cm et 37 cm.

La classe des 30-50 ans n'est pas représentée puisque les 17 bois de cette tranche n'ont pas pu être datés. Rappelons que les jeunes arbres sont difficiles à intégrer dans les moyennes en raison de leur croissance chaotique. Cependant remarquons que parmi les bois de moins de 20 cernes, quatre sur les 12 analysés ont facilement été intégrés ; de même parmi les bois de 20-30 ans, seuls 30 bois sont datés sur les 90 mesurés. La moitié des bois de 50-100 ans sont datés ; et seulement six pour la classe 100-200 ans. Tous les bois de plus de deux siècles sont datés.

### *La question des bois jeunes*

À plusieurs reprises, nous avons été confrontés à des bois jeunes lors de l'analyse dendrochronologique. Nous allons tenter de répondre à certains problèmes que posent ces bois. À partir des synchronisations réalisées, nous avons remarqué que les bois de moins d'une

cinquantaine d'années étaient beaucoup plus difficiles à corrélérer. Parmi les chênes datés, 95% ont plus de 50 cernes et 5% moins de 50 cernes.

Les frênes datés sont moins nombreux que les chênes, mais la moitié a moins de 50 ans. Il est évident que ces deux classes, plus de 50 et moins de 50 cernes sont significatives pour les chênes : les moins de 50 cernes synchronisent très difficilement. Cette limite ne semble pas valable pour le frêne. La poursuite des analyses sur cette essence nous permettra sans doute de préciser l'âge minimum des bois aptes à la synchronisation, âge qui se situerait autour de 30 ans environ.

Outre cette difficulté à dater les chênes de moins de 50 ans, il faut considérer deux autres critères qualitatifs :

- le type de croissance des bois jeunes peut être chaotique et variable d'un bois à l'autre. Les tests et les indices utilisés par la communauté dendrochronologique pallient en partie ces difficultés (Baillie 1982 ; Hollstein 1980), mais certains bois ne répondent pas aux tentatives de datation ;
- le second critère concerne la présence d'aubier complet. Malgré le nombre important de bois, peu ont conservé leur cambium. Ce déficit est principalement dû au caractère crayeux du sédiment dans les deux bassins lacustres de Chalain et de Clairvaux, occasionnant un phénomène d'abrasion des cernes d'aubier.

Cette perte d'information rend souvent impossible la datation à l'année près. En conséquence, la restitution exacte des habitats reste incertaine si l'on ne passe pas par des hypothèses d'interprétation. Pour illustrer ces deux difficultés (Fig. 80a), nous avons pris l'exemple d'un groupe de neuf chênes de moins de 50 cernes. Les séries, très courtes et de profils très variés, ne synchronisent pas sur la table lumineuse. Les indices typologiques et les traitements statistiques sont ici inefficaces. Des concordances entre séries peuvent être établies sur des séquences courtes (Fig. 80b), mais aucune proposition de datation ne peut être certifiée. La décision reste alors totalement subjective. En effet, en ne prenant en compte que les propositions dendrochronologiques, il aurait été tentant de positionner ces cinq moyennes au 29<sup>e</sup> et 28<sup>e</sup> siècles. Or l'étude des artefacts n'est pas en concordance avec ces propositions, puisque la typologie des artefacts attribue CL III au NMB, et CH 20 et CH 21 au groupe de Chalain, daté du 26<sup>e</sup> siècle. Ainsi, même si des occupations sont attestées depuis le Néolithique ancien jusqu'à l'Age du Fer, il existe des lacunes dendrochronologiques. L'une d'entre elles concerne justement les structures de CH 20 et CH 21. Les constructions ont toutes été réalisées en chênes de fort diamètre mais à croissance très rapide

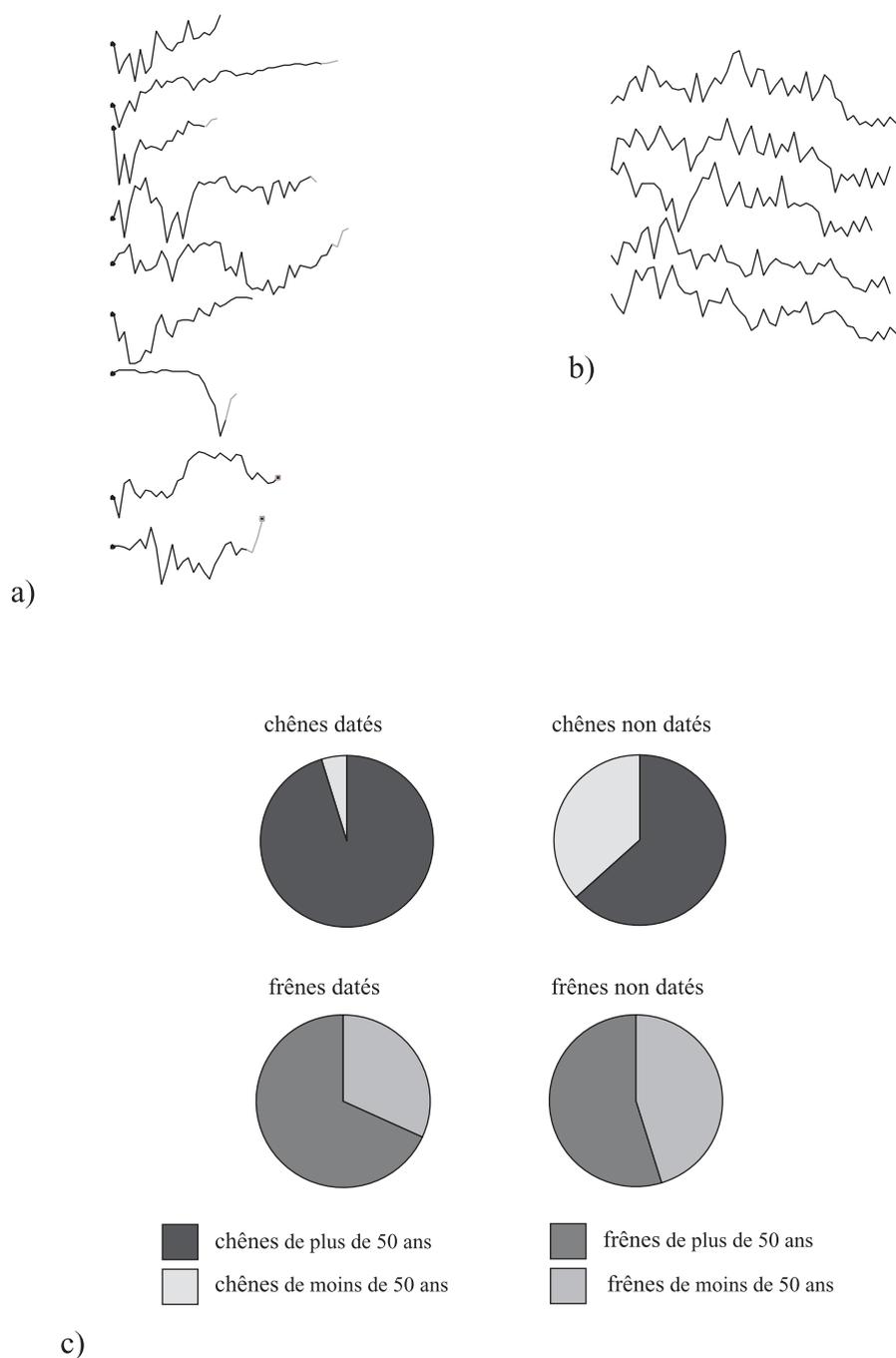


Figure 80. a) Exemples de courbes de croissance hétérogènes de chênes âgés de moins de 50 ans  
 b) Site de CH 21.1 Exemples de courbes de croissance de jeunes chênes comparables  
 c) Synthèse des longueurs des bois entre les deux essences chêne et frêne étudiées en dendrochronologie sur les sites de Chalain et de Clairvaux

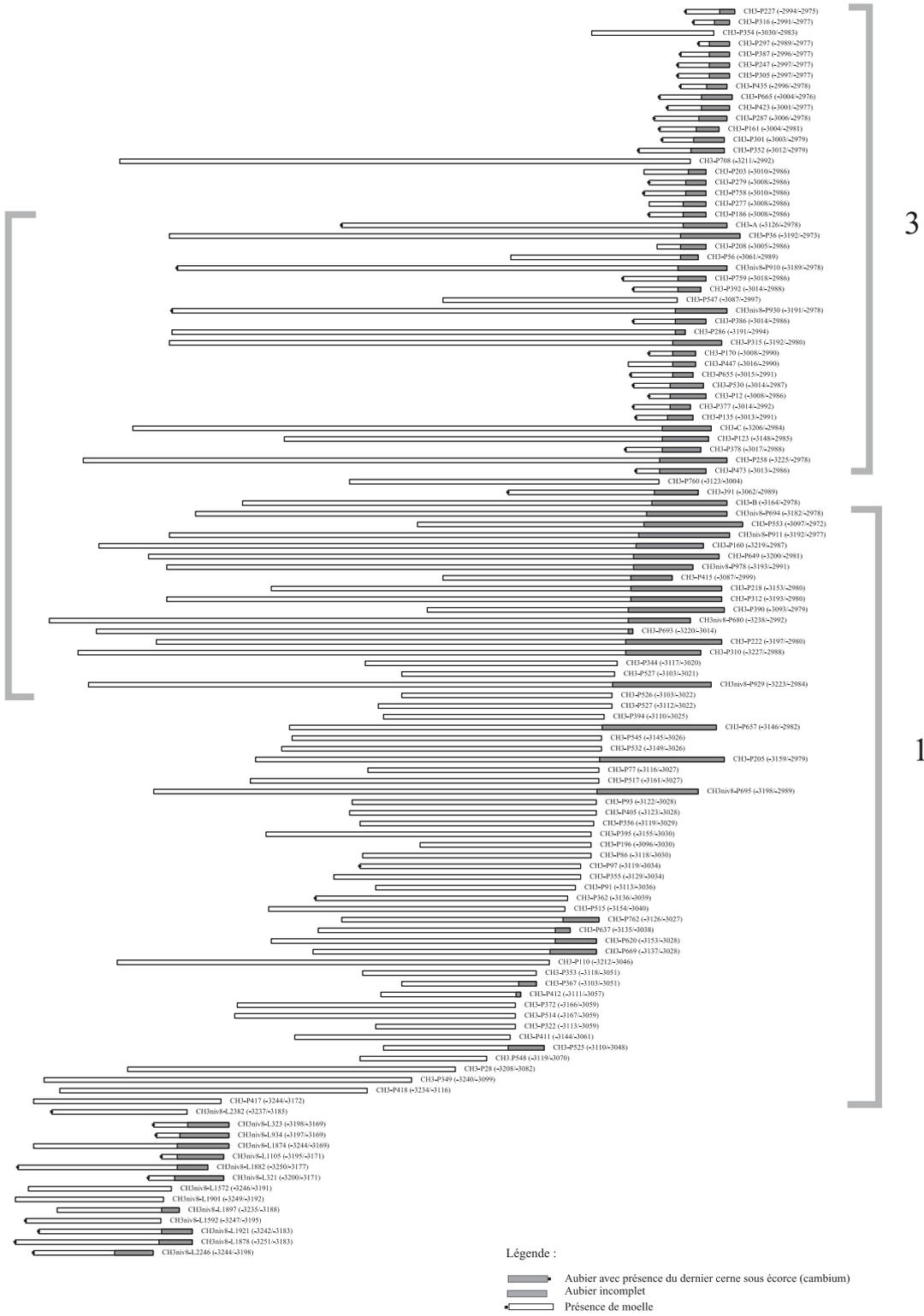


Figure 81. Chalain 3 : la synchronisation des bois jeunes et âgés permet d'appréhender une évolution de l'exploitation forestière

(Fig. 80b), pouvant atteindre plus d'un centimètre par an et ne dépassant pas 50 ans en moyenne.

Il est toutefois possible de dater certains bois jeunes (fig. 80c) s'ils font partie d'un lot dans lequel se trouvent des individus plus âgés. Ce bloc-diagramme illustre les séries de chêne de CH 3 (Fig. 81). On note la présence d'individus très âgés et de jeunes bois possédant des années caractéristiques (Schweingruber 1983, 1988) autorisant leur synchronisation. On peut ainsi supposer l'exploitation de trois groupes d'arbres d'âges différents. Il semblerait alors qu'après avoir exploité des arbres d'une centaine d'années (groupe 1), les cultivateurs néolithiques aient abattu des arbres plus âgés, au moment de la forte pression démographique du 30<sup>e</sup> siècle (groupe 2) ; ils auraient ensuite utilisé principalement des rejets de souche issus de la régénération forestière (groupe 3).

Cette étude des chênes et des frênes de moins de 50 ans montre les limites de la méthode : leur synchronisation et leur datation sont difficiles notamment en l'absence d'année caractéristique.

Néanmoins, l'exemple du site de CH3 montre qu'il ne faut pas négliger l'analyse de ces jeunes bois (Billard, Joly *et al.* 1997). En effet, leur rôle dans la compréhension des modifications environnementales et plus particulièrement dans l'interprétation de l'utilisation anthropique du milieu forestier, reste essentiel. On peut également tirer de cette étude des informations non négligeable sur la pression démographique et son impact sur l'état du milieu.

#### *Les courbes de croissance du chêne*

Le bloc diagramme de CH 3-22qu, avec cinq individus montre quatre bois très âgés de plus de 200 ans et un bois de 132 ans (Fig. 82a). Les bois âgés présentent des courbes de croissance plates et lisses qui laissent supposer un milieu forestier dense et fermé. Le pieu d'une centaine d'années, sa croissance est nettement plus dynamique et il n'a pas poussé dans le même milieu que les quatre autres.

Le bloc diagramme des courbes de croissance de CH 3-32qu montre cinq groupes de bois (Fig. 82b) :

- les bois jeunes présentent des courbes très diverses avec des croissances rapides, perturbées ou même déclinantes ;

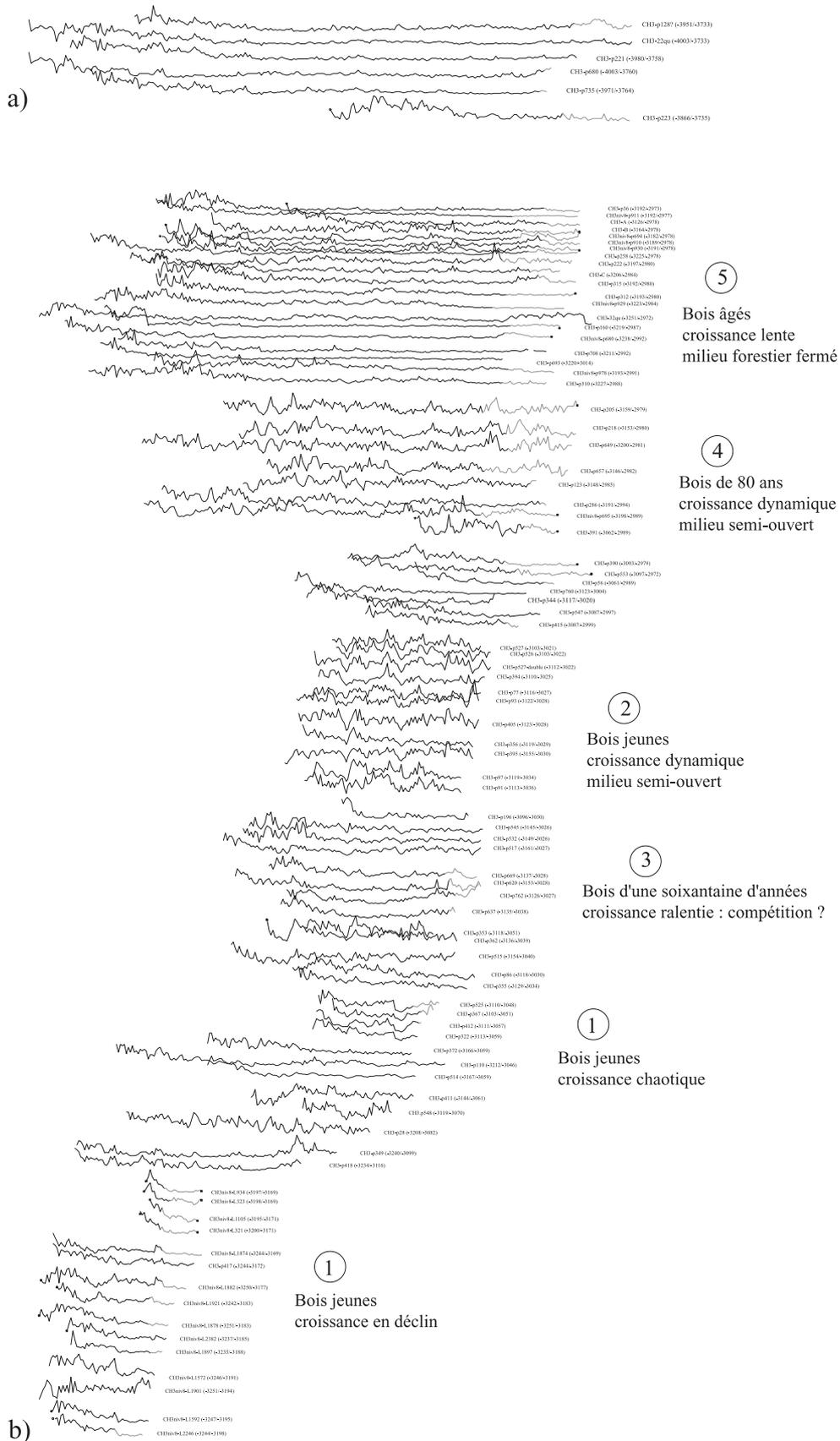


Figure 82. a) Courbes de croissance des chênes de CH 3-22qu  
b) Courbes de croissance des chênes de CH 3-32qu

- le deuxième ensemble comporte des bois d'une trentaine d'années dont les courbes se caractérisent par des alternances de pics et de chutes de croissance. Ces individus sont sans doute issus d'un milieu semi-ouvert ;
- le troisième lot rassemble des chênes d'une soixantaine d'années. Leur croissance, rapide pendant les vingt premières années, est ensuite sévèrement ralentie. On ne peut pas les qualifier de courbes lisses mais ce type de croissance tendrait à démontrer que ces arbres ont connu une forte compétition ;
- le quatrième groupe, avec des bois de 80 ans en moyenne, a le même type de croissance dynamique que le deuxième lot ;
- le dernier ensemble regroupe les bois les plus âgés avec une croissance très lente et laborieuse qui donne des courbes lisses. Ces bois sont issus d'un milieu forestier dense et fermé.

#### *Les courbes de croissance du frêne*

Le bloc diagramme des frênes de CH 3 montre trois types de croissance (Fig. 83) :

- le premier lot est composé de bois jeunes de 25 à 35 ans environ. Leur courbe se caractérise par une croissance rapide dans les premières années puis par une baisse constante et régulière de celle-ci. Ces jeunes arbres n'ont pas réussi à croître correctement dans un milieu à forte compétition ;
- le deuxième groupe rassemble des frênes de 70 ans présentant un type de croissance similaire à celui des chênes du deuxième et du quatrième groupe des chênes, bois abattus en milieu plutôt ouvert ;
- le troisième ensemble comporte des bois d'une petite centaine d'années avec une croissance identique à celle du cinquième lot des chênes, caractérisée par des courbes plates.

Les chênes et les frênes datés de CH 3 présentent des types de croissance divers issus de cinq milieux forestiers différents. Nous retrouvons les rejets de souche, le milieu semi-ouvert, voire ouvert, une ambiance forestière fermée et enfin les arbres provenant d'une forêt de type « primaire ».

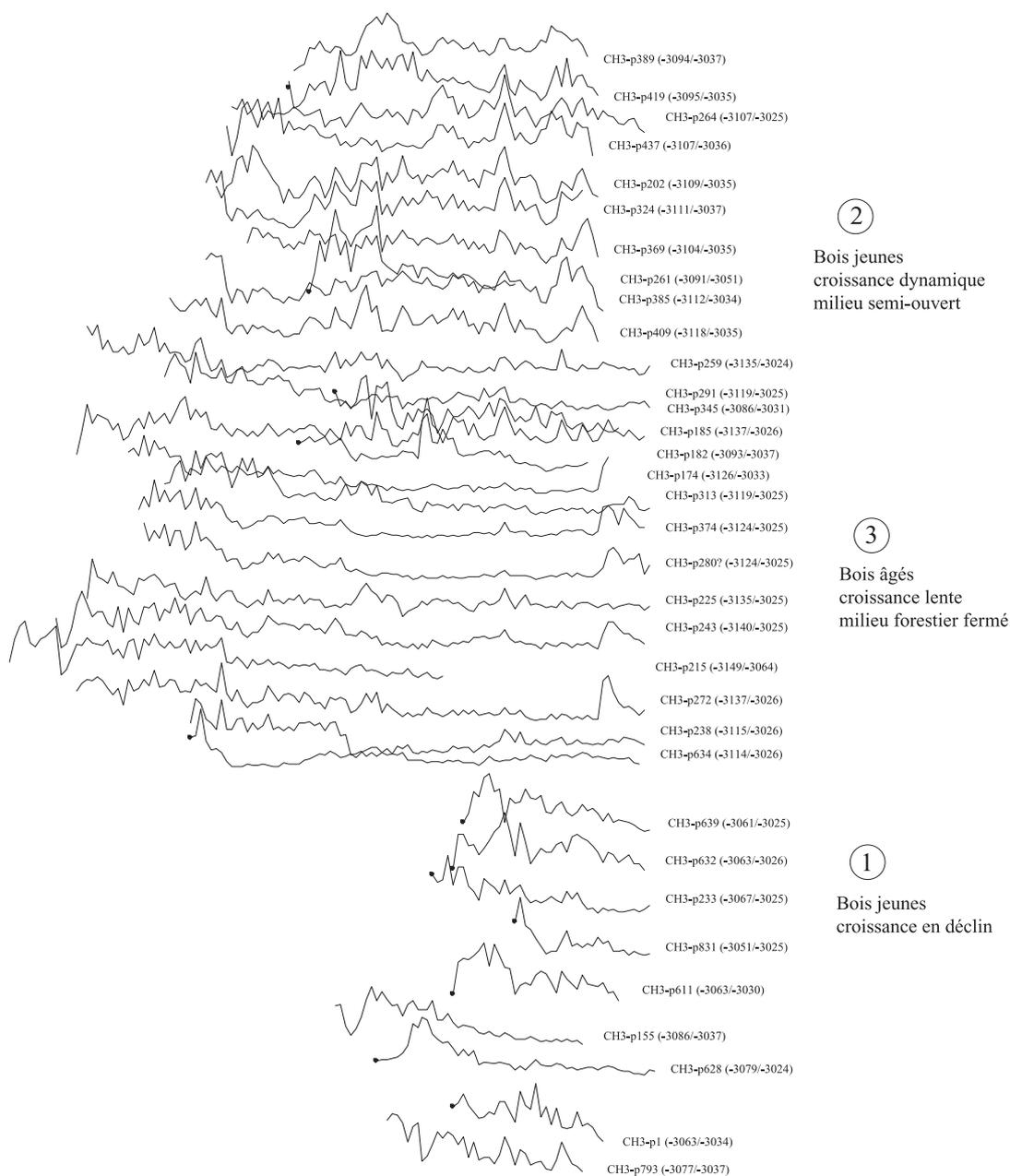


Figure 83. Courbes de croissance des frênes de CH 3-34fx

#### 1.1.5. Chalain 4 (CH 4)

Lors des trois campagnes de fouille à CH 4, 310 bois ont été prélevés : 212 chênes, 65 frênes et 33 appartenant à diverses essences.

Sur 182 mesurés, 125 chênes ont été intégrés dans une moyenne CH4-10qu longue de 248 ans (Lavier 1996) (Fig. 84). Datée à l'aide des chronologies établies sur la Suisse, l'Allemagne, Chalain, Clairvaux (Annexes 1), cette moyenne couvre la période 3248/3001 av. J.-C.

Caractéristiques :

- largeur moyenne des cernes : 116 1/100e mm
- cerne minimum : 54 1/100e mm
- cerne maximum : 257 1/100e mm
- écart type : 35 1/100e mm

*Estimation de l'aubier des chênes*

Sur les 125 chênes mesurés, 33 possèdent une partie de leur aubier et 18 ont encore leur dernier cerne sous écorce. En ne prenant en compte que les individus avec cambium, nous obtenons une estimation moyenne de 16,38 cernes. Lorsque l'on écarte le plus petit et le plus grand aubier, la différence entre les deux estimations est quasiment nulle (16,18 cernes).

Lorsque l'on prend tous les bois avec aubier, l'estimation diminue faiblement avec un nombre de cernes moyen de 15,98 et de 15,87 sans les aubiers minimum et maximum.

Une estimation par classes d'âges de 50 années montre les résultats suivants :

- un seul un bois de moins de 50 ans avec 12 cernes d'aubier,
- les bois (15) de 50 à 100 ans ont une moyenne de 13,66 cernes d'aubier,
- les bois (25) de 100 à 150 ans ont une moyenne de 17,84 cernes d'aubier,
- les bois (6) de 150 à 200 ans ont une moyenne de 14,33 cernes d'aubier,
- les bois (4) de 200 à 250 ans ont une moyenne de 16,5 cernes d'aubier.

*Les différentes phases d'abattage*

Les 18 aubiers complets correspondent à 10 années d'abattage ou de coupes : 3044, 3019, 3018, 3017, 3008, 3007, 3004, 3003, 3002 et 3001 av. J.-C. (Fig. 84 et 85a).

Pour la phase la plus ancienne, datée en 3044 av. J.C., un seul individu possède son aubier complet. Néanmoins sur le bloc diagramme nous observons qu'une dizaine de d'individus sans aubier pourraient faire partie de cet épisode chronologique.

Une autre phase est lisible sur le bloc diagramme vers 3035/3040 av. J.-C., malgré une absence totale de dernier cerne sous écorce. Elle se compose également d'une dizaine de chênes dont un possède quelques cernes d'aubier.

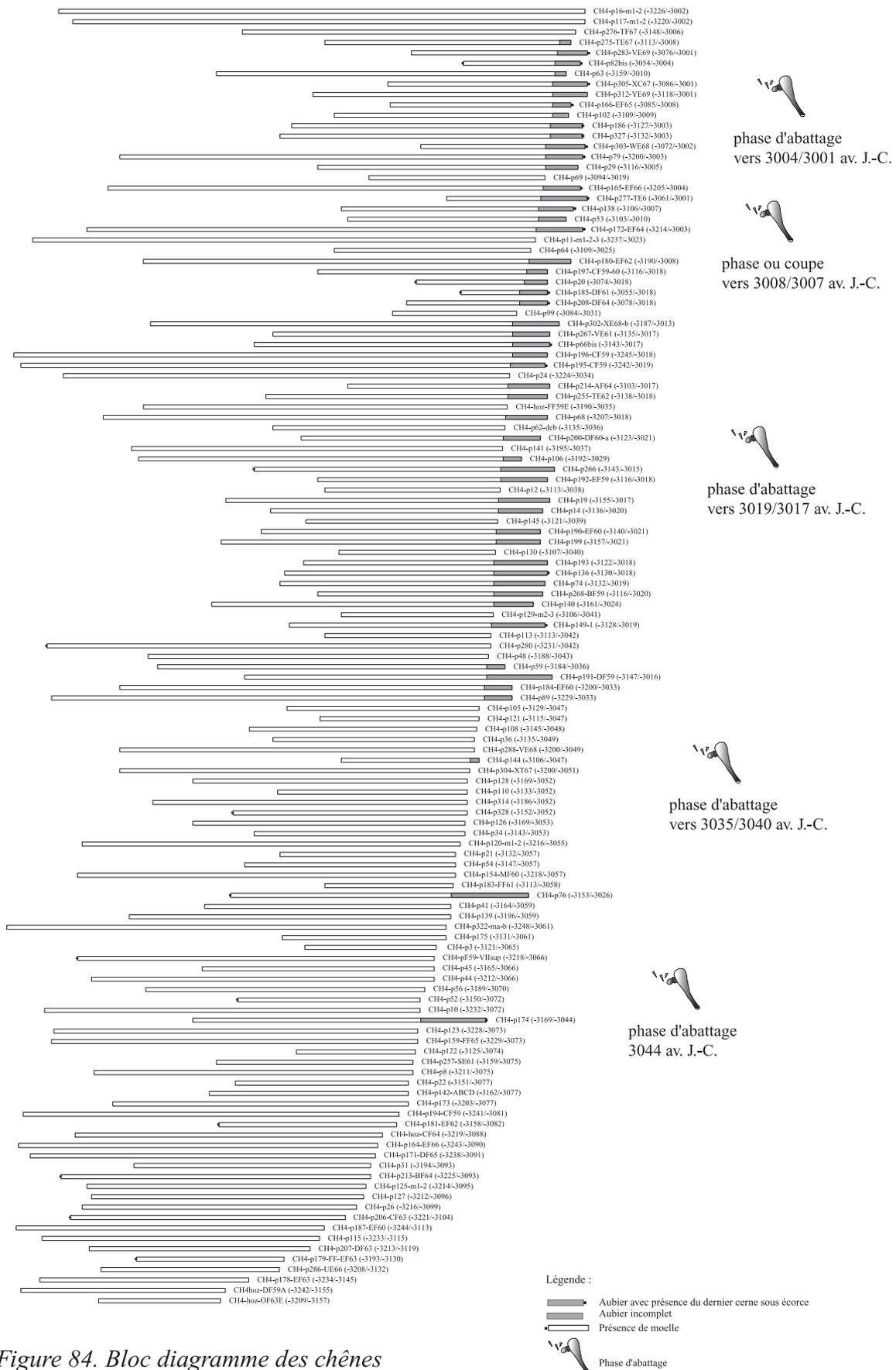
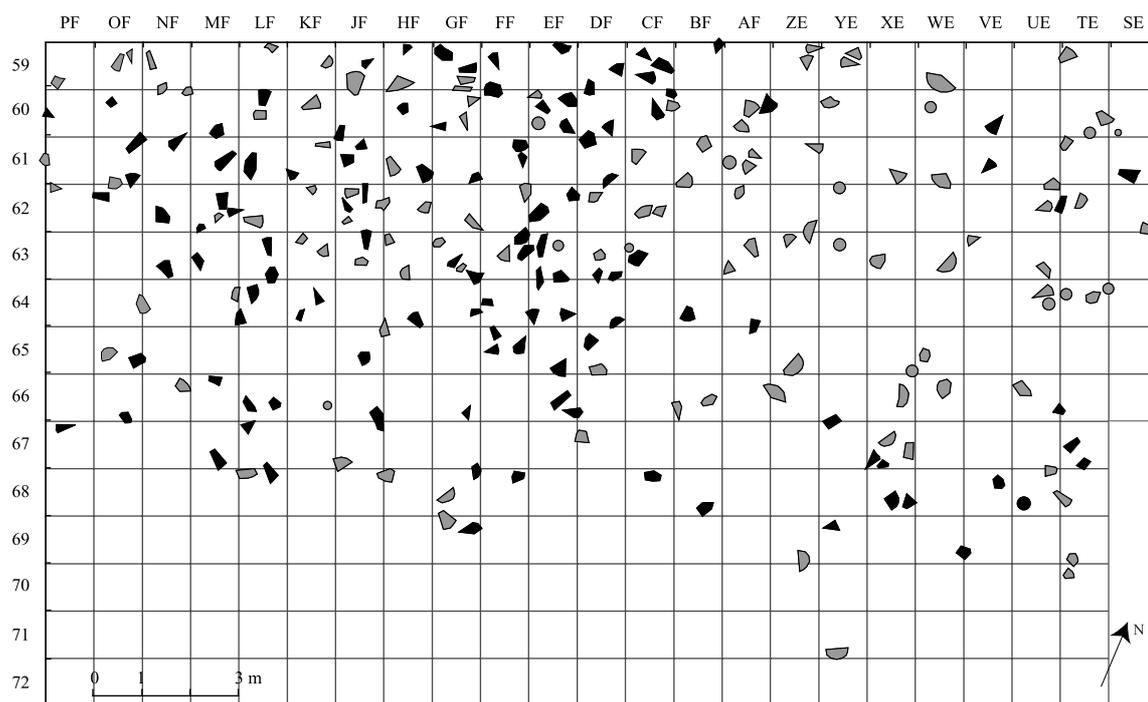


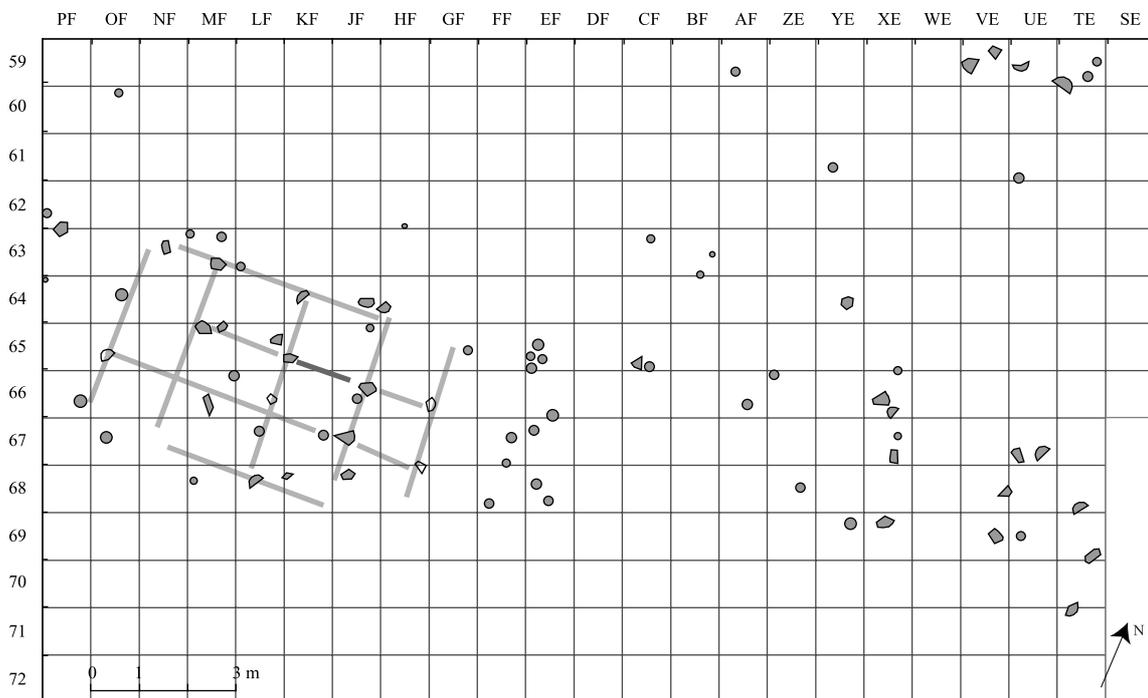
Figure 84. Bloc diagramme des chênes de CH 4-10qu 3248/3001 av. J.-C.



L'échelle des pieux est doublée par rapport à l'échelle du plan

a)

■ chênes datés  
■ chênes non datés



L'échelle des pieux est doublée par rapport à l'échelle du plan

b)

■ frênes  
□ autres

Figure 85. a) Plan des pieux en chêne

b) Plan des frênes et localisation d'une structure d'habitation

La phase suivante, en 3019/3017 av. J.-C. est représentée par 31 bois avec aubier et datés entre 3024 et 3017 av. J.-C.

La troisième phase, en 3008/3007 av. J.-C. comprend quatre individus dont un avec cambium.

Le dernier épisode se situe entre 3004 et 3001 av. J.-C. avec neuf aubiers complets et six incomplets.

Les trois bois les plus récents, vers 2990 av. J.-C., pourraient faire partie d'une autre phase liée à des réparations ou des extensions des habitats de Chalain 4 (Annexes 2).

Une trentaine de bois sans aubier reste difficile à attribuer à l'une ou l'autre des phases ci-dessus. Ces individus sont, pour la majorité, plus anciens que ceux des épisodes reconnus, avec un dernier cerne mesuré entre 3157 et 3081 av. J.-C.

Néanmoins, une dizaine de frênes non datés, localisés dans la zone comprise entre OF63/GF65 et PF66/HF68 a attiré notre attention (Fig. 85b). En effet, des alignements bien marqués sont lisibles sur le plan de pieux et semblent matérialiser une construction de 8m x 4m qui n'a pu être datée. De ces 10 années d'abattage ne subsiste aucun vestige de structure d'habitat.

Nous avons donc six phases d'abattage datées entre 3044 av. J.-C. et 2980/2970 av. J.-C. soit une occupation possible d'au moins 75 ans. Toutefois il ne faut pas oublier les bois anciens sans aubier qui attestent d'une présence humaine sur le site à partir du milieu du 32<sup>e</sup> siècle.

#### *Les courbes de croissance*

Les courbes de croissance des bois datés de CH 4 ne sont pas aussi hétérogènes que celles de CH 2 par exemple (Fig. 86). Nous retrouvons à CH 4 un grand nombre d'individus à croissance lisse et « plate » qui reflète un milieu forestier fermé. D'autres bois montrent des courbes sans grandes perturbations. Les pics visibles sont sans doute dus à des facteurs stationnels et/ou climatiques ; il reste difficile de démontrer une quelconque activité anthropique comme l'ouverture de la forêt liée à des défrichements.

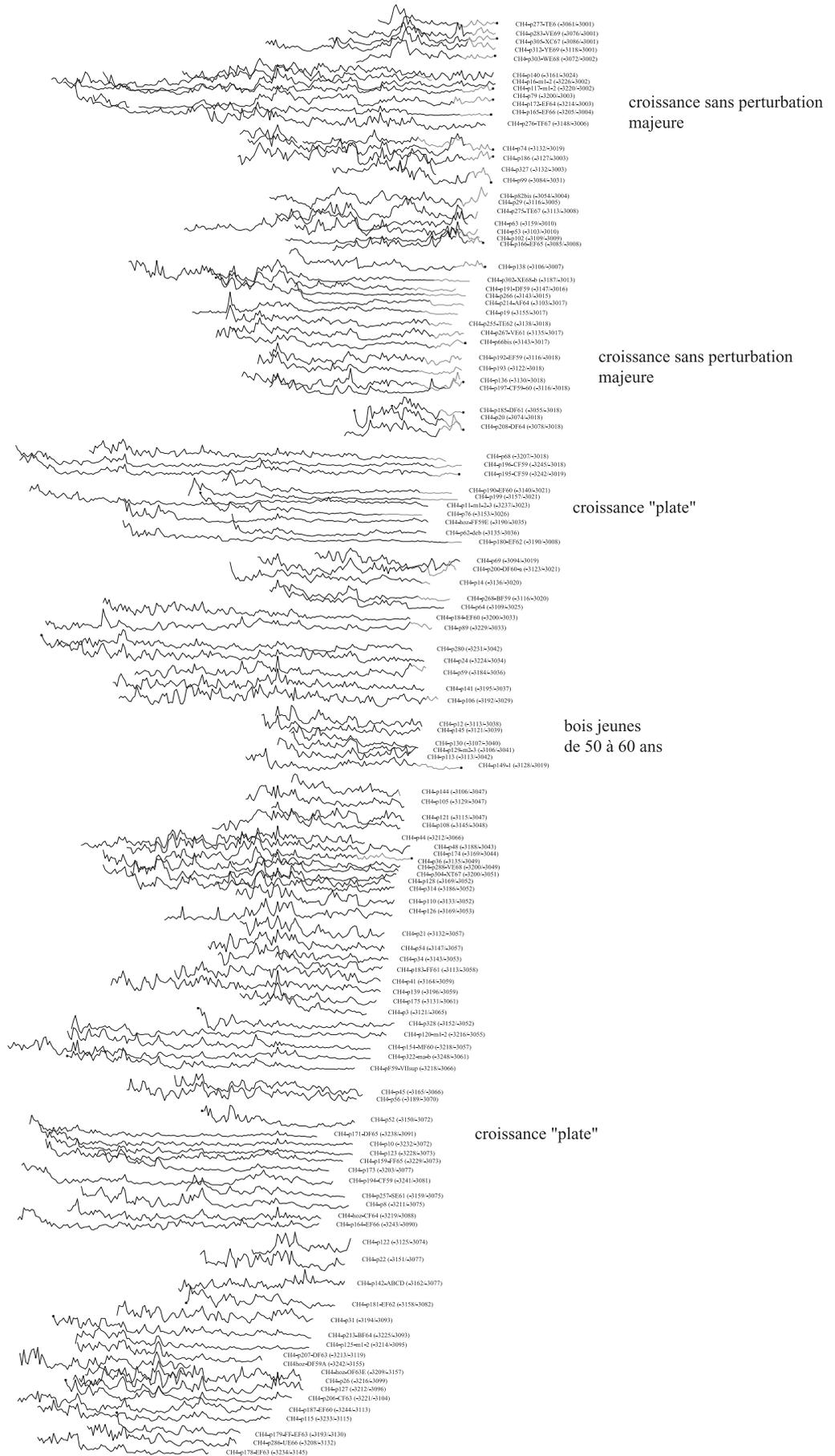


Figure 86. Courbes de croissance des chênes de CH 4-10qu

### 1.1.6. Chalain 5 (CH 5)

Sur un total de 92 bois prélevés sur ce site érodé, 37 sont en chêne. Une moyenne CH5-13qu de 22 individus (24 mesurés) a pu être réalisée, datée entre 3221 et 2970 av. J.-C. (Lavier 1996) (Fig. 87a).

Caractéristiques :

- largeur moyenne des cernes : 94 1/100e mm
- cerne minimum : 51 1/100e mm
- cerne maximum : 222 1/100e mm
- écart type : 24 1/100e mm

#### *Estimation de l'aubier des chênes*

Aucun individu ne possède de cambium et 14 ont encore leur aubier. L'estimation moyenne est de 15,5 cernes. Lorsque l'on écarte des calculs l'aubier le plus petit et l'aubier le plus grand, l'estimation est de 15,08 cernes.

Une estimation par classes d'âge de 50 années montre les résultats suivants :

- aucun bois n'a moins de 50 ans,
- les bois (5) de 50 à 100 ans ont une moyenne de 13 cernes d'aubier,
- les bois (5) de 100 à 150 ans ont une moyenne de 13,8 cernes d'aubier,
- les bois (4) de 150 à 200 ans ont une moyenne de 16,5 cernes d'aubier.

Les bois sont peu nombreux, toutefois une augmentation naturelle du nombre de cernes d'aubier en fonction de l'âge des bois est visible.

#### *La phase d'abattage de CH5*

Une seule phase d'abattage est attestée sur ce site (Fig. 87a et b). Elle est datée de 2970/2960 av. J.-C. malgré l'absence totale d'aubier complet (Annexes 1).

Quelques bois plus anciens et sans aubier (dernier cerne mesuré en 3001, 3011 et 3048 av. J.-C.) appartiennent certainement à des phases plus anciennes pour lesquelles nous n'avons pas d'information supplémentaire.



Figure 87. a) Bloc diagramme des chênes de CH5-13qu 3221/2970 av. J.-C.  
 b) Plan des pieux de CH 5  
 c) Courbes de croissance des chênes de CH 5-13qu

S'agissant de la lecture du plan des pieux, la reconstitution architecturale s'avère difficile en raison de l'absence de dernier cerne sous écorce et ce, même si quelques alignements de pieux semblent cohérents (Fig. 87b).

#### *La croissance des chênes*

Le type de croissance des chênes de Chalain 5 est tout à fait semblable à celui du site de CH 4. Près de la moitié des bois montre un accroissement très faible, avec des courbes « plates » correspondant à un milieu forestier très dense (Fig. 87c). Ce sont tous des arbres âgés de plus de 150 ans. Quatre individus ont une courbe de croissance régulière. Les autres bois ont connu quelques perturbations. Ces bois, plus jeunes, ont sans doute poussé dans un milieu plus ouvert.

#### *1.1.7. Chalain 6 (CH 6)*

Chalain 6 est également un site érodé. 201 pieux ont été relevés sur plan et 94 prélevés. Ces bois ont permis la réalisation d'une moyenne composée de 30 individus en chêne sur les 38 mesurés (Lavier 1996) (Fig. 88a). CH6-15qu est longue de 274 années avec une datation en 3230/2957 av. J.-C. sur cambium (Annexes 1).

Ses caractéristiques sont les suivantes :

- largeur moyenne des cernes : 89 1/100e mm
- cerne minimum : 43 1/100e mm
- cerne maximum : 165 1/100e mm
- écart type : 26 1/100e mm

#### *Estimation de l'aubier*

Les bois présentent une bonne conservation, puisque 22 échantillons possèdent leur aubier et sept leur dernier cerne sous écorce (Fig. 88a). En ne prenant en compte que les individus avec cambium, l'estimation moyenne est de 19,42 cernes. Lorsque l'on écarte des calculs le plus petit et le plus grand aubier, on obtient 18,8 cernes.

Si nous prenons tous les bois avec aubier, l'estimation diminue avec un nombre de cernes moyen de 17 et de 16,85 sans l'aubier minimum et maximum.

Une estimation par classes d'âge de 50 années montre les résultats suivants :

- les bois (3) de moins de 50 ans ont une moyenne de 16 cernes d'aubier,
- les bois (9) de 50 à 100 ans ont une moyenne de 16,55 cernes d'aubier,
- les bois (3) de 100 à 150 ans ont une moyenne de 17 cernes d'aubier,
- les bois (2) de 150 à 200 ans ont une moyenne de 16,5 cernes d'aubier,
- seul un bois se situe dans la tranche 200 à 250 ans et possède 19 cernes d'aubier,
- les bois (5) de 250 à 300 ans ont une moyenne de 18,6 cernes d'aubier.

Toutes les classes d'âge sont représentées : des bois très jeunes de 25-30 ans, des arbres très âgés (271 années pour le plus vieux), ainsi que des arbres de 80/90 ans.

#### *Les phases d'abattage*

La phase d'abattage la plus ancienne est repérée en 2963 av. J.-C. avec huit individus dont un cambium. Aucune structure architecturale n'est visible pour cette période. La seconde phase, comportant 14 bois, est regroupée sur trois années et datée en 2958/2957/2956 av. J.-C. avec six cambiums (Fig. 88a et b). Ces pieux forment deux alignements perpendiculaires, vestiges probables d'une construction (Annexes 2).

N'oublions pas que seul un tiers des bois a pu être intégré dans la moyenne, qui par conséquent, n'est pas représentative de l'ensemble des occupations du site reconnues stratigraphiquement (Pétrequin *et al.* 1991).

#### *Les courbes de croissance*

Des observations sur les bois indiquent que les chênes âgés n'ont pas de nœud visible, ce qui est le signe d'une forêt peu/pas touchée par les défrichements. Cette observation est tout à fait en concordance avec les courbes de croissance. En effet, ces chênes de plus de deux cents années avec des diamètres de près de 40 cm, ont un accroissement limité représenté par des courbes « plates », signe d'un milieu fermé sans action anthropique visible (Fig. 88c). *A contrario*, les bois jeunes ont une croissance forte, liée sans doute à un milieu ouvert.

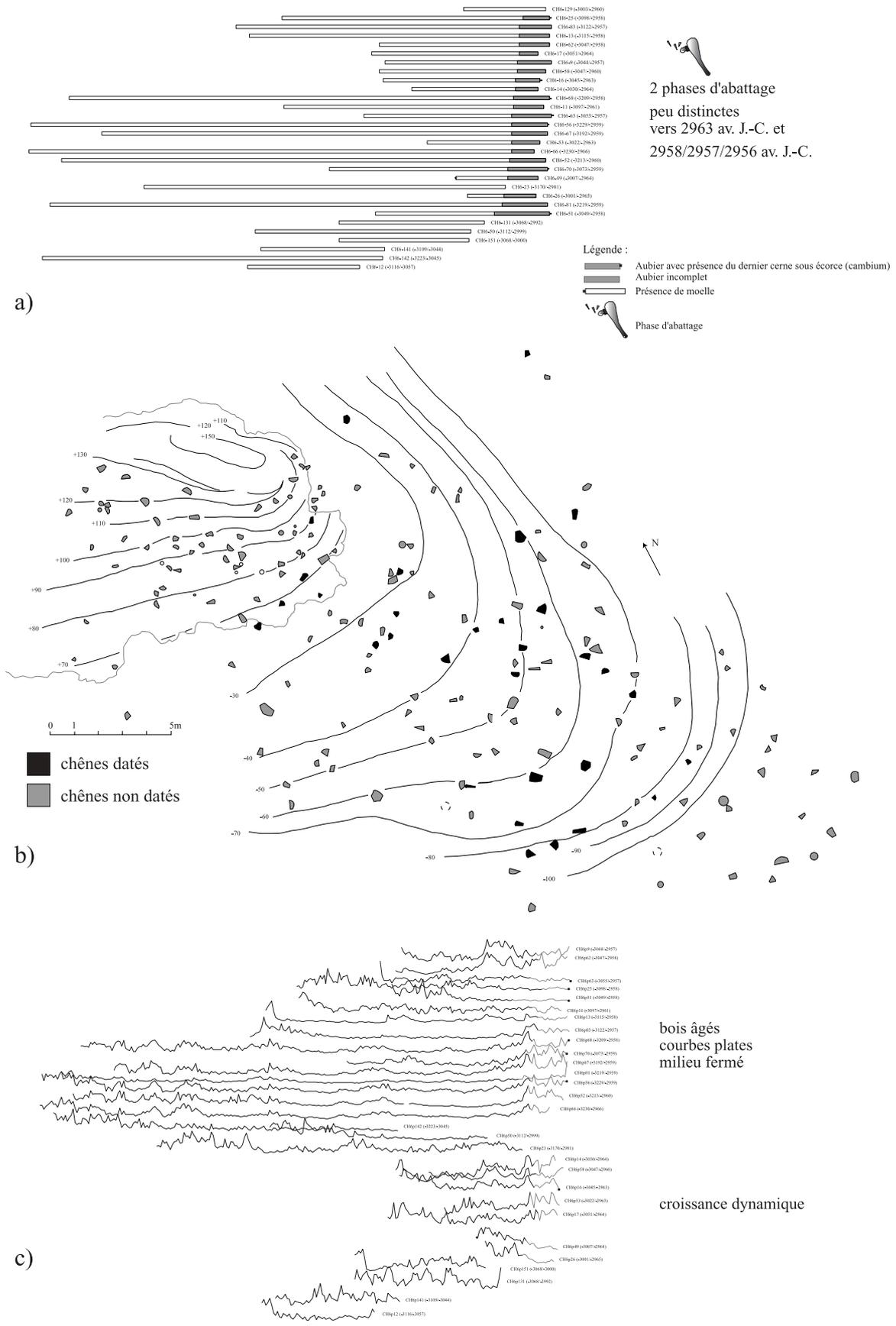


Figure 88. a) Bloc diagramme des chênes de CH6-15qu 3221/2970 av. J.-C.  
b) Plan des pieux de CH 6  
c) Courbes de croissance des chênes de CH 6-15qu

## *1.2. La zone archéologique de « Doucier »*

La zone archéologique de Doucier se situe au sud de la rive occidentale du lac de Chalain (Fig. 68). Les premiers sondages terrestres ont commencé en 1995, lors du repérage du site de CH 19.

### *1.2.1. Chalain 19 (CH19)*

Le site de Chalain 19 est situé sur la zone archéologique de Doucier, en face de la zone archéologique de la Prise d'eau. CH19 est un site où les occupations se sont succédé pendant deux siècles et demi (cf. chapitre 1 et 2).

## *1.3. Sites immergés*

Les sites immergés que nous allons étudier sont localisés à proximité de la rive occidentale pour CH 20 et 21, et sur la rive nord pour les stations de CH 7 et CH 8. Des prélèvements dendrochronologiques ont été effectués en plongée sur ces quatre sites afin de définir précisément leur attribution chronologique.

### *1.3.1. Chalain 7 (CH 7)*

Chalain 7 est un site immergé sur la rive nord du lac de Chalain. L'ensemble de la station a glissé dans le lac, avec l'effondrement de la beine lacustre ; il se situe à 150 m du rivage entre 12 et 15 m de profondeur. En 1993, les prospections subaquatiques ont permis de remonter quelques bois : 14 pieux en chêne et un pieu en frêne ont été mesurés ainsi qu'un pieu de 15 cm de diamètre en sapin non mesuré (Fig. 89a).

Les séquences individuelles n'ont pu être synchronisées de manière satisfaisante. Six pieux en chêne ont pu être datés individuellement grâce aux chronologies suivantes : les 15 moyennes de CH 19, CL MM 83.MQ, CH 6.15.MQ, CL IV 35.NMQ, CH 2 15.MQ, CH3 M32.MQ, CH4 M10.NMQ et JURANEO6 (Annexes 1).

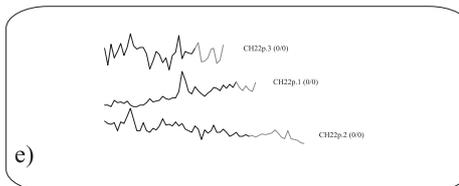
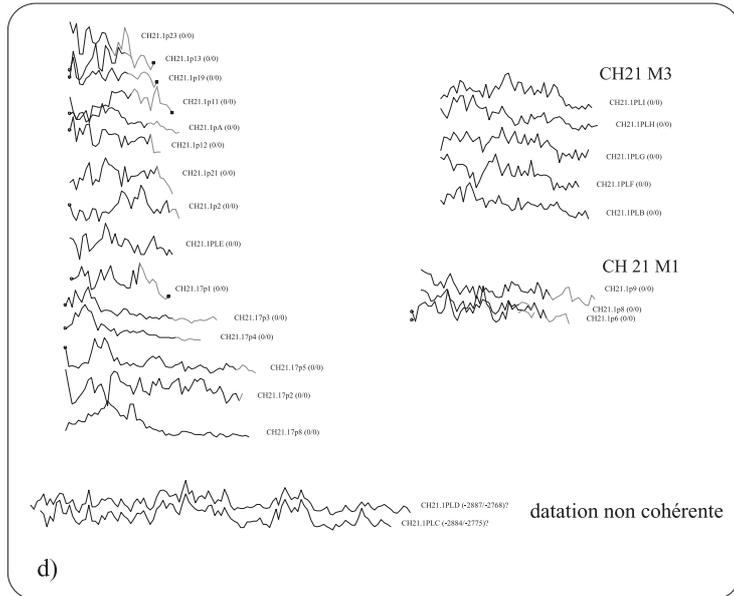
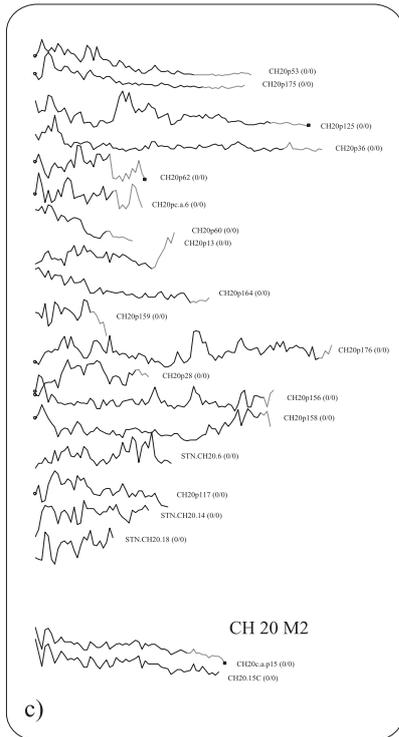
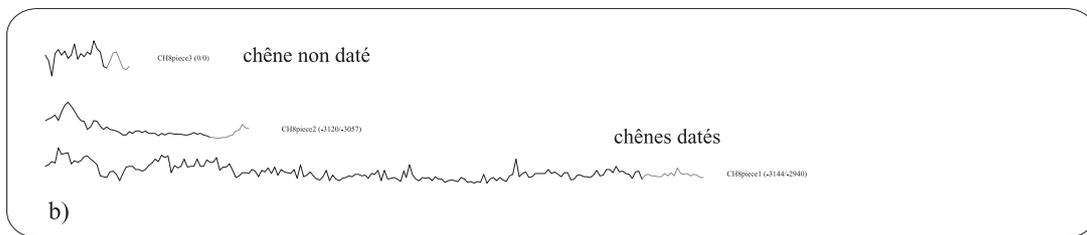
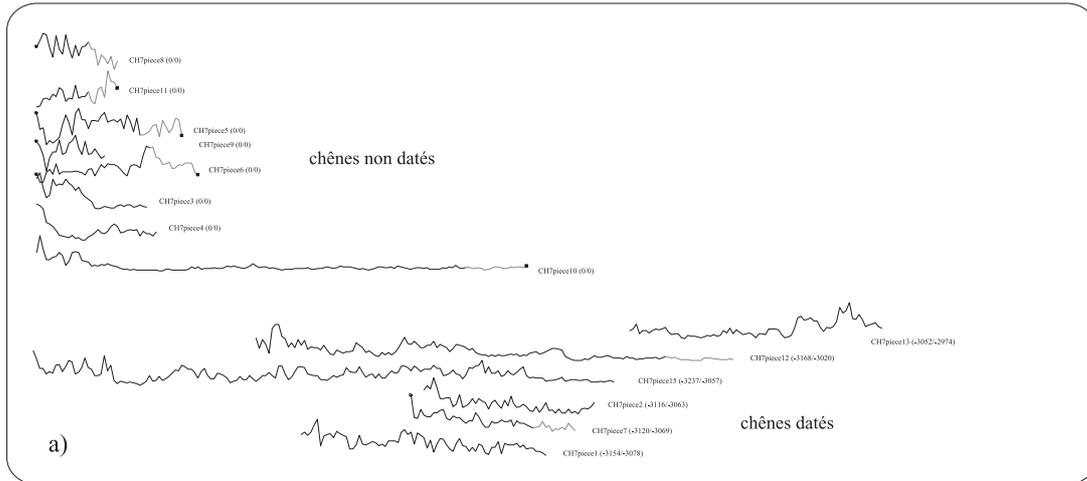


Figure 89. a) CH 7, courbes de croissance des chênes datés et non datés  
 b) CH 8, courbes de croissance des chênes datés et non datés  
 c) CH 20, courbes de croissance des chênes non datés  
 d) CH 21.1, courbes de croissance des chênes datés et non datés  
 e) CH 22, courbes de croissance des chênes

Leur datation apparaît dans le tableau suivant :

<i>nom</i>	<i>âge</i>	<i>datation</i>	<i>Aubier</i> o = oui n = non
p1	77 ans	3154/3078	n
p2	54 ans	3116/3063	n
p7	52 ans	3120/3169	o
p12	149 ans	3168/3020	o
p13	79 ans	3052/2974	n
p15	181 ans	3237/3057	n

Tableau 12. Datation des chênes de CH 7

Aucun des pieux ne possède de cambium et le nombre de cernes d'aubier est faible. Néanmoins la datation individuelle de ces quelques pieux permet d'affirmer que l'occupation de ce site aurait duré au minimum deux siècles.

### 1.3.2. Chalain 8 (CH 8)

À quelques dizaines de mètres du site de CH7, CH8 a également glissé dans le lac avec l'effondrement des rives. En 1993, les prospections subaquatiques ont permis de remonter quelques bois : trois chênes ont été mesurés dont deux de plus de 50 ans (Fig. 89b).

Le bois n°1 est âgé de 205 années avec aubier incomplet. Sa datation, basée sur cinq moyennes de CH 19 est de 3144/2940 av. J.-C. Le deuxième chêne est âgé de 64 ans avec aubier incomplet. Il est daté de 3120/3057 av. J.-C. à partir de six des moyennes de CH19 (Annexes 1).

Uniquement synchronisés sur les moyennes de CH 19, les bois de CH 7 et CH 8 ont sans doute poussé dans une ambiance écologique proche de celle des bois de CH 19.

Nous pouvons estimer aujourd'hui que les stations de CH 7 et CH 8 ont connu des occupations entre le 32<sup>e</sup> et le 30<sup>e</sup> siècle av. J.-C.

1.3.3. *Chalain 20 (CH 20)*

Un nombre important de bois a été prélevé sur ce site mais il est actuellement très difficile de le dater précisément. En effet, les individus mesurés n'ont que peu de cernes malgré des diamètres de plus de 30 cm. Nous avons sélectionné une vingtaine de bois (Fig. 89c) qui ont été mesurés : ils ont entre 26 et 93 ans, avec une majorité d'entre eux entre 30 et 55 ans. Une moyenne de trois bois a été réalisée, cependant aucune date n'a été retenue en l'absence de corrélation avec la typologie des artefacts présents.

1.3.4. *Chalain 21 (CH 21)*

Les bois de CH 21 ont les mêmes caractéristiques que ceux de CH 20. Une trentaine d'individus sélectionnés ont été mesurés. La majorité a entre 25 et 45 ans. Deux moyennes, comportant trois et cinq individus ont été constituées (Fig. 89d). Malheureusement, aucune datation n'a été obtenue. Deux datations au 28<sup>e</sup> siècle ont été obtenues sur deux individus de plus d'une centaine d'années. Ces datations ne sont pas cohérentes avec les artefacts mis au jour lors des plongées.

1.3.5 *Chalain 22 (CH 22)*

Seuls trois pieux ont été mesurés sur ce site. Comme pour CH 20 et CH 21, ce sont principalement des bois jeunes qu'il n'a pas été possible de dater (Fig. 89e).

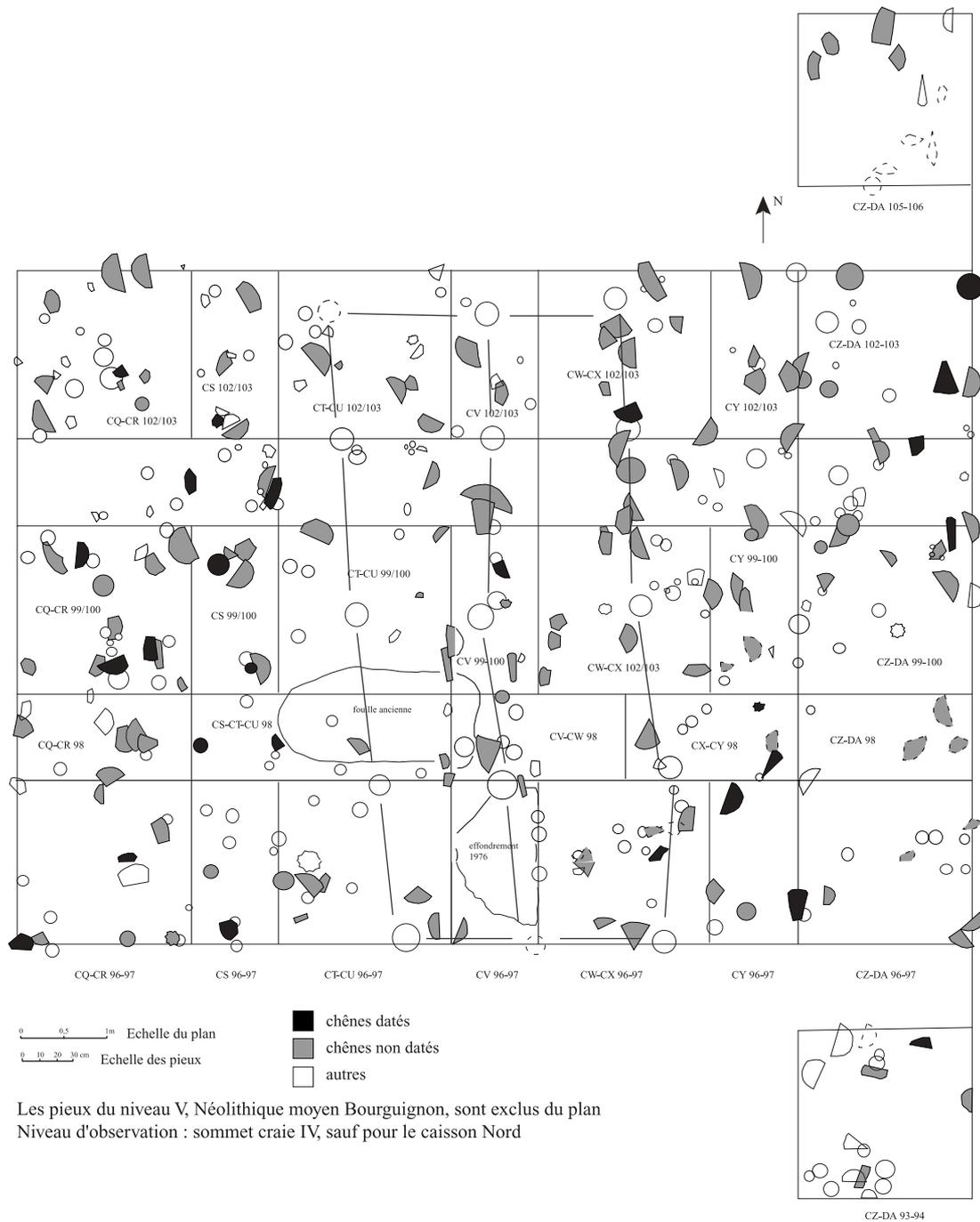


Figure 90. Plan des pieux de La Motte-aux-Magnins

## 2. Chronologies du lac de Clairvaux

### 2.1. Le Néolithique final

Trois sites ont été fouillés pour cette période, CL MM, CL III, CL IV. Ils entrent dans un programme de recherche entre 1970 et 1984, pour établir la chronologie du Néolithique jurassien de 3700 à 2400 av. J.-C. En 1996, une évaluation archéologique est effectuée sur CL X, permettant de prélever une dizaine de pieux.

#### 2.1.1. Clairvaux La Motte-aux-Magnins (CL MM)

Cette station a fait l'objet de fouilles programmées entre 1970 et 1983, années pendant lesquelles près de 250 pieux ont été prélevés (Fig. 90). Quatre moyennes ont été constituées par C. Lavier, CL MM-83qu, CL MM-102qu, CL MM-101qu et CL MM-niv5.1qu (Lambert et Lavier 1989a). Les deux dernières moyennes n'ont pas été datées. CL MM-101qu est composée de 29 individus sur 151 années et CL MM-niv5.1qu de quatre individus sur 76 années.

Datée par C. Lavier, CL MM-83qu comporte huit individus et s'étend de 3215 à 2978 av. J.-C. (Annexes 1). Cinq bois ont un aubier incomplet mais aucun cambium n'a été conservé (Fig. 91a).

Depuis peu, une proposition de datation a été faite concernant la moyenne CL MM-102qu. Cette dernière comporte 28 chênes sur une durée de 219 années. Tout en restant une hypothèse de datation, la moyenne CL MM-102qu est synchronisée avec plusieurs chronologies du site de CH 19, avec une origine en 3134 et un terme en 2916 av. J.-C. (Annexes 1). Là encore cette synchronisation laisse supposer que certains bois de CH 19 et de La Motte-aux-Magnins ont connu des conditions de croissance comparables. Aucun dernier cerne sous écorce n'est présent, par contre le nombre de bois avec aubier est conséquent avec 21 aubiers incomplets sur les 28 bois composant cette moyenne (Fig. 91b). Malgré cette nouvelle datation pour le site de La Motte-aux-Magnins, il est très difficile de distinguer les phases d'abattage. En effet, les séquences sont continues entre le bois le plus ancien (3077 av. J.-C.) et le bois le plus récent (2916 av. J.-C.).

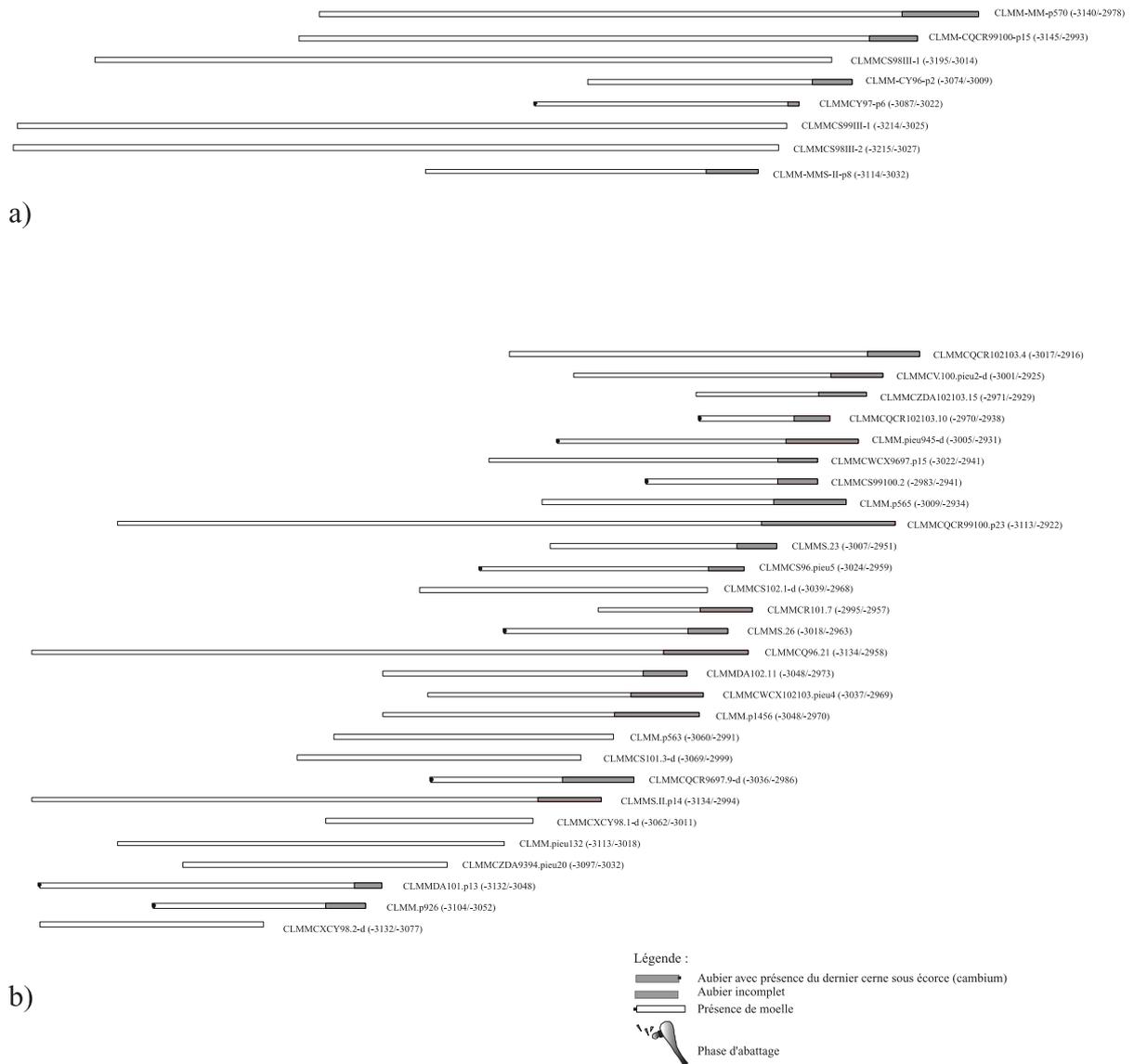


Figure 91. a) Bloc diagramme des composante de CLMM-83qu  
 b) Bloc diagramme des composante de CLMM-102qu

Caractéristiques de la moyenne MM83qu :

- largeur moyenne des cernes : 103 1/100e mm
- cerne minimum : 43 1/100e mm
- cerne maximum : 211 1/100e mm
- écart type : 35 1/100e mm

Caractéristiques de la moyenne MM102qu :

- largeur moyenne des cernes : 156 1/100e mm
- cerne minimum : 91 1/100e mm
- cerne maximum : 321 1/100e mm
- écart type : 30 1/100e mm

#### *Estimation de l'aubier*

Nous avons pris en compte l'ensemble des pieux composant les deux moyennes pour réaliser l'estimation de l'aubier.

Sur les 36 chênes datés, 26 possèdent encore leur aubier. L'estimation est de 13,73 et de 16,37 lorsque l'on écarte l'aubier minimum et maximum.

Une estimation par classes d'âge de 50 années montre les résultats suivants :

- les bois (4) de moins de 50 ans ont une moyenne de 11 cernes d'aubier,
- les bois (16) de 50 à 100 ans ont une moyenne de 13,25 cernes d'aubier,
- les bois (2) de 100 à 150 ans ont une moyenne de 14,5 cernes d'aubier,
- les bois (4) de 150 à 200 ans ont une moyenne de 21,25 cernes d'aubier.

Le nombre de bois par catégorie est statistiquement peu représentatif. Seul le nombre de cernes des bois âgés de 50 à 100 ans est comparable à celui des chênes des autres sites.

#### *Courbes de croissance*

La croissance des bois de La Motte-aux-Magnins est également hétérogène (Fig. 92). Les individus composant la moyenne CLMM-83qu sont en majorité des bois âgés : trois individus à courbes de croissance lisses, très homogènes et deux pieux dont la croissance

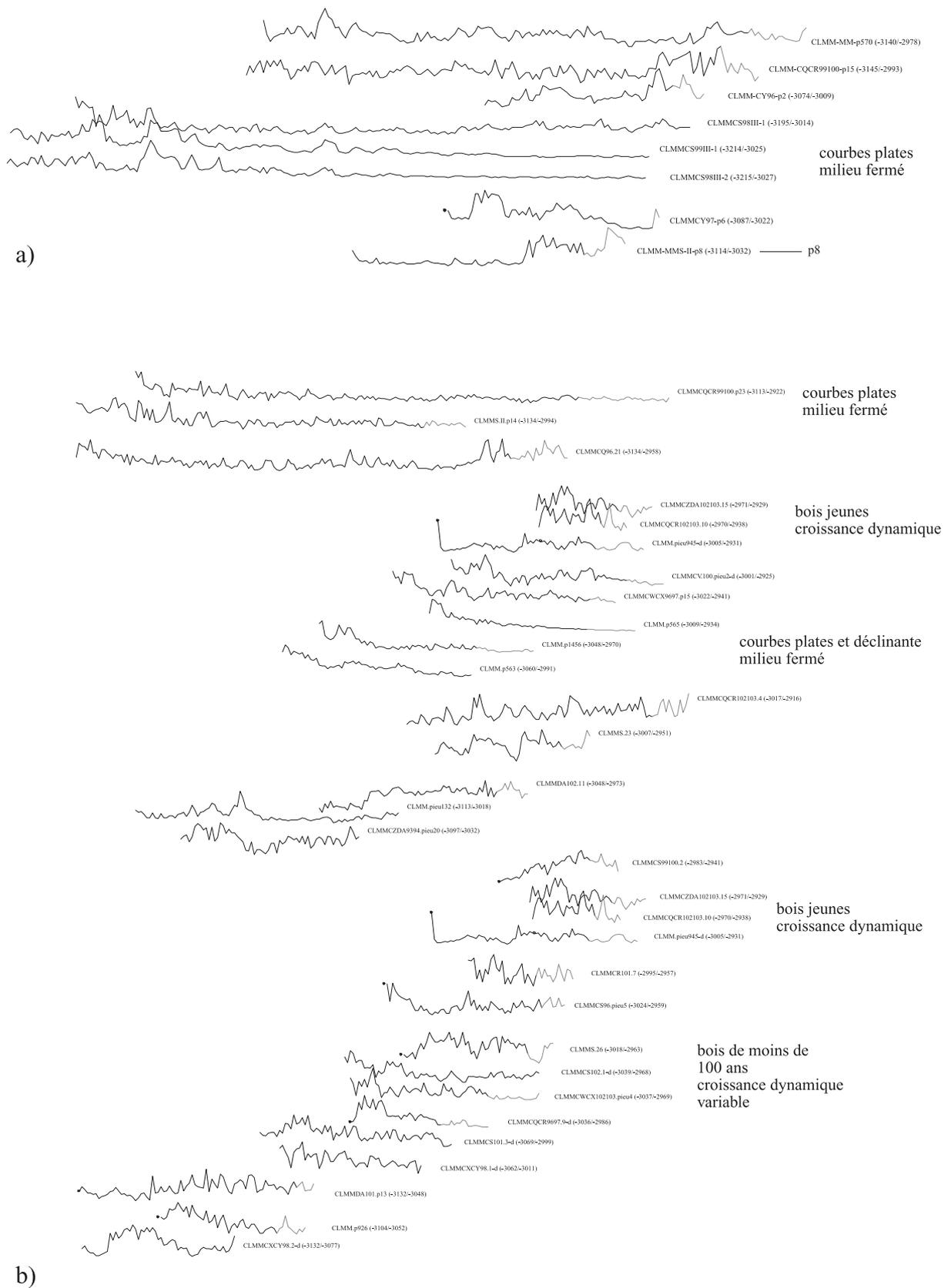


Figure 92. a) Courbes de croissance des chênes de CLMM 83qu  
 b) Courbes de croissance des chênes de CLMM 102qu

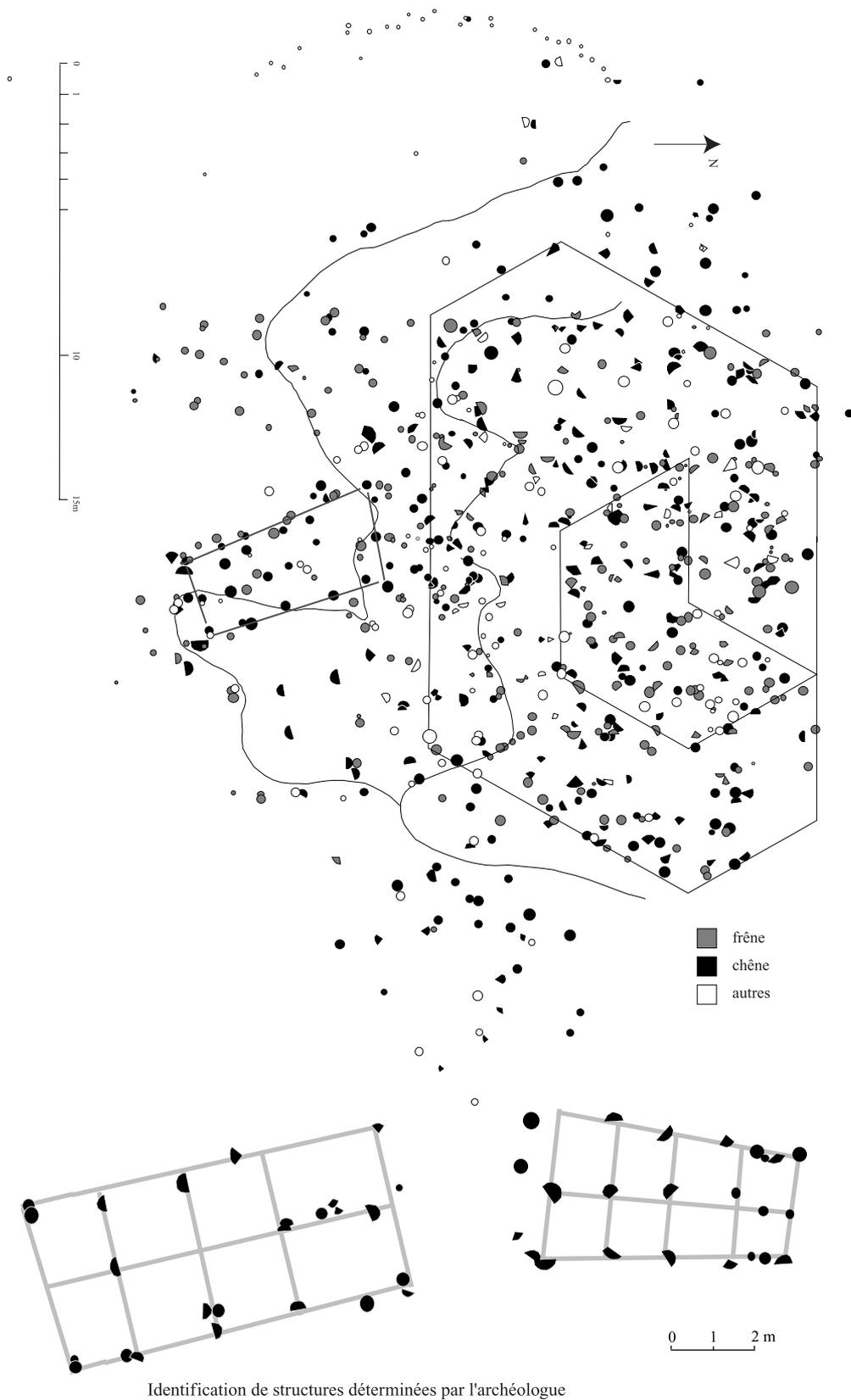


Figure 93. Plan des pieux de Clairvaux III

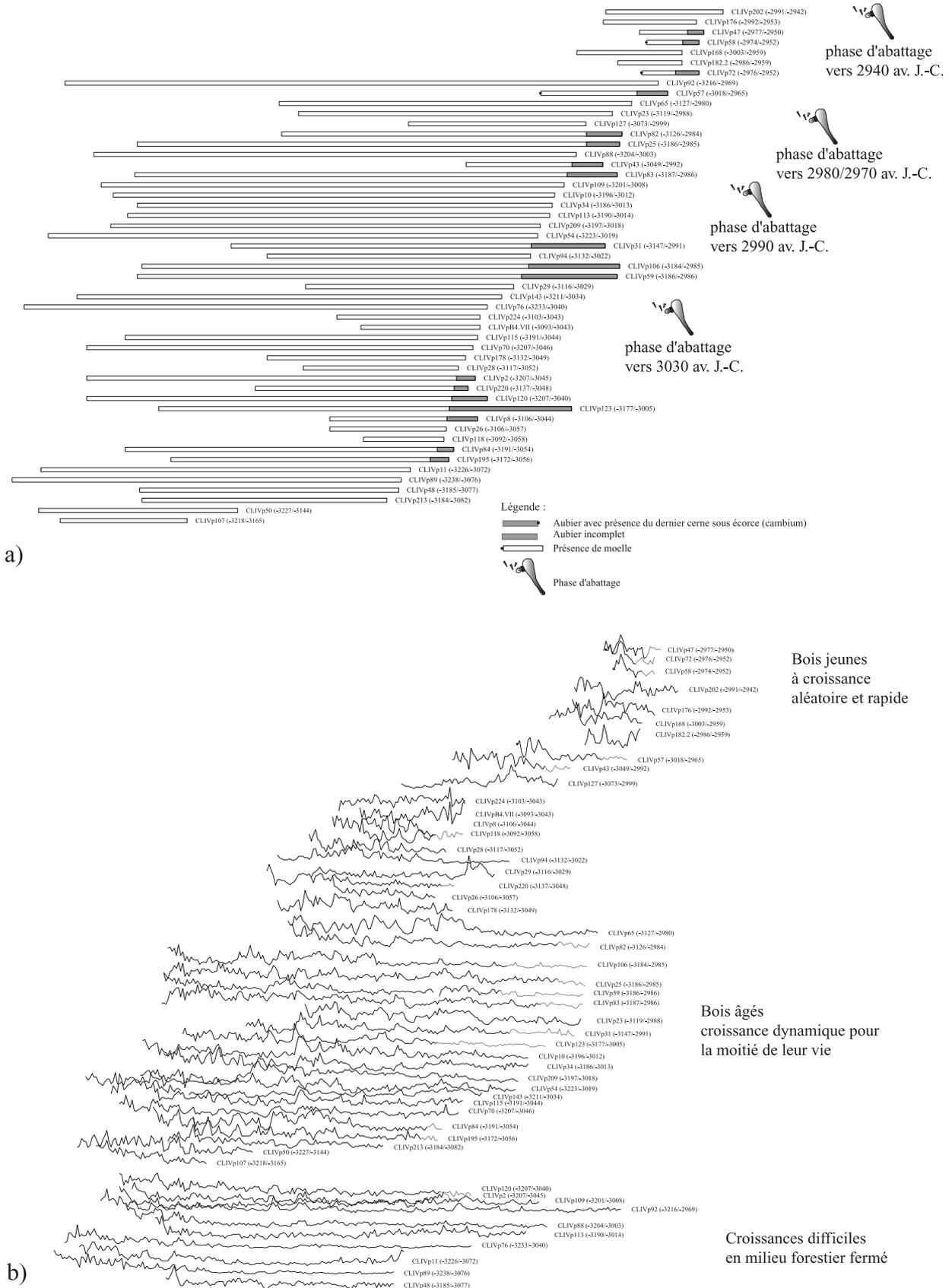


Figure 94. a) Bloc diagramme des chênes de CL IV M35qu 3238/2942 av. J.-C.  
 b) Courbes de croissance des chênes CL IV M35qu

annuelle est un peu moins régulière. Les trois pieux restants ont quant à eux une soixantaine d'années. Le pieu n° 8 a connu une croissance particulière : pendant une quarantaine d'années son accroissement a été très faible, puis s'est brusquement accentué. Ce phénomène est sans doute dû à un changement dans son environnement : soit il a atteint le premier étage forestier (ce qui est peu probable, vu son accroissement réduit pendant quarante ans), soit il y a eu éclaircissement ou défrichement à proximité immédiate.

La moyenne CLMM-102qu regroupe plusieurs types de croissance. Les bois les plus âgés montrent également des courbes lisses. Les individus entre 40 et 60 ans ont des types de croissance très variés et proviennent sans aucun doute de stations forestières différentes.

### 2.1.2. Clairvaux III (CL III)

Ce site immergé a été fouillé partiellement en 1974 sur une surface d'environ 48 m<sup>2</sup>, (Mordant, Beeching *et al.* 1984 ; Pétrequin 1986) mais les pieux ont été prélevés sur 320 m<sup>2</sup> (Fig. 93). Nous avons construit deux moyennes avec trois frênes et deux chênes. Malgré plusieurs tentatives, aucune datation cohérente n'a été obtenue.

### 2.1.3. Clairvaux IV (CL IV)

La campagne de fouille a été réalisée en 1984 sur une cinquantaine de mètres carrés. Un lot de 51 chênes a été intégré dans la moyenne CL IV-M35qu (Lavier 1996 ; Lambert 1988). Longue de 297 années, elle a été datée en comparaison avec les chronologies suisses et allemandes (Annexes 1), avec une origine en 3238 av. J.-C. et un dernier cerne mesuré en 2942 av. J.-C. Avec 18 aubiers incomplets et aucun dernier cerne sous écorce, trois phases d'abatage sont mises en évidence entre les années 3040 et 2970 av. J.-C. (Fig. 94a). Ces phases sont situées vers 3030/3020 av. J.-C., 2990 av. J.-C. et 2980/2970 av. J.-C. (Annexes 2). Une quatrième occupation est possible aux environs des années 2940 av. J.-C., caractérisée par des bois jeunes de moins de 50 ans.

Quelques pieux tirés par clivage du même chêne ont permis la reconnaissance d'une structure bien visible sur le plan (Fig. 95) (Nicoud 1988). Cependant aucun de ces pieux n'a pu être daté.

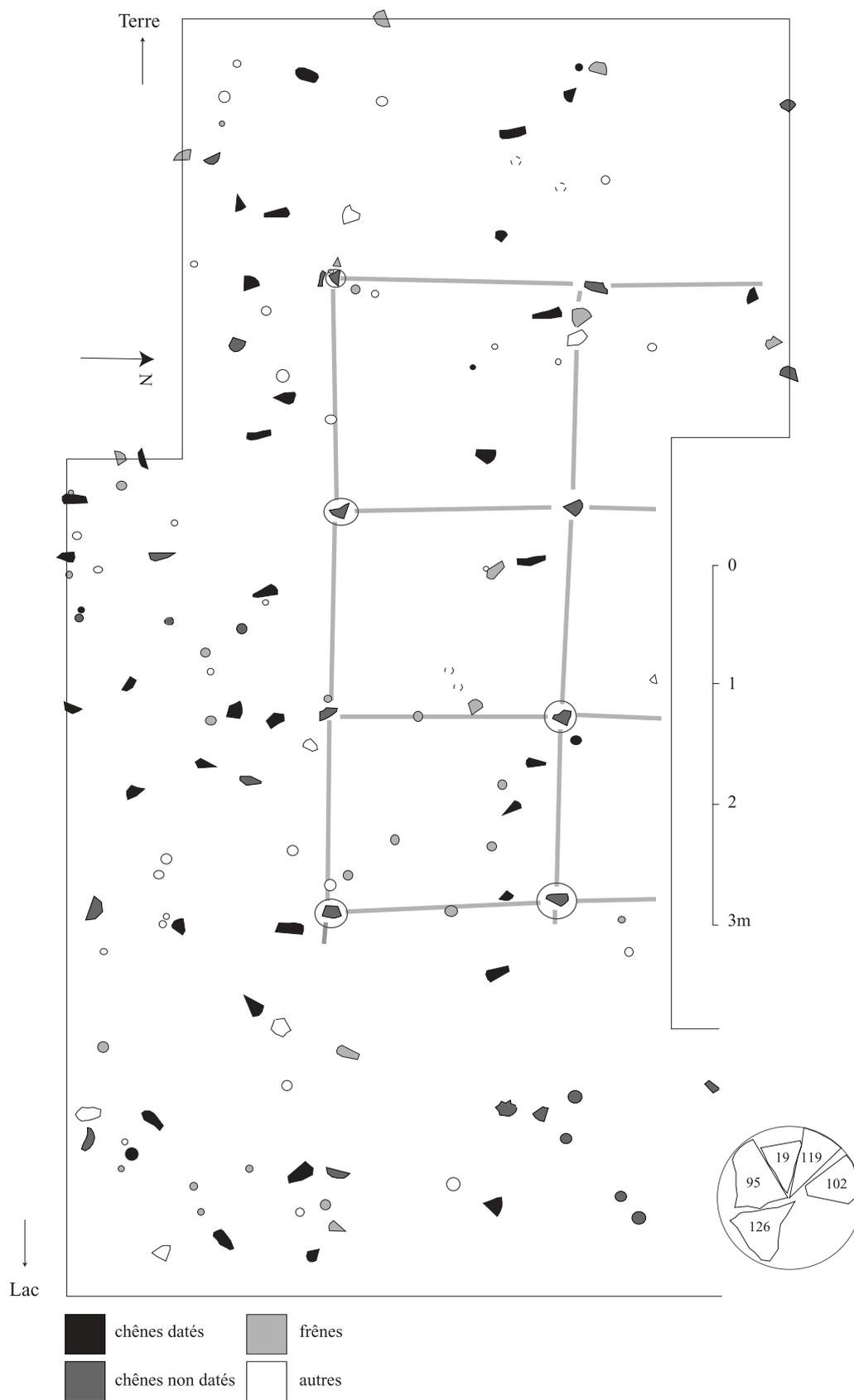


Figure 95. Plan des pieux de CL IV

Caractéristiques de la moyenne CL IV-M35qu :

- largeur moyenne des cernes : 131 1/100e mm
- cerne minimum : 69 1/100e mm
- cerne maximum : 358 1/100e mm
- écart type : 54 1/100e mm

#### *Estimation de l'aubier*

Étant donné qu'aucun bois de Clairvaux IV ne possède de cambium, l'estimation porte sur les 18 individus avec aubier. L'estimation moyenne du nombre de cernes s'élève à 17,77 en prenant en compte tous les bois. En écartant les deux individus avec aubier maximal et minimal, le nombre de cernes passe à 16,43.

Une estimation par classes d'âge de 50 années montre les résultats suivants :

- les bois (3) de moins de 50 ans ont une moyenne de 8 cernes d'aubier,
- les bois (4) de 50 à 100 ans ont une moyenne de 11,25 cernes d'aubier,
- les bois (3) de 100 à 150 ans ont une moyenne de 10 cernes d'aubier,
- les bois (5) de 150 à 200 ans ont une moyenne de 28,6 cernes d'aubier,
- les bois (3) de 200 à 250 ans ont une moyenne de 25 cernes d'aubier.

Malgré le faible nombre d'individus, on note une augmentation du nombre de cernes d'aubier jusqu'à l'apparition du phénomène de sénescence. Toutefois, suivant les sites, nous constatons que cette diminution du nombre de cernes diffère selon l'âge des arbres ; cette baisse de croissance commence à partir de 100 ans, voire beaucoup plus tard. Les facteurs environnementaux et stationnels jouent sans doute un rôle prépondérant.

#### *Courbes de croissance*

Les arbres abattus sont majoritairement centenaires (Fig. 94b). Dans cette catégorie d'âge, nous observons deux types de croissance : un premier groupe d'individus semble issu d'un milieu forestier dense où les arbres ont une croissance difficile, se caractérisant par des courbes lisses ; le deuxième groupe montre un accroissement plus dynamique pendant la première moitié de leur vie, puis la croissance se ralentit et s'apparente alors à la croissance du premier groupe. Les bois plus jeunes ont une croissance est aléatoire

et il serait hasardeux de vouloir proposer une ambiance écologique précise. Comme dans la majorité des sites étudiés, les bois de plus de 100 ans ont une croissance lente liée à des milieux forestiers fermés où la compétition entre les arbres est importante.

#### 2.1.4. Clairvaux X (CL X)

Ce site a été découvert en 1996 lors d'une évaluation archéologique. Une petite dizaine de bois a été prélevée et mesurée. Cinq d'entre eux ont permis la constitution de la moyenne CL X-3qu (Fig. 96a). Ces bois très mal conservés ne possèdent plus leur aubier. Cette moyenne couvre 219 années avec une origine en 3217 av. J.-C. et un terme en 2999 av. J.-C. (Annexes1). Ces cinq pieux en chêne sont chronologiquement espacés (entre 3052 et 2999 av. J.-C.) et il est impossible de distinguer une coupe ou une phase d'abattage.

Les courbes de croissance de ces bois de plus de 150 ans peuvent être divisées en deux catégories : trois bois ont des courbes plutôt plates et deux ont une croissance un peu plus marquée.

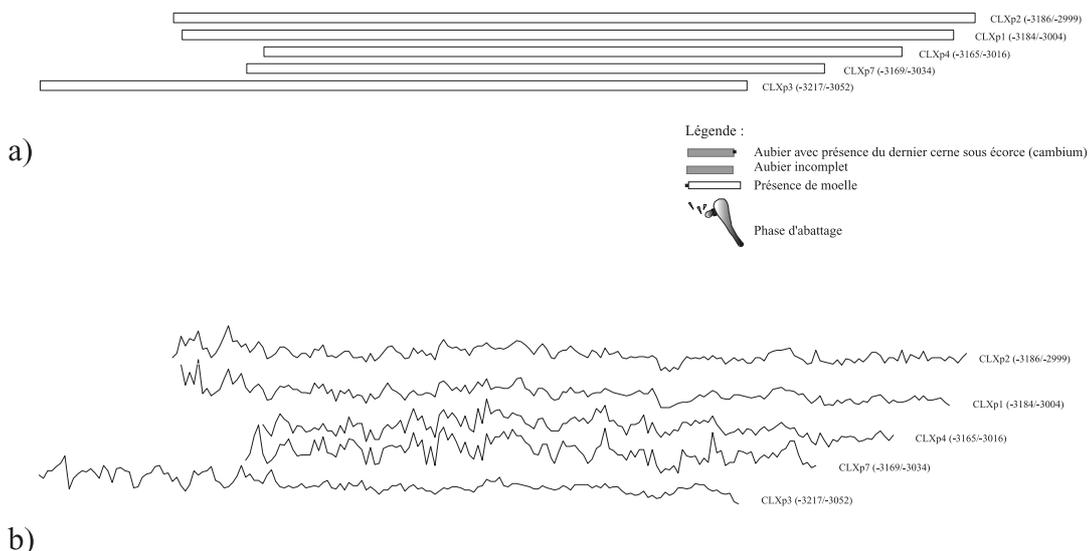


Figure 96. a) Bloc diagramme des chênes de CL X M3qu 3217/2999 av. J.-C.  
b) Courbes de croissance des chênes CL IV M35qu

## 2.2. Le Néolithique moyen

Le Néolithique moyen a été abordé à Clairvaux sur trois sites : CL II-IIbis, situé au nord-est du Grand Lac appartient au Port Conty, CL XIV au sud-est et CL VII au nord-ouest, et attribués au Néolithique Moyen Bourguignon. Le site de CL II-IIbis a été fouillé au début des années 1970, tandis que CL XIV et CL VII font partis d'un nouveau programme de recherche conduit par P. Pétrequin sur le Néolithique moyen.

### 2.2.1. Clairvaux II-IIbis (CL II-IIbis)

Lors de la fouille de la station II-IIbis, environ un millier d'échantillons ligneux ont été prélevés. En 1989, 332 chênes ont été mesurés (Lambert 1988 ; Lambert et Lavier 1989b ; Lavier 1996). Les échantillons sont très altérés par l'érosion et il ne subsiste que des aubiers incomplets. En 1995/1996, une cinquantaine de frênes a été étudiée. Comme les chênes, ces frênes sont très érodés (aucun aubier reconnu) ; la trentaine d'années de stockage n'a pas favorisé leur conservation.

Caractéristiques de la moyenne CLV-stII-415qu :

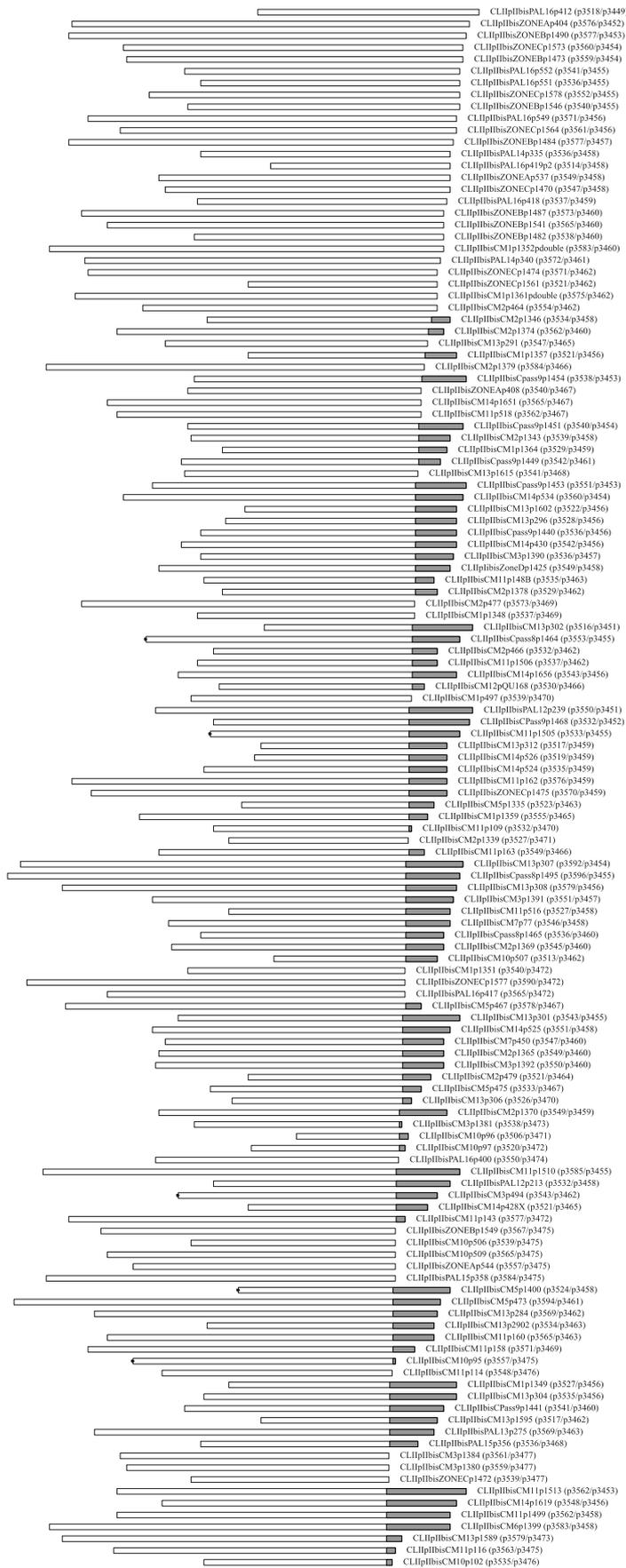
- largeur moyenne des cernes : 119 1/100e mm
- cerne minimum : 38 1/100e mm
- cerne maximum : 275 1/100e mm
- écart type : 42 1/100e mm

#### *Estimation de l'aubier des chênes*

Malgré leur état de conservation médiocre, 139 pieux possèdent encore leur aubier. Le nombre de cernes moyen est de 13,61 cernes. En écartant le nombre de cernes d'aubier maximal et minimal, on obtient un résultat quasiment identique avec 13,51 cernes d'aubier. Une estimation par classes d'âge de 50 années montre les résultats suivants :

- les bois (5) de moins de 50 ans ont une moyenne de 2,6 cernes d'aubier,
- les bois (91) de 50 à 100 ans ont une moyenne de 11,52 cernes d'aubier,
- et les bois (45) de 100 à 150 ans ont une moyenne de 19 cernes d'aubier.

La grande majorité d'entre eux n'est pas centenaire et aucun bois ne dépasse 142 années. Les quelques bois jeunes ont un nombre de cernes d'aubier très faible, déficit dû en partie à une érosion lacustre très active (ressac très important).



phase d'abattage  
vers 3440/3430 av. J.-C.



phase d'abattage  
3460/3450 av. J.-C.

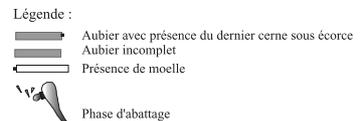
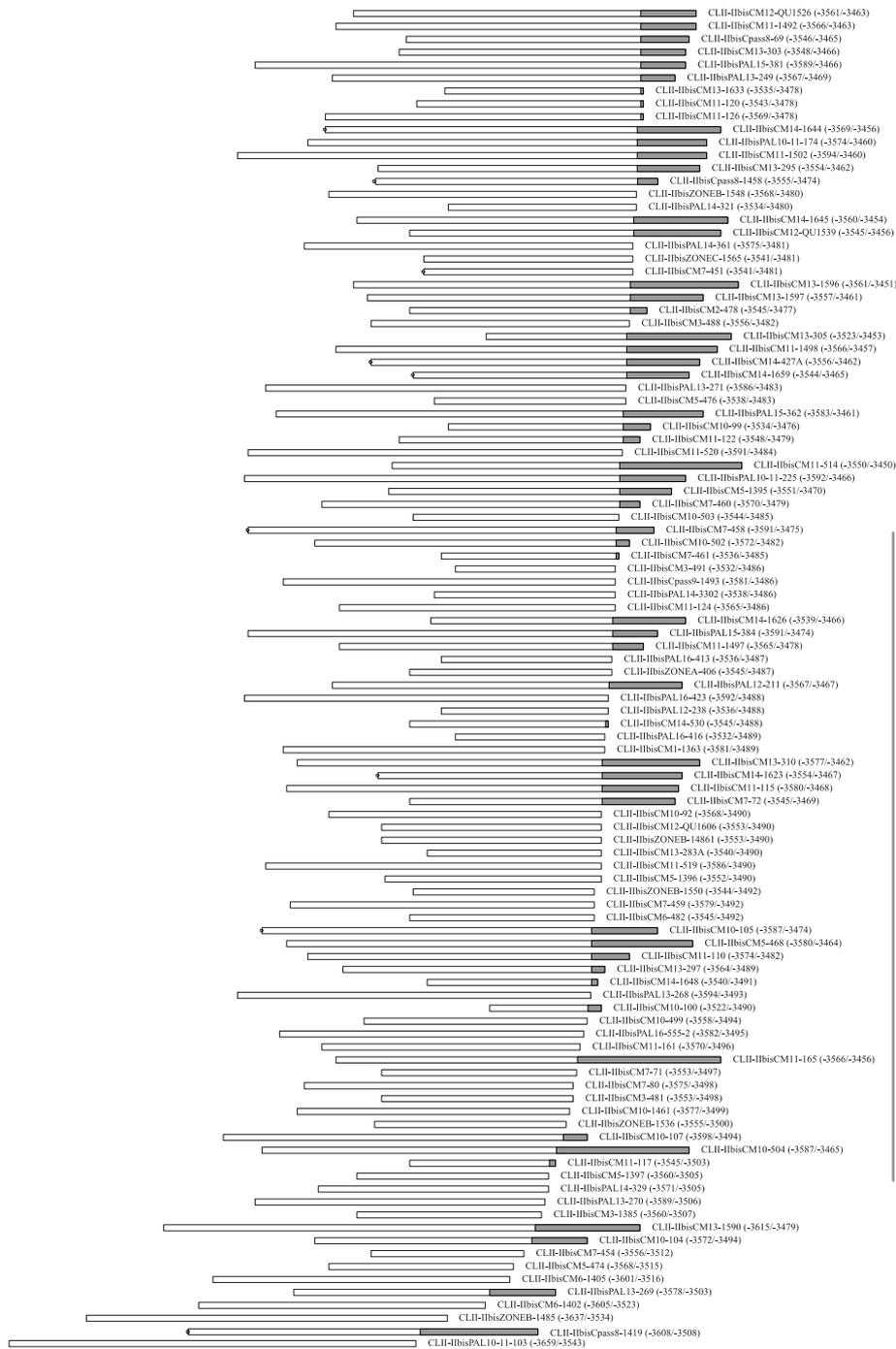


Figure 97a. Bloc diagramme des chênes datés de CL II/Ibis

## 2. Chronologies du lac de Clairvaux



phase d'abattage  
3460/3450 av. J.-C.  
suite



phase d'abattage  
vers 3470/3465 av. J.-C.

### Légende :

- Aubier avec présence du dernier cerne sous écorce
- Aubier incomplet
- Présence de moelle



Phase d'abattage

Figure 97b. Bloc diagramme des chênes datés de CL II/Ibis (suite)

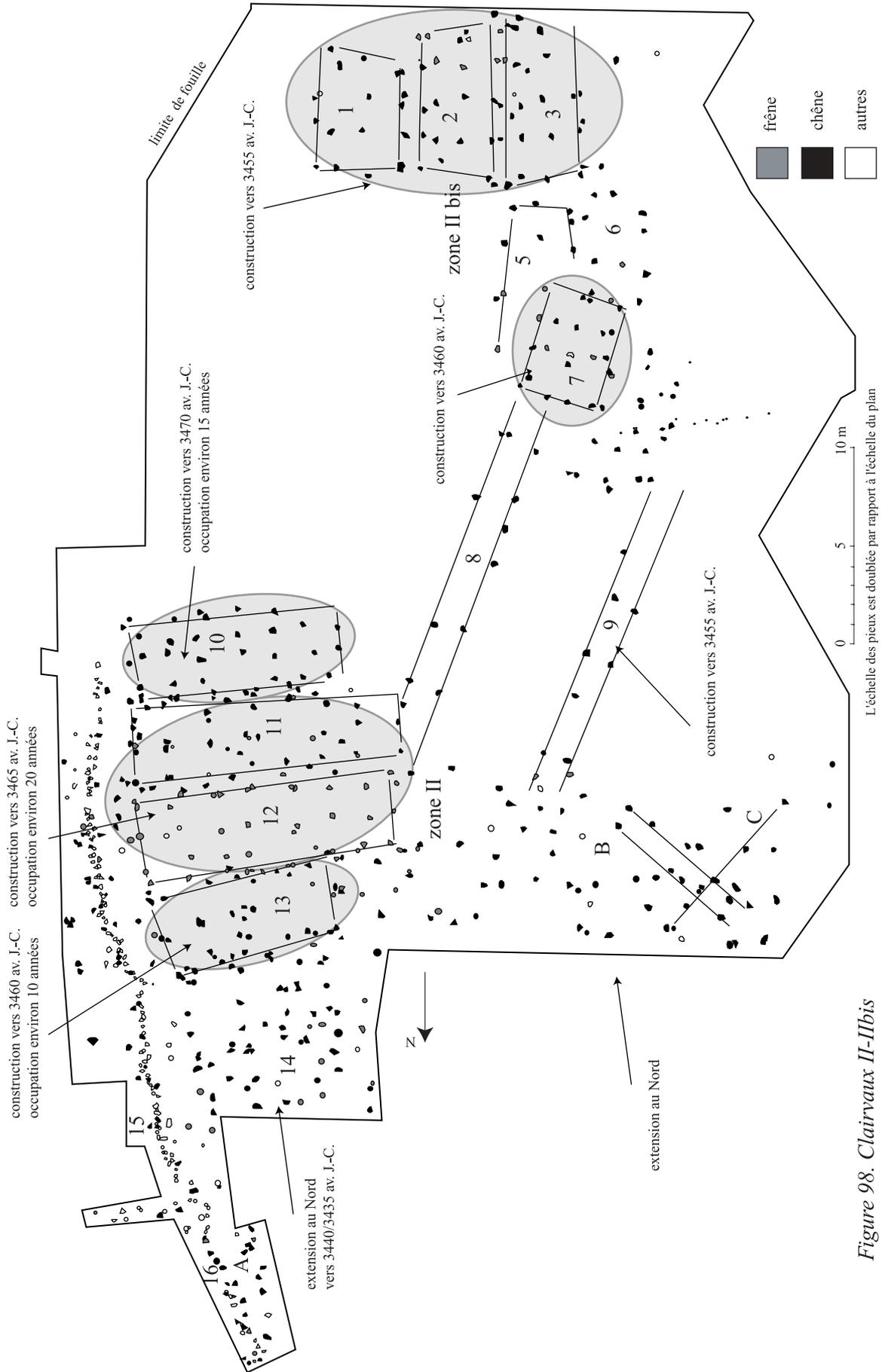


Figure 98. Clairvaux II-IIbis  
Plan des pieux et interprétation

### *L'étude des chênes*

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. 97a et 97b). Le dernier cerne de la moyenne 415 se situe dans un trou chronologique des séquences neuchâteloises : la séquence Néol.1 s'interrompt en 3532 av. J.-C., c'est-à-dire 83 ans plus tôt, et Néol.2 commence en 3451 av. J.-C., soit deux ans avant la moyenne 415. Pour cette chronologie du chêne, il a été possible, grâce au nombre important de bois, de réduire l'estimation des périodes de construction. 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.

La démarche suivie a été celle d'une synchronisation progressive par secteur (Lambert et Lavier 1989b). Bien entendu, cela a été possible car le plan des pieux et la localisation des différentes structures est tout à fait lisible en plan (Fig. 98).

Dans la zone Ilbis, secteurs 1, 2 et 3, 35 pieux ont pu être synchronisés. Leur répartition tendrait 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 à 3450 av. J.-C. avec aubier estimé ( $25 \pm 15$  ans au moment de l'étude).

Pour les secteurs 10, 11 et 12, 36 pieux ont été datés. Les maisons 10 et 11 sont en chêne tandis que la maison 12 est en frêne. Cette dernière comporte toutefois 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 édifée 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 Ilbis secteur 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. Quatorze pieux ont été synchronisés donnant 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, aucune structure n'est visible. Un lot de 21 bois forme un groupe homogène, avec une datation post 3440 av. J.-C.

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 les palissades. 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 cinq 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 à 17 mètres. La majorité des pieux est en chêne, dont 14 ont été synchronisés et datés. Les relations chronologiques entre le chemin 9 et le secteur 1, 2 et 3 démontrent 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 le secteur 1, 2 et 3.

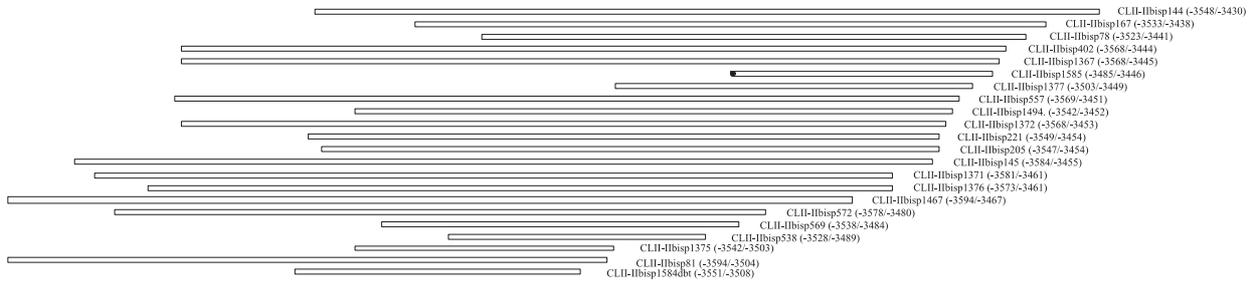
Cette étude détaillée secteur par secteur a permis de démontrer que les stations II et IIbis sont contemporaines. Les principales phases d'abattage ont eu lieu entre 3470 et 3445 av. J.-C., avec une extension après 3440 av. J.-C. La phase majeure d'installation se situe entre 3460 et 3450 av. J.-C., soit un habitat d'assez courte durée entre 3460 et 3430-3420 av. J.-C., et une occupation maximum de 60 années. La station II-IIbis de Clairvaux-les-Lacs se situe donc à l'extrême fin des habitats de type Cortailod des lacs de Neuchâtel et de Bienne en suisse (Schifferdecker 1984 ; Schifferdecker et Suter 1986 ; Hafner 1992).

### *Étude des frênes*

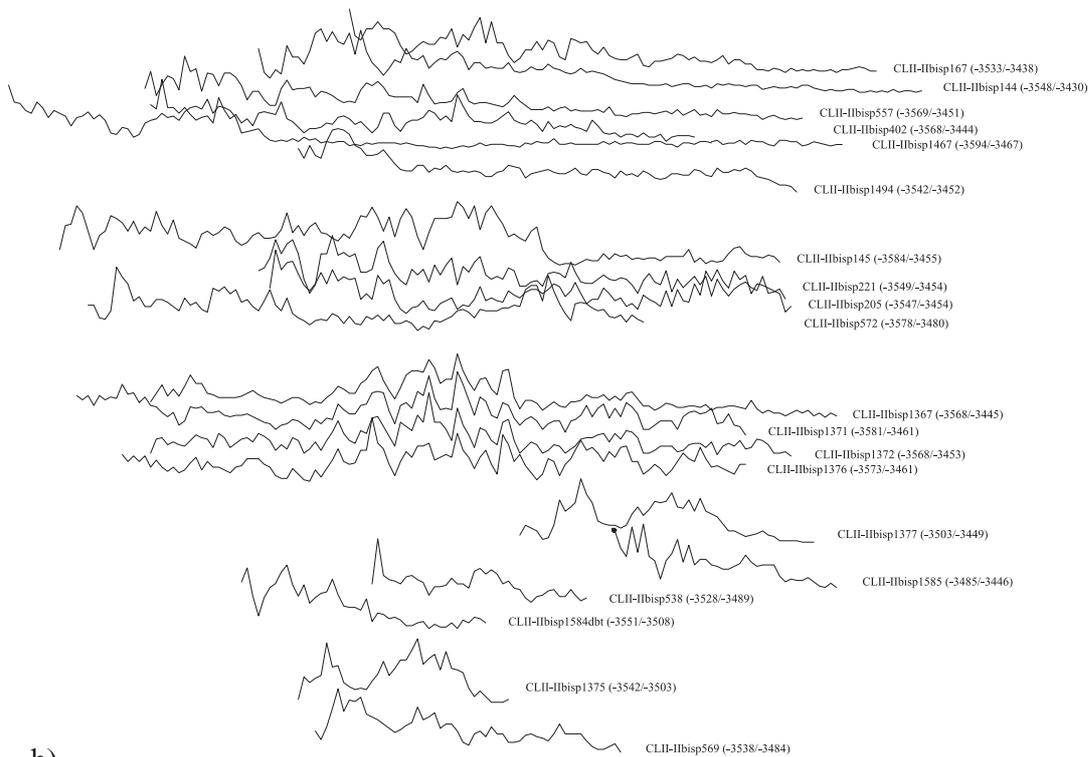
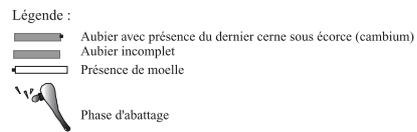
En 1996, l'étude de 51 frênes sans aubier a permis la constitution de trois moyennes (Vielle 1996) (Fig. 99a) :

- 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 de la zone II avec une longueur de 154 ans. Deux des pieux (p221 et p538) possédaient encore leur écorce lors du prélèvement en 1974/1975. 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 deux bois issus de la maison 2 zone IIbis.

Remarquons que 21 frênes n'ont pu être datés et sept, très jeunes, n'ont pas été mesurés.



a)



b)

Figure 99. a) Bloc diagramme des trois moyennes de frênes M76fx, M72fx et M71fx de CL II-IIbis  
 b) Courbes de croissance des trois moyennes de frênes M76fx, M72fx et M71fx de CL II-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 sans trop de difficultés 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 (Lambert, Lavier, Perrier et Vincenot 1988 ; Guibal, Lambert et Lavier 1992) ont permis la synchronisation de cette moyenne.

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, cinq pieux ont été datés, dont deux 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 une occupation du village plus longue qu'on ne le supposait avec la datation des chênes.

Certains pieux en frêne ont été, pour la plupart, 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 complété les informations acquises à partir des chênes.

### *Les courbes de croissance*

Les chênes et les frênes de cette station ont des courbes de croissances assez similaires (Fig. 99b et Fig. 100). 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. 100) : le premier rassemble des bois âgés de plus de 100 ans, pour des diamètres estimés à 25/27 cm, qui se caractérise par des courbes de croissance plates, chênes sans doute issus d'un milieu forestier fermé où la luminosité est faible. Ces caractéristiques forestières se rapprochent de

## 2. Chronologies du lac de Clairvaux

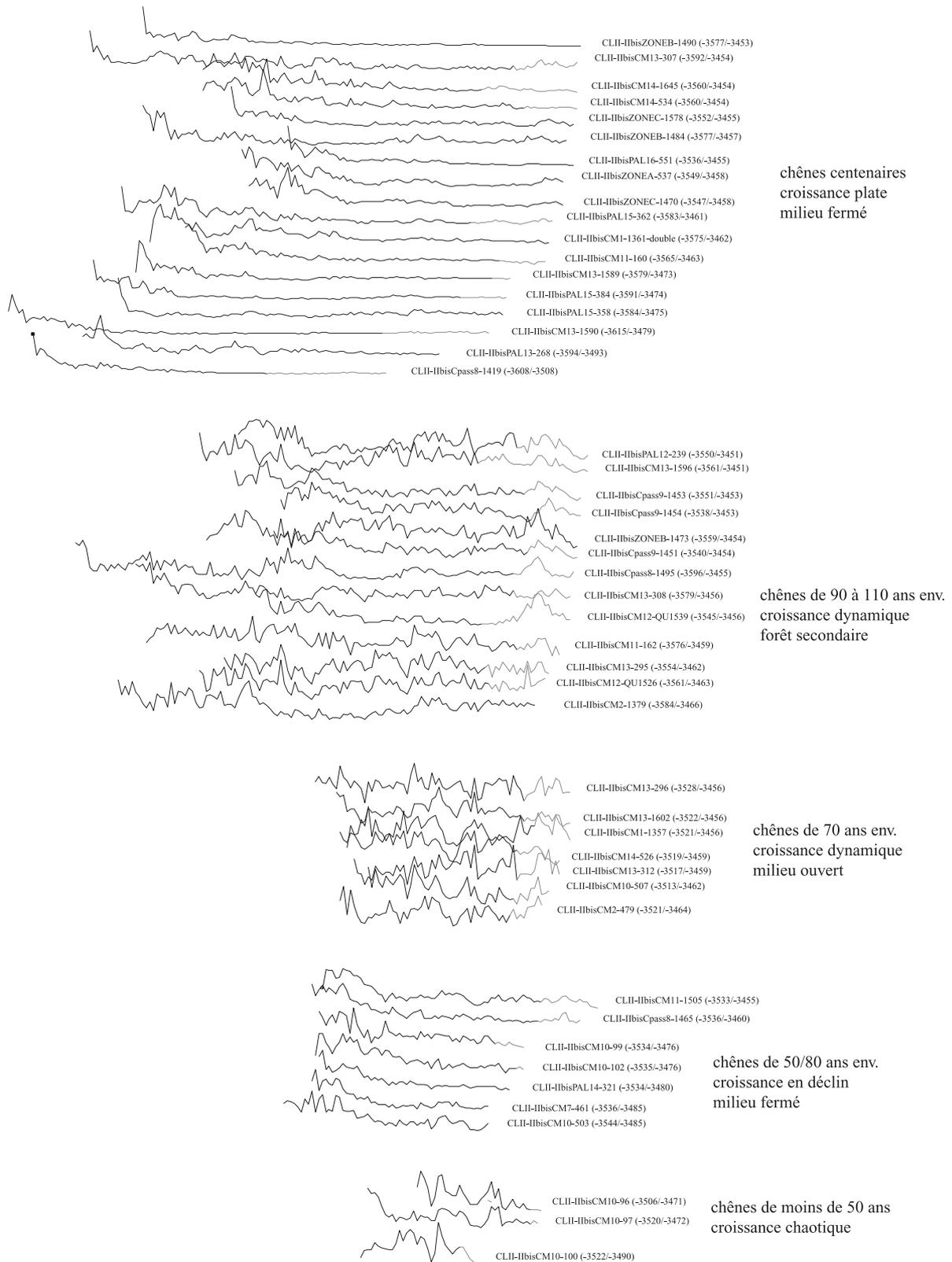


Figure 100. Les différents types de croissance des chênes de CL II-Ibis

celles d'une forêt de type primaire (Schnitzler-Lenoble 2002 ; Schmerber 1997 ; Hans-Jürgen 1998).

Le deuxième lot regroupe des chênes âgés de 90 à 110 ans environ avec des courbes de croissance dynamique. Ces arbres ont sans doute poussé dans une forêt de type secondaire. Le troisième groupe rassemble des bois plus jeunes d'une vingtaine d'années et se caractérisent par une croissance dynamique. Le quatrième lot se compose de chênes de 50 à 80 ans. Leurs courbes de croissance sont déclinantes tout au long de leur vie, probablement significatives d'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 ».

#### *2.2.2. Clairvaux XIV (CL XIV)*

Au terme de deux campagnes de fouilles en 2003 et 2004, une cinquantaine de bois, pieux et bois horizontaux en chêne, ont été prélevés, et 23 d'entre eux ont fait l'objet d'une étude dendrochronologique (Fig. 101). Ces bois ont une conservation médiocre et seul un bois possède encore son cambium.

Les référentiels utilisés pour cette étude proviennent de P. Gassmann, dendrochronologue à Neuchâtel (Suisse) ainsi que du site de Chalain 3 (Lambert et Lavier 1997 ; Lavier 1996) (Annexes 1).

Deux moyennes, CL XIV M2qu et CL XIV M3qu, résultent de cette étude. Les bois qui les composent ont moins d'une centaine d'années avec des courbes de croissances assez similaires plutôt dynamiques, sauf deux individus à croissance plus lente (Fig. 102).

La moyenne CL XIV M2qu est composée de 11 individus pour une longueur de 133 années. Sa datation (Fig. 102a) est peu satisfaisante puisque seulement deux chronologies (Neol 1 et St-Aubin-Tivoli) autorisent une hypothèse de datation avec une origine en 4021 av. J.-C. et un terminus sans aubier en 3889 av. J.-C. (avec un cambium en 3896 av. J.-C. avec le pieu p110). CL XIV M3qu n'est composée que de deux individus (Fig. 102b) sur une longueur de 65 années et une proposition de datation en 3928/3863 av. J.-C.

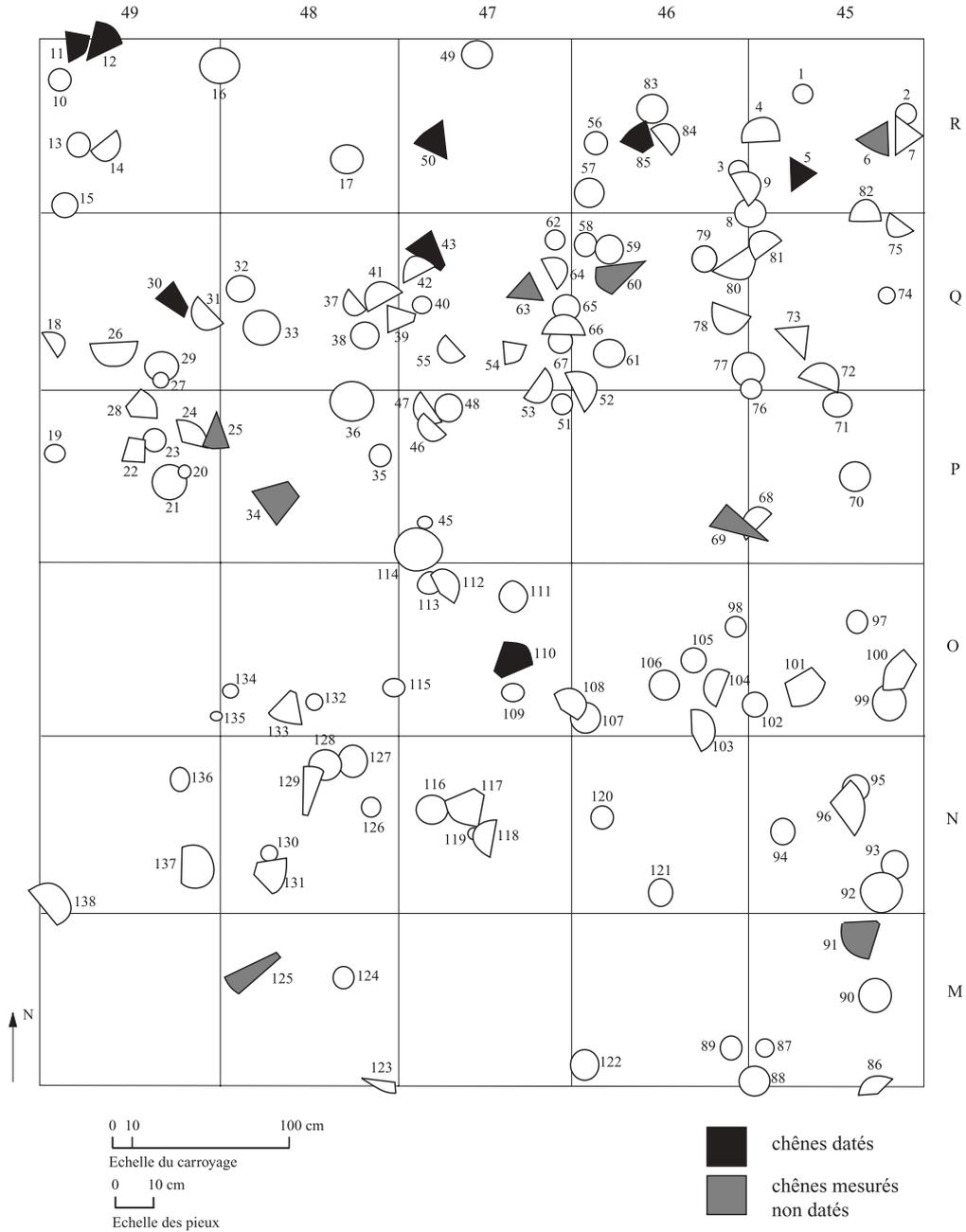
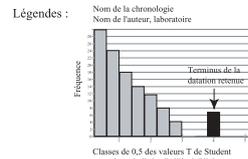
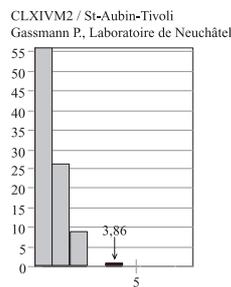
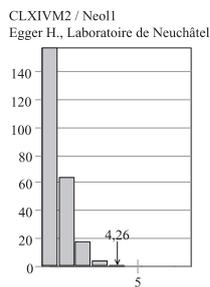
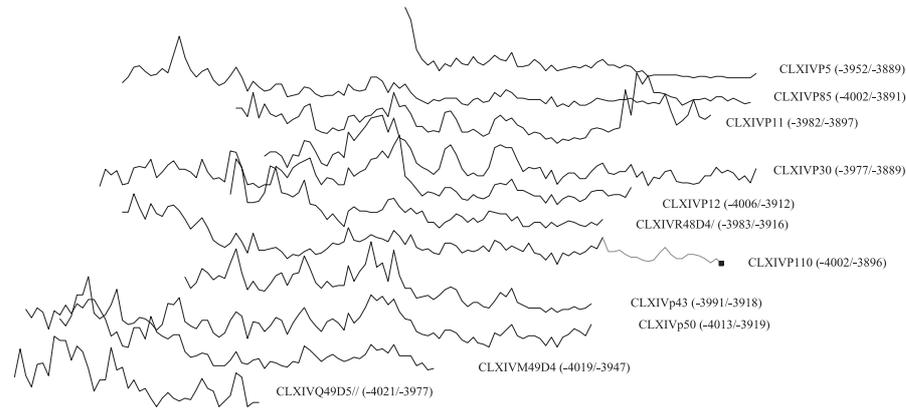
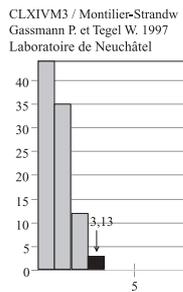
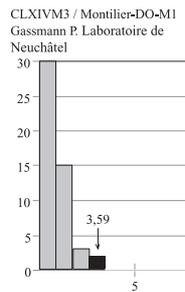
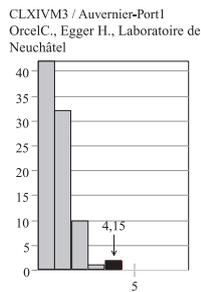


Figure 101. Plan des pieux de CL XIV

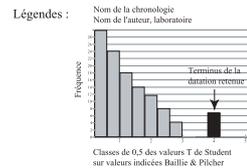
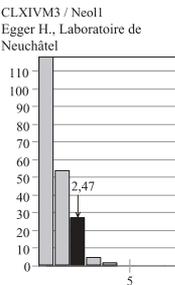
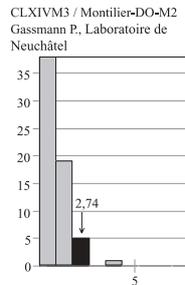
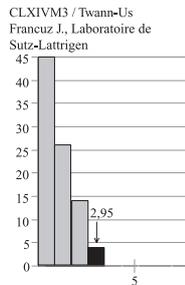


Graphique dendrochronologique établi d'après Sylphe (Meignier, 2003)

a) Histogrammes CL XIV M2qu



Histogrammes CL XIV M3qu



Graphique dendrochronologique établi d'après Sylphe (Meignier, 2003)

b)

Figure 102. a) Courbes de croissance des chênes de CL XIV M2qu Proposition de datation 4021/3889 av. J.-C.  
 b) Courbes de croissance des chênes de CL XIV M3qu Proposition de datation 3928/3863 av. J.-C.

Sur les 25 bois analysés, seuls quatre échantillons possèdent leur aubier (p110, p125, p91, O47D4), mais, mis à part le pieu 110, les trois autres n'ont pu, ni être intégrés dans les moyennes, ni être datés individuellement.

Seuls trois bois sur les 11 restants ont été datés individuellement. La datation s'avère peu satisfaisante puisque seuls un ou deux référentiels ont répondu avec une valeur T supérieure à 4 :

- CL XIV O48F sur Auvernier Port : 3916/3867 av. J.-C.
- CL XIV p63 sur Burgaschi : 3923/3884 av. J.-C.
- CL XIV R46F sur Neol 1 et Burgaschi : 3790/3753 av. J.-C.

### *Le problème de la datation de la moyenne CL XIV M2qu*

Suite à la campagne 2003, une première moyenne de quatre échantillons avait été réalisée ; son terminus se situait au 37<sup>e</sup> siècle en 3685 av. J.-C.

En 2004, cinq nouveaux individus se sont intégrés à CL XIV M2qu et cette nouvelle moyenne trouve également un répondant au 39<sup>e</sup> siècle. Nous avons donc repris la moyenne constituée en 2003, CL XIV M2bisqu, composée de quatre individus, afin de réexaminer sa datation. Les figures nous montrent les deux hypothèses de datation. La figure 103a correspond à la première hypothèse de datation 3809/3685 av. J.-C. et la deuxième figure (Fig. 103b) donne la même datation que CL XIV M2qu avec un terme en 3889 av. J.-C. Les réponses statistiques sont un peu plus acceptables pour la deuxième proposition, néanmoins les valeurs T de Student sur les valeurs indicées Baillie et Pilcher (Baillie et Pilcher 1973) restent inférieures à 4.

Les blocs diagrammes des 13 individus constituant les moyennes CL XIV M2qu et CL XIV M3qu sont datés entre 3977 et 3863 av. J.-C. Cependant ces datations restent hypothétiques. Le site de Clairvaux XIV devra faire l'objet de nouveaux calculs avec d'autres référentiels.

### *2.2.3. Clairvaux VII (CL VII)*

En 2005 a eu lieu la première campagne de fouille archéologique du site de Clairvaux VII (CL VII) appartenant au Néolithique Moyen Bourguignon ; quatre bois horizontaux et un bois situé dans le puisard ont été prélevés :

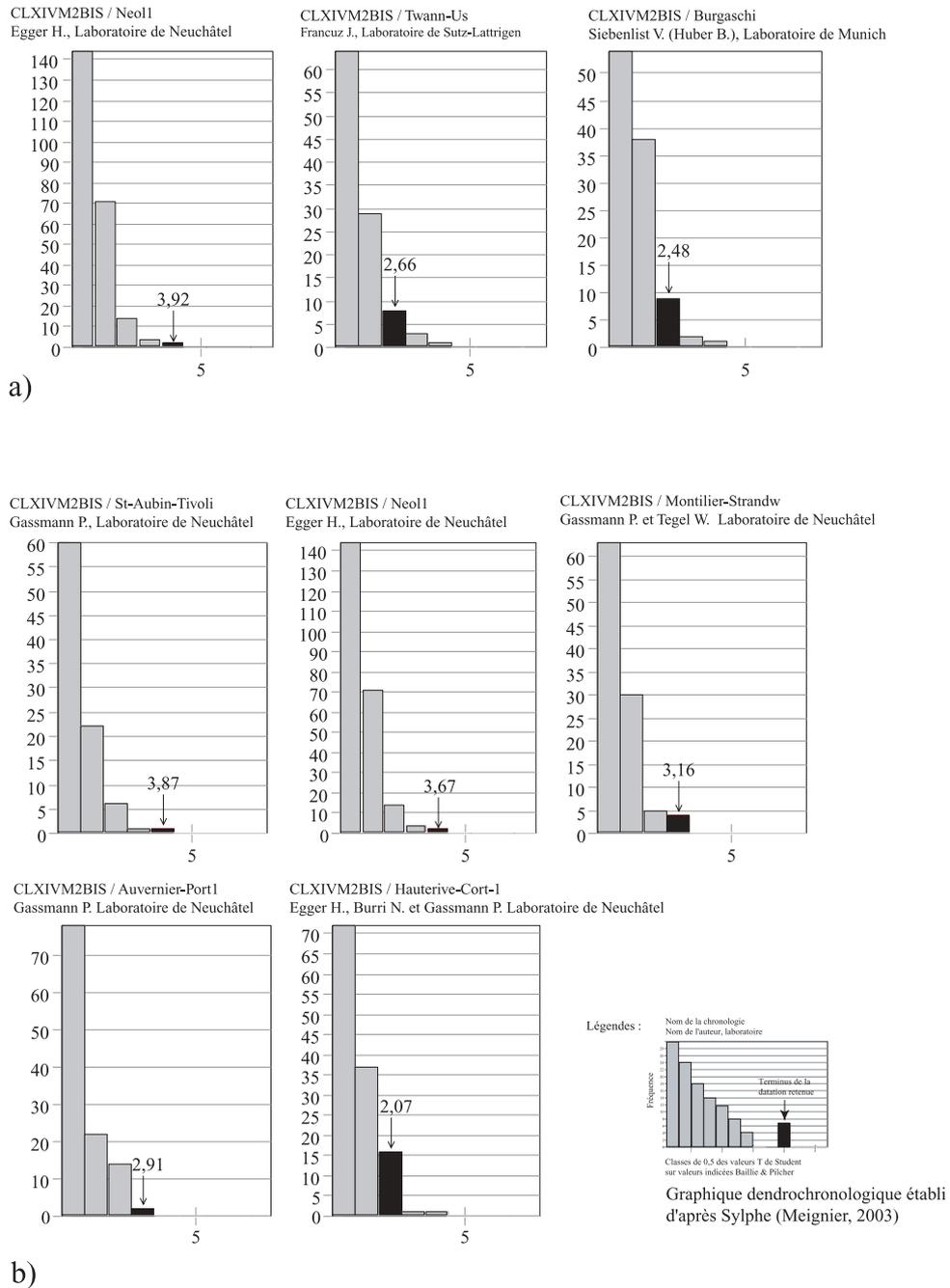
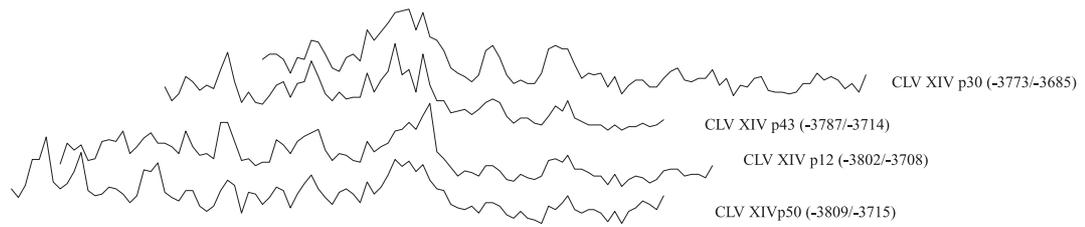
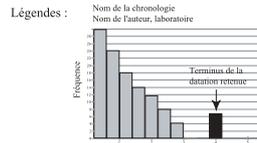
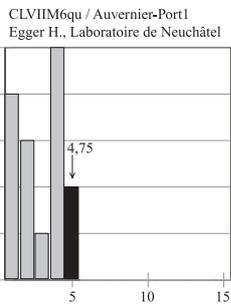
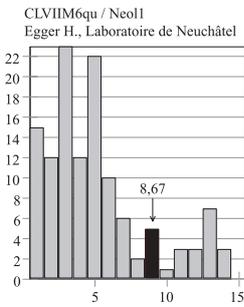
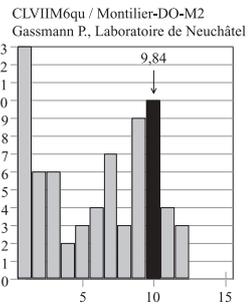
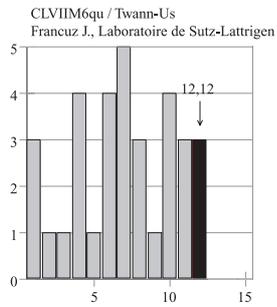
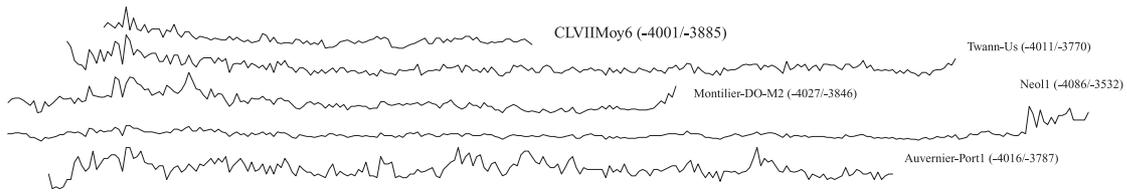


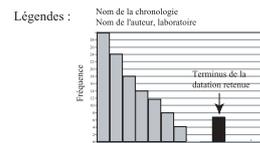
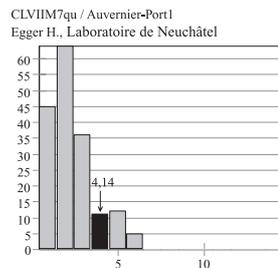
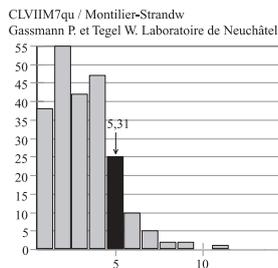
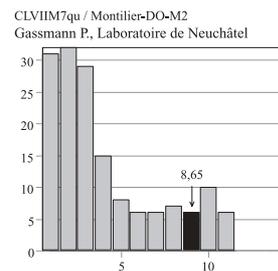
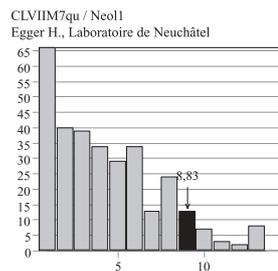
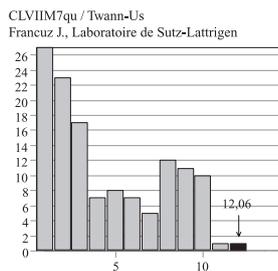
Figure 103. a) Clairvaux XIV, moyenne M2bisqu  
Hypothèse de datation 3809/3685 av. J.-C.  
b) Clairvaux XIV, moyenne M2bisqu  
Hypothèse de datation 4013/3889 av. J.-C.

## 2. Chronologies du lac de Clairvaux



Graphique dendrochronologique établi d'après Sylphe (Meignier, 2003)

a)



Graphique dendrochronologique établi d'après Sylphe (Meignier, 2003)

b)

Figure 104. a) Essai de datation de la moyenne CL VII M6qu  
b) Essai de datation de la moyenne CL VII M7qu

- BH DC52B, âgé de 34 ans ;
- BH DE51B, le plus âgé des bois avec une longueur de 117 années ;
- BH DC51B long de 73 ans ;
- BH DE53B âgé de 50 ans ;
- le chêne du puisard âgé de 28 ans avec aubier.

Une moyenne a été réalisée entre deux de ces bois BH DE51B et BH DC52B, CL VII M6qu. En raison du manque de référentiels dendrochronologiques français pour cette période, les essais de datation ont été réalisés sur des référentiels suisses du laboratoire cantonal de Neuchâtel.

Une datation (Fig. 104a) est proposée à partir de quatre chronologies suisses, avec une origine en 4001 et un terme en 3885 av. J.-C.

En 2006, lors de la deuxième campagne de fouille, cinq chênes ont été mesurés dont un de moins de 20 ans. Les quatre pieux de plus de 50 ans ont fait l'objet d'essais de synchronisation et de datation. Seul le pieu n° 3 a été synchronisé avec la moyenne CL VII M6qu. La nouvelle moyenne, CL VII M7qu est ainsi composé de trois individus. Elle a été datée sur cinq chronologies suisses en 4015/3884 av. J.-C. (Fig. 104b). Toutefois cette date n'est pas validée en raison d'un nombre de bois prélevés et mesurables incontestablement insuffisant.

### *2.3. Nouvelle chronologie régionale : JURA-NEO-7*

Dans le cadre de son DEA, C. Lavier (Lavier 1996) avait réalisé un référentiel, NEO-JURA-6, à partir des sept sites datés appartenant au Néolithique final (CH2, CH3, CH4, CH5, CH6, CL IV et La Motte-aux-Magnins). Cette moyenne est composée de 482 échantillons de chênes, tous âges confondus, pour une longueur de 353 années. Son origine est datée en 3275 av. J.-C. et son terme en 2923 av. J.-C. Il n'était pas question alors de vérifier si les bois avaient une bonne synchronisation, mais de mettre en place un référentiel puissant pour la datation des sites de l'est de la France, voire de zones plus éloignées. Il était évident que ce référentiel devait subir une modification par « épuration » afin de supprimer tous les bois non conformes à la tendance générale de la courbe moyenne. C'est ce travail qui va être tenté à présent.

Dans un second temps, nous essayerons également d'enrichir cette nouvelle chronologie avec des pieux appartenant aux autres sites archéologiques fouillés depuis CH 4 (fin des campagnes de fouille en 1995).

La première étape consiste à rechercher les noyaux pour chaque moyenne de site, ce qui, nous le remarquons rapidement, revient à repérer les meilleures synchronisations formant la base des moyennes. Après ce travail préliminaire, tous les autres bois ont été réévalués. Lorsque nous constatons une baisse de performance dans la synchronisation, le pieu est écarté (Girardclos 1999). Grâce à cette démarche, une base saine de 82 individus forme le nouveau noyau d'une chronologie que nous appelons JURA-NEO-7, avec une origine en 3248 et un terminus en 2959 av. J.-C.

Le second aspect de cet exercice consiste à réalimenter cette nouvelle moyenne avec les bois étudiés depuis 1995 et provenant des sites de CH 19, CH 7, CH 8, CL X et la moyenne M102qu de La Motte-aux-Magnins. Dans un premier temps, nous avons testé le noyau de chacune des moyennes avant de tester les bois un par un. Il résulte que 92 bois ont ainsi été intégrés à JURA-NEO-7. Tous appartiennent au site de CH 19. Les individus des autres sites ont été rejetés en raison d'une synchronisation insuffisante. Longue de 290 années, JURA-NEO-7 est dorénavant composée de 174 échantillons de chêne avec une origine et un terme inchangé depuis la première version.

Bien sûr, JURA-NEO-6 est plus imposante par le nombre de bois et par sa longueur chronologique, mais le travail effectué devrait faire de JURA-NEO-7 une chronologie plus fiable, en raison d'une synchronisation en t value tout à fait satisfaisante (Annexes 3).

Le bloc diagramme des courbes des bois qui la composent nous révèle un nouvel aspect de cette chronologie. En effet, tous les bois âgés ont des courbes plates et lisses ; ces courbes reflètent des milieux d'accroissement difficiles, dans des aires forestières non anthropisées, sans éclaircissements visibles. Ces bois ont été abattus dans une même ambiance forestière. De ce fait, cette synchronisation est tout à fait cohérente (Fig. 105).

Cependant, et justement en raison de cet état de fait, JURA-NEO 7 n'est sans doute pas le référentiel espéré au départ puisqu'il accepte plus difficilement les bois dont le profil n'est pas similaire. Bien entendu, ce référentiel a des valeurs de corrélation exceptionnelles et nous n'avons pas souhaité faire entrer d'autres bois dont les synchronisations auraient des valeurs moins satisfaisantes. L'introduction d'une majorité de bois (92 sur un total de 174) provenant d'un même site, CH 19, a eu un effet aimant sur les individus qui possèdent un profil de croissance analogue.

JURA-NEO7 ne répond donc pas totalement à l'objectif de départ, mais démontre l'influence prépondérante des bois âgés, image d'un des milieux forestiers que l'homme a exploité pendant toute cette séquence chronologique.

### Chapitre 3. Synthèse dendrochronologique des sites lacustres de Chalain et de Clairvaux

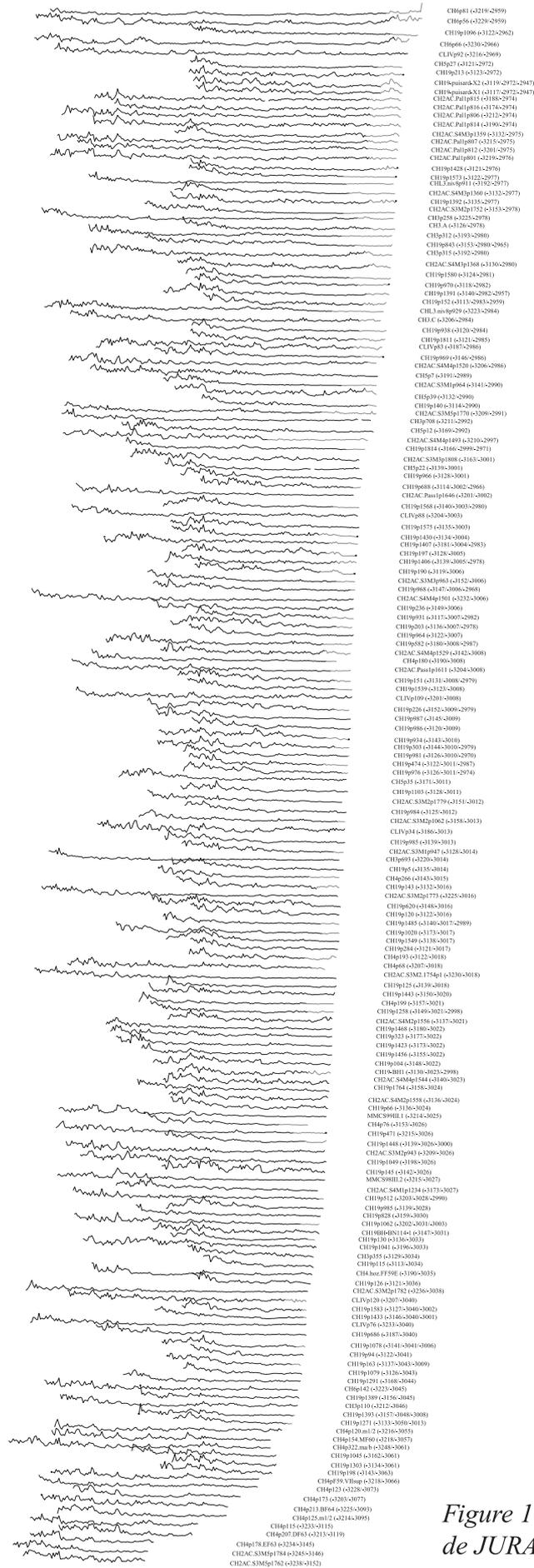


Figure 105. Courbes des chênes de JURA-NEO-7 (-3248/-2959)

### 2.3.1. Constitution d'un référentiel du frêne

Depuis 1995, le nombre de frênes datés a considérablement augmenté, notamment avec l'étude du site de CH 19 et d'une vingtaine d'individus provenant de Chalain 2. Grâce à ces nouvelles analyses, 266 frênes sont à présent datés. Il était donc intéressant d'essayer de constituer un référentiel pour cette essence. Le procédé employé est le même que pour les chênes.

Dans un premier temps, les noyaux des différentes moyennes ont été isolés, puis testés les uns par rapport aux autres. Les résultats obtenus ne sont pas probants. En effet, aucune synchronisation satisfaisante n'est envisageable. Les frênes ne répondent apparemment pas aux mêmes critères de synchronisation que les chênes.

Les modes de croissance de ces deux essences sont différents, notamment parce que les frênes, pour une grande majorité, n'ont pas encore subi l'effet de sénescence en raison de leur jeune âge (30 à 60 années). Exigeants en lumière et de comportement pionnier, les frênes appartiennent, sans aucun doute, à des milieux stationnels beaucoup plus diversifiés que ceux des chênes avec des exigences différentes (Schmerber 1997 ; Schnitzler-Lenoble 2002 ; Hans-Jürgen 1998).

Il semble bien que les individus composant les chronologies établies ne puissent être corrélés. Chacune de ces chronologies est en quelque sorte un référentiel caractérisé par un type de croissance particulier qui va attirer préférentiellement des bois dont certains cernes sont similaires. N'oublions pas que le nombre d'échantillons de frênes, moins important que celui des chênes, peut être également un facteur déterminant. Il est donc aujourd'hui impossible de réaliser un référentiel dendrochronologique général pour le frêne.

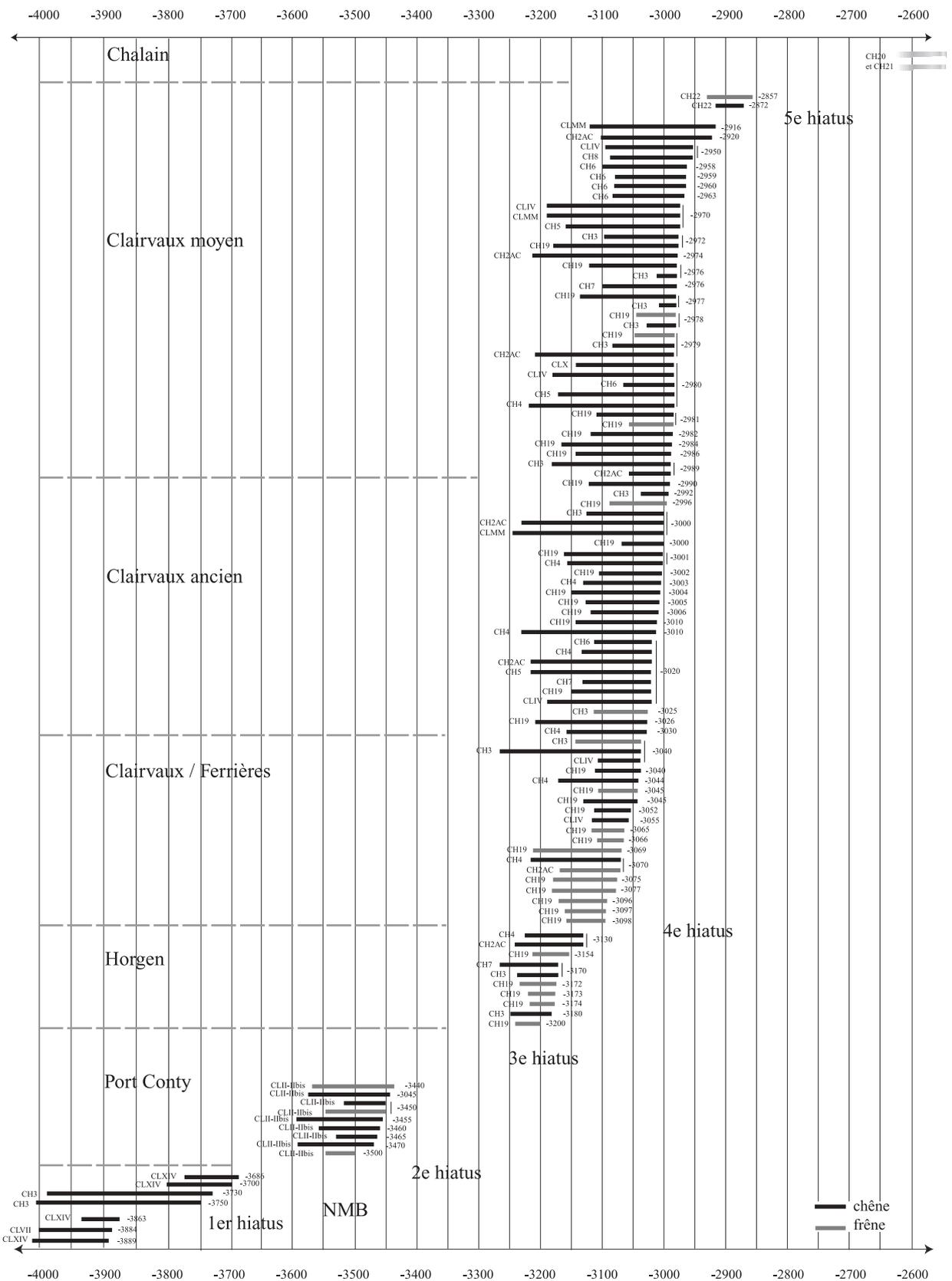


Figure 106. Bloc diagramme des moyennes datées de Chalain et de Clairvaux du 39e au 29e siècle av. J.-C.

### 3. Synthèse dendrochronologique

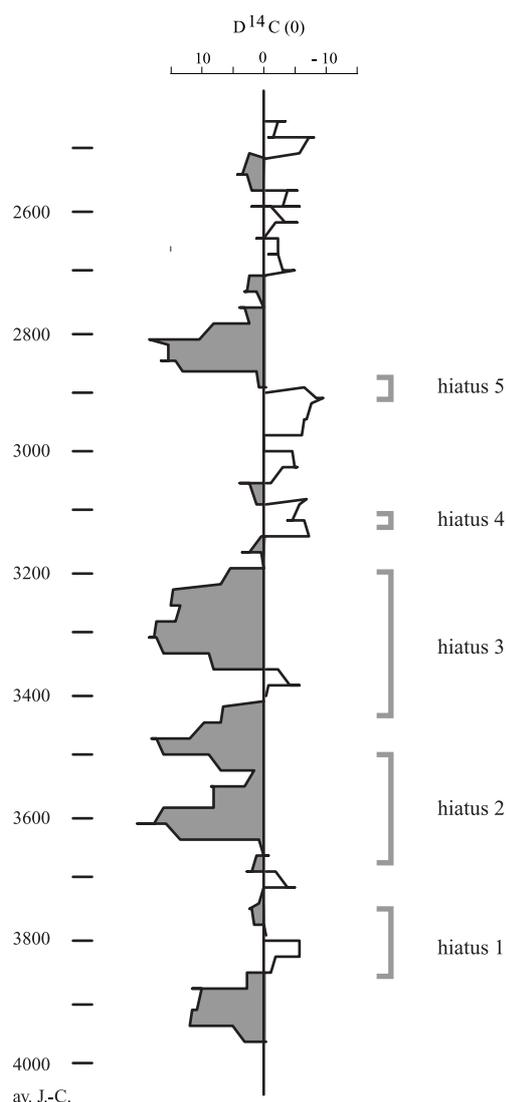
Dix ans après la dernière synthèse dendrochronologique réalisée par C. Lavier (1996), nous proposons une troisième synthèse des phases d'abattage dans les habitats néolithiques de Chalain et de Clairvaux. Sur le bloc-diagramme (Fig. 106) nous avons cumulé toutes les chronologies datées à partir des chênes et des frênes. Ces deux espèces arborées sont quantitativement les plus importantes parmi les pieux de fondation des structures des villages. Les chronologies du frêne sont les moins nombreuses, mais elles sont pourtant essentielles pour comprendre la mise en place des différentes structures architecturales.

#### 3.1. Les hiatus chronologiques

La fenêtre chronologique repérée par les dates dendrochronologiques s'ouvre au 39<sup>e</sup> siècle av. J.-C. et se ferme au 26<sup>e</sup> siècle, soit une durée de 13 siècles. Cependant la séquence n'est pas continue ; nous remarquons plusieurs hiatus (Fig. 106) qu'il s'agit maintenant de détailler.

Le premier hiatus se situe entre 3863 et 3750 av. J.C., à l'intérieur de la culture du Néolithique Moyen Bourguignon. On pourrait suggérer qu'il s'agit d'une période d'abandon des villages littoraux à la suite d'une dégradation climatique et d'une hausse du niveau des plans d'eau. Mais en observant la courbe du <sup>14</sup>C résiduel (Fig. 107) on reconnaîtra que cet épisode correspond en fait à une amélioration climatique (Pétrequin, Magny et Bailly 2005 ; Krier, Lambert *et al.* 1993). L'hypothèse d'un abandon général des rives à la suite de crues généralisées doit donc être exclue. De plus, le nombre de bois analysés et datés à ce jour pour cette période est faible, avec des résultats médiocres pour les datations absolues. Dans ce cas, les sites concernés (CL XIV et CL VII) ne peuvent pas être datés uniquement par la dendrochronologie ; il faudra, de surcroît, faire intervenir d'autres méthodes de datation relative, comme par exemple l'évolution de la céramique.

Le deuxième hiatus, entre 3686 et 3500 av. J.-C., marque la fin du NMB et probablement le passage au Port Conty. Ce trou dendrochronologique est tout à fait vraisemblable, avec un nombre de bois plus important à Clairvaux II-IIbis. Pour cette période, la courbe du <sup>14</sup>C résiduel montre une dégradation climatique indiscutable, avec une hausse du niveau des lacs et une absence probable de présence humaine permanente sur les rives alors inondées.



Le troisième hiatus couvre 240 ans, entre 3440 et 3200 av. J.-C. Il est démontré par les analyses palynologiques, avec un abandon des deux bassins lacustres (Richard 1997). Globalement, cette période est marquée, d'après le  $^{14}\text{C}$  résiduel, par une dégradation climatique importante.

L'étude des séquences stratigraphiques (CH 3 et CH 19), l'approche sédimentologique et certains diagrammes palynologiques ont permis de montrer l'existence d'un autre *hiatus* dans l'occupation des rives, en concordance avec une hausse des plans d'eau, quelque part entre 3150 et 3040 av. J.-C. Mais ces méthodes dont les résultats sont parfaitement convergents ne

permettent, en aucun cas, de préciser la durée et la position chronologique exacte de ce quatrième *hiatus*. Sur la figure 106, une lacune dans les phases d'abattage apparaît à la fin du 32<sup>e</sup> siècle et pourrait coïncider avec la baisse du niveau du lac de Chalain et le développement du couvert forestier.

Une cinquième lacune dans les datations dendrochronologiques pourrait se situer entre 2920 et 2872 av. J.-C. Toutefois, très peu de bois ont pu être datés pour cette période. Si l'on considère la lacune qui apparaît sur la figure 106, on doit reconnaître, par comparaison avec la courbe du <sup>14</sup>C résiduel dans l'atmosphère que cet abandon des rives se situerait très nettement avant une période majeure de dégradation climatique : le phénomène n'est donc pas d'origine naturelle et devrait être porté au compte des fonctionnements sociaux (Pétrequin et Lambert 1999 ; Arbogast *et al.* 2002).

À partir de 2857 av. J.-C., il nous a été impossible d'obtenir des datations fiables, hormis une pirogue trouvée sur la station noyée n°1 du lac de Chalain. Ce fragment de pirogue a été daté en 2503 av. J.-C. sans aubier, par G.N. Lambert (Gassmann, Lambert et Lavier 1996), à partir de la chronologie A-200 du sud de l'Allemagne et des référentiels des stations de La Saunerie à Auvernier et des Bains des Dames à Saint-Blaise.

Pourtant plus de 200 chênes et frênes ont été échantillonnés, en particulier sur les sites de CH 20 et CH 21, datés de cette période à la fois par le radiocarbone et par les styles céramiques. La majorité des bois récoltés avaient des diamètres importants, atteignant ou dépassant 50 cm. Pourtant le nombre des cernes, tous très larges, n'était pas en rapport avec le diamètre : pour l'essentiel, il s'agissait véritablement d'arbres à croissance très rapide, non favorable à une datation aisée (facteurs stationnels particuliers, proximité des nappes phréatiques, pérennité des interventions humaines). Quoi qu'il en soit, ce très long hiatus est indépendant des fluctuations du climat pendant cette phase chronologique. De plus, le nombre de sites et l'importance des couches archéologiques correspondant probablement à la période 2700-2550 av. J.-C., (par comparaison entre la céramique de Chalain et ses répondants culturels du lac de Neuchâtel) montrent que ce hiatus dendrochronologique a été justement provoqué par l'intensité et la durée des occupations humaines, en particulier sur le lac de Chalain.

Comme nous l'avons vu, ces hiatus démontrés par les datations absolues ne permettent pas d'affirmer l'absence totale d'occupation des rives. Ces résultats mettent en lumière une fois de plus certaines difficultés dans la méthode dendrochronologique face à des bois jeunes, peu nombreux ou atypiques.

### 3.2. Les occupations

Sur le bloc diagramme général des phases d'abattage (Fig. 106), on peut, à l'inverse, essayer de caractériser l'occupation humaine en terme de durée, de continuité, de multiplication des habitats. Deux modalités d'occupation peuvent être aujourd'hui dégagées.

#### *Le Néolithique moyen*

Le Néolithique Moyen Bourguignon est étudié depuis quatre années à Clairvaux, sur les sites de CL VII et CL XIV. L'analyse des bois n'est pas encore concluante et les datations restent hypothétiques. Il apparaît pourtant que la durée d'occupation des villages ne serait pas supérieure à une soixantaine d'années, dans des séquences stratigraphiques où les phases d'abandon des villages sont soulignées par des couches de craie lacustre. Mais les concordances avec des phénomènes climatiques (courbe du  $^{14}\text{C}$  résiduel) sont encore loin d'être vérifiées. Ces rythmes pourraient tout aussi bien être en rapport avec les formes de valorisation agricole de la région (Cupillard *et al.* 1993 ; Arbogast, Magny et Pétrequin 1996). Pour l'épisode du Port Conty au 35<sup>e</sup> siècle, la station CL II-IIbis compte également une occupation d'une soixantaine d'années, mais évaluée d'après une documentation dendrochronologique de qualité bien supérieure (Pétrequin 1988).

#### *Le Néolithique final*

Le Néolithique final est caractérisé par une occupation continue de près de trois siècles, entre 3200 et 2916 av. J.-C. Cette séquence chronologique comporte une soixantaine de phases d'abattage. Ces phases vont permettre de visualiser le nombre de villages contemporains au bord des deux bassins lacustres. Neuf sites ont été pris en compte, CH 19, CH 2, CH 3, CH 4, CH 5 et CH 6 pour le lac de Chalain et CL IV, CL MM et CL X pour Clairvaux (Fig. 108). Nous constatons tout d'abord une occupation quasiment continue ; des hiatus sont possibles, mais ils sont certainement de courte durée. L'observation de la figure 108 permet de suggérer une période d'intensification de l'occupation des rivages, c'est-à-dire les 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

### 3. Synthèse dendrochronologique

	CH 19	CH 2	CH 3	CH 4	CH 5	CH 6	CL IV	CL MM	CL X	nbre de villages
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

Figure 108. Nombre de villages contemporains décomptés d'après les phases d'abattage des chênes et des frênes de 3200 à 2920 av. J.-C.

à Chalain (CH 19, CH 4 et CH 2) et le quatrième à Clairvaux (La Motte-aux-Magnins) (Pétrequin 1996, 1997c ; Pétrequin, Arbogast *et al.* 1998).

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, nous pouvons aisément ajouter au moins deux occupations reconnues par l'archéologie (Pétrequin 2000, 2001).

#### *Le Néolithique final post 2900 av. J.-C.*

Comme nous l'avons vu précédemment, les bois de cette période n'ont pas pu être datés. Les échantillons analysés (une cinquantaine de prélèvements en 1999 et 2000) ont démontré une croissance des arbres très rapide. Cette croissance inhabituelle permet d'évaluer, pour la première fois, l'importance de l'impact de l'homme sur le couvert forestier. C'est pour le moment la seule démonstration d'un remaniement profond de la forêt secondaire.

##### *3.2.1. Le jeu des essences*

Un troisième rythme sous-jacent est sans doute celui de l'emploi des deux essences chêne et frêne utilisées différemment selon les épisodes chronologiques (Fig. 109) (Pétrequin, Arbogast *et al.* 2002). Le nombre de bois datés pour la période du NMB ne permet pas de démontrer la prééminence de telle ou telle essence. Actuellement, seuls quelques chênes ont pu être datés. Deux siècles plus tard, en contexte Port Conty, le site de Clairvaux II-IIbis montre que les frênes et les chênes ont été utilisés quasiment indifféremment.

Après un hiatus de deux siècles et demi, le 32<sup>e</sup> siècle est caractérisé par l'emploi massif des frênes jusqu'à la moitié du 31<sup>e</sup> siècle. Puis le chêne est à nouveau exploité jusqu'à la fin du 30<sup>e</sup> siècle, ponctué occasionnellement par la présence de quelques frênes âgés.

### 3. Synthèse dendrochronologique

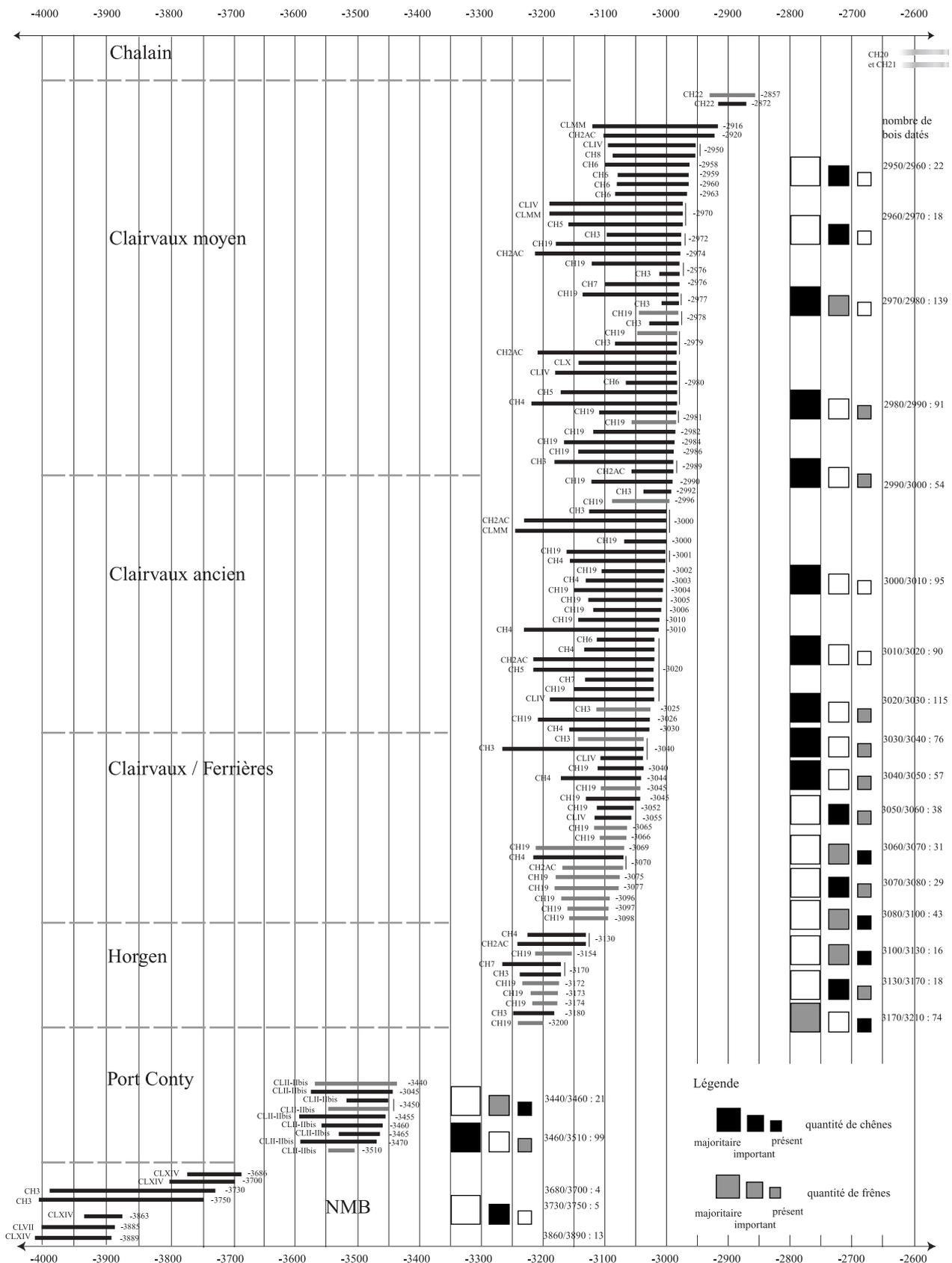


Figure 109. Quantité de chênes et de frênes par phases de 20 ans



Afin de compléter cette première approche, un examen morphologique sur le débitage des fûts a été réalisé (Fig. 110). 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 est à noter que les pieux circulaires sont utilisés principalement pour les fondations d'une maison et les pieux refendus sont majoritairement localisés dans la palissade.

Pendant la culture du Horgen, où le frêne est l'essence de prédilection, les fûts sont utilisés uniquement en section circulaire. Puis au début du 30<sup>e</sup> siècle, on observe un changement de débitage avec, cette fois, des pieux exclusivement refendus. Proportionnellement, ces frênes sont peu nombreux mais de fort diamètre, ce qui a permis leur refente. Il a même été possible de reconstituer le fût entier d'un frêne localisé sur le chemin de CH 19 avec une estimation de diamètre d'environ 35-40 cm. Ce frêne a eu une croissance si difficile et une croissance annuelle si faible qu'il a été extrêmement délicat à mesurer.

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. Puis le frêne est à nouveau abandonné jusqu'au 29<sup>e</sup> siècle et réapparaît sur le site de CH 22.

L'exploitation des chênes connaît également un changement fondamental. Au 32<sup>e</sup> siècle cette essence est sous-exploitée jusqu'à la première moitié du 31<sup>e</sup> siècle. Ces fûts âgés d'une cinquantaine à une centaine d'années ont un diamètre inférieur à 20 cm. Toutefois, à partir de la deuxième moitié du 31<sup>e</sup> siècle jusqu'à la fin du 30<sup>e</sup> siècle, les chênes utilisés ont entre 100 et 200 ans et un diamètre souvent supérieur à 25/30 cm. Cette refente des bois est à mettre en parallèle avec l'augmentation du nombre des merlins à fendre (Maigrot 2003).

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

sites	CH2	CH3	CH4	CH5	CH6	CH19	CL MM	CL IV
nbre de bois	83 qu	78 qu	33 qu	14 qu	22 qu	35 qu	18 qu	26 qu
moins de 50 ans	6	10,56	12		16	8	11	8
50/100 ans	13,81	11,66	13,66	13	16,55	10	13,25	11,25
100/150 ans	15	25,2	17,84	13,8	17	18	14,5	10
150/200 ans	20,25	29,66	14,33	16,5	16,5	22	21,25	28,6
200/250 ans	19,63	26,55	16,5		19			25
250/300 ans					18,6			

a)

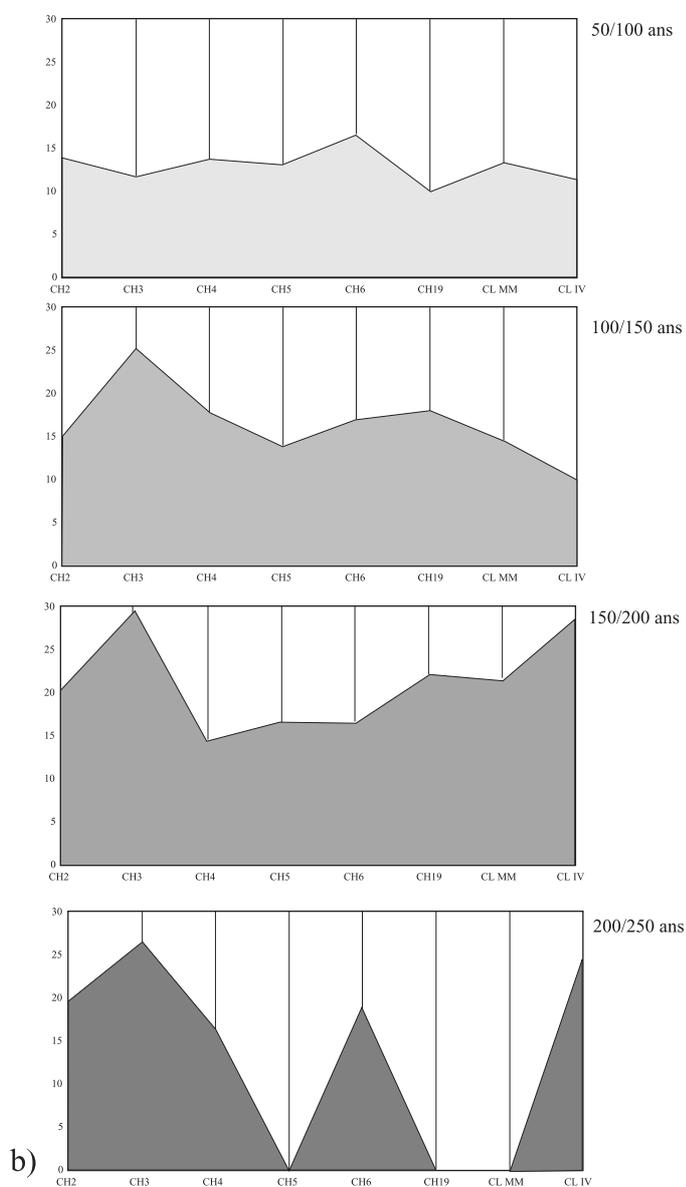


Figure 111. a) Tableau récapitulatif des estimations d'aubier  
 b) Estimation de l'aubier (*Quercus*) sur huit sites de Chalain et de Clairvaux

### 3.3. Une approche environnementale

Tout au long de ce travail de recherche, nous avons essayé de croiser les données dendrochronologique et dendrologique site par site, notamment en étudiant les estimations des aubiers et les courbes de croissance. Il n'est pas question ici de présenter de manière exhaustive à quels types de milieux nous avons à faire, mais de donner des pistes et un début de réponse à croiser, dans une future synthèse, avec les autres disciplines.

#### 3.3.1. Synthèse de l'estimation des aubiers réalisée sur huit sites du Néolithique final

Les huit sites du Néolithique final fouillés à Chalain et à Clairvaux et datés par dendrochronologie ont été rassemblés dans la figure 111a où nous avons repris l'ensemble des estimations d'aubier par classes d'âge. Les premières constatations sont d'ordre écologique, à savoir : l'irrégularité importante du nombre de cernes d'aubier estimé dans la classe d'âge des moins de 50 ans et l'augmentation du nombre de cernes d'aubier jusqu'à environ 100/150 ans, avant le phénomène de sénescence.

Pour la suite de cette analyse, seules quatre classes d'âge ont été prises en compte. Ce choix est uniquement lié à la faible représentativité des bois datés de moins de 50 ans et des bois de plus de 250 ans, en raison de leurs caractéristiques de croissance (bois jeunes et bois âgés) qui entraînent des difficultés de synchronisation et de datation fiable.

L'observation de l'estimation du nombre de cernes d'aubier classe par classe, génère plusieurs remarques (Fig. 111a et b) :

- pour les aubiers de la catégorie des 50 à 100 ans, le nombre de cernes est homogène, à l'exception du site de CH 6 (16,55 cernes d'aubier) ;
- les bois de 100 à 150 ans ont également un nombre estimé de cernes homogène, excepté CH 3 avec 25 cernes d'aubier, dominant largement les estimations effectuées sur les autres sites ;
- pour les 150 à 200 ans, on constate une plus grande variabilité du nombre de cernes d'aubier entre les huit sites. CH 2, CH 19 et CL MM ont une estimation de cernes similaire, tandis que pour les bois de CH 3 et CL IV nous observons une augmentation importante de cernes d'aubier. À l'inverse, les bois du site de CH 4 montrent une baisse non négligeable du nombre de cernes d'aubier ;
- dans la catégorie des bois de 200 à 250 ans, nous retrouvons le même phénomène que précédemment, avec une variabilité accrue du nombre de cernes d'aubier.

L'homogénéité des cernes d'aubier des jeunes arbres semble démontrer un abattage dans une forêt secondaire très anthropisée (forêt secondaire jeune). Ceci pourrait être directement lié aux conséquences de l'ouverture de la forêt à des fins agricoles.

Pour les bois plus âgés, force est de constater que la variabilité du nombre de cernes d'aubier s'accroît rapidement avec le vieillissement des arbres. Il est alors vraisemblable que leur abattage ait été effectué dans deux milieux forestiers : une forêt secondaire âgée et une forêt de type primaire peu ou pas anthropisée.

Un autre aspect important de cette synthèse sur l'estimation de l'aubier repose sur la faible différence entre les estimations réalisées sur les bois avec cambium et sur les bois avec aubiers incomplets. Cette constatation nous incite à penser qu'il ne manque que très peu de cernes sur les aubiers incomplets pour atteindre le dernier cerne sous écorce. Alors que nous pensions que le peu de cambium conservé sur les bois des sites de Chalain et de Clairvaux était un handicap majeur dans l'individualisation des différentes phases d'abattage, il est possible d'affirmer maintenant que l'érosion de l'aubier est minime sur un bon nombre de sites et que le déficit en cambium peut être pallié sans trop de difficulté par nos estimations. D'ailleurs, ceci rejoint les observations effectuées en fouille où, assez fréquemment, des fragments d'écorce étaient scellés sur les parois des trous de poteaux.

### *3.3.2. Dendrochronologie et environnement*

Nous avons tenté, depuis le début de cette étude, d'évoquer l'environnement forestier néolithique par le biais des bois analysés. Il est toutefois important de rester prudent, car nos hypothèses ne reflètent qu'une vision partielle de l'environnement forestier.

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 dendrochronologique. 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. La majorité des bois étudiés ont plus de 50 ans. Mais l'exemple de l'analyse de jeunes bois sur le site de CH 3 a permis de démontrer une régénération de la forêt consécutive à des coupes, sans que l'on puisse préciser s'il s'agit ou non de défrichements d'origine anthropique.

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

- une forêt de type « primaire » telle qu'elle est encore visible le long de la frontière entre la Biélorussie et la Pologne avec la forêt de Bialowieza, où les processus écologiques ne sont pas perturbés par l'homme ;
- une forêt secondaire âgée, avec des chênes et des frênes de tous âges toutefois marqués par des croissances difficiles où la compétition est importante ;
- une forêt secondaire jeune transformée régulièrement et activement, où nous retrouvons des croissances dynamiques.

Ce sont ces chênes âgés, à croissance plate et lisse, mais de diamètre modeste, qui démontreraient 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. Nous pouvons alors penser que les néolithiques ont été « obligés », par choix ou par nécessité, de se rendre au-delà de la forêt secondaire proche pour obtenir des fûts de qualité exceptionnelle (Lavier 2003 ; Lavier 2005 ; Pousset et Locatelli 2002) dont la croissance lente et régulière assure une longévité maximale aux structures architecturales.



## CONCLUSION

### De la dendrochronologie à l'archéologie

Au cours de cette recherche, nous avons volontairement pris de la distance vis-à-vis des raisonnements strictement archéologiques, pour essayer de nous placer du seul point de vue du dendrochronologue et des objectifs de datation. Mais la dendrochronologie ne se limite pas à une série de dates, pas davantage que l'archéologie à un inventaire d'objets. Derrière les courbes de croissance et derrière les dates -qui fondent la recherche, mais n'en constituent que les prémices-, se cachent d'autres informations, plus discrètes mais essentielles. Nous avons vu ce que pouvait apporter, au-delà de la date, l'étude détaillée d'une courbe de croissance ; à ce niveau-là de l'approche dendrochronologique, c'est l'environnement forestier qui est en cause et ses relations -dans notre cas de figure- avec les cultivateurs néolithiques. C'est dans ces formes d'interactions, dans l'étude de l'interface milieu naturel/environnement anthropique, que toute une série d'hypothèses dites de « niveau supérieur » (Gallay 1986) ont vu le jour à Chalain et à Clairvaux, après 30 années de recherches. Ces raisonnements globaux autour des changements climatiques, des fonctionnements sociaux, de la dégradation de l'environnement et enfin des dynamiques de peuplement ont été surtout mis en place par des néolithiciens généralistes, à l'occasion de trois programmes de recherche du CNRS :

- de 1988 à 1990, un programme P.I.R.E.N. « Forêts, friches et jachères dans le Néolithique du Jura méridional »
- de 1995 à 1999, programme PIR Environnement « Croissance démographique et crises de subsistance : les réponses d'une communauté agricole du 32<sup>e</sup> au 28<sup>e</sup> siècle av. J.-C. »
- de 1999 à 2002, programme Environnement et Développement durable « Les années noires du Néolithique. Emprises et déprises agricoles dans le Jura ».

Une grande partie des résultats a déjà été publiée, mais les études dendrochronologiques n'étaient pas alors aussi avancées qu'aujourd'hui. Pour conclure notre travail, et sans vouloir épuiser le sujet, il me paraît donc intéressant de reprendre quelques-unes de ces hypothèses interprétatives et de voir si les résultats dendrochronologiques actuels confirment, infirment, nuancent ou se trouvent en contradiction avec les conclusions des autres disciplines engagées dans ces raisonnements collectifs.

#### *Villages littoraux et fluctuations du niveau des lacs.*

Il y a une vingtaine d'années, l'hypothèse couramment admise était que l'occupation des rives lacustres au nord-ouest des Alpes était uniquement rythmée par les variations climatiques et les fluctuations du niveau des plans d'eau (Paret 1958) ; dans cette hypothèse, les périodes de transgression lacustre devaient correspondre à des épisodes d'abandon généralisé des bords de lac, alors que les bas niveaux lacustres auraient favorisé l'implantation des villages d'ambiance humide. La démonstration a été faite par M. Magny (1993c) que le rythme général de construction des villages littoraux (Fig. 112) s'accordait avec de bas niveaux des lacs. Cet auteur a montré que, globalement, les dates d'abattage obtenues sur les villages préhistoriques du Néolithique et de l'Âge du bronze s'inscrivaient bien pendant les périodes d'étiage prolongé, démontrées par les études sédimentologiques d'une part, et que les fluctuations de niveau des plans d'eau depuis 5000 av. J.-C. étaient corrélées à la courbe des variations du taux de <sup>14</sup>C résiduel dans l'atmosphère (Stuiver *et al.* 1998). Cette courbe devient alors un indicateur indirect des variations du climat, mais fiable et particulièrement précis (parce qu'elle a été construite par tranches de 20 ans, à partir d'échantillons datés par la dendrochronologie) des variations du climat, et, par conséquent, de la variation potentielle du niveau des plans d'eau.

L'hypothèse du « tout-climatique » a été pourtant souvent exagérée (Pétrequin 1984), comme l'a montré une étude de P. et A.M. Pétrequin en 1988, car probablement

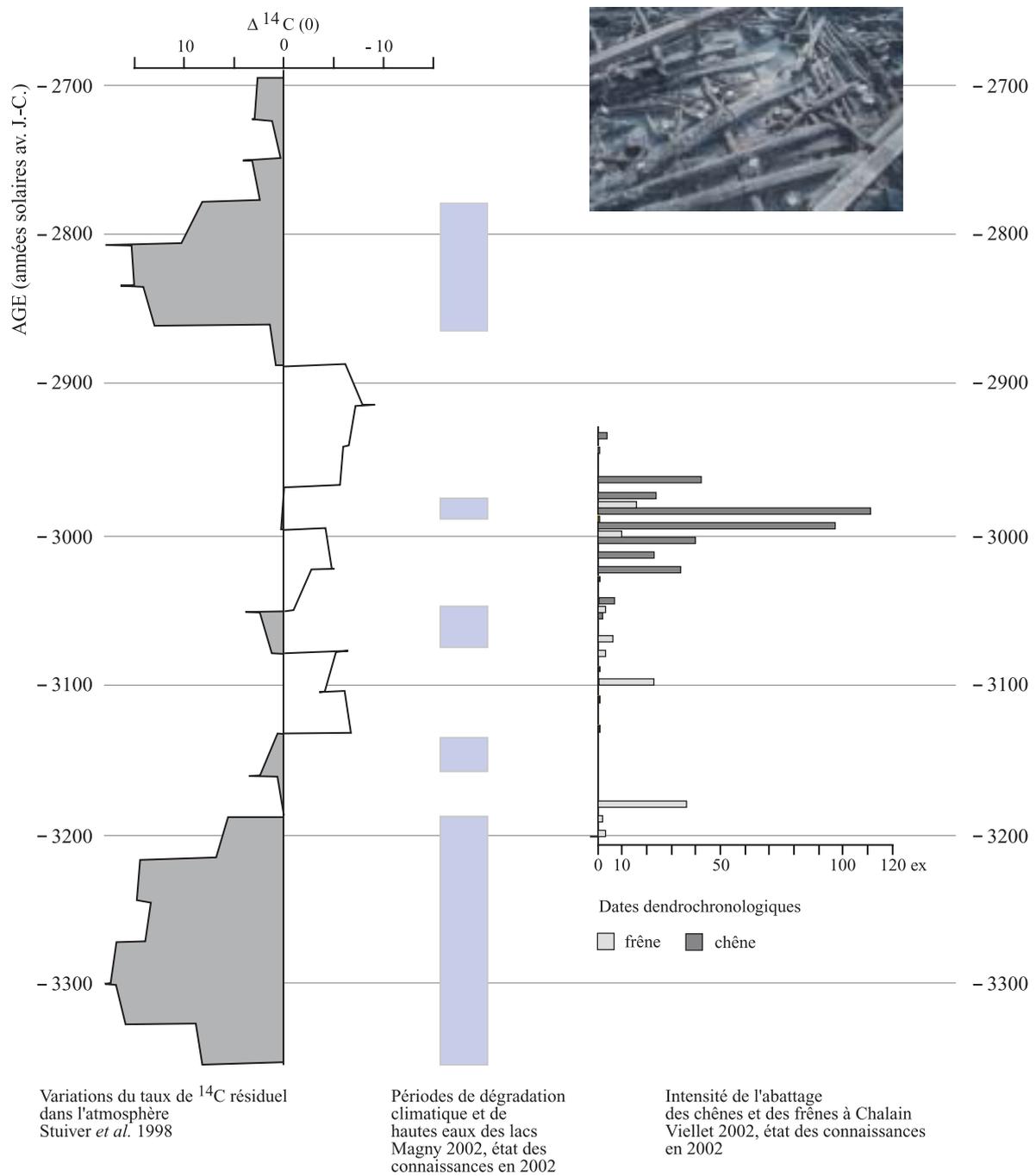


Figure 112. Comparaison entre les variations climatiques et les dates dendrochronologiques à Chalain. Dessin P. Pétrequin et A. Viellel (Pétrequin, Arbogast *et al.* 2003)

les conséquences des fonctionnements sociaux restent largement hors de portée des environmentalistes. Comment en effet comprendre que des villages soient détruits et abandonnés bien avant la remontée du niveau des lacs, sans faire intervenir l'ambiance sociale, les fonctionnements internes du groupe, son insertion dans les sociétés à l'échelle régionale. Le jeu absurde pourrait être, en observant une coupe stratigraphique avec la succession, souvent classique : couche d'habitat, puis charbons de bois témoins d'un incendie, enfin transgression lacustre et dépôts de craie, de penser que l'abandon du village a été provoqué par un incendie (comme s'il n'y avait pas d'autres raisons pour mettre le feu à un village) ou, mieux encore, que l'incendie a provoqué la montée du niveau du lac (mais en fait il n'y a pas de moyen d'estimer directement le temps écoulé entre l'abandon d'un village et la remontée du plan d'eau). Seules les données croisées entre les phases d'abattage et la courbe du  $^{14}\text{C}$  résiduel peuvent nous donner approximativement cette information.

Plus récemment, la question a été abordée (Pétrequin, Magny et Bailly 2005), en construisant une courbe de représentativité des sites archéologiques (considérés comme des indices de peuplement) sur une région ciblée (les quatre départements de la Franche-Comté) et sur une période longue : du Néolithique à la fin de l'Âge du Fer.

Si l'on compare maintenant la courbe du  $^{14}\text{C}$  résiduel et celle des indices de peuplement (Fig. 113, à gauche et au centre), on remarque, pour les périodes qui nous intéressent (4300 à 2400 av. J.-C.) que les variations de la courbe du nombre des sites archéologiques est rythmée par deux périodes de recul, coïncidant avec les dégradations climatiques de 35<sup>e</sup>-33<sup>e</sup> siècles, puis du 29<sup>e</sup> siècle, avec un degré de corrélation très fort, comme c'est d'ailleurs le cas pour les sites de Chalain et de Clairvaux.

Dans ces conditions climatiques difficiles, avec des années pluvieuses et des hivers longs, ce n'est pas seulement les variations à la hausse du niveau des plans d'eau qui sont en cause. Qui plus est, ce sont probablement les conséquences de mauvaises années successives sur les récoltes céréalières qui provoqueraient ces véritables effondrements démographiques (Arbogast et al. 1995 et 1996). Le déterminisme climatique semble donc ici probant, mais aucune systématique ne peut en être tirée, quand on voit (Fig. 113, au centre) que l'essor de la population au XV<sup>e</sup> siècle av. J.-C. accompagne, au contraire, une dégradation intense du climat. De même, les rives des lacs au nord-ouest des Alpes sont à peu près désertées entre le 23<sup>e</sup> et le 21<sup>e</sup> siècle, pendant l'expansion de la Culture Campaniforme, probablement parce que ce type d'habitat défensif en milieu humide ne répondait plus aux normes sociales du moment.

La dendrochronologie peut-elle nous aider à préciser cette dynamique de l'habitat de bord de lac en détaillant les épisodes d'occupation et d'abandon des rives à Chalain et à Clairvaux ?

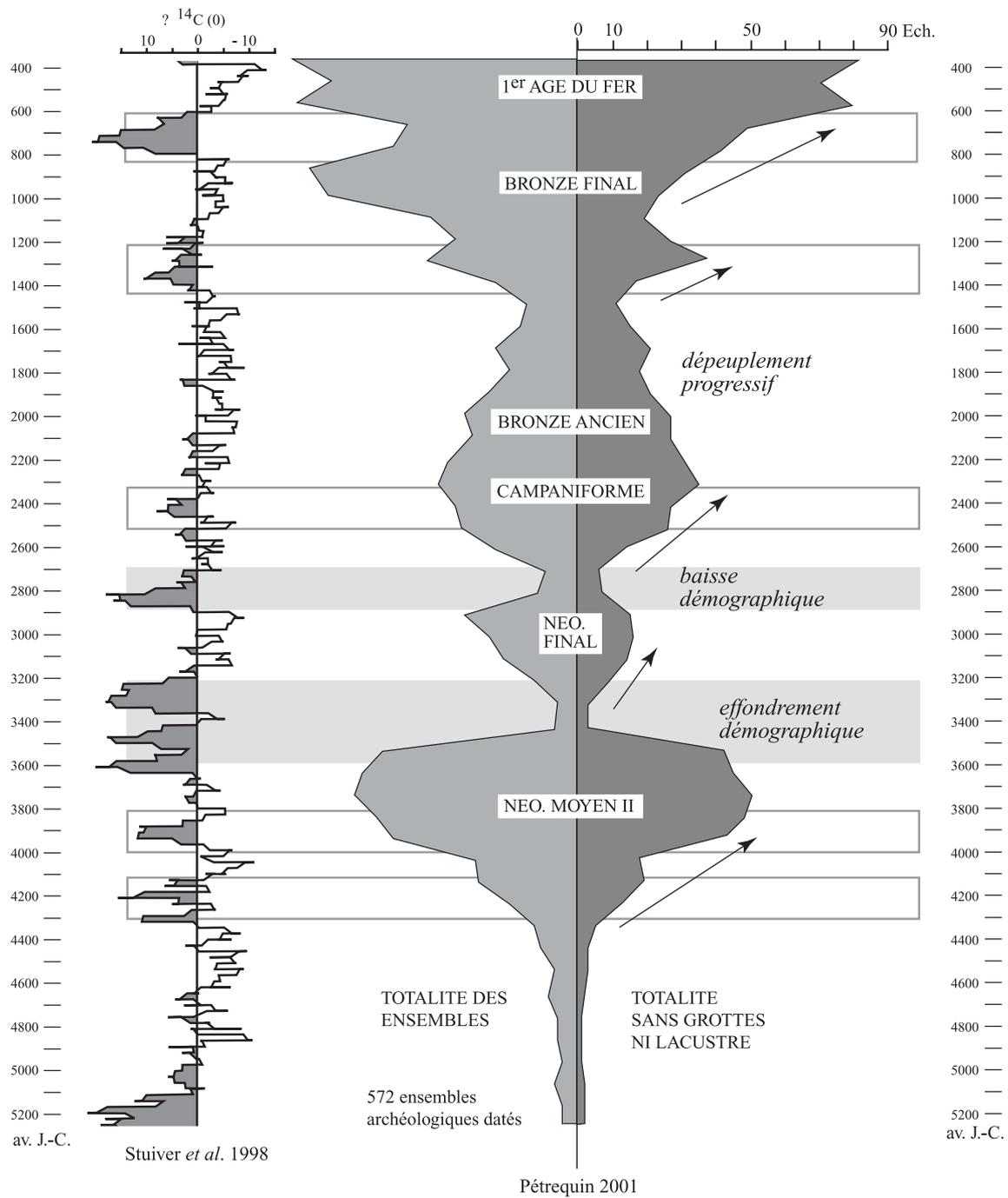


Figure 113. Comparaison entre la courbe  $^{14}\text{C}$  résiduel dans l'atmosphère et la courbe des indices archéologiques de peuplement en Franche-Comté (572 ensembles datés)  
 Dessin P. Pétrequin, (Pétrequin, Magny et Bailly 2005)

Les bonnes et les mauvaises années sont difficiles à déterminer par la dendrochronologie. Globalement, les phases d'abattage sont en concordance avec des bas niveaux (Fig. 112, à droite), mais au 30<sup>e</sup> siècle, l'abandon des rives semble intervenir 20 à 30 ans avant la dégradation climatique importante du 29<sup>e</sup> siècle. Cet abandon serait alors à mettre en relation avec des facteurs anthropiques, et non plus naturels, comme des déplacements de populations, des guerres, des reprises de migrations ou l'épuisement des ressources environnementales.

### *Dégradation des milieux forestiers, appauvrissement des sols*

Selon les palynologues qui ont travaillé à Chalain et à Clairvaux (Richard 1997 et 2000, Richard et Ruffaldi 1995), l'impact anthropique sur la forêt aurait toujours été faible au Néolithique, et il faudrait attendre la fin de l'Âge du bronze pour commencer à appréhender vraiment le développement des premiers grands espaces ouverts. L'idée semble dominer de sédentarité très relative, d'action mesurée sur la forêt avec des défrichements peu étendus difficiles à mettre en place à la hache de pierre, et chaque fois une reprise très rapide de la croissance forestière sitôt l'abandon des champs de céréales ou de légumineuses.

De même, les carpologues ont eu souvent dans l'idée que les champs néolithiques étaient nécessairement peu étendus, installés dans des clairières souvent encore ombragées (Lundström-Baudais 1986 et 1995) ; mais ceci reste à démontrer.

On doit pourtant reconnaître que ces évaluations de l'état du milieu forestier anthropisé sont indirectes et imprécises selon notre propos. En raisonnant uniquement sur le rapport de surface champs cultivés/zones forestières, l'image proposée est certainement juste. Mais sous l'action des défrichements répétés et surtout de l'exploitation des branches et des feuilles pour l'alimentation du bétail, le couvert forestier se modifie progressivement et perd en qualité, en particulier si l'on cherche des bois d'architecture rectilignes, de diamètre constant, à fibres régulières et sans nœuds. Les exemples ethnographiques de Nouvelle-Guinée montrent que ce type de bois d'œuvre tend rapidement à se raréfier dans les zones forestières touchées par les défrichements, sauf si l'on pratique une agriculture cyclique où les jardins sont installés pour une à deux années seulement avant que les parcelles soient à nouveau abandonnées à la croissance forestière jusqu'à reconstitution à la fois des sols humiques, riches en nutriments, des sols propres et sans mauvaises herbes et enfin d'un perchis régulier favorisé par la compétition entre les individus pour la lumière (Pétrequin et Pétrequin 2000, 2006).

Dans les faits, et pour revenir à notre sujet, les deux bassins lacustres de Chalain et de Clairvaux, éloignés seulement d'une douzaine de kilomètres, ont attiré l'essentiel du peuplement régional du moins pour la période 3200 à 2500 av. J.-C. (Pétrequin *et al.* 2003) Les communautés agricoles ont, dès le Néolithique, choisi les rives inondables de ces deux petits lacs pour assurer la protection des hommes et des récoltes céréalières dans des villages protégés par le marais et des palissades défensives (Pétrequin et Pétrequin 1984, 1988). Trente années de fouille sur ses deux lacs ont permis aux préhistoriens de reconnaître une certaine opposition stylistique des céramiques entre les habitats de l'un et l'autre lac (Giligny *et al.* 1995 ; Pétrequin et Pétrequin 1985) : deux groupes culturels successifs ont été définis, le groupe de Clairvaux plutôt centré sur le lac de Clairvaux et le lac de Chalain beaucoup mieux représenté sur le lac de Chalain. En 2000 et 2001, des évaluations archéologiques systématiques à la tarière et des datations AMS ont permis de dater précisément plus de trente sites d'habitat à Chalain et près de vingt à Clairvaux (Fig. 114) et de vérifier que l'intensité des occupations n'était, effectivement pas, la même au bord des lacs.

Si l'on compare maintenant le nombre de sites contemporains sur chaque lac, on remarque que les occupations ne se succèdent pas exactement de la même manière dans le bassin de Chalain et dans le bassin de Clairvaux ; alors que la variation du niveau de ces deux plans d'eau est nécessairement identique, à plusieurs reprises le peuplement bascule d'un lac à l'autre (Fig. 114). Il ne s'agit pas d'un quelconque défaut de documentation, puisque les prospections systématiques par sondages à la tarière nous donnent maintenant une vision correcte de la répartition spatiale et chronologique des villages avec la même qualité documentaire dans les deux bassins marécageux. On peut donc considérer comme avéré que lorsque l'un des lacs est densément occupé, l'autre l'est moins et alternativement (Pétrequin, Magny et Bailly 2005). Par exemple au Néolithique moyen, pendant les 37<sup>e</sup> et 36<sup>e</sup> siècles, nous n'avons que quelques tessons de céramique correspondant au mieux à deux occupations discrètes pour attester d'une occupation des rives de Chalain à cette période ; au contraire, cet épisode chronologique est très bien représenté à Clairvaux, avec cinq villages connus dont trois au moins ont une certaine importance, avec 10 à 15 maisons chacun et des milliers de profils céramiques dans les dépotoirs. L'un et l'autre des bassins lacustres auraient été occupés alternativement pendant une durée de près de deux siècles par des communautés agricoles souvent d'origines différentes, les unes venant du pied occidental du Jura (NMB), et les autres du pied oriental (Cortailod classique et Port-Conty) (Pétrequin et Pétrequin 1988 ; Pétrequin 1993). Quatre basculements de population d'un bassin à l'autre sont ainsi observés pendant le Néolithique (Fig. 114).

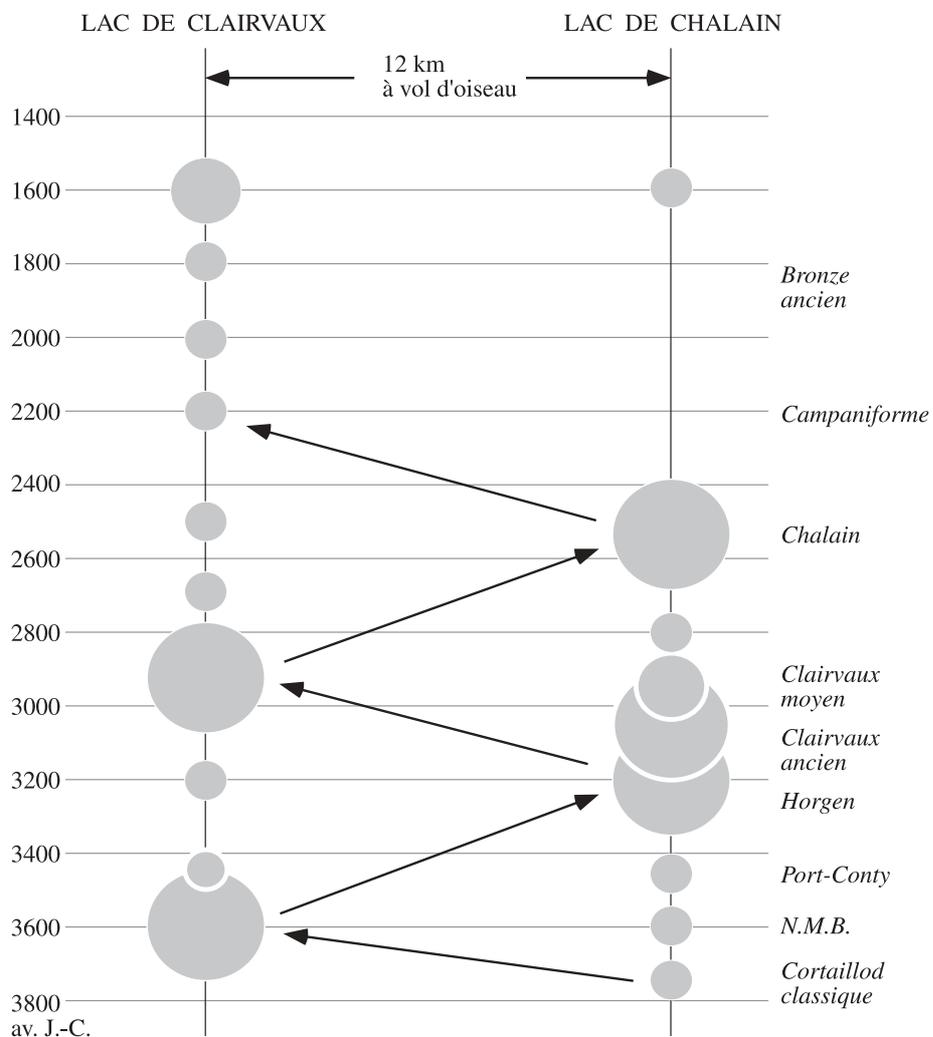
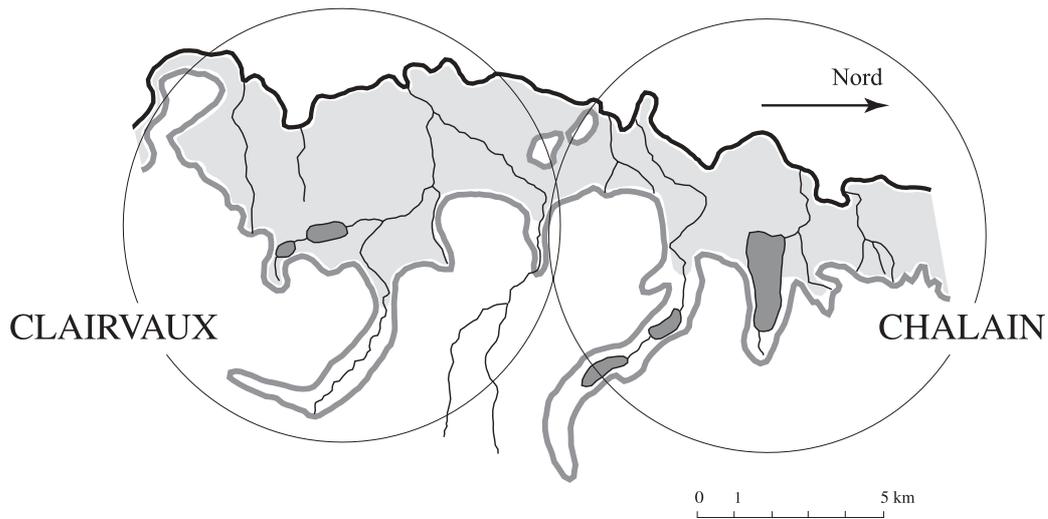


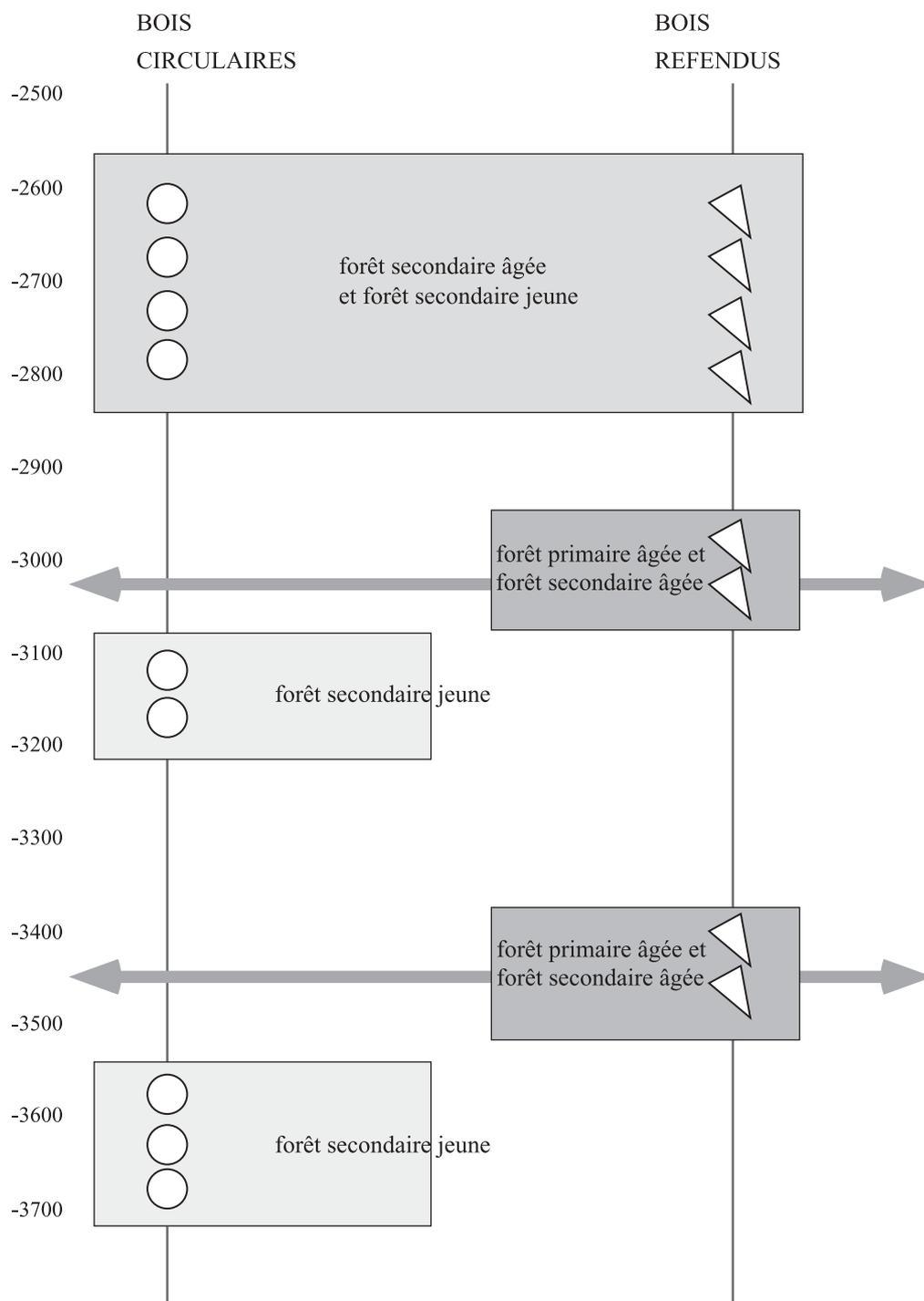
Figure 114. Les séquences néolithiques de Chalain et de Clairvaux sont rythmées par des déplacements de population où l'épicentre du peuplement se trouve alternativement dans l'un ou l'autre de ces deux bassins lacustres  
 Dessin P. Pétrequin, (Pétrequin, Magny et Bailly 2005)

Il pourrait s'agir de recolonisations successives de bassins lacustres (et de la forêt environnante sur plusieurs kilomètres de diamètre) (Arbogast, Pétrequin et Affolter 2000) laissés à l'abandon ou très peu exploités pendant plusieurs décennies, après un épuisement momentané des terres défrichées (selon les idées et les normes techniques du moment) de la forêt exploitée pour le fourrage du bétail. Il s'agit là d'une forme équivalente à la jachère, bien que le terme (d'origine médiévale) ne convienne pas. Lors d'une nouvelle colonisation de la Combe d'Ain, les arrivants choisiront alors automatiquement, et logiquement, le milieu forestier le plus reposé, c'est-à-dire le plus proche de l'ancien état de forêt primaire.

Dans ce domaine des cycles de dégradation de l'état de la forêt, les préhistoriens ont proposé de reconnaître, rythmées souvent par des hiatus de l'habitat, des périodes où l'on a utilisé de préférence des perches régulières où le frêne domine (Fig. 115) ; des périodes où on a plutôt favorisé l'abattage d'arbres de plus gros diamètre, dont beaucoup de chênes âgés, et probablement tirés d'une forêt proche de l'état primaire ; et enfin une période finale, où tous les types de bois (et toutes les essences forestières) sont représentés. L'hypothèse archéologique explicative fait appel à des variations de la densité de population et à une plus ou moins grande sédentarité des habitats et des zones mises en culture (Fig. 114) :

- 3800/3600 av. J.-C. : bois blancs dominants, perches à section cylindrique, agriculture itinérante en milieu forestier à cycles de 35 à 50 ans, pression démographique moyenne.
- 3500 av. J.-C. : abandon à la forêt.
- 3400 av. J.-C. : gros chênes refendus, défrichements en forêt primaire ou secondaire âgée, nouvelle croissance démographique suite à une colonisation.
- 3300-3200 av. J.-C. : abandon à la forêt.
- 3200-3100 av. J.-C. : bois blancs dominants, perches à section cylindrique, agriculture itinérante en milieu forestier à cycles de 35 à 50 ans, pression démographique moyenne.
- 3100-2900 av. J.-C. : gros chênes refendus, défrichements en forêt primaire ou secondaire âgée, nouvelle croissance de la population suite à une colonisation, pression démographique très forte.
- 2900 av. J.-C. : abandon partiel à la forêt.
- 2800-2600 av. J.-C. : tous les types sont représentés, population nombreuse et stable, pas de reconstitution du milieu forestier originel, mise en exploitation des zones basses et humides jusque-là inexploitées.

Que peut dire la dendrochronologie au sujet de cette proposition de restitution schématique de l'histoire locale du couvert forestier ?



*Figure 115. Evolution des rythmes d'exploitation des milieux forestiers entre le Néolithique moyen et le Néolithique final (groupe de Chalain)  
Dessin P. Pétrequin 1997, modifié (Pétrequin 1997 et 1998)*

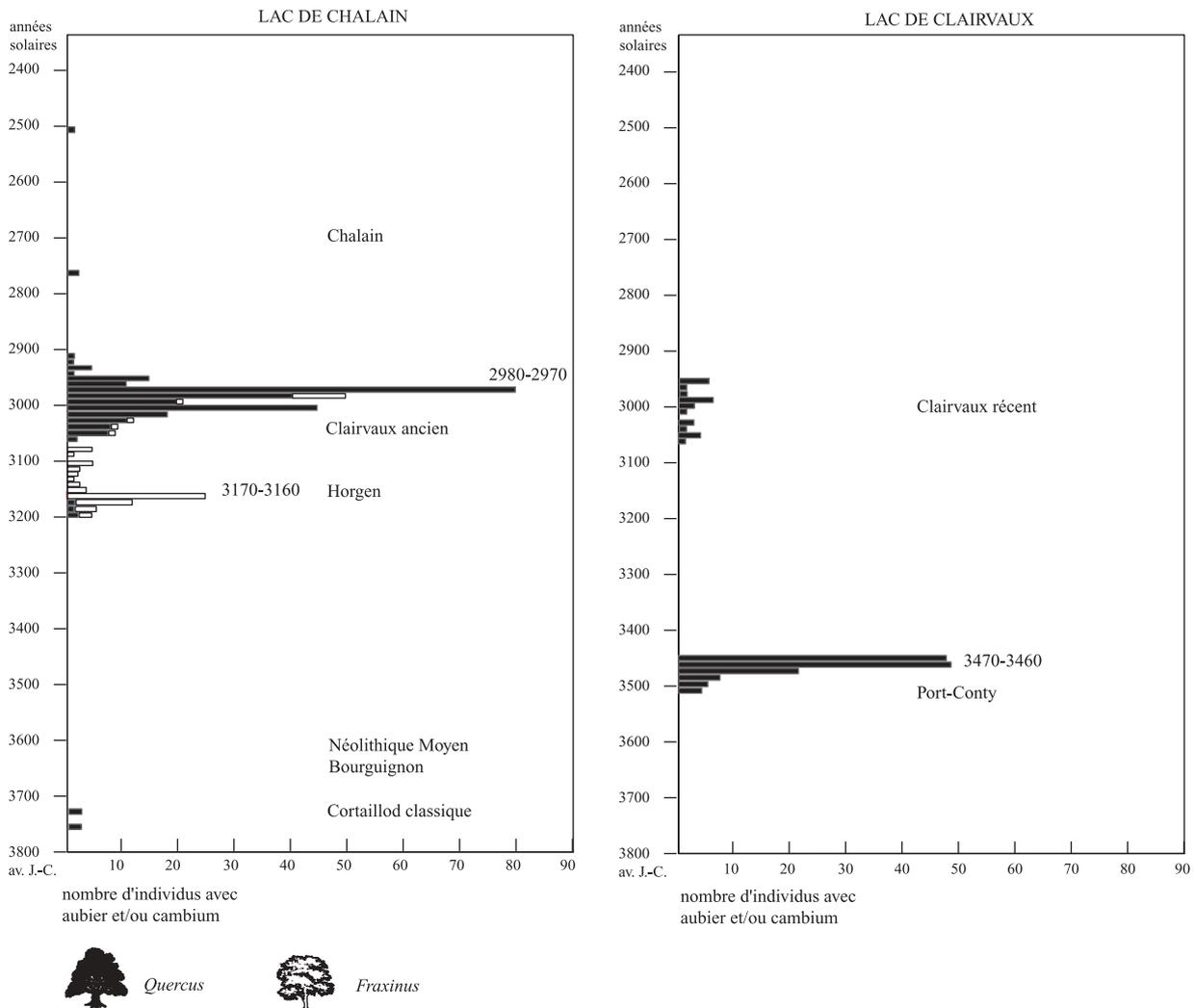


Figure 116. Tableau général des dates dendrochronologiques acquises à Chalain et à Clairvaux. Ne sont figurés que les bois datés qui possèdent leur aubier. On notera les périodes où le chêne est majoritaire et celles où le frêne est le mieux représenté (Pétrequin, Bailly et Viellet 2001)

En reprenant le même découpage chronologique, on observe (Fig. 116) :

- 3800-3600 av. J.-C. : le déficit en chênes et en frênes âgés à CL MMV, CL VII, CL XIV et CH 3 rend la datation dendrochronologique très difficile, avec peu de résultats définitifs (Fig. 116, à gauche) ; indirectement, il y a confirmation de l'exploitation majoritaire d'arbres jeunes.
- 3400 av. J.-C. : les bois abattus sont majoritairement des chênes et des frênes (CL II-II bis) issus de deux milieux forestiers différents : une forêt de type primaire, avec des courbes de croissance plate, et une forêt secondaire âgée, avec des croissances plus dynamiques (Fig. 116, à droite) ; il y a donc confirmation de l'hypothèse archéologique, mais avec une image plus complexe des milieux exploités.

- 3200-3100 av. J.-C. : les néolithiques du Horgen (CH 3 et CH 19) ont sélectionné beaucoup de jeunes frênes de moins de 20 cm de diamètre issus d'une forêt secondaire (Fig. 116, à gauche) comme l'ont également montré les préhistoriens. Mais on devra arriver à préciser pourquoi la forêt secondaire est si développée à Chalain, après une interruption des occupations littorales pendant au moins deux siècles. Pour cette question, la balle est bien sûr à nouveau dans le camp de l'archéologue (on a reconnu à CH Les Vernois I, sur la terre ferme, un petit habitat mal conservé, qui, d'après les styles céramiques, pourrait être un peu plus ancien que le Horgen de CH 3 et CH 19).

- 3100-2900 av. J.-C. : en fait, la dendrochronologie permet de proposer (à partir des sites de CL IV, CL X, CL MM, CH 2, CH 3, CH 4, CH 5, CH 6, CH 7, CH 8 et CH 19), une phase de mise en exploitation brutale de plusieurs environnements forestiers, précisément dans les années 3050 à 3040. Il y a bien sûr toujours la classe des arbres jeunes qui est plus ou moins représentée ; mais la plupart des fûts utilisés pour les poteaux sont tirés d'une forêt secondaire âgée et/ou d'une forêt de type primaire (chêne, érable, hêtre, frêne, orme, tilleul). Cette phase de défrichements intenses porte particulièrement sur des chênes et des frênes âgés à fûts réguliers, qui peuvent être refendus comme pièces d'architecture. Ces arbres ont été datés aisément, en raison de leur âge, de leur diamètre et de leur régularité de croissance (Fig. 116, à gauche), contrairement aux jeunes perches qu'il n'est pas possible de dater de façon fiable. Cette dilution des bois jeunes dans la masse des chênes âgés fausse, sans aucun doute, notre vision de l'exploitation de la forêt jusqu'à la fin de ce qui semble bien correspondre à une expansion démographique, qui va durer près de 80 ans, jusqu'aux environs de 2970. L'hypothèse d'une expansion territoriale des mises en culture en direction de la forêt âgée se trouve donc confirmée.

- Les bois datés se raréfient ensuite, bien qu'existent encore de nombreux vestiges de villages correspondant à la période 2970-2916 (pour le bois le plus récent dans le 30<sup>e</sup> siècle). La question encore irrésolue est de savoir si réellement le nombre des constructions diminue à cette époque, ou bien si -comme nous le verrons plus loin- l'état de la forêt défrichée ne permet plus d'obtenir aisément des bois âgés à croissance régulière (donc datable par la dendrochronologie).

- 2900 av. J.-C. : des bois de CH 22 ont été datés et laissent supposer que l'abandon des rives de Chalain est certainement un phénomène très relatif ; comme le montre d'ailleurs le diagramme pollinique de CH 2AC (Bourgeois 1990).

- 2800-2600 av. J.-C. : les problèmes dendrochronologiques commencent alors réellement à se multiplier. Neuf ensembles de villages (CL III et CL MM, CH 2/3-5, CH 18,

CH 20, CH 21, CH 24 et CH 27) illustrent au plan des vestiges archéologiques, une période d'intense occupation des rives de Chalain et de Clairvaux. Mais malgré plusieurs centaines de bois prélevés sur cinq de ces sites (CL MM, CH 2/3-5, CH 20 et CH 21), seuls huit bois ont pu être datés et corrélés, bien que de façon très hypothétique : ce sont principalement des arbres jeunes à croissance très hétérogène et de moins de 50 ans, malgré des diamètres de plus de 30 cm. Un grand fragment de pirogue en chêne a pu également être daté, probablement parce que le fût a été sélectionné en forêt âgée (Fig. 116, à gauche). On se trouve donc devant un cas de figure peu douteux, comme permettaient de le supposer les observations archéologiques : l'environnement forestier a été tellement modifié depuis le pic des datations à 2980-2970 av. J.-C., que la forêt présentait alors de moins en moins de bons bois d'architecture répondant aux critères précédents ; on aurait, en conséquence, surtout défriché des zones basses et humides où la croissance des arbres est rapide, mais avec des cernes larges et à croissance chaotique.

On reconnaîtra alors que la dendrochronologie a permis de contrôler, de nuancer, de compléter et de caler en chronologie absolue les successions proposées par les préhistoriens lorsque les forêts âgées étaient exploitées. Au contraire, pendant les périodes de surexploitation (comme nous venons de le voir) ou bien de rotation des cultures dans une forêt surtout constituée d'arbres jeunes (rejets de souches, perchis au Néolithique moyen ou pendant le Horgen), ces datations dendrochronologiques s'avèrent à peu près impossibles.

*Vitesse d'évolution culturelle : un exemple de migration.*

Les rythmes d'occupation et d'abandon des villages sont lisibles dans les successions sédimentaires : les phases d'occupation sont marquées par des couches organiques correspondant à des litières végétales apportées par l'homme, tandis que les phases d'abandon temporaires et de hautes eaux sont caractérisées par la formation de craie lacustre déposée en couches plus ou moins épaisses entre les niveaux d'occupation. Les préhistoriens ont observé des successions typologiques et stylistiques en se fondant d'une part sur ces stratigraphies site par site et d'autre part sur les raccords stratigraphiques directs entre sites, soit par tranchées, soit par sondages à la tarière (Fig. 117).

Le remontage des tessons entre les couches successives est un excellent moyen pour vérifier la plus ou moins bonne « fermeture » de ces ensembles sédimentaires. Grâce aux milliers d'artefacts, particulièrement bien conservés en milieu anaérobie, les préhistoriens

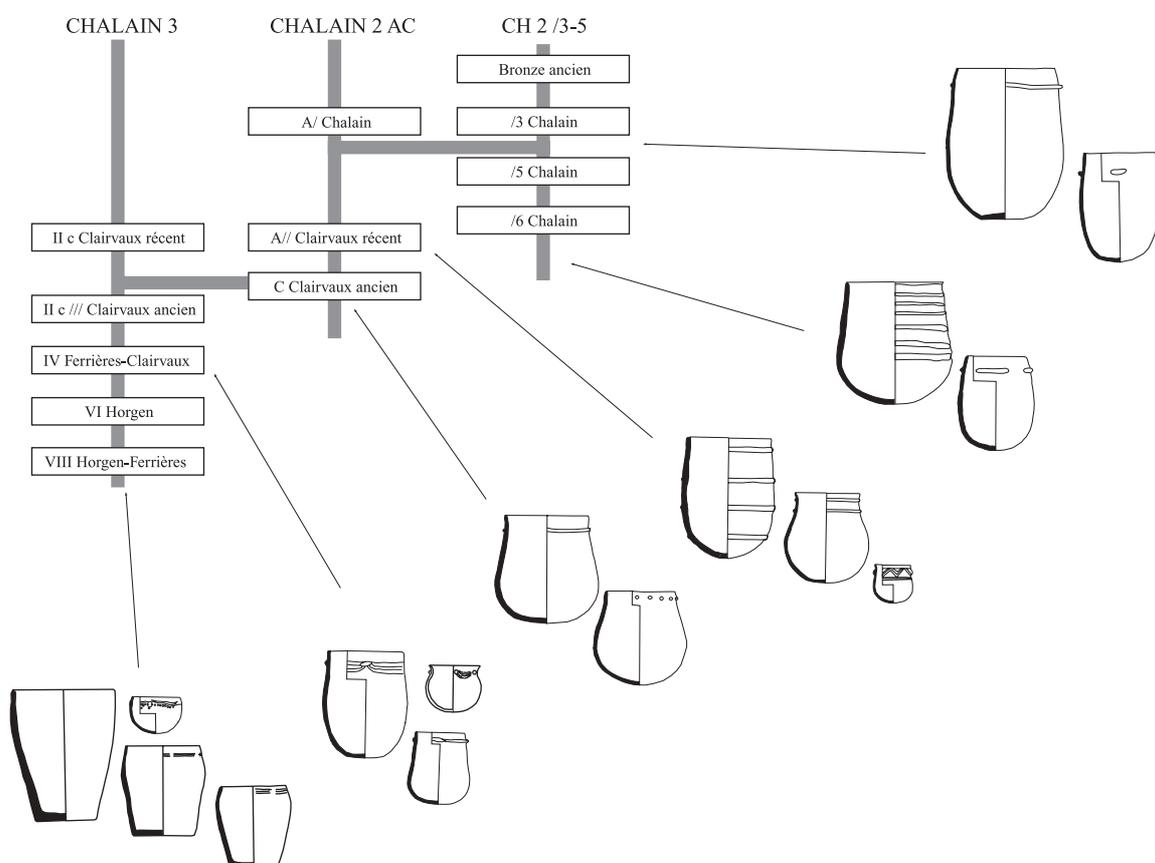


Figure 117. Synthèse chrono-stratigraphique de la zone archéologique de la Prise d'Eau (rive nord-ouest du lac de Chalain). Les séquences stratigraphiques de trois sites littoraux (CH 2/3-5, CH 2 A-C et CH 3) ont pu être raccordées par sondages à la tarière, offrant un des ensembles chrono-stratigraphiques les plus détaillés du lac de Chalain, entre 3200 et 2500 av. J.-C. Dessin P. Pétrequin et A. Viellet (Pétrequin, Bailly et Viellet 2001)

ont pu préciser les grandes tendances évolutives des cultures archéologiques à Chalain et à Clairvaux et définir une chronologie relative. Les systèmes chrono-culturels ont été établis principalement à partir de la céramique qui reste, pour l'instant, le meilleur marqueur culturel (Pétrequin et al. 1988 ; Pétrequin, Bailly et Viellet 2001).

Mais les vraies difficultés commencent avec la datation absolue de ces ensembles (sédimentaires, stylistiques, culturels) successifs. Dans le cas de nos 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 118, le résultat de

ces datations (conventionnelles ou AMS) ont été figurées 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, Bailly et Viellet 2001) ; le cas est manifeste pour le groupe de Chalain qui en chronologie ne montre aucun pic statistique (Fig. 118, colonne de droite). Nous avons replacé sur cette

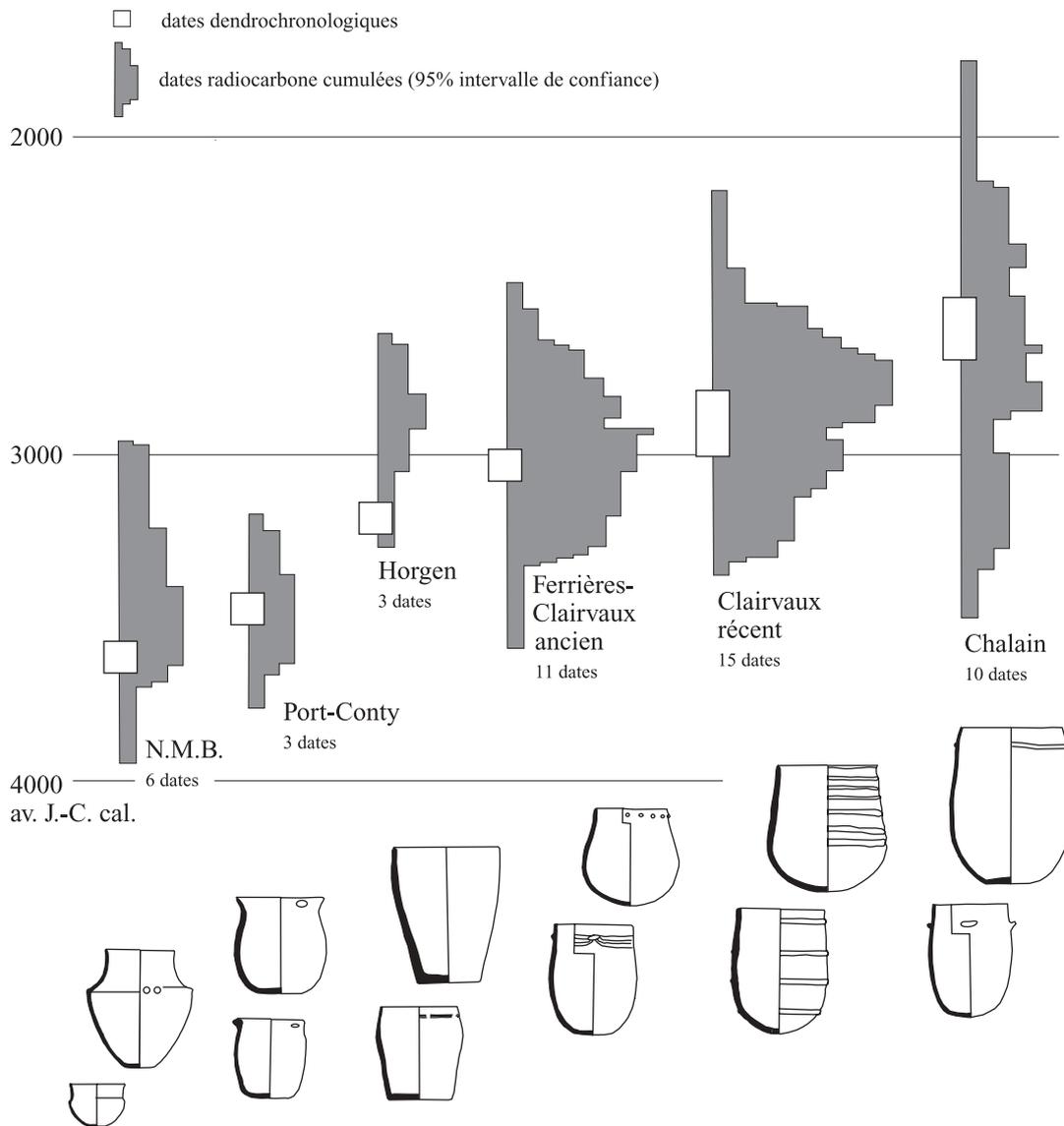


Figure 118. Diagramme cumulatif des dates radiocarbone conventionnelles avec un intervalle de confiance de 2 sigma, selon la succession des groupes culturels reconnus entre 3700 et 2400 av. J.-C., à Chalain et à Clairvaux. Les dates dendrochronologiques sont mises en regard des dates radiocarbone. La date du N.M.B. est une hypothèse dendrochronologique. Logiciel Calibeth v. 1.5b, sept. 1991, Zurich. Dessin P. Pétrequin (Pétrequin, Bailly et Viellet 2001)

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, 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 progressives, 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 culture » à Chalain et à Clairvaux est à peu près inefficace, nous l'avons vu, dans le cas du groupe de Chalain où le milieu forestier très transformé ne favorise guère l'obtention de dates nombreuses (neuf dates au total, dont plusieurs incertaines pour au moins deux siècles d'occupation). La question est toute différente pour les 32<sup>e</sup>, 31<sup>e</sup> et 30<sup>e</sup> siècles où la documentation dendrochronologique est quantitativement abondante et de bonne qualité, bien que les supports arborés et le nombre des échantillons soient très variables avec le temps (Fig. 119, à gauche).

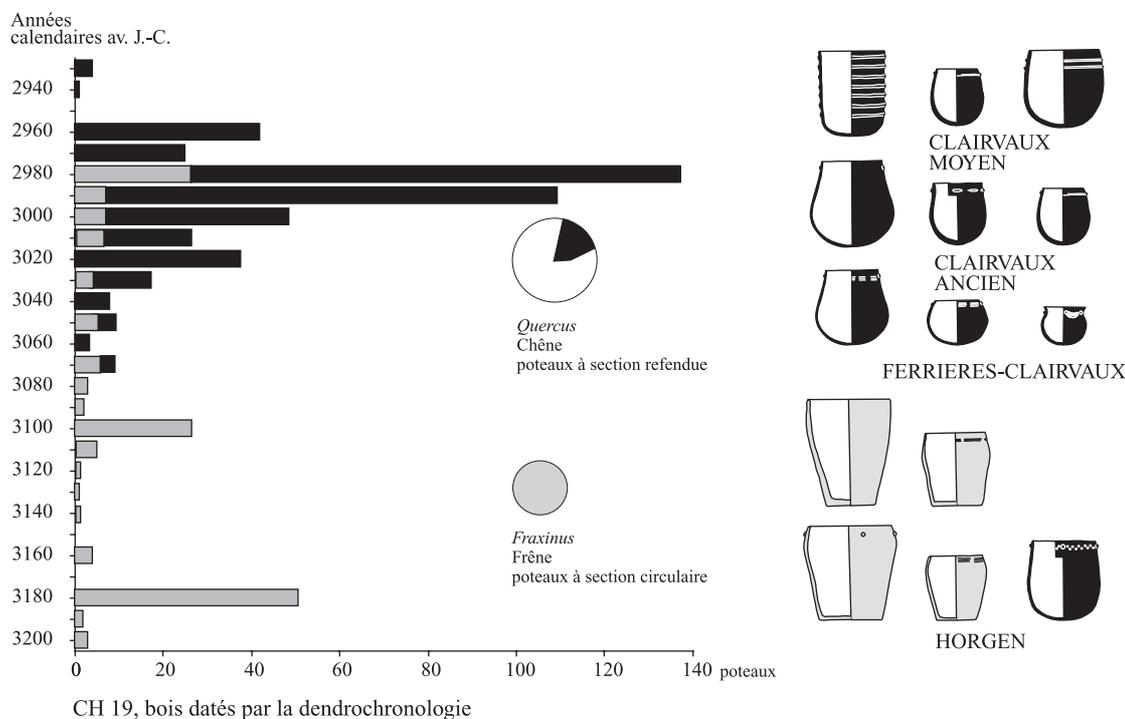


Figure 119. Modifications des conditions d'approvisionnement en bois d'oeuvre sur le site de CH 19 et la mutation culturelle du 31<sup>e</sup> siècle av. J.-C.  
Dessin A. Viellet et P. Pétrequin (Pétrequin, Bailly et Viellet 2001)

Pour le néolithicien, il s'avère essentiel de préciser le temps qu'il a fallu pour passer du Horgen en direction du Ferrières-Clairvaux, le phénomène (Fig. 119, à droite) ayant été suivi en détail, à partir de la céramique et de plusieurs séquences sédimentaires à CH 3 et CH 19. Les dates radiocarbone permettraient de suggérer un passage lent et progressif. Au contraire, l'observation des bois d'œuvre sur le terrain a, dès l'abord, permis de proposer une interprétation radicalement différente (Pétrequin, Viellet et Illert 1999) : une expansion

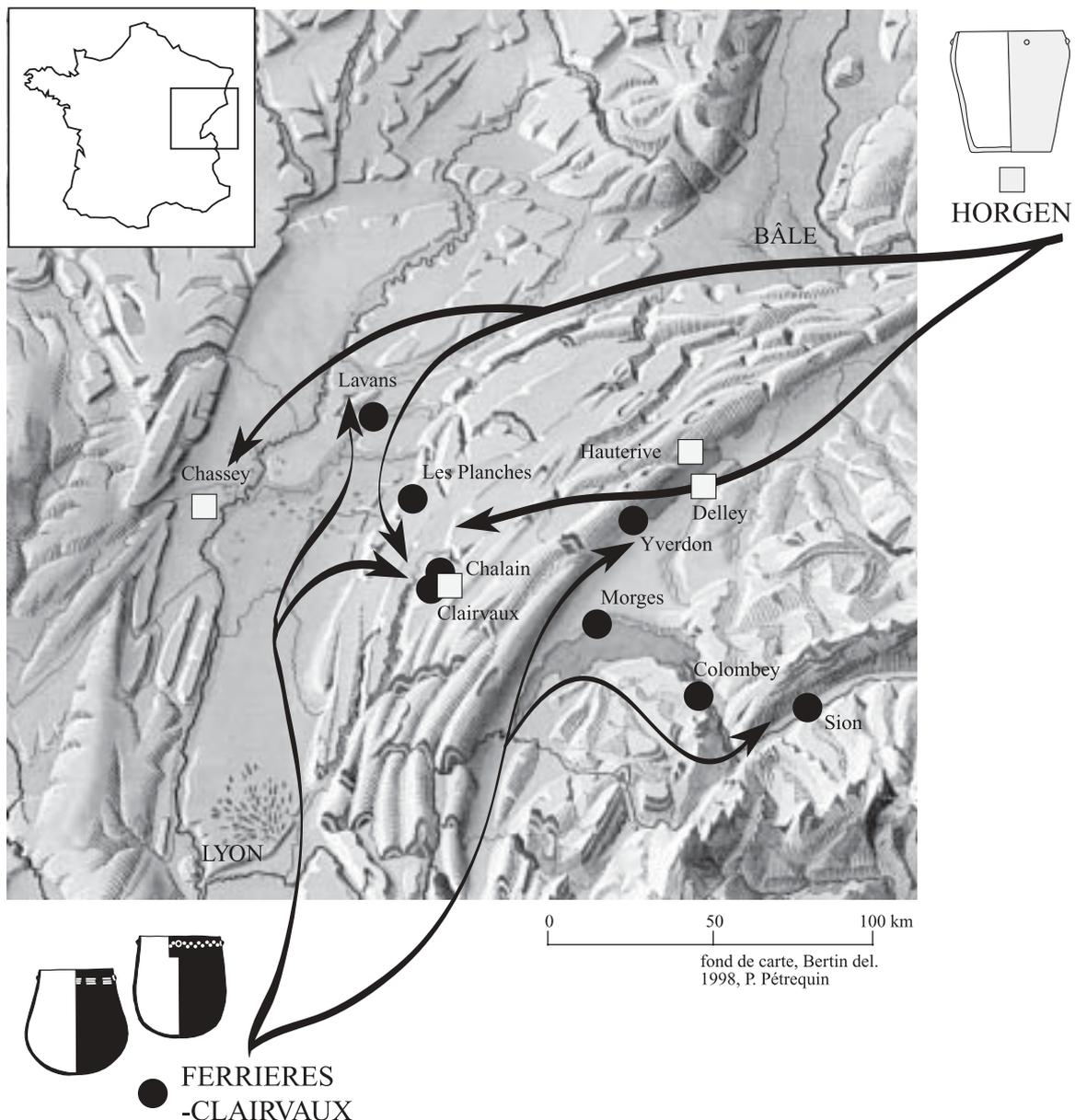


Figure 120. A la fin du IV<sup>e</sup> millénaire av. J.-C., les lacs de Chalain et de Clairvaux sont placés juste en limite des zones d'influences culturelles Horgen (nord-est) et Ferrières (sud). Dessin P. Pétrequin (Pétrequin, Arbogast et al. 2002)

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

Il s'agit là d'un résultat majeur qui a conduit à reconstituer une diffusion culturelle par migration de petits groupes (Fig. 120) probablement selon le processus décrit plus haut de colonisation de l'environnement le plus favorable (ou bien Chalain, ou bien Clairvaux), c'est-à-dire le terroir abandonné à la forêt depuis le plus longtemps. Les préhistoriens non anglo-saxons se méfient, en général, de ces notions de densité du peuplement et de pression démographique, parce qu'elles sont rarement démontrables, ce qui est exact. Mais l'exemple ici nous semble tout à fait pertinent pour commencer à modifier ces modes de penser une archéologie de la stabilité (Pétrequin 1997, 2005).

### *Hameaux contemporains et sédentarité*

En cumulant à la fois la très bonne résolution stratigraphique des séquences anthropiques du lac de Chalain et les acquis des analyses dendrochronologiques, la période qui suit l'arrivée de populations Ferrières-Clairvaux aux environs de 3050 av. J.-C. a pu être détaillée, en classant les témoins archéologiques selon un dénominateur commun : le nombre (d'un type d'artefact ou de témoin naturel transformé) par unité de surface de dépotoir (1 m<sup>2</sup>) et par unité de temps (10 années).

En se fondant sur ces données -et nous avons conscience des faiblesses et des dangers de la méthode-, il devient possible de suivre l'évolution comparée du nombre des villages

contemporains sur les deux lacs et les rejets de la consommation alimentaire, en particulier de viande (Fig. 121, au centre). Il semble exister une très forte corrélation entre la croissance de la population (imaginée à partir de l'augmentation du nombre des villages) et la consommation de protéines animales, en particulier tirées des animaux chassés. Mais passé une ou deux générations, la consommation de viande, qui sont des protéines « coûteuses », diminue, tandis qu'augmente la part des céréales (augmentation du nombre des grains de pollens dans les couches d'habitat) et -dans une certaine mesure- des animaux domestiques. Là encore, il s'agit de systèmes alimentaires rapidement déséquilibrés, comme le montre la courbe de l'orme (le fourrage de feuilles par excellence) qui décroît progressivement, puis s'effondre lorsque le cheptel domestique devient plus nombreux, ce qui suppose l'introduction de véritables pâturages (Richard et Géry 1993 ; Bourgeois 1990) et l'utilisation également démontrée, d'autres types de fourrage de feuilles (Pétrequin, Arbogast *et al.* 1998).

La précision de ces reconstitutions socio-économiques et environnementales a été acquise grâce à une vraie collaboration entre tous les chercheurs, mettant à profit un cadre sédimentaire favorable et une bonne chronologie en raison du nombre de bois centenaires utilisés dans l'architecture des villages. L'augmentation du nombre des villages et hameaux, qui conditionne, semble-t-il, toute cette évolution et ces adaptations architecturales, est particulièrement visible sur la figure 122 entre 3120 et 3000 av. J.-C.

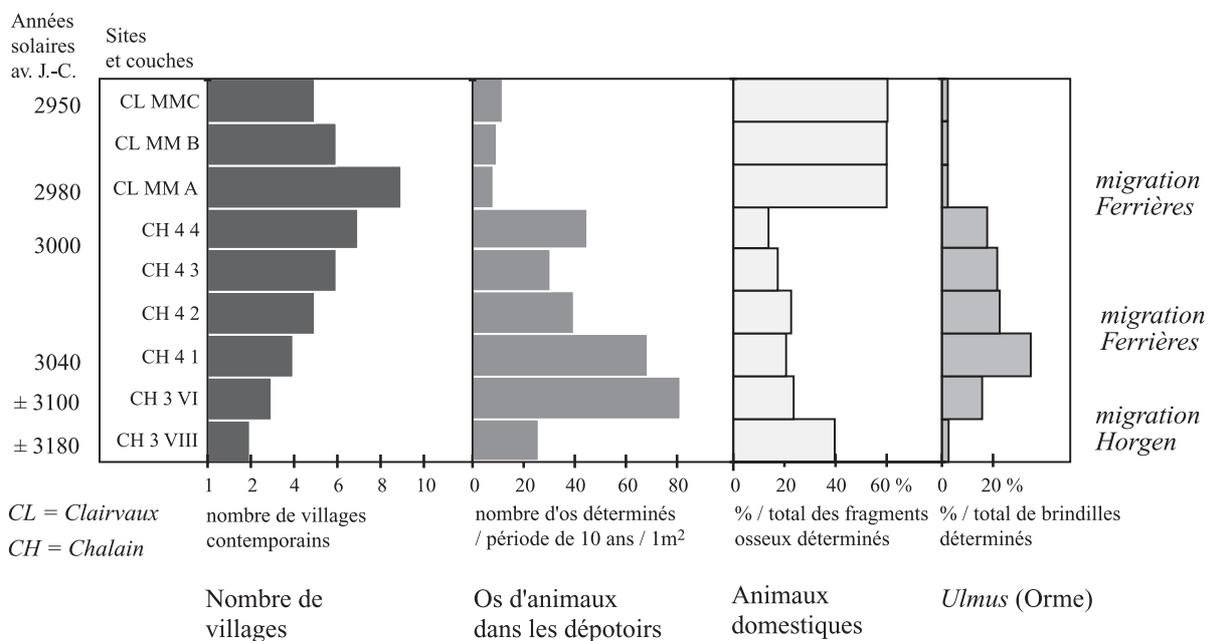


Figure 121. Corrélation entre la variation du nombre de villages à Chalain et à Clairvaux, la quantité de rejets osseux dans les dépotoirs, l'importance relative de l'élevage et du fourrage. La croissance démographique de la fin du 31<sup>e</sup> siècle et le passage du Horgen au Ferrières-Clairvaux ont été accompagnés par une consommation importante de protéines animales. Dessin P. Pétrequin (Pétrequin, Arbogast *et al.* 1998)

<i>Quercus</i>	nbre bois datés			<i>Fraxinus</i>	nbre bois datés
2510/2500	1	CH1 pirogue			
2770/2760	2	CH1, CH21	<p style="text-align: center;">Groupe de Chalain Estimation du nombre de villages contemporains ←—————→ Données archéologiques</p>		
2780/2770	3	CH1, CH21			
2790/2780	1	CH1			
2880/2870	2	CH22			
2920/2910	1	MM			
2930/2920	5	CH2, CLMM			
2940/2930	5	MM			
2950/2940	9	CLMM, CLIV, CH8			
2960/2950	22	CH6, CLIV, CLMM			
2970/2960	20	CLIV, CLMM, CH19, CH6			
2980/2970	113	CH3, CH2, CH5, CH7, CLMM		2980/2970	31
2990/2980	83	CH3, CH2, CH5, CH6, CH19, CLIV, CLMM		2990/2980	13
3000/2990	48	CH3, CH2, CH5, CH6, CH19, CLIV, CLMM, CLX		3000/2990	13
3010/3000	98	CH4, CH3, CH2, CH5, CH6, CH19, CLIV, CLMM, CLX, CH2 pirogue		3010/3000	4
3020/3010	94	CH4, CH3, CH2, CH5, CH19, CLIV, CLMM, CLX		3020/3010	7
3030/3020	99	CH4, CH3, CH2, CH7, CH19, CLIV, CLMM		3030/3020	23
3040/3030	64	CH4, CH3, CH2, CH19, CLIV, CLMM, CLX		3040/3030	19
3050/3040	61	CH4, CH3, CH2, CH5, CH6, CH19, CLIV, CLMM		3050/3040	6
3060/3050	37	CH4, CH3, CH2, CH6, CH7, CH8, CH19, CLIV, CLMM, CLX		3060/3050	1
3070/3060	16	CH4, CH3, CH2, CH7, CH19		3070/3060	19
3080/3070	19	CH4, CH3, CH2, CH7, CH19, CLIV, CLMM		3080/3070	12
3090/3080	8	CH4, CH3, CH2, CH19, CLIV		3090/3080	4
3100/3090	9	CH4, CH3, CH19		3100/3090	26
3110/3100	2	CH4, CH2		3110/3100	6
3120/3110	4	CH4, CH3		3120/3110	1
3130/3120	2	CH4, CH2		3130/3120	1
3140/3130	1	CH4		3140/3130	1
3150/3140	5	CH4, CH, CLIV2		3150/3140	
3160/3150	3	CH4, CH2		3160/3150	3
3170/3160	5			3170/3160	
3180/3170	4			3180/3170	51
3190/3180	4			3190/3180	5
3200/3190	4			3200/3190	3
3210/3200				3210/3200	3
	855				252

Figure 122. Nombre de villages contemporains pour le Néolithique final et nombre de bois datés par tranche de 10 années. Données dendrochronologiques

Au contraire, et c'est une limite de la méthode déjà soulignée plus haut, l'apparente diminution du nombre des villages contemporains (Fig. 122, entre 3000 et 2500) qu'indiquent les analyses dendrochronologiques est en fait une illusion, car l'immense majorité des bois, à partir de cette époque, ne peuvent plus être datés. C'est certainement le cas pour la séquence du groupe de Chalain, qui échappe donc à la discipline dendrochronologique. La solution est archéologique en établissant des comparaisons typologiques fines de la céramique avec des ensembles extérieurs à notre zone d'étude, où le cadre dendrochronologique est mieux établi en raison d'un comportement différent de l'homme par rapport à la couverture arborée.

*Des histoires régionales pour une reconstitution d'ensemble.*

L'alternance de phases d'occupation et d'abandon mise en évidence à Chalain et à Clairvaux concerne-t-elle uniquement ces deux bassins lacustres ou peut-elle raisonnablement s'appliquer à d'autres lacs au nord-ouest des Alpes ?

Comparons, à titre d'exemple, parmi bien d'autres possibles, les dates dendrochronologiques d'abattage des bois d'œuvre des sites du Jura français et celles de Delley-Portalban II sur le lac de Neuchâtel (Fig. 123). On reconnaît des oppositions dues, mais nous l'avons vu, à l'impossibilité de dater le groupe de Chalain (à gauche), tandis que le Lüscherz récent

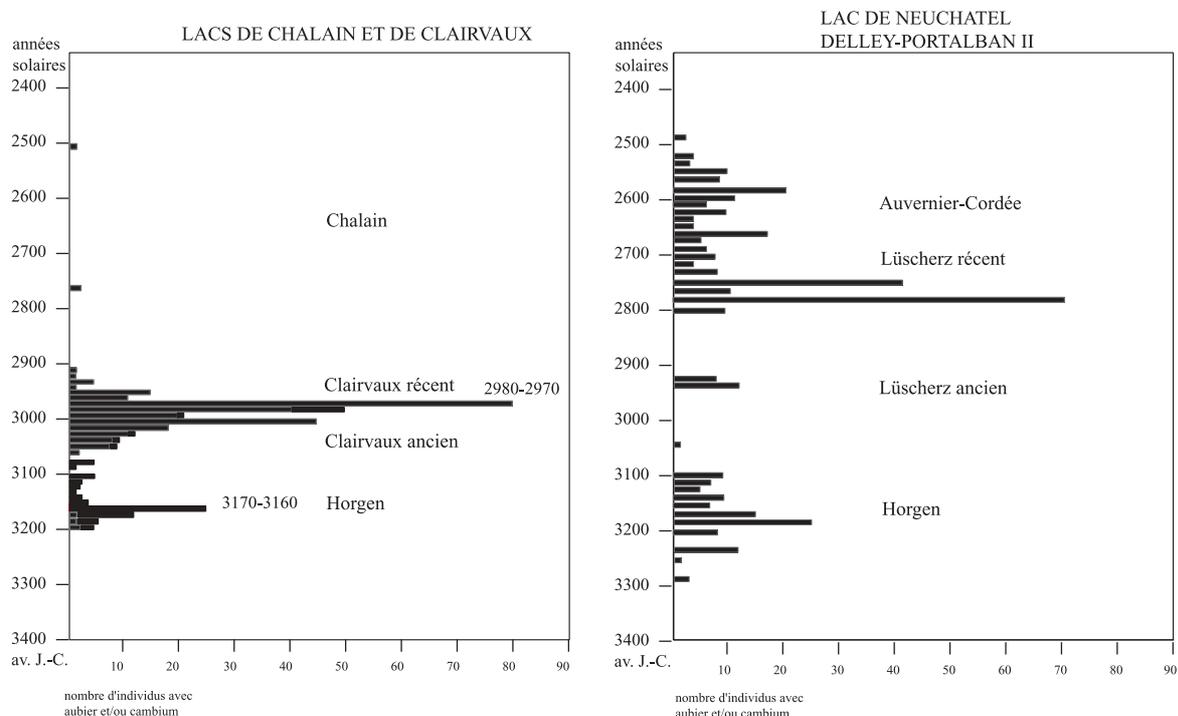


Figure 123. Comparaisons des dates dendrochronologiques de part et d'autre du massif jurassien : à gauche, Chalain et Clairvaux (Jura) ; à droite, Delley-Portalban II (FR, Suisse), sur la rive occidentale du lac de Neuchâtel. Dessin A. Viellet et P. Pétrequin (Pétrequin, Arbogast et al. 2002)

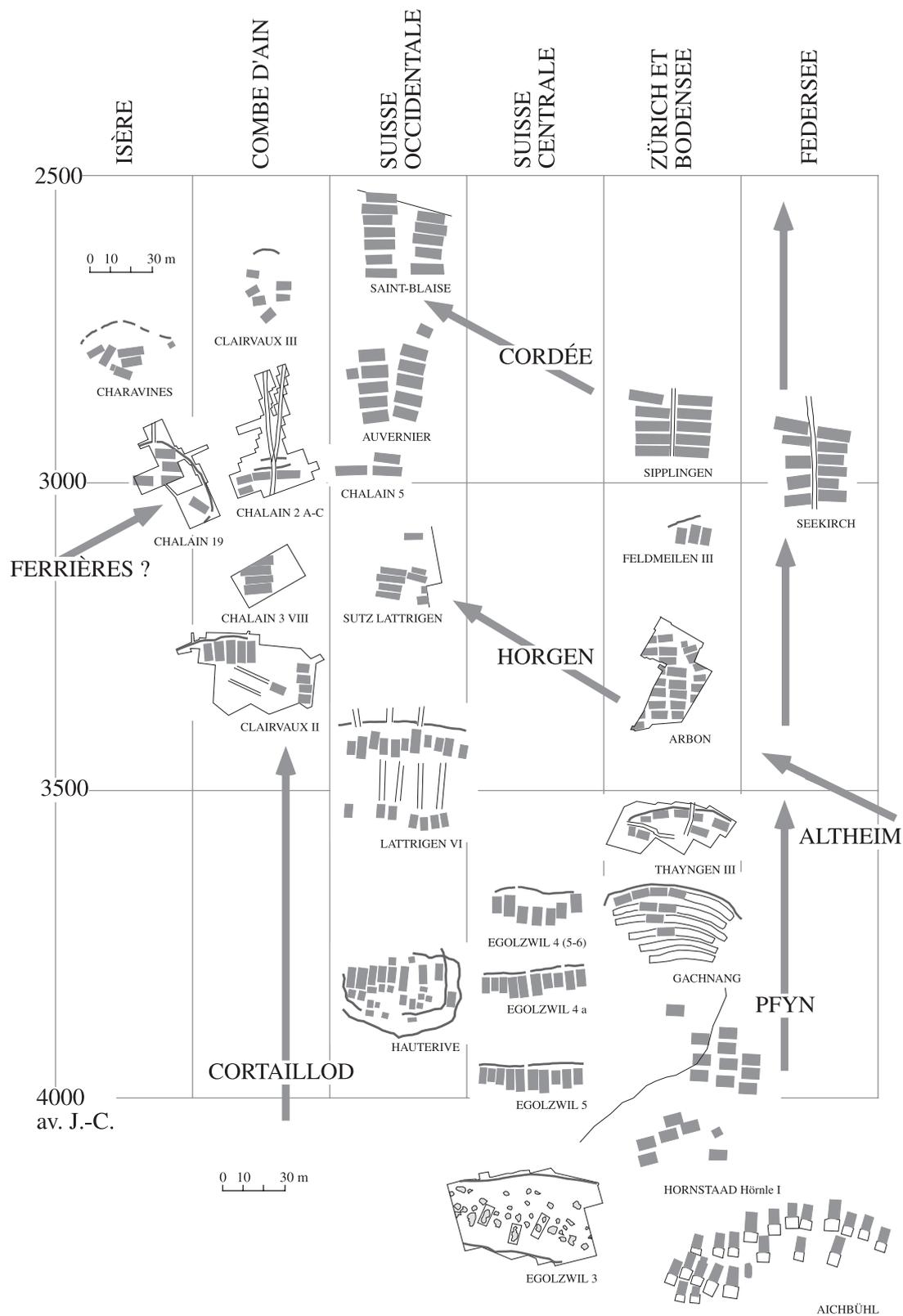


Figure 124. Evolution chronologique de l'organisation de l'espace villageois au nord-ouest des Alpes, de la fin du Ve millénaire au milieu du III<sup>e</sup> millénaire av. J.-C. L'évolution du plan des villages se calque sur l'évolution et la transmission des styles céramiques, en particulier avec l'expansion du Horgen, tandis que se généralise le modèle septentrional à maisons orientées parallèlement au rivage et disposées en rangées serrées. Dessin P. Pétrequin (Pétrequin, Viellet et Illert 1999)

et l'Auvernier sont bien représentés à Delley (à droite). Pour le Horgen, la représentation est sensiblement la même dans le Jura français et à Delley, mais les dates sont plus anciennes sur cette rive orientale du lac de Neuchâtel, probablement parce que les migrants Horgen originaires de la Suisse nord-orientale y sont parvenus avant de toucher le Jura français ; mais il est également possible qu'on ait là des occupations pré-horgeniennes, c'est bien la difficulté avec des chronologies construites surtout à partir de pieux et de poteaux verticaux et difficiles à rattacher aux couches archéologiques. Enfin une opposition très claire existe entre les deux lacs, aux environs de 3000 av. J.-C. : un pic de population à Chalain et à Clairvaux, tandis que les données dendrochronologiques (et archéologiques) sont rares sur Neuchâtel.

On a donc l'impression que ces reconstitutions locales ou régionales détaillées nous permettront, dans un proche avenir, de suivre les mouvements de population, les périodes de décroissance dans une aire agricole, tandis que le nombre des villages augmente dans une autre, comme nous l'observons aujourd'hui en comparant le 30<sup>e</sup> siècle dans la Combe d'Ain et à Neuchâtel. Le jeu de ces rééquilibres de population pourrait bien permettre d'étayer enfin ces reconstitutions historiques que la préhistoire et la dendrochronologie proposent ensemble pour une meilleure compréhension de véritables trajectoires historiques (Fig. 124 et 125). C'est l'enjeu de la fouille de ces sites privilégiés que sont les villages littoraux, dont l'étude s'étend bientôt à toute la périphérie des Alpes.

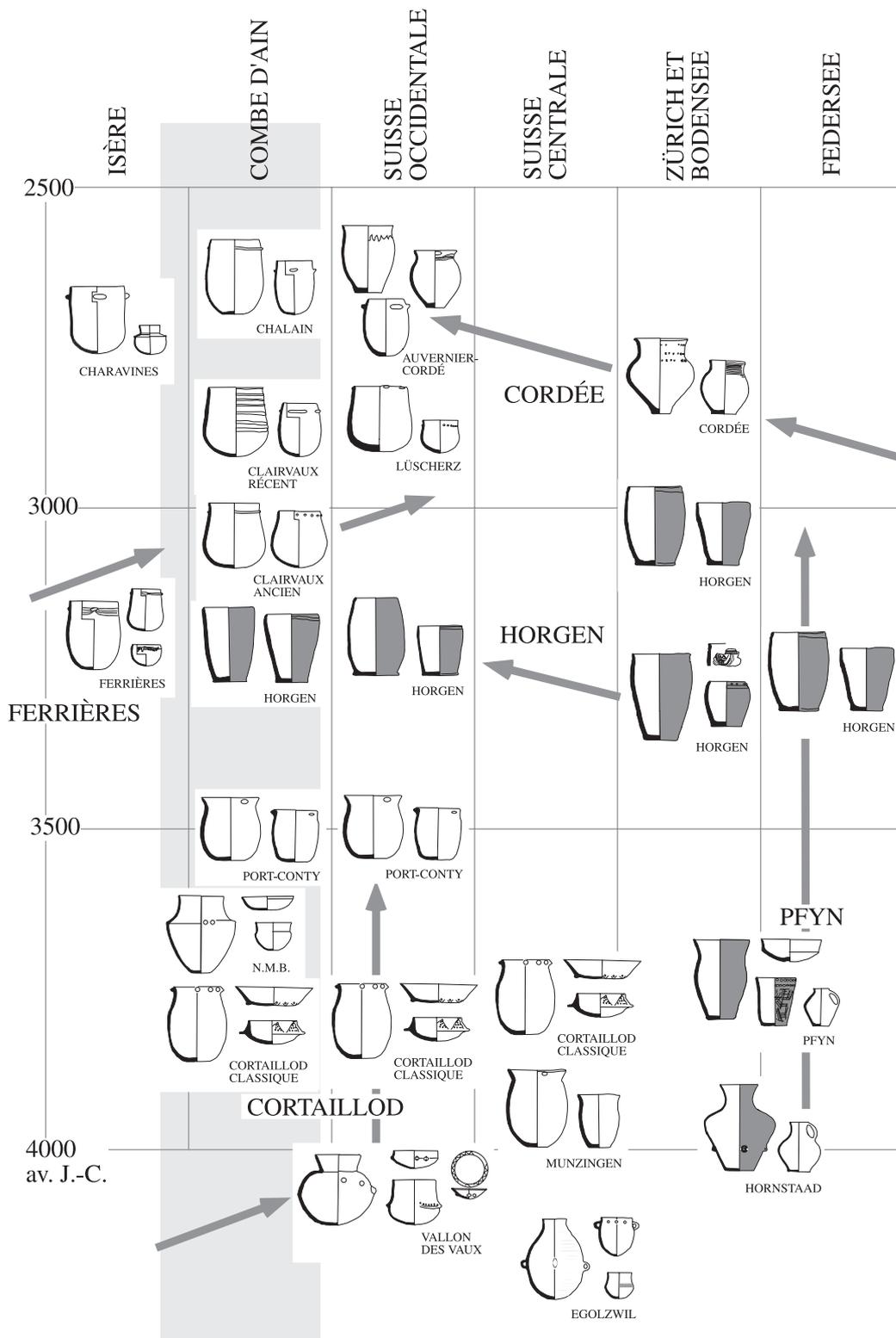


Figure 125. Evolution chronologique des styles céramiques au nord-ouest des Alpes, de la fin du Ve millénaire au milieu du III<sup>e</sup> millénaire av. J.-C. On retrouve les mêmes oppositions, filiations et expansions que pour l'évolution de l'organisation de l'espace villageois (Fig. 124). Dessin P. Pétrequin et A. Viellet (Pétrequin, Viellet et Illert 1999)





## Bibliographie

AFFOLTER J., 1997.- Industrie lithique de Chalain 3. L'origine des matières premières, *in* : P. Pétrequin (éd.), *Les sites littoraux néolithiques de Clairvaux-les-Lacs et de Chalain (Jura), III, Chalain station 3. 3200-2900 av. J.-C.* Paris, Editions de la Maison des Sciences de l'Homme, vol. 2 : 401-406.

ARBOGAST R.M., 1997.- La grande faune de Chalain 3, *in* : P. Pétrequin (éd.), *Les sites littoraux néolithiques de Clairvaux-les-Lacs et de Chalain (Jura), III, Chalain station 3. 3200-2900 av. J.-C.* Paris, Editions de la Maison des Sciences de l'Homme, vol. 2 : 641-691, annexes.

ARBOGAST R.M., MAGNY M. et PETREQUIN P. 1995.- Expansions et déprises agricoles au Néolithique : populations, cultures céréalières et climat dans la Combe d'Ain (Jura) de 3700 à 2500 av. J.-C., *in* : *L'homme et la dégradation de l'environnement. XV<sup>e</sup> Rencontres Internationales d'Archéologie et d'Histoire d'Antibes*, Juan-les-Pins, Editions APDCA : 20-41.

ARBOGAST R.M., MAGNY M. et PETREQUIN P. 1996.- Climat, cultures céréalières et densité de population au Néolithique : le cas des lacs du Jura français de 3500 à 2500 av. J.-C., *Archäologisches Korrespondenzblatt*, 26 : 121-144.

ARBOGAST R.M. et PETREQUIN P., 1993.- La chasse du cerf au Néolithique dans le Jura : gestion d'une population animale sauvage, *in* : *Exploitation des animaux sauvages à travers le temps. XIII<sup>e</sup> Rencontres Internationales d'Archéologie et d'Histoire d'Antibes*, Juan-les-Pins, Editions APDCA : 221-232.

ARBOGAST R.M. et PETREQUIN P. 1997.- Approvisionnement carné et équilibres agropastoraux : l'exemple des communautés lacustres du Néolithique final de Chalain « station 3 » (Jura, France), *Anthropozoologica*, 25-26 : 391-398.

ARBOGAST R.M., PETREQUIN P. et AFFOLTER J., 2000.- Ecologie de la chasse du cerf dans le cadre des occupations lacustres du Jura au Néolithique, *Ibex J. Mt. Ecol.*, 5, *Anthropozoologica*, 31 : 85-98.

ARBOGAST R.M., PETREQUIN P. et PETREQUIN A.M., 1995.- Le fonctionnement de la cellule domestique d'après l'étude des restes osseux d'animaux : le cas d'un village néolithique du lac de Chalain (Jura, France), *Anthropozoologica*, 21 : 131-146.

BAILLIE M.G.L., 1982.- *Tree-ring dating and archaeology*. Londres et Camberra, Croom Helm.

BAILLIE M.G.L. et PILCHER J.R., 1973.- A simple cross-dating program for tree-ring research, *Tree-ring Bulletin*, 37 : 1-12.

BAILLY M. et SALANOVA L., 1999.- Les dates radiocarbone du Campaniforme en Europe occidentale : analyse critique des principales séries de dates, in : *<sup>14</sup>C et Archéologie*. Actes du 3<sup>e</sup> Congrès International, Lyon, Avril 1998, supplément à la Revue d'Archéométrie, Mémoire de la Société Préhistorique Française, XXVI, Paris/Rennes, SPF/GMPCA : 219-224.

BANNISTER B., 1965.- *Tree-ring Dating of the Archaeological sites in the Chaco Canyon Region, New-Mexico*. Southwestern Monuments Association, technical series, vol. 6, part. 2 : 117-206.

BANNISTER B., JEFFREY S.D. et ROBINSON W., 1969.- *Tree-ring Dates from Utah S.W. : Southern Utah Area*. Tucson, Laboratory of tree-ring research, University of Arizona.

BAUCH J., ECKSTEIN D., et MEIER-SIEM M., 1972.- Dating the Wood Panels by a Dendrochronological Analysis of Tree-Rings, *Nederlands Kunsthistorisch Jaarboek*, 23 : 485-496.

BAUDAIS D. et DELATTRE N., 1997.- Les objets en bois de Chalain 3, in : P. Pétrequin (éd.), *Les sites littoraux néolithiques de Clairvaux-les-Lacs et de Chalain (Jura)*, III, *Chalain station 3. 3200-2900 av. J.-C.* Paris, Editions de la Maison des Sciences de l'Homme, vol. 2 : 529-544.

BEAUFILS T., 1986.- La végétation potentielle des proches environs de Clairvaux-les-Lacs, in : P. Pétrequin (éd.), *Les sites littoraux néolithiques de Clairvaux-les-Lacs (Jura)*, I, *Problématique générale, l'exemple de la station III*. Paris, Editions de la Maison des Sciences de l'Homme : 45-47.

BEAUVÉRIE J., 1910.- *Les bois Industriels*. Bibliothèque de botanique appliquée, Paris, Doin et Fils éditeurs.

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*. Antiqua, 11, Basel, Société Suisse de Préhistoire et d'Archéologie : 8-29.

BECKER B., BILLAMBOZ A., EGGER H., GASSMANN P., ORCEL A., ORCEL C., et RUOFF U., 1985.- *Dendrochronologie in der Ur- und Frühgeschichte. Die absolute datierung von Pfahlbausiedlungen nördlich der Alpen im Jahrringkalender Mittel-Europas*. Antiqua, 11, Bâle, Société Suisse de Préhistoire et d'Archéologie : 1-68.

BEUGNIER V. et MAIGROT Y., 2005.- La fonction des outillages en matières dures animales et en silex au Néolithique final. Le cas des sites littoraux des lacs de Chalain et de Clairvaux (Jura, France) au 30<sup>e</sup> siècle avant notre ère, *Bulletin de la Société Préhistorique Française*, 102 (2) : 335-344.

BIDAULT M., GUIBAL F., LAMBERT G., LAVIER C., LUNDSTRÖM-BAUDAIS K., MAGNY M. et RICHARD H., 1991.- Chrono-écologie et paléoclimatologie du Jura au IV<sup>ème</sup> millénaire av. J.-C. Environnement naturel des sites palafittiques. Compte-rendu d'études d'une recherche financée par le Ministère de la Recherche et de la Technologie, 88, V.0997, multigraphié.

BILLAMBOZ A., 1996.- Structures d'habitat et économie forestière à l'âge du bronze. L'apport de la dendrochronologie, *Acta Archaeologica*, 67 : 299-306.

BILLAMBOZ A., 2002.- Le potentiel de l'hétéroconnexion dendrochronologique pour l'approche paléoécologique et paléoclimatologique. Application aux constructions palafittiques des âges des métaux dans le Sud-Ouest de l'Allemagne. In : Richard H. et Vignot A. (dir.), *Equilibres et ruptures dans les écosystèmes durant les 20 derniers millénaires en Europe de l'Ouest*. Actes du colloque international de Besançon, Besançon, PUF : 375-385.

BILLAMBOZ A., BROCHIER J.L., CHAIX L., EGGER H., JOOS M., LEMEILLE E., LIESE-KLEIBER H., MONNEY C., OLIVE P., ORCEL C. et SCHIFFERDECKER F., 1982.- *La station littorale d'Auvernier-Port, cadre et évolution*. Cahiers d'Archéologie Romande, 25, Lausanne, Bibliothèque Historique Vaudoise.

BILLAMBOZ A., DIECKMANN B., MAIER U., VOGT R., 1992.- Exploitation du sol et de la forêt à Hornstaad-Hörnle I (RFA, Bodensee), in : *Archéologie et environnement des milieux aquatiques*. Actes du 116<sup>e</sup> Congrès National des Sociétés Savantes (Chambéry 1991), Paris, Editions du CTHS : 119-148.

BILLAMBOZ A., KOLB M. et SCHLICHTHERLE H., 1985.- Les palafittes néolithiques du Sud-Ouest de l'Allemagne au fil du calendrier dendrochronologique, in : *Du Néolithique moyen II au Néolithique final*, Actes du XII<sup>ème</sup> Colloque interrégional sur le Néolithique de l'Est de la France, Lons-le-Saunier, édition Musée d'Archéologie et Cercle Girardot : 131-144.

BILLARD M., ERNST T., JOLY F., PETREQUIN A.M. et PETREQUIN P., 1997.- Les poteaux et les fondations des maisons de Chalain 3, in : P. Pétrequin (éd.), *Les sites litto-*

raux néolithiques de Clairvaux-les-Lacs et de Chalain (Jura), III, Chalain station 3. 3200-2900 av. J.-C. Paris, Editions de la Maison des Sciences de l'Homme, vol. 1 : 237-257.

BILLARD M., JOLY E., LUNDSTRÖM-BAUDAIS K., MAITRE A., MIGNOT C., MONNIER J.L. et PETREQUIN P., 1997.- Environnement végétal et sélection des bois d'œuvre, in : P. Pétrequin (éd.), *Les sites littoraux néolithiques de Clairvaux-les-Lacs et de Chalain (Jura)*, III, Chalain station 3. 3200-2900 av. J.-C. Paris, Editions de la Maison des Sciences de l'Homme, vol. 1 : 171-185.

BOISAUBERT J.L., PETREQUIN P. et SCHIFFERDECKER F., 1974.- Les villages néolithiques de Clairvaux (Jura, France) et d'Auvernier (Neuchâtel, Suisse). Problèmes d'interprétation des plans, *Bulletin de la Société Préhistorique Française*, 71, Etudes et Travaux (1) : 355-382.

BOSERUP E., 1970.- *Evolution agraire et pression démographique*. Paris, Flammarion.

BOURGEOIS E., 1990.- *Microanalyses palynologiques d'un niveau néolithique de la station 2 AC du Lac de Chalain*. Mémoire de maîtrise, Faculté des Lettres et Sciences Humaines de Besançon, multigraphié.

CAMPY M., 1982.- *Le Quaternaire franc-comtois*. Thèse de doctorat, Besançon, Université de Franche-Comté, Faculté des Lettres, multigraphié.

CARLSTEIN T. 1982.- *Time Resources, Society and Ecology*. London, George Allen and Unwin.

CHOULOT S., ERNST T. et alii, 1997.- L'abattage et le façonnage des bois d'œuvre à Chalain 3, in : P. Pétrequin (éd.), *Les sites littoraux néolithiques de Clairvaux-les-Lacs et de Chalain (Jura)*, III, Chalain station 3. 3200-2900 av. J.-C. Paris, Editions de la Maison des Sciences de l'Homme, vol. 1 : 187-210.

CORONA E., 1983.- Dendrocronologia in Italia, *Dendrochronologia*, 1 : 21-35.

CUPILLARD C., PETREQUIN P., PININGRE J.F. et RICHARD H. 1993.- La néolithisation du Jura, in : *Mésolithique et néolithisation en France et dans les régions limitrophes*, Actes du 113<sup>e</sup> Congrès National des Sociétés Savantes (Strasbourg), Paris, Editions du C.T.H.S : 347-387.

DANEROL A., ORCEL A. et C. et Ramseyer D., 1991.- Delley / Portalban II (2) *Les villages néolithiques révélés par la dendrochronologie*. Archéologie Fribourgeoise, 7, Fribourg, Editions Universitaires.

DE GEER E.H., 1954.- Planetary Geochronology Acts. *Congrès international de chronométrie*, Paris.

DELEAGE J.P., 1992.- *Histoire de l'écologie, une science de l'homme et de la nature*. Paris, Editions La Découverte.

DOUGLASS A.E., 1919.- Climatic cycles and tree-growth, *Carnegie Institute Washington*, 289, 2 : 1-116.

DOUGLASS A.E., 1928.- *Climatic cycles and tree growth*. Vol. II. *A study of the annual rings of trees in relation to climate and solar activity*. Washington, Carnegie Washington publication.

DOUGLASS A.E., 1936.- *Climatic cycles and tree growth*. Vol. III. *A study of cycle*. Washington, Carnegie Washington publication.

DRUCE A., 1966.- Tree-ring dating of recent volcanic ash lapilli, Mt Egmont, *New-Zealand J. Botanic*, 4 (I) : 3-41.

DUFRAISSE A., 2002.- *Les habitats néolithiques de Chalain et de Clairvaux (Jura, France) : collecte du bois de feu, gestion de l'espace forestier et impact sur le couvert arboréen entre 3700 et 2500 av. J.-C. Analyses anthracologiques*. Thèse de doctorat, Besançon, Université de Franche-Comté, UFR Lettres.

DUFRAISSE A., 2005.- Economie du bois de feu et sociétés néolithiques. Analyses anthracologiques appliquées aux sites d'ambiance humide des lacs de Chalain et de Clairvaux (Jura, France), *Gallia Préhistoire*, 47 : 187-233.

ECKSTEIN D., 1969.- *Entwicklung und Anwendung der Dendrochronologie zur Alterbestimmung des Siedlung Haithabu*. Thèse de doctorat, Université de Hambourg.

EGGER H., GASSMANN P., et BURRI N., 1985.- Situation actuelle du travail au laboratoire de dendrochronologie de Neuchâtel, *Dendrochronologia*, 3 : 177-192.

FERDIERE A., 1998.- *La datation en laboratoire*. Collection Archéologiques, Paris, Editions Errance.

FRITTS H.C., 1976.- *Tree-rings and climate*. Laboratory of Tree-Ring Research, University of Arizona, New York, Academic Press.

GALLAY A., 1986.- *Archéologie demain*. Paris, Belfond Sciences.

GALLAY A., 1998.- Autoroutes suisses et archéologie : quel bilan ? In : Kaenel G. (éd.), *30 ans de grands travaux : quel bilan pour la préhistoire suisse ?* Colloque (Bâle, 13-14 mars), Lausanne, Documents du GPS, 1 : 85-89.

GASSMANN P., 1984.- Dendrochronologie : 100 000 cernes sur Cortaillod-Est, *Archéologie Suisse*, 7 (2) : 63-68.

GASSMANN P., 1991.- Datation des couches archéologiques par l'analyse dendrochronologique des éclats de bois et chutes de taille : les sites de Saint-Blaise/Bain des Dames et Hauterive-Champgréveyres (Neuchâtel), *Annuaire de la Société suisse de préhistoire et d'archéologie*, 74 : 183-194.

GASSMANN, P. 2002.- La dendrochronologie ou l'étude du temps grâce aux arbres, *Traces*, 128 (17) : 17-20.

GASSMANN P., LAMBERT G., LAVIER C., BERNARD V. et GIRARDCLOS O. 1996.- Pirogues et analyses dendrochronologiques. In : B. Arnold. (éd.), *Pirogues monoxyles d'Europe centrale. Construction, typologie, évolution*. Archéologie Neuchâteloise, 2.

GILIGNY F., 1994 .- Variabilité et transferts techniques dans le Jura à la fin du IV<sup>e</sup> et au III<sup>e</sup> millénaires av. J.-C., in : *Terre cuite et Société*. XV<sup>e</sup> Rencontres Internationales d'Archéologie et d'Histoire d'Antibes, Juan-les-Pins, Editions APDCA : 363-380.

GILIGNY F., 1995.- Evolution des styles céramiques dans le Jura, in : *Revue Archéologique de l'Ouest*, supplément n° 7, Actes du 20<sup>e</sup> colloque interrégional sur le Néolithique (Evreux 1993) : 191-212.

GILIGNY F., 1997.- La céramique de Chalain 3, in : P. Pétrequin (éd.), *Les sites littoraux néolithiques de Clairvaux-les-Lacs et de Chalain (Jura)*, III, *Chalain station 3. 3200-2900 av. J.-C.* Paris, Editions de la Maison des Sciences de l'Homme, vol. 2 : 327-370.

GILIGNY F., MARECHAL D., PETREQUIN P., PETREQUIN A.-M. et SAINTOT S., 1995.- La séquence néolithique final des lacs de Clairvaux et de Chalain. Essai sur l'évolution culturelle, in : J.-L. Voruz (éd.), *Chronologies néolithiques. De 6000 à 2000 avant notre ère dans le Bassin rhodanien*. Actes du Colloque d'Ambérieu-en-Bugey, Documents du Département d'Anthropologie et d'Ecologie de l'Université de Genève, 20, Ambérieu-en-Bugey, Edition Société Préhistorique Rhodanienne : 313-346.

GIRARDCLOS O., 1992.- *Datation de structures archéologiques en bois de Brognard (25) et essai de caractérisation par la dendrochronologie des relations Homme-Chênaie au Premier siècle de notre ère*. Mémoire de D.E.A, Faculté des Lettres et Sciences Humaines, Université de Franche-Comté, Laboratoire de Chrono-Ecologie de Besançon.

GIRARDCLOS O., 1999.- *Dendrochronologie du Chêne (Quercus robur, Quercus petraea), influences des facteurs stationnels et climatiques sur la croissance radiale ; cas des sols hydromorphes et des climats atlantiques. Applications paléo-écologiques aux bois subfossiles du marais de Brière (Loire-Atlantique)*. Thèse de doctorat, Université de Franche-Comté, U.F.R. des sciences et techniques.

GIRARDOT L.A., 1903-1904.- Note sur la cité lacustre de Chalain (Jura), *Mémoires de la Société d'émulation du Doubs*, 7<sup>e</sup> série (III) : 385-387.

GROSJEAN H., 1904.- Note sur la cité lacustre de Clairvaux, *Mémoires de la Société d'émulation du Doubs* : 240.

GUIBAL F., LAMBERT G., et LAVIER C., 1992.- Application de trois tests de synchronisation à trois types de données, *Dendrochronologia*, 9 : 193-206.

HAFNER A., 1992.- Lattrigen VI « Riedstation » : un plan de village littoral néolithique

(lac de Bienne, Suisse), in : *Archéologie et environnement des milieux aquatiques*, Actes du 116<sup>e</sup> Congrès national des sociétés savantes, Paris, Editions du C.T.H.S. : 234-243.

HANNAH J.W., 1965.- *Tree-ring Dates from the Morris Sites, Gobernador District New Mexico*, in : Carlson R.L. (ed.), *Eighteenth Century Navajo Fortresses of the Gobernador Distric*. University of Colorado studies, Series in Anthropology, 10 : 109-113.

HANS-JÜRGEN O., 1998.- *Ecologie forestière*. Paris, Institut pour le développement forestier.

HILLAM J., MORGAN R.A. et TYERS I., 1987.- Sapwood estimates and the dating of short ring sequences, in : WARD R.G.W. (ed.), *Applications of tree-ring studies : current research in dendrochronology and related areas*. BAR International Series, 333, Oxford : 165-85.

HOLLSTEIN E., 1978.- Wood technology and the dating of oak. West German chronologies for oak and beech. In : *Dendrochronology in Europe*. BAR International Series, Oxford : 33-44.

HOLLSTEIN E., 1980.- *Mitteleuropäische Eichenchronologie*. Mainz, Philipp von Zabern.

HUBER B., GIERTZ-SIEBENLIST V., 1978.- Our 1000-year oak annual-ring chronology. *BAR International Series*, 51, Oxford : 27-32.

HUGHES M.K., MILSON S.J. et LEGGETT P.A., 1981.- Sapwood Estimates in the Interpretation of Tree-Ring Dates, *Journal of Archaeological Science*, 8: 381-390.

KAENEL G., 1998.- *30 ans de grands travaux : quel bilan pour la préhistoire suisse ?* Actes du colloque de Bâle (13-14 mars 1998). Groupe de travail pour les recherches préhistoriques en Suisse, Document GPS, 1.

KAENEL G., 2002.- Autoroutes et archéologie en Suisse, *Revue du Nord*, Villeneuve-d'Ascq, 348 : 33-41.

KAENEL M. et SCHWEINGRUBER F.H., 1995.- *Multilingual Glossary of Dendrochronology*. Birmensdorf, Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research, WSL/FNP : 268 et 272.

KELLER F., 1854.- 1ste Pfahlbaubericht , *M. Antiquar. Gesellschaft Zürich*, 9 (3).

KÖNINGER J., MAINBERGER M., SCHLICHTHERLE H. et VOSTEEN M., 2002.- *Schleife, Schlitten, Rad und Wagen. Zur Frage früher Transportmittel nördlich der Alpen*. Rundgespräch Hemmenhofen 10. Oktober 2001, Hemmenhofen Skripte, 3, Gaienhofen-Hemmenhofen, Landesdenkmalamt Baden-Württemberg.

KRIER V., LAMBERT G.N., LAVIER C., MAGNY M., MOUTHON J., PETREQUIN P., PILLONEL D., PONEL P. et RICHARD H., 1993.- Rythmes lacustres et rythmes anthropiques au Néolithique final, in : M. Magny et H. Richard, *Les lacs du Jura*. Livret-guide de

l'excursion 1, XIII<sup>e</sup> Symposium de l'Association des Palynologues de Langue Française (20-24 sept. 1993), Besançon, UFR des Sciences et Techniques, Laboratoire de Chrono-écologie : 125-138.

LAMBERT G.N., 1988.- Dendrochronologie et Néolithique dans l'Est de la France : Clairvaux-les-Lacs (Jura), stations II et IV, Chalain (Marigny, Jura), station 2 AC, *in* : *Du Néolithique moyen II au Néolithique final au Nord-Ouest des Alpes*. Actes du 12<sup>e</sup> Colloque Interrégional sur le Néolithique de l'Est de la France, Lons-le-Saunier, Musée d'Archéologie et Cercle Girardot : 215-219.

LAMBERT G.N., 1998.- La dendrochronologie, mémoire de l'arbre, *in* : Ferdière A. (éd.), *La datation en laboratoire*. Collection Archéologiques, Paris, Edition Errance : 13-69.

LAMBERT G.N. et LAVIER C., 1989 a.- Dendrochronologie de la Motte-aux-Magnins, niveau V, *in* : P. Pétrequin (éd.), *Les sites littoraux néolithiques de Clairvaux-les-Lacs (Jura)*, II, *Le Néolithique moyen*. Paris, Editions de la Maison des Sciences de l'Homme : 207.

LAMBERT G.N. et LAVIER C., 1989 b.- Dendrochronologie des stations II et II bis, *in* : P. Pétrequin (éd.), *Les sites littoraux néolithiques de Clairvaux-les-Lacs (Jura)*, II, *Le Néolithique moyen*. Paris, Editions de la Maison des Sciences de l'Homme : 137-154.

LAMBERT G.N. et LAVIER C., 1990.- Dendrochronologie et méthodologie, *Bulletin de la Société Préhistorique Française*, 87 (5) : 143-152.

LAMBERT G.N. et LAVIER C., 1992 a.- Dendrochronology in Eastern and North-Eastern France, Lundqua Report, *in* : Bartholin B., Berglund B., Eckstein D., et Schweingruber F. (ed.), *Tree Rings and Environment*, 34, Proceedings of the International Dendrochronological Symposium, Ystad, South Sweden, 3-9 september 1990 : 177-181.

LAMBERT G.N. et LAVIER C., 1992 b.- L'étalon de datation dendrochronologique Bourgogne 29, *in* : *Les veines du temps. Lectures de bois en Bourgogne*. Autun, Musée Rolin : 123-156.

LAMBERT G.N. et LAVIER C., 1997.- Datations dendrochronologiques de la station 3 de Chalain, *in* : P. Pétrequin (éd.), *Les sites littoraux néolithiques de Clairvaux-les-Lacs et de Chalain (Jura)*, III, *Chalain station 3. 3200-2900 av. J.-C.* Paris, Editions de la Maison des Sciences de l'Homme, vol. 1 : 55-61.

LAMBERT G.N. et LAVIER C., PERRIER P. et VINCENOT S., 1988.- Pratique de la dendrochronologie, *Histoire et Mesure*, III (3) : 279-308.

LAMBERT G.N. et LAVIER C. et GUIBAL F., 1992.- La dendrochronologie, une méthode précise de datation, *Mémoire de la Société Géologique de France*, 160 : 109-117.

LAMBERT G.N., LAVIER C., PETREQUIN P. et GASSMANN P., 1994.- Effets de la démographie, de la coutume et de la technique sur la donnée dendrochronologique : aperçus

sur le slalom du dendrochronologue à travers les artéfacts numériques, *in* : *Analyse et maîtrise des valeurs naturelles*. Actes du colloque transfrontalier, septembre 1993, Besançon : 215-217.

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, Université de Franche-Comté, Faculté des Lettres et Sciences Humaines, multigraphié.

LAVIER C., 2003.- Dendrochronologie et retables brabançons : méthodologie, technologies, analyses et interprétations spécifiquement adaptées à l'étude des oeuvres, *in* : Guillot de Suduiraut S. (éd.), *Les retables brabançons des XV-XVI<sup>e</sup> siècles*. Publications des actes du Colloque international, mai 2001, Paris, co-édition Louvre/Documentation Française : 403-435.

LAVIER C., 2005.- Wood in the history of medieval book techniques : aims and know-how. First restorations, *in* : Fellows-Jensen, Gillian et Peter Springborg (ed.), *Care and Conservation of Manuscripts 8*. Proceedings of the 8th international seminar held at the University of Copenhagen, oct. 2003, Museum Tusulanum Press, Ed. G. Fellows-Jensen et P. Springborg : 19-33.

LEBRUN L., 1906.- Habitations lacustres du lac de Clairvaux (Jura), fouilles de 1905 et 1906, *Mémoires de la Société d'émulation du Doubs*, 8<sup>e</sup> série (1) : 165-186.

LE JEUNE Y., 1997.- *Etude de l'érosion des sols sur la rive occidentale du lac de Chalain (Jura) : une manière d'appréhender l'histoire des paysages*. Mémoire de DEA, Paris, Museum National d'Histoire Naturelle, Environnement et Archéologie.

LE MIRE J., 1872.- Découverte d'une station lacustre de l'Age de la Pierre Polie dans le lac de Clairvaux, *Académie des Sciences, Belles-Lettres et Arts de Besançon* : 97-148.

LUNDSTRÖM-BAUDAIS K., 1983.- *Essai d'interprétation paléoethnobotanique d'un village Néolithique final, la station III de Clairvaux (Jura)*. Thèse de 3<sup>e</sup> cycle, Besançon, Université de Franche-Comté, Faculté des Lettres.

LUNDSTRÖM-BAUDAIS K., 1984.- Paleoethnobotanical investigation of plants remains from a Neolithic lakeshore site in France : Clairvaux station III, *in* : W. van Zeist et W.-A. Casparie (ed.), *Plants and Ancient Man : Studies in palaeoethnobotany*. Proceedings of the VIth Symposium of the International Workgroup for Palaeoethnobotany, Gröningen : 293-305.

LUNDSTRÖM-BAUDAIS K., 1986.- Etude paléoethnobotanique de la station III de Clairvaux, *in* : P. Pétrequin (éd.), *Les sites littoraux néolithiques de Clairvaux-les-Lacs (Jura)*, I, *Problématique générale, l'exemple de la station III*. Paris, Editions de la Maison des Sciences de l'Homme : 311-391.

LUNDSTRÖM-BAUDAIS K., 1989 a.- Etude des paléosemences de la station II de Clairvaux, in : P. Pétrequin (éd.), *Les sites littoraux néolithiques de Clairvaux-les-Lacs (Jura)*, II, *Le Néolithique moyen*. Paris, Maison des Sciences de l'Homme : 193-194.

LUNDSTRÖM-BAUDAIS K. 1989 b.- Les macrorestes végétaux du niveau V de la Motte-aux-Magnins à Clairvaux, in : P. Pétrequin (éd.), *Les sites littoraux néolithiques de Clairvaux-les-Lacs (Jura)*, II, *Le Néolithique moyen*. Paris, Maison des Sciences de l'Homme : 417-439.

LUNDSTRÖM-BAUDAIS K., 1989 c.- L'intégration de la station VIII dans l'ensemble des études de paléosemences des sites de Clairvaux, in : P. Pétrequin (éd.), *Les sites littoraux néolithiques de Clairvaux-les-Lacs (Jura)*, II, *Le Néolithique moyen*. Paris, Editions de la Maison des Sciences de l'Homme : 491-492.

LUNDSTRÖM-BAUDAIS K., 1995.- Paléosemences et vie quotidienne au Néolithique : une étude de répartition spatiale sur le niveau VIII de la station 3 de Chalain (Jura), in : *Eclats d'histoire : 10 ans d'archéologie en Franche-Comté, 25 000 ans d'héritages*. Besançon, Cêtre : 168-170.

LUNDSTRÖM-BAUDAIS K. et PETREQUIN P., 1985.- L'approche paléobotanique des habitats en milieu humide, *Nouvelles de l'Archéologie*, 19 : 13-22.

MAGNY M., 1986.- Histoire d'un paysage. Les apports de sondages à la tarière à l'étude d'une station littorale, in : P. Pétrequin (éd.), *Les sites littoraux néolithiques de Clairvaux-les-Lacs (Jura)*, I, *Problématique générale, l'exemple de la station III*. Paris, Editions de la Maison des Sciences de l'Homme : 129-132.

MAGNY M., 1989.- Essai de modélisation pour une approche sédimentologique des habitats lacustres de Clairvaux, in : P. Pétrequin (éd.), *Les sites littoraux néolithiques de Clairvaux-les-Lacs (Jura)*, II, *Le Néolithique moyen*. Paris, Editions de la Maison des Sciences de l'Homme : 51-72.

MAGNY M., 1991.- *Une approche paléoclimatique de l'Holocène : les fluctuations des lacs du Jura et des Alpes du Nord françaises*. Thèse de doctorat, Besançon, Université de Franche-Comté, 2 vol., multigraphié.

MAGNY M., 1992.- Sédimentation et dynamique de comblement dans les lacs du Jura au cours des 15 derniers millénaires, *Revue d'Archéométrie*, 16 : 27-49.

MAGNY M., 1993 a.- Habitats lacustres préhistoriques : ils ont été construits durant des périodes de réchauffement, *Pour la Science*, 191 : 16-17.

MAGNY M., 1993 b.- Correlation of lake-level fluctuations with atmospheric <sup>14</sup>C variations : a climate-sun relation, *Comptes-rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, 317 (II) : 1349-1356.

MAGNY M., 1993 c.- Solar influences on holocene climatic changes illustrated by

correlations between past lake-level fluctuations and the atmospheric  $^{14}\text{C}$  record. *Quaternary research*, 40.

MAGNY M., 1995.- 13 500 ans d'archives lacustres, in : *Une histoire du climat, des derniers mammoths au siècle de l'automobile*. Paris, Editions Errance : 31-106.

MAGNY M., 1997.- Chalain de 6000 à 4500 BP. L'histoire du lac, du climat et du soleil, in : P. Pétrequin (éd.), *Les sites littoraux néolithiques de Clairvaux-les-Lacs et de Chalain (Jura)*, III, *Chalain station 3. 3200-2900 av. J.-C.* Paris, Editions de la Maison des Sciences de l'Homme, vol. 1 : 65-85.

MAIGROT Y., 2003.- *Etude technologique et fonctionnelle de l'outillage en matières dures animales. La station 4 de Chalain (Néolithique final, Jura, France)*. Thèse de doctorat, Université de Paris I, multigraphié.

MARECHAL D., PETREQUIN A.M., PETREQUIN P. et ARBOGAST R.M., 1998.- Les parures du Néolithique final à Chalain et à Clairvaux, *Gallia-Préhistoire*, 40 : 141-203.

MARTINEAU R., 2002.- La fabrication des poteries du groupe de Clairvaux ancien (Jura, France), entre 3025 et 2980 av. J.-C. Expérimentations et analyses du façonnage et des traitements de surface, in : L. Bourguignon, I. Ortega et M.C. Frère-Sautot (éd.), *Préhistoire et approche expérimentale*. Collection préhistoire, 5, Edition Monique Mergoïl : 173-185.

MIGNOT C. et PETREQUIN P., 1993.- L'environnement végétal de la station 3 de Chalain : l'apport de l'étude des brindilles et des parois de clayonnage, in : M. Magny et H. Richard (éd.), *Les lacs du Jura*. Livret-guide de l'excursion 1, XIII<sup>e</sup> Symposium de l'Association des Palynologues de Langue Française (20-24 sept. 1993), Besançon, UFR des Sciences et Techniques, Laboratoire de Chrono-écologie : 139-145.

MIKOLA P., 1950.- Puiden kasvun vaihteluista ja niiden merkityksestä kasvututkimuksessa. Summary : On the variations in tree growth and their significance to growth studies, *Communicationes Instituti Forestatis Fenniae*, 38 : 1-131.

MORDANT D., BEECHING A., PETREQUIN P. et PASSARD F., 1984.- Dynamique du peuplement, modes d'habitat et organisations économiques, interprétation de la station III de Clairvaux-les-Lacs (Jura), 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 et 4 octobre 1981, Clermont-Ferrand, Centre de Recherches et d'Etudes Préhistoriques de l'Auvergne, 1 : 245-250.

MORIN D. et ROSENTHAL P., 2004.- Mines et métallurgie du fer dans les hautes vallées alpines. Etude diachronique des vestiges d'exploitation minière et de métallurgie du fer dans le massif alpin. Département des Alpes-Maritimes : mines et métallurgie dans le massif de l'Argentera - Mercantour. *Les mines de Tortisse et de la Cime de fer. Commune de Saint Etienne de Tinée*. Analyses dendrologiques : A. Viellet. Direction Régionale des Affaires Culturelles Provence Alpes, Côte d'Azur. Service Régional de l'Archéologie (D.F.S.).

MUNAUT A.V., 1966.- Recherches dendrochronologiques sur *Pinus sylvestris*. Première application des méthodes dendrologiques à l'étude des pins sub-fossiles (Terneuzen, Pays-Bas), *Agricultura*, 14 (3) : 361-389.

NICOUD C., 1988.- *La station IV du Grand Lac de Clairvaux (Jura, France). Application d'un modèle ethno-archéologique à l'étude d'un habitat littoral*. Mémoire de diplôme, Genève, Département d'anthropologie, multigraphié.

OLIVE P. et PETREQUIN P., 1989.- Les dates radiocarbone de la Motte-aux-Magnins, in : P. Pétrequin (éd.), *Les sites littoraux néolithiques de Clairvaux-les-Lacs (Jura)*, II, *Le Néolithique moyen*. Paris, Editions de la Maison des Sciences de l'Homme : 205-206.

PARET O., 1958.- *Le Mythe des cités lacustres*, Paris, Dunod.

PETREQUIN A.M. et PETREQUIN P., 1985.- Fouilles anciennes à Chalain et Clairvaux, la céramique du Musée de Lons-le-Saunier, in : *Néolithique Chalain-Clairvaux, fouilles anciennes*. Présentation des collections du Musée de Lons-le-Saunier, 1, Lons-le-Saunier, Musée d'archéologie : 45-59.

PETREQUIN P., 1984.- *Gens de l'Eau, Gens de la Terre. Ethno-archéologie des communautés lacustres*. Collection La Mémoire du Temps, Paris, Hachette.

PETREQUIN P., 1986.- *Les sites littoraux néolithiques de Clairvaux-les-Lacs (Jura)*, I, *Problématique générale, l'exemple de la station III*. Paris, Editions de la Maison des Sciences de l'Homme.

PETREQUIN P., 1988.- L'architecture lacustre du Néolithique moyen II au nord-ouest des Alpes : les contraintes du milieu, de l'organisation sociale et des modes de faire-valoir agricoles, *Bulletin de la Société préhistorique française*, 85 (10-12) : 367-389.

PETREQUIN P., 1989.- *Les sites littoraux néolithiques de Clairvaux-les-Lacs (Jura)*, II, *Le Néolithique moyen*. Paris, Editions de la Maison des Sciences de l'Homme.

PETREQUIN P., 1991.- *Construire une maison, 3000 av. J.-C. Le lac de Chalain au Néolithique*. Paris, Editions Errance.

PETREQUIN P., 1992.- Le lac de Chalain et la structuration d'un terroir, du Néolithique à l'Age du Fer, in : *L'habitat et l'occupation du sol à l'Age du Bronze en Europe*. Actes du colloque international de Lons-le-Saunier, Paris, Editions du Comité des Travaux Historiques et Scientifiques : 227-257.

PETREQUIN P., 1993.- North wind, south wind. Neolithic technical choices in the Jura mountains, 3700-2400 BC, in : P. Lemonnier (ed.), *Technological choices. Transformation in material cultures since the Neolithic*. London, Routledge : 36-76.

PETREQUIN P., 1994 a.- Lake-dwellings : archeological interpretation and social perception. In : P.-G. Stone and P. Planel (éd.), *Cultural property, conservation and public awareness*.

*Theme 9, World Archeological Congress 3. New Delhi, pre-circulated papers : 8.*

PETREQUIN P., 1994 b.- De la Nouvelle-Guinée au Néolithique du Jura. Le rôle de l'écologie et de l'ethno-archéologie pour comprendre l'évolution de la culture matérielle, *in* : B. Latour et P. Lemonnier (éd.), *De la préhistoire aux missiles balistiques. L'intelligence sociale des techniques*. Paris, Éditions La Découverte : 83-102.

PETREQUIN P., 1995.- Cultivateurs néolithiques en ambiance forestière : la gestion des bois d'œuvre au IV<sup>e</sup> et III<sup>e</sup> millénaires av. J.-C. (lacs de Chalain et de Clairvaux), *in* : *Le bois dans l'architecture*. Actes des colloques de la Direction du Patrimoine (Caen 1993), Paris, Picard éd. : 14-24.

PETREQUIN P., 1996.- Management of Architectural Woods and Variations in Population Density in the Fourth and Third Millenia B.C. (Lakes Chalain and Clairvaux, Jura, France), *Journal of Anthropological Archaeology*, 15 (1) : 1-19.

PETREQUIN P., 1997 a.- *Les sites littoraux néolithiques de Clairvaux et Chalain (Jura), III, Chalain 3, 3200-2900 av. J.-C.* Paris, Editions de la Maison des Sciences de l'Homme, 2 vol.

PETREQUIN P., 1997 b.- Sociétés à évolution lente ou fantasmes occidentaux ? Le temps du Néolithique (6000-2100 av. J.-C.), *Traverse*, 1997/3, *Zur Sozialgeschichte der Zeit* : 48-62.

PETREQUIN P., 1997 c.- Variations démographiques et transferts culturels, *in* : P. Pétrequin (éd.), *Les sites littoraux néolithiques de Clairvaux-les-Lacs et de Chalain (Jura), III, Chalain station 3. 3200-2900 av. J.-C.* Paris, Editions de la Maison des Sciences de l'Homme, vol. 2 : 319-323.

PETREQUIN P., 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.

PETREQUIN P., 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.

PETREQUIN P., 2005.- Habitats lacustres néolithiques et perception du temps, *Bulletin de la Société Préhistorique Française*, 102 (4) : 789-802.

PETREQUIN P., ARBOGAST R.M., BOURQUIN-MIGNOT C., DUPLAIX A., MARTINEAU R., PETREQUIN A.M. et VIELLET A., 2002.- Le mythe de la stabilité : déséquilibres et réajustements d'une communauté agricole néolithique dans le Jura français, du 32<sup>e</sup> au 30<sup>e</sup> siècle av. J.-C., *in* : H. Richard et A. Vignot : *Equilibres et ruptures dans les écosystèmes durant les 20 derniers millénaires : durabilité et mutation*. Actes du colloque international de Besançon (2000), Annales Littéraires de l'Université de Franche-Comté, Série Environnement, Sociétés et Archéologie, 3, Paris, Les Belles Lettres : 175-190.

PETREQUIN P., ARBOGAST R.M., BOURQUIN-MIGNOT C., LAVIER C. et 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) : 181-192.

PETREQUIN P., ARBOGAST R.M., MAGNY M., PETREQUIN A.M., RICHARD H. et VIELLET A., 2003.- Premiers agriculteurs néolithiques et crises à effet-retard : Chalain et Clairvaux (Jura) du XXXIII<sup>e</sup> au XXVIII<sup>e</sup> siècle av. J.-C., in : T. Muxart, F.D. Vivien, B. Villalba et J. Burnouf (éd.), *Des milieux et des hommes : fragments d'histoires croisées*, Paris, Edition Elsevir : 57-64 et 204-205.

PETREQUIN P., ARBOGAST R.M., VIELLET A., PETREQUIN A.M. et MARECHAL D., 2001.- Eine neolithische Stangenschleife vom Ende des 31. Jh. v. Chr. in Chalain (Fontenu, Jura, Frankreich) in : 3. *Hemmenhofener Rudgespräch*, Table Ronde d'Hemmenhofen, 2001 : 55-65.

PETREQUIN P. BAILLY M. et VIELLET A., 2001.- Les villages littoraux néolithiques du Jura français et les chronologies des IV<sup>e</sup> et III<sup>e</sup> millénaires av. J.-C. Le point de vue de l'archéologue et du dendrochronologue, in : *Datation*, XXI<sup>e</sup> Rencontres Internationales d'Archéologie et d'Histoire d'Antibes, Antibes, Editions APDCA : 407-431.

PETREQUIN P. et LAMBERT G.N., 1999.- *Croissance démographique, modifications environnementales et crises de subsistance : les réponses d'une communauté agricole du 32<sup>e</sup> au 28<sup>e</sup> siècles av. J.-C. Rapport à quatre ans (1995-1999)*. PIR « Environnement, sociétés et développement à long terme », Besançon, Laboratoire de Chrono-Ecologie, 2 tomes, multigraphié.

PETREQUIN P., MAGNY M. et BAILLY M., 2005.- Habitat lacustre, densité de population et climat - L'exemple du Jura français, in : P. Della Casa et M. Trachsel (ed.), *Wes'04. Wetland economies and societies*. Proceedings of the international conference, Zurich (10-13 march 2004), Schweizerisches Landesmuseum Zürich, Collectio archaeologica, 3, Zürich, Chronos Verlag : 143-168.

PETREQUIN P. et PETREQUIN A.M., 1988.- *Le Néolithique des Lacs. Préhistoire des lacs de Chalain et de Clairvaux (4000-2000 av. J.-C.)*. Collection des Hespérides, Paris, Editions Errance.

PETREQUIN P. et PETREQUIN A.M., 1988.- Rythmes de l'habitat lacustre au nord-ouest des Alpes : du climat aux évolutions socio-économiques, *Annali Benacenci*, 9, Simposio internazionale sui modelli insediativi dell' Eta del Bronzo, Cavriana : 41-84.

PETREQUIN A.M. et PETREQUIN P., 1991.- Rythme de l'habitat lacustre et rythmes des défrichements néolithiques dans la Combe d'Ain. In : A. Richard (éd.), *Matières à faire. Actes des séminaires publics d'Archéologie ; 1991*. Besançon : Centre Régional de Documentation Archéologique : 55-58

PETREQUIN A.M. et PETREQUIN P., 1984.- *Habitat lacustre du Bénin, une approche ethnoarchéologique*. Paris, Editions Recherche sur les Civilisations, mémoire 39.

PETREQUIN P. et PETREQUIN A.M., 2000.- *Ecologie d'un outil : la hache de pierre en Irian Jaya (Indonésie)*. Monographie du C.R.A., 12, Paris, Editions du CNRS, 2<sup>e</sup> édition.

PETREQUIN P., PETREQUIN AM., ARBOGAST R.M., MARECHAL D. et VIELLET A., 2006.- Travois et jougs néolithiques du lac de Chalain à Fontenu (Jura, France), *in* : *Premiers chariots, Premiers araires. La diffusion de la traction animale en Europe pendant les IV<sup>e</sup> et III<sup>e</sup> millénaires avant notre ère*. Monographies du CRA, 29, Paris, CNRS Editions : 87-106.

PETREQUIN P., PETREQUIN A.M., FRENEE E. et 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<sup>e</sup> Congrès des Sociétés Savantes, Chambéry 1991, Paris, Editions du Comité des Travaux Historiques et Scientifiques : 243-262.

PETREQUIN P., PETREQUIN A.M., VIELLET A. et MARECHAL D., 2001.- *Chalain 19. 6<sup>e</sup> année de fouille programmée tri-annuelle. Rapport à 3 ans*. Besançon, Laboratoire de Chrono-écologie, UMR 6565, 3 vol., multigraphié.

PETREQUIN P. et PETREQUIN A.M., avec la collaboration de WELLER O., 2006.- *Objets de pouvoir en Nouvelle-Guinée. Etude ethnoarchéologique d'un système de signes sociaux. Catalogue de la donation Anne-Marie et Pierre Pétrequin, Musée d'Archéologie Nationale de Saint-Germain-en-Laye*. Paris, Réunion des Musées Nationaux et CTHS.

PETREQUIN P., VIELLET A. et ILLERT N., 1999.- Le Néolithique au nord-ouest des Alpes : rythmes lents de l'habitat, rythmes rapides des techniques et des styles ? *In* : F. Braemer, S. Cleuziou et A. Coudart (éd.), *Habitat et Société*. XIX<sup>e</sup> Rencontres Internationales d'Archéologie et d'Histoire d'Antibes, Juan-les-Pins, Editions APDCA : 297-323.

PILCHER J.R., BAILLIE M.G.L., SCHMIDT B. et BECKER B., 1984.- A 7272-year tree-ring chronology for western Europe, *Nature*, vol. 312, n<sup>o</sup> 5990 : 150-152.

POLGE H., 1969.- Etablissement des courbes de variation de la densité du bois par exploration densitométrique de radiographies d'échantillons prélevés à la tarière sur des arbres vivants. Application dans les domaines technologique et physiologique, *Annales des Sciences Forestières*, XXVIII (1).

POUSSET D. et LOCATELLI C., 2002.- Etude d'un ensemble mobilier de la fin du Moyen-Age, les atouts de la dendrochronologie, *TECHNE, la science au service de l'histoire de l'art et des civilisations* n<sup>o</sup> 16, les objets d'art : de l'analyse à la conservation, Centre de recherche et de restauration des musées de France, CNRS-UMR 171, Réunion des Musées Nationaux : 33-39.

RICHARD H., 1986.- Analyses polliniques de la station III, *in* : P. Pétrequin (éd.), *Les sites littoraux néolithiques de Clairvaux-les-Lacs (Jura)*, I, *Problématique générale, l'exemple de la station III*. Paris, Editions de la Maison des Sciences de l'Homme : 150-153.

RICHARD H., 1989 a.- Diagramme palynologique de Clairvaux, station II, *in* : P. Pétrequin (éd.), *Les sites littoraux néolithiques de Clairvaux-les-Lacs (Jura)*, II, *Le Néolithique moyen*. Paris, Editions de la Maison des Sciences de l'Homme : 103-105.

RICHARD, H., 1989 b - Microanalyses palynologiques du niveau V, *in* : P. Pétrequin (éd.), *Les sites littoraux néolithiques de Clairvaux-les-Lacs (Jura)*, II, *Le Néolithique moyen*. Paris, Maison des Sciences de l'Homme : 239-247.

RICHARD H., 1989 c.- Analyse palynologique de la station VIII, *in* : P. Pétrequin (éd.), *Les sites littoraux néolithiques de Clairvaux-les-Lacs (Jura)*, II, *Le Néolithique moyen*. Paris, Editions de la Maison des Sciences de l'Homme : 475-476,.

RICHARD H., 1997 a.- Indices polliniques de néolithisation du massif jurassien aux VI<sup>e</sup> et V<sup>e</sup> millénaires, *Quaternaire*, 8 (1) : 55-62.

RICHARD H., 1997 b.- Analyse pollinique d'un sondage de 7,5 m, *in* : P. Pétrequin (éd.), *Les sites littoraux néolithiques de Clairvaux-les-Lacs et de Chalain (Jura)*, III, *Chalain station 3. 3200-2900 av. J.-C.* Paris, Editions de la Maison des Sciences de l'Homme, vol. 1 : 101-112.

RICHARD H., 2000.- L'introduction de l'agriculture sur la montagne jurassienne. Plus d'un millénaire de succès et d'échecs apparents, *Etudes rurales*, 153-154 : 115-125.

RICHARD H. et GERY S., 1993.- Variations *in* pollen proportions of *Plantago lanceolata* and *P. major/media* at a Neolithic lake dwelling, Lake Chalain, France, *Vegetation history and Archaeobotany*, 2 : 79-88.

RICHARD H. et RUFFALDI P., 1995.- La perception de l'anthropisation du couvert végétal dans les diagrammes polliniques, *in* : *Eclats d'Histoire. 10 ans d'Archéologie en Franche-Comté, 25 000 ans d'héritages*. Besançon, Cêtre : 121-124.

RINN F., 1989.- TSAP, *Time Series Analysis and Presentation version 3.0 Reference Manual*. Heidelberg.

RYCHNER V., EGGER H., GASSMANN P. et RYCHNER A.V. 1988.- Dendrochronologie du groupe Rhin-Suisse dans la région neuchâteloise, *in* : Brun P. et Mordant C. (éd.), *Le groupe Rhin-Suisse-France orientale et la notion de civilisation des Champs d'Urnes*. Mémoires du Musée de Préhistoire d'Ile-de-France, 1, Nemours, Editions APRAIF : 125-135.

SCHAAL C., 2001.- *Son des céréales : des indices archéologiques. Le cas de la station 19 de Chalain*. DEA Méthodologie et nouvelles techniques en Sciences de l'homme et de la Société, Université de Franche-Comté, UFR des Sciences de l'homme et de la société, multigraphié.

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 néo-*

*lithique : Le rôle du Massif-Central*. Actes du Colloque Interrégional sur le Néolithique, Le Puy-en-Velay 3 et 4 Octobre 1981, Clermont-Ferrand, Centre de Recherches et d'études pré-historiques de l'Auvergne, cahier 1 : 275-279.

SCHIFFERDECKER F. et SUTER P.J., 1986.- Le Néolithique sur le plateau suisse, *in* : *Chronologie, datation archéologique en Suisse*. Antiqua, Bâle, Société Suisse de Préhistoire et d'Archéologie, 15 : 34-43 ; 129-143.

SCHMERBER C., 1997.- Les arbres face à la lumière. *ONF Bull. tech.*, 34, numéro spécial : 45-108

SCHNITZLER-LENOBLE A., 2002.- *Écologie des forêts naturelles d'Europe. Biodiversité, sylvigénèse, valeur patrimoniale des forêts primaires*. Paris, Éditions Techniques et Documentation.

SCHULMANN E., 1956.- *Dendroclimatic changes in semiarid America*. Tucson, USA, University of Arizona Press.

SCHWEINGRUBER F.H., 1983.- L'habitat lacustre préhistorique. Aspect climatologique et botanique, *Archives des Sciences*, 36 (2) : 234-245.

SCHWEINGRUBER F.H., 1988.- *Tree Rings. Basics and application of dendrochronology*. Edition originale *Der Jahrring*, Dordrecht, Holland, Ed. Kluwer academic publishers.

SCHWEINGRUBER F.H., 1990.- *Anatomie microscopique du bois*. Birmensdorf, Institut Fédéral des recherches sur la forêt, la neige et le paysage, 3<sup>e</sup> édition.

SIREN G., 1961.- Skogsgränställen som indikator för klimatfluktuationerna i norra fenoskandien under historisk tid. Metsäntutkimuslaitoksen Julkaisuja, 54-2 (Communications Instituti forestali fenniae), Helsingfors.

STUDHALTER R.A., 1956.- Early history of crossdating, *Tree-Rind Bulletin*, 21 (1-4) : 31-35.

STUIVER M., REIMER P.J., BARD E., BECK J.W., BURR G.S., HUGHEN K.A., KROMER B., MAC CORMAC G., VEN DER PLICHT J. et SPURK M., 1998.- Intcal98 radiocarbon age calibration, 24 000-0 cal BP., *Radiocarbon*, 40 : 1041-1083.

VIELLET A., 1996.- *Etude dendrochronologique du frêne sur la station II-IIbis de Clairvaux-les-Lacs*. Mémoire de maîtrise, Histoire de l'Art et d'Archéologie, Université de Franche-Comté, Faculté des Lettres et Sciences Humaines, multigraphié.

VIELLET A., 1997.- *Etude dendrochronologique des chênes et des frênes (Quercus sp. - Fraxinus exc.) provenant du site Néolithique final de Chalain -station 19- (Jura)*. Mémoire de DEA, Histoire et Cultures des Sociétés Antiques, Besançon, Université de Franche-Comté, UFR Lettres, multigraphié.

VIELLET A., 2002.- The isolated structure of the neolithic site 19, Lake Chalain (Jura, France) : dendrochronological study of oak pilings (*Quercus* sp.), *Dendrochronologia*, 20 (3) : 201-312.

VIELLET A., 2005.- Synthèse chronologique des bois d'oeuvre des sites néolithiques de Clairvaux-les-Lacs et de Chalain (Jura, France). Les aléas de la méthode dendrochronologique, *Bulletin de la Société Préhistorique Française*, 102 (4) : 803-812.

VOER R., 2000.- Trésors archéologiques au fil de la Transjurane. - s.l. : *Jura pluriel*.

WEAKLY W., 1968.- *Tree-ring dating and archaeology in South Dakota*. Tucson, University of Arizona.

WEIDMANN D., 2001.- *Le présent à la rencontre du passé, dans Yverdon-Neuchâtel. Voie libre à la Béroche pour Rail 2000*. Genève, Les Editions des Grands Travaux : 41-43.





## TABLE DES FIGURES

### Introduction

<i>Figure 1. La Combe d'Ain : localisation des lacs de Chalain et de Clairvaux</i>	18
<i>Figure 2. Caractéristiques morphologiques de la Combe d'Ain</i>	19
<i>Figure 3. Lac de Chalain : les éboulements de 1904</i>	22
<i>Figure 4. Lac de Chalain : localisation des sites sur la Zone archéologique de la Prise d'Eau</i>	24
<i>Figure 5. Les sites archéologiques fouillés sur Clairvaux-les-Lacs</i>	32
<i>Figure 6. Localisation des sites fouillés sur le lac de Chalain</i>	33
<i>Figure 7. Pirogue de Chalain découverte le 3 juin 1904</i>	35

### Chapitre 1

<i>Figure 8. Le cerne : un thermomètre naturel</i>	44
<i>Figure 9. Principe de la méthode dendrochronologique</i>	47
<i>Figure 10. Préparation des chemins de mesure</i>	48
<i>Figure 11. Localisation du secteur isolé sur le site de CH 19</i>	52
<i>Figure 12. Stratigraphie du site de Chalain 19</i>	54
<i>Figure 13. Les artefacts du secteur isolé</i>	55
<i>Figure 14. Stratigraphie du dépotoir situé devant la structure isolée</i>	56
<i>Figure 15. Chalain 19, le travois et son joug</i>	57
<i>Figure 16. Exemples de pieux appointés</i>	59
<i>Figure 17. Hache et herminette du site de CH 4 Groupe du Clairvaux ancien</i>	60
<i>Figure 18. Division du secteur isolé en trois zones : la palissade, la structure et la zone au devant de la structure</i>	62
<i>Figure 19. Localisation des chênes et des frênes dans le secteur isolé</i>	63
<i>Figure 20. Comparaison des diamètres entre les pieux en chêne et en frêne dans le secteur isolé</i>	64
<i>Figure 21. Plan des pieux en chêne</i>	65
<i>Figure 22. a) Chênes datés de la construction isolée b) Chênes datés du secteur au devant de la construction isolée</i>	70
<i>Figure 23. Les phases d'abattage du chêne de la structure isolée</i>	71

<i>Figure 24. Les phases d'abattage du frêne de la structure isolée</i>	73
<i>Figure 25. Bloc diagramme des frênes datés appartenant à la structure isolée</i>	75
<i>Figure 26. Les phases d'abattage du frêne de la structure isolée</i>	76
<i>Figure 27. Bloc diagramme des frênes inclus dans la structure isolée et leur morphologie</i>	78
<i>Figure 28. a) Bloc diagramme des frênes extérieurs à la construction isolée b) Courbes de croissance des frênes extérieurs à la construction isolée</i>	80
<i>Figure 29. Les phases d'abattage du frêne de la zone extérieure à la structure isolée</i>	81
<i>Figure 30. Absence de thyllles sur un pieu en frêne de CH 19</i>	84
<i>Figure 31. Phases d'abattage et interprétations des chênes et des frênes</i>	86
<i>Figure 32. Le problème de l'érosion sur les derniers cernes des pieux</i>	87
<i>Figure 33. Exemples ethnographiques de vestiges de pieux</i>	90
<i>Figure 34. Les différents groupes écologiques des chênes présents dans la structure isolée</i>	92
<i>Figure 35. Les différents groupes écologiques des chênes présents dans la structure isolée et les années caractéristiques négatives</i>	95
<i>Figure 36. Les différents groupes écologiques des chênes présents dans la structure isolée et les années caractéristiques positives</i>	96
<i>Figure 37. Etude comparative des groupes de croissance selon les différentes phases chronologiques des frênes appartenant à la structure isolée</i>	97
<i>Figure 38. Les années caractéristiques négatives du frêne de la structure isolée</i>	98
<i>Figure 39. Les années caractéristiques positives du frêne de la structure isolée</i>	99
<i>Figure 40. Localisation sur la courbe 14C des années caractéristiques positives et négatives des chênes et des frênes</i>	101

## **Chapitre 2**

<i>Figure 41. Fouille du squelette d'enfant découvert en 1998 à l'intersection de la palissade et du départ du chemin de planches</i>	108
<i>Figure 42. Les pieux du chemin de planches, très altérés, ont souvent dû être dégagés sur plus d'un mètre de profondeur afin d'obtenir un prélèvement satisfaisant pour la dendrochronologie</i>	109
<i>Figure 43. Plan des pieux de Chalain 19</i>	110
<i>Figure 44. Plan des pieux en chêne et leur répartition morphologique</i>	112
<i>Figure 45. Plan des pieux en frêne et leur répartition morphologique</i>	114
<i>Figure 46. Histogramme de la moyenne CH19 M106qu -3220/-2976 av. J.-C.</i>	116
<i>Figure 47. Histogramme de la moyenne CH19 M100qu -3225/-2966 av. J.-C.</i>	117
<i>Figure 48. Courbes de croissance de quelques pieux datés montrant différents types de vieillissement</i>	120
<i>Figure 49. Blocs diagrammes des moyennes CH19 M19fx et CH19 M13fx</i>	121
<i>Figure 50. Histogrammes des moyennes CH19 M20fx, CH19 M8fx et CH19 M14fx</i>	124
<i>Figure 51. L'absence des derniers cernes sous écorce est souvent due à un phénomène d'abrasion par la craie lacustre</i>	125
<i>Figure 52a. Bloc diagramme des frênes datés sur le site de Chalain 19</i>	130
<i>Figure 52b. Bloc diagramme des frênes datés sur le site de Chalain 19 (suite)</i>	131
<i>Figure 53a. Bloc diagramme des chênes datés sur le site de Chalain 19</i>	133
<i>Figure 53b. Bloc diagramme des chênes datés sur le site de Chalain 19 (suite)</i>	134

<i>Figure 54. Répartition des chênes et des frênes datés</i>	135
<i>Figure 55. Répartition des frênes datés entre 3174 et 3096 av. J.-C.</i>	138
<i>Figure 56. Répartition des chênes et des frênes datés entre 3069 et 3030 av. J.-C.</i>	139
<i>Figure 57. Répartition des chênes et des frênes datés entre 3026 et 2996 av. J.-C.</i>	140
<i>Figure 58. Répartition des chênes datés entre 2990 et 2972 av. J.-C.</i>	141
<i>Figure 59. Les chênes et les frênes datés de la palissade</i>	144
<i>Figure 60. Les chênes et des frênes datés des chemins de planches</i>	146
<i>Figure 61. Zoom sur les 50 premiers mètres des chemins où les pieux sont les mieux conservés</i>	147
<i>Figure 62. Les chênes et des frênes datés, localisés dans la zone densément bâtie du village</i>	150
<i>Figure 63. Interprétation dendrochronologique du site de Chalain 19 Zones des chemins et du village</i>	151
<i>Figure 64. Approche écologique des chênes de CH 19</i>	
<i>a) Répartition du nombre de chênes par classe de 10 ans</i>	
<i>b) Répartition chronologique des chênes selon leur âge</i>	
<i>c) Corrélation entre le diamètre estimé des chênes et leur âge</i>	153
<i>Figure 65. Approche écologique des chênes de CH 19</i>	
<i>a) Corrélation entre la largeur moyenne des cernes et l'âge des chênes</i>	
<i>b) Corrélation entre la largeur moyenne des cernes par chêne et leur diamètre estimé</i>	155
<i>Figure 66. Approche écologique des frênes de CH 19</i>	
<i>a) Répartition du nombre de frênes par classe de 10 ans</i>	
<i>b) Répartition chronologique des frênes selon leur âge</i>	
<i>c) Corrélation entre le diamètre estimé des frênes et leur âge</i>	156
<i>Figure 67. Approche écologique des frênes de CH 19</i>	
<i>a) Corrélation entre la largeur moyenne des cernes et l'âge des frênes</i>	
<i>b) Corrélation entre la largeur moyenne des cernes par frêne et leur diamètre estimé</i>	159

### Chapitre 3

<i>Figure 68. Localisation de la zone archéologique de la Prise d'Eau et de la zone archéologique de Doucier</i>	166
<i>Figure 69. Plan des pieux de Chalain 2</i>	169
<i>Figure 70. Bloc diagramme des chênes de CH2-15qu 3275/2923 av. J.-C.</i>	170
<i>Figure 71. Chalain 2 Localisation des chênes datés</i>	172
<i>Figure 72. Courbes de croissance des chênes de CH2-15qu (-3275/-2923)</i>	173
<i>Figure 73. a) Bloc diagramme de la chronologie CH2 19fx (3127/3068 av. J.-C.) b) Courbes de croissances des frênes de CH2 19fx (3127/3068 av. J.-C.)</i>	176
<i>Figure 74. Chalain 2 Localisation des frênes datés</i>	177
<i>Figure 75. Plan des pieux de Chalain 3</i>	179
<i>Figure 76. Bloc diagramme de la chronologie CH3-32QU 3251/2972 av. J.-C.</i>	180
<i>Figure 77. Stratigraphie de Chalain 3</i>	181
<i>Figure 78. a) Bloc diagramme des chênes de CH3-22qu 4003/3733 av. J.-C. b) Bloc diagramme des frênes de CH3-34fx 3149/3024 av. J.-C</i>	184
<i>Figure 79. a) Plan des chênes datés de Chalain 3 et orientation des structures</i>	

b) Plan des frênes datés de Chalain 3 et orientation des structures	185
Figure 80. a) Exemples de courbes de croissance hétérogènes de chênes âgés de moins de 50 ans	
b) Site de CH 21.1 Exemples de courbes de croissance de jeunes chênes comparables	
c) Synthèse des longueurs des bois entre les deux essences chêne et frêne étudiées en dendrochronologie sur les sites de Chalain et de Clairvaux	188
Figure 81. Chalain 3 : la synchronisation des bois jeunes et âgés permet d'appréhender une évolution de l'exploitation forestière	189
Figure 82. a) Courbes de croissance des chênes de CH 3-22qu	
b) Courbes de croissance des chênes de CH 3-32qu	191
Figure 83. Courbes de croissance des frênes de CH 3-34fx	193
Figure 84. Bloc diagramme des chênes de CH 4-10qu 3248/3001 av. J.-C.	195
Figure 85. a) Plan des pieux en chêne	
b) Plan des frênes et localisation d'une structure d'habitation	196
Figure 86. Courbes de croissance des chênes de CH 4-10qu	198
Figure 87. a) Bloc diagramme des chênes de CH5-13qu 3221/2970 av. J.-C.	
b) Plan des pieux de CH 5	
c) Courbes de croissance des chênes de CH 5-13qu	200
Figure 88. a) Bloc diagramme des chênes de CH6-15qu 3221/2970 av. J.-C.	
b) Plan des pieux de CH 6	
c) Courbes de croissance des chênes de CH 6-15qu	203
Figure 89. a) CH 7, courbes de croissance des chênes datés et non datés	
b) CH 8, courbes de croissance des chênes datés et non datés	
c) CH 20, courbes de croissance des chênes non datés	
d) CH 21.1, courbes de croissance des chênes datés et non datés	
e) CH 22, courbes de croissance des chênes	205
Figure 90. Plan des pieux de La Motte-aux-Magnins	208
Figure 91. a) Bloc diagramme des composante de CLMM-83qu	
b) Bloc diagramme des composante de CLMM-102qu	210
Figure 92. a) Courbes de croissance des chênes de CLMM 83qu	
b) Courbes de croissance des chênes de CLMM 102qu	212
Figure 93. Plan des pieux de Clairvaux III	213
Figure 94. a) Bloc diagramme des chênes de CL IV M35qu 3238/2942 av. J.-C.	
b) Courbes de croissance des chênes CL IV M35qu	214
Figure 95. Plan des pieux de CL IV	216
Figure 96. a) Bloc diagramme des chênes de CL X M3qu 3217/2999 av. J.-C.	
b) Courbes de croissance des chênes CL IV M35qu	218
Figure 97a. Bloc diagramme des chênes datés de CL II/IIbis	220
Figure 97b. Bloc diagramme des chênes datés de CL II/IIbis (suite)	221
Figure 98. Clairvaux II-IIbis Plan des pieux et interprétation	222
Figure 99. a) Bloc diagramme des trois moyennes de frênes M76fx, M72fx et M71fx de CL II-IIbis	
b) Courbes de croissance des trois moyennes de frênes M76fx, M72fx et M71fx de CL II-IIbis	225
Figure 100. Les différents types de croissance des chênes de CL II-IIbis	227

<i>Figure 101. Plan des pieux de CL XIV</i>	229
<i>Figure 102. a) Courbes de croissance des chênes de CL XIV M2qu Proposition de datation 4021/3889 av. J.-C. b) Courbes de croissance des chênes de CL XIV M3qu Proposition de datation 3928/3863 av. J.-C.</i>	230
<i>Figure 103. a) Clairvaux XIV, moyenne M2bisqu Hypothèse de datation 3809/3685 av. J.-C. b) Clairvaux XIV, moyenne M2bisqu Hypothèse de datation 4013/3889 av. J.-C.</i>	232
<i>Figure 104. a) Essai de datation de la moyenne CL VII M6qu b) Essai de datation de la moyenne CL VII M7qu</i>	233
<i>Figure 105. Courbes des chênes de JURA-NEO-7 (-3248/-2959)</i>	236
<i>Figure 106. Bloc diagramme des moyennes datées de Chalain et de Clairvaux du 39e au 29e siècle av. J.-C.</i>	238
<i>Figure 107. Les cinq hiatus dendrochronologiques entre le 39e et le 29e siècle av. J.-C. (Stuiver et al. 1998)</i>	240
<i>Figure 108. Nombre de villages contemporains décomptés d'après les phases d'abattage des chênes et des frênes de 3200 à 2920 av. J.-C.</i>	243
<i>Figure 109. Quantité de chênes et de frênes par phases de 20 ans</i>	245
<i>Figure 110. Morphologie des chênes et des frênes du 39e siècle au 29e siècle av. J.-C.</i>	246
<i>Figure 111. a) Tableau récapitulatif des estimations d'aubier b) Estimation de l'aubier (Quercus) sur huit sites de Chalain et de Clairvaux</i>	248
<b>Conclusion</b>	
<i>Figure 112. Comparaison entre les variations climatiques et les dates dendrochronologiques à Chalain. Dessin P. Pétrequin et A. Viellet (Pétrequin, Arbogast et al. 2003)</i>	255
<i>Figure 113. Comparaison entre la courbe 14C résiduel dans l'atmosphère et la courbe des indices archéologiques de peuplement en Franche-Comté (572 ensembles datés) Dessin P. Pétrequin, (Pétrequin, Magny et Bailly 2005)</i>	257
<i>Figure 114. Les séquences néolithiques de Chalain et de Clairvaux sont rythmées par des déplacements de population où l'épicentre du peuplement se trouve alternativement dans l'un ou l'autre de ces deux bassins lacustres Dessin P. Pétrequin, (Pétrequin, Magny et Bailly 2005)</i>	260
<i>Figure 115. Evolution des rythmes d'exploitation des milieux forestiers entre le Néolithique moyen et le Néolithique final (groupe de Chalain) Dessin P. Pétrequin 1997, modifié (Pétrequin 1997 et 1998)</i>	262
<i>Figure 116. Tableau général des dates dendrochronologiques acquises à Chalain et à Clairvaux. Ne sont figurés que les bois datés qui possèdent leur aubier. On notera les périodes où le chêne est majoritaire et celles où le frêne est le mieux représenté (Pétrequin, Bailly et Viellet 2001)</i>	263
<i>Figure 117. Synthèse chrono-stratigraphique de la zone archéologique de la Prise d'Eau (rive nord-ouest du lac de Chalain). Les séquences</i>	

- stratigraphiques de trois sites littoraux (CH 2/3-5, CH 2 A-C et CH 3) ont pu être racordées par sondages à la tarière, offrant un des ensembles chrono-stratigraphiques les plus détaillés du lac de Chalain, entre 3200 et 2500 av. J.-C. Dessin P. Pétrequin et A. Viellet (Pétrequin, Bailly et Viellet 2001) 266
- Figure 118. 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 N.M.B. est une hypothèse dendrochronologique. Logiciel Calibeth v. 1.5b, sept. 1991, Zurich. Dessin P. Pétrequin (Pétrequin, Bailly et Viellet 2001) 267
- Figure 119. Modifications des conditions d'approvisionnement en bois d'oeuvre sur le site de CH 19 et la mutation culturelle du 31<sup>e</sup> siècle av. J.-C. Dessin A. Viellet et P. Pétrequin (Pétrequin, Bailly et Viellet 2001) 268
- Figure 120. A la fin du IV<sup>e</sup> 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). Dessin P. Pétrequin (Pétrequin, Arbogast et al. 2002) 269
- Figure 121. Corrélation entre la variation du nombre de villages à Chalain et à Clairvaux, la quantité de rejets osseux dans les dépotoirs, l'importance relative de l'élevage et du fourrage. La croissance démographique de la fin du 31<sup>e</sup> siècle et le passage du Horgen au Ferrières-Clairvaux ont été accompagnés par une consommation importante de protéines animales. Dessin P. Pétrequin (Pétrequin, Arbogast et al. 1998) 271
- Figure 122. Nombre de villages contemporains pour le Néolithique final et nombre de bois datés par tranche de 10 années. Données dendrochronologiques 272
- Figure 123. Comparaisons des dates dendrochronologiques de part et d'autre du massif jurassien : à gauche, Chalain et Clairvaux (Jura) ; à droite, Delley-Portalban II (FR, Suisse), sur la rive occidentale du lac de Neuchâtel. Dessin A. Viellet et P. Pétrequin (Pétrequin, Arbogast et al. 2002) 273
- Figure 124. Evolution chronologique de l'organisation de l'espace villageois au nord-ouest des Alpes, de la fin du Ve millénaire au milieu du III<sup>e</sup> millénaire av. J.-C. L'évolution du plan des villages se calque sur l'évolution et la transmission des styles céramiques, en particulier avec l'expansion du Horgen, tandis que se généralise le modèle septentrional à maisons orientées parallèlement au rivage et disposées en rangées serrées. Dessin P. Pétrequin (Pétrequin, Viellet et Illert 1999) 274
- Figure 125. Evolution chronologique des styles céramiques au nord-ouest des Alpes, de la fin du Ve millénaire au milieu du III<sup>e</sup> millénaire av. J.-C. On retrouve les mêmes oppositions, filiations et expansions que pour l'évolution de l'organisation de l'espace villageois (Fig. 124). Dessin P. Pétrequin et A. Viellet (Pétrequin, Viellet et Illert 1999) 276

Sauf mention contraire, les illustrations sont de l'auteur.

Relevés des pieux sur plans, P. Petrequin excepté CH 19, A. Viellet

## TABLE DES TABLEAUX

### Chapitre 1

<i>Tableau 1. Quercus : pieux de la structure isolée</i>	67
<i>Tableau 2. Quercus : secteur de la structure isolée</i>	68
<i>Tableau 3. Fraxinus : pieux de la structure isolée</i>	74
<i>Tableau 4. Fraxinus : secteur de la structure isolée</i>	79

### Chapitre 2

<i>Tableau 5. Répartition morphologique des chênes</i>	111
<i>Tableau 6. Répartition morphologique des frênes</i>	113
<i>Tableau 7. Moyennes du chêne à faible effectif</i>	115
<i>Tableau 8. Chênes datés de manière individuelle</i>	119
<i>Tableau 9. Moyennes du frêne à faible effectif</i>	122
<i>Tableau 10. Frênes datés de manière individuelle</i>	123

### Chapitre 3

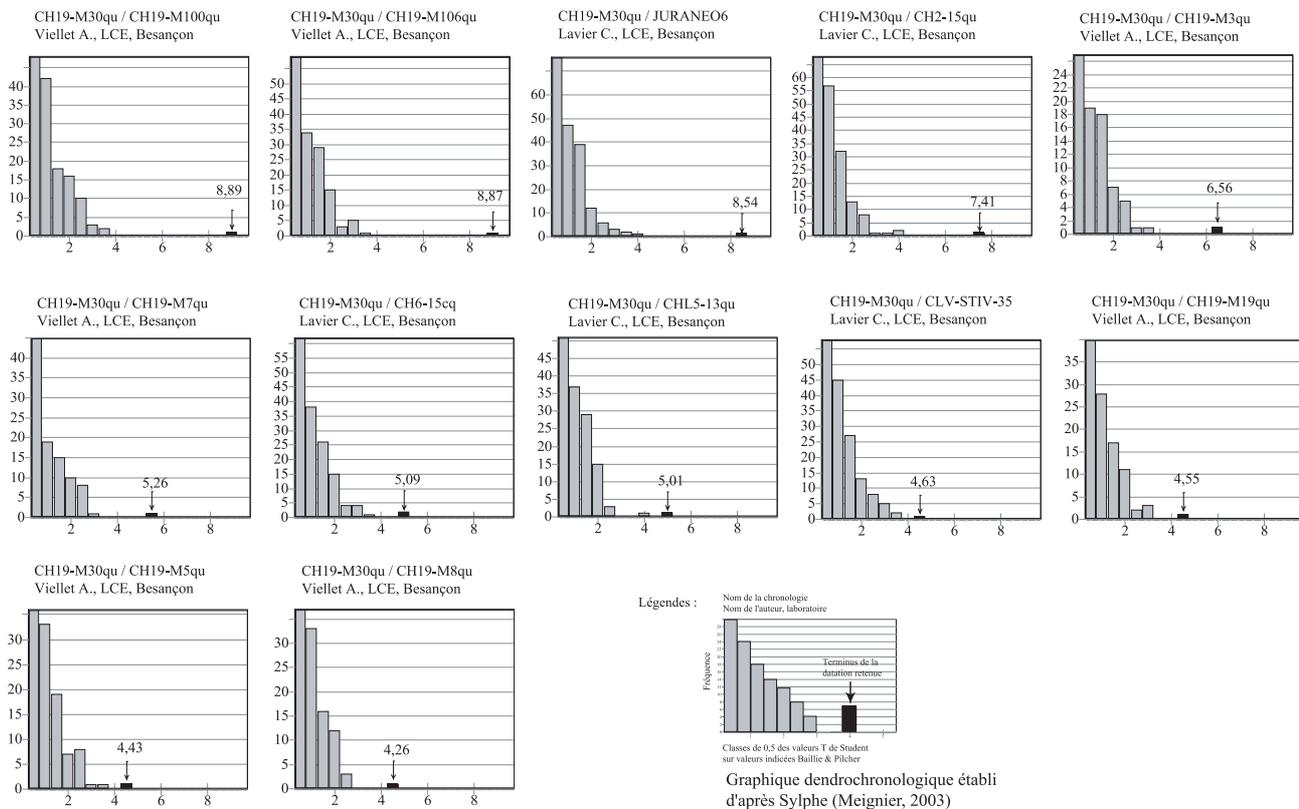
<i>Tableau 11. Tests de corrélation sur la pirogue 1988-1F</i>	166
<i>Tableau 12. Datation des chênes de CH 7</i>	206



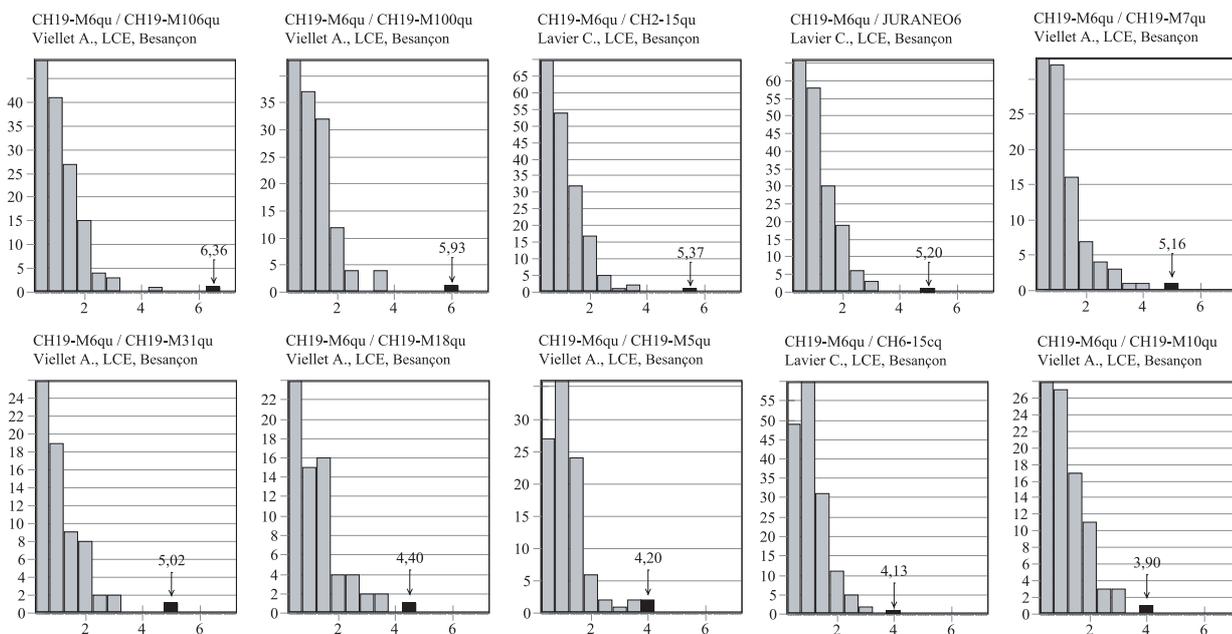
# **Annexes 1**

## **Histogrammes**



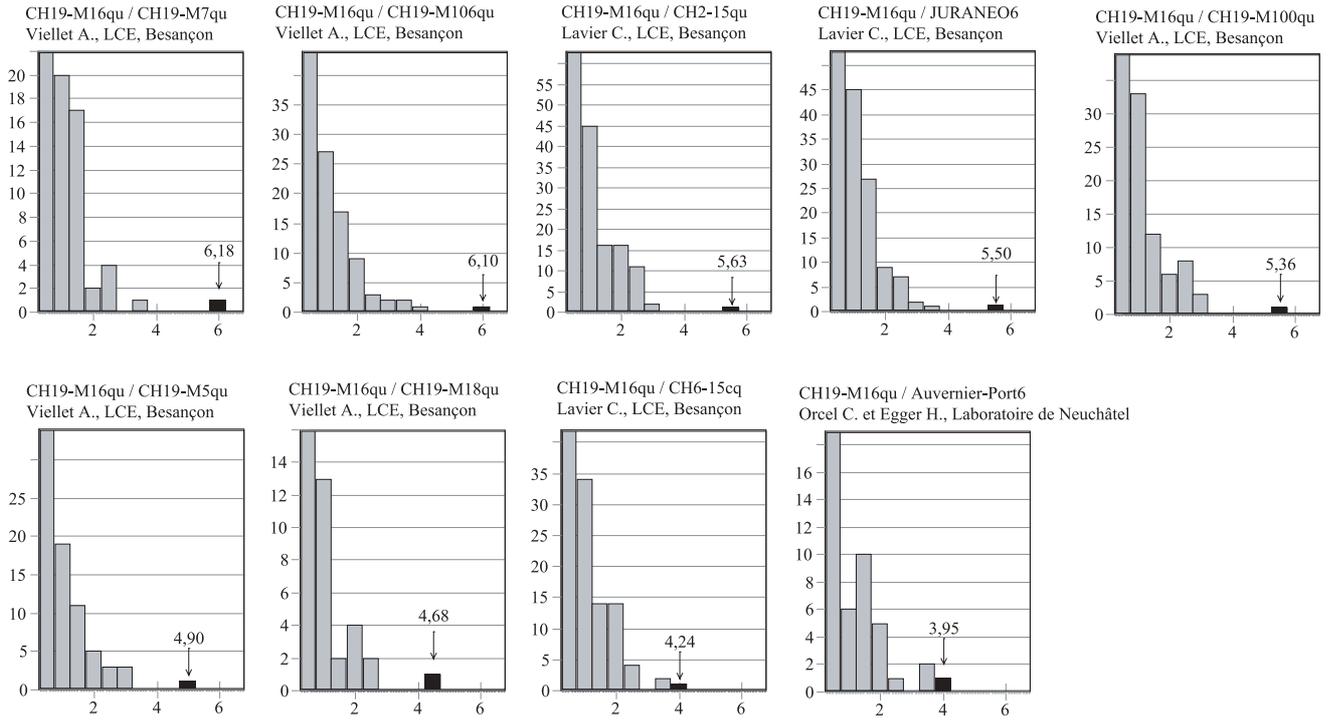


CH19M30qu -3147/-2983 av. J.-C.

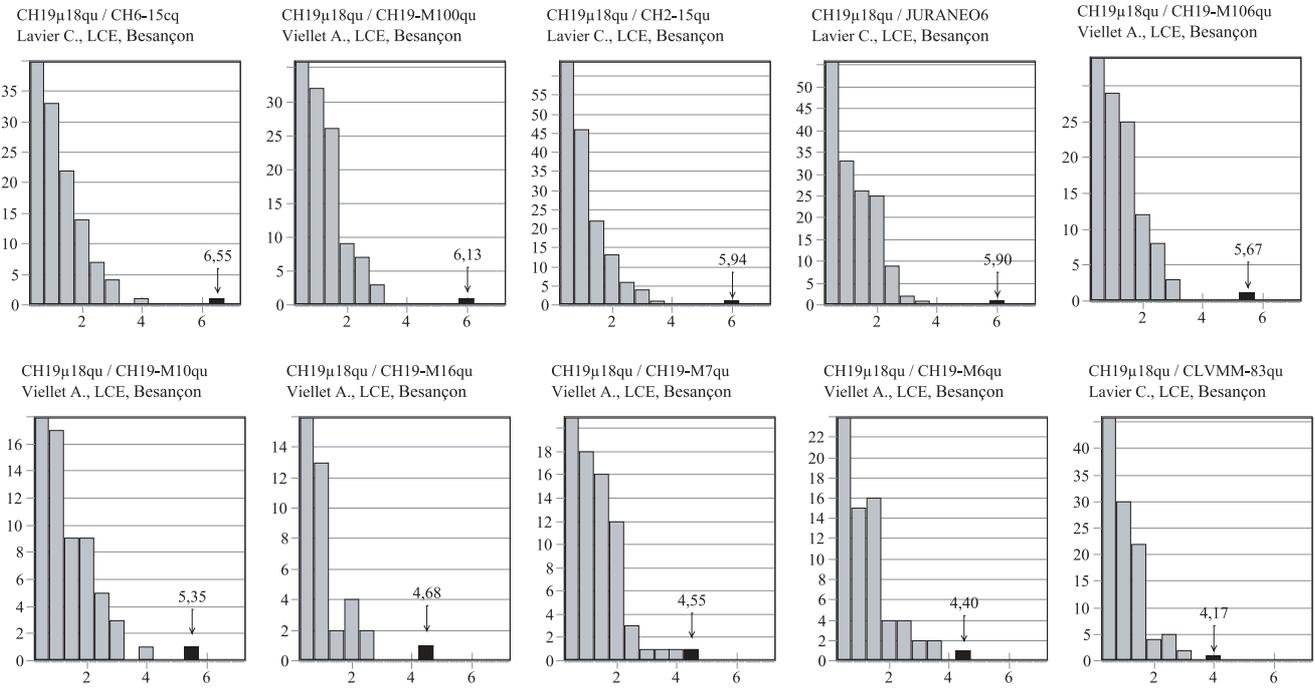


CH19M6qu -3123/-2977 av. J.-C.

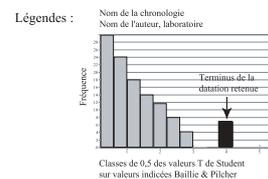
Annexes I. Histogramme des moyennes CH19M30qu et CH19M6qu



CH19M16qu -3075/-3000 av. J.-C.

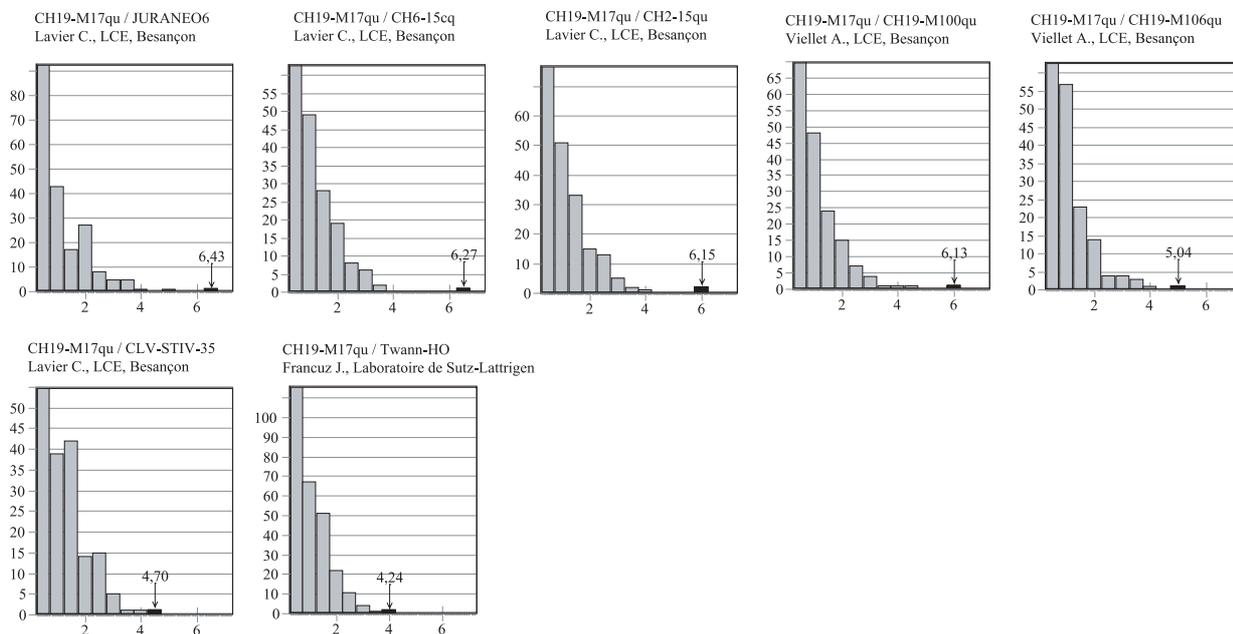


CH19M18qu -3051/-2976 av. J.-C.

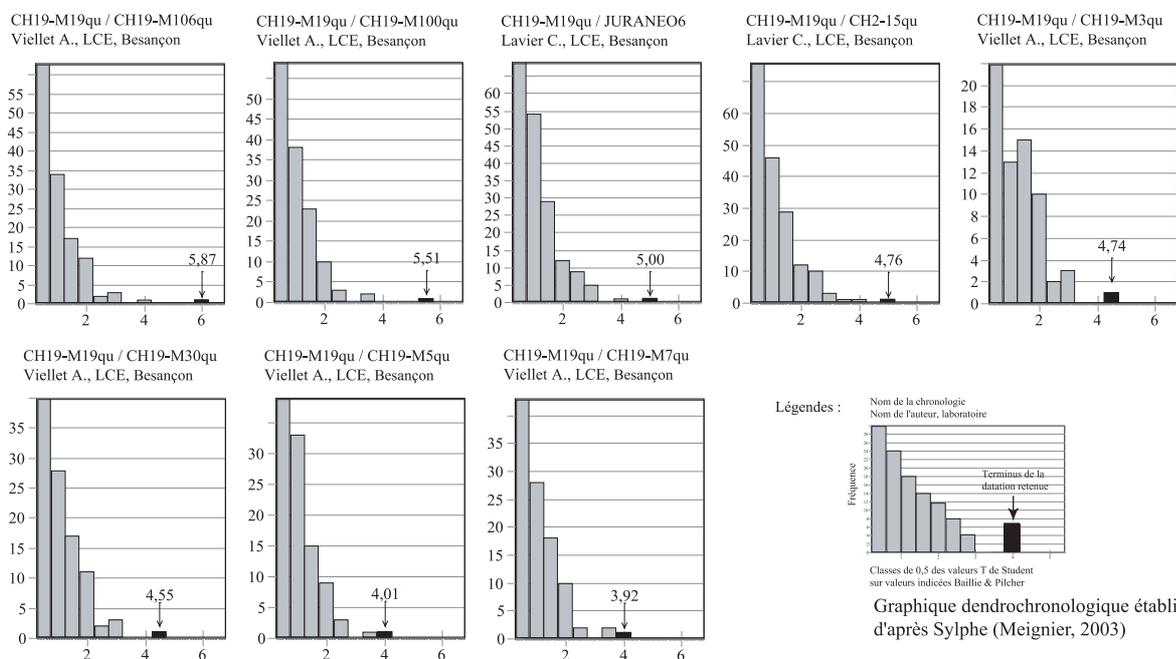


Annexes 1. Histogramme des moyennes CH19M16qu et CH19M18qu

Graphique dendrochronologique établi d'après Sylphe (Meignier, 2003)

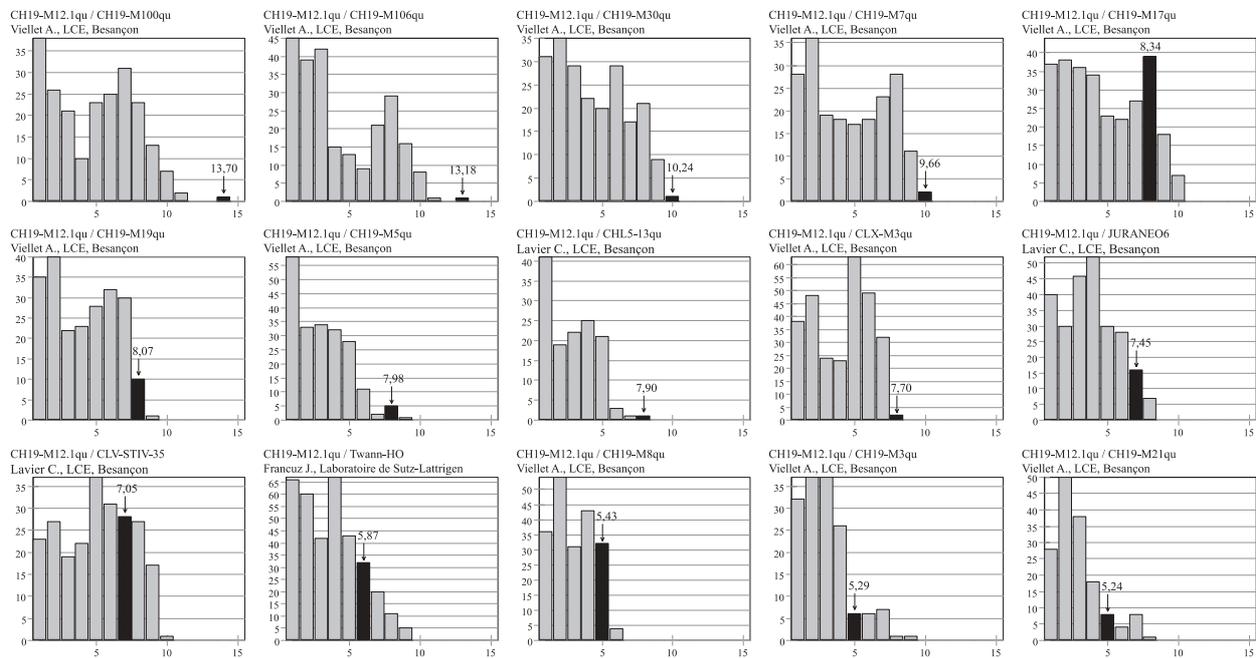


CH19M17qu -3234/-3021 av. J.-C.

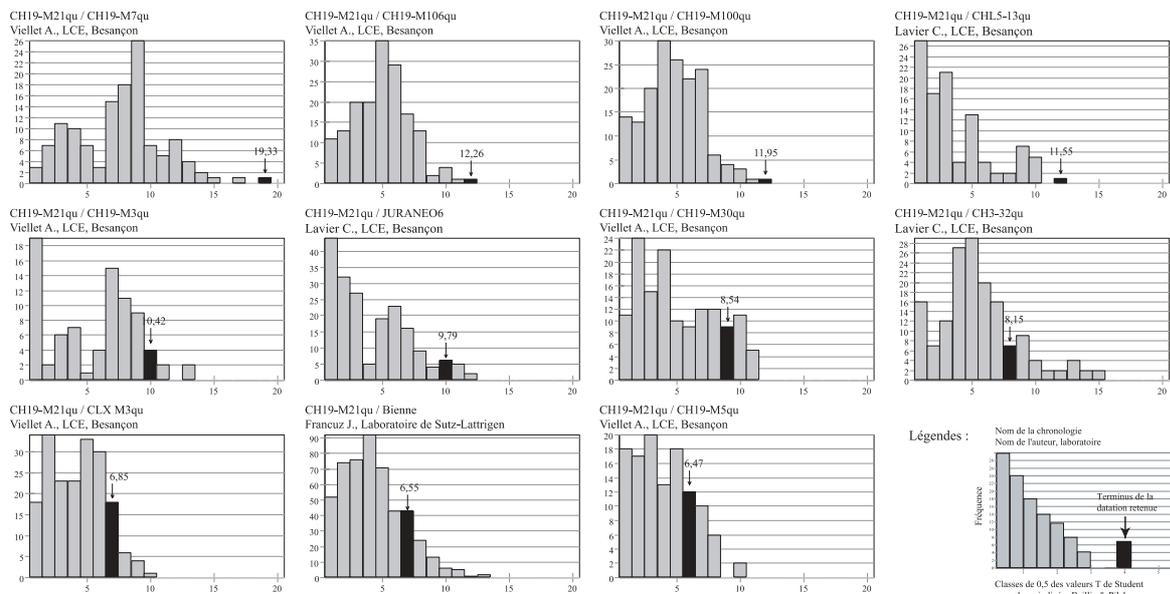


CH19M19qu -3160/-3009 av. J.-C.

Annexes I. Histogramme des moyennes CH19M17qu et CH19M19qu



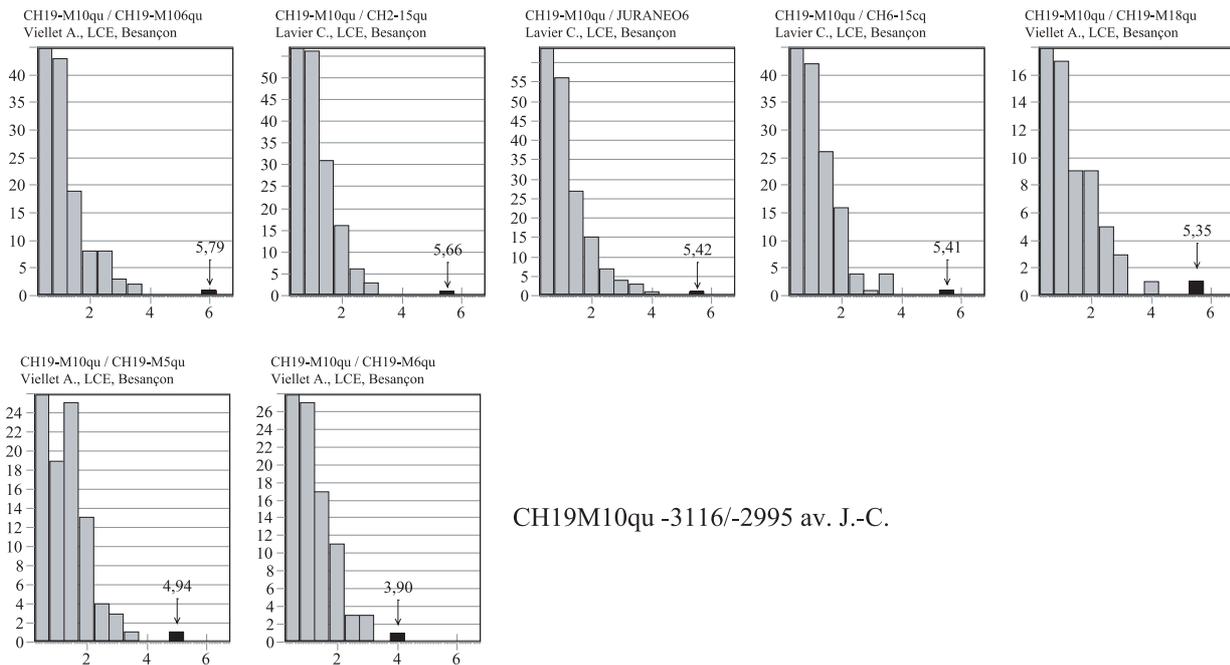
CH19M12.1qu -3150/-3001 av. J.-C.



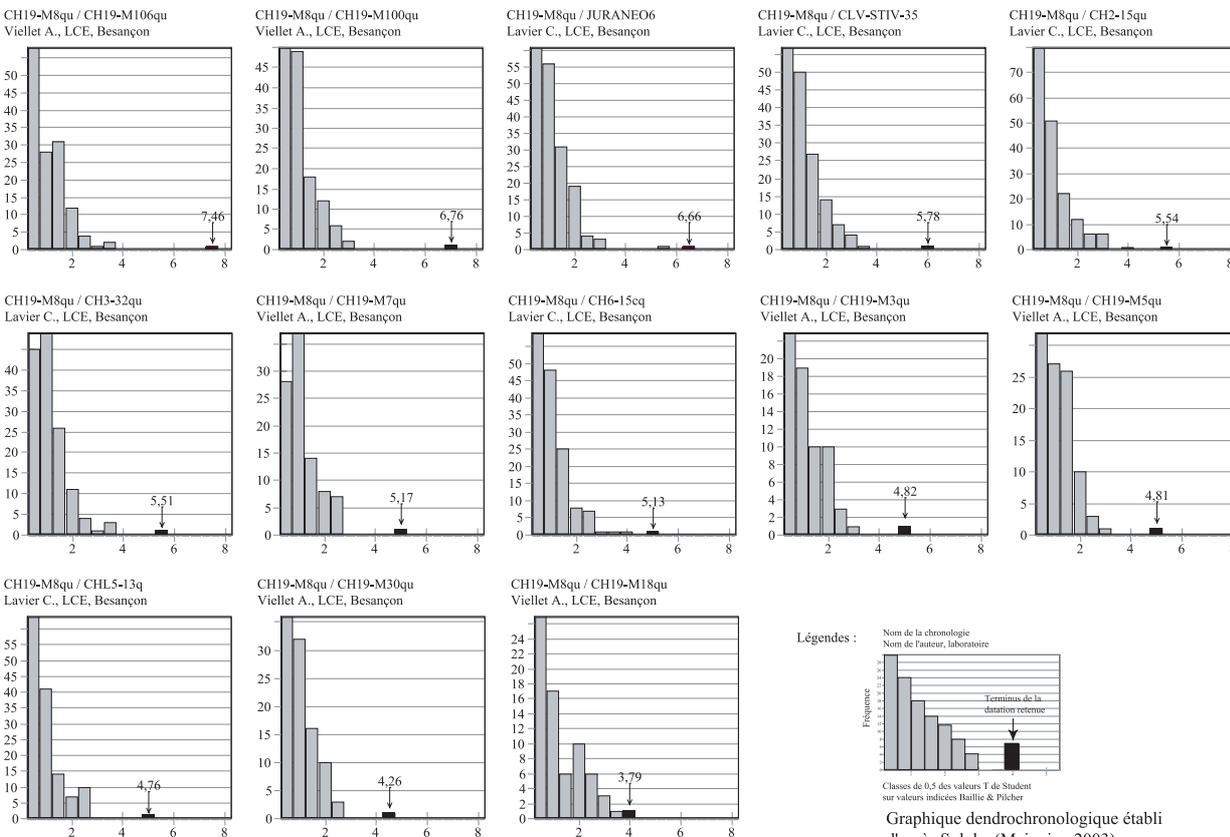
CH19M21qu -3118/-3043 av. J.-C.

Graphique dendrochronologique établi d'après Sylphe (Meignier, 2003)

Annexes 1. Histogramme des moyennes CH19M12.1qu et CH19M21qu

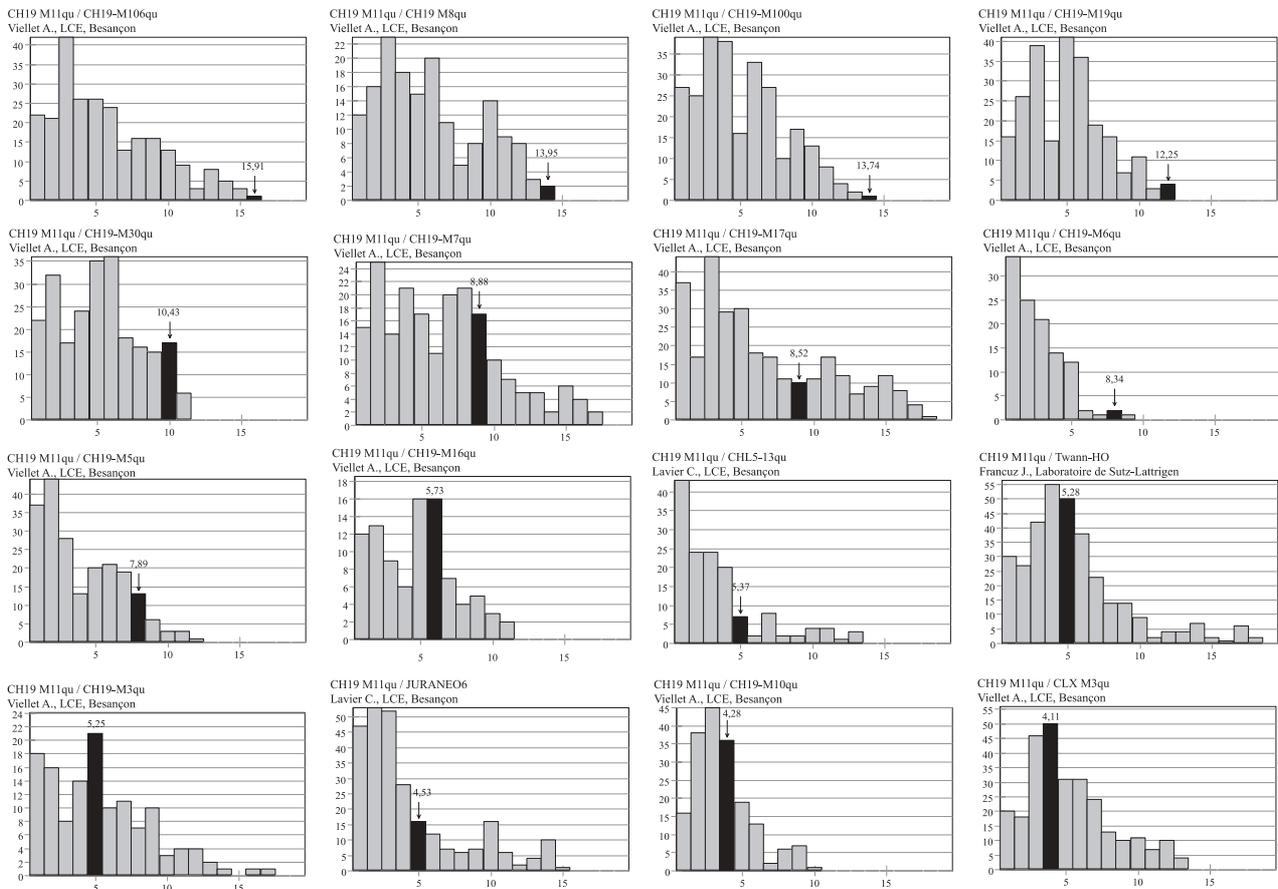


CH19M10qu -3116/-2995 av. J.-C.

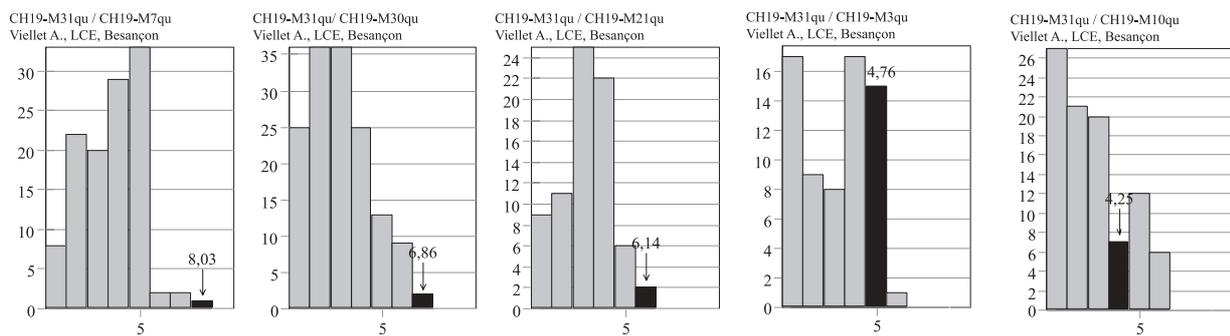


CH19M8qu -3150/-3004 av. J.-C.

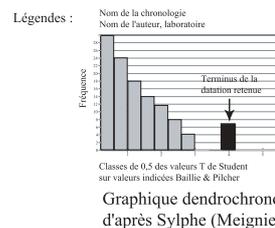
Annexes 1. Histogramme des moyennes CH19M10qu et CH19M8qu



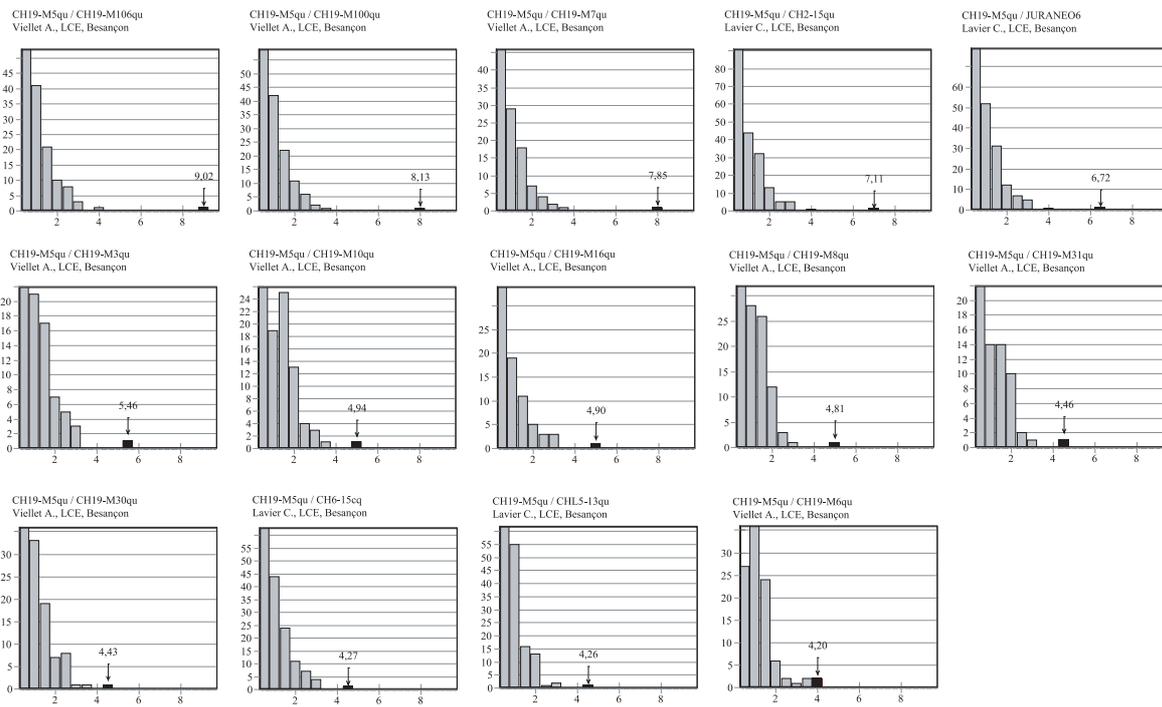
CH19M11qu -3155/-2981 av. J.-C.



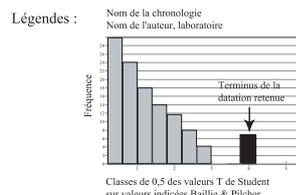
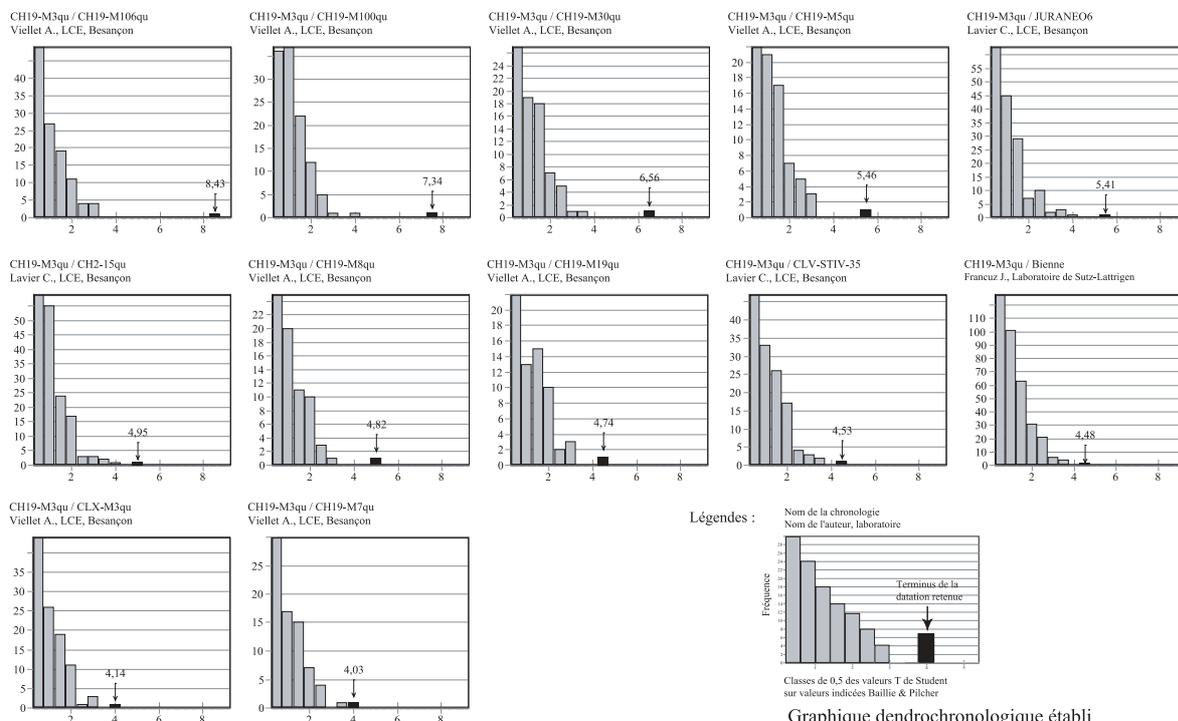
CH19M31qu -3112/-3033 av. J.-C.



Annexes 1. Histogramme des moyennes CH19M11qu et CH19M31qu



CH19M5qu -3157/-3005 av. J.-C.

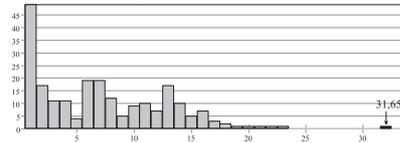


Graphique dendrochronologique établi d'après Sylphe (Meignier, 2003)

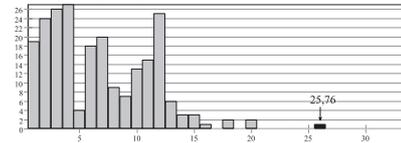
CH19M3qu -3130/-3045 av. J.-C.

Annexes 1. Histogramme des moyennes CH19M5qu et CH19M3qu

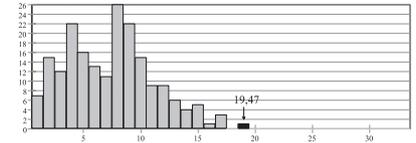
CH19-M7qu / CH19-M106qu  
Vielliet A., LCE, Besançon



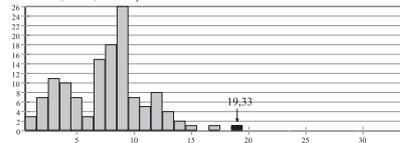
CH19-M7qu / CH19-M100qu  
Vielliet A., LCE, Besançon



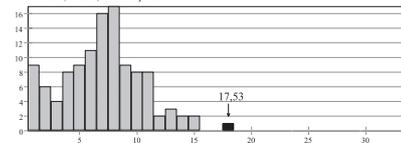
CH19-M7qu / CH19-M30qu  
Vielliet A., LCE, Besançon



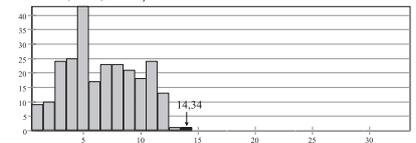
CH19-M7qu / CH19-M21qu  
Vielliet A., LCE, Besançon



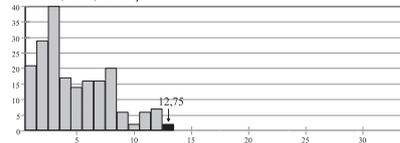
CH19-M7qu / CH19-M3qu  
Vielliet A., LCE, Besançon



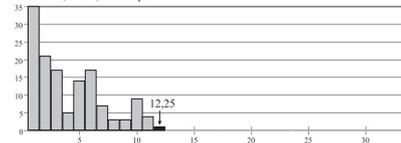
CH19-M7qu / CLX-M3qu  
Vielliet A., LCE, Besançon



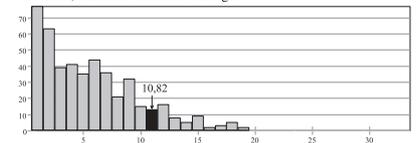
CH19-M7qu / CH19-M5qu  
Vielliet A., LCE, Besançon



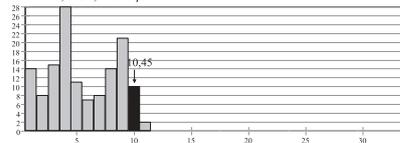
CH19-M7qu / CHL5-13qu  
Lavrier C., LCE, Besançon



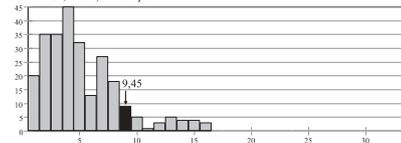
CH19-M7qu / Bienné  
Francuz J., Laboratoire de Sutz-Latriggen



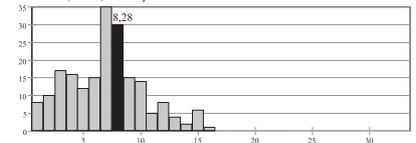
CH19-M7qu / CH19-M10qu  
Vielliet A., LCE, Besançon



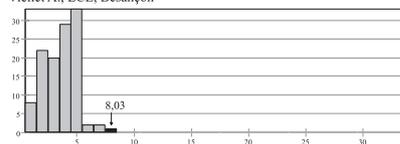
CH19-M7qu / JURANEO6  
Lavrier C., LCE, Besançon



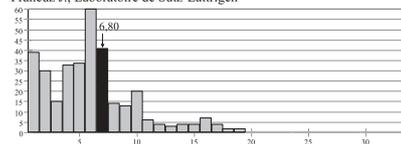
CH19-M7qu / CH19-M19qu  
Vielliet A., LCE, Besançon



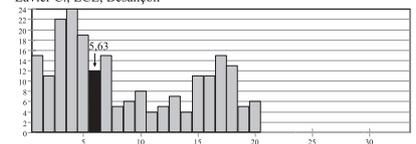
CH19-M7qu / CH19-M31qu  
Vielliet A., LCE, Besançon



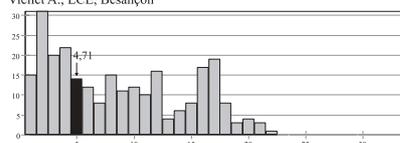
CH19-M7qu / Twann-HO  
Francuz J., Laboratoire de Sutz-Latriggen



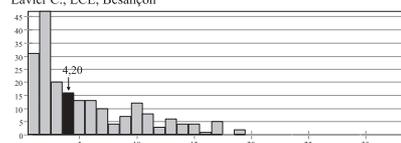
CH19-M7qu / CLV-STIV-35  
Lavrier C., LCE, Besançon



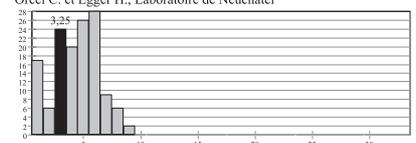
CH19-M7qu / CH19-M17qu  
Vielliet A., LCE, Besançon



CH19-M7qu / CH3-32qu  
Lavrier C., LCE, Besançon



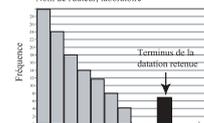
CH19-M7qu / Auvemier-Port6  
Orcel C. et Egger H., Laboratoire de Neuchâtel



CH19M7qu -3124/-2974 av. J.-C.

Légendes :

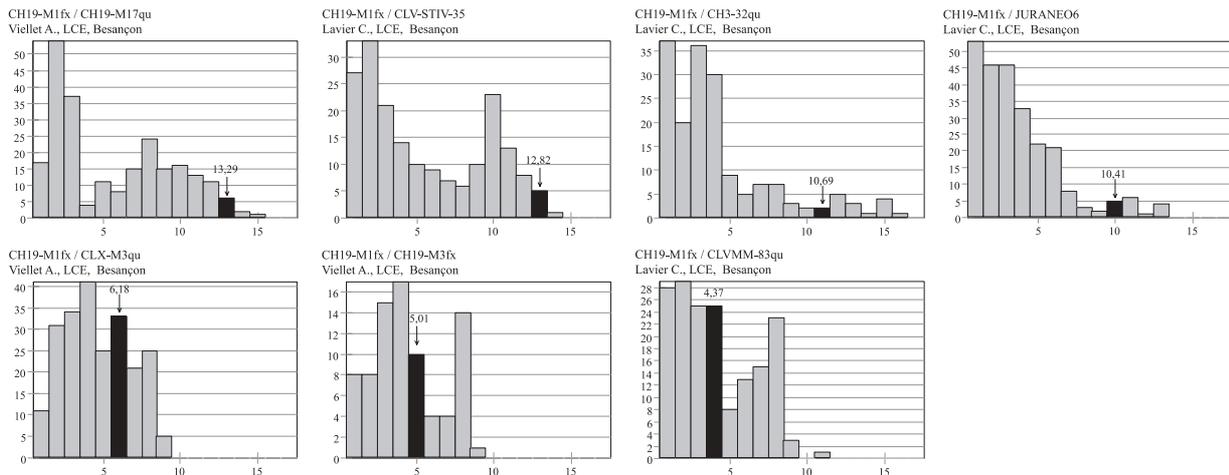
Nom de la chronologie  
Nom de l'auteur, laboratoire



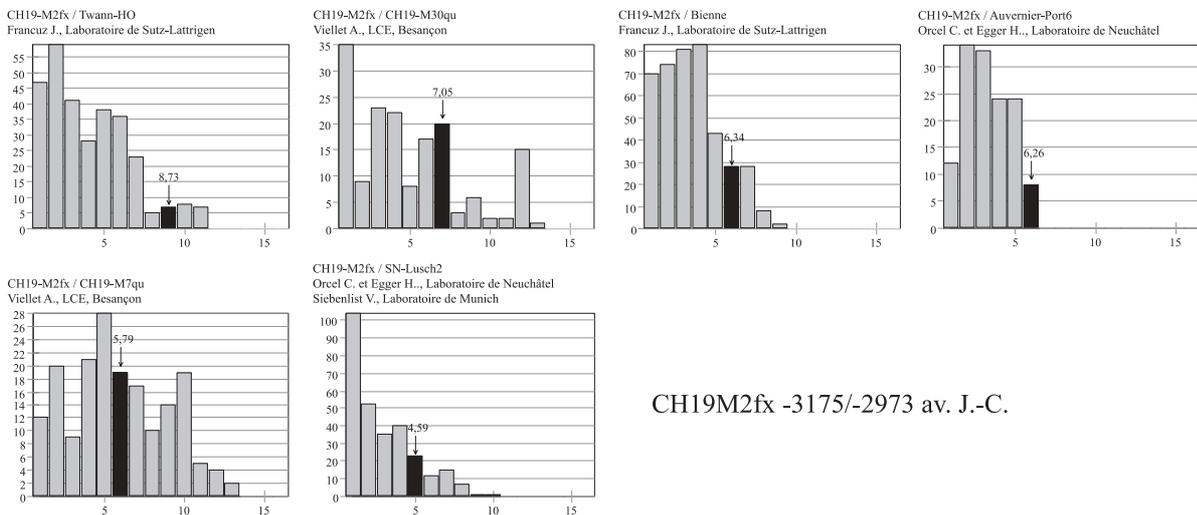
Classes de 0,5 des valeurs T de Student  
sur valeurs indicées Baillie & Pilcher

Graphique dendrochronologique établi  
d'après Sylphe (Meignier, 2003)

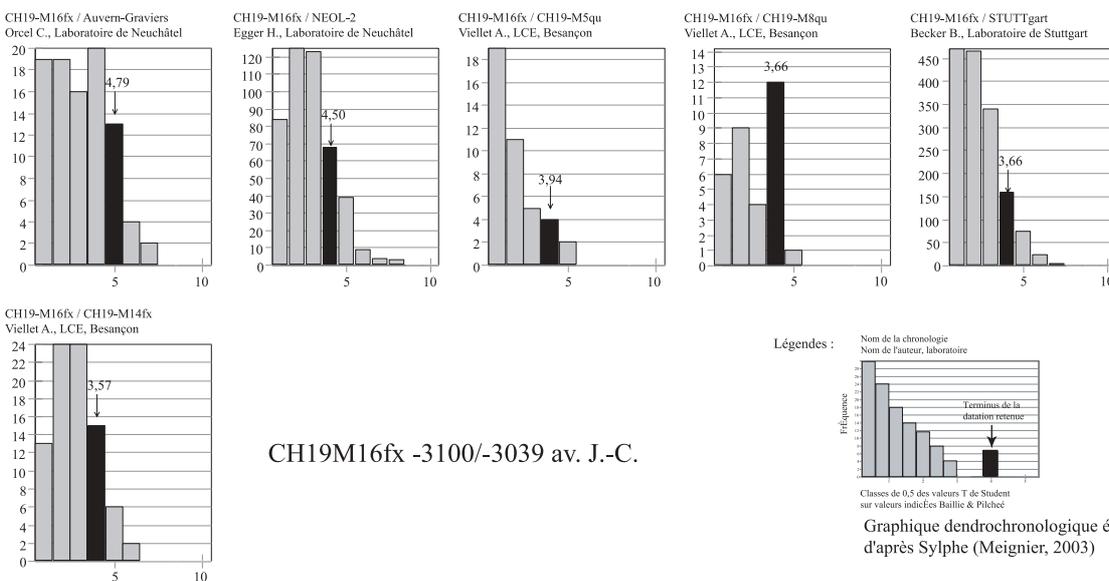
Annexes 1. Histogramme des moyennes CH19M7qu



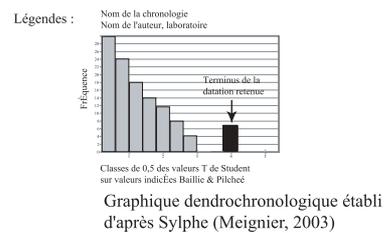
CH19M1fx -3233/-3075 av. J.-C.

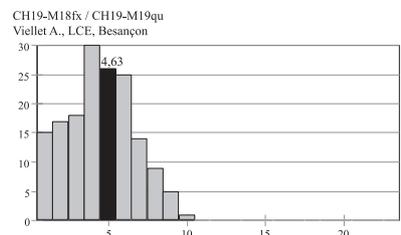
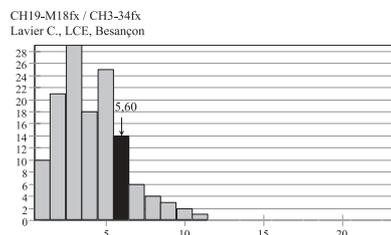
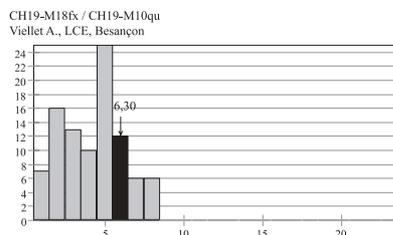
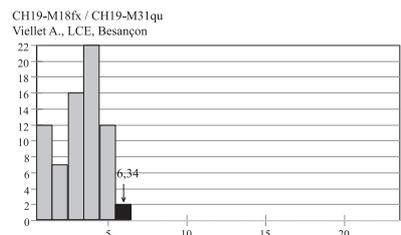
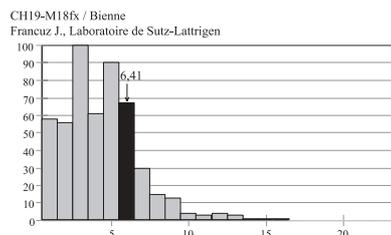
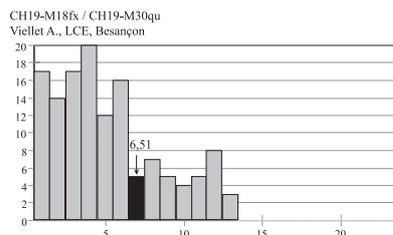
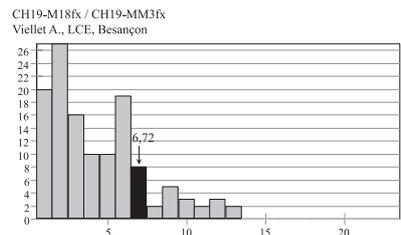
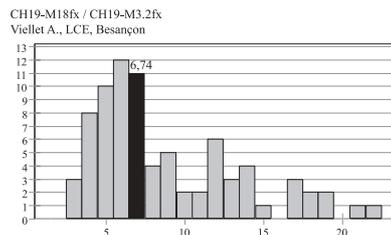
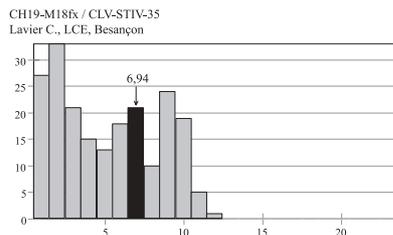
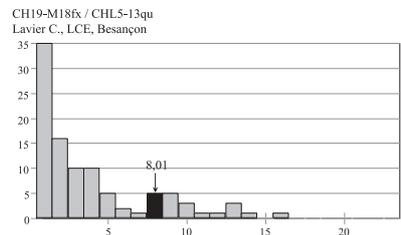
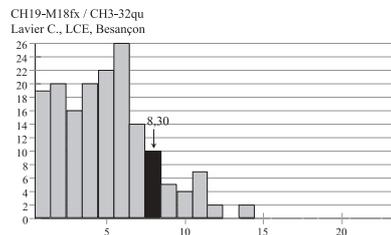
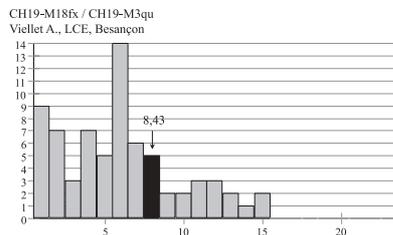
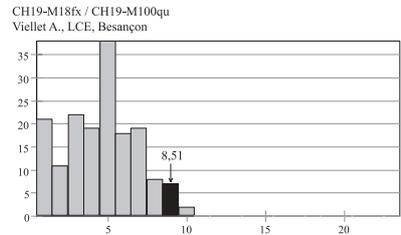
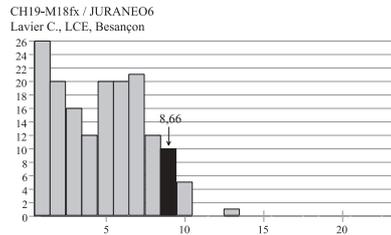
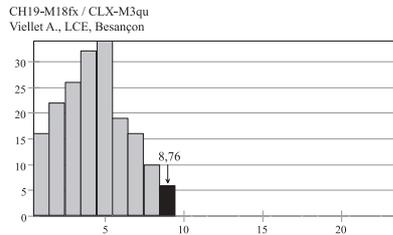
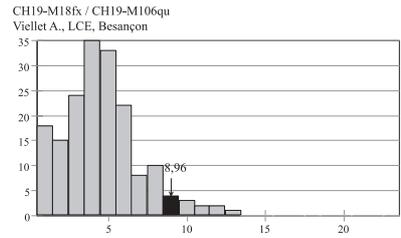
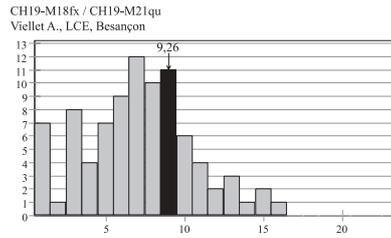
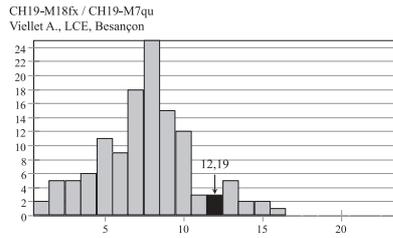


CH19M2fx -3175/-2973 av. J.-C.



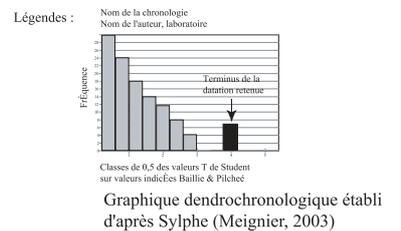
CH19M16fx -3100/-3039 av. J.-C.

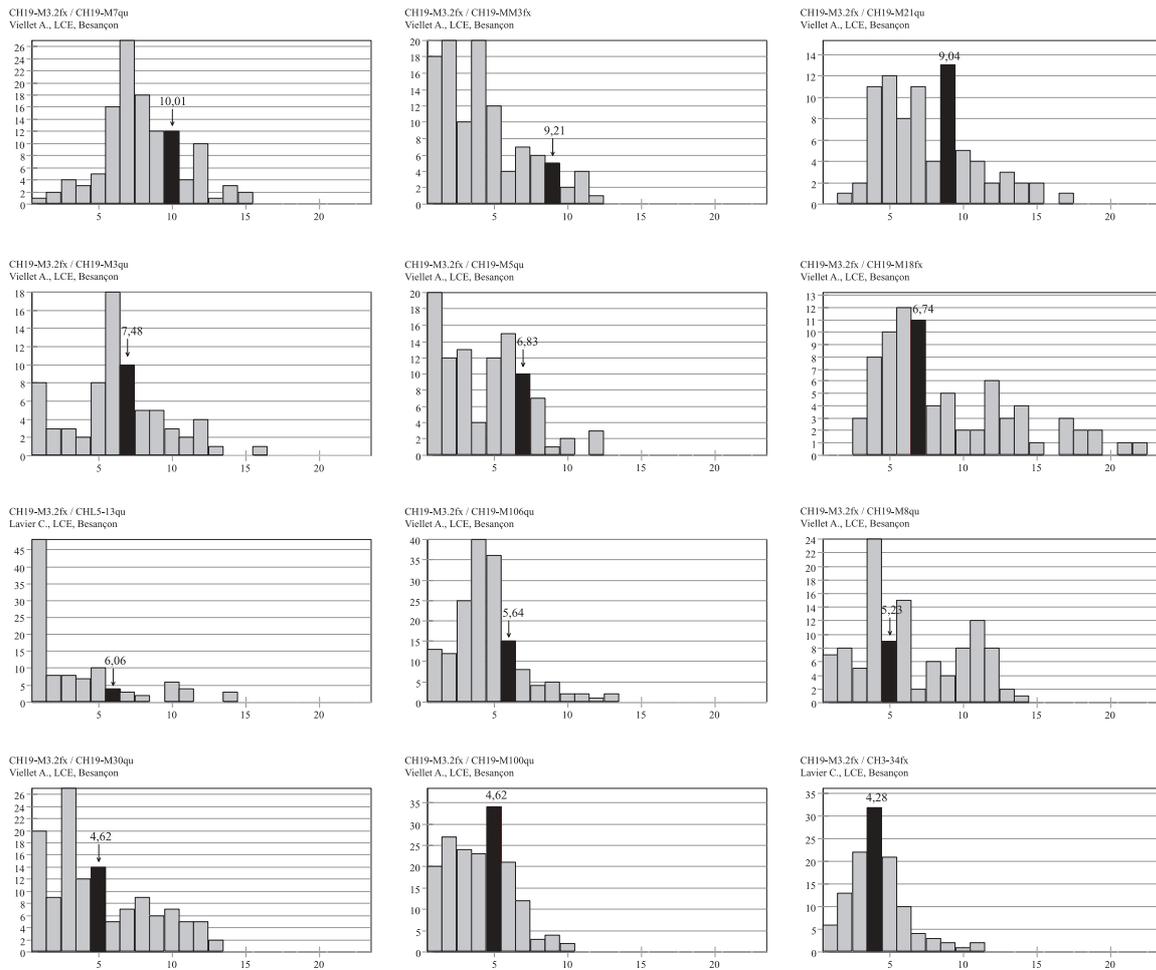




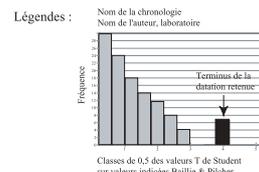
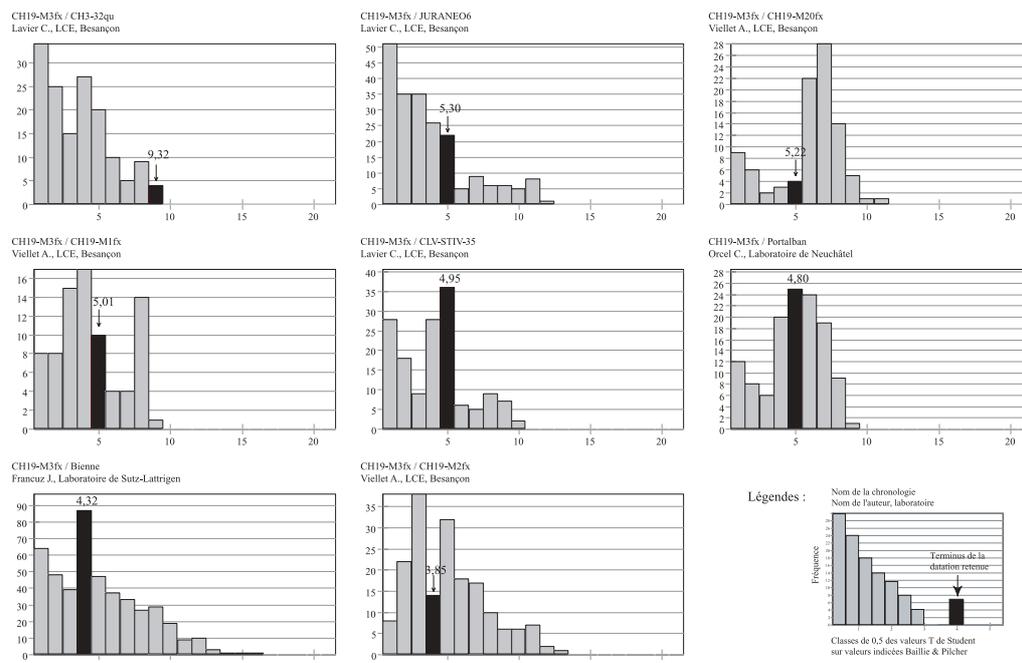
CH19M18fx -3118/-3045 av. J.-C.

Annexes 1. Histogramme des moyennes CH19M18fx



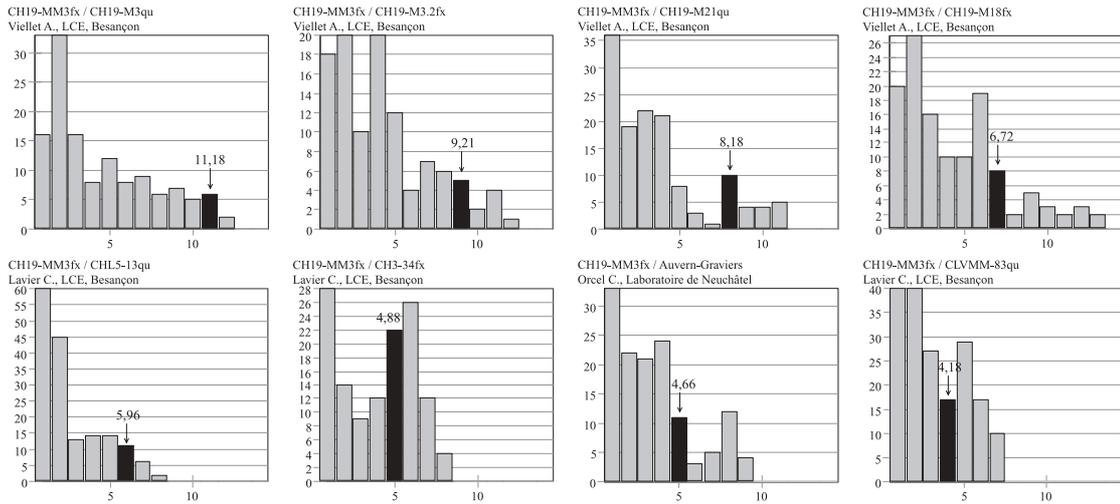


CH19M3.2fx : -3129/-3065 av. J.-C.

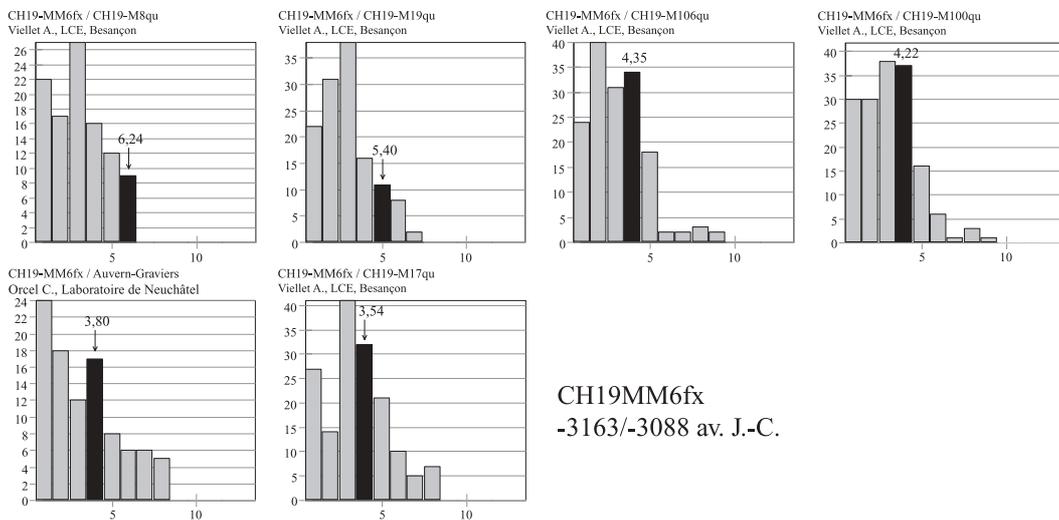


CH19M3fx : -3238/-3069 av. J.-C.

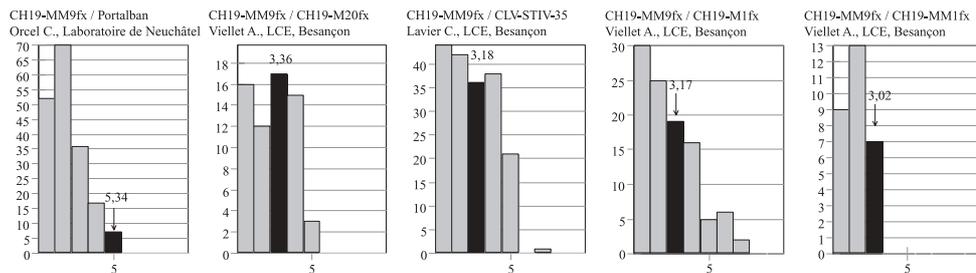
Annexes 1. Histogramme des moyennes CH19M3.2fx et CH19M3fx



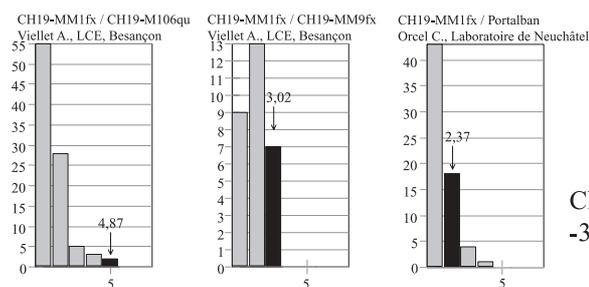
CH19MM3fx -3163/-2979 av. J.-C.



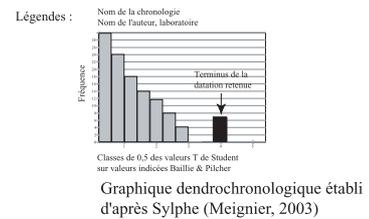
CH19MM6fx  
-3163/-3088 av. J.-C.



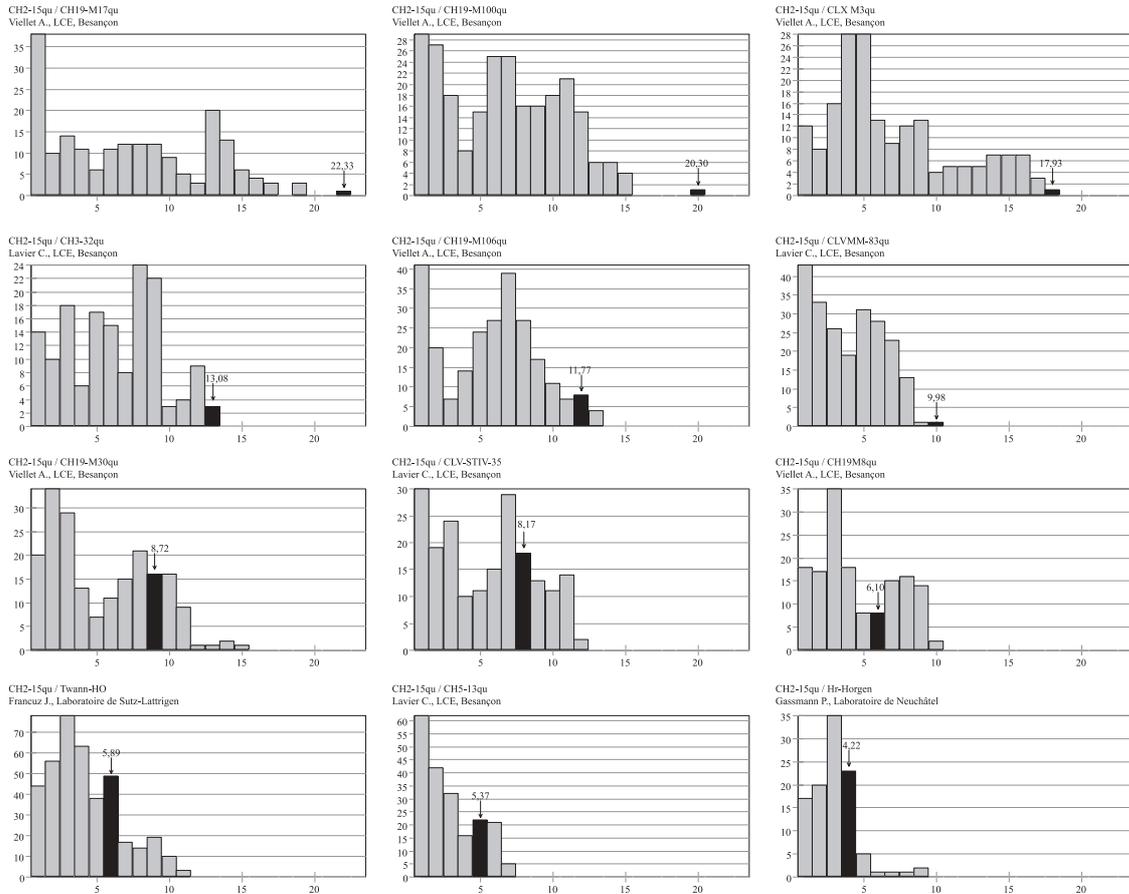
CH19MM9fx -3253/-3182 av. J.-C.



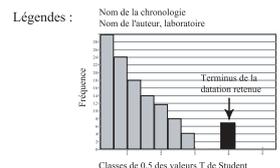
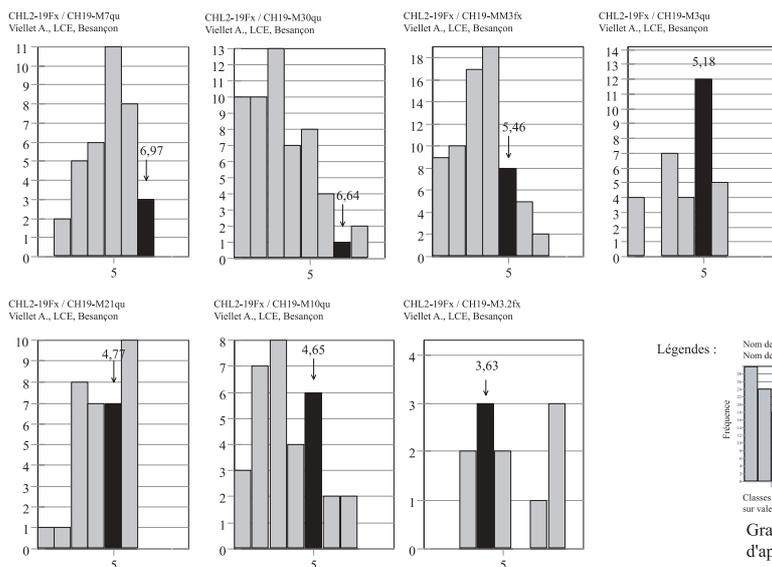
CH19MM1fx  
-3230/-3154 av. J.-C.



Annexes 1. Histogramme des moyennes CH19MM3fx, CH19MM6fx, CH19MM9fx et CH19MM1fx



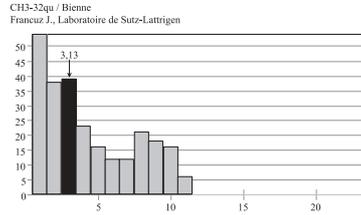
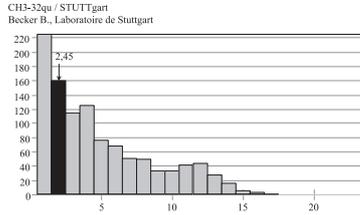
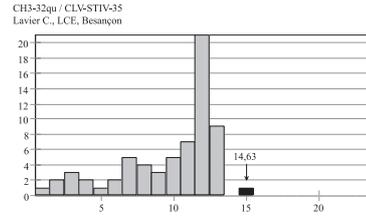
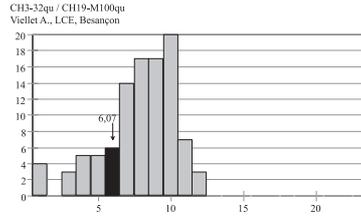
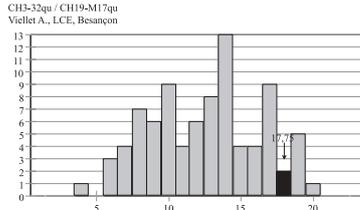
CH2 M15qu 3275/2923 av. J.-C.



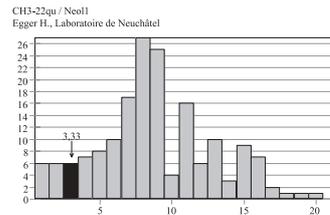
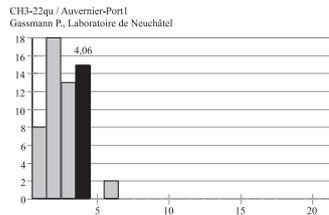
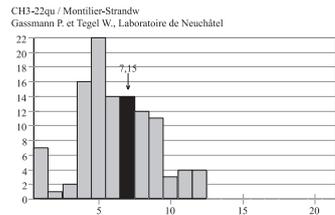
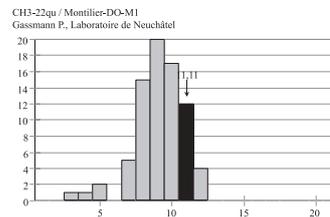
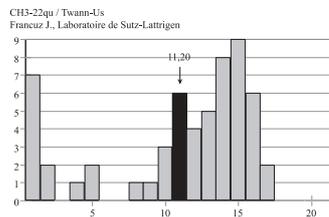
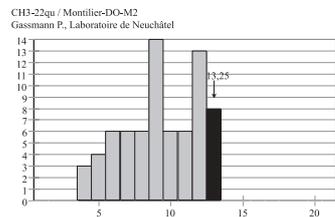
Graphique dendrochronologique établi d'après Sylphe (Meignier, 2003)

CH2 M19fx 3127/3068 av. J.-C.

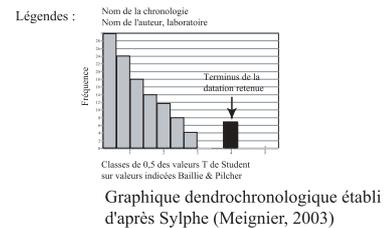
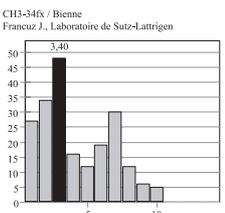
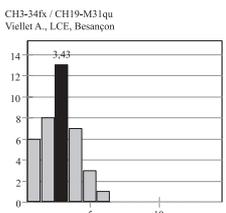
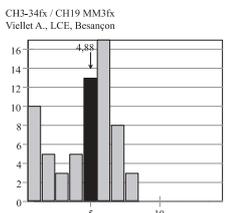
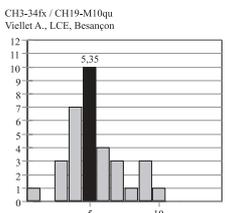
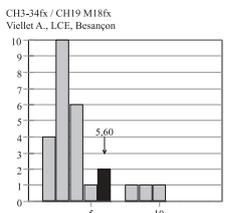
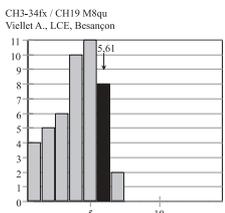
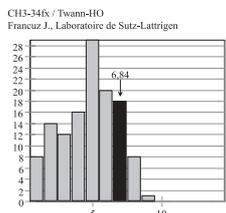
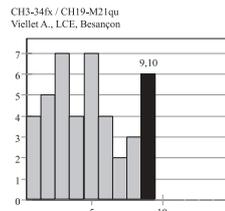
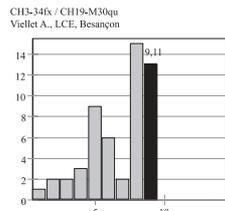
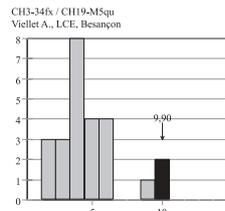
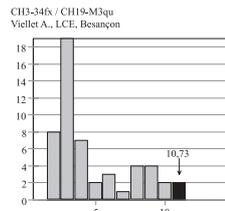
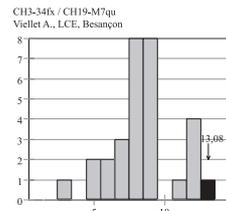
Annexes 1. Histogramme des moyennes CH2 M15qu et CH2 M19fx



CH3 M32qu 3251/2972 av. J.-C.

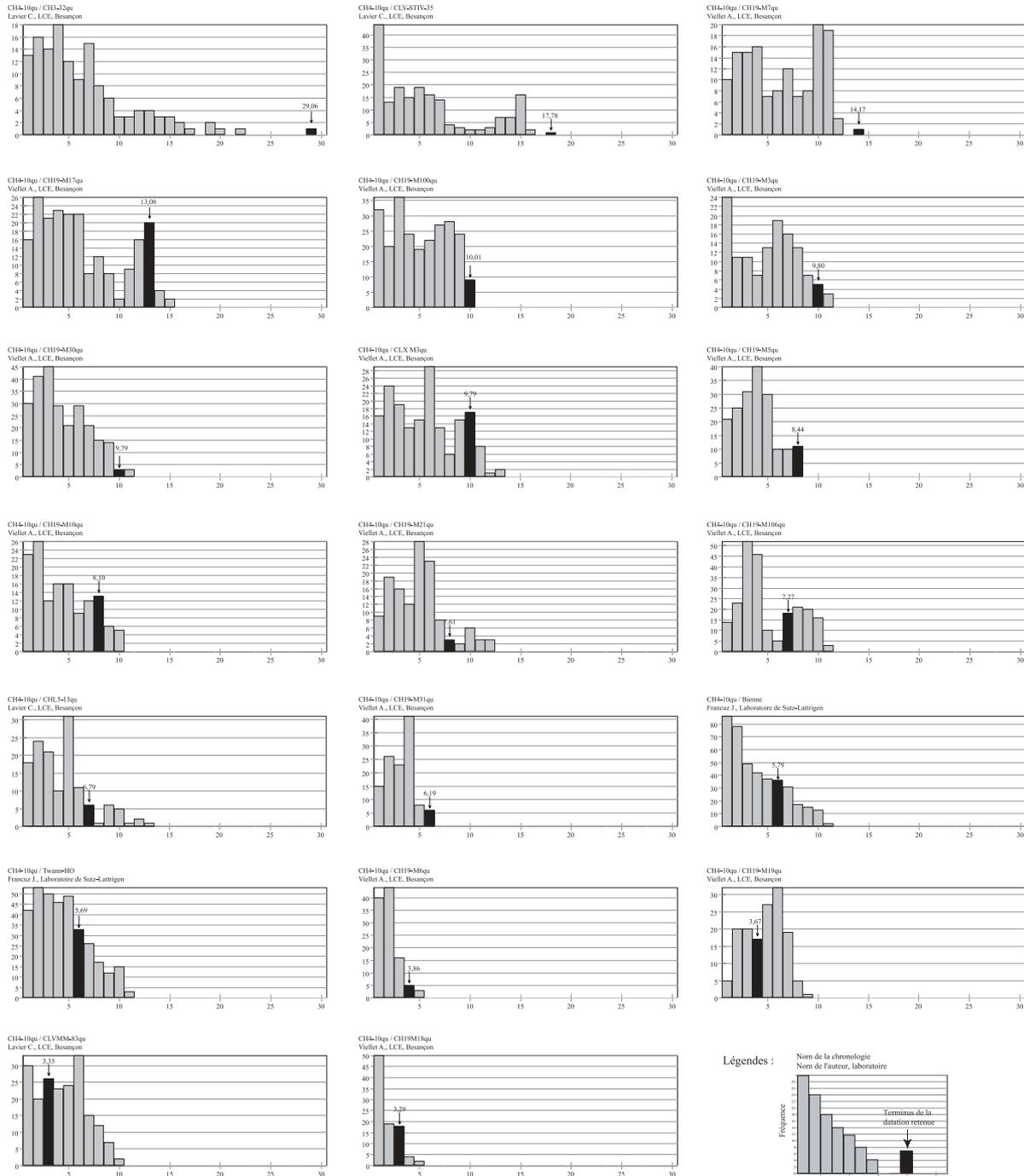


CH3 M22qu 4003/3733 av. J.-C.

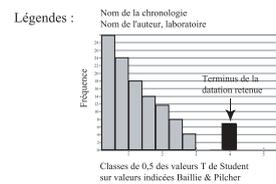


CH3 M34fx 3149/3024 av. J.-C.

Annexes 1. Histogramme des moyennes CH3 M32qu, CH3 M22qu et CH3 M34fx

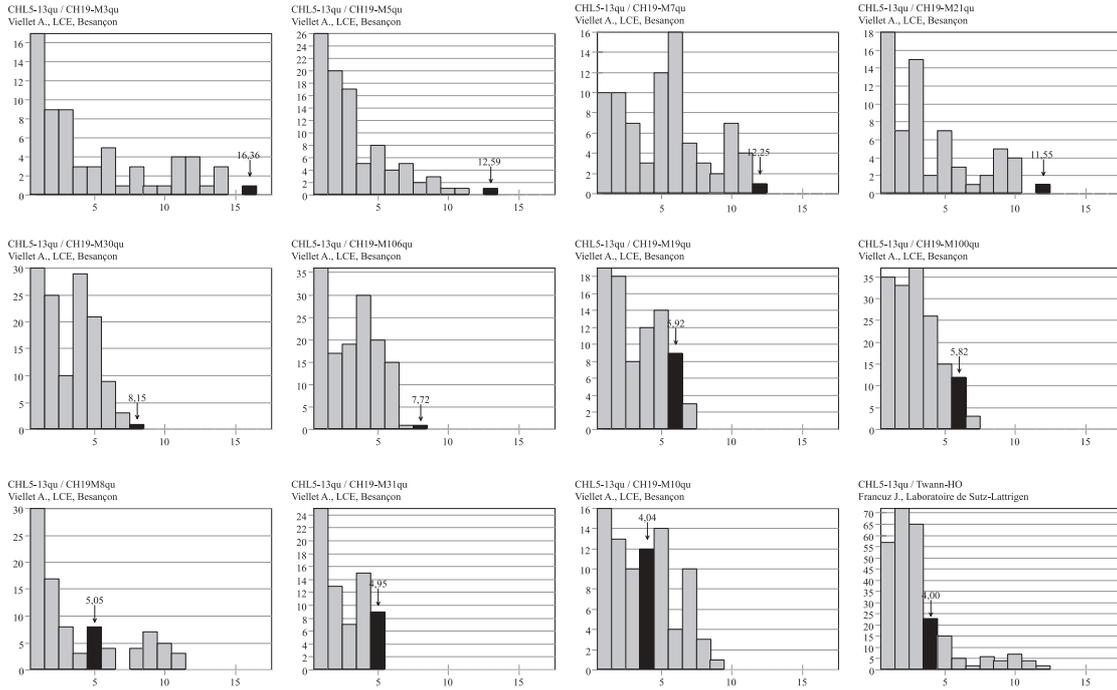


CH4 M10qu 3248/3001 av. J.-C.

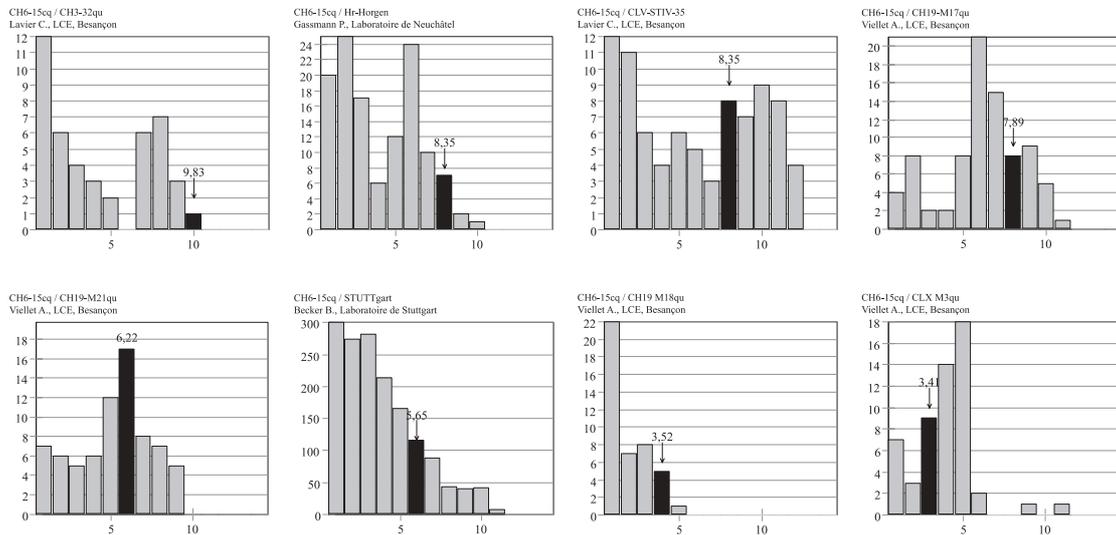


Graphique dendrochronologique établi d'après Sylphe (Meignier, 2003)

Annexes 1. Histogramme de la moyenne CH4 M10qu

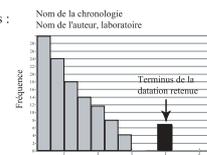


CH5-13qu 3221/2970 av. J.-C.



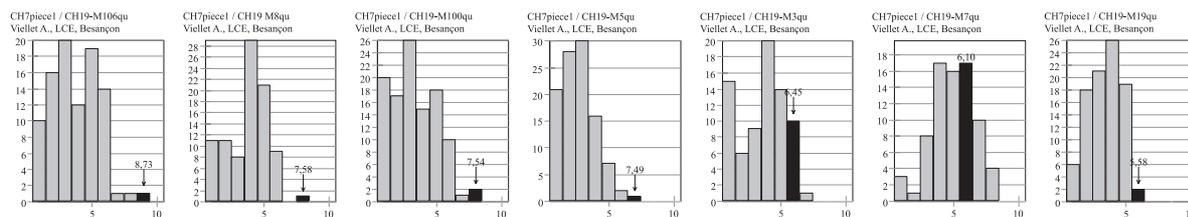
CH6-15qu 3230/2957 av. J.-C.

Légendes :

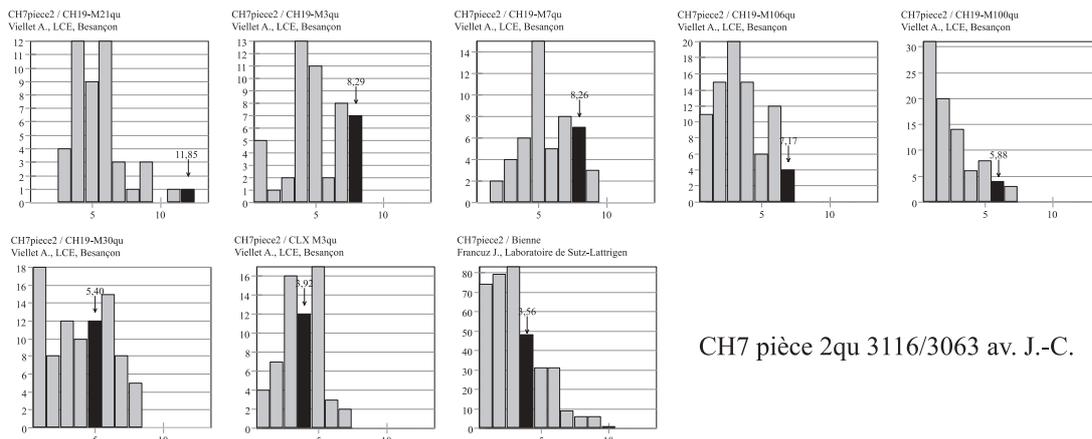


Classes de 0.5 des valeurs T de Student sur valeurs indices Baillie & Pilcher  
Graphique dendrochronologique établi d'après Sylphe (Meignier, 2003)

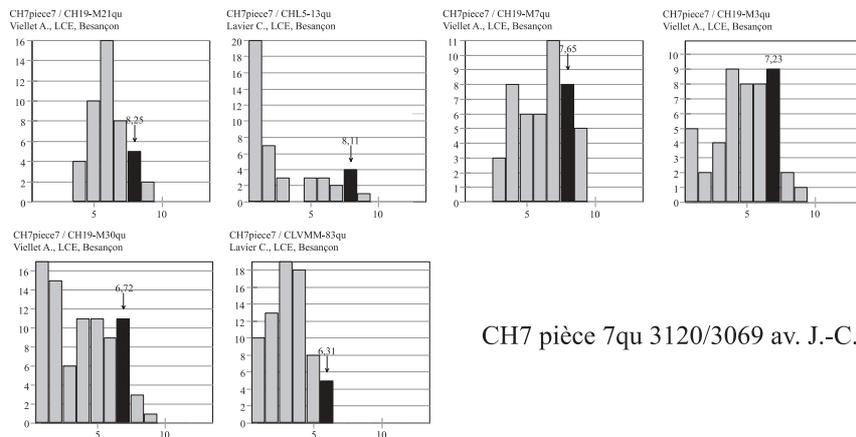
*Annexes 1. Histogramme des moyennes CH5-13qu et CH6-15qu*



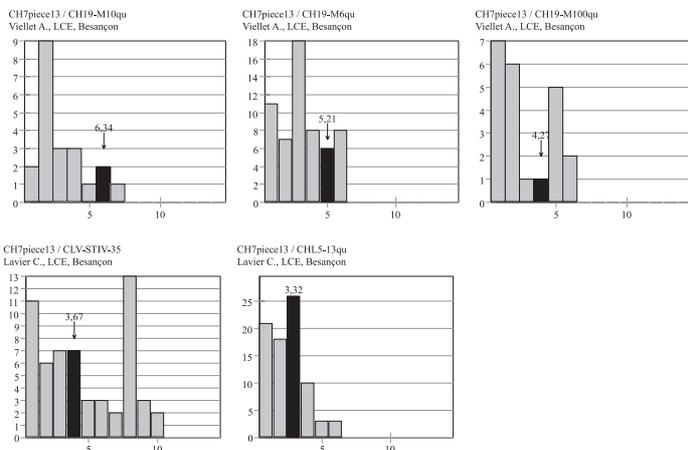
CH7 pièce 1qu 3154/3078 av. J.-C.



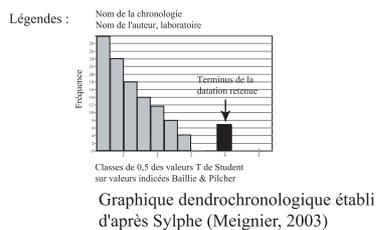
CH7 pièce 2qu 3116/3063 av. J.-C.

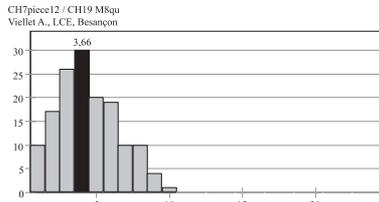
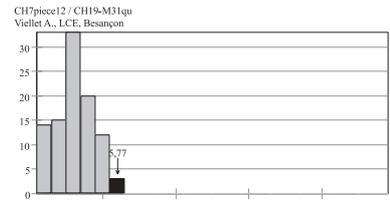
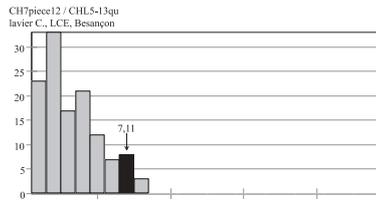
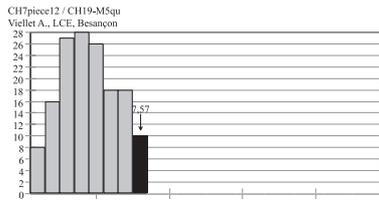
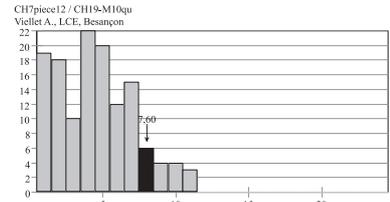
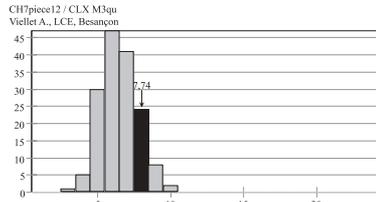
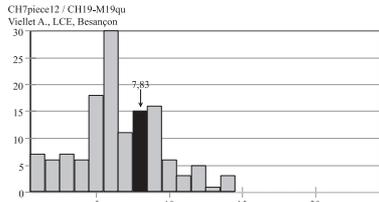
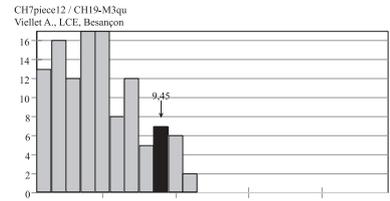
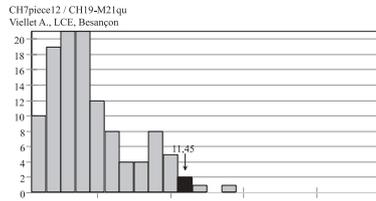
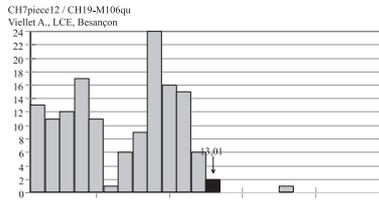
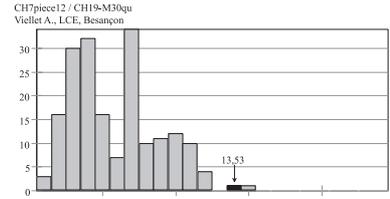
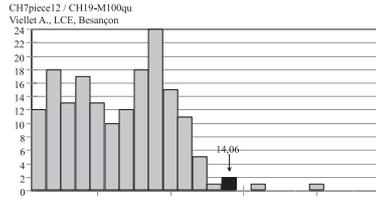
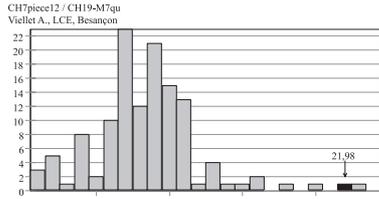


CH7 pièce 7qu 3120/3069 av. J.-C.

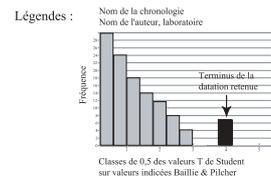
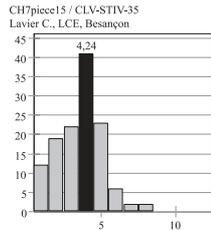
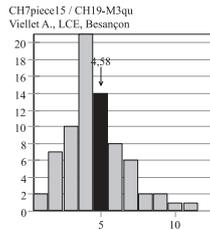
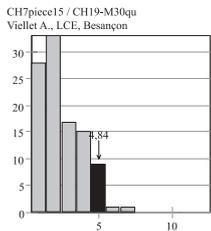
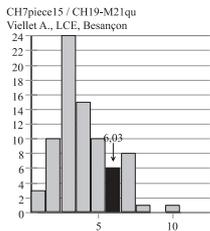
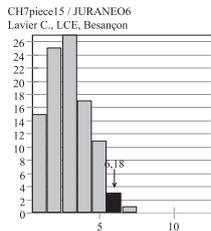
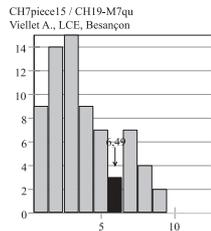
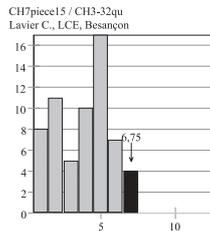


CH7 pièce 13qu 3052/2974 av. J.-C.





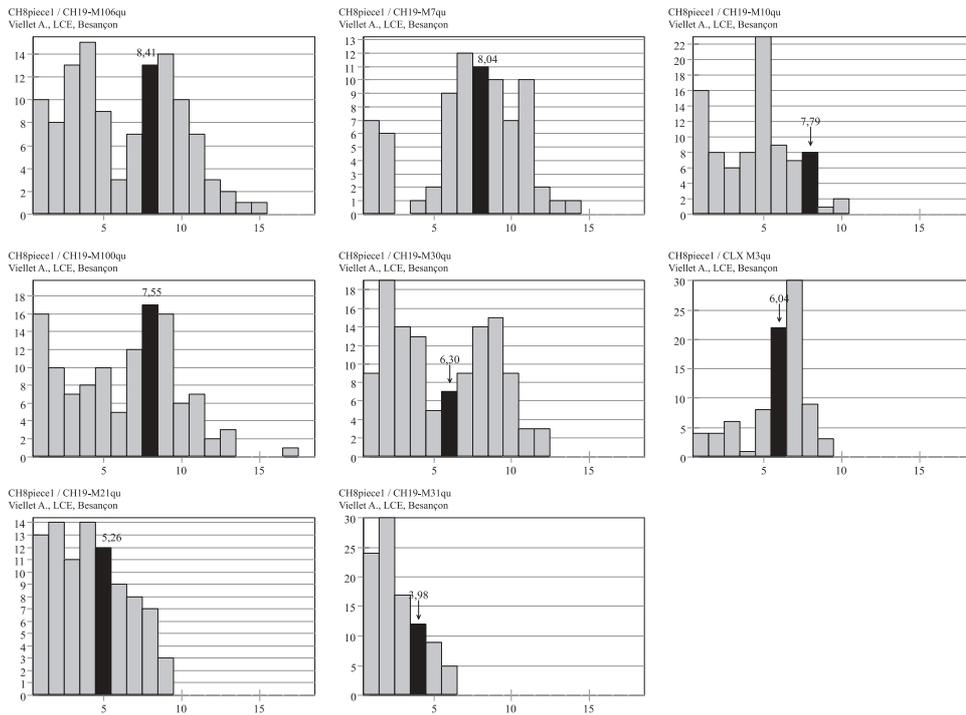
CH7 pièce 12qu 3168/3020 av. J.-C.



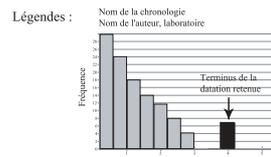
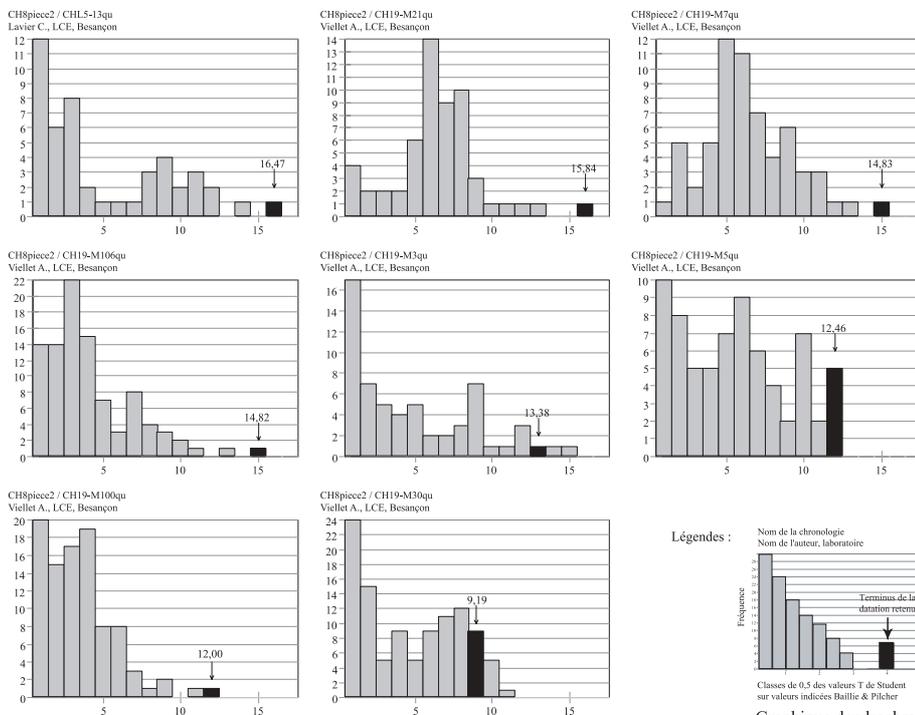
Graphique dendrochronologique établi d'après Sylphe (Meignier, 2003)

CH7 pièce 15qu 3237/3057 av. J.-C.

Annexes 1. Histogramme des chênes 12 et 15 de Chalain 7



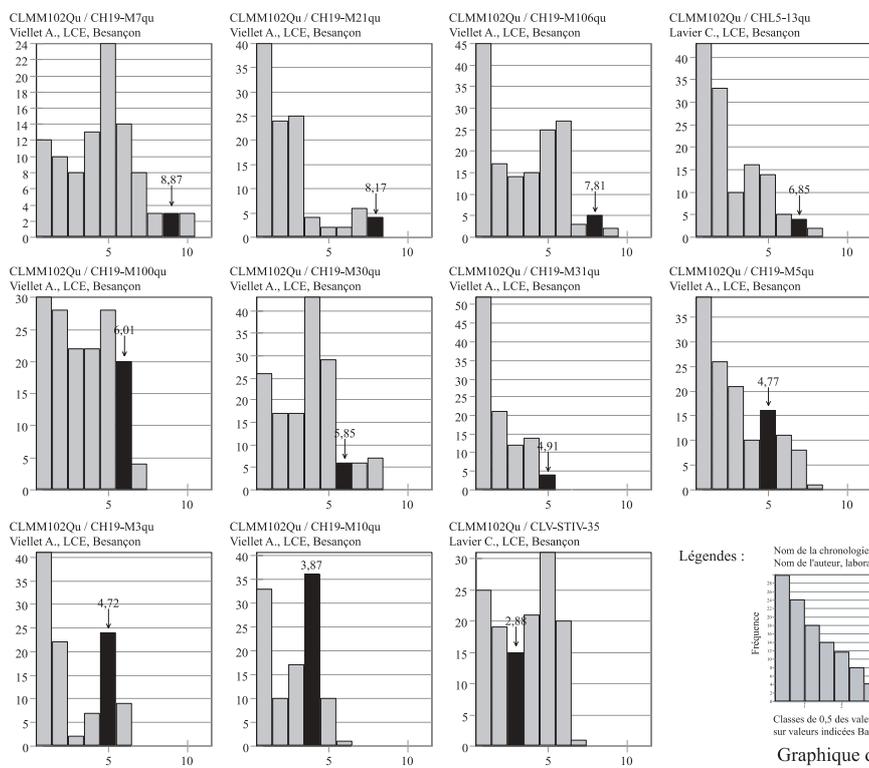
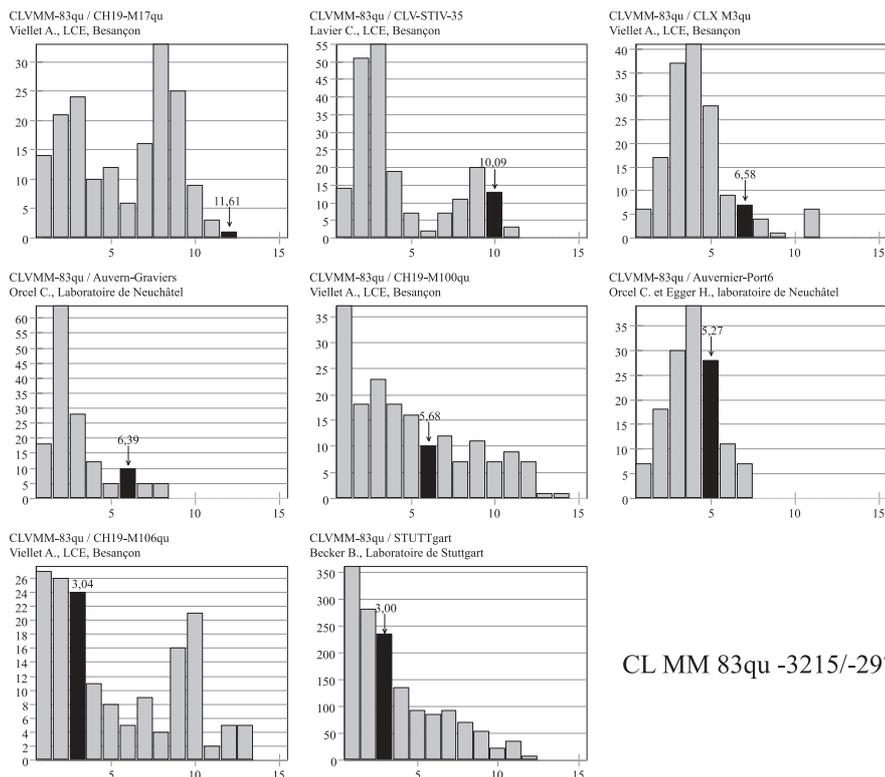
CH8 pièce 1qu 3144/2940 av. J.-C.



Graphique dendrochronologique établi d'après Sylphe (Meignier, 2003)

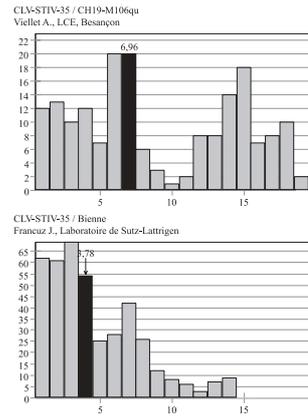
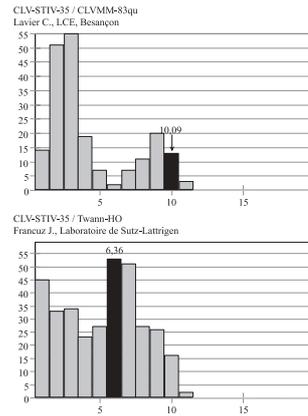
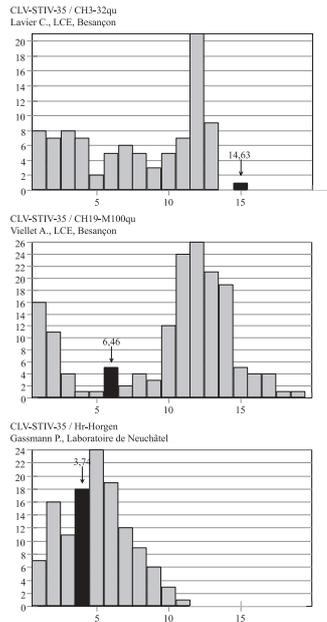
CH8 pièce 2qu 3120/3057 av. J.-C.

Annexes 1. Histogramme des chênes 1 et 2 de Chalain 8

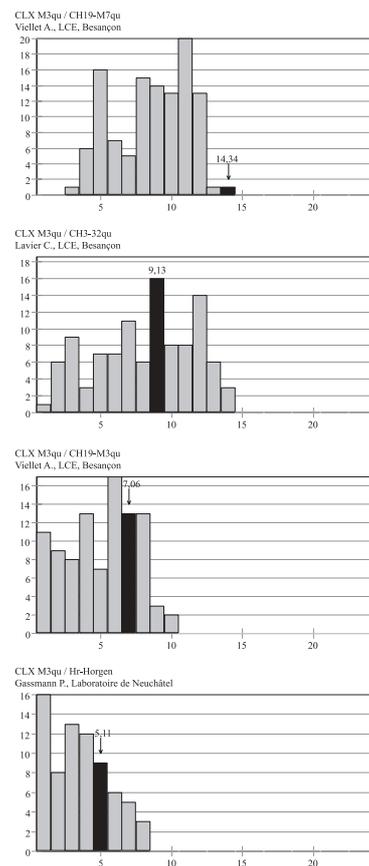
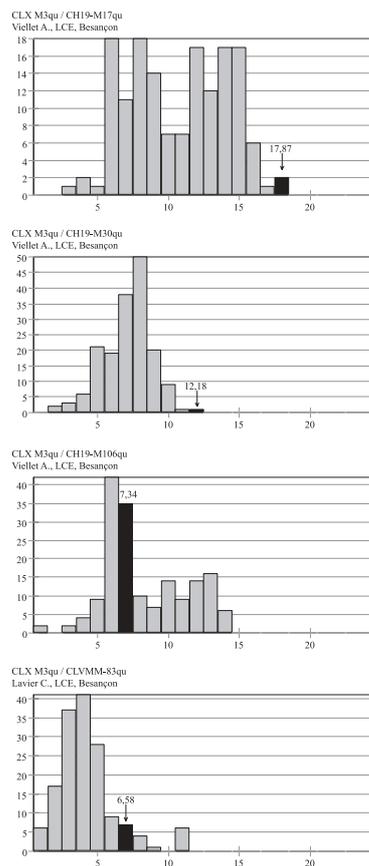
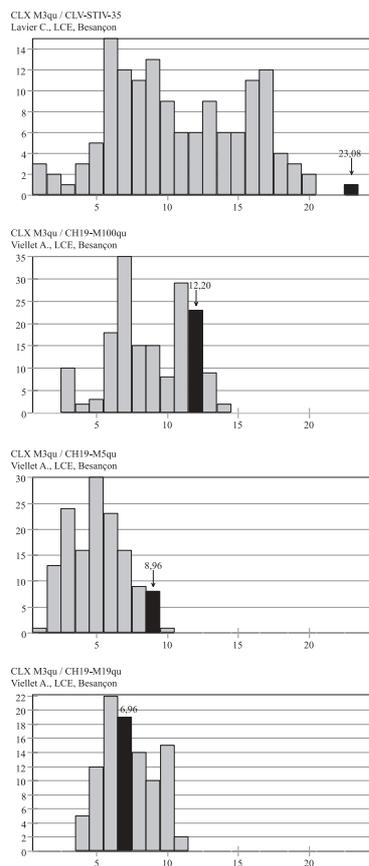


CL MM 102qu -3134/-2916 av. J.-C.

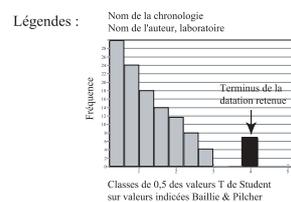
Annexes 1. Histogramme des moyennes CL MM 83qu et CL MM 102qu



CL IV M35qu -3238/-2942 av. J.-C.



CL X M3qu -3217/-2999 av. J.-C.



Annexes I. Histogramme des moyennes  
CL IV M35qu et CL X M3qu

Graphique dendrochronologique établi  
d'après Sylphe (Meignier, 2003)

*Informations sur les chronologies Suisses et Allemandes  
utilisées dans les calculs et la réalisation des histogrammes*

*Néolithique final :*

Twann-HO : 3451/2976 Francuz J. Suisse  
Bienne : 3488/2626 Francuz J. Suisse  
Auvernier-Port 6 : 3065/2979 Orcel C. et Egger H. 1985 Suisse  
HR-Horgen : 3289/3161 Gassmann P. 2001 (rapport interne) Suisse  
9100TT : 3304/2962 Orcel C. et Egger H. 1985 Suisse  
NEOL-2 : 3451/2434 Egger H. 1985 Suisse  
Auvern-Graviers : 3202/2985 Orcel C. 1985 Suisse  
Portalban : 3383/3177 Orcel C. 1985 Suisse  
SN-Lüscherz : 3016/2711 Orcel C. Egger H. et Siebenlist V. 1985 Suisse et Allemagne  
SN-Lusch2 : 3016/2711 Orcel C. Egger H. et Siebenlist V. 1985 Suisse et Allemagne  
SAUN-Perret-1 : 3053/2700 Gassmann P. 1997 (rapport interne) Suisse  
Auvernier-Port 5 : 3388/3239 Orcel C. et Egger H. 1985 Suisse  
Glettrens : 3423/3288 Gassmann P. et Egger H. 2001 Suisse  
Montilier-Platzbüden : 3376/3173 Francuz J. 1985 Suisse  
Rouges-Terres 1 : 3409/3238 Gassmann P. 2000 Suisse  
Rouges-Terres 2 : 3435/3235 Gassmann P. 2000 Suisse  
Rouges-Terres 3 : 3286/3237 Gassmann P. 2000 Suisse

*Néolithique moyen :*

Montilier-DO-M1 : 3982/3843 Orcel C. 1985, puis Gassmann P. 1995 Suisse  
Montilier-DO-M2 : 4027/3846 Orcel C. 1985, puis Gassmann P. 1995 Suisse  
Burgäschi : 3976/3748 Siebenlist V. (Huber B.) 1957 Suisse  
Hauterive-Cort-1 : 4086/3803 Egger H., Burri N. et Gassmann P. 1985 Suisse  
Montilier-Strandweg : 4070/3840 Gassmann P. et Tegel W. 1997 Suisse  
St-Aubin-Tivoli : 4023/3829 Gassmann P. 2001 (rapport interne) Suisse  
Twann-US : 4011/3770 Francuz J. 1985 Suisse

Régérentiel Stuttgart A-200 : Becker B., Allemagne



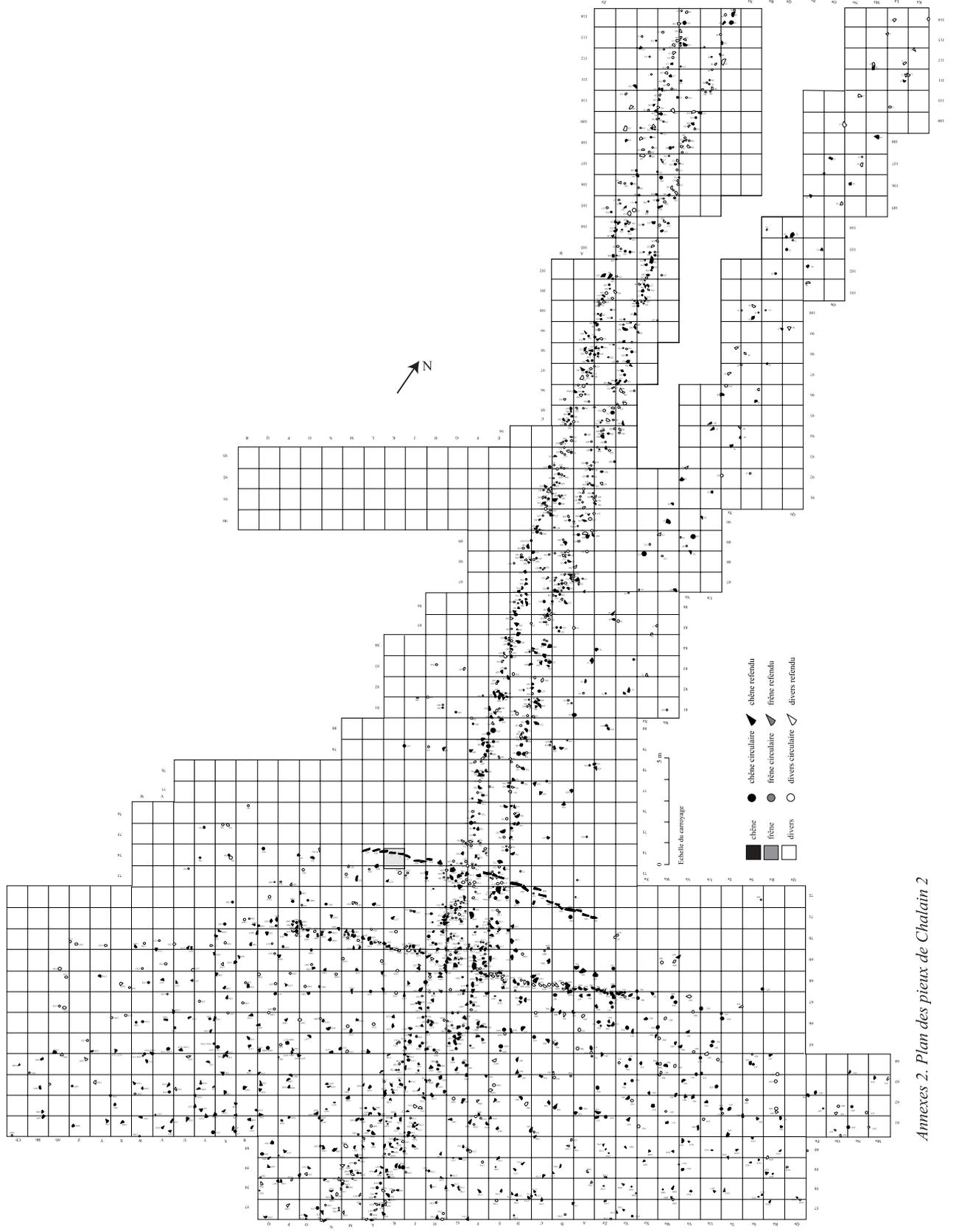


**Annexes 2**  
**Plans complémentaires**





Annexes 2. Plan des pieux de Chatain 19



Annexes 2. Plan des pieux de Chalain 2





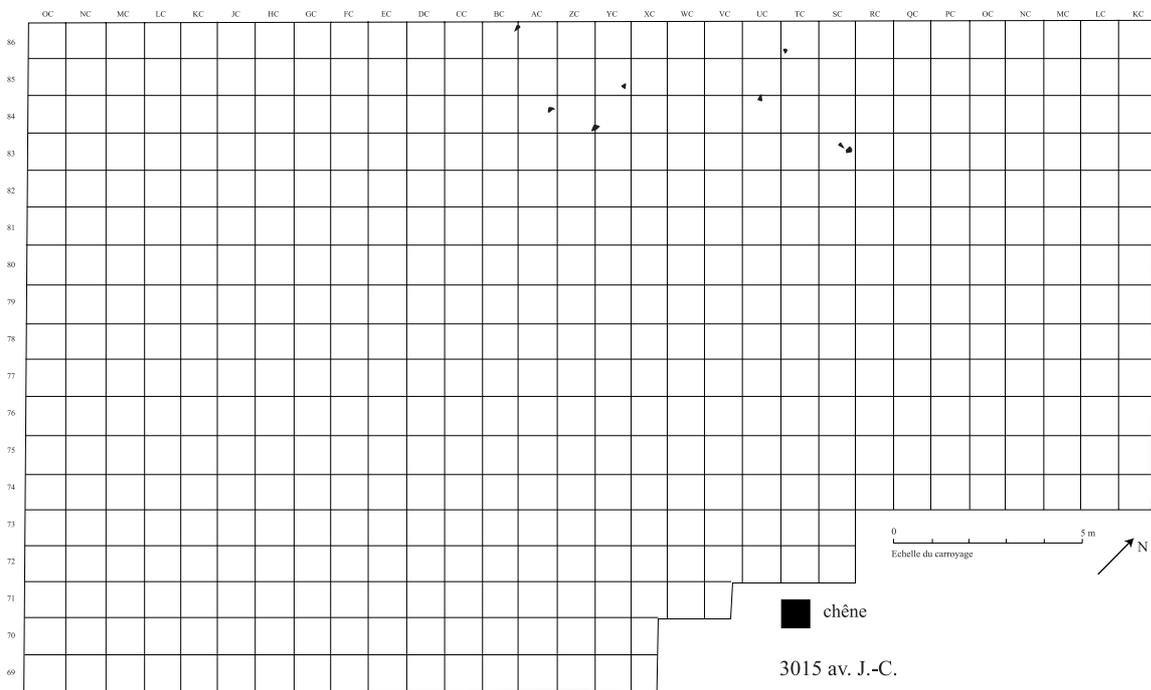
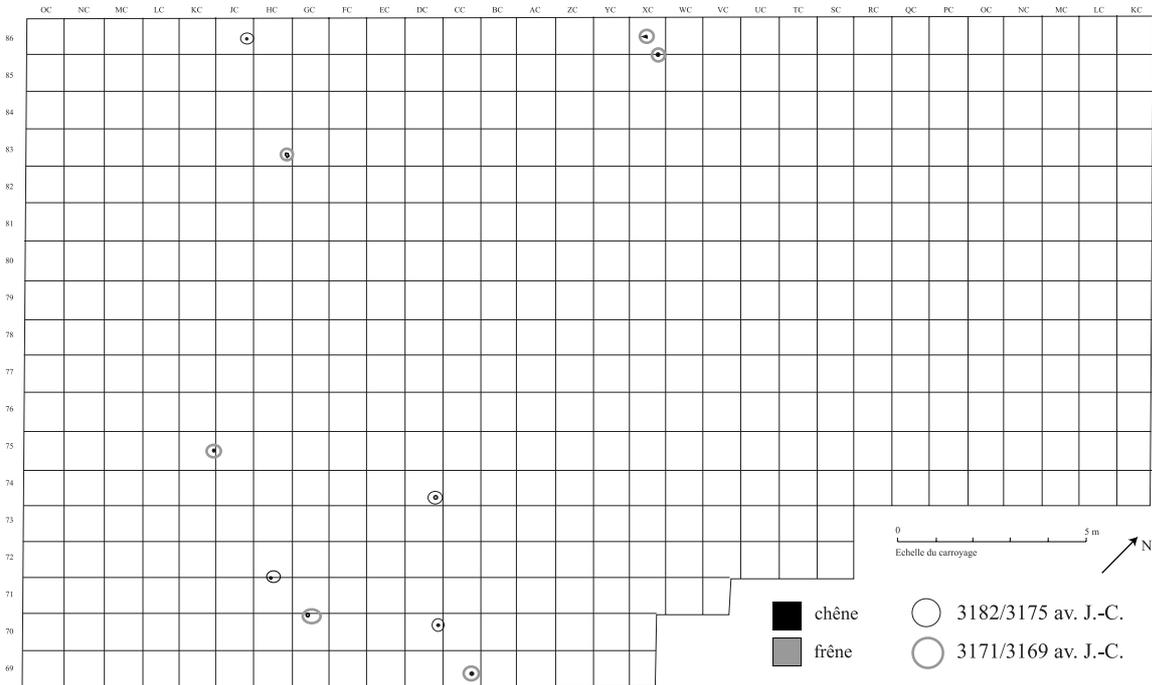
*Annexes 2. Chalain 2, phase d'abattage vers 3000 av. J.-C.*



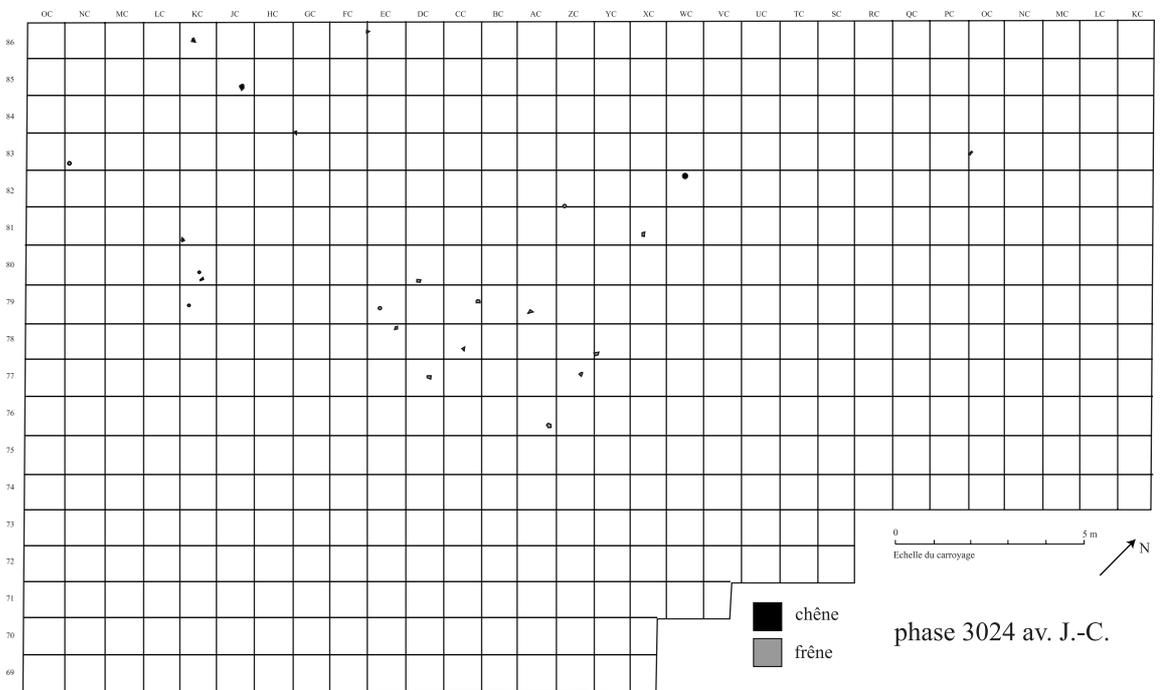
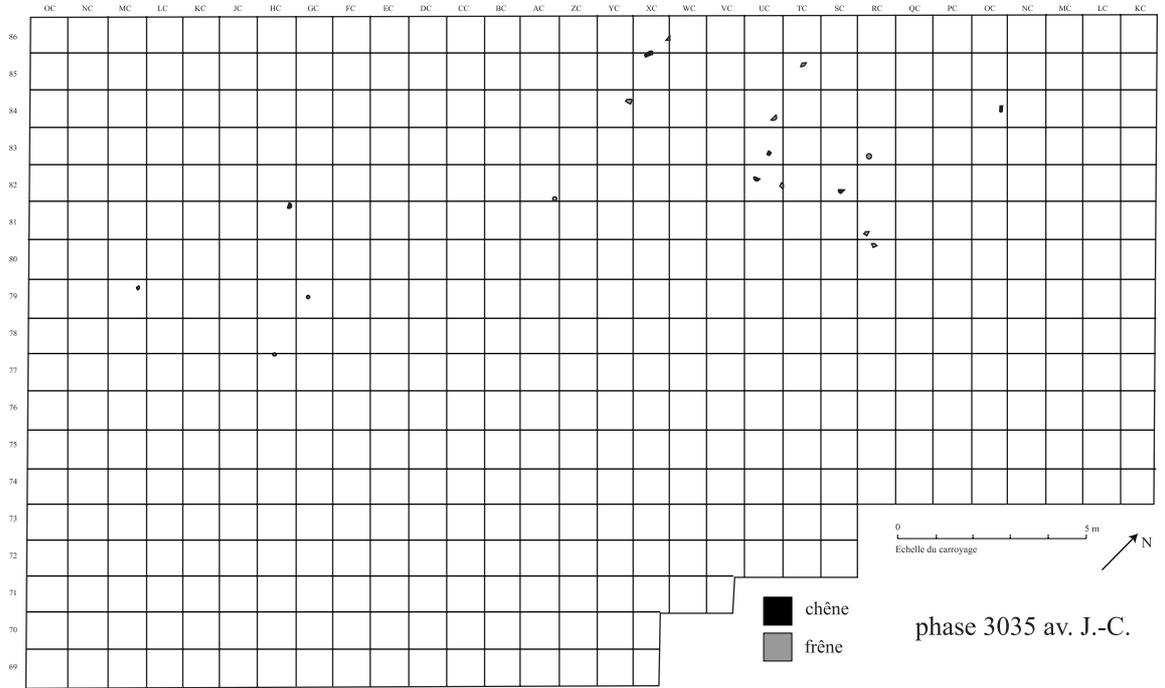
Annexes 2. Chalain 2, phase d'abattage vers 2979/2978 av. J.-C.



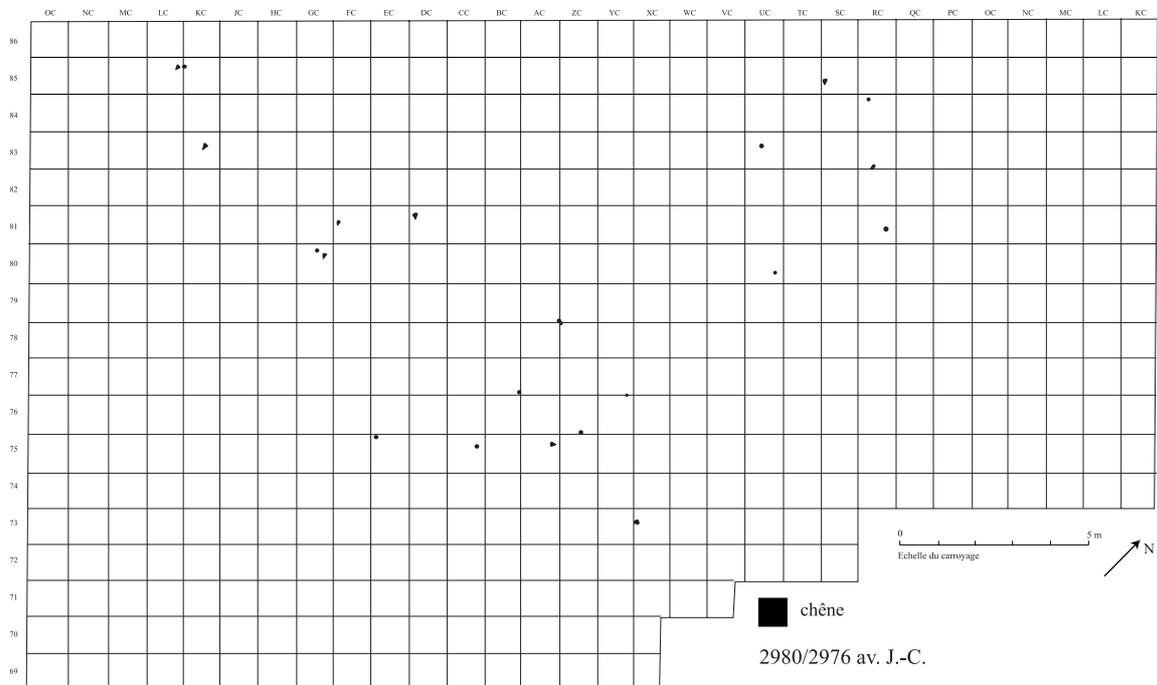
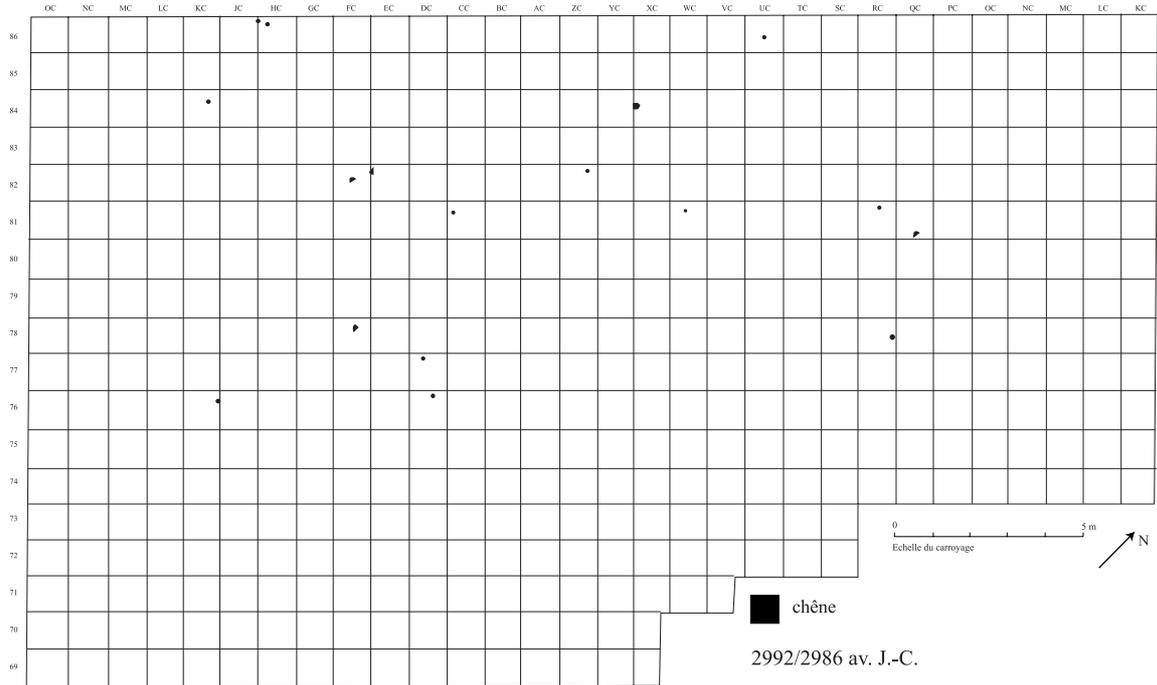
Annexes 2. Chalain 2, phase d'abattage vers 2974 av. J.-C.



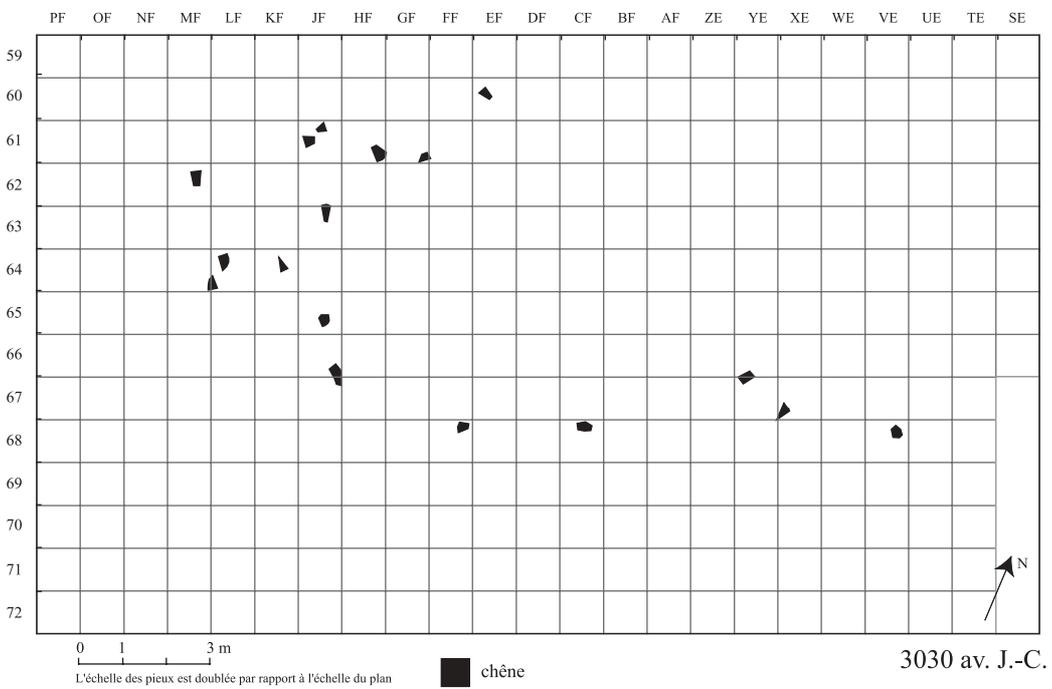
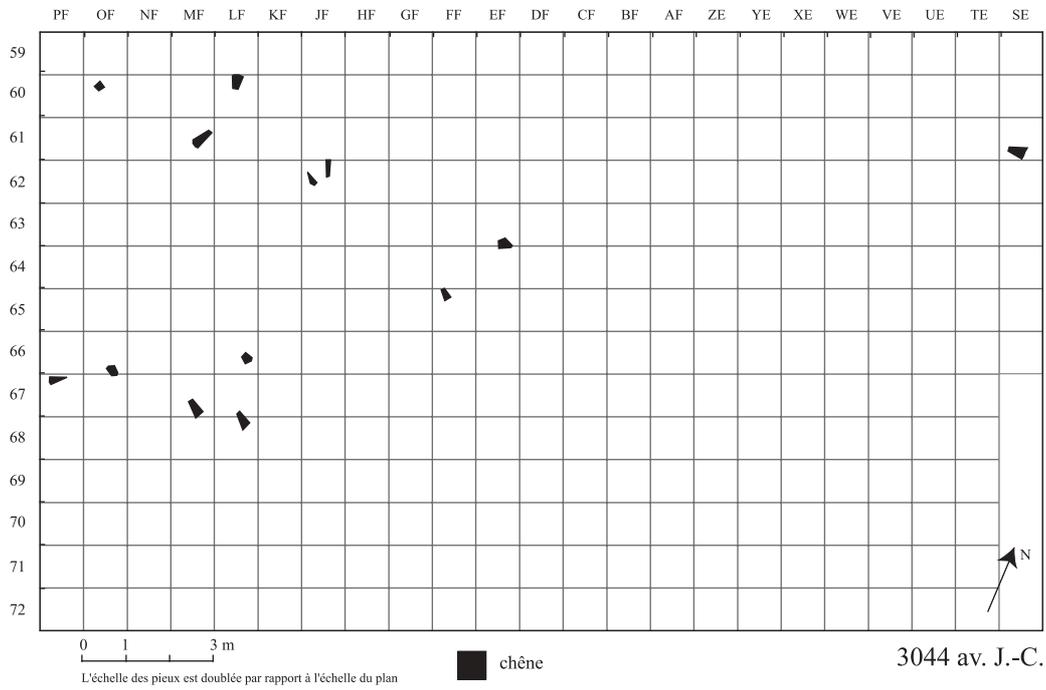
Annexes 2. Chalain 3, phases/coupes 3182/3175 av. J.-C., 3171/3169 av. J.-C. et 3015 av. J.-C.



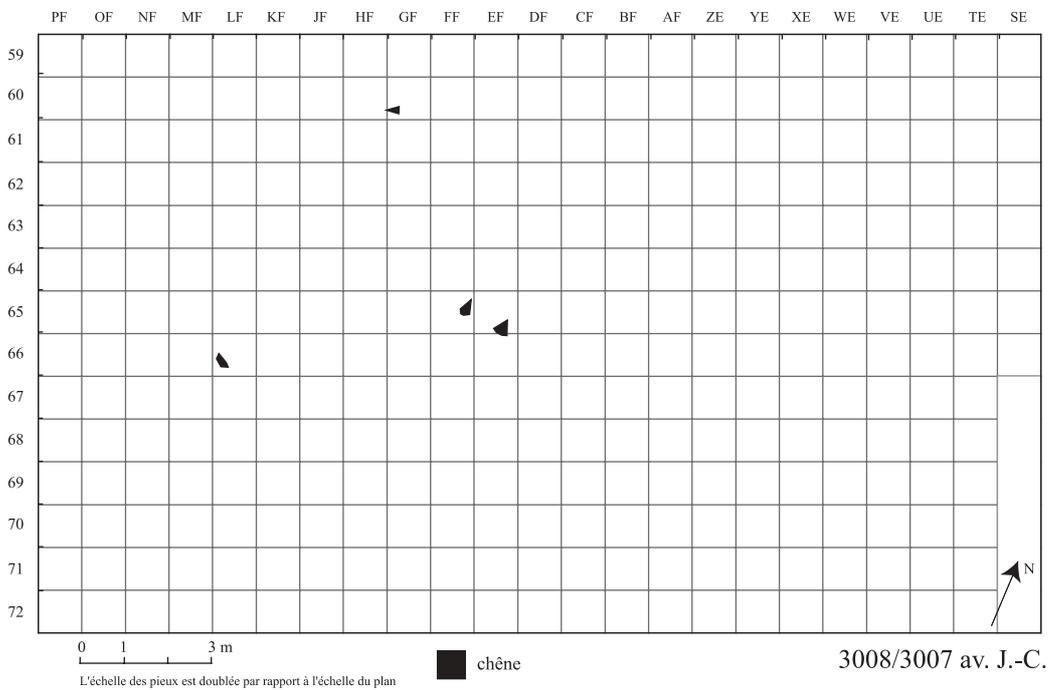
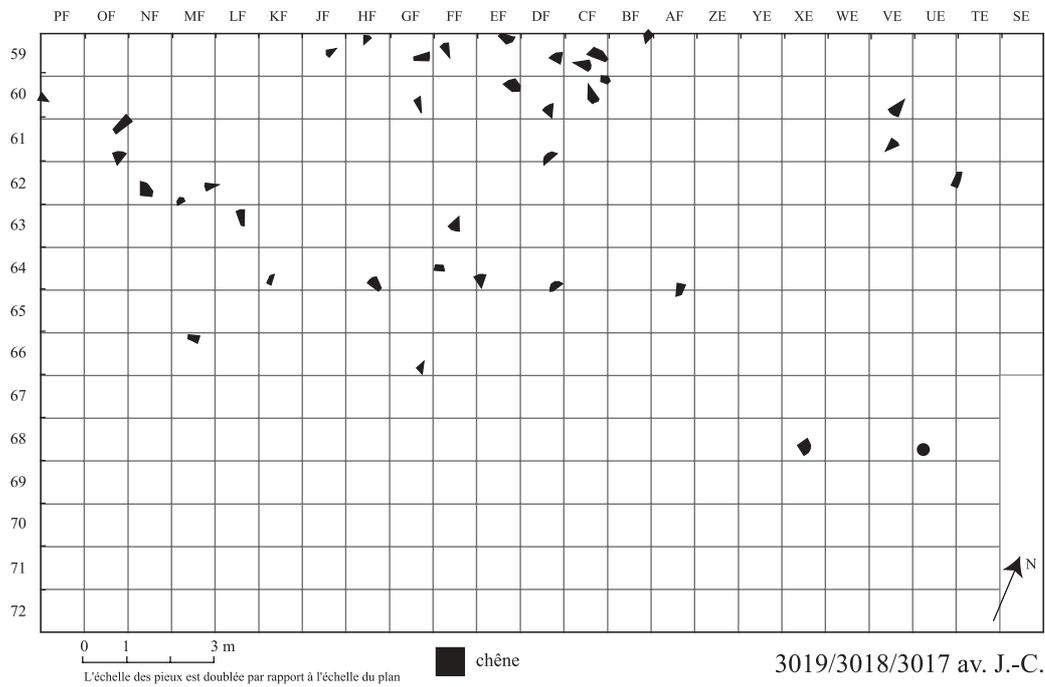
*Annexes 2. Chalain 3, phases d'abattage 3035 av. J.-C. et 3024 av. J.-C.*



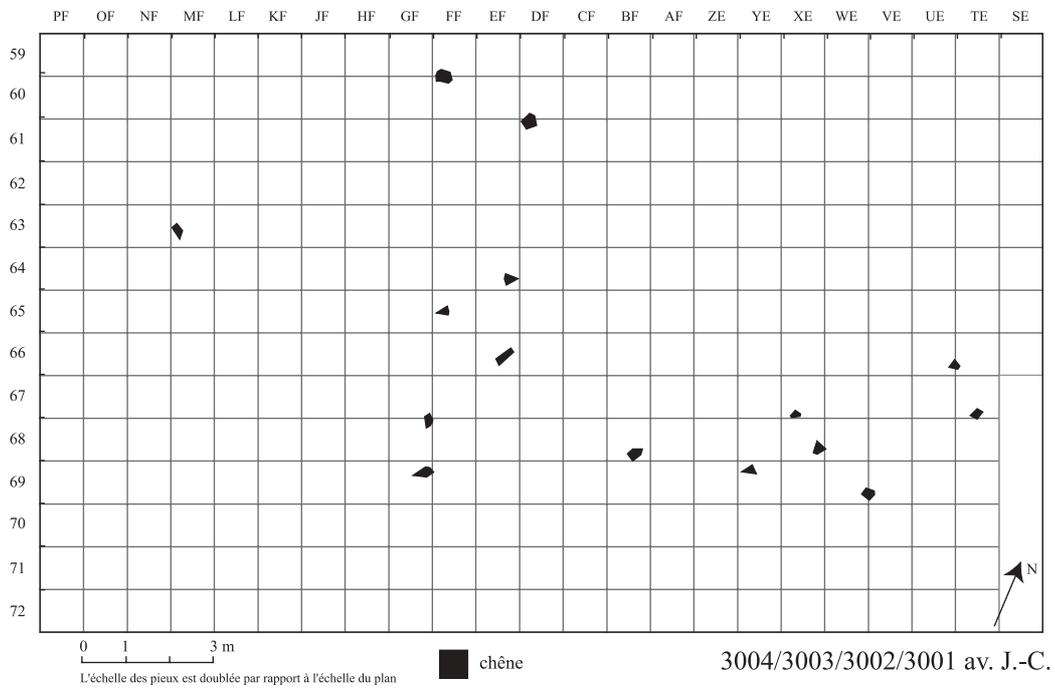
Annexes 2. Chalain 3, phases d'abattage 2992/2986 av. J.-C. et 2980/2976 av. J.-C.



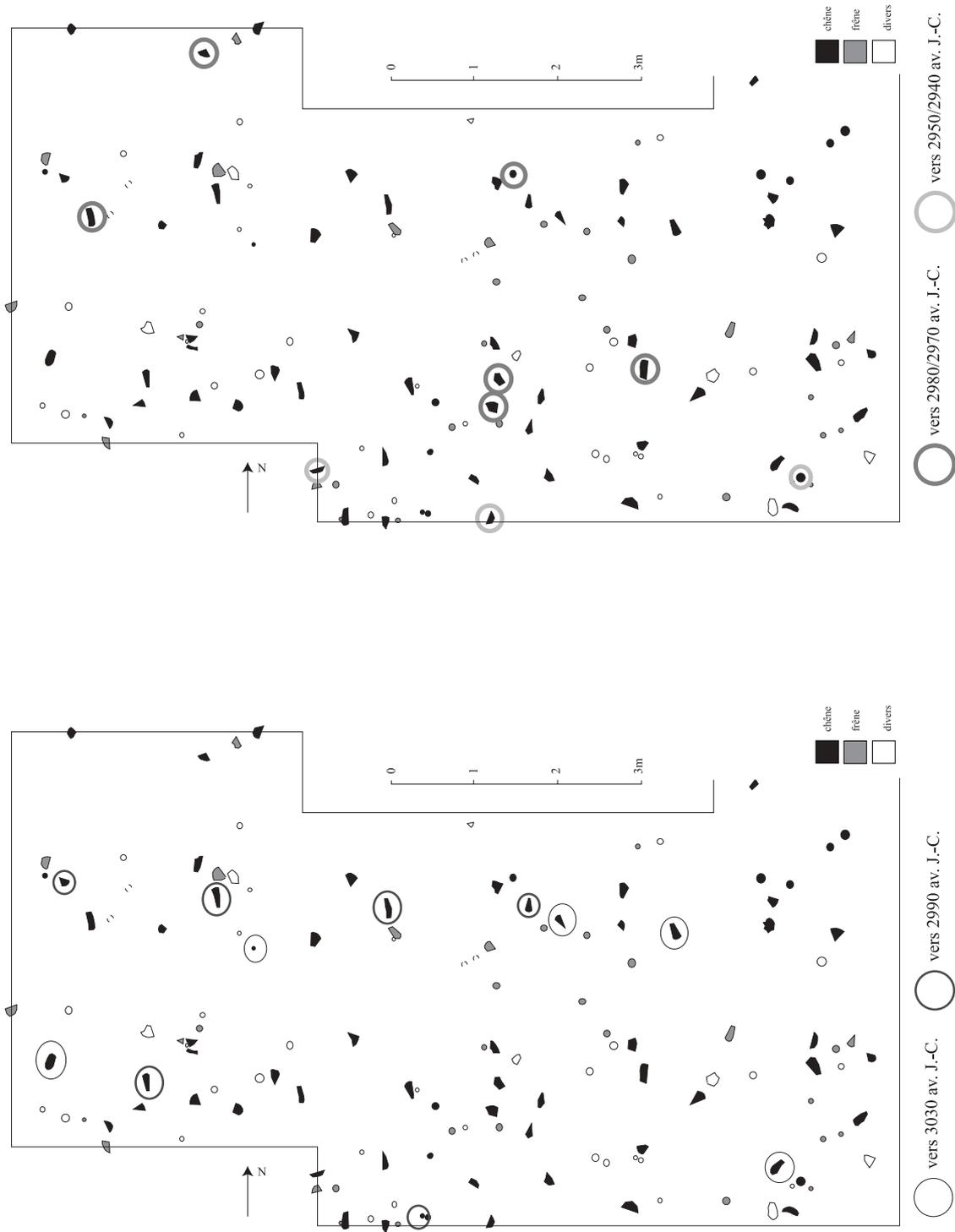
*Annexes 2. Chalain 4, phases d'abattage 3044 et 3030 av. J.-C.*



Annexes 2. Chalain 4, phases d'abattage 3019/3018/3017 av. J.-C.  
et 3008/3007 av. J.-C.



*Annexes 2. Chalain 4, phase d'abattage 3004/3003/3002/3001 av. J.-C.*



Annexes 2. CL IV, phases d'abattage/coupes des chênes entre 3030 et 2940 av. J.-C.



**Annexes 3**  
**Listings des bois datés**



libellé	espèce	origine	terme	âge	aubier	position de l'aubier	moelle	cambium
CH19 p859	FX	-3093	-2979	115	FAUX	0	FAUX	VRAI
CH19 p704	FX	-3045	-2979	67	VRAI	66	FAUX	VRAI
CH19 p703	FX	-3052	-2979	74	VRAI	73	FAUX	VRAI
CH19 p702	FX	-3047	-2983	65	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p707	FX	-3048	-2980	69	FAUX	0	FAUX	VRAI
CH19 p711	FX	-3049	-2979	71	FAUX	0	FAUX	VRAI
CH19 p873	FX	-3045	-2979	67	VRAI	67	FAUX	VRAI
CH19 p781	FX	-3059	-2979	81	VRAI	79	FAUX	VRAI
CH19 p692	FX	-3053	-2979	75	VRAI	75	FAUX	VRAI
CH19 p869	FX	-3041	-2980	62	FAUX	0	FAUX	VRAI
CH19 p745	FX	-3033	-2979	55	VRAI	53	FAUX	VRAI
CH19 p741	FX	-3043	-2979	65	FAUX	0	FAUX	VRAI
CH19 p761	FX	-3060	-2983	78	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p752	FX	-3059	-2987	73	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p764	FX	-3059	-2978	82	VRAI	76	FAUX	VRAI
CH19 p765	FX	-3047	-2978	70	VRAI	67	FAUX	VRAI
CH19 p757	FX	-3023	-2979	45	VRAI	43	FAUX	VRAI
CH19 p837	FX	-3035	-2978	58	FAUX	0	VRAI	VRAI
CH19 p771	FX	-3032	-2980	53	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p742	FX	-3025	-2979	47	VRAI	45	FAUX	FAUX
CH19 BH1	FX	-3018	-2982	37	FAUX	0	VRAI	FAUX
CH19 p914	FX	-3018	-2979	40	VRAI	38	FAUX	VRAI
CH19 p901	FX	-3023	-2979	45	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p875	FX	-3020	-2979	42	VRAI	41	FAUX	VRAI
CH19 p759	FX	-3045	-2978	68	VRAI	68	FAUX	VRAI
CH19 p872	FX	-3057	-2980	78	FAUX	0	FAUX	VRAI
CH19 p883	FX	-3021	-2979	43	VRAI	41	FAUX	VRAI
CH19 BH2	FX	-3028	-2983	46	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p739	FX	-3041	-2980	62	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p733	FX	-3043	-2979	65	VRAI	60	FAUX	FAUX
CH19 p715	FX	-3057	-2979	79	VRAI	73	FAUX	FAUX
CH19 p876	FX	-3014	-2979	36	FAUX	0	FAUX	VRAI
CH19 p709	FX	-3018	-2979	40	FAUX	0	FAUX	VRAI
CH19 p890	FX	-3001	-2979	23	VRAI	21	FAUX	VRAI
CH19 p858	FX	-3037	-2979	59	FAUX	0	FAUX	VRAI
CH19 p796	FX	-3043	-2979	65	VRAI	63	FAUX	FAUX
CH19 p153	FX	-3047	-2996	52	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p134	FX	-3118	-3067	52	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p1268	FX	-3106	-3045	62	FAUX	0	VRAI	VRAI
CH19 p1290	FX	-3113	-3046	68	FAUX	0	VRAI	VRAI
CH19 p1294	FX	-3108	-3045	64	VRAI	60	VRAI	VRAI
CH19 p1325	FX	-3106	-3066	41	VRAI	38	VRAI	VRAI
CH19 p1756	FX	-3233	-3135	99	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p1815	FX	-3225	-3075	151	VRAI	150	FAUX	VRAI
CH19 p1763	FX	-3225	-3077	149	FAUX	0	FAUX	VRAI
CH19 p1807	FX	-3199	-3085	115	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p1740	FX	-3181	-3075	107	VRAI	103	FAUX	VRAI
CH19 p1744	FX	-3220	-3108	113	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p1087	FX	-3181	-3100	82	FAUX	0	FAUX	VRAI
CH19 p1385	FX	-3210	-3159	52	FAUX	45	VRAI	FAUX

Annexes 3. Chalain 19, listing des frênes datés (1)

libellé	espèce	origine	terme	âge	aubier	position de l'aubier	moelle	cambium
CH19 p1447	FX	-3200	-3172	29	FAUX	0	VRAI	FAUX
CH19 p652	FX	-3193	-3129	65	VRAI	60	VRAI	FAUX
CH19 p874	FX	-3239	-3174	66	VRAI	64	VRAI	VRAI
CH19 p1070	FX	-3205	-3173	33	FAUX	0	VRAI	VRAI
CH19 p1069	FX	-3216	-3174	43	FAUX	0	VRAI	VRAI
CH19 p1267	FX	-3230	-3173	58	FAUX	0	VRAI	VRAI
CH19 p1266	FX	-3225	-3173	53	FAUX	0	VRAI	VRAI
CH19 p1275	FX	-3213	-3173	41	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p1300	FX	-3238	-3173	66	FAUX	0	VRAI	VRAI
CH19 p1295	FX	-3232	-3173	60	VRAI	58	VRAI	VRAI
CH19 p1292	FX	-3221	-3173	49	VRAI	47	VRAI	VRAI
CH19 p1298	FX	-3230	-3175	56	FAUX	0	VRAI	VRAI
CH19 p1299	FX	-3218	-3173	46	VRAI	44	FAUX	VRAI
CH19 p831	FX	-3223	-3172	52	FAUX	0	FAUX	VRAI
CH19 p827	FX	-3227	-3172	56	FAUX	0	VRAI	VRAI
CH19 p840	FX	-3213	-3172	42	VRAI	40	VRAI	VRAI
CH19 p817	FX	-3225	-3173	53	FAUX	0	VRAI	VRAI
CH19 p819	FX	-3233	-3172	62	VRAI	60	VRAI	VRAI
CH19 p825	FX	-3222	-3172	51	VRAI	49	VRAI	VRAI
CH19 p989	FX	-3217	-3174	44	FAUX	0	VRAI	VRAI
CH19 p894	FX	-3235	-3173	63	FAUX	0	VRAI	VRAI
CH19 p898	FX	-3227	-3176	52	FAUX	0	VRAI	FAUX
CH19 p885	FX	-3232	-3174	59	FAUX	0	FAUX	VRAI
CH19 p1110	FX	-3223	-3174	50	VRAI	49	VRAI	VRAI
CH19 p182	FX	-3228	-3174	55	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p114	FX	-3222	-3185	38	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p1785	FX	-3206	-3173	34	VRAI	32	VRAI	VRAI
CH19 p1585	FX	-3231	-3172	60	VRAI	50	VRAI	FAUX
CH19 p1439	FX	-3223	-3178	46	FAUX	0	VRAI	FAUX
CH19 p1306	FX	-3221	-3176	46	VRAI	46	VRAI	FAUX
CH19 p1422	FX	-3212	-3173	40	VRAI	38	VRAI	VRAI
CH19 p1486	FX	-3218	-3174	45	VRAI	44	VRAI	VRAI
CH19 p1327	FX	-3208	-3173	36	VRAI	33	VRAI	FAUX
CH19 p1546	FX	-3221	-3174	48	VRAI	47	FAUX	FAUX
CH19 p1588	FX	-3226	-3193	34	VRAI	31	VRAI	FAUX
CH19 p1444	FX	-3223	-3179	45	FAUX	0	VRAI	FAUX
CH19 p1349	FX	-3227	-3174	54	VRAI	51	VRAI	FAUX
CH19 p1403	FX	-3213	-3174	40	VRAI	40	VRAI	FAUX
CH19 p1449	FX	-3208	-3172	37	VRAI	35	VRAI	VRAI
CH19 p71	FX	-3224	-3174	51	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 BH7 tranché	FX	-3219	-3176	44	VRAI	43	VRAI	FAUX
CH19 p1022	FX	-3206	-3174	33	VRAI	28	FAUX	FAUX
CH19 p90	FX	-3213	-3174	40	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p37	FX	-3218	-3174	45	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p1114	FX	-3208	-3179	30	FAUX	0	VRAI	FAUX
CH19 p217	FX	-3225	-3172	54	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p1003	FX	-3204	-3174	31	VRAI	29	VRAI	FAUX
CH19 p604	FX	-3217	-3173	45	VRAI	43	VRAI	VRAI
CH19 p576	FX	-3207	-3174	34	VRAI	33	VRAI	VRAI
CH19 p619	FX	-3216	-3174	43	FAUX	0	VRAI	FAUX
CH19 p6	FX	-3209	-3174	36	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 BH CC113-O	FX	-3220	-3174	47	VRAI	44	VRAI	VRAI
CH19 p215	FX	-3231	-3174	58	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 BH 1-2	FX	-3210	-3179	32	FAUX	0	FAUX	FAUX

Annexes 3. Chalain 19, listing des frênes datés (2)

libellé	espèce	origine	terme	âge	aubier	position de l'aubier	moelle	cambium
CH19 p907	FX	-3175	-2978	198	VRAI	195	VRAI	VRAI
CH19 p906	FX	-3138	-3023	116	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p908	FX	-3075	-2980	96	VRAI	96	FAUX	FAUX
CH19 p910	FX	-3077	-2978	100	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19-inc1	FX	-3158	-2981	178	FAUX	0	FAUX	VRAI
CH19 p11	FX	-3030	-2973	58	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p1313	FX	-3064	-3026	39	VRAI	37	VRAI	FAUX
CH19 p1109	FX	-3055	-2995	61	VRAI	59	VRAI	FAUX
CH19 p1030	FX	-3129	-3090	40	VRAI	38	FAUX	FAUX
CH19 p7	FX	-3122	-3082	41	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p216	FX	-3126	-3077	50	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p917	FX	-3120	-3065	56	FAUX	0	VRAI	VRAI
CH19 p1800/p1801	FX	-3238	-3069	170	VRAI	167	FAUX	VRAI
CH19 p1802	FX	-3235	-3069	167	VRAI	165	FAUX	VRAI
CH19 p1795	FX	-3238	-3069	170	VRAI	167	FAUX	VRAI
CH19 p1796	FX	-3218	-3069	150	VRAI	147	FAUX	FAUX
CH19 p227	FX	-3236	-3192	45	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p97	FX	-3228	-3203	26	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p38	FX	-3216	-3183	34	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p1329	FX	-3230	-3154	77	VRAI	75	VRAI	VRAI
CH19 p1343	FX	-3217	-3154	64	VRAI	62	FAUX	VRAI
CH19 p1336	FX	-3225	-3155	71	VRAI	70	FAUX	VRAI
CH19 p1562	FX	-3253	-3200	54	VRAI	50	VRAI	VRAI
CH19 p1426	FX	-3222	-3184	39	FAUX	0	VRAI	FAUX
CH19 p1578	FX	-3235	-3191	45	VRAI	41	VRAI	FAUX
CH19 p1400	FX	-3222	-3189	34	VRAI	34	VRAI	FAUX
CH19 p478	FX	-3222	-3182	41	FAUX	0	VRAI	FAUX
CH19 BH BP116	FX	-3237	-3200	38	VRAI	38	VRAI	VRAI
CH19 p1057	FX	-3163	-2979	185	FAUX	0	FAUX	VRAI
CH19 p1435	FX	-3105	-2996	110	VRAI	96	FAUX	VRAI
CH19 p1463	FX	-3101	-2997	105	VRAI	98	FAUX	FAUX
CH19 p1469	FX	-3081	-2996	86	VRAI	83	FAUX	VRAI
CH19 p1500	FX	-3080	-2997	84	VRAI	83	FAUX	FAUX
CH19 p1516-1	FX	-3085	-2996	90	VRAI	88	FAUX	VRAI
CH19 p1516-2	FX	-3085	-2996	90	VRAI	88	FAUX	VRAI
CH19 p1454	FX	-3080	-2997	84	VRAI	82	FAUX	FAUX
CH19 p1471	FX	-3051	-2996	56	VRAI	54	FAUX	VRAI
CH19 p1442	FX	-3080	-2996	85	VRAI	83	FAUX	VRAI
CH19 p1483	FX	-3039	-2998	42	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p139	FX	-3081	-3034	48	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p1427	FX	-3163	-3113	51	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p1357	FX	-3159	-3097	63	VRAI	60	FAUX	VRAI
CH19 p1358	FX	-3157	-3097	61	VRAI	59	VRAI	VRAI
CH19 p85	FX	-3145	-3088	58	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p84	FX	-3144	-3103	42	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p1386	FX	-3179	-3096	84	VRAI	76	VRAI	VRAI
CH19 p1506	FX	-3174	-3097	78	VRAI	76	VRAI	VRAI
CH19 p1509	FX	-3172	-3096	77	VRAI	75	VRAI	VRAI
CH19 p1475	FX	-3166	-3098	69	VRAI	68	VRAI	VRAI
CH19 p1495	FX	-3165	-3098	68	VRAI	66	VRAI	VRAI

Annexes 3. Chalain 19, listing des frênes datés (3)

libellé	espèce	origine	terme	âge	aubier	position de l'aubier	moelle	cambium
CH19 p1576	FX	-3158	-3098	61	VRAI	59	VRAI	VRAI
CH19 p1465	FX	-3156	-3098	59	VRAI	51	VRAI	VRAI
CH19 p1482	FX	-3153	-3099	55	VRAI	51	VRAI	FAUX
CH19 p1474	FX	-3149	-3099	51	VRAI	48	VRAI	FAUX
CH19 p1453	FX	-3160	-3098	63	VRAI	62	VRAI	VRAI
CH19 p1395	FX	-3133	-3098	36	VRAI	33	VRAI	FAUX
CH19 p1503	FX	-3149	-3101	49	FAUX	0	VRAI	FAUX
CH19 p1520	FX	-3149	-3098	52	VRAI	50	VRAI	VRAI
CH19 p1524	FX	-3163	-3098	66	VRAI	64	VRAI	VRAI
CH19 p1505	FX	-3164	-3098	67	VRAI	64	VRAI	FAUX
CH19 p1480	FX	-3144	-3098	47	VRAI	45	VRAI	FAUX
CH19 p1490	FX	-3165	-3098	68	VRAI	67	VRAI	VRAI
CH19 p1521	FX	-3166	-3098	69	VRAI	64	VRAI	VRAI
CH19 p1525	FX	-3162	-3098	65	VRAI	62	VRAI	VRAI
CH19 p1542	FX	-3150	-3099	52	VRAI	50	VRAI	FAUX
CH19 p995	FX	-3172	-3100	73	VRAI	69	FAUX	FAUX
CH19 p1577	FX	-3138	-3099	40	VRAI	39	VRAI	FAUX
CH19 p1104	FX	-3139	-3101	39	VRAI	38	VRAI	VRAI
CH19 p1277	FX	-3100	-3040	61	VRAI	57	VRAI	VRAI
CH19 p1281	FX	-3070	-3040	31	FAUX	0	VRAI	VRAI
CH19 p1285	FX	-3084	-3042	43	VRAI	41	VRAI	VRAI
CH19 p838	FX	-3070	-3043	28	VRAI	28	VRAI	VRAI
CH19 pp685	FX	-3068	-3039	30	FAUX	0	VRAI	FAUX
CH19 p219	FX	-3080	-3042	39	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p744	FX	-3123	-3079	45	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p835	FX	-3074	-3004	71	FAUX	0	VRAI	FAUX
CH19 p990	FX	-3134	-3077	58	VRAI	56	FAUX	VRAI
CH19 p809	FX	-3080	-3028	53	FAUX	0	FAUX	VRAI
CH19 p893	FX	-3077	-3011	67	FAUX	0	VRAI	VRAI
CH19 p866	FX	-3072	-3016	57	FAUX	0	FAUX	VRAI
CH19 p821	FX	-3112	-3042	71	FAUX	0	VRAI	VRAI
CH19 p763	FX	-3101	-3066	36	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p1057	FX	-3163	-2979	185	FAUX	0	FAUX	VRAI
CH19 p1301	FX	-3157	-3096	62	VRAI	59	VRAI	VRAI
CH19 p1304	FX	-3059	-3014	46	FAUX	0	FAUX	VRAI
CH19 p791	FX	-3102	-3027	76	VRAI	72	FAUX	VRAI
CH19 p1046	FX	-3112	-3068	45	VRAI	43	VRAI	FAUX
CH19 p1011	FX	-3041	-3003	39	VRAI	37	VRAI	FAUX
CH19 p996	FX	-3069	-3009	61	VRAI	58	VRAI	VRAI
CH19 p1014	FX	-3100	-3037	64	VRAI	62	VRAI	FAUX
CH19 p1053	FX	-3055	-3020	36	VRAI	34	VRAI	FAUX
CH19 p983	FX	-3095	-3045	51	VRAI	50	FAUX	FAUX
CH19 p1798	FX	-3149	-2990	160	VRAI	158	VRAI	VRAI
CH19 p1759	FX	-3040	-2987	54	VRAI	51	FAUX	FAUX
CH19 p1818	FX	-3150	-3006	145	VRAI	138	FAUX	FAUX
CH19 p1410	FX	-3077	-3025	53	VRAI	51	VRAI	FAUX
CH19 p1560	FX	-3071	-3032	40	FAUX	0	VRAI	FAUX
CH19 p1511	FX	-3076	-3015	62	VRAI	60	VRAI	FAUX
CH19 p1556	FX	-3125	-3090	36	VRAI	34	VRAI	VRAI
CH19 p1558	FX	-3055	-3018	38	VRAI	35	VRAI	VRAI
CH19 p1590	FX	-3060	-3017	44	VRAI	39	FAUX	VRAI
CH19 p1540	FX	-3130	-3091	40	FAUX	0	VRAI	FAUX
CH19 p1346	FX	-3099	-3040	60	VRAI	58	FAUX	FAUX
CH19 p1353	FX	-3128	-3083	46	VRAI	45	VRAI	FAUX

Annexes 3. Chalain 19, listing des frênes datés (4)

libellé	espèce	origine	terme	âge	aubier	position de l'aubier	moelle	cambium
CH19 p751	QU	-3064	-3000	65	VRAI	58	FAUX	VRAI
CH19 p932	QU	-3056	-3002	55	VRAI	40	FAUX	FAUX
CH19 p1743	QU	-3068	-3009	60	VRAI	47	VRAI	FAUX
CH19 p170	QU	-3075	-3011	65	VRAI	50	VRAI	FAUX
CH19 p557	QU	-3234	-3021	214	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p471	QU	-3215	-3026	190	VRAI	168	FAUX	VRAI
CH19BH-bp124-H	QU	-3122	-3079	44	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p629	QU	-3160	-3024	137	VRAI	132	FAUX	FAUX
CH19 p164	QU	-3159	-3009	151	VRAI	139	FAUX	FAUX
CH19 p1280	QU	-3100	-3030	71	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p1345	QU	-3104	-3034	71	VRAI	67	FAUX	FAUX
CH19 p1091	QU	-3127	-3021	107	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p1089	QU	-3111	-3022	90	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p189	QU	-3129	-2983	147	VRAI	134	FAUX	FAUX
BH-BN114-1	QU	-3147	-3031	117	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p647	QU	-3144	-3027	118	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 pLBY-126h-k	QU	-3126	-3043	84	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p1541	QU	-3112	-3033	80	VRAI	75	FAUX	FAUX
CH19 p283	QU	-3104	-3045	60	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p1407	QU	-3181	-3004	178	VRAI	159	VRAI	FAUX
CH19 p1450	QU	-3157	-3004	154	VRAI	135	FAUX	FAUX
CH19 p1414	QU	-3174	-3028	147	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p1419	QU	-3167	-3028	140	VRAI	138	FAUX	FAUX
CH19 p1421	QU	-3167	-3010	158	VRAI	143	FAUX	FAUX
CH19 p1515	QU	-3158	-3007	152	VRAI	130	FAUX	FAUX
CH19 p1498	QU	-3146	-3026	121	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p1392	QU	-3135	-2977	159	VRAI	141	FAUX	VRAI
CH19 p1479	QU	-3163	-3029	135	VRAI	130	FAUX	FAUX
CH19 p1575	QU	-3135	-3003	133	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p1423	QU	-3173	-3022	152	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p1411	QU	-3109	-2976	134	VRAI	121	FAUX	VRAI
CH19 p1389	QU	-3156	-3045	112	FAUX	0	VRAI	FAUX
CH19 p1491	QU	-3157	-3023	135	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p1341	QU	-3140	-3024	117	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p1470	QU	-3110	-3031	80	VRAI	75	FAUX	FAUX
CH19 p1468	QU	-3180	-3022	159	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p1574	QU	-3161	-3006	156	FAUX	0	VRAI	FAUX
CH19 p1443	QU	-3150	-3020	131	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p1485	QU	-3140	-3017	124	VRAI	112	FAUX	FAUX
CH19 p1502	QU	-3151	-3008	144	VRAI	134	FAUX	FAUX
CH19 p1456	QU	-3155	-3022	134	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p1437	QU	-3160	-3057	104	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p1428	QU	-3121	-2976	146	VRAI	131	FAUX	VRAI
CH19 p1393	QU	-3157	-3048	110	VRAI	110	VRAI	FAUX
CH19 p1398	QU	-3106	-2981	126	VRAI	114	FAUX	VRAI
CH19 p1508	QU	-3128	-2993	136	VRAI	137	FAUX	FAUX
CH19 p1432	QU	-3105	-2984	122	VRAI	112	FAUX	FAUX
CH19 p1416	QU	-3083	-2977	107	VRAI	93	FAUX	VRAI
CH19 p1496	QU	-3142	-3011	132	VRAI	116	FAUX	FAUX
CH19 p1436	QU	-3115	-3036	80	VRAI	78	FAUX	FAUX
CH19 p1583	QU	-3127	-3040	88	VRAI	86	FAUX	FAUX
CH19 p1459	QU	-3119	-3028	92	VRAI	91	FAUX	FAUX

libellé	espèce	origine	terme	âge	aubier	position de l'aubier	moelle	cambium
CH19 p1391	QU	-3140	-2982	159	VRAI	144	FAUX	FAUX
CH19 p1430	QU	-3134	-3004	131	VRAI	105	FAUX	VRAI
CH19 p1568	QU	-3140	-3003	138	VRAI	121	FAUX	FAUX
CH19 p1448	QU	-3139	-3026	114	VRAI	100	FAUX	FAUX
CH19 p1433	QU	-3146	-3040	107	VRAI	106	FAUX	FAUX
CH19 p1461	QU	-3140	-3039	102	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p1549	QU	-3138	-3017	122	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p1522	QU	-3113	-3014	100	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p1425	QU	-3142	-3006	137	VRAI	126	FAUX	FAUX
CH19 p1555	QU	-3090	-3045	46	VRAI	31	VRAI	FAUX
CH19 p1573	QU	-3122	-2977	146	VRAI	110	FAUX	VRAI
CH19 p1431	QU	-3148	-3006	143	VRAI	131	FAUX	FAUX
CH19 p1551	QU	-3115	-3018	98	VRAI	97	FAUX	FAUX
CH19 p1406	QU	-3139	-3005	135	VRAI	122	FAUX	FAUX
CH19 p639	QU	-3141	-3047	95	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p654	QU	-3142	-3042	101	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p1143.2	QU	-3150	-3035	116	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19BH4	QU	-3121	-3053	69	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p582	QU	-3180	-3008	173	VRAI	154	FAUX	FAUX
CH19 p1769	QU	-3123	-2993	131	VRAI	130	FAUX	FAUX
CH19 p833	QU	-3113	-3017	97	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p832	QU	-3104	-3022	83	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p1150	QU	-3155	-3016	140	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p25	QU	-3125	-3019	107	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p465	QU	-3145	-3021	125	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p211	QU	-3120	-3006	115	VRAI	96	FAUX	VRAI
CH19 p1078	QU	-3141	-3041	101	VRAI	96	FAUX	FAUX
CH19 p544	QU	-3107	-3002	106	VRAI	90	FAUX	VRAI
CH19 p474	QU	-3122	-3011	112	VRAI	96	FAUX	FAUX
CH19 p279	QU	-3112	-3016	97	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p661	QU	-3119	-2977	143	VRAI	125	FAUX	FAUX
CH19 p1151	QU	-3138	-3018	121	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p857	QU	-3112	-3037	76	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p1056	QU	-3127	-3024	104	VRAI	104	FAUX	FAUX
CH19 p1762	QU	-3110	-3028	83	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p1006	QU	-3205	-3028	178	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p1320	QU	-3220	-3008	213	VRAI	198	FAUX	FAUX
CH19 p1038	QU	-3217	-3029	189	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p1044	QU	-3204	-3006	199	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p1054	QU	-3207	-3018	190	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p994	QU	-3209	-3021	189	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p1051	QU	-3200	-3024	177	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p1002	QU	-3176	-3007	170	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p265	QU	-3146	-3007	140	VRAI	132	FAUX	FAUX
CH19 p509	QU	-3115	-3017	99	VRAI	99	FAUX	FAUX
CH19 p16	QU	-3121	-3017	105	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p587	QU	-3139	-3006	134	VRAI	126	FAUX	FAUX
CH19 p935	QU	-3127	-3043	85	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p1820	QU	-3130	-3045	86	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p1770	QU	-3130	-3046	85	VRAI	80	FAUX	FAUX
CH19 p1429	QU	-3157	-3005	153	VRAI	139	FAUX	FAUX
CH19 p1466	QU	-3118	-3031	88	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p1440	QU	-3125	-3029	97	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p33	QU	-3147	-3021	127	FAUX	0	FAUX	FAUX

Annexes 3. Chalain 19, listing des chênes datés (2)

libellé	espèce	origine	terme	âge	aubier	position de l'aubier	moelle	cambium
CH19 p1580	QU	-3124	-2981	144	VRAI	116	FAUX	FAUX
CH19 p1539	QU	-3123	-3008	116	VRAI	105	FAUX	FAUX
CH19 p1408	QU	-3110	-3036	75	VRAI	73	FAUX	FAUX
CH19 p284	QU	-3121	-3017	105	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p880	QU	-3099	-2974	126	VRAI	113	FAUX	FAUX
CH19 p1472	QU	-3104	-3041	64	VRAI	62	FAUX	FAUX
CH19 p1492	QU	-3119	-3045	75	VRAI	62	FAUX	FAUX
CH19 p1742	QU	-3091	-3013	79	VRAI	65	FAUX	FAUX
CH19 p1405	QU	-3122	-3007	116	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p1543	QU	-3115	-3013	103	VRAI	98	FAUX	FAUX
CH19 p351	QU	-3115	-3022	94	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p230	QU	-3114	-3007	108	VRAI	86	FAUX	FAUX
CH19 p1215	QU	-3190	-3025	166	VRAI	153	FAUX	FAUX
CH19 p939	QU	-3188	-2992	197	VRAI	189	VRAI	FAUX
CH19 p1260	QU	-3158	-3015	144	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p930	QU	-3153	-3022	132	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p943	QU	-3148	-3008	141	VRAI	130	FAUX	FAUX
CH19 p929	QU	-3140	-3005	136	VRAI	121	FAUX	FAUX
CH19 p931	QU	-3117	-3007	111	VRAI	96	FAUX	FAUX
CH19 p934	QU	-3143	-3010	134	VRAI	119	FAUX	VRAI
CH19 p1019	QU	-3105	-2994	112	VRAI	112	FAUX	FAUX
CH19 p1219	QU	-3144	-3055	90	VRAI	82	FAUX	FAUX
CH19 p1049	QU	-3198	-3026	173	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p1041	QU	-3196	-3033	164	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p1052	QU	-3215	-3087	129	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p979-980	QU	-3160	-3029	132	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p987	QU	-3145	-3009	137	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p985	QU	-3139	-3013	127	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p986	QU	-3120	-3009	112	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p977	QU	-3150	-3025	126	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p1103	QU	-3128	-3011	118	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p1143	QU	-3145	-3041	105	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p981	QU	-3126	-3010	117	VRAI	117	FAUX	FAUX
CH19 p976	QU	-3126	-3011	116	VRAI	113	FAUX	FAUX
CH19 p1814	QU	-3166	-2999	168	VRAI	156	FAUX	FAUX
CH19 p984	QU	-3125	-3012	114	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p1764	QU	-3158	-3024	135	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p1816	QU	-3145	-3014	132	VRAI	110	FAUX	FAUX
CH19 p978	QU	-3140	-3017	124	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p1768	QU	-3108	-3014	95	VRAI	79	FAUX	FAUX
CH19 p974	QU	-3134	-3015	120	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p975	QU	-3125	-3015	111	VRAI	106	FAUX	FAUX
CH19 p1080	QU	-3125	-3026	100	VRAI	89	FAUX	FAUX
CH19 p1812	QU	-3141	-3013	129	VRAI	109	FAUX	FAUX
CH19 p1745	QU	-3149	-3018	132	VRAI	118	FAUX	FAUX
CH19 p1810	QU	-3129	-3032	98	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p1808	QU	-3158	-3021	138	VRAI	138	FAUX	FAUX
CH19 p930.2	QU	-3125	-3045	81	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p929.2	QU	-3137	-3040	98	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p985.2	QU	-3139	-3028	112	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p1758	QU	-3146	-3008	139	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p1219.2	QU	-3142	-3064	79	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p1062	QU	-3202	-3031	172	VRAI	160	FAUX	FAUX
CH19-BH1	QU	-3130	-3023	108	VRAI	93	FAUX	FAUX

Annexes 3. Chalain 19, listing des chênes datés (3)

libellé	espèce	origine	terme	âge	aubier	position de l'aubier	moelle	cambium
CH19 p1074	QU	-3093	-3028	66	VRAI	58	FAUX	FAUX
CH19 p1258	QU	-3149	-3021	129	VRAI	112	FAUX	FAUX
CH19 p1261	QU	-3165	-2984	182	VRAI	161	FAUX	VRAI
CH19 p1303	QU	-3134	-3061	74	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p1284	QU	-3147	-3053	95	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p1271	QU	-3133	-3050	84	VRAI	81	FAUX	FAUX
CH19 p1291	QU	-3168	-3044	125	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p1274	QU	-3163	-3002	162	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p850	QU	-3163	-3094	70	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p839	QU	-3149	-3035	115	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p970	QU	-3118	-2982	137	VRAI	116	FAUX	VRAI
CH19 p965	QU	-3135	-3023	113	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p896	QU	-3174	-2998	177	VRAI	154	FAUX	FAUX
CH19 p971	QU	-3120	-3022	99	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p688	QU	-3114	-3002	113	VRAI	109	FAUX	FAUX
CH19 p957	QU	-3163	-3030	134	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p969	QU	-3146	-2986	161	VRAI	146	FAUX	VRAI
CH19 p962	QU	-3159	-3030	130	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p973	QU	-3159	-3020	140	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p967	QU	-3112	-3014	99	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p959	QU	-3146	-3037	110	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p974	QU	-3162	-3026	137	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p960	QU	-3109	-3009	101	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p828	QU	-3159	-3030	130	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p964	QU	-3122	-3007	116	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p966	QU	-3128	-3001	128	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p843	QU	-3153	-2980	174	VRAI	149	FAUX	FAUX
CH19 p968	QU	-3147	-3006	142	VRAI	140	FAUX	FAUX
CH19 p1278	QU	-3152	-2976	177	VRAI	120	FAUX	VRAI
CH19 p1143.2	QU	-3150	-3035	116	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19BH-BN114-1	QU	-3147	-3031	117	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p512	QU	-3203	-3028	176	VRAI	174	FAUX	FAUX
CH19 p467	QU	-3203	-3027	177	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p620	QU	-3148	-3016	133	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p341	QU	-3171	-3022	150	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p307	QU	-3165	-3029	137	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p361	QU	-3171	-3033	139	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p364	QU	-3144	-3007	138	VRAI	122	FAUX	FAUX
CH19 p299	QU	-3159	-3034	126	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p339	QU	-3157	-3029	129	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p92	QU	-3132	-2984	149	VRAI	127	FAUX	FAUX
CH19 p106	QU	-3150	-2983	168	VRAI	152	FAUX	FAUX
CH19 p323	QU	-3177	-3022	156	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p158	QU	-3160	-2982	179	VRAI	160	FAUX	FAUX
CH19 p237	QU	-3146	-3024	123	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p178	QU	-3126	-2988	139	VRAI	126	FAUX	FAUX
CH19 p202	QU	-3152	-3008	145	VRAI	130	FAUX	FAUX
CH19 p8	QU	-3175	-3004	172	VRAI	147	FAUX	FAUX
CH19 p368	QU	-3106	-2991	116	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p229	QU	-3121	-2966	156	VRAI	143	FAUX	FAUX
CH19 p120	QU	-3122	-3016	107	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p210	QU	-3107	-2997	111	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p213	QU	-3123	-2972	152	VRAI	136	FAUX	VRAI

Annexes 3. Chalain 19, listing des chênes datés (4)

libellé	espèce	origine	terme	âge	aubier	position de l'aubier	moelle	cambium
CH19 p21	QU	-3156	-2982	175	VRAI	157	FAUX	FAUX
CH19 p66	QU	-3136	-3024	113	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p148	QU	-3102	-2977	126	VRAI	103	FAUX	FAUX
CH19 p152	QU	-3113	-2983	131	VRAI	115	FAUX	FAUX
CH19 p321	QU	-3113	-3031	83	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p242	QU	-3108	-2972	137	VRAI	121	FAUX	FAUX
CH19 p226	QU	-3152	-3009	144	VRAI	134	FAUX	FAUX
CH19 p145	QU	-3142	-3026	117	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p65	QU	-3149	-3031	119	VRAI	116	FAUX	FAUX
CH19 p236	QU	-3149	-3006	144	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p119	QU	-3177	-2983	195	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p104	QU	-3148	-3022	127	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p118	QU	-3141	-3019	123	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p64	QU	-3121	-3015	107	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p250	QU	-3117	-3014	104	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p26	QU	-3140	-3036	105	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p125	QU	-3139	-3018	122	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p132	QU	-3150	-3038	113	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19-puisard-X2	QU	-3119	-2972	148	VRAI	133	FAUX	FAUX
CH19 p55	QU	-3117	-3035	83	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p247	QU	-3150	-3030	121	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p225	QU	-3143	-3021	123	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p109	QU	-3092	-2983	110	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p352	QU	-3099	-2978	122	VRAI	108	FAUX	FAUX
CH19-puisard-X1	QU	-3117	-2972	146	VRAI	131	FAUX	FAUX
CH19 p163	QU	-3137	-3043	95	VRAI	89	VRAI	FAUX
CH19 p228	QU	-3112	-2970	143	VRAI	130	FAUX	FAUX
CH19 p151	QU	-3131	-3008	124	VRAI	113	FAUX	FAUX
CH19 p231	QU	-3104	-2972	133	VRAI	117	FAUX	VRAI
CH19 p138	QU	-3148	-3029	120	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p197	QU	-3128	-3005	124	VRAI	104	FAUX	VRAI
CH19 p198	QU	-3143	-3063	81	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p363	QU	-3110	-2977	134	VRAI	122	FAUX	VRAI
CH19 p5	QU	-3135	-3014	122	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p305	QU	-3139	-3031	109	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p115	QU	-3113	-3034	80	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p168	QU	-3147	-3009	139	VRAI	129	FAUX	FAUX
CH19 p517	QU	-3162	-3001	162	VRAI	146	FAUX	VRAI
CH19 p303	QU	-3144	-3010	135	VRAI	126	FAUX	FAUX
CH19 p58	QU	-3145	-3061	85	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p203	QU	-3136	-3007	130	VRAI	119	FAUX	FAUX
CH19 p126	QU	-3121	-3036	86	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p223	QU	-3128	-3018	111	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p1024	QU	-3116	-3000	117	VRAI	109	FAUX	FAUX
CH19 p1016	QU	-3090	-2995	96	VRAI	87	FAUX	FAUX
CH19BH-BM114	QU	-3111	-3040	72	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p958	QU	-3112	-3040	73	VRAI	63	FAUX	VRAI
CH19 p317	QU	-3155	-3015	141	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p1257	QU	-3137	-2981	157	VRAI	136	FAUX	FAUX
CH19 p543	QU	-3150	-3001	150	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p1068	QU	-3083	-3036	48	VRAI	44	VRAI	VRAI
CH19 p879	QU	-3051	-2978	74	VRAI	66	FAUX	FAUX

Annexes 3. Chalain 19, listing des chênes datés (5)

libellé	espèce	origine	terme	âge	aubier	position de l'aubier	moelle	cambium
CH19 p689	QU	-3049	-2976	74	VRAI	62	FAUX	FAUX
CH19 p311	QU	-3118	-3052	67	FAUX	0	VRAI	FAUX
CH19 p23	QU	-3115	-3043	73	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p294	QU	-3123	-2988	136	VRAI	131	FAUX	FAUX
CH19 p205	QU	-3085	-2977	109	VRAI	96	FAUX	FAUX
CH19 p89	QU	-3095	-2977	119	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p167	QU	-3094	-2978	117	VRAI	104	FAUX	VRAI
CH19 p297	QU	-3102	-2995	108	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p1256	QU	-3150	-3004	147	VRAI	131	FAUX	VRAI
CH19 p14	QU	-3145	-3019	127	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p1830	QU	-3079	-3052	28	VRAI	19	FAUX	VRAI
CH19BH/bp124(H)	QU	-3039	-2996	44	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p1045	QU	-3162	-3061	102	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p1079	QU	-3126	-3043	84	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p1034	QU	-3134	-3063	72	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p1081	QU	-3131	-3028	104	VRAI	99	FAUX	FAUX
CH19 p1076	QU	-3116	-3045	72	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p1037	QU	-3044	-3000	45	VRAI	39	VRAI	FAUX
CH19 p1032	QU	-3147	-3002	146	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p1033	QU	-3121	-2998	124	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p1811	QU	-3121	-2985	137	VRAI	118	FAUX	FAUX
CH19BHpl/CZ139/Hsup	QU	-3042	-2964	79	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p1824	QU	-3129	-3035	95	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p1760	QU	-3020	-2988	33	VRAI	26	VRAI	VRAI
CH19 p1755	QU	-3093	-2995	99	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p938	QU	-3120	-2984	137	VRAI	119	FAUX	FAUX
CH19 plby126h/k	QU	-3126	-3043	84	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p1121	QU	-3048	-2975	74	VRAI	62	FAUX	VRAI
CH19 p1020	QU	-3173	-3017	157	VRAI	146	FAUX	FAUX
CH19 p1217	QU	-3162	-2979	184	VRAI	168	FAUX	FAUX
CH19 p683	QU	-3033	-2980	54	VRAI	46	FAUX	VRAI
CH19 p844	QU	-3051	-2976	76	VRAI	63	FAUX	FAUX
CH19 p832	QU	-3104	-3022	83	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p833	QU	-3113	-3017	97	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p880	QU	-3099	-2974	126	VRAI	113	FAUX	FAUX
CH19 p686	QU	-3187	-3040	148	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p963	QU	-3104	-3040	65	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p1280	QU	-3100	-3030	71	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p958	QU	-3101	-3029	73	VRAI	63	FAUX	VRAI
CH19 p1096	QU	-3122	-2962	161	VRAI	143	FAUX	FAUX
CH19 p1088	QU	-3130	-2999	132	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19BH.BN114.1	QU	-3147	-3031	117	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19BH.BM114	QU	-3100	-3029	72	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p222	QU	-3087	-3007	81	VRAI	61	FAUX	FAUX
CH19 p130	QU	-3136	-3033	104	VRAI	99	FAUX	FAUX
CH19 p4	QU	-3159	-3017	143	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p140	QU	-3114	-2990	125	VRAI	119	FAUX	FAUX
CH19 p94	QU	-3122	-3041	82	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH19 p143	QU	-3132	-3016	117	VRAI	101	FAUX	FAUX
CH19 p190	QU	-3119	-3006	114	VRAI	91	FAUX	VRAI

Annexes 3. Chalain 19, listing des chênes datés (6)

libellé	espèce	origine	terme	âge	aubier	position de l'aubier	moelle	cambium
CH2 AC p1212	FX	-3120	-3069	52	VRAI	49	VRAI	FAUX
CH2 AC p1217	FX	-3125	-3069	57	VRAI	55	VRAI	FAUX
CH2 AC p1339	FX	-3127	-3070	58	VRAI	57	VRAI	FAUX
CH2 AC p1358	FX	-3119	-3070	50	VRAI	45	VRAI	FAUX
CH2 AC p1469	FX	-3127	-3070	58	FAUX	0	VRAI	FAUX
CH2 AC p1470	FX	-3114	-3070	45	FAUX	0	VRAI	FAUX
CH2 AC p1474	FX	-3125	-3072	54	VRAI	51	VRAI	FAUX
CH2 AC p1570	FX	-3121	-3068	54	VRAI	51	FAUX	FAUX
CH2 AC p1594	FX	-3123	-3068	56	FAUX	0	VRAI	FAUX
CH2 AC p1614	FX	-3119	-3068	52	VRAI	49	FAUX	FAUX
CH2 AC p1627	FX	-3109	-3068	42	VRAI	39	FAUX	FAUX
CH2 AC p1631	FX	-3111	-3069	43	VRAI	42	FAUX	FAUX
CH2 AC p1676	FX	-3120	-3070	51	VRAI	41	VRAI	FAUX
CH2 AC p1744	FX	-3117	-3069	49	VRAI	46	VRAI	FAUX

Annexes 3. Chalain 2, listing des frênes datés

libellé	espèce	origine	terme	âge	aubier	position de l'aubier	moelle	cambium
CH2 AC p800	QU	-3158	-2974	185	VRAI	166	FAUX	FAUX
CH2 AC p801	QU	-3219	-2976	244	VRAI	225	FAUX	FAUX
CH2 AC p802	QU	-3120	-2974	147	VRAI	127	FAUX	VRAI
CH2 AC p804	QU	-3169	-2974	196	VRAI	175	FAUX	FAUX
CH2 AC p805	QU	-3137	-2976	162	VRAI	144	FAUX	FAUX
CH2 AC p806	QU	-3212	-2974	239	VRAI	219	FAUX	VRAI
CH2 AC p807	QU	-3215	-2975	241	VRAI	220	FAUX	FAUX
CH2 AC p808	QU	-3230	-2994	237	VRAI	218	FAUX	FAUX
CH2 AC p809	QU	-3150	-2979	172	VRAI	152	FAUX	FAUX
CH2 AC p810	QU	-3142	-2975	168	VRAI	148	FAUX	FAUX
CH2 AC p811	QU	-3214	-3142	73	FAUX	0	VRAI	FAUX
CH2 AC p812	QU	-3201	-2975	227	VRAI	206	FAUX	FAUX
CH2 AC p813	QU	-3220	-3084	137	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH2 AC p814	QU	-3190	-2974	217	VRAI	197	FAUX	VRAI
CH2 AC p815	QU	-3188	-2974	215	VRAI	194	FAUX	VRAI
CH2 AC p816	QU	-3174	-2974	201	VRAI	180	FAUX	VRAI
CH2 AC p817	QU	-3173	-2976	198	VRAI	177	FAUX	FAUX
CH2 AC p822	QU	-3171	-2976	196	VRAI	178	FAUX	FAUX
CH2 AC p823	QU	-3178	-2974	205	VRAI	186	FAUX	FAUX
CH2 AC p943	QU	-3209	-3026	184	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH2 AC p947	QU	-3128	-3014	115	VRAI	109	FAUX	FAUX
CH2 AC p951	QU	-3055	-3005	51	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH2 AC p952	QU	-3109	-3006	104	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH2 AC p961	QU	-3037	-2988	50	VRAI	45	VRAI	FAUX
CH2 AC p963	QU	-3152	-3006	147	VRAI	135	FAUX	FAUX
CH2 AC p964	QU	-3141	-2990	152	VRAI	128	FAUX	FAUX
CH2 AC p992	QU	-3103	-3010	94	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH2 AC p1062	QU	-3158	-3013	146	VRAI	142	FAUX	FAUX
CH2 AC p1215.2	QU	-3109	-2980	130	VRAI	120	FAUX	FAUX
CH2 AC p1218	QU	-3117	-3012	106	VRAI	102	FAUX	FAUX
CH2 AC p1219	QU	-3173	-3021	153	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH2 AC p1221	QU	-3175	-3044	132	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH2 AC p1234	QU	-3173	-3027	147	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH2 AC p1235	QU	-3102	-2982	121	VRAI	108	FAUX	FAUX
CH2 AC p1238	QU	-3044	-2990	55	VRAI	45	FAUX	FAUX
CH2 AC p1256	QU	-3135	-3057	79	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH2 AC p1278	QU	-3104	-3018	87	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH2 AC p1337	QU	-3156	-2981	176	VRAI	169	FAUX	FAUX
CH2 AC p1344	QU	-3215	-3003	213	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH2 AC p1346	QU	-3141	-2979	163	VRAI	154	FAUX	FAUX
CH2 AC p1357	QU	-3119	-2995	125	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH2 AC p1359	QU	-3132	-2975	158	VRAI	136	FAUX	FAUX
CH2 AC p1360	QU	-3132	-2977	156	VRAI	124	FAUX	FAUX
CH2 AC p1368	QU	-3130	-2980	151	VRAI	136	FAUX	FAUX
CH2 AC p1381	QU	-3145	-2981	165	VRAI	139	FAUX	FAUX
CH2 AC p1382	QU	-3121	-2984	138	VRAI	118	FAUX	FAUX
CH2 AC p1388	QU	-3145	-3065	81	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH2 AC p1389	QU	-3132	-3023	110	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH2 AC p1391	QU	-3117	-3031	87	VRAI	60	FAUX	FAUX
CH2 AC p1403	QU	-3130	-3025	106	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH2 AC p1436	QU	-3169	-3070	100	FAUX	0	FAUX	FAUX

Annexes 3. Chalain 2, listing des chênes datés (1)

libellé	espèce	origine	terme	âge	aubier	position de l'aubier	moelle	cambium
CH2 AC p1473	QU	-3161	-3062	100	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH2 AC p1481	QU	-3060	-2970	91	VRAI	77	FAUX	FAUX
CH2 AC p1483	QU	-3188	-3089	100	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH2 AC p1485	QU	-3037	-2970	68	VRAI	52	FAUX	FAUX
CH2 AC p1493	QU	-3210	-2997	214	VRAI	145	FAUX	FAUX
CH2 AC p1497	QU	-3058	-2979	80	VRAI	63	FAUX	FAUX
CH2 AC p1498	QU	-3045	-2978	68	VRAI	62	FAUX	FAUX
CH2 AC p1499	QU	-3210	-3004	207	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH2 AC p1501	QU	-3232	-3006	227	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH2 AC p1502	QU	-3178	-2978	201	VRAI	183	FAUX	FAUX
CH2 AC p1516	QU	-3061	-2978	84	VRAI	76	VRAI	FAUX
CH2 AC p1518	QU	-3147	-2978	170	VRAI	140	FAUX	FAUX
CH2 AC p1520	QU	-3206	-2986	221	VRAI	211	FAUX	FAUX
CH2 AC p1522	QU	-3216	-2992	225	VRAI	213	FAUX	FAUX
CH2 AC p1524	QU	-3099	-2923	177	VRAI	140	FAUX	FAUX
CH2 AC p1526	QU	-3275	-3048	228	VRAI	214	FAUX	FAUX
CH2 AC p1529c	QU	-3142	-3008	135	VRAI	117	FAUX	FAUX
CH2 AC p1544	QU	-3140	-3023	118	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH2 AC p1548	QU	-3196	-2989	208	VRAI	205	FAUX	FAUX
CH2 AC p1549	QU	-3186	-2978	209	VRAI	198	FAUX	FAUX
CH2 AC p1553	QU	-3189	-2981	209	VRAI	194	FAUX	FAUX
CH2 AC p1556	QU	-3137	-3021	117	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH2 AC p1558	QU	-3136	-3024	113	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH2 AC p1559	QU	-3098	-2978	121	VRAI	102	FAUX	FAUX
CH2 AC p1560	QU	-3087	-2981	107	VRAI	95	VRAI	FAUX
CH2 AC p1567	QU	-3166	-2978	189	VRAI	165	FAUX	VRAI
CH2 AC p1572	QU	-3227	-2992	236	VRAI	225	FAUX	FAUX
CH2 AC p1573	QU	-3132	-2978	155	VRAI	130	FAUX	FAUX
CH2 AC p1574	QU	-3157	-3047	111	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH2 AC p1577	QU	-3157	-2978	180	VRAI	161	FAUX	FAUX
CH2 AC p1579	QU	-3054	-2982	73	VRAI	55	FAUX	FAUX
CH2 AC p1581	QU	-3044	-2989	56	VRAI	38	VRAI	VRAI
CH2 AC p1584	QU	-3116	-2978	139	VRAI	130	FAUX	FAUX
CH2 AC p1595	QU	-3034	-2975	60	VRAI	40	VRAI	FAUX
CH2 AC p1605	QU	-3112	-2978	135	VRAI	116	FAUX	FAUX
CH2 AC p1611	QU	-3204	-3008	197	VRAI	183	FAUX	FAUX
CH2 AC p1613	QU	-3036	-2979	58	VRAI	48	FAUX	VRAI
CH2 AC p1630	QU	-3029	-2979	51	VRAI	42	FAUX	VRAI
CH2 AC p1646	QU	-3201	-3002	200	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH2 AC p1664	QU	-3189	-2981	209	VRAI	193	FAUX	FAUX
CH2 AC p1665	QU	-3191	-2984	208	VRAI	196	FAUX	FAUX
CH2 AC p1667	QU	-3188	-3004	185	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH2 AC p1671	QU	-3151	-2979	173	VRAI	164	FAUX	FAUX
CH2 AC p1675	QU	-3147	-2979	169	VRAI	158	FAUX	FAUX
CH2 AC p1677	QU	-3104	-2971	134	VRAI	108	FAUX	FAUX
CH2 AC p1678	QU	-3237	-3006	232	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH2 AC p1680	QU	-3047	-2980	68	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH2 AC p1699	QU	-3242	-3124	119	FAUX	0	VRAI	FAUX
CH2 AC p1700	QU	-3122	-2982	141	VRAI	116	FAUX	FAUX
CH2 AC p1705	QU	-3037	-2977	61	VRAI	51	FAUX	FAUX

Annexes 3. Chalain 2, listing des chênes datés (2)

libellé	espèce	origine	terme	âge	aubier	position de l'aubier	moelle	cambium
CH2 AC p1747	QU	-3160	-2980	181	VRAI	165	FAUX	FAUX
CH2 AC p1749	QU	-3141	-3025	117	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH2 AC p1750	QU	-3191	-3018	174	VRAI	152	FAUX	FAUX
CH2 AC p1752	QU	-3153	-2978	176	VRAI	141	FAUX	FAUX
CH2 AC p1754.1	QU	-3230	-3018	213	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH2 AC p1756	QU	-3107	-2979	129	VRAI	112	FAUX	VRAI
CH2 AC p1761	QU	-3087	-2979	109	VRAI	92	FAUX	VRAI
CH2 AC p1762	QU	-3238	-3152	87	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH2 AC p1765	QU	-3187	-3043	145	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH2 AC p1767	QU	-3217	-3002	216	VRAI	215	FAUX	FAUX
CH2 AC p1770	QU	-3209	-2991	219	VRAI	182	FAUX	FAUX
CH2 AC p1773	QU	-3225	-3016	210	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH2 AC p1775	QU	-3027	-2971	57	VRAI	50	FAUX	FAUX
CH2 AC p1778	QU	-3116	-3004	113	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH2 AC p1779	QU	-3151	-3012	140	VRAI	139	FAUX	FAUX
CH2 AC p1780.1	QU	-3154	-2978	177	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH2 AC p1782	QU	-3236	-3038	199	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH2 AC p1784	QU	-3245	-3146	100	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH2 AC p1788	QU	-3226	-3144	83	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH2 AC p1793	QU	-3197	-3030	168	VRAI	164	FAUX	FAUX
CH2 AC p1797	QU	-3098	-3023	76	VRAI	75	FAUX	FAUX
CH2 AC p1799	QU	-3151	-2997	155	VRAI	153	FAUX	FAUX
CH2 AC p1803.1	QU	-3116	-3027	90	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH2 AC p1808	QU	-3163	-3001	163	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH2 AC p1815.1	QU	-3166	-3100	67	FAUX	0	FAUX	FAUX

*Annexes 3. Chalain 2, listing des chênes datés (3)*

libellé	espèce	origine	terme	âge	aubier	position aubier	moelle	cambium
CH3 p1	FX	-3063	-3034	30	FAUX	0	VRAI	FAUX
CH3 p793	FX	-3077	-3037	41	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH3 p291	FX	-3119	-3025	95	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH3 p264	FX	-3107	-3025	83	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH3 p313	FX	-3119	-3025	95	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH3 p345	FX	-3086	-3031	56	FAUX	0	VRAI	FAUX
CH3 p261	FX	-3091	-3051	41	FAUX	0	VRAI	FAUX
CH3 p182	FX	-3093	-3037	57	FAUX	0	VRAI	FAUX
CH3 p389	FX	-3094	-3037	58	FAUX	0	VRAI	FAUX
CH3 p419	FX	-3095	-3035	61	FAUX	0	VRAI	FAUX
CH3 p437	FX	-3107	-3036	72	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH3 p202	FX	-3109	-3035	75	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH3 p324	FX	-3111	-3037	75	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH3 p369	FX	-3104	-3035	70	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH3 p385	FX	-3112	-3034	79	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH3 p409	FX	-3118	-3035	84	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH3 p259	FX	-3135	-3024	112	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH3 p238	FX	-3115	-3026	90	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH3 p243	FX	-3140	-3025	116	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH3 p272	FX	-3137	-3026	112	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH3 p185	FX	-3137	-3026	112	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH3 p174	FX	-3126	-3033	94	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH3 p374	FX	-3124	-3025	100	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH3 p280	FX	-3124	-3025	100	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH3 p215	FX	-3149	-3064	86	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH3 p225	FX	-3135	-3025	111	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH3 p639	FX	-3061	-3025	37	FAUX	0	VRAI	FAUX
CH3 p632	FX	-3063	-3026	38	FAUX	0	VRAI	FAUX
CH3 p233	FX	-3067	-3025	43	FAUX	0	VRAI	FAUX
CH3 p628	FX	-3079	-3024	56	FAUX	0	VRAI	FAUX
CH3 p831	FX	-3051	-3025	27	FAUX	0	VRAI	FAUX
CH3 p611	FX	-3063	-3030	34	FAUX	0	VRAI	FAUX
CH3 p155	FX	-3086	-3037	50	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH3 p634	FX	-3114	-3026	89	FAUX	0	VRAI	FAUX

Annexes 3. Chalain 3, listing des frênes datés

libellé	espèce	origine	terme	âge	aubier	position de l'aubier	moelle	cambium
CH3 A	QU	-3126	-2978	149	VRAI	133	VRAI	FAUX
CH3 B	QU	-3164	-2978	187	VRAI	159	FAUX	VRAI
CH3 C	QU	-3206	-2984	223	VRAI	205	FAUX	FAUX
CH3 p12	QU	-3008	-2986	23	VRAI	10	VRAI	VRAI
CH3 p28	QU	-3208	-3082	127	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH3 p36	QU	-3192	-2973	220	VRAI	198	FAUX	FAUX
CH3 p77	QU	-3116	-3027	90	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH3 p86	QU	-3118	-3030	89	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH3 p91	QU	-3113	-3036	78	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH3 p93	QU	-3122	-3028	95	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH3 p97	QU	-3119	-3034	86	FAUX	0	VRAI	FAUX
CH3 p110	QU	-3212	-3046	167	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH3 p123	QU	-3148	-2985	164	VRAI	147	FAUX	FAUX
CH3 p128	QU	-3951	-3733	219	VRAI	193	FAUX	FAUX
CH3 p135	QU	-3013	-2991	23	VRAI	14	VRAI	FAUX
CH3 p160	QU	-3219	-2987	233	VRAI	208	FAUX	FAUX
CH3 p161	QU	-3004	-2981	24	VRAI	16	VRAI	FAUX
CH3 p170	QU	-3008	-2990	19	VRAI	11	VRAI	VRAI
CH3 p186	QU	-3008	-2986	23	VRAI	15	VRAI	VRAI
CH3 p196	QU	-3096	-3030	67	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH3 p203	QU	-3010	-2986	25	VRAI	19	FAUX	FAUX
CH3 p205	QU	-3159	-2979	181	VRAI	134	FAUX	VRAI
CH3 p208	QU	-3005	-2986	20	VRAI	11	FAUX	VRAI
CH3 p218	QU	-3153	-2980	174	VRAI	140	FAUX	FAUX
CH3 p221	QU	-3980	-3758	223	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH3 p222	QU	-3197	-2980	218	VRAI	182	FAUX	FAUX
CH3 p223	QU	-3866	-3735	132	VRAI	103	VRAI	FAUX
CH3 p227	QU	-2994	-2975	20	VRAI	15	VRAI	FAUX
CH3 p247	QU	-2997	-2977	21	VRAI	14	VRAI	VRAI
CH3 p258	QU	-3225	-2978	248	VRAI	223	FAUX	FAUX
CH3 p277	QU	-3008	-2986	23	VRAI	15	FAUX	VRAI
CH3 p279	QU	-3008	-2986	23	VRAI	16	VRAI	VRAI
CH3 p286	QU	-3191	-2994	198	VRAI	195	FAUX	FAUX
CH3 p287	QU	-3006	-2978	29	VRAI	19	VRAI	VRAI
CH3 p297	QU	-2989	-2977	13	VRAI	6	VRAI	VRAI
CH3 p301	QU	-3003	-2979	25	VRAI	14	VRAI	FAUX
CH3 p305	QU	-2997	-2977	21	VRAI	14	VRAI	VRAI
CH3 p310	QU	-3227	-2988	240	VRAI	212	FAUX	FAUX
CH3 p312	QU	-3193	-2980	214	VRAI	180	FAUX	VRAI
CH3 p315	QU	-3192	-2980	213	VRAI	195	FAUX	FAUX
CH3 p316	QU	-2991	-2977	15	VRAI	10	VRAI	VRAI
CH3 p322	QU	-3113	-3059	55	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH3 p344	QU	-3117	-3020	98	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH3 p349	QU	-3240	-3099	142	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH3 p352	QU	-3012	-2979	34	VRAI	22	VRAI	FAUX
CH3 p353	QU	-3118	-3051	68	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH3 p354	QU	-3030	-2983	48	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH3 p355	QU	-3129	-3034	96	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH3 p356	QU	-3119	-3029	91	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH3 p362	QU	-3136	-3039	98	FAUX	0	VRAI	FAUX
CH3 p367	QU	-3103	-3051	53	VRAI	47	FAUX	FAUX

Annexes 3. Chalain 3, listing des chênes datés (1)

libellé	espèce	origine	terme	âge	aubier	position de l'aubier	moelle	cambium
CH3 p372	QU	-3166	-3059	108	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH3 p377	QU	-3014	-2992	23	VRAI	16	VRAI	FAUX
CH3 p378	QU	-3017	-2988	30	VRAI	16	VRAI	VRAI
CH3 p386	QU	-3014	-2986	29	VRAI	18	VRAI	VRAI
CH3 p387	QU	-2996	-2977	20	VRAI	13	VRAI	VRAI
CH3 p390	QU	-3093	-2979	115	VRAI	79	FAUX	VRAI
CH3 p391	QU	-3062	-2989	74	VRAI	58	VRAI	VRAI
CH3 p392	QU	-3014	-2988	27	VRAI	19	VRAI	FAUX
CH3 p394	QU	-3110	-3025	86	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH3 p395	QU	-3155	-3030	126	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH3 p405	QU	-3123	-3028	96	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH3 p411	QU	-3144	-3061	84	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH3 p412	QU	-3111	-3057	55	VRAI	54	FAUX	FAUX
CH3 p415	QU	-3087	-2999	89	VRAI	74	FAUX	FAUX
CH3 p417	QU	-3244	-3172	73	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH3 p418	QU	-3234	-3116	119	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH3 p423	QU	-3001	-2977	25	VRAI	15	VRAI	VRAI
CH3 p435	QU	-2996	-2978	19	VRAI	12	VRAI	VRAI
CH3 p447	QU	-3016	-2990	27	VRAI	19	FAUX	VRAI
CH3 p473	QU	-3013	-2986	28	VRAI	11	VRAI	VRAI
CH3 p514	QU	-3167	-3059	109	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH3 p515	QU	-3154	-3040	115	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH3 p517	QU	-3161	-3027	135	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH3 p525	QU	-3110	-3048	63	VRAI	50	FAUX	FAUX
CH3 p526	QU	-3103	-3022	82	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH3 p527	QU	-3103	-3021	83	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH3 p527	QU	-3112	-3022	91	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH3 p530	QU	-3014	-2987	28	VRAI	16	VRAI	FAUX
CH3 p532	QU	-3149	-3026	124	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH3 p545	QU	-3145	-3026	120	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH3 p547	QU	-3087	-2997	91	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH3 p548	QU	-3119	-3070	50	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH3 p553	QU	-3097	-2972	126	VRAI	89	FAUX	VRAI
CH3 p56	QU	-3061	-2989	73	VRAI	67	FAUX	FAUX
CH3 p620	QU	-3153	-3028	126	VRAI	111	FAUX	FAUX
CH3 p637	QU	-3135	-3038	98	VRAI	93	FAUX	FAUX
CH3 p649	QU	-3200	-2981	220	VRAI	188	FAUX	FAUX
CH3 p655	QU	-3015	-2991	25	VRAI	18	VRAI	VRAI
CH3 p657	QU	-3146	-2982	165	VRAI	122	FAUX	FAUX
CH3 p665	QU	-3004	-2976	29	VRAI	18	VRAI	VRAI
CH3 p669	QU	-3137	-3028	110	VRAI	93	FAUX	FAUX
CH3 p680	QU	-4003	-3760	244	VRAI	232	FAUX	FAUX
CH3 p693	QU	-3220	-3014	207	VRAI	206	FAUX	FAUX
CH3 p708	QU	-3211	-2992	220	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH3 p735	QU	-3971	-3764	208	VRAI	198	FAUX	FAUX
CH3 p758	QU	-3010	-2986	25	VRAI	18	VRAI	VRAI
CH3 p759	QU	-3018	-2986	33	VRAI	23	VRAI	VRAI
CH3 p760	QU	-3123	-3004	120	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH3 p762	QU	-3126	-3027	100	VRAI	87	FAUX	FAUX
CH3niv8 L1105	QU	-3195	-3171	25	VRAI	8	VRAI	VRAI
CH3niv8 L1572	QU	-3246	-3191	56	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH3niv8 L1592	QU	-3247	-3195	53	FAUX	0	VRAI	FAUX
CH3niv8 L1874	QU	-3244	-3169	76	VRAI	57	FAUX	FAUX
CH3niv8 L1878	QU	-3251	-3183	69	VRAI	57	VRAI	FAUX

Annexes 3. Chalain 3, listing des chênes datés (2)

libellé	espèce	origine	terme	âge	aubier	position de l'aubier	moelle	cambium
CH3niv8 L1882	QU	-3250	-3177	74	VRAI	63	VRAI	FAUX
CH3niv8 L1897	QU	-3235	-3188	48	VRAI	42	FAUX	FAUX
CH3niv8 L1901	QU	-3251	-3194	58	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH3niv8 L1921	QU	-3242	-3183	60	VRAI	49	VRAI	FAUX
CH3niv8 L2246	QU	-3244	-3198	47	VRAI	33	VRAI	FAUX
CH3niv8 L2382	QU	-3237	-3185	53	FAUX	0	VRAI	FAUX
CH3niv8 L321	QU	-3200	-3171	30	VRAI	12	VRAI	VRAI
CH3niv8 L323	QU	-3198	-3169	30	VRAI	15	VRAI	VRAI
CH3niv8 L934	QU	-3197	-3169	29	VRAI	11	VRAI	VRAI
CH3niv8 p680	QU	-3238	-2992	247	VRAI	224	FAUX	VRAI
CH3niv8 p694	QU	-3182	-2978	205	VRAI	175	FAUX	VRAI
CH3niv8 p695	QU	-3198	-2989	210	VRAI	172	FAUX	VRAI
CH3niv8 p910	QU	-3189	-2978	212	VRAI	194	VRAI	FAUX
CH3niv8 p911	QU	-3192	-2977	216	VRAI	182	FAUX	FAUX
CH3niv8 p929	QU	-3223	-2984	240	VRAI	203	FAUX	FAUX
CH3niv8 p930	QU	-3191	-2978	214	VRAI	195	VRAI	VRAI
CH3niv8 p978	QU	-3193	-2991	203	VRAI	181	FAUX	FAUX

*Annexes 3. Chalain 3, listing des chênes datés (3)*

libellé	espèce	origine	terme	âge	aubier	position de l'aubier	moelle	cambium
CH4 p3	QU	-3121	-3065	57	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH4 p8	QU	-3211	-3075	137	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH4 p10	QU	-3232	-3072	161	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH4 p11	QU	-3237	-3023	215	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH4 p12	QU	-3113	-3038	76	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH4 p14	QU	-3136	-3020	117	VRAI	99	FAUX	FAUX
CH4 p16	QU	-3226	-3002	225	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH4 p19	QU	-3155	-3017	139	VRAI	118	FAUX	FAUX
CH4 p20	QU	-3074	-3018	57	VRAI	48	VRAI	FAUX
CH4 p21	QU	-3132	-3057	76	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH4 p22	QU	-3151	-3077	75	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH4 p24	QU	-3224	-3034	191	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH4 p26	QU	-3216	-3099	118	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH4 p29	QU	-3116	-3005	112	VRAI	99	FAUX	FAUX
CH4 p31	QU	-3194	-3093	102	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH4 p34	QU	-3143	-3053	91	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH4 p36	QU	-3135	-3049	87	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH4 p41	QU	-3164	-3059	106	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH4 p44	QU	-3212	-3066	147	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH4 p45	QU	-3165	-3066	100	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH4 p48	QU	-3188	-3043	146	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH4 p52	QU	-3150	-3072	79	FAUX	0	VRAI	FAUX
CH4 p53	QU	-3103	-3010	94	VRAI	83	FAUX	FAUX
CH4 p54	QU	-3147	-3057	91	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH4 p56	QU	-3189	-3070	120	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH4 p59	QU	-3184	-3036	149	VRAI	142	FAUX	FAUX
CH4 F59 VII <sup>sup</sup>	QU	-3218	-3066	153	FAUX	0	VRAI	FAUX
CH4 p62	QU	-3135	-3036	100	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH4 p63	QU	-3159	-3010	150	VRAI	146	FAUX	FAUX
CH4 p64	QU	-3109	-3025	85	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH4 p66bis	QU	-3143	-3017	127	VRAI	112	FAUX	VRAI
CH4 p68	QU	-3207	-3018	190	VRAI	173	FAUX	FAUX
CH4 p69	QU	-3094	-3019	76	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH4 p74	QU	-3132	-3019	114	VRAI	93	FAUX	FAUX
CH4 p76	QU	-3153	-3026	128	VRAI	96	VRAI	FAUX
CH4 p79	QU	-3200	-3003	198	VRAI	183	FAUX	VRAI
CH4 p82bis	QU	-3054	-3004	51	VRAI	41	VRAI	VRAI
CH4 p89	QU	-3229	-3033	197	VRAI	186	FAUX	FAUX
CH4 p99	QU	-3084	-3031	54	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH4 p102	QU	-3109	-3009	101	VRAI	95	FAUX	FAUX
CH4 p105	QU	-3129	-3047	83	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH4 p106	QU	-3192	-3029	164	VRAI	157	FAUX	FAUX
CH4 p108	QU	-3145	-3048	98	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH4 p110	QU	-3133	-3052	82	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH4 p113	QU	-3113	-3042	72	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH4 p115	QU	-3233	-3115	119	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH4 p117	QU	-3220	-3002	219	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH4 p120	QU	-3216	-3055	162	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH4 p121	QU	-3115	-3047	69	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH4 p122	QU	-3125	-3074	52	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH4 p123	QU	-3228	-3073	156	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH4 p125	QU	-3214	-3095	120	FAUX	0	FAUX	FAUX

Annexes 3. Chalain 4, listing des chênes datés (1)

libellé	espèce	origine	terme	âge	aubier	position de l'aubier	moelle	cambium
CH4 p126	QU	-3169	-3053	117	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH4 p127	QU	-3212	-3096	117	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH4 p128	QU	-3169	-3052	118	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH4 p129	QU	-3106	-3041	66	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH4 p130	QU	-3107	-3040	68	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH4 p136	QU	-3130	-3018	113	VRAI	91	FAUX	VRAI
CH4 p138	QU	-3106	-3007	100	VRAI	86	FAUX	VRAI
CH4 p139	QU	-3196	-3059	138	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH4 p140	QU	-3161	-3024	138	VRAI	122	FAUX	FAUX
CH4 p141	QU	-3195	-3037	159	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH4 p142	QU	-3162	-3077	86	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH4 p144	QU	-3106	-3047	60	VRAI	57	FAUX	FAUX
CH4 p145	QU	-3121	-3039	83	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH4 p149	QU	-3128	-3019	110	VRAI	88	FAUX	VRAI
CH4 p154	QU	-3218	-3057	162	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH4 p159	QU	-3229	-3073	157	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH4 p164	QU	-3243	-3090	154	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH4 p165	QU	-3205	-3004	202	VRAI	187	FAUX	VRAI
CH4 p166	QU	-3085	-3008	78	VRAI	71	FAUX	VRAI
CH4 p171	QU	-3238	-3091	148	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH4 p172	QU	-3214	-3003	212	VRAI	193	FAUX	VRAI
CH4 p173	QU	-3203	-3077	127	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH4 p174	QU	-3169	-3044	126	VRAI	99	FAUX	VRAI
CH4 p175	QU	-3131	-3061	71	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH4 p178	QU	-3234	-3145	90	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH4 p179	QU	-3193	-3130	64	FAUX	0	VRAI	FAUX
CH4 p180	QU	-3190	-3008	183	VRAI	166	FAUX	FAUX
CH4 p181	QU	-3158	-3082	77	FAUX	0	VRAI	FAUX
CH4 p183	QU	-3113	-3058	56	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH4 p184	QU	-3200	-3033	168	VRAI	157	FAUX	FAUX
CH4 p185	QU	-3055	-3018	38	VRAI	27	VRAI	VRAI
CH4 p186	QU	-3127	-3003	125	VRAI	112	FAUX	VRAI
CH4 p187	QU	-3244	-3113	132	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH4 p190	QU	-3140	-3021	120	VRAI	102	FAUX	FAUX
CH4 p191	QU	-3147	-3016	132	VRAI	105	FAUX	FAUX
CH4 p192	QU	-3116	-3018	99	VRAI	80	FAUX	FAUX
CH4 p193	QU	-3122	-3018	105	VRAI	83	FAUX	FAUX
CH4 p194	QU	-3241	-3081	161	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH4 p195	QU	-3242	-3019	224	VRAI	210	FAUX	VRAI
CH4 p196	QU	-3245	-3018	228	VRAI	214	FAUX	FAUX
CH4 p197	QU	-3116	-3018	99	VRAI	91	FAUX	FAUX
CH4 p199	QU	-3157	-3021	137	VRAI	119	FAUX	FAUX
CH4 p200	QU	-3123	-3021	103	VRAI	88	FAUX	FAUX
CH4 p206	QU	-3221	-3104	118	FAUX	0	VRAI	FAUX
CH4 p207	QU	-3213	-3119	95	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH4 p208	QU	-3078	-3018	61	VRAI	50	FAUX	VRAI
CH4 p213	QU	-3225	-3093	133	FAUX	0	VRAI	FAUX
CH4 p214	QU	-3103	-3017	87	VRAI	70	FAUX	FAUX
CH4 p255	QU	-3138	-3018	121	VRAI	105	FAUX	FAUX
CH4 p257	QU	-3159	-3075	85	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH4 p266	QU	-3143	-3015	129	VRAI	107	VRAI	FAUX
CH4 p267	QU	-3135	-3017	119	VRAI	104	FAUX	FAUX
CH4 p268	QU	-3116	-3020	97	VRAI	77	FAUX	FAUX

Annexes 3. Chalain 4, listing des chênes datés (2)

libellé	espèce	origine	terme	âge	aubier	position de l'aubier	moelle	cambium
CH4 p275	QU	-3113	-3008	106	VRAI	102	FAUX	FAUX
CH4 p276	QU	-3148	-3006	143	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH4 p277	QU	-3061	-3001	61	VRAI	42	FAUX	VRAI
CH4 p280	QU	-3231	-3042	190	FAUX	0	VRAI	FAUX
CH4 p283	QU	-3076	-3001	76	VRAI	64	FAUX	FAUX
CH4 p286	QU	-3208	-3132	77	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH4 p288	QU	-3200	-3049	152	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH4 p302	QU	-3187	-3013	175	VRAI	156	FAUX	FAUX
CH4 p303	QU	-3072	-3002	71	VRAI	55	FAUX	VRAI
CH4 p304	QU	-3200	-3051	150	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH4 p305	QU	-3086	-3001	86	VRAI	72	FAUX	VRAI
CH4 p312	QU	-3118	-3001	118	VRAI	104	FAUX	FAUX
CH4 p314	QU	-3186	-3052	135	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH4 p322	QU	-3248	-3061	188	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH4 p327	QU	-3132	-3003	130	VRAI	117	FAUX	VRAI
CH4 p328	QU	-3152	-3052	101	FAUX	0	VRAI	FAUX
CH4 BH OF63E	QU	-3209	-3157	53	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH4 BH DF59A	QU	-3242	-3155	88	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH4 BH FF59E	QU	-3190	-3035	156	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH4 BH CF64	QU	-3219	-3088	132	FAUX	0	FAUX	FAUX

Annexes 3. Chalain 4, listing des chênes datés (3)

libellé	espèce	origine	terme	âge	aubier	position de l'aubier	moelle	cambium
CH5 p1	QU	-3143	-2979	165	VRAI	152	FAUX	FAUX
CH5 p2	QU	-3085	-2987	99	VRAI	93	FAUX	FAUX
CH5 p3	QU	-3140	-2974	167	VRAI	148	FAUX	FAUX
CH5 p5	QU	-3120	-2979	142	VRAI	127	FAUX	FAUX
CH5 p7	QU	-3191	-2989	203	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH5 p8	QU	-3195	-2985	211	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH5 p10	QU	-3023	-2970	54	VRAI	37	VRAI	FAUX
CH5 p11	QU	-3173	-2979	195	VRAI	164	FAUX	FAUX
CH5 p12	QU	-3169	-2992	178	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH5 p13	QU	-3058	-2983	76	FAUX	0	VRAI	FAUX
CH5 p16	QU	-3149	-2995	155	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH5 p17	QU	-3148	-2972	177	VRAI	161	FAUX	FAUX
CH5 p22	QU	-3139	-3001	139	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH5 p27	QU	-3121	-2972	150	VRAI	133	FAUX	FAUX
CH5 p29	QU	-3064	-2978	87	VRAI	74	FAUX	FAUX
CH5 p30	QU	-3221	-3048	174	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH5 p31	QU	-3066	-2978	89	VRAI	76	VRAI	FAUX
CH5 p32	QU	-3040	-2978	63	VRAI	52	FAUX	FAUX
CH5 p35	QU	-3171	-3011	161	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH5 p36	QU	-3120	-2990	131	VRAI	128	FAUX	FAUX
CH5 p37	QU	-3092	-2971	122	VRAI	101	FAUX	FAUX
CH5 p39	QU	-3132	-2990	143	VRAI	135	FAUX	FAUX

Annexes 3. Chalain 5, listing des chênes datés

libellé	espèce	origine	terme	âge	aubier	position de l'aubier	moelle	cambium
CH6 p9	QU	-3044	-2957	88	VRAI	71	FAUX	FAUX
CH6 p11	QU	-3097	-2961	137	VRAI	122	FAUX	FAUX
CH6 p12	QU	-3116	-3057	60	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH6 p13	QU	-3115	-2958	158	VRAI	143	FAUX	FAUX
CH6 p14	QU	-3030	-2964	67	VRAI	56	FAUX	FAUX
CH6 p16	QU	-3045	-2963	83	VRAI	71	FAUX	VRAI
CH6 p17	QU	-3051	-2964	88	VRAI	79	FAUX	FAUX
CH6 p23	QU	-3170	-2981	190	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH6 p25	QU	-3098	-2958	141	VRAI	128	FAUX	VRAI
CH6 p26	QU	-3001	-2965	37	VRAI	21	FAUX	FAUX
CH6 p49	QU	-3007	-2964	44	VRAI	29	VRAI	FAUX
CH6 p50	QU	-3112	-2999	114	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH6 p51	QU	-3049	-2958	92	VRAI	64	FAUX	VRAI
CH6 p52	QU	-3213	-2960	254	VRAI	236	FAUX	FAUX
CH6 p53	QU	-3022	-2963	60	VRAI	46	FAUX	FAUX
CH6 p56	QU	-3229	-2959	271	VRAI	253	FAUX	VRAI
CH6 p58	QU	-3047	-2960	88	VRAI	74	FAUX	FAUX
CH6 p62	QU	-3047	-2958	90	VRAI	75	FAUX	FAUX
CH6 p63	QU	-3055	-2957	99	VRAI	79	FAUX	VRAI
CH6 p66	QU	-3230	-2966	265	VRAI	254	FAUX	FAUX
CH6 p67	QU	-3192	-2959	234	VRAI	216	FAUX	FAUX
CH6 p68	QU	-3209	-2958	252	VRAI	234	FAUX	VRAI
CH6 p70	QU	-3073	-2959	115	VRAI	95	FAUX	VRAI
CH6 p81	QU	-3219	-2959	261	VRAI	238	FAUX	FAUX
CH6 p83	QU	-3122	-2957	166	VRAI	150	FAUX	FAUX
CH6 p129	QU	-3003	-2960	44	VRAI	0	FAUX	FAUX
CH6 p131	QU	-3068	-2992	77	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH6 p141	QU	-3109	-3044	66	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH6 p142	QU	-3223	-3045	179	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH6 p151	QU	-3068	-3000	69	FAUX	0	FAUX	FAUX

*Annexes 3. Chalain 6, listing des chênes datés*

## CH 7

libellé	espèce	origine	terme	âge	aubier	position de l'aubier	moelle	cambium
CH7 p1	QU	-3154	-3078	77	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH7 p2	QU	-3116	-3063	54	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH7 p7	QU	-3120	-3069	52	VRAI	40	VRAI	FAUX
CH7 p12	QU	-3168	-3020	149	VRAI	129	FAUX	FAUX
CH7 p13	QU	-3052	-2974	79	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH7 p15	QU	-3237	-3057	181	FAUX	0	FAUX	FAUX

## CH 8

libellé	espèce	origine	terme	âge	aubier	position de l'aubier	moelle	cambium
CH8 p1	QU	-3144	-2940	205	VRAI	187	FAUX	FAUX
CH8 p2	QU	-3120	-3057	64	VRAI	53	FAUX	FAUX

## CH 21

libellé	espèce	origine	terme	âge	aubier	position de l'aubier	moelle	cambium
CH21.1PLD	QU	-2887	-2768	120	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH21.1PLC	QU	-2884	-2775	110	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH21-4	QU	-2854	-2781	74	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH21-6	QU	-2843	-2794	50	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH21-7	QU	-2843	-2777	67	FAUX	0	FAUX	FAUX
CH21-1	QU	-2865	-2763	103	VRAI	85	FAUX	FAUX
CH21-3	QU	-2849	-2770	80	VRAI	75	VRAI	FAUX

## CH 22

libellé	espèce	origine	terme	âge	aubier	position de l'aubier	moelle	cambium
CH22 p6	QU	-3114	-3034	81	VRAI	50	FAUX	VRAI
CH22 p5	QU	-3128	-3068	61	VRAI	31	FAUX	FAUX

Annexes 3. Chalain 7, Chalain 8, Chalain 21 et Chalain 22, listing des chênes datés

libellé	espèce	origine	terme	âge	aubier	position de l'aubier	aubier	cambium
CLII-IIbis p145	FX	-3584	-3455	130	FAUX	0	FAUX	FAUX
CLII-IIbis p221	FX	-3549	-3454	96	FAUX	0	FAUX	FAUX
CLII-IIbis p205	FX	-3547	-3454	94	FAUX	0	FAUX	FAUX
CLII-IIbis p167	FX	-3533	-3438	96	FAUX	0	FAUX	FAUX
CLII-IIbis p538	FX	-3528	-3489	40	FAUX	0	FAUX	FAUX
CLII-IIbis p1494	FX	-3542	-3452	91	FAUX	0	FAUX	FAUX
CLII-IIbis p572	FX	-3578	-3480	99	FAUX	0	FAUX	FAUX
CLII-IIbis p1584dbt	FX	-3551	-3508	44	FAUX	0	FAUX	FAUX
CLII-IIbis p144	FX	-3548	-3430	119	FAUX	0	FAUX	FAUX
CLII-IIbis p1585	FX	-3485	-3446	40	FAUX	0	FAUX	FAUX
CLII-IIbis p557	FX	-3569	-3451	119	FAUX	0	FAUX	FAUX
CLII-IIbis p1367	FX	-3568	-3445	124	FAUX	0	FAUX	FAUX
CLII-IIbis p1371	FX	-3581	-3461	121	FAUX	0	FAUX	FAUX
CLII-IIbis p1372	FX	-3568	-3453	116	FAUX	0	FAUX	FAUX
CLII-IIbis p1375	FX	-3542	-3503	40	FAUX	0	FAUX	FAUX
CLII-IIbis p1377	FX	-3503	-3449	55	FAUX	0	FAUX	FAUX
CLII-IIbis p1376	FX	-3573	-3461	113	FAUX	0	FAUX	FAUX
CLII-IIbis p78	FX	-3523	-3441	83	FAUX	0	FAUX	FAUX
CLII-IIbis p402	FX	-3568	-3444	125	FAUX	0	FAUX	FAUX
CLII-IIbis p1467	FX	-3594	-3467	128	FAUX	0	FAUX	FAUX
CLII-IIbis p569	FX	-3538	-3484	55	FAUX	0	FAUX	FAUX
CLII-IIbis p81	FX	-3594	-3504	91	FAUX	0	FAUX	FAUX

*Annexes 3. Clairvaux II-IIbis, listing des frênes datés*

libellé	espèce	origine	terme	âge	aubier	position de l'aubier	moelle	cambium
CLII-IIbisPAL10-11-103	QU	-3659	-3543	117	FAUX	0	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCM11-117	QU	-3545	-3503	43	VRAI	42	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCM11-165	QU	-3566	-3456	111	VRAI	71	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCM11-110	QU	-3574	-3482	93	VRAI	83	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCM11-115	QU	-3580	-3468	113	VRAI	92	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCM11-1497	QU	-3565	-3478	88	VRAI	80	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCM11-116	QU	-3563	-3475	89	VRAI	87	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCM11-514	QU	-3550	-3450	101	VRAI	67	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCM11-122	QU	-3548	-3479	70	VRAI	66	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCM11-1498	QU	-3566	-3457	110	VRAI	85	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCM11-1502	QU	-3594	-3460	135	VRAI	116	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCM11-126	QU	-3569	-3478	92	VRAI	92	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCM11-1492	QU	-3566	-3463	104	VRAI	89	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCM11-120	QU	-3543	-3478	66	VRAI	66	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCM11-1499	QU	-3562	-3458	105	VRAI	86	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCM11-1513	QU	-3562	-3453	110	VRAI	86	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCM11-158	QU	-3571	-3469	103	VRAI	97	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCM11-160	QU	-3565	-3463	103	VRAI	91	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCM11-1510	QU	-3585	-3455	131	VRAI	112	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCM11-143	QU	-3577	-3472	106	VRAI	104	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCM11-516	QU	-3527	-3458	70	VRAI	57	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCM11-162	QU	-3576	-3459	118	VRAI	107	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCM11-163	QU	-3549	-3466	84	VRAI	80	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCM11-1505	QU	-3533	-3455	79	VRAI	64	VRAI	FAUX
CLII-IIbisCM11-109	QU	-3532	-3470	63	VRAI	63	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCM11-1506	QU	-3537	-3462	76	VRAI	69	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCM11-148B	QU	-3535	-3463	73	VRAI	68	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCM11-161	QU	-3570	-3496	75	FAUX	0	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCM11-519	QU	-3586	-3490	97	FAUX	0	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCM11-520	QU	-3591	-3484	108	FAUX	0	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCM11-124	QU	-3565	-3486	80	FAUX	0	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCM11-114	QU	-3548	-3476	73	FAUX	0	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCM11-518	QU	-3562	-3467	96	FAUX	0	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCM10-104	QU	-3572	-3494	79	VRAI	64	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCM10-504	QU	-3587	-3465	123	VRAI	86	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCM10-107	QU	-3598	-3494	105	VRAI	99	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCM10-100	QU	-3522	-3490	33	VRAI	30	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCM10-105	QU	-3587	-3474	114	VRAI	96	VRAI	FAUX
CLII-IIbisCM10-502	QU	-3572	-3482	91	VRAI	88	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCM10-99	QU	-3534	-3476	59	VRAI	52	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCM10-102	QU	-3535	-3476	60	VRAI	59	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCM10-95	QU	-3557	-3475	83	VRAI	83	VRAI	FAUX
CLII-IIbisCM10-97	QU	-3520	-3472	49	VRAI	48	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCM10-96	QU	-3506	-3471	36	VRAI	34	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCM10-507	QU	-3513	-3462	52	VRAI	43	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCM10-1461	QU	-3577	-3499	79	FAUX	0	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCM10-499	QU	-3558	-3494	65	FAUX	0	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCM10-92	QU	-3568	-3490	79	FAUX	0	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCM10-503	QU	-3544	-3485	60	FAUX	0	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCM10-509	QU	-3565	-3475	91	FAUX	0	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCM10-506	QU	-3539	-3475	65	FAUX	0	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCM12-QU1539	QU	-3545	-3456	90	VRAI	66	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCM12-QU1526	QU	-3561	-3463	99	VRAI	84	FAUX	FAUX

Annexes 3. Clairvaux II-IIbis, listing des chênes datés (1)

libellé	espèce	origine	terme	âge	aubier	position de l'aubier	moelle	cambium
CLII-IIbisCM12-QU168	QU	-3530	-3466	65	VRAI	62	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCM12-QU1606	QU	-3553	-3490	64	FAUX	0	FAUX	FAUX
CLII-IIbisPAL10-11-225	QU	-3592	-3466	127	VRAI	109	FAUX	FAUX
CLII-IIbisPAL10-11-174	QU	-3574	-3460	115	VRAI	96	FAUX	FAUX
CLII-IIbisPAL12-211	QU	-3567	-3467	101	VRAI	81	FAUX	FAUX
CLII-IIbisPAL12-213	QU	-3532	-3458	75	VRAI	59	FAUX	FAUX
CLII-IIbisPAL12-239	QU	-3550	-3451	100	VRAI	81	FAUX	FAUX
CLII-IIbisPAL12-238	QU	-3536	-3488	49	FAUX	0	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCM13-1590	QU	-3615	-3479	137	VRAI	108	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCM13-297	QU	-3564	-3489	76	VRAI	73	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCM13-310	QU	-3577	-3462	116	VRAI	89	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCM13-305	QU	-3523	-3453	71	VRAI	42	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCM13-1596	QU	-3561	-3451	111	VRAI	81	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCM13-1597	QU	-3557	-3461	97	VRAI	77	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCM13-295	QU	-3554	-3462	93	VRAI	76	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCM13-303	QU	-3548	-3466	83	VRAI	71	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCM13-1633	QU	-3535	-3478	58	VRAI	58	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCM13-1589	QU	-3579	-3473	107	VRAI	103	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCM13-304	QU	-3535	-3456	80	VRAI	60	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCM13-1595	QU	-3517	-3462	56	VRAI	42	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCM13-284	QU	-3569	-3462	108	VRAI	95	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCM13-2902	QU	-3534	-3463	72	VRAI	60	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCM13-301	QU	-3543	-3455	89	VRAI	72	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCM13-306	QU	-3526	-3470	57	VRAI	55	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCM13-307	QU	-3592	-3454	139	VRAI	122	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCM13-308	QU	-3579	-3456	124	VRAI	109	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCM13-312	QU	-3517	-3459	59	VRAI	48	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCM13-302	QU	-3516	-3451	66	VRAI	48	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCM13-296	QU	-3528	-3456	73	VRAI	61	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCM13-1602	QU	-3522	-3456	67	VRAI	55	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCM13-283A	QU	-3540	-3490	51	FAUX	0	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCM13-1615	QU	-3541	-3468	74	FAUX	0	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCM13-291	QU	-3547	-3465	83	FAUX	0	FAUX	FAUX
CLII-IIbisPAL13-269	QU	-3578	-3503	76	VRAI	58	FAUX	FAUX
CLII-IIbisPAL13-249	QU	-3567	-3469	99	VRAI	90	FAUX	FAUX
CLII-IIbisPAL13-275	QU	-3569	-3463	107	VRAI	94	FAUX	FAUX
CLII-IIbisPAL13-270	QU	-3589	-3506	84	FAUX	0	FAUX	FAUX
CLII-IIbisPAL13-268	QU	-3594	-3493	102	FAUX	0	FAUX	FAUX
CLII-IIbisPAL13-271	QU	-3586	-3483	104	FAUX	0	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCM14-1648	QU	-3540	-3491	50	VRAI	49	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCM14-1623	QU	-3554	-3467	88	VRAI	66	VRAI	FAUX
CLII-IIbisCM14-530	QU	-3545	-3488	58	VRAI	58	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCM14-1626	QU	-3539	-3466	74	VRAI	54	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCM14-427A	QU	-3556	-3462	95	VRAI	75	VRAI	FAUX
CLII-IIbisCM14-1659	QU	-3544	-3465	80	VRAI	63	VRAI	FAUX
CLII-IIbisCM14-1645	QU	-3560	-3454	107	VRAI	81	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCM14-1644	QU	-3569	-3456	114	VRAI	91	VRAI	FAUX
CLII-IIbisCM14-1619	QU	-3548	-3456	93	VRAI	72	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCM14-428X	QU	-3521	-3465	57	VRAI	48	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCM14-525	QU	-3551	-3458	94	VRAI	80	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCM14-524	QU	-3535	-3459	77	VRAI	66	FAUX	FAUX

Annexes 3. Clairvaux II-IIbis, listing des chênes datés (2)

libellé	espèce	origine	terme	âge	aubier	position de l'aubier	moelle	cambium
CLII-IIbisCM14-526	QU	-3519	-3459	61	VRAI	50	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCM14-1656	QU	-3543	-3456	88	VRAI	75	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCM14-534	QU	-3560	-3454	107	VRAI	93	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCM14-430	QU	-3542	-3456	87	VRAI	75	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCM14-1651	QU	-3565	-3467	99	FAUX	0	FAUX	FAUX
CLII-IIbisPAL14-329	QU	-3571	-3505	67	FAUX	0	FAUX	FAUX
CLII-IIbisPAL14-3302	QU	-3538	-3486	53	FAUX	0	FAUX	FAUX
CLII-IIbisPAL14-361	QU	-3575	-3481	95	FAUX	0	FAUX	FAUX
CLII-IIbisPAL14-321	QU	-3534	-3480	55	FAUX	0	FAUX	FAUX
CLII-IIbisPAL14-340	QU	-3572	-3461	112	FAUX	0	FAUX	FAUX
CLII-IIbisPAL14-335	QU	-3536	-3458	79	FAUX	0	FAUX	FAUX
CLII-IIbisPAL15-384	QU	-3591	-3474	118	VRAI	106	FAUX	FAUX
CLII-IIbisPAL15-362	QU	-3583	-3461	123	VRAI	101	FAUX	FAUX
CLII-IIbisPAL15-381	QU	-3589	-3466	124	VRAI	112	FAUX	FAUX
CLII-IIbisPAL15-356	QU	-3536	-3468	69	VRAI	61	FAUX	FAUX
CLII-IIbisPAL15-358	QU	-3584	-3475	110	FAUX	0	FAUX	FAUX
CLII-IIbisPAL16-555-2	QU	-3582	-3495	88	FAUX	0	FAUX	FAUX
CLII-IIbisPAL16-416	QU	-3532	-3489	44	FAUX	0	FAUX	FAUX
CLII-IIbisPAL16-423	QU	-3592	-3488	105	FAUX	0	FAUX	FAUX
CLII-IIbisPAL16-413	QU	-3536	-3487	50	FAUX	0	FAUX	FAUX
CLII-IIbisPAL16-400	QU	-3550	-3474	77	FAUX	0	FAUX	FAUX
CLII-IIbisPAL16-417	QU	-3565	-3472	94	FAUX	0	FAUX	FAUX
CLII-IIbisPAL16-418	QU	-3537	-3459	79	FAUX	0	FAUX	FAUX
CLII-IIbisPAL16-419-2	QU	-3514	-3458	57	FAUX	0	FAUX	FAUX
CLII-IIbisPAL16-549	QU	-3571	-3456	116	FAUX	0	FAUX	FAUX
CLII-IIbisPAL16-552	QU	-3541	-3455	87	FAUX	0	FAUX	FAUX
CLII-IIbisPAL16-551	QU	-3536	-3455	82	FAUX	0	FAUX	FAUX
CLII-IIbisPAL16-412	QU	-3518	-3449	70	FAUX	0	FAUX	FAUX
CLII-IIbisZONEA-406	QU	-3545	-3487	59	FAUX	0	FAUX	FAUX
CLII-IIbisZONEA-544	QU	-3557	-3475	83	FAUX	0	FAUX	FAUX
CLII-IIbisZONEA-408	QU	-3540	-3467	74	FAUX	0	FAUX	FAUX
CLII-IIbisZONEA-537	QU	-3549	-3458	92	FAUX	0	FAUX	FAUX
CLII-IIbisZONEA-404	QU	-3576	-3452	125	FAUX	0	FAUX	FAUX
CLII-IIbisZONEC-1475	QU	-3570	-3459	112	VRAI	101	FAUX	FAUX
CLII-IIbisZONEC-1565	QU	-3541	-3481	61	FAUX	0	FAUX	FAUX
CLII-IIbisZONEC-1472	QU	-3539	-3477	63	FAUX	0	FAUX	FAUX
CLII-IIbisZONEC-1577	QU	-3590	-3472	119	FAUX	0	FAUX	FAUX
CLII-IIbisZONEC-1474	QU	-3571	-3462	110	FAUX	0	FAUX	FAUX
CLII-IIbisZONEC-1561	QU	-3521	-3462	60	FAUX	0	FAUX	FAUX
CLII-IIbisZONEC-1470	QU	-3547	-3458	90	FAUX	0	FAUX	FAUX
CLII-IIbisZONEC-1564	QU	-3561	-3456	106	FAUX	0	FAUX	FAUX
CLII-IIbisZONEC-1578	QU	-3552	-3455	98	FAUX	0	FAUX	FAUX
CLII-IIbisZONEC-1573	QU	-3560	-3454	107	FAUX	0	FAUX	FAUX
CLII-IIbisZONEB-1485	QU	-3637	-3534	104	FAUX	0	FAUX	FAUX
CLII-IIbisZONEB-1536	QU	-3555	-3500	56	FAUX	0	FAUX	FAUX
CLII-IIbisZONEB-1550	QU	-3544	-3492	53	FAUX	0	FAUX	FAUX
CLII-IIbisZONEB-14861	QU	-3553	-3490	64	FAUX	0	FAUX	FAUX
CLII-IIbisZONEB-1548	QU	-3568	-3480	89	FAUX	0	FAUX	FAUX
CLII-IIbisZONEB-1549	QU	-3567	-3475	93	FAUX	0	FAUX	FAUX
CLII-IIbisZONEB-1487	QU	-3573	-3460	114	FAUX	0	FAUX	FAUX

Annexes 3. Clairvaux II-IIbis, listing des chênes datés (3)

libellé	espèce	origine	terme	âge	aubier	position de l'aubier	moelle	cambium
CLII-IIbisZONEB-1541	QU	-3565	-3460	106	FAUX	0	FAUX	FAUX
CLII-IIbisZONEB-1482	QU	-3538	-3460	79	FAUX	0	FAUX	FAUX
CLII-IIbisZONEB-1484	QU	-3577	-3457	121	FAUX	0	FAUX	FAUX
CLII-IIbisZONEB-1546	QU	-3540	-3455	86	FAUX	0	FAUX	FAUX
CLII-IIbisZONEB-1473	QU	-3559	-3454	106	FAUX	0	FAUX	FAUX
CLII-IIbisZONEB-1490	QU	-3577	-3453	125	FAUX	0	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCM1-1349	QU	-3527	-3456	72	VRAI	52	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCM3-494	QU	-3543	-3462	82	VRAI	70	VRAI	FAUX
CLII-IIbisCM3-1370	QU	-3549	-3459	91	VRAI	77	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCM3-1381	QU	-3538	-3473	66	VRAI	66	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCM3-1392	QU	-3550	-3460	91	VRAI	79	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCM2-1365	QU	-3549	-3460	90	VRAI	78	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCM2-479	QU	-3521	-3464	58	VRAI	50	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCM3-1391	QU	-3551	-3457	95	VRAI	81	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCM2-1369	QU	-3545	-3460	86	VRAI	75	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCM2-478	QU	-3545	-3477	69	VRAI	65	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCM1-1359	QU	-3555	-3465	91	VRAI	86	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCM2-466	QU	-3532	-3462	71	VRAI	64	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCM3-1390	QU	-3536	-3457	80	VRAI	69	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCM2-1378	QU	-3529	-3462	68	VRAI	62	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCM2-1343	QU	-3539	-3458	82	VRAI	73	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCM1-1364	QU	-3529	-3459	71	VRAI	63	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCM1-1357	QU	-3521	-3456	66	VRAI	57	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCM2-1374	QU	-3562	-3460	103	VRAI	99	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCM2-1346	QU	-3534	-3458	77	VRAI	72	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCM3-1385	QU	-3560	-3507	54	FAUX	0	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCM3-481	QU	-3553	-3498	56	FAUX	0	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCM1-1363	QU	-3581	-3489	93	FAUX	0	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCM3-491	QU	-3532	-3486	47	FAUX	0	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCM3-488	QU	-3556	-3482	75	FAUX	0	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCM3-1384	QU	-3561	-3477	85	FAUX	0	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCM3-1380	QU	-3559	-3477	83	FAUX	0	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCM1-1351	QU	-3540	-3472	69	FAUX	0	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCM2-1339	QU	-3527	-3471	57	FAUX	0	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCM1-497	QU	-3539	-3470	70	FAUX	0	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCM2-477	QU	-3573	-3469	105	FAUX	0	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCM1-1348	QU	-3537	-3469	69	FAUX	0	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCM2-1379	QU	-3584	-3466	119	FAUX	0	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCM1-1361-double	QU	-3575	-3462	114	FAUX	0	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCM2-464	QU	-3554	-3462	93	FAUX	0	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCM1-1352-double	QU	-3583	-3460	124	FAUX	0	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCpass8-1419	QU	-3608	-3508	101	VRAI	68	VRAI	FAUX
CLII-IIbisCpass8-1458	QU	-3555	-3474	82	VRAI	77	VRAI	FAUX
CLII-IIbisCpass8-69	QU	-3546	-3465	82	VRAI	69	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCpass9-1441	QU	-3541	-3460	82	VRAI	66	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCpass8-1495	QU	-3596	-3455	142	VRAI	126	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCpass8-1465	QU	-3536	-3460	77	VRAI	66	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCpass9-1468	QU	-3532	-3452	81	VRAI	63	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCpass8-1464	QU	-3553	-3455	99	VRAI	85	VRAI	FAUX
CLII-IIbisCpass9-1453	QU	-3551	-3453	99	VRAI	84	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCpass9-1440	QU	-3536	-3456	81	VRAI	69	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCpass9-1451	QU	-3540	-3454	87	VRAI	74	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCpass9-1449	QU	-3542	-3461	82	VRAI	76	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCpass9-1454	QU	-3538	-3453	86	VRAI	73	FAUX	FAUX

Annexes 3. Clairvaux II-IIbis, listing des chênes datés (4)

libellé	espèce	origine	terme	âge	aubier	position de l'aubier	moelle	cambium
CLII-IIbisCpass9-1493	QU	-3581	-3486	96	FAUX	0	FAUX	FAUX
CLII-IIbisZoneD-1425	QU	-3549	-3458	92	VRAI	82	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCM5-468	QU	-3580	-3464	117	VRAI	89	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCM7-72	QU	-3545	-3469	77	VRAI	57	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCM7-458	QU	-3591	-3475	117	VRAI	107	VRAI	FAUX
CLII-IIbisCM7-461	QU	-3536	-3485	52	VRAI	52	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCM7-460	QU	-3570	-3479	92	VRAI	87	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCM5-1395	QU	-3551	-3470	82	VRAI	68	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCM6-1399	QU	-3583	-3458	126	VRAI	107	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCM5-1400	QU	-3524	-3458	67	VRAI	50	VRAI	FAUX
CLII-IIbisCM5-473	QU	-3594	-3461	134	VRAI	120	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCM7-450	QU	-3547	-3460	88	VRAI	76	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCM5-475	QU	-3533	-3467	67	VRAI	62	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCM5-467	QU	-3578	-3467	112	VRAI	108	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCM7-77	QU	-3546	-3458	89	VRAI	76	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCM5-1335	QU	-3523	-3463	61	VRAI	54	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCM6-1402	QU	-3605	-3523	83	FAUX	0	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCM6-1405	QU	-3601	-3516	86	FAUX	0	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCM5-474	QU	-3568	-3515	54	FAUX	0	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCM7-454	QU	-3556	-3512	45	FAUX	0	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCM5-1397	QU	-3560	-3505	56	FAUX	0	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCM7-80	QU	-3575	-3498	78	FAUX	0	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCM7-71	QU	-3553	-3497	57	FAUX	0	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCM7-459	QU	-3579	-3492	88	FAUX	0	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCM6-482	QU	-3545	-3492	54	FAUX	0	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCM5-1396	QU	-3552	-3490	63	FAUX	0	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCM5-476	QU	-3538	-3483	56	FAUX	0	FAUX	FAUX
CLII-IIbisCM7-451	QU	-3541	-3481	61	FAUX	0	VRAI	FAUX

Annexes 3. Clairvaux II-IIbis, listing des chênes datés (5)

libellé	espèce	origine	terme	âge	aubier	position de l'aubier	moelle	cambium
CL IV p195	QU	-3172	-3056	117	VRAI	110	FAUX	FAUX
CL IV p84	QU	-3191	-3054	138	VRAI	132	FAUX	FAUX
CL IV p8	QU	-3106	-3044	63	VRAI	51	FAUX	FAUX
CL IV p123	QU	-3177	-3005	173	VRAI	123	FAUX	FAUX
CL IV p120	QU	-3207	-3040	168	VRAI	154	FAUX	FAUX
CL IV p220	QU	-3137	-3048	90	VRAI	85	FAUX	FAUX
CL IV p2	QU	-3207	-3045	163	VRAI	156	FAUX	FAUX
CL IV p59	QU	-3186	-2986	201	VRAI	162	FAUX	FAUX
CL IV p106	QU	-3184	-2985	200	VRAI	163	FAUX	FAUX
CL IV p31	QU	-3147	-2991	157	VRAI	127	FAUX	FAUX
CL IV p83	QU	-3187	-2986	202	VRAI	182	FAUX	FAUX
CL IV p43	QU	-3049	-2992	58	VRAI	46	FAUX	FAUX
CL IV p25	QU	-3186	-2985	202	VRAI	189	FAUX	FAUX
CL IV p82	QU	-3126	-2984	143	VRAI	129	FAUX	FAUX
CL IV p57	QU	-3018	-2965	54	VRAI	42	VRAI	FAUX
CL IV p72	QU	-2976	-2952	25	VRAI	16	VRAI	FAUX
CL IV p58	QU	-2974	-2952	23	VRAI	17	VRAI	FAUX
CL IV p47	QU	-2977	-2950	28	VRAI	22	FAUX	FAUX
CL IV p107	QU	-3218	-3165	54	FAUX	0	FAUX	FAUX
CL IV p50	QU	-3227	-3144	84	FAUX	0	FAUX	FAUX
CL IV p213	QU	-3184	-3082	103	FAUX	0	FAUX	FAUX
CL IV p48	QU	-3185	-3077	109	FAUX	0	FAUX	FAUX
CL IV p89	QU	-3238	-3076	163	FAUX	0	FAUX	FAUX
CL IV p11	QU	-3226	-3072	155	FAUX	0	FAUX	FAUX
CL IV p118	QU	-3092	-3058	35	FAUX	0	FAUX	FAUX
CL IV p26	QU	-3106	-3057	50	FAUX	0	FAUX	FAUX
CL IV p28	QU	-3117	-3052	66	FAUX	0	FAUX	FAUX
CL IV p178	QU	-3132	-3049	84	FAUX	0	FAUX	FAUX
CL IV p70	QU	-3207	-3046	162	FAUX	0	FAUX	FAUX
CL IV p115	QU	-3191	-3044	148	FAUX	0	FAUX	FAUX
CL IV p224	QU	-3103	-3043	61	FAUX	0	FAUX	FAUX
CL IV B4 VII	QU	-3093	-3043	51	FAUX	0	FAUX	FAUX
CL IV p76	QU	-3233	-3040	194	FAUX	0	FAUX	FAUX
CL IV p143	QU	-3211	-3034	178	FAUX	0	FAUX	FAUX
CL IV p29	QU	-3116	-3029	88	FAUX	0	FAUX	FAUX
CL IV p94	QU	-3132	-3022	111	FAUX	0	FAUX	FAUX
CL IV p54	QU	-3223	-3019	205	FAUX	0	FAUX	FAUX
CL IV p209	QU	-3197	-3018	180	FAUX	0	FAUX	FAUX
CL IV p113	QU	-3190	-3014	177	FAUX	0	FAUX	FAUX
CL IV p34	QU	-3186	-3013	174	FAUX	0	FAUX	FAUX
CL IV p10	QU	-3196	-3012	185	FAUX	0	FAUX	FAUX
CL IV p92	QU	-3216	-2969	248	FAUX	0	FAUX	FAUX
CL IV p109	QU	-3201	-3008	194	FAUX	0	FAUX	FAUX
CL IV p88	QU	-3204	-3003	202	FAUX	0	FAUX	FAUX
CL IV p127	QU	-3073	-2999	75	FAUX	0	FAUX	FAUX
CL IV p23	QU	-3119	-2988	132	FAUX	0	FAUX	FAUX
CL IV p65	QU	-3127	-2980	148	FAUX	0	FAUX	FAUX
CL IV p168	QU	-3003	-2959	45	FAUX	0	FAUX	FAUX
CL IV p182.2	QU	-2986	-2959	28	FAUX	0	FAUX	FAUX
CL IV p176	QU	-2992	-2953	40	FAUX	0	FAUX	FAUX
CL IV p202	QU	-2991	-2942	50	FAUX	0	FAUX	FAUX

Annexes 3. Clairvaux IV, listing des chênes datés

libellé	espèce	origine	terme	âge	aubier	position de l'aubier	moelle	cambium
CLMMCS99III-1	QU	-3214	-3025	190	FAUX	0	FAUX	FAUX
CLMMCS98III-1	QU	-3195	-3014	182	FAUX	0	FAUX	FAUX
CLMMCS98III-2	QU	-3215	-3027	189	FAUX	0	FAUX	FAUX
CLMM-MM-p570	QU	-3140	-2978	163	VRAI	145	FAUX	FAUX
CLMMCY97-p6	QU	-3087	-3022	66	VRAI	64	VRAI	FAUX
CLMM-MMS-II-p8	QU	-3114	-3032	83	VRAI	71	FAUX	FAUX
CLMM-CY96-p2	QU	-3074	-3009	66	VRAI	57	FAUX	FAUX
CLMM-COCR99100-p15	QU	-3145	-2993	153	VRAI	142	FAUX	FAUX
CLMMCQ96.21	QU	-3134	-2958	177	VRAI	157	FAUX	FAUX
CLMMS.II.p14	QU	-3134	-2994	141	VRAI	126	FAUX	FAUX
CLMM.pieu945-d	QU	-3005	-2931	75	VRAI	58	VRAI	FAUX
CLMMCOCR9697.9-d	QU	-3036	-2986	51	VRAI	34	VRAI	FAUX
CLMM.p565	QU	-3009	-2934	76	VRAI	59	FAUX	FAUX
CLMMCR101.7	QU	-2995	-2957	39	VRAI	27	FAUX	FAUX
CLMMCS102.1-d	QU	-3039	-2968	72	FAUX	0	FAUX	FAUX
CLMMCS96.pieu5	QU	-3024	-2959	66	VRAI	58	VRAI	FAUX
CLMM.p1456	QU	-3048	-2970	79	VRAI	59	FAUX	FAUX
CLMMCOCR99100.p23	QU	-3113	-2922	192	VRAI	160	FAUX	FAUX
CLMMCZDA102103.15	QU	-2971	-2929	43	VRAI	32	FAUX	FAUX
CLMMWCX9697.p15	QU	-3022	-2941	82	VRAI	73	FAUX	FAUX
CLMMCXCY98.1-d	QU	-3062	-3011	52	FAUX	0	FAUX	FAUX
CLMMCV.100.pieu2-d	QU	-3001	-2925	77	VRAI	65	FAUX	FAUX
CLMMCS99100.2	QU	-2983	-2941	43	VRAI	34	VRAI	FAUX
CLMMCOCR102103.10	QU	-2970	-2938	33	VRAI	25	VRAI	FAUX
CLMMWCX102103.pieu4	QU	-3037	-2969	69	VRAI	52	FAUX	FAUX
CLMM.p563	QU	-3060	-2991	70	FAUX	0	FAUX	FAUX
CLMMCS101.3-d	QU	-3069	-2999	71	FAUX	0	FAUX	FAUX
CLMMDA102.11	QU	-3048	-2973	76	VRAI	66	FAUX	FAUX
CLMMS.26	QU	-3018	-2963	56	VRAI	47	VRAI	FAUX
CLMMCZDA9394.pieu20	QU	-3097	-3032	66	FAUX	0	FAUX	FAUX
CLMMDA101.p13	QU	-3132	-3048	85	VRAI	79	VRAI	FAUX
CLMM.p926	QU	-3104	-3052	53	VRAI	44	VRAI	FAUX
CLMM.pieu132	QU	-3113	-3018	96	FAUX	0	FAUX	FAUX
CLMMS.23	QU	-3007	-2951	57	VRAI	48	FAUX	FAUX
CLMMCXCY98.2-d	QU	-3132	-3077	56	FAUX	0	FAUX	FAUX
CLMMCOCR102103.4	QU	-3017	-2916	102	VRAI	90	FAUX	FAUX

Annexes 3. Clairvaux La Motte-aux-Magnins, listing des chênes datés

## CL X

libellé	espèce	origine	terme	âge	aubier	position de l'aubier	moelle	cambium
CLX p3	QU	-3217	-3052	166	FAUX	0	FAUX	FAUX
CLX p1	QU	-3184	-3004	181	FAUX	0	FAUX	FAUX
CLX p2	QU	-3186	-2999	188	FAUX	0	FAUX	FAUX
CLX p4	QU	-3165	-3016	150	FAUX	0	FAUX	FAUX
CLX p7	QU	-3169	-3034	136	FAUX	0	FAUX	FAUX

## CL XIV

libellé	espèce	origine	terme	âge	aubier	position de l'aubier	moelle	cambium
CLXIV p50	QU	-3955	-3861	95	FAUX	0	FAUX	FAUX
CLXIV p12	QU	-3948	-3854	95	FAUX	0	FAUX	FAUX
CLXIV p43	QU	-3933	-3860	74	FAUX	0	FAUX	FAUX
CLXIV p30	QU	-3919	-3831	89	FAUX	0	FAUX	FAUX
CLXIV p11	QU	-3924	-3839	86	FAUX	0	FAUX	FAUX
CLXIV p5	QU	-3894	-3831	64	FAUX	0	FAUX	FAUX
CLXIV M49D4	QU	-4021	-3949	73	FAUX	0	FAUX	FAUX
CLXIV p85	QU	-3944	-3833	112	FAUX	0	FAUX	FAUX
CLXIV p110	QU	-3944	-3838	107	VRAI	89	FAUX	VRAI

## CL VII

libellé	espèce	origine	terme	âge	aubier	position de l'aubier	moelle	cambium
CLVII DE51B	QU	-4001	-3885	117	FAUX	0	FAUX	FAUX
CLVII DC52B	QU	-3996	-3963	34	FAUX	0	FAUX	FAUX
CLVII p3	QU	-4015	-3884	132	FAUX	0	FAUX	FAUX

*Annexes 3. Clairvaux X, XIV et VII, listing des chênes datés*

**JURANE07**

ESP QUERCUS  
 LON 290 années  
 ORI -3248  
 TER -2959

VALeur NAT

153	128	145	218	217	208	234	145	218	208
188	213	202	166	226	265	256	262	225	231
198	244	184	233	197	164	179	172	188	189
162	185	167	217	186	223	147	135	165	148
155	170	155	130	183	159	176	182	181	167
160	145	141	152	148	136	180	168	183	184
128	153	125	106	102	139	110	120	128	149
116	127	93	109	118	163	189	161	148	119
127	122	122	143	126	90	114	128	146	138
121	111	142	115	142	133	128	142	164	136
133	116	131	124	117	108	135	117	112	127
94	106	150	159	153	116	128	111	114	125
136	119	117	125	134	161	173	198	171	169
150	158	138	123	163	152	184	152	134	137
138	108	117	142	133	131	129	112	113	105
96	87	74	82	97	94	98	114	95	96
85	93	94	81	95	87	95	97	91	76
82	74	91	92	88	91	87	67	64	58
59	58	64	77	70	78	80	81	75	88
79	84	71	72	83	85	82	77	77	63
74	77	74	73	78	80	78	78	76	69
74	72	60	58	66	61	55	54	59	62
63	65	63	59	61	66	64	70	64	68
55	55	58	53	57	51	56	56	60	65
62	65	67	60	64	63	67	66	69	77
73	69	78	71	73	63	58	62	65	70
66	73	70	79	83	82	79	92	96	99
95	108	116	95	83	71	78	70	68	75
84	91	68	65	77	68	64	100	92	154





## Résumé

Les villages littoraux de Chalain et de Clairvaux, fouillés depuis plus de 30 ans, représentent une chronologie de près d'un millénaire et demi, depuis le néolithique Moyen Bourguignon (vers 4000 av. J.-C.) jusqu'au néolithique final (vers 2600 av. J.-C.).

L'excellente conservation des bois, en milieu humide et anaérobie, a permis la datation dendrochronologique directe de plus de 1100 pièces d'architecture de chêne ou de frêne, en particulier les poteaux maîtres verticaux des habitations et, plus rarement, quelques bois horizontaux trouvés dans les couches archéologiques.

L'objectif principal de ce travail est de présenter les limites et les potentialités de la méthode dendrochronologique pour montrer la vitesse évolutive des outillages, des techniques et des successions culturelles, parfois dans des laps de temps inférieurs à une génération.

Afin d'évaluer au mieux les limites de la méthode nous avons, dans un premier temps, réalisé un test sur un lot restreint de chênes et de frênes du village néolithique de Chalain 19, avant d'étudier tous les bois de cet habitat. Les résultats obtenus ont ensuite été intégrés à une nouvelle (et troisième) synthèse dendrochronologique prenant en compte la totalité des chênes et des frênes datés sur l'ensemble des villages des deux bassins lacustres de Chalain et de Clairvaux.

Mais derrière les courbes utilisées pour dater, la dendrochronologie offre des informations écologiques plus discrètes, mais essentielles : l'analyse des différents types de croissance des bois a en effet permis de mettre en évidence une modification de l'approvisionnement en bois d'œuvre, modification liée à la croissance démographique et à l'intrusion d'un style céramique nouveau.

Utilisée conjointement à l'étude des successions sédimentaires et des séquences chrono-culturelles la dendrochronologie reste un outil privilégié pour appréhender l'écoulement du temps et l'impact de l'homme sur l'environnement.

**Mots clés :** dendrochronologie, dendroécologie, bois subfossile, archéologie, village lacustre, Néolithique final, Néolithique moyen, Chalain, Clairvaux, Jura.