ArcheoSciences

Revue d'archéométrie

42-1 | 2018

Varia / 40 ans de colloques du GMPCA

Approche dendroarchéologique de l'approvisionnement de la ville antique d'*Augustonemetum* (Clermont-Ferrand – Puy-de- Dôme) en bois d'œuvre et exploitation forestière

*Dendroarchaeological approach to supply of timber and woodland management
to the ancient city of Augustonemetum (Clermont-Ferrand – Puy-de-Dôme)*

François Blondel et Olivier Girardclos

Édition électronique

URL : <https://journals.openedition.org/archeosciences/5135>

DOI : 10.4000/archeosciences.5135

ISSN : 2104-3728

Éditeur

Presses universitaires de Rennes

Édition imprimée

Date de publication : 27 juin 2018

Pagination : 17-33

ISBN : 978-2-7535-7587-5

ISSN : 1960-1360

Référence électronique

François Blondel et Olivier Girardclos, « Approche dendroarchéologique de l'approvisionnement de la ville antique d'*Augustonemetum* (Clermont-Ferrand – Puy-de-Dôme) en bois d'œuvre et exploitation forestière », *ArcheoSciences* [En ligne], 42-1 | 2018, mis en ligne le 27 juin 2020, consulté le 28 janvier 2022. URL : <http://journals.openedition.org/archeosciences/5135> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/archeosciences.5135>

Approche dendroarchéologique de l'approvisionnement de la ville antique d'*Augustonemetum* (Clermont-Ferrand, Puy-de-Dôme) en bois d'œuvre et exploitation forestière

Dendroarchaeological Approach to Supply of Timber and Woodland Management to the Ancient City of Augustonemetum (Clermont-Ferrand, Puy-de-Dôme)

François BLONDEL^a et Olivier GIRARD CLOS^b

Résumé : Les études des bois gorgés d'eau découverts sur vingt sites archéologiques localisés à Clermont-Ferrand (Puy-de-Dôme) ont pour objectif de mettre en évidence des pratiques sylvicoles liées aux besoins en bois d'œuvre au cours du développement urbain de la ville d'*Augustonemetum* durant l'Antiquité. Le croisement des trois disciplines, xylologie, dendrologie et dendrochronologie, est réalisé pour identifier les essences des bois issus des fouilles archéologiques, dater ces derniers quand le nombre de cernes le permet et évaluer la morphologie et l'âge de l'arbre lors de son abattage. Sur cette base, il est possible de percevoir une évolution dans l'approvisionnement en bois et son utilisation, ainsi que dans la composition et la structure des peuplements forestiers exploités. Cette évolution permet de dégager certains traits des pratiques sylvicoles pour ce contexte antique.

Abstract: Studies of waterlogged wood, carried out on twenty ancient archaeological sites located in Clermont-Ferrand (Puy-de-Dôme), have allowed assumption on wood supply: species selection according to timber use (construction, manufacture of objects) and the selection of trees according to age or diameter. These analyses aim to highlight the silvicultural practices in Antiquity in relation with the city Augustonemetum and its timber needs. The crossing of three disciplines (xylology, dendrology and dendrochronology) is performed to identify the wood species from archaeological excavations, dating them when the ring series is enough and to evaluate the morphology and age of the tree when it was felled down. These approaches aim to assess the changes in wood supply and outline their use in order to highlight forestry practices in this antique context.

Mots clés : bois archéologiques, agglomération antique, datation par dendrochronologie, exploitation forestière, peuplement forestier.

Keywords: archaeological wood, antiquity town, tree-ring dating, woodland management, forest stand.

1. INTRODUCTION

Les bois archéologiques sont le plus souvent découverts sous forme de produits finis. Pour restituer les pratiques d'approvisionnement au cours de périodes anciennes à partir de ces bois, il faut retracer leur cheminement, de leur

collecte à leur transformation, pour percevoir le choix d'une essence et d'un diamètre en lien avec les raisons de l'abattage. Un arbre, en plus de facteurs internes, est soumis à plusieurs facteurs environnementaux d'ordre climatique, pédologique, ou liés à la dynamique de peuplement. Dès que les forêts sont exploitées par l'homme, leur structure,

^a Doctorant, Université Bourgogne Franche-Comté, Dijon, ArTêHiS UMR 6298.

^b Ingénieur d'études, CNRS, Université Bourgogne Franche-Comté, Besançon, Chrono-Environnement UMR 6249.

en âge et diamètre, s'en trouve modifiée. Selon le type d'exploitation (occasionnelle, opportuniste ou planifiée), les bois collectés sont sélectionnés selon plusieurs critères : les dimensions (hauteur et diamètre), les propriétés technologiques, les résistances mécaniques, la durabilité, la qualité du grain et dans certains cas l'aspect esthétique. Ainsi, le choix se porte sur des ressources forestières qui nécessitent des transformations plus ou moins élaborées selon leur destination. Nous proposons de retenir trois catégories de bois d'œuvre : les bois mobiliers, immobiliers et les chutes de travail. Alors que les essences utilisées pour la confection des objets mobiliers représentent plutôt la diversité d'une forêt avec un prélèvement sélectif à l'intérieur d'un panel plus large d'essences, les bois immobiliers, eux, relèvent d'une plus grande restriction dans leur sélection. Ils caractérisent plutôt la structure forestière, car leurs dimensions prennent un rôle important dans les choix de collecte.

L'étude d'un corpus d'environ 3 000 bois provenant d'*Augustonemetum* vise à décrire la morphologie des bois façonnés, de retracer les caractéristiques des bois d'œuvre exploités, et de proposer des hypothèses sur les pratiques sylvicoles en fonction des besoins d'une ville antique. Cette analyse aspire également à appréhender certains aspects des stratégies d'approvisionnement en bois pour mieux saisir la diversité et l'évolution de l'environnement forestier autour d'*Augustonemetum*, selon des critères dendrotypologiques (essence, âge des arbres, type de croissance). Pour restituer les structures forestières, il faut une zone d'étude disposant d'un important corpus de bois datés par dendrochronologie, ce qui n'était pas le cas pour *Augustonemetum* avant l'apport des nombreuses interventions d'archéologiques préventives de ces dernières années.

À partir de l'étude des artefacts (objets transformés en bois), cet article a pour objectifs de décrire les phases d'approvisionnement, en restituant les caractéristiques des arbres exploités qui sont ensuite replacés dans le fonctionnement de l'écosystème forestier.

2. MATÉRIEL ET MÉTHODES

Localisation de l'étude, matériel analysé, biogéographie

La ville d'*Augustonemetum*, l'actuelle Clermont-Ferrand, se situe à une altitude d'environ 358 m (NGF) placée entre la plaine fertile de la Limagne à l'est et la Chaîne des Puys à l'ouest (figure 1). Cette zone naturellement marécageuse (maar) a été assainie à la fin du 1^{er} siècle avant notre ère pour y fonder une ville, sans doute par Agrippa, sur l'axe

reliant Lyon (*Lugdunum*) à Saintes (*Mediolanum Santonum*) (Darteville *et al.*, 2009, p. 295-296). Un contexte sédimentaire favorable à la conservation des matières organiques et une remontée de la nappe phréatique, sans doute effective dès la fin de l'Antiquité (Ballut, 2001, p. 43-51), ont permis la conservation de nombreux bois archéologiques. L'occupation des vingt sites pris en compte couvre une période chronologique allant de sa fondation jusqu'au début du V^e siècle et s'inscrit principalement dans la trame urbaine de la ville antique, mais aussi dans sa périphérie et plus à l'extérieur pour au moins trois sites (figure 1). Une grande majorité des sites concerne surtout le II^e siècle de notre ère (figure 2A), caractérisé par un important mobilier datant (céramique, monnaie, *instrumentum*, etc.). Cette période correspond « à une phase importante de réaménagement et d'embellissement » de la ville (<http://www.augustonemetum.fr>). L'évolution de l'agglomération fait l'objet d'un projet collectif de recherche (PCR) depuis 2005, intitulé : « Atlas Topographique d'*Augustonemetum* » et coordonné par Hélène Darteville (Darteville *et al.*, 2009, p. 295).

Le cadre naturel des environs d'*Augustonemetum* a déjà fait l'objet d'études paléoenvironnementales autant dans la plaine de la Limagne (altitude de 340 m environ), comme le bassin de Sarliève (Trément *et al.*, 2007, p. 289-351), que sur le plateau des Dômes avec le Maar de Montchâtre (885 m) (Ballut *et al.*, 2007, p. 69-79). Ces approches pluridisciplinaires permettent d'envisager, pour l'Antiquité, un paysage de plaine plutôt ouvert, fortement déboisé, dédié à l'élevage et à la culture (Cabanis et Marguerie, 2013, p. 129-139). Au pied de la chaîne des Puys, la dégradation du milieu forestier résulterait de défrichements périodiques. Les îlots forestiers encore présents seraient les vestiges d'une hêtraie-chênaie déjà très éclaircie dès la fin de l'âge du Fer, au moins pour les environs de Montchâtre, à l'ouest d'*Augustonemetum* (Prat, 2006, p. 289). Plus en altitude (978 m), à l'ouest du plateau des Dômes, les mêmes observations sont avancées à partir d'analyses polliniques menées sur le plateau de Millevaches. Pour la même période, la hêtraie-sapinière est dégradée et la place des prairies et cultures est importante (Miras, 2004, p. 234). Cependant, ces résultats sont à nuancer, car peu d'analyses polliniques ont été menées sur le plateau des Dômes et en Haute-Combraille. La situation paysagère est sans doute plus contrastée (Prat, 2006, p. 289) et il serait pertinent d'associer plusieurs approches paléo-environnementales comme la palynologie, carpologie, anthracologie et dendrochronologie pour mieux appréhender l'histoire spatio-temporelle des forêts dans ce secteur.

Figure 1 : (Voir planche couleur I) Localisation des sites d'Augustonemetum ayant livré des bois archéologiques dans l'emprise de la ville antique avec sa trame viaire (d'après les données du PCR Atlas Topographique d'Augustonemetum) et de l'aire de distribution du sapin située dans les environs directs de la ville.

Figure 1: (See colour plate I) Location of the Augustonemetum sites that have delivered archaeological woods in the right-of-way of the ancient city with its viaduct (according to the data of the PCR Atlas Topographique d'Augustonemetum) and the range of the fir tree in the direct vicinity of the city.

Figure 2 : Phases d'occupation des sites d'Augustonemetum, pris en compte dans l'étude, datées à partir des études de mobilier (monnaie, céramique, instrumentum, etc.), des datations par dendrochronologie et des contextes archéologiques.

Figure 2: Occupancy phases of Augustonemetum sites, taken into account in the study, dated from studies of furniture (currency, ceramics, instrumentum, etc.), dendrochronology dating and archaeological contexts.

Identification anatomique et typologique

La xylologie consiste à décrire et identifier l'anatomie des bois découverts. L'observation au microscope à transmission permet d'attribuer un taxon, l'espèce ou un rang supérieur de la classification à partir des atlas publiés (Schweingruber, 1990 ; Jacquot, Trenard et Dirol, 1973 ; Jacquot, 1955) et des collections de référence. Avant toute identification anatomique, l'analyse technologique porte sur le mode de débitage du support, sur les observations macroscopiques de l'artefact (descriptions du bois, morphologies, usures, dégradations, cassures fraîches), et sur la présence d'éventuelles traces d'outil (Mille, 1989). Dans la mesure du possible, les bois sont interprétés, selon leur forme, leur type et leur contexte de découverte pour leur attribuer une fonction.

Nous proposons de décrire les objets archéologiques étudiés en trois catégories en reprenant un classement fonctionnel établi pour plusieurs matériaux : les bois mobiliers, immobiliers et les chutes de travail (Briand *et al.*, 2013). La première regroupe les objets mobiliers, de type *instrumentum*, dont l'usage implique un déplacement (l'outillage, les instruments domestiques, des produits de la menuiserie, comme les meubles, la tonnellerie, la tabletterie, la boissellerie, etc.). La seconde catégorie regroupe les bois utilisés en architecture, qui ont une fonction dans l'immobilier, comme les bois de construction liés aux bâtis, à l'assainissement, à la collecte d'eau ou aux ouvrages d'art. La troisième catégorie correspond aux chutes produites lors de la fabrication des objets et/ou aux bois de construction. Enfin, lorsqu'aucune trace de travail n'est observée, les bois sont dits « bruts », mais cette catégorie de restes n'est pas intégrée au corpus d'étude. La terminologie employée pour ces différentes catégories est le fruit d'une recherche en cours (Blondel, thèse en cours) liant celle spécifiquement employée pour les bois archéologiques et celles des autres spécialités (tabletterie, métal, etc.) (Briand *et al.*, 2013, p. 14-19). Chaque artefact est donc interprété comme écofact par le biais des ressources mobilisées.

Principes de datations par dendrochronologie

Le protocole de datation étant déjà publié (Schweingruber, 1988 ; Lambert, 1998, p. 19-69 ; Lambert, 2006 ; Lambert *et al.*, 2010, p. 205-216), seuls les points essentiels sont repris dans cet article.

Mesure, synchronisation

Les largeurs de chaque cerne sont mesurées au 1/100 mm à l'aide d'un système de mesure optique (Lintab) et informatique (Tsap Win et Rinn, 1989). La recherche de syn-

chronisme entre les séries individuelles, la constitution des chronologies moyennes et leur synchronisation sur les référentiels de datation, sont réalisées à l'aide du logiciel Sylphe (Meignier, Copyright GNU-GPL 2001) qui met en œuvre les principes méthodologiques développés par Georges Noël Lambert (Lambert, 2006).

Les référentiels de datation du chêne pour la période gallo-romaine en France sont nombreux et permettent d'assoir les résultats sur une large réplique. Pour l'Auvergne, un référentiel constitué de 113 séries individuelles issues de dix sites permet de couvrir une période allant de 154 avant notre ère à 236 de notre ère (Blondel, thèse en cours) et complète les références de sites publiées (Perrault et Girardclos, 2000, p. 35-57). Il corrèle très bien avec ceux des régions voisines comme la Bourgogne et la Franche-Comté, comme l'a démontré l'approche de Sébastien Durost avec l'élaboration d'un référentiel à « large signal climatique » (Classic-Oaks) (Durost, 2005).

Pour le sapin, en raison de l'absence d'un référentiel continu jusqu'à la période gallo-romaine en France, la procédure repose sur la construction d'une chronologie moyenne flottante associant le plus de séries individuelles possible d'Auvergne. La cohérence de la chronologie flottante est illustrée par une matrice des corrélations et des valeurs *t* de Student associées entre les séries individuelles. Le maintien de ces séries dans la chronologie flottante repose également sur la qualité de la corrélation de chaque série individuelle calculée sur la chronologie moyenne l'excluant à l'aide du logiciel C-Dendro (L. Larsson, [<http://www.cybis.se/forfun/dendro/>]). Une première version de cette chronologie composée de 48 séries individuelles a pu être synchronisée sur la période allant de 10 avant à 178 de notre ère à la seule référence absolue disponible construite pour la région des Alpes orientales en Autriche (Blondel et Girardclos, 2016, p. 224-231). Cette référence est la seule qui fait un pont entre les périodes antiques et médiévales, à partir des analyses de sapins, d'épicéas et de mélèzes qui se sont développés dans un même environnement découverts dans un ensemble d'aménagements de la Via Claudia Augusta dans la tourbière du Leermoos (Nicolussi, 1998, p. 59-66 ; Nicolussi, 1999, p. 27-46).

Déterminations des phases d'abattage

La datation des sites étudiés par dendrochronologie correspond à la distribution des dates de coupe des bois, déterminées à l'année près en cas de présence du dernier cerne de croissance (date sur cambium) ou estimées sur la base de l'aubier résiduel (date sur aubier), ou encore correspondant au dernier cerne de duramen conservé. De ce fait, la date obtenue correspond à la coupe de l'arbre et non à sa mise

en œuvre. Cependant, l'intervalle entre ces dernières serait le plus souvent minime pour le bois de construction qui est travaillé vert (Hoffsummer, 1989).

Dans le cas du chêne, si la zone cambiale est détruite par le façonnage, mais qu'au moins une partie de l'aubier est préservée, il est possible d'estimer une fourchette dans laquelle se trouve la date d'abattage. En effet, l'étude d'une large population de chênes vivants et anciens montre que dans 95 % des cas, l'aubier du chêne compte entre 4 et 34 cernes (Durost et Lambert, 2007, p. 13-30). Pour les bois ouvragés dont l'aubier n'est pas conservé, la date du dernier cerne mesuré, plus 4 cernes d'aubier minimum, est considérée comme *post quem*, c'est-à-dire nécessairement suivi de l'abattage, mais d'un nombre d'années non estimable. Pour les sapins, l'aubier n'est pas distinct du duramen. Il n'est donc pas possible d'estimer une date d'abattage sauf dans le cas de la conservation de la zone cambiale.

Lecture dendroécologique des bois archéologiques

Ce type d'approche, développé par André Billamboz, consiste à classer des bois selon plusieurs critères : l'essence, l'âge des arbres et les patrons de croissance (dendrotypologie) (Billamboz, 2011, p. 177-188 ; Billamboz, 2003, p. 37-49). La comparaison des séries de largeurs des cernes de croissance des bois archéologiques, entre elles ainsi que sur des référentiels établis à partir d'arbres vivants, vise à restituer les structures forestières dont ils sont issus et d'évaluer l'action de l'homme sur les peuplements exploités sur de longues périodes (Tegel et Vanmoekerke, 2014, p. 175-181 ; Girardclos et Petit, 2011, p. 361-382 ; Haneca *et al.*, 2005, p. 797-805 ; Bernard 2003, p. 77-86).

De l'artefact à l'écofact

Les bois sont façonnés selon une forme souhaitée dans des billes (une section dans la longueur du tronc) selon divers modes de débitage. Certains sont façonnés sans débitage, sur brin, parfois non écorcés. Ces bois archéologiques sont alors très proches de l'arbre récolté. Mais le plus souvent, l'équarrissage, le sciage ou le fendage entraîne une perte de matière, en direction de la moelle et/ou de la périphérie de l'arbre.

La série des largeurs de cerne de croissance mesurée sur un bois travaillé doit donc être complétée par deux estimations pour être représentative de l'arbre abattu : l'une concerne sa moelle et l'autre sa périphérie. À partir de ces estimations, l'âge et le diamètre de l'arbre au moment de l'abattage peuvent être renseignés. En utilisant des caractéristiques anatomiques, il est possible de restituer l'individu par rapport au centre de la bille et par conséquent de fournir une estimation minimale du diamètre de la bille. L'estimation du bois

perdu sur la périphérie ne peut se faire qu'en comparant la série des largeurs mesurée d'un bois travaillé à celles d'autres arbres plus complets du même fait dendro-archéologique. (figure 3).

Âge et diamètre des arbres exploités

L'estimation de la distance de la moelle est réalisée à partir de la convergence des rayons ligneux vers le centre et de la courbure des cernes sur le relevé d'une coupe transversale du bois étudié (Applequist, 1958, p. 151 ; Rozas, 2003, p. 192-212). La croissance d'un arbre n'étant pas parfaitement concentrique, la distance de la moelle est comprise dans une fourchette minimale et maximale (figure 3).

Pour estimer l'âge de l'arbre, le nombre de cernes perdus vers le centre est calculé en divisant la distance à la moelle par la largeur moyenne des cinq premiers cernes conservés (5inRW, 5 innermost ring-widths). La méthode n'est pas applicable aux bois déformés ou fortement débités radialement, car les rayons ligneux subparallèles ne permettent pas de convergence pour estimer la distance à la moelle. Ces derniers représentent 20 % du corpus et ont été exclus des estimations. Dans les cas extrêmes pris en compte dans cette étude, la distance à la moelle est supérieure à 10 cm et la valeur 5inRW est jugée trop faible. Ceci conduit à une surestimation de l'âge possible pour 12 % du corpus. L'âge cambial et le diamètre des arbres sont restitués pour 205 bois, dont 116 présentent la moelle, alors que dans 66 cas l'estimation est jugée trop incertaine. Pour rendre compte de l'influence de cette surestimation sur les résultats, l'analyse est effectuée en considérant puis en excluant ces bois.

L'estimation des cernes manquants à la périphérie du tronc, dans le cas de l'absence d'aubier pour les chênes et du cambium pour les sapins, n'est possible qu'à partir de la synchronisation avec d'autres séries de croissance plus complètes. Les bois découverts en contexte primaire ou secondaire (remploi, rejet, destruction) sont rattachés à une structure archéologique à partir des informations de terrain. Les groupes de bois qui représentent un état chronologique homogène d'une structure archéologique dans un contexte donné sont rattachés à un même fait dendro-archéologique (figure 3). Ce fait synthétise au mieux le croisement des données archéologiques, des dates d'abattage et des observations sur la croissance des arbres (Girardclos et Petit, 2011, p. 363-364). Il est alors possible de restituer à chaque série un nombre de cernes à partir de la date du cerne le plus récent d'un fait dendro-archéologique. La quantité de matière perdue sur la périphérie du tronc est, quant à elle, estimée par la somme des largeurs de cerne, obtenue à partir de la moyenne des cinq derniers cernes conservés. En fonction des informations de terrain et technologiques, un

Figure 3 : (Voir planche couleur II) Approche méthodologique utilisée pour la restitution des cernes de la périphérie et vers la moelle, à partir de différents exemples rencontrés.

Figure 3: (See colour plate II) Methodological approach used for the restitution of rings from the periphery and towards the pith, based on various examples encountered.

écart d'années important (> 100 ans) entre les séries d'une même structure peut indiquer plusieurs états, un remploi, un débitage d'arbres âgés ou encore une forte érosion.

Matrice de coefficients de corrélation

La similarité entre deux séries individuelles est estimée par leur coefficient de corrélation (r). Ces coefficients pour l'ensemble des bois datés sont regroupés dans une matrice, ayant les mêmes entrées en abscisse qu'en ordonnée. Ils sont classés selon la date du dernier cerne conservé ou estimé du fait dendro-archéologique auquel appartient la série. Plusieurs expériences sur des arbres vivants et archéologiques ont permis de montrer, dans des contextes d'études très différents, que la hiérarchisation de cette matrice permet de mettre en évidence l'influence de facteurs environnementaux sur la croissance (Jansma, 1995, p. 57-68; Fraiture 2009, p. 100-102; Lambert *et al.*, 2010, p. 211-214; Belingard *et al.*, 2010, p. 155). Dans certains cas, la matrice permet d'attester de la provenance de bois issus de mêmes arbres (Jansma 1995, p. 57-68; Girardclos et Petit, 2011, p. 369). Les faits dendro-archéologiques sont confrontés aux valeurs de la corrélation pour vérifier si des « groupes de bois » des structures archéologiques correspondent à des « groupes de

croissance » et ainsi mettre en évidence des terroirs dendrologiques (Girardclos et Petit, 2011, p. 368).

Tendance d'âge

Sur la courbe qui matérialise les variations interannuelles de la largeur des cernes, la tendance d'âge (TA) peut être définie comme ce qui relève d'une allure générale traduite par une variation de très basse fréquence, dont la longueur d'onde est supérieure à la longueur de la série temporelle (Kaennel et Schweingruber, 1995). Elle permet de mettre en évidence les variations à long terme de la largeur moyenne des cernes. Ces variations sont principalement liées à l'âge de l'arbre au moment où le cerne est élaboré, mais pas seulement, car les conditions environnementales interviennent. Il est montré que la pente et la forme de la TA est différente pour des peuplements forestiers contemporains de densité variable (Dupouey *et al.*, p. 1992; Badeau, 1995; Haneca *et al.*, 2005; Girardclos et Petit, 2011). La compétition interindividuelle influence la croissance des chênes. Plus un chêne est âgé plus il tend vers une diminution de sa production de bois en hauteur et en diamètre (Bary-Lenger et Nebout, 1993, p. 293), observables par la formation de cernes de plus en plus minces.

Les courbes de croissance des bois archéologiques sont comparées à celles d'arbres vivants représentatifs de structures de peuplement connues (haies, taillis sous futaie, taillis abandonnés, futaie) pour rendre compte du ou des peuplements exploités dans les environs d'Augustonemetum. La TA observée a également été comparée à celle obtenue dans des conditions d'analyses similaires, mais dans un contexte antique différent, pour l'agglomération d'Oedenburg installée sur le Limes rhénan (Reddé, 2011 ; Girardclos et Petit, 2011).

3. RÉSULTATS : DE LA DIVERSITÉ À LA STRUCTURE DES FORÊTS

L'étude porte sur un total de 2 986 bois, mobiliers (2 082 individus) et immobiliers (765) ainsi que leurs chutes (139), ayant fait l'objet d'une identification anatomique. Selon le type de site et le contexte de découverte, les quantités et les proportions des trois catégories peuvent être très différentes d'un site à un autre.

Le bois mobilier

La confection d'objets repose sur des critères de sélection au sein d'un panel de 18 taxons identifiés pour les 2 082 bois concernés. Une grande partie d'entre eux n'est représentée que par quelques individus (figure 4). D'autres sont largement dominants à certaines périodes, car découverts en grand nombre sur quelques sites remarquables. C'est le cas des centaines d'ex-voto de la « Source des Roches » majoritairement en hêtre et dans une moindre mesure en chêne, des centaines de douelles et dizaines de fonds de tonnelets en sapin recueillis à proximité d'un captage de source sur le site « Rue Fontgiève », et enfin des dizaines d'alluchons et rouages de moulin en frêne provenant des sites de « Rue Fontgiève » et de « La Scène Nationale ». Le nombre de taxons utilisés pour le mobilier s'explique par la sélection de bois conjuguant les qualités technologiques, mécaniques, de durabilité ainsi qu'esthétiques les plus adaptées à leur usage. La diversité est également conditionnée par le calibre des arbres. En effet, une grande part des taxons identifiés correspond à des petits arbres plus appropriés au façonnage de petits objets, principalement au tour à bois, comme c'est le cas pour les objets en buis (Blondel et Mille, à paraître). La majorité des taxons utilisés est spontanée en Auvergne, sauf le chêne-liège qui atteste d'échanges commerciaux avec le bassin méditerranéen. Dans ce cas précis, l'apport de produits finis provenant des régions méditerranéennes est le plus probable.

Très peu d'objets sont datés par dendrochronologie en raison d'un nombre de cernes insuffisant et d'essences peu documentées et inadaptées pour la datation. Toutefois, le contexte de découverte permet d'attribuer ce mobilier à des périodes chronologiques plus ou moins précises selon la fourchette de datation des autres mobiliers archéologiques. Au début de la période renseignée, le hêtre est très représenté, mais cette observation est surtout liée à la découverte d'ex-voto, majoritairement en hêtre et dans une moindre mesure en chêne issus du seul site de la Source des Roches. Dès le début du I^{er} siècle de notre ère jusqu'à la fin du III^e siècle, les proportions sont plus équilibrées pour le sapin, le chêne, le frêne, l'aulne, le buis, le noisetier et les pommiers, mais elles restent largement influencées par les contextes de découvertes (figure 4) (cas des sites « Rue Fontgiève » et de la « Scène Nationale » évoqué précédemment). Passée cette période, les effectifs ne sont plus représentatifs pour être interprétés. De même, quelques objets en noyer, en genévrier, en fusain, en orme ou en sureau sont rencontrés en trop petites quantités pour distinguer des périodes d'utilisation préférentielle.

Le bois immobilier

Le sapin et le chêne, représentés par 608 individus sur 764 bois, sont les deux essences principales recensées à Augustonemetum dans le bois immobilier (figure 4). Sept autres essences, représentant 35 individus en tout, correspondent à des emplois plus occasionnels, en hêtre, frêne et orme, ou dans de très rares cas particuliers en peuplier, saule, if et érable. Ces quatre dernières essences sont surtout employées comme pieux ou piquets. L'utilisation du sapin comme bois de construction n'est pas surprenante puisque son aire de distribution s'étend à proximité de la ville et sa résistance mécanique, quoique légèrement inférieure à celle du chêne (Norme SIA 265), est adaptée à beaucoup d'usages. En effet, la ville est installée en bordure de la plaine de Limagne dans l'aire du chêne et le sapin se développe sur une grande partie du Massif central à partir de 400-600 m d'altitude (Rameau *et al.*, 1989, p. 258-259), vers l'ouest au-delà du plateau des Dômes et à l'est sur les monts du Forez (figure 1). Les deux essences ont un usage parfois spécifique : le chêne est plutôt destiné aux structures verticales (poteaux, pieux, piquets), alors que le sapin est privilégié pour les éléments horizontaux (lambourdes et surtout planches et planchers). Elles peuvent toutefois aussi être employées sans distinction, comme c'est le cas par exemple pour les conduites d'adduction et les caniveaux d'évacuation.

À partir du diagramme taxonomique, certaines tendances peuvent être évoquées pour l'emploi du chêne et du sapin

Bois mobiliers

Bois immobiliers

Figure 4 : Diagrammes taxonomiques des bois mobiliers et immobiliers en pourcentages classés par tranche chronologique de 50 ans.

Figure 4: Taxonomic diagrams of wooden furniture and timbers construction in percentages classified by 50 year time frame.

surtout entre le début du II^e et la fin du III^e siècle (figure 4). Avant et après cette période, les quantités ne sont pas assez représentatives pour être interprétées. Durant cette période évoquée, le sapin connaît une utilisation aussi importante que le chêne et la prédominance d'une essence sur l'autre s'alterne. Ces tendances sont affinées par la suite à partir des résultats dendrochronologiques.

Les datations

Pour le chêne, 157 séries individuelles ont été datées (figure 5). Elles couvrent une séquence chronologique allant de 261 avant à 263 de notre ère. Le chêne est utilisé sur l'ensemble de la chronologie, mais une intensification de son exploitation est perceptible dans la première moitié du II^e siècle de notre ère. De nombreuses dates d'abattage, caractérisées par la présence très occasionnelle de cambium ou dont la datation est estimée par celle de l'aubier, sont observées dans cette période. La date de coupe la plus ancienne peut être signalée entre 3 et 24 de notre ère. Ces premiers aménagements, attestés sur le site de « Gaultier-de-Biauzat », coïncident avec la date de fondation d'*Augustonemetum* (Darteville *et al.*, 2009, p. 295). Jusqu'à la seconde

moitié du I^{er} siècle, aucune autre date d'abattage n'est caractérisée par la présence de l'aubier. Par contre, à partir du milieu du I^{er} siècle, de nombreux aménagements sont mis en évidence dès les années 67 à 72 jusqu'à la première moitié du II^e siècle sur une grande partie des sites étudiés (première phase de coupe) (figure 5). Après une relative diminution du nombre d'abattages, une seconde « phase de coupes » se distingue entre la fin du II^e siècle et le début du III^e siècle. Au cours de cette période, plusieurs abattages se démarquent, mais ils sont plus espacés, entre les années 210 et 224 et seulement représentés sur les sites de la « Scène Nationale » et « rue Fontgiève ». Enfin, les deux derniers aménagements qui peuvent être évoqués sont la mise en place de deux cuves monoxyles estimée entre les années 236 et 257 et la réalisation d'un seuil d'habitat entre 263 et 286 sur le site de la « Scène Nationale ». Plus aucune coupe n'a été enregistrée après la fin du III^e siècle.

Pour le sapin, 131 séries individuelles ont été inter-datées. Elles couvrent une séquence chronologique moins longue que celle du chêne allant de 41 avant à 258 de notre ère (figure 5). La cohérence de la chronologie moyenne du sapin d'*Augustonemetum* est illustrée par une matrice de corrélations entre les séries individuelles. La moyenne de la valeur

t entre séries individuelles est de 3, mais pour 58 % des séries, la datation est retenue sur la base d'une valeur t supérieure ou égale à 5 (figure 7). Lorsqu'une série individuelle est synchronisée sur la chronologie moyenne l'excluant, la valeur t retenue n'est pas la plus élevée seulement pour 13 séries (soit 10 %). Dans ces cas seulement, la datation ne repose pas uniquement sur le support statistique, mais intègre des données de l'analyse de croissance (concordance d'années caractéristiques), voire du contexte archéologique (stratigraphie). Les résultats statistiques de la synchronisation de la chronologie moyenne sur la référence de Leermoes (Nicolussi, 1998) et celles en construction dans plusieurs laboratoires sont significatifs et permettent de valider la datation (figure 6).

Le sapin fait aussi l'objet d'une utilisation régulière durant toute la séquence chronologique, sauf durant la fin du 1^{er} et le début du III^{e} siècle où son emploi semble s'intensifier. Contrairement au chêne où l'aubier permet d'estimer les dates de coupes, seuls les cambiums renseignent celles du sapin ; en conséquence les dates de coupes sont moins nombreuses, mais plus précises. Ainsi la première date de coupe dès 25 de notre ère sur le site de « Rue Fontgiève » correspond aux premiers aménagements lors de la fondation de la ville. Comme pour le chêne, il faut attendre la seconde moitié du 1^{er} siècle pour reconnaître une seconde coupe, entre 71 et 73. Puis, de nombreux abattements se succèdent entre 108 et 143, corroborant également l'intensification observée pour le chêne durant la première moitié du 1^{er} siècle. Deux autres coupes se situent à la toute fin du 1^{er} et début III^{e} siècle sur le site de la « Scène Nationale ». Même si cette seconde phase de coupes est caractérisée par seulement deux cambiums, de nombreuses séries sans date précise d'abattage incitent à envisager une augmentation de l'utilisation du sapin. Le dernier abattage est attesté en 228 sur le même site, mais il est difficilement rattachable à un contexte précis, car les bois sont découverts en position secondaire (zone dépotoir).

Les phases de coupes attestées pour le sapin et le chêne sont cohérentes chronologiquement et indiquent que les deux essences participent à la dynamique d'extension de la ville. Lorsqu'elles sont intégrées aux données archéologiques de chaque site, les dates d'abattage coïncident avec la dynamique des constructions de la ville antique et permettent de la préciser. L'observation de coupes tout au long de la période correspond aux besoins réguliers en bois de construction. Par contre, deux concentrations au cours de la fin du 1^{er} jusqu'à la première moitié du 1^{er} siècle (première phase de coupe) et de la fin du 1^{er} jusqu'au début du III^{e} siècle (deuxième phase de coupe) corroborent l'extension et l'embellissement de la ville ou la réfection des sites existants (figure 2).

Les sources d'approvisionnement

Les matrices de corrélation pour le chêne et le sapin sont ordonnées chronologiquement par la date la plus récente des séries de largeurs des cernes rattachées, quand cela est possible, à respectivement 27 et 14 faits dendro-archéologiques. Elles permettent la mise en évidence, à partir des fortes valeurs de corrélation (r), d'arbres sujets aux mêmes contraintes internes, écologiques et climatiques (figure 7).

Des corrélations supérieures à 0,70 et, dans plusieurs cas, égales ou supérieures à 0,80 sont observées entre plusieurs séries de chêne. La similitude graphique des courbes de croissance cumulée à ces coefficients de corrélation permet de déduire que ces bois proviennent vraisemblablement de mêmes arbres (Girardclos et Petit, 2011, p. 369-370). Cette possibilité est confortée par l'appartenance à un même fait dendro-archéologique. Le débitage employé, qu'il soit sur maille, sur quartier ou sur dosse, offre également une probabilité plus élevée de bois issus de mêmes arbres que de pièces façonnées sur brin.

Hormis, ces éléments, des coefficients de corrélation compris entre 0,50 et 0,70 (moyenne = 0,54) sont regroupés et mis en évidence dans la matrice. Ils concernent très majoritairement les séries représentatives de bois appartenant à une même structure archéologique, alors que les coefficients de corrélation inter-structures apparaissent plus faibles (moyenne = 0,31). Les structures archéologiques emploient donc plusieurs arbres issus d'un même groupe de croissance, ce qui tend à indiquer un approvisionnement au sein d'un même peuplement forestier (figure 7). Les besoins en bois d'œuvre semblent pouvoir être satisfaits par la collecte de chênes d'un même terroir. La relation qui est observée entre les coupes et les faits dendro-archéologiques indique un lien entre les lots d'approvisionnement et les constructions. Il est probable que ce lien soit inhérent à des circuits d'approvisionnement à courte distance.

Deux concentrations d'autres coefficients assez élevés sont observées dans la matrice du chêne. Les coefficients de ces concentrations s'élèvent à 0,36 en moyenne alors que la moyenne de la matrice complète est de 0,31 et que la valeur moyenne de la période qui les sépare est de 0,25 (figure 7). La première concentration correspond à des bois abattus du début de la période d'étude jusqu'au troisième quart du 1^{er} siècle de notre ère. Durant cette première phase plusieurs faits dendro-archéologiques sont reconnus. Il s'agit de structures hydrauliques, de seuils de bâtiment, de planchers ou de poteaux issus de sites distincts. Les moyennes des coefficients entre séries de mêmes structures varient de 0,38 à 0,86 indiquant l'utilisation d'un seul arbre. Les valeurs sont moindres entre les différentes structures avec une moyenne

Figure 5 : (Voir planche couleur III) Bloc diagramme ordonné par fait dendro-archéologique des chênes et sapins datés, et couvertures chronologiques respectives. Les dates sur cambium ou aubier sont également mises en évidence pour caractériser des phases de coupe.
Figure 5: (See colour plate III) Bar diagram ordered by dendro-archaeological fact of the oaks and fir and their respective chronological coverage. The dates on cambium or sapwood are also highlighted to characterize cutting phases.

Référence	Provenance	Auteurs	GL/RD	z/RD	r/iE	t/iE	Overlap
Synthèse inter-régionale 1	Via Claudia (A.) Leemoos	Université d'Innsbruck (F. Nicolussi)	68,53	5,21	0,62	11,04	200
	Forum Hadriani tonneau (NL) Voorbury	Vandaalendrendo.nl (S. Van Daalen)					
	Bassin Villa romaine (F.) Metz, Grigny	Dendronet (W. Tegel)					
Abies (CH-Lorraine)	Bateau (F.) Lyon	LAMS UMPC Paris 6 (C. Lavier)	61,06	3,19	0,48	7,87	212
	Bussy-Pré-de-Fond -2 (CH-Fribourg)	Laténium (P. Gassmann)					
	Eschenz (CH-Thurgovie)	Dendronet (W. Tegel)					
	Tonneau 100(F-57) Semecourt	Dendronet (W. Tegel)					
Synthèse inter-régionale 2	Tonneau (4-10) Troyes	Dendronet (W. Tegel)	67,87	5,61	0,6	11,82	250
	Eschenz (CH-Thurgovie)	Dendronet (W. Tegel)					
	Mainz (D.)	RGZM (S. Bauer)					
	Forum Hadriani tonneau (NL) Voorbury	Vandaalendrendo.nl (S. Van Daalen)					
Biesheim Oedenbourg-M1	Biesheim (68)	LCE Univesité UBFC (O. Girardclos)	70,23	4,63	0,41	5,03	134

Figure 6 : Résultats des différents calculs statistiques à partir des références du Leermoos et de celles en construction dans les laboratoires pour la chronologie moyenne du sapin d'Augustonemetum.
Figure 6: Results of various statistical calculations based on the Leermoos references and those under construction in the laboratories for the average chronology of Augustonemetum fir.

de 0,36. Ces valeurs tendent donc à montrer à la fois un approvisionnement dans un environnement homogène, un même terroir, et des arbres restant regroupés en lots, de la coupe aux lieux de transformation. Une seconde concentration de corrélations relativement élevées correspond à des arbres abattus du premier quart du I^{er} jusqu'à la fin du même siècle. Comme au cours de la période précédente, un terroir homogène serait exploité pour les besoins en bois d'œuvre spécifiques à chaque structure. La moyenne des coefficients entre séries de mêmes structures varie de 0,66 à 0,89 par rapport à une moyenne entre séries de différentes structures de 0,36. Le décalage chronologique entre les séries empêche d'interpréter les relations entre les deux terroirs homogènes. Entre ces deux périodes, pour des arbres abattus de la fin du I^{er} siècle au premier quart du II^e quelques amas de fortes corrélations sont observés dans un ensemble de valeurs nettement plus faibles, en moyenne de 0,25. Les amas correspondent à des structures, par exemple une conduite d'adduction du début du II^e siècle. Chaque lot de bois coupés reste donc employé dans une structure, mais il faut peut-être envisager des provenances d'espaces différents.

Pour le sapin, la corrélation moyenne de la matrice complète s'élève à 0,43. Elle est plus élevée que le chêne, mais les fortes corrélations, supérieures à 0,70 sont moins agglomérées. Elles sont plus diffuses dans l'ensemble de la matrice. De plus, le lien entre ces amas et les faits dendro-archéologiques est moins fort, sauf pour le cas d'un caniveau du second quart du II^e siècle composé de planches issues des mêmes sapins ($r = 0,64$). À l'inverse de l'exploitation du chêne, les sapins ne semblent pas restés groupés en lots de leur coupe jusqu'à leur transformation. L'exploitation du sapin semble plutôt traduire des zones d'approvisionnement plus hétérogènes que le chêne. La distance plus importante entre la ville et l'aire du sapin, son exploitation en altitude, moins facile d'accès, nécessitent probablement des parcours plus complexes pour qu'il soit acheminé à *Augustonemetum*; ce qui traduirait une distribution des bois mélangeant plusieurs coupes différentes.

Même si les regroupements de fortes corrélations sont moins marqués que ceux du chêne, deux concentrations peuvent être commentées. Les coefficients moyens de ces concentrations s'élèvent à 0,43 pour la première et à 0,50 pour la seconde. L'écart entre la valeur moyenne de ces concentrations avec celle de l'ensemble de la matrice est moins fort que pour le chêne.

La première concentration correspond à des arbres abattus au cours du premier quart du I^{er} jusqu'au début du II^e siècle. Les faits dendro-archéologiques de cette période concernent des structures employant principalement des planchers et des lambourdes. Les coefficients moyens entre séries indi-

viduelles d'un même fait restent relativement faibles par rapport à la moyenne de la matrice, ils varient entre 0,37 et 0,54. La distribution des coefficients dans la matrice peut alors s'expliquer par des coupes de sapins éloignées les unes des autres. La seconde concentration correspond à des arbres abattus du premier quart du II^e à la toute fin du même siècle. Les structures renseignées pour cette période concernent surtout des caniveaux d'évacuation. Ces derniers se composent essentiellement de planches assemblées par clouage. Les coefficients moyens entre séries de mêmes structures sont plus élevés que ceux de la première concentration, ils varient entre 0,49 et 0,72. Ces sapins sont plus probablement coupés par lots dans un environnement plus homogène, mais les arbres de ces lots sont mélangés entre leur coupe et leur mise en œuvre.

4. DISCUSSION : L'EXTENSION DE LA VILLE : UN BESOIN ACCRU EN BOIS D'ŒUVRE

Les différentes phases d'urbanisation de *Augustonemetum* vont de pair avec un fort besoin en bois d'œuvre. L'analyse montre une exploitation conjointe du chêne et du sapin durant toute la période d'étude. Le chêne est fortement sollicité lors de la première « phase d'accélération des coupes » entre les années 68 à 156 (figure 5). En effet, la localisation de *Augustonemetum* dans l'aire du chêne, plus accessible, facilite vraisemblablement son exploitation. L'utilisation du sapin varie selon les périodes. Durant la seconde phase de coupe (entre les années 189 à 236), le sapin est plus utilisé que le chêne. Son exploitation nécessite un acheminement peut-être déjà en partie transformé sous forme de planches pour faciliter son parcours jusqu'à la ville. L'emploi des deux essences montre des périodes d'accroissement de la demande en bois, qui coïncident avec des phases de construction et de réaménagement de la ville antique (figure 2 et figure 5). La forte demande en bois d'œuvre conduirait à une diversification dans les approvisionnements en bois et à une modification de la structure forestière signe d'une surexploitation, entraînant dans certains cas l'éclaircissement des forêts.

L'emploi du sapin dans l'immobilier plus spécifiquement en planches (65 % des bois immobiliers en sapin sont des planches), conjugué avec les observations sur la distribution des corrélations entre séries individuelles rattachées aux structures archéologiques, permet d'émettre une hypothèse. Il faut envisager qu'une certaine standardisation des besoins en bois d'œuvre de sapin a pour conséquence un circuit de distribution davantage influencé par plusieurs étapes de transformations que dans le cas du chêne. Un premier déplacement peut être envisagé de l'abattage vers une première

Figure 7 : (Voir planche couleur IV) Matrices de corrélation (r) pour le chêne et le sapin ordonnées sur leur chronologie respective avec mise en évidence des faits dendro-archéologiques et des terroirs.

Figure 7: (See colour plate IV) Correlation matrices for oak and fir ordered according to their respective chronology highlighting the dendro-archaeological fact and the "terroirs".

transformation en planches, qui seraient ensuite acheminées et distribuées à *Augustonemetum* selon les différents besoins. Les données montrent que lors du débitage en planche des sapins, différentes provenances sont mélangées, alors que les chênes restent groupés en lots jusqu'à leur mise en œuvre. Le sciage des sapins en planches dans les zones d'altitude permet peut-être de faciliter leur transport vers la ville. La planche en sapin peut alors évoquer pour *Augustonemetum* une certaine réussite de son circuit d'approvisionnement.

L'existence à la période antique d'une filière bois est renseignée par les textes ou les stèles funéraires à travers les métiers artisanaux : bûcheron, scieur de long, marchand de bois (Reddé, 1978, p. 43-63; Duvauchelle, 2005, p. 125-137).

Les observations sur les croissances des chênes et des sapins montrent, à travers l'exemple des bois d'*Augustonemetum*, la diversité et la complexité de cette filière selon les essences ou les produits forestiers.

L'âge et le diamètre des arbres

L'âge n'est pas un facteur de sélection des arbres en forêt, car il est beaucoup plus difficilement perceptible et ne présente pas d'intérêt particulier par rapport au diamètre, à la longueur et à son aspect global (rectiligne ou courbé pour des pièces spécifiques). Cependant, quand l'exploitation en bois d'œuvre est supérieure aux capacités régénératrices des

forêts, les diamètres recherchés sont de moins en moins disponibles. L'évolution de l'âge et du diamètre de l'arbre au moment de son abattage donne donc une image de l'impact des exploitations sur la structure des forêts (Billamboz, 2011 ; Bernard, 2003 ; Girardclos et Petit, 2011).

Au cours de la première phase de coupes, deux types de chênes sont exploités. Ils sont d'abord abattus de plus en plus vieux, de 120 à 200 ans, voire même quelques individus remarquables auraient plus de 300 ans. Puis à la fin de la phase, les arbres abattus avant l'âge de 100 ans sont plus nombreux (figure 8). Les rayons restitués sont très variés, allant de 10 à exceptionnellement 30 cm, tout au long de cette première période. Néanmoins, la tendance globale tend à une faible diminution du diamètre des chênes. Ceux qui sont exploités lors de la seconde phase de coupes sont en moyenne d'un rayon inférieur à 20 cm et d'âges diversifiés. Toutefois, ils sont moins nombreux et la structure forestière est moins bien décrite.

Les sapins exploités durant la première phase de coupe ont des âges variant entre 50 et 100 ans. le calibre subit peu de variation avec un rayon compris entre 10 et 18 cm (figure 8). La seconde phase de coupe est similaire à la première autant dans l'âge que dans le diamètre exploité.

Les tendances indiquent une forte modification de la structure des chênaies qui semble être la conséquence directe de l'exploitation lors de la première phase. Les arbres récol-

tés jeunes atteignent plus vite un rayon suffisant, ce qui reflète un éclaircissement des forêts. Inversement l'exploitation du sapin, y compris au cours des forts besoins en bois d'œuvre (première et deuxième phase de coupe), modifie peu la structure des sapinières alors qu'il est autant sollicité que le chêne, si ce n'est pas plus pendant la seconde phase (figure 5). Il faut donc envisager que la zone d'approvisionnement du sapin plus étendue que celle du chêne permet de couvrir les besoins sans conséquence sur les structures. La modification de structure des chênaies est peut-être un signe de surexploitation des ressources que le sapin viendrait en partie compenser. L'usage du sapin en planches répond à un réel besoin architectural qui est attesté par des planchers (sol et étage) et les réseaux hydrauliques d'évacuation (caniveaux) à Augustonemetum. Toutefois, on ne peut pas exclure que la plus forte utilisation des planches ne soit pas simplement liée à leur meilleure disponibilité économique.

Les peuplements exploités

Par comparaison aux analogues fournis par les peuplements actuels, les courbes de tendance d'âge obtenues à partir de l'ensemble des bois de chêne datés d'Augustonemetum montrent que les arbres abattus pour la construction proviennent d'une structure forestière proche de celles des futaies actuelles (figure 9). Les futaies sont actuellement

Figure 8 : (Voir planche couleur V) Évolution de l'âge et du rayon au moment de l'exploitation des chênes et des sapins à partir d'un lissage loess (régression locale qui permet de pondérer les moyennes mobiles) avec indication des différentes coupes.

Figure 8: (See colour plate V) Evolution of the exploitation of the oak and the fir using a loess smoothing (local regression which allows to weigh the moving averages) with indication of the different sections.

gérées, par des éclaircies, de façon à maintenir un niveau de production en rapport avec la qualité des bois recherchés. Si les peuplements ne sont pas éclaircis, comme dans les taillis abandonnés, la densité limite fortement la croissance radiale. La pente de la TA observée à *Augustonemetum* est plus forte que celle d'une futaie actuelle. Ces forêts seraient donc moins éclaircies. Par contre, la comparaison avec le site antique de Biesheim (Alsace) (Girardclos et Petit, 2011, p. 361-382) dénote un approvisionnement dans des forêts plus denses et donc moins exploitées que celles d'*Augustonemetum*. Cette différence traduit des prélèvements moindres qui peuvent s'expliquer par un contexte d'implantation très différent entre une capitale de cité et une agglomération en marge de l'empire.

La comparaison de la TA pour le sapin d'*Augustonemetum* avec celle de sapinières actuelles montre une forte similitude entre les deux (figure 9). Ce qui va dans le sens de l'observation d'un faible impact des exploitations sur la structure forestière.

Certaines phases de coupes peuvent affecter la structure, mais il n'y a pourtant pas de mise en péril des forêts, car, autant pour le chêne que le sapin, la TA montre des peuplements aussi denses que les futaies actuelles. Les chênes ont tendance à être exploités de plus en plus jeunes, mais il n'y a pas épuisement de la ressource, car ces derniers correspondent toujours aux besoins, même si une faible diminution des diamètres est constatée. Le chêne serait donc fortement sollicité à certaines périodes. Toutefois, l'explo-

Figure 9 : (Voir planche couleur V)
Comparaison de la tendance d'âge obtenue pour le chêne et le sapin à partir des références de plusieurs types de peuplement et du site antique de Biesheim.

Figure 9: (See colour plate V)
Comparison of the age trend obtained for oak and fir obtained from the references of several types of stands and the ancient site of Biesheim.

tation du sapin ne peut pas être considérée uniquement comme une substitution du chêne, son utilisation importante en planche démontre une demande spécifique dans l'architecture d'Augustonemetum. Dans ce sens on peut dire que les exploitations dans le bassin d'approvisionnement d'Augustonemetum sont raisonnées, mais ne semblent pas gérées par une planification. Car même si des signes de fortes exploitations des chênaies sont observés à certaines périodes, l'avenir des forêts ne semble pas compromis. Les ressources en chêne restent disponibles pour toute la période d'étude.

5. CONCLUSION

La comparaison de l'analyse des bois mobiliers et immobiliers renseigne respectivement sur la diversité et la structure forestière dont ils sont issus. Cette diversité dans l'emploi de nombreuses essences pour la confection d'objets doit être confrontée avec d'autres études paléo-environnementales (palynologie, carpologie, anthracologie) pour mieux appréhender la variété des paysages forestiers. L'analyse du corpus des bois immobiliers est plus approfondie d'une part par l'apport de datations dendrochronologiques et d'autre part par la possibilité d'étendre l'étude à la structure forestière et aux rythmes d'approvisionnement en bois d'œuvre. Les dates d'abattages, définies à partir du terme de nombreuses séries individuelles, permettent d'envisager deux phases d'intensification des coupes en rapport avec des périodes d'urbanisation ou d'extension d'Augustonemetum. Les bois archéologiques étudiés ici ne représentent qu'une fraction des bois d'une forêt, mais ils sont néanmoins les marqueurs de la structure des peuplements dont ils sont issus. La futaie de chêne et la sapinière sont bien caractérisées et démontrent des exploitations relativement raisonnées à l'Antiquité. Certaines fortes corrélations des séries individuelles permettent d'attester plusieurs phases de coupe à l'intérieur de mêmes peuplements forestiers. La place du sapin est importante et ne vient pas uniquement en complément à l'exploitation des chênaies parfois très sollicitées. En effet, son utilisation sous forme de planches lui donne une place importante dans les besoins architecturaux d'Augustonemetum. Il est, dès lors, possible d'envisager des pratiques sylvicoles raisonnées dès l'Antiquité pour assurer les besoins en bois pour le développement d'une ville et l'entretien de son réseau urbain. Les corporations antiques de la filière-bois ont vraisemblablement diversifié les espaces forestiers à exploiter pour ne pas totalement dégrader les milieux boisés nécessaires pour assurer le développement d'une agglomération et de son système économique. L'emploi du bois pour ces sociétés anciennes couvre de nombreux champs de la

vie domestique (chauffage, cuisine) et artisanale (construction, façonnage d'objet en bois, diverses productions). Pour pallier ces besoins, la ressource en bois devait faire l'objet d'une attention toute particulière pour répondre aux besoins journaliers et pour assurer le système économique d'une agglomération comme Augustonemetum et ses marges sur une longue période.

Remerciements

Nos remerciements s'adressent aux responsables d'opérations des sites pris en compte dans cet article et tout particulièrement à Valérie Taillandier pour ses relectures attentives.

Bibliographie

- APPLEQUIST M. B., 1958. A simple pith locator for us with off-center increment cores. *F. For.*, p. 56, p. 151.
- BADEAU V., 1995. *Étude dendroécologique du hêtre (Fagus sylvatica L.) sur les plateaux calcaires de Lorraine. Influence de la gestion sylvicole*. Thèse de doctorat, Université Nancy 1, Nancy, France.
- BALLUT Ch., 2001. Évolution géomorphologique et hydrologique dans les marais de Limagne au cours de la seconde moitié de l'Holocène (Massif central, France). *Quaternaire*, 12, (1-2), 2001, p. 43-51.
- BALLUT Ch., PRAT B., LOPEZ-SAEZ J. A., GABY G., CABANIS M., 2007. Évolution environnementale d'une zone humide et de son bassin versant depuis la fin de l'Âge du Fer. *Quaternaire*, 19 (1), p. 69-79.
- BARY-LENGER A., NEBOUT J.-P., 1993. Les chênes pédonculé et sessile en France et en Belgique, Écologie, Économie, Histoire, Sylviculture. Edition du Perron, Allier-Liège, p. 293.
- BÉLINGARD Ch., PARADIS-GRENOUILLET S., ROUAND R., ALLÉE Ph., 2010. Exploitation à visée archéo-environnementale des patrons de croissance des bois prélevés pour la datation du bâti, le cas des châtaigniers de la Grande Ovale de Saint-Eloy-les-Touilles, Corrèze. In L. Astrade, C. Miramont (dir.). *Panorama de la dendrochronologie en France*. Manguio, Édition Laboratoire Edytem, « Coll. Edytem ; 11 », p. 151-158.
- BERNARD V., 2003. Stratégie d'approvisionnement en bois en gaule du Nord-Ouest (du 1^{er} siècle avant au 4^{ème} siècle après J.-C.). *Revue Archéologie de Picardie*, 1/2, p. 77-86.
- BILLAMBOZ A., 2003. Tree rings and wetland occupation in southwest Germany between 2000 and 500 BC: dendroarchaeology beyond dating in tribute to F. H. Schweinbruber. *Tree-Ring Research*, 59, (1), p. 37-49.
- BILLAMBOZ A., 2011. Applying dendro-typology to large timber series. In P. Fraiture (dir.). *Tree rings, art, archaeology*. Brussels,

- Royal Institute for Cultural Heritage, coll. « Scientia Artis ; 7 », p. 177-188.
- BLONDEL F., GIRARDCLOS O., 2016. Structures en bois d'adduction, de stockage et d'évacuation de l'eau de la ville antique de Clermont-Ferrand (Puy-de-Dôme). In Ph. Barral, M. Magny, M. Thivet (dir.). *De la reconstitution des paysages à l'histoire des sociétés*. 10 000 ans d'archives sédimentaires en zones humides. InFolio éditions, Gollion (Ch.), p. 224-231.
- BRIAND A., DUBREUCQ E., DUCREUX A., FEUGÈRE M., GALTIER C., GIRARD B., JOSSET D., MULOT A., TAILLANDIER V., TISSERAND N., 2013. Le classement fonctionnel des mobiliers d'instrumentum. In B. Fort, N. Tisserand (dir.). *Le mobilier métallique et l'instrumentum : approches méthodologiques*. Les nouvelles de l'archéologie, 131, mars 2013, p. 14-19.
- CABANIS M., MARGUERIE D., 2013. Les ressources en bois dans le bassin de Clermont-Ferrand du Néolithique à la période romaine d'après l'analyse dendro-anthracologique. *Quaternaire*, 24, (2), p. 129-139.
- DARTEVELLE H., MENNESSIER-JOUANNET CH., ARBARET N., 2009. La capitale des Arvernes, une histoire en boucle. In O. Buchsenschutz et al. (dir.). *L'âge du Fer dans la boucle de la Loire – Les gaulois sont dans la ville*. Actes du 32^e colloque de l'Association Française pour l'Étude de l'Âge du Fer, Bourges 2008. *Revue archéologique du Centre de la France*, 35^e supplément RACE, p. 293-316.
- DUPOUEY J.-L., DENIS J.B., BECKER M., 1992. A new method of standardization for examining long term trends in tree-ring chronologies, *Lundqua Report*, 34, p. 85-88.
- Durost S., 2005. Dendrochronologie et dendroclimatologie du 2^e âge du Fer et de l'époque romaine dans le Nord et l'Est de la France. Datations, Système de références et modélisations. Thèse de doctorat, Université de Franche-Comté, Besançon, France.
- DUROST S., LAMBERT G.-N., 2007. Révision dendrochronologique du Nord de la France à l'âge du Fer et au début de l'époque romaine. In Ph. Barral et al. (dir.). *L'âge du Fer dans l'arc jurassien et ses marges. Dépôts, lieux sacrés et territorialité à l'âge du Fer*. Actes du 29^e colloque de l'AFEAF, Bienne 5-8 mai 2005. Presses Universitaires de Franche-Comté, Besançon, Annales Littéraires, 826, Série « Environnement, sociétés et archéologie ; 11 », p. 13-30.
- DUVAUCHELLE A., 2005. Les métiers du bois à l'époque romaine sur le territoire helvétique. In Polfer M. (dir.). *Artisanat et économie romaine : Italie et provinces occidentales de l'Empire. Actes du 3e Colloque Internationale d'Aerpeldange (Lux.) sur l'artisanat romain*, Montignac, Éditions Monique-Mergoïl, coll. « Monographie instrumentum ; 32 », p. 125-137.
- FRAITURE P., 2009. Contribution of dendrochronology to understanding of wood procurement sources for panel painting in the former Southern Netherlands from 1450 AD to 1650 AD. *Dendrochronologia*, 27, p. 95-111.
- GIRARDCLOS O., PETIT Ch., 2011. L'exploitation de la forêt vue par la dendro-archéologie. L'exemple d'Oedenburg (Alsace) entre 10 et 180 apr. J.-C. In M. Reddé et al. (dir.). *Aspect de la Romanisation dans l'Est de la Gaule*. Bibracte, Glux-en-Glenne, coll. « Bibracte ; 21 », Volume 1, p. 361-382.
- HANCA K., VAN ACKER J., BEECKMAN H., 2005. Growth trends reveal the forest structure during Roman and Medieval times in Western Europe: a comparison between archaeological and actual oak ring series (*Quercus robur* and *Quercus petraea*). *EDP Sciences*, INRA, p. 797-805.
- HOFFSUMMER P., 1989. *L'évolution des toits à deux versants dans le bassin mosan ; l'apport de la dendrochronologie (X^e-XIX^e siècle)*. Thèse de doctorat, Université de Liège, Liège, Belgique.
- JACQUIOT C., 1955. *Atlas d'anatomie des bois des conifères*. Centre technique du bois, Paris.
- JACQUIOT C., TRENARD Y., DIROL D., 1973. *Atlas d'anatomie des bois des angiospermes (Essences feuillues), t.1 : texte, t.2 : planches*. Centre technique du bois, Paris.
- JANSMA E., 1995. *RememberRING's, The Development and Application of Local and Regional Tree-Ring Chronologies of Oak for the Purposes of Archaeological and Historical Research in the Netherlands*. Nederlandse Archeologische Rapporten, p. 19.
- KAENNEL M., SCHWEINGRUBER FRITZ H., 1995. *Multilingual Glossary of Dendrochronology*. Berne, Paul Haupt Publishers.
- LAMBERT G.-N., 1998. La dendrochronologie, mémoire de l'arbre. In J. Evin, G.-N. Lambert, L. Langouët, Ph. Lanos, Ch. Oberlin. *Les méthodes de datation en laboratoire*. Paris, Errance, coll. « Archéologiques », p. 13-69.
- LAMBERT G.-N., 2006. *Dendrochronologie, histoire et archéologie, modélisation du temps ; le logiciel dendron II et le projet Historic Oaks*. Mémoire de HDR, Université de Franche-Comté, Besançon (France).
- LAMBERT G.-N., BERNARD V., DUPOUEY J.-L., FRAITURE P., GASSMANN P., GIRARDCLOS O., LEBOURGEOIS F., LEDIGOL Y., PERRAULT Ch., TEGEL W., 2010. Dendrochronologie et dendroclimatologie du chêne en France : questions posées par le transfert de données de bois historiques vers la dendroclimatologie. In L. Astrade, C. Miramont (dir.). *Panorama de la dendrochronologie en France*, Mauguio, Édition Laboratoire Edytem, coll. « Edytem » ; 11, p. 205-216.
- MILLE P., 1989. *De la tracéologie aux outils des artisans, les techniques du travail du bois au Moyen Âge*. Mémoire de Maîtrise, diplôme de l'EHESS, Paris, France.
- MIRAS Y., 2004. *L'analyse pollinique du plateau de Millevaches (Massif central, France) et de sites périphériques limousins et auvergnats : Approche des paléo-environnements, des systèmes agro-pastoraux et évolution des territoires ruraux*. Thèse de Doctorat, Université de Franche-Comté, Besançon.
- NICOLUSSI K., 1998. Dendrochronological datings of the building history of a Roman alpine road near Lermoos (Austria).

- In V. Stravinskiene, R. Juknys (dir.). *Dendrochronology and Environmental Trends*. Proceedings of the International Conference Eurodendro 98, Kaunas, p. 56-66.
- NICOLUSSI K., 1999. *10 Jahre Dendrochronologie am Institut für Hochgebirgsforschung*. Institut für Hochgebirgsforschung – Jahresbericht, p. 27-46.
- PERRAULT Ch., GIRARD CLOS O., 2000. Essai de datation par dendrochronologie de bois provenant de fouilles anciennes de la région Auvergne. *Revue d'Auvergne*, 554/555, p. 35-57.
- PRAT B., 2006. *Systèmes agropastoraux et milieux périurbains en Basse Auvergne au cours des trois derniers millénaires : contribution de l'analyse palynologique à l'étude des interactions sociétés-milieux*. Thèse de doctorat, Université Blaise Pascal, Clermont-Ferrand, France.
- RAMEAU J.-C., MANSION D., DUMÉ G., 1989. *Flore forestière française, tome 1 : plaines et collines*. Institut pour le développement forestier, Paris, p. 258-259.
- REDDÉ M., 1978. Les scènes de métier dans la sculpture funéraire gallo-romaine. *Gallia*, 36-1, p. 43-63.
- REDDÉ M., 2011. Oedenburg. In M. Reddé et al. (dir.). *Aspect de la Romanisation dans l'Est de la Gaule*. Bibracte, Glux-en-Glenne, Coll. « Bibracte, 21 », Volume 1, p. 173-181.
- ROZAS V., 2003. Tree age estimates in *Fagus sylvatica* and *Quercus robur*: testing previous and improved methods. *Plant Ecology*, 167, p. 192-212.
- SCHWEINGRUBER FRITZ H., 1988. *Tree-rings—Basics and applications of dendrochronology*. Dordrecht, Kluwer.
- SCHWEINGRUBER FRITZ H., 1990. *Anatomie microscopique du bois*. Zurich, Fluch-Wirth (3^e édition).
- TEGEL W., VANMOECKERKE J., 2014. Recherches dendroarchéologiques sur la fin de l'âge du Fer et le début de l'époque romaine en Champagne-Ardenne. In V. Bernard, F. Favory, J.-L. Fiches (dir.). *Silva et saltus en gaule romaine : dynamique et gestion des forêts et des zones rurales marginales*. Actes du colloque AGER VII, Rennes, 27-28 octobre 2004, Besançon, Presses universitaires de Franche-Comté, Annales Littéraires, 936; Série « Environnement, sociétés et archéologie; 19 », p. 175-182.
- TRÉMENT F., ARGANT J., BRÉHÉRET J.-G., CABANIS M., DOUSTEYSSIER B., FOURMONT A., FOURNIER G., LIABEUF R., LOISON G., LOPEZ SAEZ J. A., MACAIRE J.-J., MARINVAL Ph., MENNESSIER-JOUANNET Ch., MILCENT P.-Y., DUPRAT B., RIALLAND Y., VERNET G., FAUDUET I., ODENHARDT-DONVEZ I., 2007. Un ancien lac au pied de l'oppidum de Gergovie (Puy-de-Dôme) : interactions sociétés-milieux dans le bassin de Sarliève à l'Holocène. *Gallia*, 64, p. 289-351.