



HAL
open science

Travail du bois et gestion sylvicole à la fin de l'âge du Fer à travers l'analyse intégrée des cuvelages de puits de Vieille-Toulouse (Haute-Garonne)

Lison Chassaing, Vincent Labbas, Mélanie Saulnier, François Blondel, Pascal Lotti, Pierre-Yves Milcent, Vanessa Py-Saragaglia

► To cite this version:

Lison Chassaing, Vincent Labbas, Mélanie Saulnier, François Blondel, Pascal Lotti, et al.. Travail du bois et gestion sylvicole à la fin de l'âge du Fer à travers l'analyse intégrée des cuvelages de puits de Vieille-Toulouse (Haute-Garonne). Pallas. Revue d'études antiques, 2024, Bois et architecture dans la Protohistoire et l'Antiquité, 2 (125). hal-04743797

HAL Id: hal-04743797

<https://hal.science/hal-04743797v1>

Submitted on 18 Oct 2024

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Travail du bois et gestion sylvicole à la fin de l'âge du Fer à travers l'analyse intégrée des cuvelages de puits de Vieille-Toulouse (Haute-Garonne)

Lison CHASSAING*, Vincent LABBAS**, Mélanie SAULNIER*,
François BLONDEL***, Pascal LOTTI****,
Pierre-Yves MILCENT*****, Vanessa PY-SARAGAGLIA*

Introduction

Le bois a été et est toujours une ressource indispensable pour le développement des sociétés¹. Ce matériau était utilisé autant pour la construction que pour la fabrication d'armes, d'outils et de nombreux objets de la vie quotidienne engendrant nécessairement de fortes interactions entre les sociétés et les écosystèmes forestiers. Alors qu'il a joué un rôle tout aussi important que les matériaux d'origine minérale (pierre, terre-crue, terre-cuite, etc.), le bois est une matière organique et périssable qui échappe le plus souvent aux observations archéologiques sauf dans des conditions de conservation particulières telles que les milieux anaérobies, saturés en eau, ou arides. À ce titre, les puits creusés pour l'alimentation en eau constituent un lieu idéal de conservation de ce matériau, notamment ceux qui présentent la particularité d'avoir été étanchéifiés et consolidés par des cuvelages en bois, et cela dès le Néolithique partout en Europe² et jusqu'au Moyen-Orient³. L'étude de ces cuvelages s'avère essentielle pour appréhender les usages et le travail de la matière ligneuse par les artisans du passé. Au-delà des aspects techniques relevant de la charpenterie, les bois archéologiques constituent aussi de véritables « boîtes noires » de l'environnement passé. La taille des bois, l'âge individuel des arbres et les patrons de croissance annuelle témoignent des variations climatiques⁴, des régimes de perturbations⁵ et d'autres changements environnementaux tels que des éclaircies, les

* GEODE UMR 5602, Université Jean-Jaurès.

** Institut Royal du Patrimoine Artistique, Bruxelles / Université de Liège.

*** Université de Genève, Institut des Sciences de l'Environnement.

**** INRAP Grand-Sud-Ouest.

***** TRACES UMR 5608, Université de Toulouse Jean Jaurès.

¹ Tegel *et al.*, 2022.

² Király, Tóth, 2015 ; Tegel *et al.*, 2012 ; Vostrovská *et al.*, 2021.

³ Galili *et al.*, 2018.

⁴ Cook, Kairiukstis, 1990 ; Fritts, 1976 ; Tegel *et al.*, 2016.

⁵ Lorimer, Frelich, 1989 ; Payette, Filion, 2011 ; Schweingruber, 1988 ; Stoffel *et al.*, 2015.

ouvertures et la favorisation d'une ou de plusieurs espèces etc. Ces changements peuvent être engendrés par les prélèvements de bois⁶ et les stratégies sylvicoles mises en œuvre pour assurer une disponibilité durable de la ressource⁷. Alors que les sources écrites sont lacunaires pour les périodes anciennes, les bois archéologiques constituent une archive exceptionnelle des interactions entre les sociétés et les forêts.

Les bois exhumés dans les puits de la fin de l'âge du Fer de Vieille-Toulouse (Haute-Garonne) offrent donc une fenêtre d'étude intéressante pour étudier ces interactions en Gaule du Sud-Ouest qui demeure une région peu documentée par des approches paléoenvironnementales (voir chapitre 1.). Le site de Vieille-Toulouse a fait l'objet de nombreuses recherches depuis la fin du XIX^e siècle et notamment par M. Vidal et B. Marty entre 1966 et 1984, qui ont mis en évidence une importante occupation et l'existence d'un réseau urbain⁸. Plusieurs opérations d'archéologie préventive menées depuis les années 2000 ont précisé l'organisation interne de l'agglomération et ses différentes phases d'occupation⁹ qui s'étalent sur plus d'un siècle et demi. Plusieurs dizaines de structures (puits, fosses, etc.) ont également été mises au jour durant les campagnes de 1966 et 1984, parmi lesquels une quinzaine de puits contenant plusieurs pièces de bois dans leur comblement et dont cinq présentaient à leur base des cuvelages conservés encore en place (les puits 11, 26, 42, 65 et 5 000). M. Vidal a étudié ces cuvelages, mais essentiellement dans une perspective architecturale¹⁰. Parmi ces cinq cuvelages, seules les pièces des puits 65 et 5 000 (appelés plus loin PT 65 et 5 000) ont été conservées dans les locaux du Service Régional de l'Archéologie et aux réserves du Musée Saint-Raymond à Toulouse. Il a donc été possible de mettre en œuvre une nouvelle étude morpho-technique et dendrochronologique visant à reconstruire les techniques et les modes opératoires de travail du bois ainsi que les phases d'abattage des arbres utilisés. En outre, en mobilisant des outils dendro-écologiques encore assez peu utilisés en dendroarchéologie, nous avons tenté de décrypter la signature de pratiques sylvicoles passées dans les cernes.

Cette étude vise donc à (1) reconstruire la chaîne opératoire technique du travail du bois depuis la sélection du matériau en forêt jusqu'au façonnage des pièces et leur mise en œuvre dans les puits ; (2) à formuler des premières hypothèses sur le choix des arbres prélevés, les peuplements exploités, ainsi que sur la gestion des ressources forestières à la fin de l'âge du Fer et, (3) à fournir de nouveaux éléments de datation absolue permettant de discuter la chronologie de l'occupation de Vieille-Toulouse.

Le site de Vieille-Toulouse dans son environnement

La commune de Vieille-Toulouse est située à environ sept kilomètres au sud de l'actuelle agglomération toulousaine, entre les vallées de l'Hers et de la Garonne (fig. 1). Sa position géographique lui confère un climat relativement tempéré, encore dominé par les vents d'ouest, avec en moyenne des hivers doux et des étés relativement chauds et secs. Le couvert forestier actuel se compose essentiellement de peuplements de chênes décidus (*Quercus robur* L.,

⁶ Billamboz, 2014.

⁷ Tegel *et al.*, 2022.

⁸ Vidal, à paraître.

⁹ Gardes, 2007 ; Gardes, 2010 ; Gardes, 2015 ; Gardes, 2017 ; Vial *et al.*, 2016.

¹⁰ Vidal, 1984.

Quercus petraea (Mattus) Liebl., *Quercus pubescens* Willd.) localement accompagnés du hêtre (*Fagus sylvatica* L.), du frêne (*Fraxinus*), du charme (*Carpinus betulus* L.) et du châtaignier (*Castanea sativa* Mill.), et d'îlots de conifères en plantations¹¹. D'après la carte de la végétation potentielle¹², le site de Vieille-Toulouse se situe à l'interface de deux principales formations de chênaies : les chênaies pédonculées alluviales et la forêt mixte de chêne pubescent¹³.

Dans la zone étudiée, les écosystèmes forestiers du passé sont peu connus en raison de données paléoécologiques lacunaires. Les analyses anthracologiques et polliniques du site de Raspide, une ferme gauloise située sur la commune de Blagnac, au nord de Toulouse¹⁴, font figure d'exception. Les pollens témoignent d'un paysage ouvert et cultivé, mais qui n'était pas dénué de forêts. En effet, les données permettent de restituer à proximité du site des espaces boisés constitués de chênaies caducifoliées mixtes où les chênes sont associés à l'orme (*Ulmus*), au frêne, au tilleul (*Tilia*), à l'érable (*Acer*), au sureau (*Sambucus*) ainsi qu'au noisetier (*Corylus avellana* L.) et à l'aulne (*Alnus*)¹⁵. On détecte également des pinèdes de basse altitude plus lointaines. L'analyse anthracologique a révélé l'utilisation pour le bois d'œuvre des chênes caducifoliés et d'un chêne sempervirent, très probablement le chêne vert (*Quercus ilex* L.) qui peut remplacer dans certaines conditions micro-climatiques ou édaphiques locales les chênes caducifoliés.

Le site de Vieille-Toulouse occupe l'extrémité d'un plateau appartenant aux coteaux molassiques de Pech David. Ces coteaux surplombent le lit majeur de la Garonne et sont essentiellement composés d'éluvions et de colluvions quaternaires liées à l'érosion des formations marneuses et molassiques de l'Oligocène. Ces formations renferment une nappe sédimentaire alternativement libre et captive (BDLISA, V2)¹⁶, alimentée par les intempéries. Ceci permet d'expliquer que les coteaux ont constitué un lieu de captage et donc d'installation humaine privilégié. À l'âge du Fer, les sites du Cluzel, d'Estarac et de Vieille-Toulouse vont tour à tour émerger. L'agglomération gauloise de Vieille-Toulouse s'étend sur environ 200 ha et son occupation couvre un peu plus d'un siècle et demi, soit entre 175 et 10 av. J.-C.¹⁷.

Le puits PT 65 est situé sur le secteur de Baulaguet, en périphérie du plateau dominant de La Planho densément occupé à l'époque gauloise. Le puits PT 5 000 se situe sur le secteur de Ventenac, en limite sud de l'agglomération de Vieille-Toulouse.

Matériel et méthodes

2.1. PT 65 et 5 000

Le puits PT 65¹⁸, dont le comblement est daté de la fin du II^e et du premier tiers du I^{er} siècle

¹¹ Les données sont issues de l'Inventaire forestier national de la Haute-Garonne (2009-2013) consultable en ligne : https://inventaire-forestier.ign.fr/IMG/pdf/RES-DEP-2013/RS_0913_DEP_31.pdf.

¹² Leguédouis *et al.*, 2011 ; <https://cdn.obs-mip.fr/cartevegetation/Carre-vegetation-potentielle.html>

¹³ *Ibid.*

¹⁴ Sireix *et al.*, 2007.

¹⁵ Sireix, 2002 ; Sireix *et al.*, 2007, p. 311-313, 316-317.

¹⁶ Cette formation molassique est détaillée dans la Base de données LISA, référentiel hydrogéologique (BDLISA, V2), consultable en ligne : <https://bdlisa.eaufrance.fr/>

¹⁷ Gardes, 2020.

¹⁸ Vidal, Marty, 1981 ; Vidal, 1987.

av. J.- C.¹⁹ par le mobilier métallique, était profond de 15,40 m. Il présentait une ouverture et un conduit de section carrée et contenait un seau en bois conservé et des fragments de panses d'amphores retenant le niveau horizontal sur lequel s'appuyait le cuvelage. À environ dix mètres de profondeur, un cuvelage en forme de caisson était conservé en place sur plus de cinq mètres de hauteur²⁰. Il était composé de près de 23 assises horizontales pour un total de 92 planches dont seules 37 pièces ont été prélevées lors de la fouille (fig. 2). Vingt-quatre planches (entières et/ou cassées) et 13 fragments ont donc été sélectionnés pour faire l'objet d'une restauration au laboratoire ARC-Nucléart à Grenoble en 1986²¹ et c'est ce matériel qui a été mobilisé pour cette étude.

Le puits PT 5 000 était profond de plus de 15,50 m et son comblement a été daté du second quart du 1^{er} siècle av. J.-C²² par le mobilier céramique. Il présentait une ouverture circulaire et un conduit de section carrée. Les premiers éléments du cuvelage non conservés en place ont été découverts à 13,60 m de profondeur, et semblent correspondre à la partie supérieure du cuvelage qui s'est effondrée²³. Le cuvelage devait atteindre au total six mètres de hauteur. La fouille a livré un total de 311 pièces de bois (planches, traverses, chutes de fendage, fragments) dont 110 planches et 54 traverses ont été mobilisées pour cette étude²⁴.

2.2. Analyse morpho-technique des bois

L'approche morpho-technique²⁵ consiste en plusieurs niveaux d'observation visant à reconstituer le cheminement des bois, depuis leur acquisition jusqu'à leur mise en œuvre. La gamme des outils utilisés a été reconnue soit directement grâce aux traces laissées dans la matière, soit indirectement grâce aux modes de débit ou de transformations reconnus²⁶.

Les bois ont été mesurés, photographiés et dessinés (faces, sections, abouts) en utilisant les conventions similaires à Pillonel (2007). Au moyen d'une lumière rasante, des observations macroscopiques ont été réalisées sur toutes les faces et abouts des pièces afin de renseigner le travail du bois : mode de débit, calibration en longueur et en épaisseur, façonnage. Les plans de fente (radial, tangentiel, oblique) et la forme des abouts (en biseau simple ou double, érodé, droit) ont été caractérisés. Les traces de traitement de surface (enlèvements, éclats -éclisses-, encoches), les traces d'outils (marques de coupe, rayures des tranchants, striures) et d'usures, ainsi que les cassures, arrachements, nœuds et galeries d'insectes ont été caractérisés, mesurés et relevés (dessin technique) sur toutes les faces des pièces²⁷. D'autres observations ont été consignées telles que la présence de l'aubier, l'état de conservation des bois et les traces de restauration. Le diamètre minimal initial des billes débitées a été estimé à partir des largeurs des planches débitées. Les bois du PT 65 ayant été traités après leur stabilisation, beaucoup de macro- et micro-traces d'outils, normalement bien visibles quand le bois est encore frais et

¹⁹ Vidal, à paraître ; Pailler, Provost, 2017.

²⁰ Vidal, 1984.

²¹ Ginier-Gillet *et al.*, 1986.

²² Lotti, 2018.

²³ *Ibid.*

²⁴ Blondel, 2018.

²⁵ Pillonel, 2007.

²⁶ *Ibid.*

²⁷ *Ibid.*; Blondel, 2018.

humide, étaient difficiles à distinguer. Aussi, pour tenter de compléter les observations macroscopiques, un essai photogrammétrique a été réalisé sur le bois VT.PL16.

2.3. Identification taxinomique

L'identification des taxons a été réalisée suivant la méthode classique qui consiste à observer les trois plans anatomiques (transversal, tangentiel et radial) obtenus soit par le prélèvement de fragments de bois et observés à l'aide d'un microscope à réflexion (grossissements 100, 200 et 500 fois), soit par le prélèvement à la lame de rasoir de fines pellicules de bois observées entre lames et lamelles avec un microscope à lumière transmise. Les plans observés ont été comparés à ceux d'atlas xylologiques²⁸. Les pièces du PT 65 avaient été identifiées avant leur traitement au laboratoire Arc-Nucléart²⁹. Les 311 bois du cuvelage du PT 5 000 ont été identifiés par F. Blondel³⁰.

2.4. Analyses dendrochronologiques

2.4.1. Sélection et échantillonnage des échantillons mesurés

Les bois des PT 65 et 5 000 n'ayant pas été traités de la même manière après leur extraction des puits, nous avons eu recours à des méthodes de prélèvements différentes.

Les planches du PT 65 se présentent sous la forme de bois secs stabilisés par double échange eau-acétone, puis acétone-polyester et radio polymérisation par exposition au rayonnement gamma (méthode Nucléart "humide"). En raison de ce traitement, nous avons sélectionné uniquement les planches à forte section (30-70 mm d'épaisseur). Sur les 24 planches du PT 65, seules dix planches ont fait l'objet d'un carottage à l'aide d'une tarière (Berlin-type) montée sur une perceuse d'un diamètre extérieur de 12 mm réalisé sur la tranche (ou le plan) des pièces, et neuf planches ont été mesurées. Le dixième échantillon (VT.PL19), trop fragmenté, s'est avéré illisible et a été écarté de l'étude. En comparaison avec le prélèvement d'une section, ce procédé minimise l'impact sur les pièces pour lesquelles une acquisition par tomographie n'était pas envisageable au regard de la dimension des planches de Vieille-Toulouse. L'état de conservation de l'extrémité des pièces n'a pas permis une lecture des sections par acquisition photo ou photogrammétrique. Les échantillons sont dans un état fragmentaire et présentent deux à six fragments. Les restes de sédiments probablement présents dans les interstices des pièces au moment de leur stabilisation, cumulés aux traitements chimiques, ont rendu extrêmement dures et friables les bois et sont à l'origine de la forte fragmentation des échantillons.

Parmi les 311 pièces de bois gorgées d'eau provenant du PT 5000, 164 étaient dans un bon état de conservation. Ces conditions facilitent autant l'observation en surface que la lecture des séries de cernes. Une à trois sections transversales ont été prélevées par sciage dans ces 164 planches et traverses. Seules les 26 planches présentant les plus longues séries de cernes ont été sélectionnées afin de fournir une longue chronologie. Les bois présentant des séquences de cernes courtes (30 à 50 cernes) n'ont pas été analysés dans le cadre de cette étude mais restent accessibles pour des recherches futures.

Un total de 35 bois a donc été sélectionné pour l'analyse dendrochronologique, dont neuf proviennent de PT 65 et 26 du PT 5 000.

²⁸ Grosser, 1977 ; Schweingruber, 1990.

²⁹ Vidal, 1984, p. 114.

³⁰ Blondel, 2018.

2.4.2. Mesures et analyses dendrochronologiques

L'analyse dendrochronologique s'est déroulée en trois étapes : la mesure des séries de cernes, leur interdatation et la recherche de dates grâce à des chronologies de référence déjà datées. La largeur des cernes des 36 échantillons a été mesurée à l'aide d'une table de mesure Lintab Rimtech® reliée au logiciel TSAPwin® avec une précision de 0,01 mm. L'interdatation des séries a pour but de rechercher les synchronismes (donc de comparer les séries) entre les séries des PT 65 et 5 000 et de construire une chronologie moyenne. Pour permettre cette comparaison, les séries ont été normalisées par la méthode du corridor curvilinéaire³¹. La qualité de l'interdatation (et des variations interannuelles) entre les séries de cernes, a été vérifiée visuellement et statistiquement à l'aide du coefficient de corrélation et du test de Student associé. Pour dater cette chronologie moyenne, trois référentiels locaux de chêne ont été mobilisés provenant des sites de la ZAC Niel à Toulouse (31) couvrant la période 362 à 137 av. J.-C.³², et de la ZAC Andromède à Blagnac (31), couvrant la période de 365 à 28 av. J.-C.³³ ainsi qu'un référentiel provenant de Villeneuve-sur-Lot (47) qui couvre la période de 387 à 176 av. J.-C.³⁴. L'interdatation a été réalisée à partir du logiciel Dendron IV³⁵. Les phases ou dates d'abattage sont estimées à partir des cernes d'aubier conservé³⁶. Lorsqu'il n'y a pas d'aubier, la date fournie est un *Terminus Post Quem* (TPQ).

2.4.3. Analyse dendro-écologique

Des phases de relâche dans les séries de cernes ont été identifiées³⁷ ; ces dernières sont caractéristiques d'une ouverture du milieu à la suite de perturbations d'origine naturelle ou anthropique ayant conduit à la formation d'une trouée dans la canopée.

Les épisodes de relâche (R) ont été identifiés à l'aide d'une fonction qui consiste à calculer un pourcentage de changement de croissance selon des moyennes mobiles :

$R = (M2-M1) / M1 * 100$ où M2 correspond à la moyenne des largeurs de cernes dix ans après le premier cerne et M1 est la moyenne des largeurs de cernes dix ans avant, en incluant le premier cerne. Les résultats ont été interprétés de la manière suivante : un pourcentage de changement compris entre 25-50 % est considéré comme un changement modéré, un pourcentage de changement supérieur à 50 % est interprété comme un changement majeur³⁸. Il est admis dans la littérature que pour qu'une période de relâche commune soit significative, il

³¹ Durost, 2005 ; Lambert, 2006.

³² Belingard, 2016.

³³ Le Digol, 2015.

³⁴ Perrault, 2010

³⁵ Lambert, 2006.

³⁶ Durost, Lambert, 2007. Il convient de préciser ici que les datations des phases d'abattage de Vieille-Toulouse sont susceptibles d'être modifiées dans les années à venir. En effet, en raison de l'absence de travaux sur les aubiers des chênes du sud-ouest de la France, nous avons eu recours pour cette étude à l'estimation de l'aubier maximal acquise à partir d'individus issus de l'est de la France et de la Suisse, où les conditions climatiques sont différentes de celles du sud-ouest. Il est possible que les bois mis en œuvre à Vieille-Toulouse ne respectent pas cette estimation : Shindo *et al.*, 2023 ; Prokop *et al.*, 2017.

³⁷ Nowacki, Abrams, 1997.

³⁸ Rozas, 2005.

faut qu'elle dure au moins trois ou quatre années³⁹. Seules les relâches majeures partagées par au moins 30 % des séries individuelles (nombre de séries avec une relâche/nombre de séries disponibles pour l'année considérée *100) ont été considérées comme des événements d'ouverture majeure ayant affecté l'écosystème forestier. L'ensemble des calculs a été réalisé à l'aide du logiciel R et du package TRADER⁴⁰.

Résultats

3.1. Morphologie des bois, marques de travail et outils employés

Les 16 planches complètes du PT 65 mesurent entre 1000 et 1120 mm de longueur, 180 et 300 mm de largeur, et 20 et 76 mm d'épaisseur. Les huit planches cassées mesurent entre 370 et 1 040 mm de longueur, 125 et 280 mm de largeur, et 21 et 74 mm d'épaisseur. Les 13 fragments de planches cassées et/ou les chutes mesurent entre 43 et 300 mm de long, 24 et 124 mm de large et leurs épaisseurs sont comprises entre 2 et 39 mm. Des diamètres minimums des billes ont été estimés entre 400 et 600 mm (fig. 3).

La longueur initiale des planches du PT 5 000 est estimée entre 68 et 1 645 mm, mais il faut imaginer des longueurs plus importantes pouvant au moins atteindre 2 000 mm. Leurs dimensions sont relativement variables avec des largeurs comprises entre 46 et 331 mm et des épaisseurs comprises entre 13 et 47 mm⁴¹. Les 54 traverses de section rectangulaire à carrée dont quatre sont complètes (Bois 01, 04, 09 et 12) et mesurent entre 904 et 995 mm de longueur maximale, 100 et 124 mm de large et 35 et 43 mm d'épaisseur. Les diamètres (minimum) d'origine des billes ont été estimés entre 450 et 750 mm.

Sur les 24 planches du PT 65, 22 présentent des encoches à mi-bois taillées à leurs extrémités, dont 17 sont de formes rectangulaires, deux sont de formes polygonales et trois pièces présentent les deux formes. Les traverses complètes, uniquement observables pour le PT 5 000 présentent également à leurs extrémités des entailles à mi-bois opposées ou identiques, de forme rectangulaire⁴². Entre trois et quatre trous de clous ou des clous en place ont été identifiés sur les traverses entières pour la fixation des planches. Certaines traverses présentaient aussi des chevilles en bois encore en place pour certaines et non traversantes pour d'autres.

Les planches des PT 65 et 5 000 ainsi que les traverses ont été très majoritairement débitées radialement (débit sur maille). Une seule a été débitée obliquement, entre le plan radial et le plan tangentiel (faux quartier) et ce mode de débitage n'a été observé que pour le cuvelage du PT 65.

Les traces de tranchants et les enlèvements retrouvés à la surface des planches (e.g. VT.PL16) témoignent de la rectification de leur épaisseur pour leur calibrage⁴³ (fig. 4). Près de 12 marques de tranchants ont été reconnues sur ce bois. Des mortaises ont aussi été identifiées sur la planche VT.PL9 et ont été percées *a posteriori*. L'about en forme de biseau double de la planche VT.PL15 du PT 65 suppose que l'arbre d'où provient la pièce a été abattu par encoche opposée (voir 4.1.).

³⁹ *Ibid.*

⁴⁰ Altman *et al.*, 2014.

⁴¹ Blondel, 2018.

⁴² *Ibid.*

⁴³ Chassaing, 2020.

La hache a été employée pour l'abattage (e.g. Bois 122 du PT 5 000)⁴⁴, la segmentation et certains travaux de façonnage. Tranchants, coins et maillets ont été utilisés pour fendre les billes longitudinalement et pour débiter les planches par fendage radial. Les retouches en épaisseur des planches ont été réalisées à l'aide de la hache, de l'herminette, du ciseau et de la plane dont les traces sont attestées sur les planches VT.PL3, VT.PL7 et VT.PL9 du PT 65⁴⁵. Les entailles, les encoches et les mortaises ont été réalisées à l'aide de la hache et/ou au moyen de ciseaux.

3.2. Essences utilisées

Les pièces conservées du PT 65 sont en chêne caducifolié. Concernant le PT 5000, sur les 311 bois prélevés, 282 proviennent de chênes caducifoliés (91 %), 12 de sapins (4 %), 7 de saules (2 %) et 10 autres (3 %) n'ont pas pu être identifiés. Les planches (n=138), les traverses (n=69), deux possibles piquets ainsi que sept chutes de fendage sont en chêne. Dix fragments indéterminés, une planchette et une branche issue d'une jeune pousse coupée entre l'automne et l'hiver sont en sapin. Les bois de saule sont des fragments dont la fonction est indéterminée⁴⁶.

3.3. Résultats dendrochronologiques

3.3.1. Longueur des chronologies et âges d'abattage

Les longueurs des séries vont de 45 à 133 cernes pour le PT 65 et de 53 à 215 cernes pour le PT 5 000. Alors que l'aubier est conservé sur 7 planches mesurées du PT 65 (VT.PL3, 4, 7, 10, 14, 16 et 19), la différence de couleur (plus claire) qui marque visuellement sa présence n'était plus perceptible sur les carottes. Cela est probablement lié au fait que la section des pièces n'a pas été entièrement traversée à cause des difficultés de prélèvement liés aux procédés de restauration-conservation⁴⁷. À cela s'ajoute la mauvaise conservation des tissus cellulaires qui a rendu difficile la lecture et la mesure des cernes sur les carottes. Les aubiers ont pu être identifiés et mesurés uniquement sur 18 bois provenant du PT 5 000. Pour ces bois, le nombre de cernes d'aubier varie de 1 à 15 cernes. En revanche aucun cambium (assise cellulaire indiquant la présence du dernier cerne fabriqué par l'arbre) n'a été conservé. La proximité de la moelle (correspondant au début de la croissance) a été observée sur quatre bois du PT 5 000 (Bois 28, 132, 11 et 129) qui avaient également de l'aubier conservé.

L'interdatation des séries de cernes a permis de constituer pour PT 65 une chronologie de 83 ans s'appuyant sur deux séries individuelles et pour PT 5 000 une chronologie de 230 ans fondée sur 14 séries individuelles. Les chronologies des deux puits présentant des corrélations satisfaisantes ont été regroupées pour construire une chronologie moyenne de 230 ans. Nous avons exclu les 19 bois qui présentaient une absence de synchronisme. La chronologie moyenne a été comparée aux trois chronologies de référence permettant la datation de la chronologie de Vieille-Toulouse pour la période de 343 à 113 av. J.-C.⁴⁸.

Pour les quatre échantillons du PT 5 000 où la moelle était proche et où des cernes d'aubier

⁴⁴ Blondel, 2018.

⁴⁵ Chassaing, 2020.

⁴⁶ Blondel, 2018.

⁴⁷ Chassaing, 2021.

⁴⁸ Les résultats de calcul sur la chronologie de la ZAC Niel livrent un coefficient de corrélation (r) à 0,56 et un t de Student à 11,8 et livrent un coefficient de corrélation de 0,45 et un t de Student à 7,16 sur la chronologie de Villeneuve-sur-Lot.

étaient conservés, l'estimation de l'aubier maximum a donné un âge approximatif des arbres abattus compris entre 99 et 246 ans. Pour les autres bois ayant conservé leur aubier mais par leur moelle, un âge minimum compris entre 200 et 237 ans a été estimé.

En revanche, pour les séries du PT 65, la mauvaise conservation des tissus ligneux n'a pas permis d'accéder à des longueurs de chronologies complètes, ce qui donne des âges d'exploitation minimum compris entre 45 à 133 ans.

3.3.2 Phases d'abattage potentielles et périodes de relâches

Le bloc-diagramme réalisé à partir des séries individuelles synchronisées a permis de déterminer plusieurs phases possibles d'abattage (fig. 6), représentées par les 9 bois datés du PT 5 000 qui ont conservé de l'aubier. Tous les aubiers observés étant incomplets, un nombre de cernes d'aubier maximum a été ajouté au dernier cerne d'aubier mesuré⁴⁹. Une première phase d'abattage est estimée entre 215 et 195 av. J.-C. avec au moins l'abattage d'un arbre (VT.76) suivi d'une deuxième entre 131 et 106 av. J.-C., suivie d'une troisième période entre 113 et 101 av. J.-C. (fig. 5). Ces deux dernières phases renvoient à l'abattage successif d'un ou de plusieurs arbres d'où ont été tirés 8 bois. La deuxième phase a été estimée entre le cerne d'aubier le plus récent, observé sur VT.129 et le cerne d'aubier maximum le plus ancien observé sur VT.14. La troisième phase a été estimée de la même manière entre les cernes d'aubier observés sur VT.122 et VT.42. En revanche, pour les deux échantillons datés du PT 65 (VT.PL12 et 14), l'aubier n'était pas visible sur les échantillons, un aubier minimum a été ajouté⁵⁰, soit quatre cernes d'aubier pour le chêne. Les résultats obtenus révèlent des TPQ compris entre 146 et 137 av. J.-C. et montrent le faible écart avec la phase d'abattage proposée pour le PT 5 000.

Quatre périodes de relâche (partagées par au moins 30% des séries individuelles) ont été identifiées en 280, 210, 190 et 150 av. J.-C., soit environ 20-45 ans avant la construction des puits pour la dernière relâche. Ces périodes sont principalement communes aux bois du PT 5 000 à l'exception de la relâche datée de 190 av. J.-C. qui est également identifiée sur les bois du PT 65. Les relâches présentent une fréquence d'occurrence tous les 30 à 50 ans en moyenne.

Discussion

4.1. Restitution de la chaîne opératoire technique du travail du bois

Les artisans ont exclusivement utilisé le chêne caducifolié pour la fabrication des planches des PT 65⁵¹ et 5 000 mais aussi pour celles des traverses et des piquets du PT 5 000. Il s'agit de l'essence principalement employée dans la construction méridionale protohistorique, en particulier pour la fabrication des pièces de cuvelage de puits. En effet, sur les sept cuvelages en bois du Toulousain retrouvés⁵², quatre ont été confectionnés avec du bois de chêne⁵³ qui a la particularité de posséder de bonnes propriétés mécaniques (dur, dense et à la fois solide et

⁴⁹ Lambert, 2006 ; Durost, Lambert, 2007.

⁵⁰ Lambert, 2006.

⁵¹ L'information provient de la publication de M. Vidal sur la typologie des cuvelages en bois du Toulousain (Vidal, 1984), le rapport de l'étude xylogique n'a pas été retrouvé.

⁵² Il s'agit des sites de la ZAC Niel et de Saint-Roch (Toulouse), de la ZAC Andromède (Blagnac), de Vieille-Toulouse, d'Estarac (Pouvourville), de Baziège (Margaille), de Raspipe 1 (Blagnac).

⁵³ Chassaing, 2020.

élastique), qui se fend bien et se conserve durablement⁵⁴. Cette essence est d'ailleurs privilégiée pour le cuvelage des puits en Europe depuis le Néolithique⁵⁵.

Dans le domaine de la construction, les contraintes liées à la forme et aux dimensions de l'architecture prévue déterminent la sélection de la matière en fonction des disponibilités environnementales. En dehors du choix de l'essence, la linéarité et la hauteur des fûts ainsi que leurs diamètres exploitables, devaient vraisemblablement constituer les principaux critères de sélection des arbres par les bûcherons protohistoriques⁵⁶.

Les billes sélectionnées pour le débit de pièces longues (planches) mesuraient au moins entre 400 et 750 mm de diamètre avec des âges d'abattage compris entre 99 et 246 ans (PT 5 000)⁵⁷. Les diamètres et les âges minimaux observés supposent l'abattage de chênes adultes à matures⁵⁸. Les arbres ont de toute évidence été abattus à la hache d'abattage (taillant à double biseau) en procédant à deux entailles opposées⁵⁹ : l'entaille de direction (la plus longue), opérée du côté où l'arbre doit tomber sur environ un tiers du diamètre, et une l'entaille d'abattage opérée légèrement au-dessus de l'entaille de direction. Cette pratique laisse à la base de la bille une forme en V⁶⁰ généralement éliminée par les travaux de façonnage. Dans les pièces étudiées seules VT.PL15 (PT 65) présente cette marque, mais elle peut aussi être le résultat d'une étape de tronçonnage⁶¹.

Vraisemblablement, la zone médiane du tronc, là où les fibres sont les plus rectilignes, a été sélectionnée pour le débit de long par fendage longitudinal radial (débit sur maille) de larges planches. Cette technique consiste à fendre d'abord la bille en deux, puis à fendre les demi-billes radialement en suivant la progression des rayons médullaires pour obtenir les planches. Lorsqu'elle est bien maîtrisée, cette technique limite la perte de matière pour la production de pièces plates. De plus, elle est plus facile à maîtriser que le fendage tangentiel, mais implique l'utilisation de billes de fort diamètre dépourvue de défaut pour obtenir des planches suffisamment larges. Certaines traverses présentent quant à elles un aspect plus grossier que les planches, pouvant indiquer qu'elles ont été débitées à partir de grosses branches ou encore de troncs de plus faible diamètre⁶². Elles nécessitent un nombre plus important de refends conduisant à une perte de matière plus importante, témoignant d'une économie du bois d'œuvre⁶³.

La sélection d'arbres avec des troncs de fort diamètre pour la confection de larges planches a également été observée sur le site de la ZAC Niel à Toulouse où l'analyse de 16 planches de puits a mis en lumière une sélection fondée sur des critères morphologiques (diamètre, qualité

⁵⁴ Rival, 1990.

⁵⁵ Hillam, 2015 ; Tegel *et al.*, 2012 ; Vostrovská *et al.*, 2020.

⁵⁶ Pillonel, 2007.

⁵⁷ Les cernes d'aubier maximum ont été ajoutés pour les bois du PT 5 000 dont l'aubier et la moelle étaient conservés fournissant un âge d'abattage maximum.

⁵⁸ Blondel, 2018.

⁵⁹ Pillonel, 2007, p. 56 indique que cette méthode performante, toujours utilisée de nos jours, est celle qui offre le plus de sécurité sur le plan humain comme sur celui du matériel.

⁶⁰ Pillonel, 2007.

⁶¹ *Ibid.*

⁶² *Ibid.*

⁶³ Blondel, 2018.

du fil) pour répondre aux contraintes techniques du débitage par fendage⁶⁴. Le corpus étudié étant restreint et les études comparatives à l'échelle du Toulousain et du sud-ouest étant rares, il n'est pas possible de tirer des généralités à partir de nos résultats. Mais nous savons que cette technique est abondamment documentée pour la Pré- et Protohistoire⁶⁵. Dans le cas précis des PT 65 et 5 000 de Vieille Toulouse, nos observations permettent toutefois de discuter de la stratégie de sélection des arbres à abattre qui serait déterminée par le produit fini recherché et la technique de débitage employée⁶⁶.

Le débitage par fendage radial produisant des pièces relativement irrégulières et à section légèrement triangulaire, les pièces ont été retouchées à l'aide de la hache et/ou de l'herminette avant leurs mises en œuvre dans le puits⁶⁷. La calibration des planches en épaisseur et en longueur observée pour les deux cuvelages a conduit à des rectifications de type enlèvement ou éclissage observées sur les faces, les abouts et les extrémités. Les fragments et/ou chutes de débitage présents dans notre corpus sont issus de ces rectifications en longueur des planches⁶⁸.

Les travaux de façonnage des encoches à mi-bois pour le cuvelage du PT 65 ont montré la recherche d'une régularité. Des traces de retouches à l'herminette ont été observées (e.g. VT.PL1, 10 et 25). L'étude a révélé des formes majoritairement rectangulaires avec un certain calibrage dans la longueur et la largeur soit 65-280 par 60-135 mm⁶⁹. Ce soin apporté dans leur élaboration peut s'expliquer par le fait que ces encoches constituent l'unique moyen de maintenir solidement les planches entre elles dans le puits. En revanche la réalisation des mi-bois des traverses du PT 5 000 apparaît plus sommaire, ce qui pourrait expliquer la présence des clous et des chevilles en bois permettant de consolider les assemblages des planches disposées à la verticale contre les parois du puits⁷⁰.

Cette recherche de régularité des encoches est nécessaire afin d'assurer le bon maintien de l'ouvrage. Les planches des deux cuvelages présentent des largeurs sensiblement proches, soit entre 180 et 300 mm (PT 65) et environ 180 mm de largeur en moyenne jusqu'à plus de 300 mm pour certaines pièces (PT 5 000), traduisant une certaine standardisation dans les dimensions ce qui semble normal et nécessaire pour assurer la cohésion de l'ouvrage.

Les mesures des quatre traverses entières livrent également des longueurs assez proches comprises entre 900 et 995 mm⁷¹. Cette possible normalisation des dimensions de certaines planches du cuvelage du PT 65 et dans une moindre mesure du cuvelage du PT 5 000 devait garantir une mise en œuvre rapide et efficace des pièces dans la structure.

Le réemploi de bois issus d'une ou de plusieurs structures démontées après leur abandon (autre cuvelage ? habitat ?) est potentiellement attesté par trois pièces. Premièrement, la planche VT.PL9 du PT 65 qui présente une mortaise sans fonction particulière puisqu'aucune autre planche mortaisée n'a été retrouvée, ni même une pièce avec un tenon. Deuxièmement, les traverses 46 et 47 du PT 5 000 qui présentent des chevilles non traversantes généralement

⁶⁴ Belingard, 2016.

⁶⁵ Goodburn, 2004 ; Pillonel, 2007 ; Tegel *et al.*, 2012.

⁶⁶ Belingard, 2016, p. 792-794.

⁶⁷ *Ibid.*

⁶⁸ Chassaing, 2020.

⁶⁹ Chassaing, 2021.

⁷⁰ Blondel, 2018.

⁷¹ *Ibid.*

utilisées pour consolider un assemblage, mais qui n'ont, dans ce cas, aucune fonction. Dans le PT 26 de Vieille-Toulouse⁷², une planche sur trois présentait une mortaise témoignant de l'emplacement de traverses utilisées pour faciliter la descente dans le puits pour sa construction et/ou son entretien. Cela ne semble pas être le cas du cuvelage du PT 65 et tendrait à conforter l'hypothèse du réemploi. Pour ces trois pièces, l'hypothèse du réemploi n'a pas pu être validée par la dendrochronologie car les pièces n'ont pas été datées.

Les cuvelages quadrangulaires des deux puits montrent deux modes de construction qui expliquent l'utilisation de planches de dimensions différentes. Le cuvelage du PT 65 est constitué d'un empilement sur plusieurs niveaux (ou assises) de quatre planches massives posées sur chants, entrecroisées et assemblées par des entablures pratiquées à mi-bois avec un débord⁷³. Cette technique du « blockbau » (superposition de pièces de bois encastées dans les angles) est maîtrisée depuis le Néolithique en Europe⁷⁴. Le système d'assemblage d'angle par entablures pratiquées à mi-bois (souvent appelée entailles) avec débords est très répandu dans les cuvelages à l'âge du Bronze⁷⁵ (e.g. sites d'habitat dans le Bas-Rhin)⁷⁶ et jusqu'à la fin de l'âge du Fer en Gaule. Des exemplaires ont été retrouvés dans plusieurs régions du nord de la Gaule⁷⁷ ainsi que dans le Sud⁷⁸. Le cuvelage du PT 5 000 est composé de planches agencées verticalement et raccordées à plat avec des traverses assemblées par des entures d'angle à mi-bois, et fixées contre les planches par des clous ou des chevilles⁷⁹. Ce système de construction est similaire à celui de quelques exemplaires de cuvelages datant de la fin de l'âge du Fer (e.g. PT 42 de Vieille-Toulouse, cuvelages des sites du Brézet à Clermont-Ferrand et de Tours), à la différence que ces derniers comportent des poteaux d'angle, plantés verticalement, et fixés contre les cadres et/ou les planches verticales pour renforcer la tenue du cuvelage⁸⁰.

Le mode d'assemblage utilisé pour le PT 65 est manifestement le plus robuste. Les constructeurs ont d'abord excavé la fosse du puits afin d'atteindre le niveau de la nappe phréatique. Ils ont posé et assemblé directement dans la fosse les planches préalablement entailées. Les débords des entablures à mi-bois venaient se planter dans les parois de la fosse et l'ensemble de la construction a été probablement consolidé par le remblaiement des vides entre le cuvelage et les parois de la fosse du puits. L'assemblage du PT 5 000 est moins robuste en l'absence des poteaux d'angle, ce qui expliquerait une durabilité moindre. Dans ce cas, le caisson a pu être assemblé en dehors du puits avant sa pose dans la fosse.

4.2. Indices sur les forêts exploitées et les modes de gestion

Un calcul de la matrice carrée des corrélations entre les bois datés des PT 65 et 5 000 a été effectué pour analyser les corrélations entre les séries de cernes et donc entre les rythmes de

⁷² Vidal, 1984.

⁷³ Gerner, 1995 ; Vidal, 1984.

⁷⁴ Muigg *et al.*, 2023 ; Tegel *et al.*, 2012.

⁷⁵ Croutsch *et al.*, 2019 ; Neyses-Eiden, 2004 ; Pillonel, 2007 ; Zirngibl, 2013.

⁷⁶ Goepfert, 2018 ; Pierrelvein, 2016.

⁷⁷ Croutsch *et al.*, 2020 ; Deberge *et al.*, 2000 ; Giraud *et al.*, 2005 ; Gruet *et al.*, 2007 ; Lecomte-Schmitt, 2013 ; Payne, 2019.

⁷⁸ Blondel, 2018 ; Grimbert *et al.*, 2015 ; Verdin, Bardot, 2007 ; Vidal, 1984.

⁷⁹ Blondel, 2018.

⁸⁰ Deberge *et al.*, 2000 ; Gubellini *et al.*, 2009 ; Randoin, 1983 ; Vidal, 1984.

croissance des arbres. Il révèle de fortes corrélations ($r = 0,6$ à $0,88$) entre 5 combinaisons de bois, pour le PT 65 il s'agit des bois VTPL4 et VTPL16, tandis que pour le PT 5 000 il s'agit des corrélations entre les bois VT132 et VT11, VT132 et VT35, VT132 et VT28, et VT122 et VT91. Deux bois (VT28-VT132) présentent une corrélation de $0,88$. Les fortes corrélations observées entre les différents bois d'un même puits pourraient indiquer une origine commune que ce soit dans la même forêt ($r > 0,6$) soit dans le même arbre ($r > 0,8$)⁸¹, notamment le bois 132 du PT 5 000 qui présente de fortes corrélations avec trois autres bois. De plus, sans pouvoir être catégorique, les corrélations entre les bois des PT 65 et 5 000 suggèrent également un approvisionnement au sein de terroirs dendrologiques relativement similaires où les arbres possédaient des conditions de croissance comparables⁸².

La synchronicité des phases de relâches identifiées entre les planches du PT 5 000 soutient l'hypothèse que les arbres abattus ont enregistré des événements d'ouverture du milieu synchrones qui se sont très probablement produits dans le même peuplement de chênes caducifoliés. Ces ouvertures peuvent découler de prélèvements anthropiques et/ou de perturbations naturelles, cependant la fréquence (intervalle de retour) et la régularité de ces quatre phases de relâche (en -280, -210, -190 et -150) soit tous les 30-50 ans, laisse supposer des prélèvements d'origine anthropique qui sont d'ailleurs fréquemment rapportés dans le reste de la Gaule⁸³. Le régime des perturbations naturelles dans les chênaies d'Europe occidentale, qui sont principalement engendrées par le vent, présente actuellement des intervalles de retour beaucoup plus longs (supérieurs à 100 ans)⁸⁴ que ceux mis en évidence dans les planches de Vieille-Toulouse. Toutefois, comme aucune étude ne documente le régime des perturbations à l'époque gauloise et/ou gallo-romaine, certaines de ces relâches pourraient être attribuables à des perturbations naturelles comme l'événement de 190 av. J.-C. En effet, cet événement est le seul à présenter un enregistrement synchrone dans les planches de bois des deux puits. En effet, les corrélations entre ces bois semblent indiquer qu'ils proviennent de deux peuplements proches mais pas identiques. Alors qu'une perturbation naturelle par le vent peut impacter en même temps des peuplements éloignés, un prélèvement anthropique simultané dans deux forêts différentes pour fournir du bois destiné à la construction d'un même puits semble plus difficile à argumenter.

En admettant que les arbres de forts diamètres prélevés pour les planches des cuvelages de Vieille-Toulouse proviennent d'une même forêt, les événements de relâches relativement synchrones entre les échantillons pourraient être la signature dendrologique de prélèvements cycliques⁸⁵ antérieurs entraînant des éclaircies. Ces données supposeraient donc une forme de gestion forestière⁸⁶, puisqu'elle s'inscrit dans le long terme, et favoriserait le prélèvement

⁸¹ Girardclos, Petit, 2011 ; Wilson *et al.*, 2017.

⁸² *Ibid.*

⁸³ Leroyer *et al.*, 2009.

⁸⁴ Schelhaas *et al.*, 2003.

⁸⁵ Les données dendroarchéologiques provenant des habitations sur pilotis du lac de Constance ont déjà mis en évidence une utilisation cyclique des peuplements forestiers locaux dès la fin du Néolithique Billamboz, 2014.

⁸⁶ Des études dendroarchéologiques ont déjà mis en évidence des systèmes de gestion sylvicoles de type taillis au Néolithique Billamboz, Köninger, 2008, à l'âge du Bronze et à l'âge du Fer Tegel *et al.*, 2022 et de futaies pour le Second âge du Fer et la période romaine Girardclos, Petit, 2011 ; Blondel,

d'arbres adaptés pour la production de bois d'œuvre. En effet, les éclaircies réparties dans le temps permettent non seulement d'apporter la lumière nécessaire aux peuplements, mais aussi l'implantation naturelle de semis assurant la régénération de la forêt. Le diamètre des billes sélectionnées pour le débitage des planches suppose qu'il s'agissait de prélèvements délibérés d'arbres répondant à un certain calibre et pouvant s'inscrire dans une stratégie sylvicole sélective qui serait en adéquation avec la dynamique de croissance et de régénération des peuplements.

La cyclicité des prélèvements d'arbres (relâches), en lien avec des besoins spécifiques de bois d'œuvre, suppose des prélèvements ponctuels ou en groupes, et par exemple une gestion de type futaie jardinée par bouquets. Cette hypothèse serait en partie étayée par les patrons de croissance des arbres (cernes étroits) qui se sont manifestement développés dans un milieu forestier à canopée fermée⁸⁷. Cette hypothèse de gestion forestière de type futaie jardinée suppose une certaine hétérogénéité du peuplement où des bouquets d'arbres de classes d'âges similaires sont mélangés avec d'autres groupes d'arbres d'âges différents permettant ainsi de disposer de bois de différents diamètres prélevés en fonction des besoins⁸⁸. Mais au regard de la faiblesse du corpus étudié, cette hypothèse demeure une piste de réflexion. Elle devra être testée dans l'avenir en multipliant les analyses dendrochronologiques de bois archéologiques, y compris des menues pièces et des bois présentant des séquences relativement courtes. Cette étude devra être adossée à la construction de référentiels dendrologiques construits à partir de chênaies caducifoliées d'Occitanie sous différents régimes sylvicoles⁸⁹.

4.3. De l'exploitation forestière à l'occupation de l'agglomération de Vieille-Toulouse : nouveaux indices chronologiques

Les chênes employés dans la construction des cuvelages du PT 5 000 et dans une moindre mesure du PT 65 ont commencé à pousser entre 340 et 300 av. J.-C. (fig. 6). La première phase d'éclaircie aurait eu lieu au début du III^e siècle av. J.-C. (en 280 av. J.-C.) soit un peu plus d'un siècle avant l'émergence connue de l'agglomération de Vieille-Toulouse. Cette donnée pourrait indiquer que la forêt d'où proviennent les arbres était fréquentée par les humains pour le prélèvement de ressources dès le IV^e siècle av. J.-C., soit au moins 200 ans avant la construction des puits.

Cette hypothèse soulève nécessairement une question sur la chronologie de l'occupation du site de Vieille-Toulouse étant donné qu'aucune donnée archéologique ne documente l'existence d'une occupation importante antérieurement au II^e siècle av. J.-C. Est-ce que ce site a pu être occupé avant le développement de l'agglomération ? Notre jeu de données encore trop fragile ne permet pas d'y répondre. D'autre part, on ne peut exclure que cette forêt ait été exploitée pour la construction d'autres sites d'habitat plus anciens du Toulousain, comme les sites d'Estarac, du Cluzel et de Saint-Roch⁹⁰ situés à quelques kilomètres au nord de Vieille-Toulouse.

La phase d'éclaircie située en 150 av. J.-C. est quant à elle contemporaine de l'occupation de l'agglomération de Vieille-Toulouse documentée par l'archéologie. Les périodes de relâche

Girardclos, 2018.

⁸⁷ Blondel, 2018.

⁸⁸ Bernard, 1998 ; Bernard, 2003 ; Bernard, 2005.

⁸⁹ Haneca *et al.*, 2005 ; Bernard *et al.*, 2012.

⁹⁰ Muller, 1979 ; Muller, 1998 ; Verrier, 2017.

rapprochées situées entre 210 et 190 av. J.-C. pourraient traduire une intensification des prélèvements d'arbres à destination de l'agglomération (habitat, cuvelage des puits, etc.). En suivant ce raisonnement, la relâche détectée dans les pièces des PT 65 et 5 000 en 190 av. J.-C. pourrait être liée aux prélèvements de bois nécessaires à l'émergence de l'agglomération. Par ailleurs, les résultats obtenus pour le PT 5 000 indiquent au même moment, entre 215 et 195 av. J.-C., l'abattage de l'arbre d'où a été tirée la planche VT.76. Cette planche provient donc d'un arbre abattu 65 à 85 ans après la première phase d'éclaircie identifiée en 280 av. J.-C. mais bien avant ceux utilisés pour les autres pièces du cuvelage du PT 5 000. Cet indice suppose donc qu'elle ait été remployée. Ce bois de construction constitue donc l'indice le plus ancien daté environ 20 ans avant la construction de Vieille-Toulouse. Deux scénarios peuvent être avancés : (i) les prémices de l'agglomération gauloise de Vieille-Toulouse seraient antérieures à 175 av. J.-C., (ii) cette planche a été récupérée par les premiers occupants de Vieille-Toulouse dans une structure abandonnée dont la localisation ne peut être déterminée, mais elle proviendrait d'une forêt similaire à celle exploitée pour la construction de Vieille-Toulouse.

Une deuxième phase d'abattage a été datée entre 131 et 106 av. J.-C., puis une troisième entre 113 et 101 av. J.-C. Les TPQ compris entre 146 et 137 av. J.-C. identifiés pour le PT 65 montrent le faible écart avec la phase d'abattage proposée pour le PT 5 000. Il est possible que les bois datés du PT 65 aient été abattus durant la même période que celle du PT 5000, soit vers la seconde moitié du II^e siècle av. J.-C. laissant dès lors supposer la contemporanéité de la construction des deux puits, sans toutefois exclure l'hypothèse que les puits aient été construits à une génération d'écart.

Deux scénarios peuvent être avancés pour expliquer ces phases (i) les périodes d'abattage estimées entre 131 et 106 av. J.-C. et entre 113 et 101 av. J.-C. pourraient renvoyer à une seule et même phase, de -131 à -101, correspondant à la période de construction du PT 5000, (ii) ou il s'agit d'une phase de construction suivie d'une phase de maintenance quelques années plus tard. La maintenance des puits suppose de potentiels épisodes de réfection avec l'utilisation ponctuelle de nouvelles pièces de bois dont la preuve pourrait se trouver dans le corpus de bois non daté ou disparu. Les datations archéologiques à partir du mobilier céramique situent le comblement et ainsi l'abandon du puits entre 75 et 50 av. J.-C. Les données dendrochronologiques permettent ainsi de compléter cette chronologie en proposant, à partir des dates d'abattage des arbres, que la construction et l'utilisation du PT 5 000 étaient situées entre 131-106 av. J.-C. et 75-50 av. J.-C.

Conclusion et perspectives

Cette étude livre un premier aperçu de la forêt exploitée par les constructeurs des cuvelages des PT 65 et 5 000 à Vieille-Toulouse, ainsi que de nouvelles pistes de réflexion sur les modalités de sélection de la matière ligneuse et l'économie de la ressource. Les constructeurs des cuvelages se sont approvisionnés au sein d'un peuplement dominé par des chênes décidus dont la dynamique était rythmée par des perturbations d'origine naturelle (chablis), mais également d'origine anthropique (prélèvements de bois, éclaircies) dont témoigne la fréquence des épisodes de relâches, tous les 30 à 50 ans en moyenne. La forêt exploitée serait composée de peuplements hétérogènes, avec des arbres de diamètres et d'âges différents (jeunes, adultes, matures etc.). Le diamètre des billes sélectionnées pour la confection des planches indique un prélèvement délibéré d'arbres adultes à matures avec des troncs de fort diamètre appropriés pour

le débitage par fendage radial. Les traverses proviennent quant à elles de la sélection d'arbres plus jeunes ou de branches. Nos résultats suggèrent donc l'existence de stratégies sylvicoles en adéquation avec la dynamique de croissance et de régénération des peuplements. D'autre part, ils permettent d'appréhender les rythmes d'occupation de l'agglomération de Vieille-Toulouse (émergence, installation, abandon). Des indices d'une présence anthropique, voire d'exploitation forestière, bien antérieure à cette agglomération ont également été détectés, mais doivent encore être confortés par de nouvelles analyses. En effet, les scénarios proposés reposent sur un jeu de données très lacunaires et ne peuvent donc pas dépasser l'état de suggestion. Ces hypothèses devront être testées à l'avenir, en intégrant l'analyse de l'ensemble des bois qui ont été écartés de cette étude préliminaire, y compris les plus petites pièces, avec des séries de cernes plus courtes. Leur prise en compte s'avère en effet essentielle pour préciser la morphologie des arbres ou des parties de l'arbre d'où proviennent les bois, la structure forestière et les stratégies sylvicoles associées. Afin de dépasser les limites inhérentes aux biais d'échantillonnage et de traitements liés à la conservation, il sera également nécessaire d'appliquer notre protocole à un corpus plus large, étendu au Toulousain, voire au sud-ouest de la France. L'étude dendrochronologique des bois archéologiques dans une perspective dendro-écologique devra en outre être accompagnée de la création de nouveaux référentiels dendrochronologiques (patrons de croissance), notamment à partir de peuplements actuels dont l'histoire de la gestion est parfaitement connue. Un nouveau chantier est ouvert et les agglomérations gauloises du Toulousain peuvent constituer un laboratoire expérimental approprié en raison de l'abondance des restes de bois encore à étudier.

Sans pour autant combler les importantes lacunes de la recherche sur les forêts du Toulousain à l'âge du Fer, cette étude combinant plusieurs méthodes a le mérite d'offrir des perspectives stimulantes concernant l'exploitation des ressources forestières, les modes d'approvisionnement et les techniques du travail du bois en lien avec l'émergence et le développement d'une agglomération gauloise.

Remerciements

Nos remerciements s'adressent d'abord au musée Saint-Raymond et au SRA de Toulouse pour nous avoir donné accès aux collections de Vieille-Toulouse, puis tout particulièrement à Michel Vidal pour les précisions concernant la fouille du PT 65 et la conservation des éléments du cuvelage. Nous remercions également le laboratoire GEODE qui a accueilli les deux stages de Master de Lison Chassaing encadrés par Pierre-Yves Milcent, Vanessa Py-Saragaglia, Vincent Labbas et Mélanie Saulnier, et le laboratoire TRACES pour la mise à disposition du matériel analytique qui a permis la réalisation d'analyses complémentaires pour consolider le jeu de données présenté aux journées Bois et Architecture 2. Nous remercions également Christelle Bélingard (Dtalents, Limoges) et Christophe Perrault (CEDRE, Besançon) pour la mise à disposition des chronologies de référence utilisées dans cette recherche.

Bibliographie

ALTMAN, J., FIBICH, P., DOLEZA, J. et AAKALA, T., 2014, TRADER: A package for Tree Ring Analysis of Disturbance Events in R, *Dendrochronologia*, 32, p. 107-112.
BELINGARD, C., 2016, *Le mobilier organique de la ZAC Niel dans G. Verrier, Toulouse ZAC Niel. Rapport d'opération final de fouille préventive. Vol. II/XVII : Occupation du Second âge*

du Fer. *Chronologie, petit mobilier, mobilier organique et monnaies*, rapport final d'opération, SRA Toulouse.

BERNARD, V., 1998, *L'Homme, le Bois et la Forêt dans la France du Nord entre le Mésolithique et le Haut Moyen-Age*, Oxford.

BERNARD, V., 2003, Stratégie d'approvisionnement en bois en Gaule du nord-ouest (du 1^{er} siècle avant au IV^e siècle après J.-C.), *Revue archéologique de Picardie*, 1-2, p. 77-86.

BERNARD, V., 2005, Vers une maîtrise des ressources forestières ? Dendrotypologie des bois d'architecture employés dans le nord-ouest de la France pendant la Protohistoire., dans O. Buchsenschutz et C. Mordant (éd.), *L'architecture des habitats protohistoriques en Europe occidentale et moyenne du Néolithique final à l'âge du Fer, Actes du 127^e congrès CTHS, 14-18 avril 2002*, Nancy, p. 13-23.

BERNARD, V., DIGOL, Y., FREDERIC, E. et PRODEO, F., 2012, Building activity and timber management at the turn of the 1st millennium ad at Pineuilh, la Mothe (Gironde, France): An original dendroarchaeological approach, *Medieval Archaeology*, 56, p. 268-282.

BILLAMBOZ, A., 2014, Regional patterns of settlement and woodland developments: Dendroarchaeology in the Neolithic pile-dwellings on Lake Constance (Germany), *The Holocene*, 24, p. 1278-1287.

BILLAMBOZ, A. et KÖNINGER, J., 2008, Dendroarchäologische Untersuchungen zur Besiedlungs- und Landschaftsentwicklung im Neolithikum des westlichen Bodenseegebietes, *Umwelt wirtschaft siedlungen im dritten vorchristlichen Jahrtausend Mitteleuropas und Südschwedens*, Hambourg, 84, p. 317-334.

BLONDEL, F., 2018, *Etude des bois du cuvelage du puits PT 5 000 dans P. Lotti, Vieille-Toulouse (Haute-Garonne), 3 chemin de Ventenac*, rapport final d'opération, SRA Toulouse, p. 153-165.

BLONDEL, F. et GIRARD-CLOS, O., 2018, Approche dendroarchéologique de l'approvisionnement de la ville antique d'Augustonemetum (Clermont-Ferrand – Puy-de-Dôme) en bois d'œuvre et exploitation forestière, *ArchéoSciences*, 42-1, p. 17-33.

CHASSAING, L., 2020, *Entre gestes et technique : le travail du bois à la fin de l'âge du Fer à travers l'exemple du cuvelage du puits 65 de Vieille-Toulouse (Haute-Garonne)*, Mémoire soutenu à Université Toulouse Jean Jaurès, 2020.

CHASSAING, L., 2021, *Entre sociétés, bois et forêts à la fin de l'âge du Fer. Analyses dendro-archéologiques et dendro-écologiques des cuvelages des puits gaulois 65 et 5 000 de Vieille-Toulouse (Haute-Garonne)*, Mémoire soutenu à Université Toulouse Jean Jaurès, 2021.

COOK, E. R. et KAIRIUKSTIS, L. A., 1990, *Methods of Dendrochronology, Application in the Environmental Sciences*, Kluwer Academic Publishers, and International Institute of Applied Systems Analysis, Dordrecht.

CROUTSCH, C., GOEPFERT, S. et ADAM, A.-M., 2020, *Les puits de la Protohistoire dans l'est de la France*, Mémoire d'Archéologie du Grand Est 6, Strasbourg.

CROUTSCH, C., TEGEL, W. et RAULT, E., 2019, Les puits de l'âge du Bronze du Parc d'Activités du Pays d'Erstein (Bas-Rhin, Alsace): des analyses dendroarchéologiques à l'étude de l'occupation du sol, *Bulletin de la Société préhistorique française*, 116, p. 743-774.

DEBERGE, Y., DUNKLEY, J. et VERNET, G., 2000, Un puits à cuvelage en bois de La Tène finale (Le Brézet, Clermont-Ferrand, Puy-de-Dôme), *Revue archéologique du Centre de la France*, 39, p. 43-62.

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. Datation, système de références et modélisation.* Thèse soutenue à Université de Franche-Comté, Besançon.
- DUROST, S. et LAMBERT, G., 2007, Révision dendrochronologique du Nord de la France à l'âge du Fer et au début de l'époque romaine, *Actes du XXIX^e colloque international de l'AFEAF, Bienne, 5-8 mai 2005*, Besançon, 1, p. 19-36.
- FRITTS, H. C., 1976, *Tree Rings and Climate*, Cambridge, MA, USA.
- GALILI, E., WEINSTEIN-EVRON, M., CHAIM, S., CVIKEL, D., BENJAMIN, J., MCCARTHY, J., LANGGUT, D., CAVANAGH, M., SAPIR, Y., ROSEN, B. et HORWITZ, L. K., 2018, The archaeology and paleoenvironment of the submerged Pottery Neolithic settlement of Kfar Samir (Israel), *Paleorient and CNRS Editions*, 44, p. 113-132.
- GARDES, P., 2007, *5 chemin de La Planho, évolution d'un quartier urbain de l'oppidum de Vieille-Toulouse : rapport de fouille : Midi Pyrénées, Haute-Garonne, Vieille-Toulouse*, rapport final d'opération, SRA Toulouse.
- GARDES, P., 2010, Toulouse avant Toulouse ? Recherches récentes sur l'oppidum gaulois de Vieille-Toulouse, *Le Jardin des Antiques*, 50, p. 9-13.
- GARDES, P., 2015, Le Toulousain et ses marges : recherches récentes sur les habitats (VI^e-III^e s. av. J.-C.), *Documents d'Archéologie Méridionale*, 36, p. 14.
- GARDES, P., 2017, *Midi-Pyrénées, Haute-Garonne, Vieille-Toulouse. 5, chemin de la Planho*, rapport final d'opération, SRA Toulouse.
- GARDES, P. 2020, Le rempart gaulois de Vieille-Toulouse authentifié : entre données récentes et retour aux travaux de Léon Joulin, *Mémoires de la Société Archéologique du Midi de la France*, LXXX-LXXXI, p. 39-54.
- GERNER, M., 1995, *Les assemblages des ossatures et charpentes en bois*, Paris.
- GINIER-GILLET, A., LAFFOND, C., PARCHAS, M. D. et RAMIERE, R., 1986, *Traitement de conservation des planches de coffrages en bois gorgés d'eau, par imprégnation d'une résine radiopolymérisée (Vieille-Toulouse - I^{er} siècle av. J.C.)*, rapport de restauration-conservation, ARC-Nucléart, Grenoble.
- GIRARDCLOS, O. et PETIT, C., 2011, Dendroarchaeological contributions to the history of forest exploitation: the case of the Gallo-roman settlement of Oedenburg (Alsace, France) between 10 AD and 180 AD, dans P. Fraiture (éd.), *Proceedings of an international conference, Tree Rings, Art Archaeology*, p. 77-97.
- GIRAUD, P., LOUIT, S., GIRARDCLOS, O., ROCQ, C. et MATTERNE, V., 2005, Un puits cuvelé de La Tène finale à Saint-Denis, dans O. Buchsenschutz, A. Bulard et T. Lejars (éd.), *L'âge du Fer en Île-de-France. Actes du XXVI^e colloque de l'Association française pour l'étude de l'âge du Fer (Paris et Saint-Denis, 9-12 mai 2002)*, 26, p. 55-71.
- GOEPFERT, S., 2018, Marckolsheim « Schlettstadterfeld », fouille 2015. Une occupation protohistorique organisée dans le Ried alsacien, *Bulletin de l'Association pour la Promotion des Recherches sur l'Âge du Bronze*, 16, p. 39-49.
- GOODBURN, D., 2004, Assembly and construction techniques, *The Dover Bronze Age Boat*, p. 124-162.
- GRIMBERT, L., ROUQUET, J., ALLENET DE RIBEMONT, G., BENQUET, L., LANDOU, F., MARTIN, H., MARTY, P., MERLEAU, M.-L., SERGENT, F. et VIERS, C., 2015, *Blagnac, ZAC Andromède, Coinays, Ferradou, Sauzas (Haute-Garonne, Midi-Pyrénées). Rapport de diagnostic. Volume 3, Le Second âge du Fer et l'Antiquité*, rapport final d'opération, SRA Toulouse.

- GROSSER, D., 1977, *Die hölzer mitteleuropas, ein mikrographischer Lehratlas*, Berlin.
- GRUET, M., BOUVET, J.-P., LEVILLAYER, A., SIRAUDEAU, J. et GRUET, M., 2007, L'utilisation du bois au village Laténien des Pichelots (Les Alleuds, Maine-et-Loire), *Revue archéologique de l'ouest*, p. 111-120.
- GUBELLINI, L., LOCATELLI, C., POURIEL, R. et POUSET, D., 2009, La construction des puits sur quatre sites de la vallée de la Marque (Nord): Marcq-en-Barœul, Mérignies 1 et 2, et Marquette-lez-Lille, *Revue du Nord*, 383, p. 155-177.
- HANECA, K., VAN ACKER, J. et 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*), *Annals of Forest Science*, 62, p. 797-805.
- HILLAM, J., 2015, Tree-Ring Analysis of Oak Timbers from Elms Farm, Heybridge, Essex in M. Atkinson and S.J. Preston Heybridge: A Late Iron Age and Roman Settlement, Excavations at Elms Farm 1993-5, *Internet Archaeology* (<http://dx.doi.org/10.11141/ia.40.1.hillam>).
- KIRÁLY, Á. et TÓTH, K., 2015, Preliminary Report on the Middle Neolithic Well from Sajószentpéter (North-Eastern Hungary), *Dissertationes Archaeologicae*, 3(3), p. 213-221.
- LAMBERT, G.-N., 2006, *Dendrochronologie, histoire et archéologie, modélisation du temps. Le logiciel Dendron II et le projet Historik Oaks*, Thèse d'HDR soutenue à Besançon, 2006.
- LECOMTE-SCHMITT, B., 2013, Cadres de puits et puits boisés : l'utilisation du bois dans la construction des puits d'Île-de-France, de la période gauloise à l'Époque moderne. Données xylogiques, *Revue archéologique d'Île-de-France*, 6, p. 55-74.
- LE DIGOL Y., 2015, *Analyses dendrochronologiques* (© Dendrotech) ZAC Andromède - Blagnac, dans L. Grimbert, Blagnac, ZAC Andromède, Coinays, Ferradou, Sauzas (Haute-Garonne, Midi-Pyrénées), rapport final d'opération, SRA Toulouse, 3, p. 787-818.
- LEGUEDOIS, S., PARTY, J.-P., DUPOUEY, J.-L., GAUQUELIN, T., GEGOUT, J.-C., LECAREUX, C., BADEAU, V. et PROBST, A., 2011, La carte de végétation du CNRS à l'ère du numérique. La base de données géographique de la végétation de la France. Couverture vectorielle harmonisée à 1/1 000 000 et scan géoréférencé à 1/200 000, *Cybergeo: European Journal of Geography* (<https://doi.org/10.4000/cybergeo.24688>).
- LEROYER, C., BOULEN, M., MARGUERIE, D., LORHO, T., PRAT, B. et ARGANT, J., 2009, Base de données et S.I.G. palynologiques sur l'âge du Fer en France : une autre approche du paysage végétal et de son anthropisation, *Habitats et paysages ruraux en Gaule et regards sur d'autres régions du monde celtique, Actes du 31e colloque de l'AFEAF de Chauvigny, 17-20 mai 2007*, Chauvigny, 35, p. 447-468.
- LORIMER, C. G. et FRELICH, L. E., 1989, A methodology for estimating canopy disturbance frequency and intensity in dense temperate forests, *Canadian Journal of Forest Research*, 19, p. 651-663.
- LOTTI, P., 2018, *Vieille-Toulouse (Haute-Garonne), 3 chemin de Ventenac*, rapport final d'opération, SRA Toulouse.
- MUIGG, B., ELBURG, R., HEIN, W., PROBST-BÖHM, A., BÖHM, S., WALTER, P. et TEGEL, W., 2023, Woodworking and carpentry skills of the first agricultural societies in central Europe, *Archéologie, société et environnement*, 3, p. 213-226.
- MULLER, A., 1979, La stratigraphie du Cluzel (commune de Toulouse), *Revue archéologique de Narbonnaise*, 12, p. 125-159.

- MULLER, A., 1998, Le Cluzel (Toulouse, Haute-Garonne), du Bronze final au deuxième Age du Fer. Bilan des fouilles 1968-1987, *Aquitania*, 15, p. 27-65.
- NEYSES-EIDEN, M., 2004, Der Trierer « Römersprudel » : Von der Quellfassung der Bronzezeit zur römischen Brunnenstube, *Funde und Ausgrabungen im Bezirk Trier*, 36, p. 7-14.
- NOWACKI, G. J. et ABRAMS, M. D., 1997, Radial-Growth Averaging Criteria for Reconstructing Disturbance Histories from Presettlement-Origin Oaks, *Ecological Monographs*, 67, p. 225-249.
- PROVOST, M., PAILLER, J.-M. et alii, 2017, *Carte Archéologique de la Gaule, 31/3. Toulouse*, Académie des Inscriptions et Belles-Lettres.
- PAYETTE, S. et FILION, L., 2011, *La dendroécologie : Principes, méthodes et applications*, Québec, Presses de l'Université de Laval.
- PERRAULT, C., 2010, *Villeneuve-sur-Lot (82) La Dardenne Haut, puits-11, rapport d'analyse dendrochronologique*, Besançon, p. 11.
- PEYNE, N., 2019, *Une agglomération artisanale gauloise à Blois (Loir-et-Cher) : Le site de la Croupe*, Tours, FERACF.
- PIERREVELCIN, G., 2016, *MUTTERSCHOLTZ, Bas-Rhin - Rue des Cigognes, Lotissement Bruchfeld : Puits et bâtiments du Bronze ancien dans le Grand Ried*, rapport final d'opération, SRA Strasbourg.
- PILLONEL, D., 2007, *Hauterive-Champréveyres.14. Technologie et usage du bois au Bronze final*, Neuchâtel, Archéologie neuchâteloise 37, Musée cantonal d'archéologie.
- PROKOP, O., KOLÁŘ, T., KYNCL, T. et RYBNÍČEK, M., 2017, Updating the Czech Millennia-Long Oak Tree-Ring Width Chronology, *Tree-Ring Research*, 73, p. 47-52.
- RANDOIN, B., 1983, *Fouilles archéologiques à Tours, 1983. Rapport préliminaire. Bulletin de la Société archéologique de Touraine*, 40, rapport final d'opération, SRA Tours.
- RIVAL, M., 1990, *La charpenterie navale romaine : matériaux, méthodes, moyens*, CNRS Paris.
- ROZAS, V., 2005, Dendrochronology of pedunculate oak (*Quercus robur* L.) in an old-growth pollarded woodland in northern Spain: establishment patterns and the management history, *Annals of Forest Science*, 62, p. 13-22.
- SCHELHAAS, M.-J., NABUURS, G.-J. et SCHUCK, A., 2003, Natural disturbances in the European forests in the 19th and 20th centuries, *Global Change Biology*, 9, p. 1620-1633.
- SCHWEINGRUBER, F. H., 1988, *Tree Rings. Basics and Applications of Dendrochronology*, Dordrecht.
- SCHWEINGRUBER, F. H., 1990, *Anatomie europäischer hölzer : Anatomie of European woods*, Stuttgart.
- SHINDO, L., SAULNIER, M., RAESE, H., GUIBAL, F., EDOUARD, J.-L., BOLKA, M., CARRER, M., CORONA, C., GASSMANN, P., GRABNER, M., GUILLET, S., NICOLUSSI, K., NOLA, P., PIGNATELLI, O. et STOFFEL, M., 2023, European larch sapwood: a model for predicting the cambial age and for a more accurate dating, *Dendrochronologia*, 83(1), p. 156-150.
- SIREIX, C., 2002, *ZAC Aeroconstellation Blagnac (31) Raspide 1 : Un exemple de ferme indigène de la fin du second âge du Fer en Toulousain*, rapport final d'opération, SRA Toulouse.
- SIREIX, C., BENQUET, L., BERTHET, A. L., CONVERTINI, F., GE, T., MARTIN, H., POIRIER, P., PRADAT, B. ET TIXIER, C., 2007, Raspide 1 (Blagnac, Haute-Garonne) et les Vergnasses (Gours, Gironde): deux exemples de fermes gauloises dans le sud-ouest de la France, dans L. Izac-Imbert et M. Vaginay (éd.), *Les âges du Fer dans le sud-ouest de la France, XXVIII^e*

- colloque de l'AFEAF (Toulouse 20-23 mai 2004)*, Bordeaux, Supplément 14(1), p. 293-344.
- STOFFEL, M., KHODRI, M., CORONA, C., GUILLET, S., POULAIN, V., BEKKI, S., GUIOT, J., LUCKMAN, B. H., OPPENHEIMER, C., LEBAS, N., BENISTON, M., MASSON-DELMOTTE, V., 2015, Estimates of volcanic-induced cooling in the Northern Hemisphere over the past 1,500 years, *Nature Geoscience*, 8, p. 784-788.
- TEGEL, W., ELBURG, R., HAKELBERG, D., STÄUBLE, H. et BÜNTGEN, U., 2012, Early Neolithic Water Wells Reveal the World's Oldest Wood Architecture, *PLoS ONE*, 7, p. 8.
- TEGEL, W., MUIGG, B., SKIADARESI, G., VANMOERKERKE, J. et SEIM, A., 2022, Dendroarchaeology in Europe, *Frontiers in Ecology and Evolution*, 10, (<https://doi.org/10.3389/fevo.2022.823622>).
- TEGEL, W., VANMOERKERKE, J., HAKELBERG, D. et BÜNTGEN, U., 2016, Des cernes de bois à l'histoire de la conjoncture de la construction et à l'évolution de la pluviométrie en Gaule du Nord entre 500 BC et 500 AD, dans F. Malrain et G. Blancquaert (éd.), *Évolution des sociétés gauloises du second âge du Fer, entre mutations internes et influences externes, actes du 38^e coll. AFEAF, Amiens, 2014*, Supplément Revue Archéologique de Picardie 30, p. 639-653.
- VERDIN, F. et BARDOT, X., 2007, Les puits de l'oppidum de l'Ermitage (Agen, Lot-et-Garonne), dans M. Vaginay et L. Izac-Imbert (éd.), *Les âges du Fer dans le Sud-Ouest de la France. Actes du colloque de l'AFEAF (Toulouse, 2004)*, 14(1), p. 237-257.
- VERRIER, G., 2017, Ch. III - VI* Le quartier Saint-Roch, dans M. Provost et J.-M. Paillet, *Carte archéologique de la Gaule 31/3 : Toulouse*, Toulouse, 31, p. 103-164.
- VIAL, J., GARCIA DALMAU, C., DIEULAFAIT, F., DJOUAD, S., FAURE, E., GARNIER, N., HALLAVANT, C., LARRE, F., LE DREFF, T., LOUGHTON, M., MASSENDARI, J. et TESSARIOL, M., 2016, *Rapport d'opération : 9, Chemin de la Planho, Vieille-Toulouse (Haute-Garonne)*, rapport final d'opération, SRA Toulouse.
- VIDAL, M., 1984, Les coffrages en bois des puits funéraires du Toulousain, *Revue archéologique de Narbonnaise*, 17, p. 103-114.
- VIDAL, M., 1987, L'*Emporium* de Vieille-Toulouse et les puits funéraires du Toulousain, dans D. Baudis et J. Puel Pierren Sudre, *De l'âge du fer aux temps barbares. Dix ans de recherches archéologiques en Midi Pyrénées*, Catalogue d'exposition Musée Saint Raymond, Toulouse, p. 33-43.
- VIDAL, M., à paraître, *Atlas de Vieille-Toulouse*.
- VIDAL, M. et MARTY, B., 1981, *Vieille-Toulouse, campagne de fouilles de 1981*, rapport final d'opération, SRA Toulouse.
- VOSTROVSKA, I., PETRIK, J., PETR, L., KOCAR, P., KOCAROVA, R., HRADILEK, Z., KASAK, J., SUVOVA, Z., ADAMEKOVA, K., VANECEK, Z., PESKA, J., MUIGG, B., RYBNICEK, M., KOLAR, T., TEGEL, W., KALABEK, M. et KALABKOVA, P., 2020, Wooden Well at the First Farmers' Settlement Area in Uničov, Czech Republic, *Památky archeologické*, p. 61-111.
- VOSTROVSKÁ, I., TICHÝ, R., PŘICHYSTAL, M., MUIGG, B., URBANOVÁ, K. et KALÁBKOVÁ, P., 2021, Domesticated Water: Four Early Neolithic Wells in Moravia (CZ), *Open Archaeology*, 7, p. 1105-1137.
- WILSON, R., WILSON, D., RYDVAL, M., CRONE, A., BÜNTGEN, U., CLARK, S., EHMER, J., FORBES, E., FUENTES, M., GUNNARSON, B. E., LINDERHOLM, H. W., NICOLUSSI, K., WOOD, C. et MILLS, C., 2017, Facilitating tree-ring dating of historic conifer timbers using Blue Intensity, *Journal of Archaeological Science*, 78, p. 99-111.

ZIRNGIBL, B., 2013, Prähistorische Holzbrunnen in Ostbayern-Bemerkungen zu Bauweisen, Auffindungschancen und Verbreitung, *Fines Transire, Archäologische Arbeitsgemeinschaft Ostbayern, West- und Südböhmen, Oberösterreich, 22 Treffen (Attersee-Mondsee, 20. bis 23. Juni 2012)*, Leidorf, 22, p. 175-196.

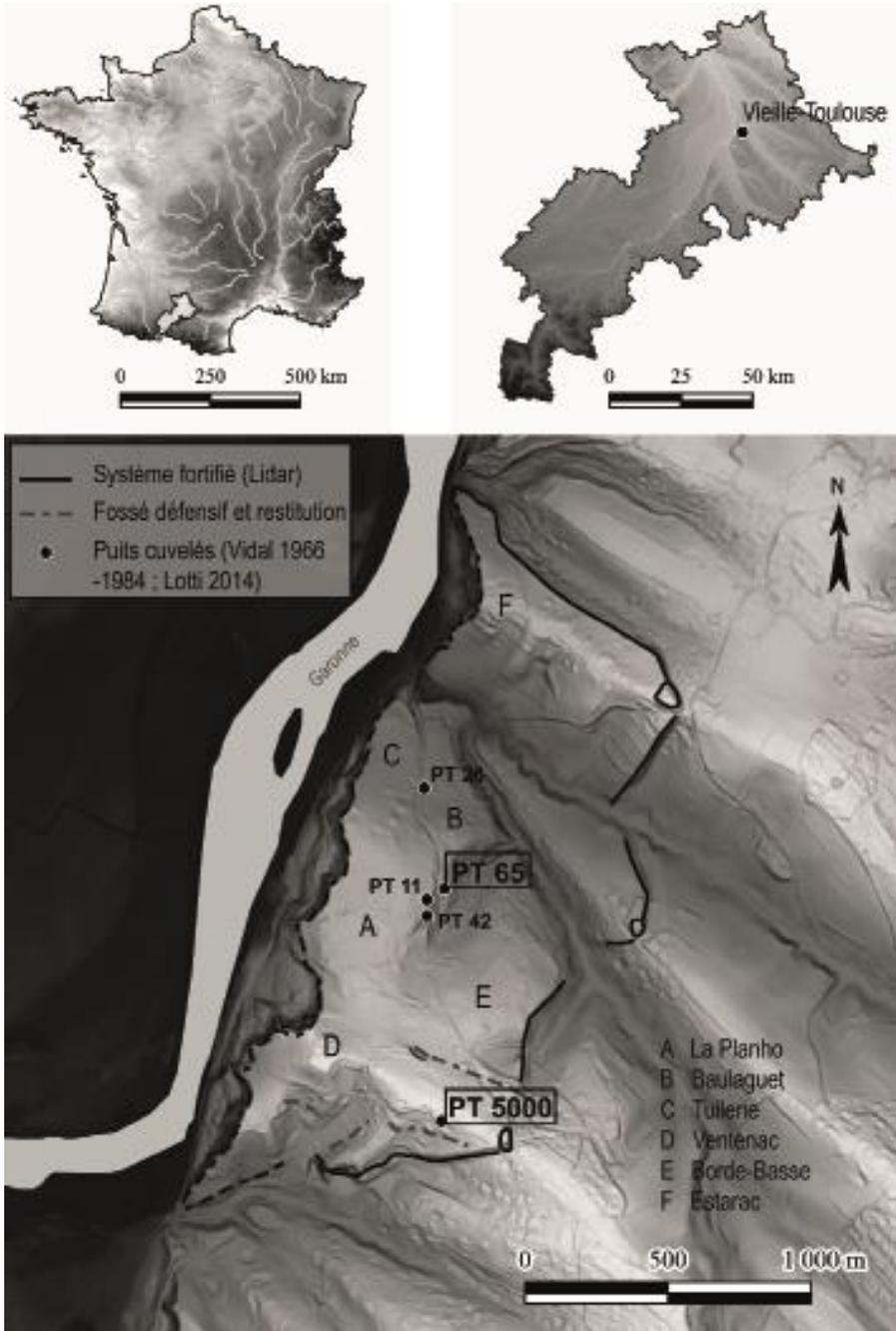
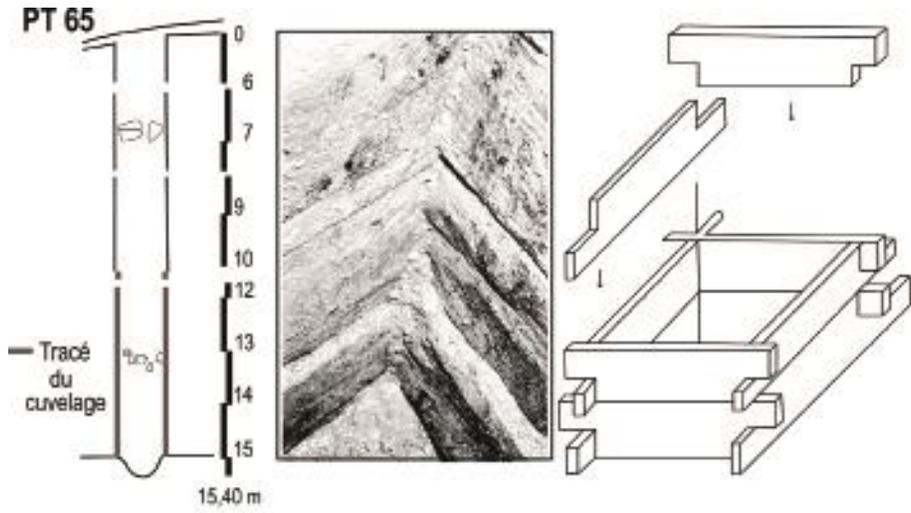


Fig. 1. Localisation de Vieille-Toulouse, et des puits cuvelés avec le rempart gaulois identifié (fond : RGEALTI@, 1m, carte de pentes © IGN ; © Gardes *et al.* 2021)



PT 5000

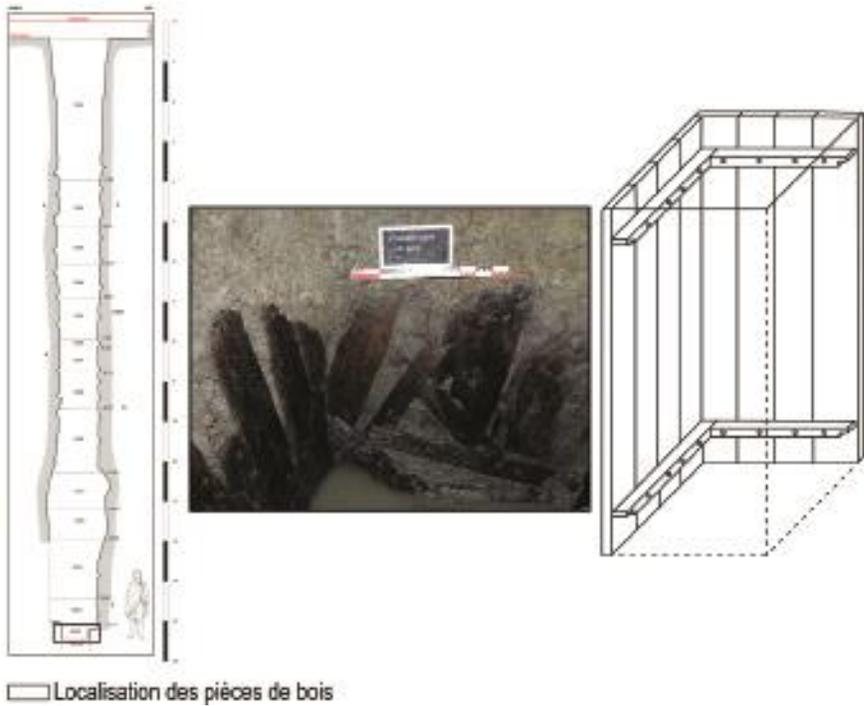


Fig. 2. Coupes, photos intérieures des cuvelages et restitutions des assemblages des puits 65 et 5 000 (© Vidal 1984, 1987 ; © Lotti *et al.*, 2018 ; © Blondel, 2018)

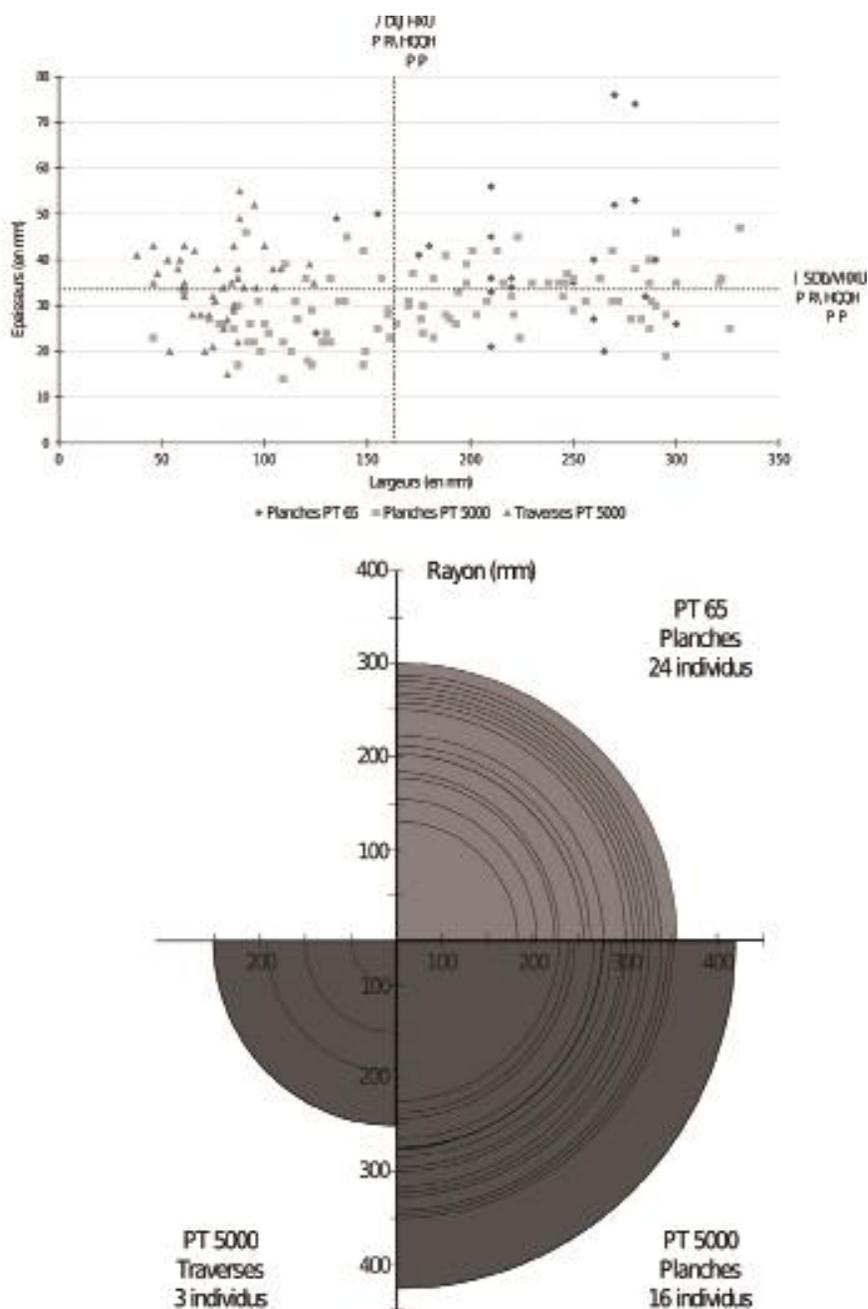


Fig. 3. Graphique présentant les différentes largeurs et épaisseurs des planches et des traverses des puits 65 et 5 000 et estimation des rayons des fûts de chênes utilisés au débitage radial des planches et des traverses de Vieille-Toulouse (L. Chassaing)

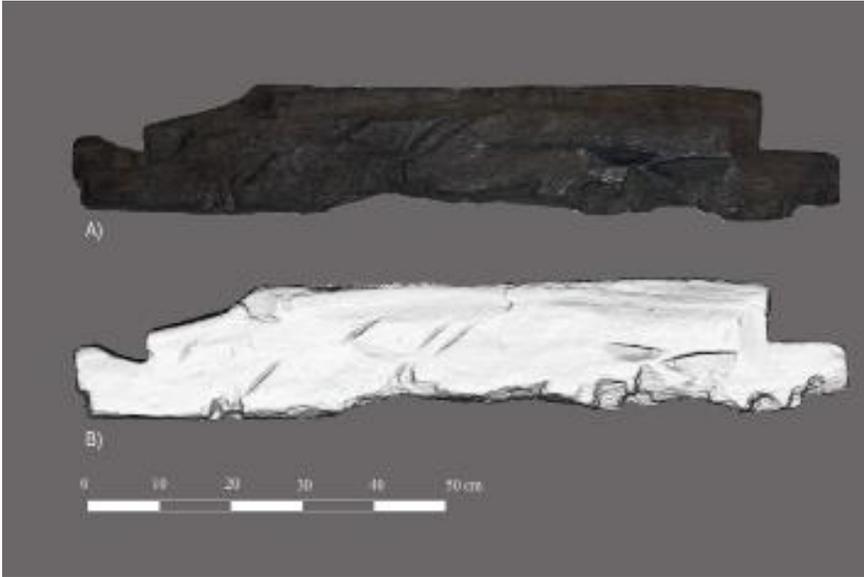


Fig. 4. Vieille-Toulouse (Haute-Garonne) –Traces d’outil sur la planche VT.PL16 du puits 6 : A : Face 1 de la planche, présence de tranchants de hache ; B : Essai photogrammétrique réalisé sur la face 1 de la pièce (L. Chassaing)

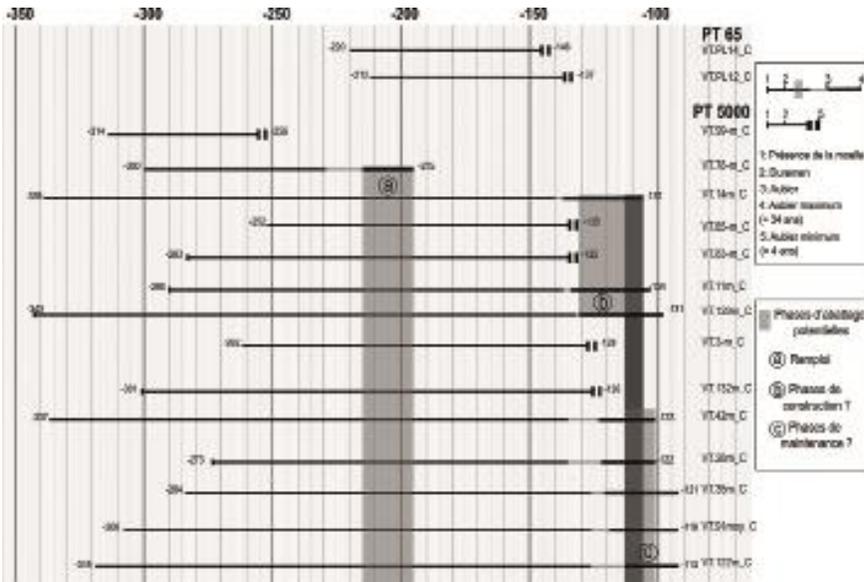


Fig. 5. Bloc-diagramme des bois datés de Vieille-Toulouse et restitution des phases d’abattage potentielles des arbres utilisés pour les cuvelages des puits 65 et 5 000 (L. Chassaing)

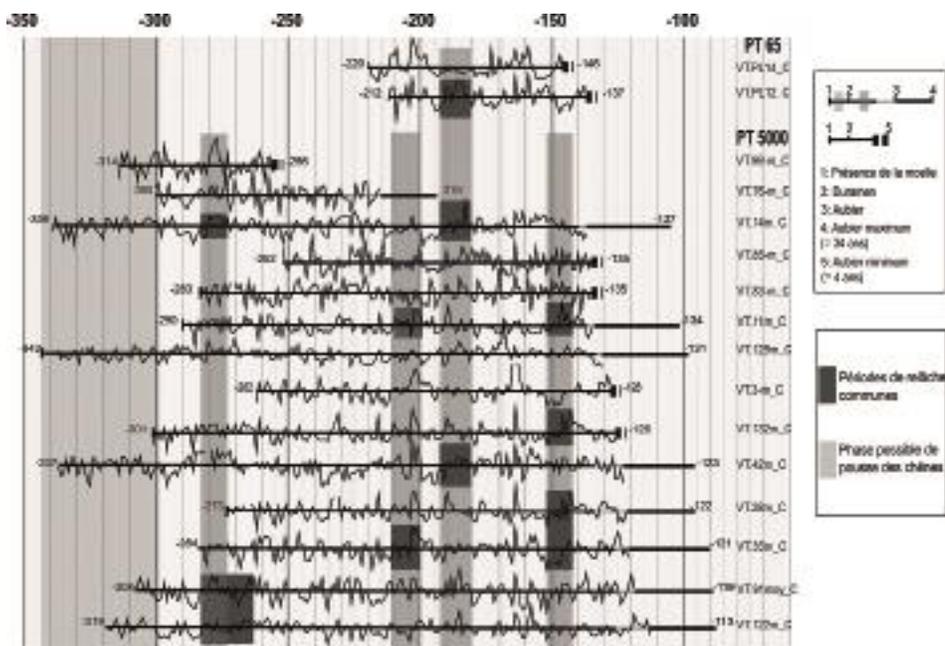


Fig.

6. Bloc-diagramme avec la restitution par décennies des périodes de relâches communes entre les bois des puits 65 et 5 000 (L. Chassaing)