HAL open science

Captages en bois à la fin du Néolithique : les Fontaines Salées de Saint-Père-sous-Vézelay (Yonne, France)

Vincent Bernard, Pierre Pétrequin, Olivier Weller, Gilles Bailly, Christine Bourquin-Mignot, Hervé Richard

To cite this version:

Vincent Bernard, Pierre Pétrequin, Olivier Weller, Gilles Bailly, Christine Bourquin-Mignot, et al.. Captages en bois à la fin du Néolithique : les Fontaines Salées de Saint-Père-sous-Vézelay (Yonne, France). Weller O., Dufraisse A., Pétrequin P. (eds). Sel, eau et forêt. D'hier à aujourd'hui, Presses Universitaires de Franche-Comté, pp.299-334, 2008, Les Cahiers de la MSHE Ledoux n°12. hal-02566863

HAL Id: hal-02566863

https://hal.science/hal-02566863v1

Submitted on 25 Nov 2020

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

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

Homme et environnement

Les Cahiers de la MSHE Ledoux

Sel, eau et forêt
D'hier à aujourd'hui

Textes réunis et présentés par
Olivier WELLER, Alexa DUFRAISSE
et Pierre PÉTREQUIN

Presses universitaires de Franche-Comté

SEL, EAU ET FORÊT

D’HIER À AUJOURD’HUI

PRESSES UNIVERSITAIRES DE FRANCHE-COMTÉ

Collection "LES CAHIERS DE LA MSHE LEDOUX"
dirigée par Jean-Claude Daumas
n° 12

Série "Homme et Environnement",
Responsable : Pierre-François Tourneux
n° 1

UFR des Sciences du Langage, de l'Homme et de la Société
32, rue Mégevand
25030 Besançon Cedex

DIFFUSION
C.I.D. — 131 BOULEVARD SAINT-MICHEL — 75005 PARIS

© PRESSES UNIVERSITAIRES DE FRANCHE-COMTÉ — 2008

ISBN : 978.2.84867.230.4 — EAN : 9782848672304
ISSN : 1771-8988

SEL, EAU ET FORÊT

D'HIER À AUJOURD'HUI

sous la direction de
Olivier WELLER, Alexa DUFRAISSE et Pierre PÉTREQUIN

Ouvrage publié avec le concours du Conseil général du Doubs et de la Direction régionale des affaires culturelles de Franche-Comté

© PRESSES UNIVERSITAIRES DE FRANCHE-COMTE

2008

Captages en bois à la fin du Néolithique : les Fontaines Salées à Saint-Père-sous-Vézelay (Yonne, France)

Vincent BERNARD, Pierre PÉTREQUIN, Olivier WELLER,
Avec la collaboration de
Gilles BAILLY, Christine BOURQUIN-MIGNOT et Hervé RICHARD

Résumé :

À Saint-Père-sous-Vézelay (Yonne), de véritables puits de captage ont été aménagés entre environ 2309/2299 et 2223 av. J.-C ; datations ^{14}C AMS et datations dendrochronologiques sont ici en très bonne concordance. Les datations dendrochronologiques et l'étude typologique des 16 chênes évidés pour capter les eaux salées au griffon donnent des résultats complémentaires et tout à fait nouveaux pour la période. Certains chênes ont été abattus collectivement avec des haches en cuivre ou en bronze, et différents segments d'un même tronc ont été utilisés par au moins deux groupes différents d'exploitants, caractérisés par des habitudes techniques dissemblables. De plus, la sélection de ces gros et vieux chênes si rares implique peut-être leur mise en réserve sur plusieurs générations. En l'absence totale de sédiments charbonneux autour ou dans ces puits néolithiques, il y a peu de chance que la saumure ait été utilisée pour produire du sel ignigène en quantité ou bien des cendres salées. Après l'Âge du Bronze ancien, le site des Fontaines Salées a été abandonné et les puits se sont rapidement trouvés comblés par les alluvions déposées par les crues de la Cure. À l'Âge du Bronze final IIa, certains des cuvelages ont été réutilisés, probablement pour donner à boire au bétail. La production de sel ignigène n'est finalement démontrée que pour le début de l'Âge du Fer. Les cuvelages des Fontaines Salées constituent, à ce jour, un ensemble exceptionnel, en raison de l'excellente conservation des captages. La fonction de ces captages d'une saumure faiblement salée doit maintenant faire appel à d'autres hypothèses que la seule fabrication d'un « sel » qui devait contenir autant de potasse issue de la combustion du bois de chauffe que de véritable chlorure de sodium.

Mots-clés : sel, puits, Néolithique, Âge du Bronze, Bourgogne, dendrochronologie

Abstract :

At Saint-Père-sous-Vézelay (Yonne, France), genuine water collection wells

were constructed between 2309/2299 and 2223 BC, dates which are in close accord with the ^{14}C AMS dates. The dendrochronological dates as well as the typological study of the 16 oak trees hollowed out and set over the spring-head to capture the brine, give additional and totally original information for the period in question. Certain oaks were collectively chopped down using copper or bronze axes, and different segments of a single trunk were used by at least two different groups, identified by means of dissimilar technical work-habits. The selection of these large and rare oak specimens probably implies that they were held in reserve over several generations. Given the total absence of charcoal sediments around and in these Neolithic wells, it is improbable that the brine was used to produce salt by evaporation or salt laden ash. During the Early Bronze Age, the site of Fontaines Salées was abandoned and the wells were rapidly filled by the riverine deposits of the Cure in spate. At the end of the Late Bronze Age IIa, some of the wooden well lining trunks were reused, probably to supply the farm animals with drinking water. The production of salt by evaporation can in fact only been demonstrated as from the early Iron Age. The function of these well lining logs over a feeble concentration of brine now needs to be interpreted using different hypotheses than the production of a « salt » which must have contained as much potash from the wood fire as genuine sodium chloride.

Keywords : salt, wooden well, Neolithic, Bronze Age, Burgundy, dendrochronology

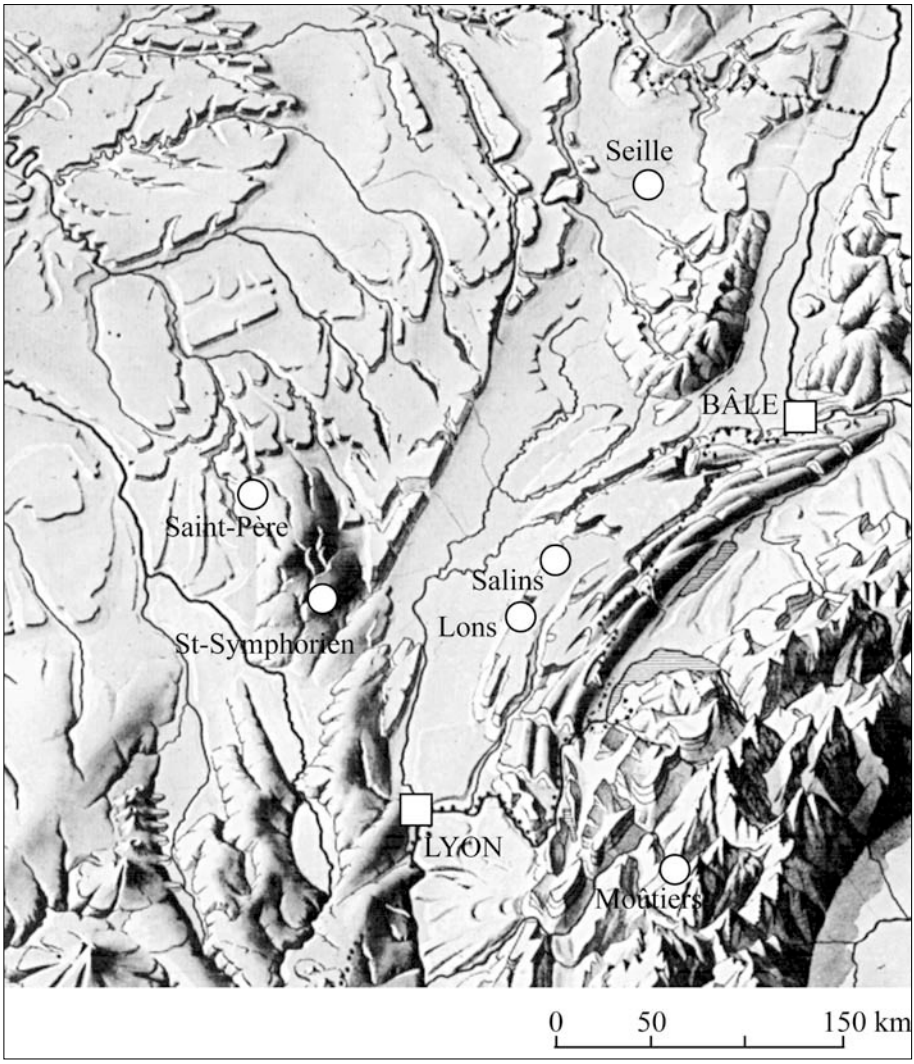
I. Recherches anciennes et récentes – contexte hydrogéologique

La mise en évidence de structures de captage à Saint-Père-sous-Vézelay (Yonne) (fig. 1, p. 301) est l'exemple même d'une découverte fortuite. On connaissait bien sûr l'existence de sources salées en rive gauche de la Cure, la rivière qui coule au pied de la colline de Vézelay, mais ces émergences de saumure faiblement salées (3 à 12 g/l de minéralisation totale) avaient été volontairement remblayées à la fin du XVIIIe siècle pour éviter leur exploitation par la population locale (arrêt du Conseil d'État du Roi, daté du 11 juin 1767 et fait à Saint-Germain-en-Laye : « plusieurs sources d'eau salée, découvertes à Saint-Père, exploitées à usage personnel, seront gardées et comblées »). En fait, les premiers captages préhistoriques ont été identifiés en septembre 1942, à 1,50 m sous le niveau du sol, à l'occasion de la fouille d'un établissement de bains romains par R. Louis (1943b), qui reconnut le type de structure : des cuvelages en troncs de chêne évidés, et proposa une première datation, l'Âge du Bronze final (Louis, 1943a), en corrélation avec un cimetière à incinération tout proche des « puits à sel ». Les travaux ont été ensuite poursuivis par B. Lacroix (1966), qui décrivit au total 19 cuvelages monoxyles en chêne antérieurs à l'époque romaine.

Les émergences des Fontaines Salées sourdent à l'intersection de deux failles qui mettent en contact les marnes du Lias et un massif de granulite ; ces eaux chlorurées-sodiques proviendraient du lessivage profond d'un complexe argilo-salifère du Trias (Horon *et al.*, 1959) ; elles voient le jour en plusieurs points bien individualisés et ces griffons traversent les alluvions de la Cure. La charge la plus importante en résidus secs est de 12 g/l environ, mesurée dans l'eau du captage romain (analyse M. Mazoy, 1958). Ces sources polyminérales, légèrement radioactives et riches en lithium, produisent

également des gaz (hélium, azote, gaz rares), dont le dégagement est abondant dans plusieurs des cuvelages de chêne.

Figure 1 : Situation des principales sources salées du quart Nord-Est de la France



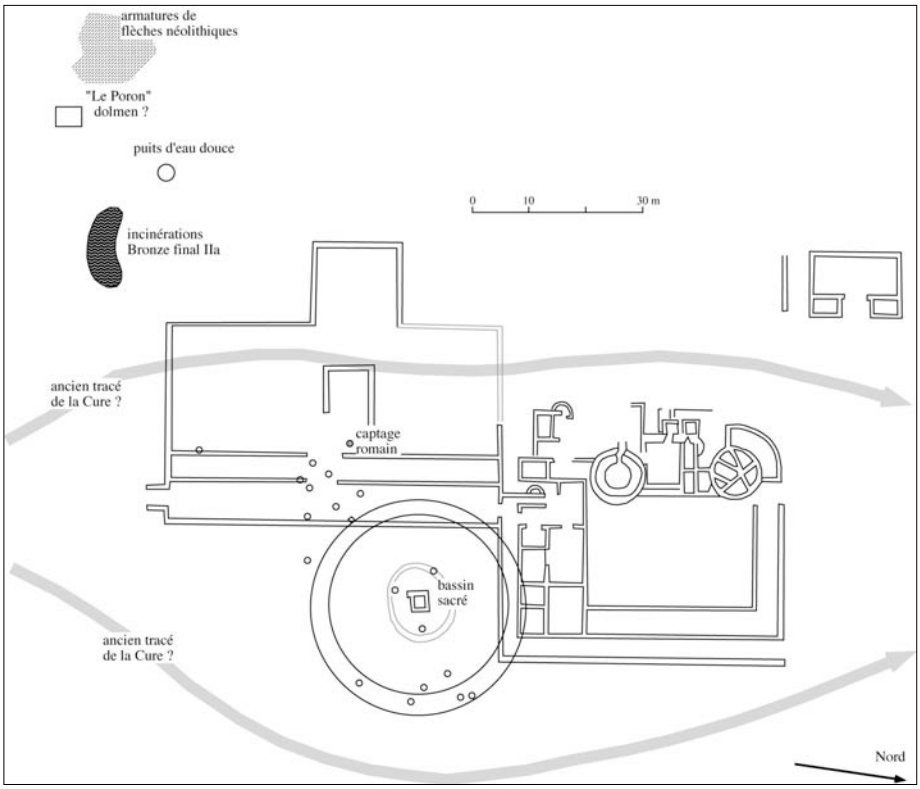
Note : Contrairement à ses homologues de Lorraine, du Jura et de Savoie, les sources salées de Saint-Père-sous-Vézelay (Yonne) et de Saint-Symphorien-de-Marmagne (Saône-et-Loire) ont de faibles teneurs en sel.

Source : Fond de carte J. Bertin.

L'ensemble des 19 cuvelages connus aujourd'hui – mais d'autres sont encore à dégager dans la zone humide qui s'étend à l'Ouest, c'est-à-dire entre le captage romain et la terrasse de rive droite de la rivière (fig. 2, p. 302) – s'inscrit vraisemblablement à l'emplacement d'un ancien haut fond

ou d'une île de la Cure, entre deux bras d'un réseau en tresses, identifié par sondages à la tarière et aujourd'hui comblé. Il y a donc tout lieu de penser, dans ces conditions d'écoulement torrentiel de la rivière, qu'aucune végétation importante ne couvrait alors une surface d'alluvions grossières inondables, mais où, à l'étiage, la nappe phréatique était notablement plus basse que l'actuelle.

Figure 2 : L'établissement de bains romains et les structures archéologiques plus anciennes



Légende : Le Poron, avec un site de la fin du Néolithique ; un cimetière à incinérations de l'Âge du Bronze final II a ; des puits monoxyles en chêne, indiqués par des ronds blancs.

Source : Plan P. Tollard, complété.

Si l'on reprend les données publiées (en particulier Louis, 1943b ; Lacroix, 1963, 1966), une succession chronologique, mais faiblement marquée en stratigraphie, peut être suggérée (fig. 3, p. 303) :

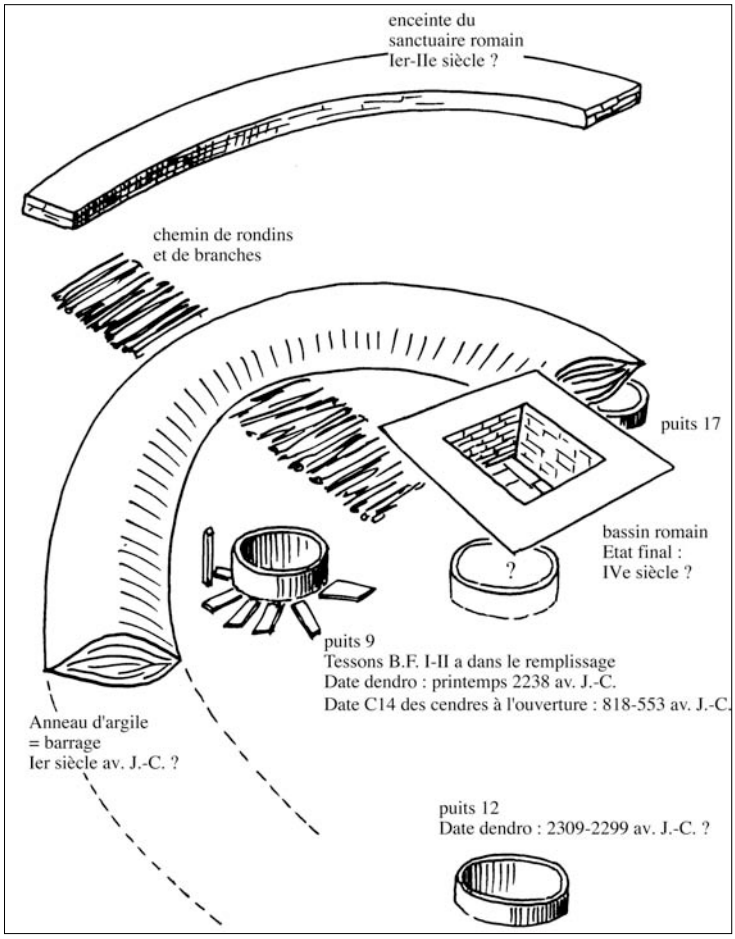
- d'abord des cuvelages de chêne, dont les orifices correspondent à peu près à la surface actuelle des alluvions grossières ; les sols correspondants sont mal conservés ; en tête du puits n° 9, un remplissage cendreux et charbonneux, certainement lié à la production de sel ignigène par évaporation de la saumure par le feu a été daté de 818-553 av. J.-C., pourrait être

largement postérieur au cuvelage (*cf. infra*) ; un chemin de rondins et de branches pourrait avoir permis de traverser une zone marécageuse entre la rive et l'île de la Cure (fig. 3, p. 303) ;

- un barrage circulaire en argile recouvre à la fois le puits n° 17 et le chemin de rondins ; il est lui-même couvert par l'enceinte d'un sanctuaire romain daté, selon toute vraisemblance du Ier au IIe siècle ; cette structure pourrait avoir permis de mettre hors crues la zone d'exploitation des sources salées pendant le Ier siècle av. J.-C. ; ce type de structure est d'ailleurs classique au Moyen Âge (par ex. Dufraisse *et al.*, 2004) ;

- enfin un sanctuaire romain et un établissement thermal dont la chronologie se prolonge vraisemblablement jusqu'au IVe siècle.

Figure 3 : Schéma de la succession chronologique des structures de captage de la source salée (puits) et de protection contre les crues (barrages de plan circulaire ou ovalaire), depuis la fin du Néolithique jusqu'à l'époque romaine



Source : Dessin P. Pétrequin.

Le site des Fontaines Salées, partiellement fouillé, illustre donc remarquablement les interprétations sociales successives qui ont été faites d'une émergence d'eau salée accompagnée de dégagements gazeux. On a d'abord installé des structures de captage en chêne, pour isoler eau salée et eau douce de la nappe phréatique ; au moins aux alentours du puits n° 9, cette saumure a servi à produire du sel au début de l'Âge du Fer. Plus tard – et il nous faudra bien sûr résoudre ces questions de chronologie jusqu'ici encore très incertaines –, peut-être vers la fin de l'indépendance gauloise, l'exploitation de saumure a nécessité la construction d'un barrage autour du site saunier. À l'arrivée des Romains, toute exploitation a cessé, comme dans le Jura français (Pétrequin *et al.*, 2001 ; Pétrequin et Weller, 2003), avec une succession qui pourrait devenir classique : d'abord un sanctuaire de source (Lacroix, 1956, 1963), élargi ensuite à un établissement thermal (Louis, 1938) qui vient accompagner le sanctuaire (voir Pétrequin et Weller, dans ce volume). Toute production de sel serait alors devenue impossible, avant que ne s'efface la pression du pouvoir central de Rome et du sel blanc issu des salines méditerranéennes, soit ici autour du IVe siècle.

Dans le cadre d'un Projet Collectif de Recherche, nous avons repris l'étude des cuvelages en chêne et la question de leur datation, à l'occasion de deux courtes interventions de terrain en mai 1999 et juin 2000, où nous avons vidé et nettoyé 14 des puits reconnus durant les précédentes fouilles, puits encore visibles sur le terrain. Des prélèvements ont alors été réalisés pour des datations radiocarbone et dendrochonologiques, tandis que ce qui subsistait des remplissages archéologiques dans le puits n° 2 a été échantillonné et étudié.

D'autres sources salées recensées dans ce programme ont été exploitées en Bourgogne dès le Néolithique. La moins discutable d'entre elles est certainement la source de Grisy à Saint-Symphorien-de-Marmagne (Saône-et-Loire) (fig. 1, p. 301). En 1906, dans le but d'y installer un captage, des travaux ont permis de retrouver, sous un captage romain mais utilisant peut-être des éléments plus anciens comme des puits monoxyles en chêne semblables à ceux des Fontaines Salées, deux haches polies (serpentine pour l'une, amphibolite pour l'autre) et deux poteries perdues, mais connues par des dessins (Debourdeau et Camusat, 1908 ; Lagrost et Buvot, 1998) : ces céramiques sont immédiatement comparables avec celles du camp de Chassey (Thévenot, 1969) et appartiennent donc très probablement à la phase 4300-4100 av. J.-C. La source de Grisy ou de « La Crotte » a donc été l'objet d'attentions particulières dès la fin du IVe millénaire ; or cette émergence thermale est chaude, avec une eau faiblement chargée en sel et d'abondants dégagements sulfureux. Il n'y avait pas là de quoi produire le sel blanc, qui prévaudra plus tard (Weller, 2000, 2002). On doit se demander si, à Grisy comme aux Fontaines Salées, les saumures faibles n'étaient pas exploitées pour d'autres fonctions que la production de sel ou de cendres salées, comme c'est encore le cas de nos jours en Moldavie roumaine par exemple (voir Alexianu *et al.*, dans ce volume).

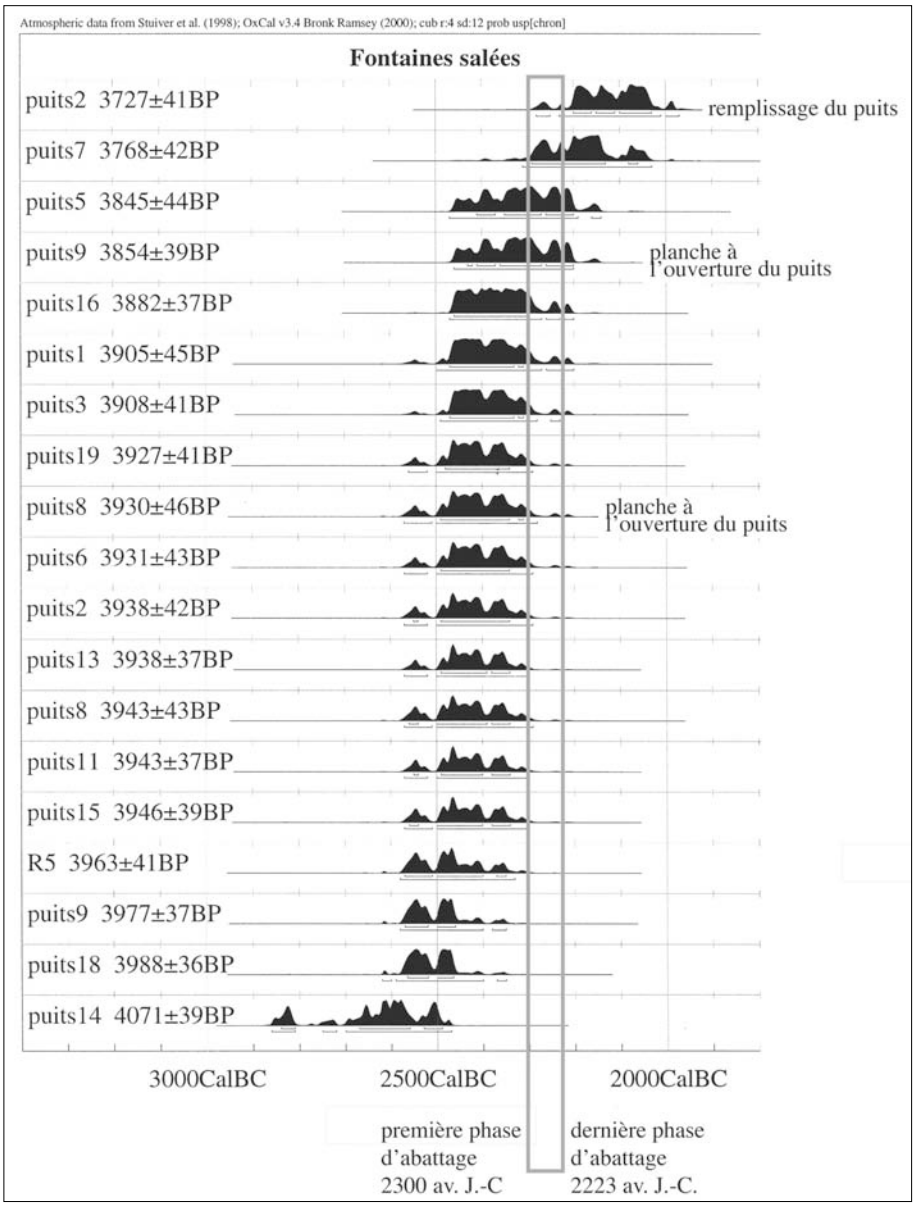
II. Dater par le radiocarbone et le mobilier archéologique

Tandis que les fouilles anciennes avaient seulement reconnu une appartenance au début de l'Âge du Bronze final, identifiant quelques petits tessons de poterie trouvés dans les cuvelages, mais aussi lors de la fouille des thermes, comme étant de même composition et de même technique que ceux des vases du cimetière à incinération (Louis, 1943b ; Dauvergne, 1944 ; Lacroix, 1966), on voit qu'à ce point de la présentation, les questions de chronologie deviennent cruciales.

Pour notre part, nous avons suivi trois directions pour tenter de préciser la chronologie : des analyses dendrochronologiques (qui seront présentées dans la troisième partie de ce texte), des datations radiocarbone AMS et un travail typologique sur le peu de mobilier préhistorique récolté sur le site lui-même ou à proximité immédiate, au lieu-dit *Le Poron* sur la terrasse de rive droite de la Cure.

Au total, 24 échantillons de bois ou de charbons ont été prélevés et datés en AMS, à Utrecht et à Tucson (liste présentée en annexe). Parmi 19 de ces dates calibrées présentées en diagramme chronologique (fig. 4, p. 306), du premier coup d'oeil, on reconnaît que la majorité des résultats se tient dans un laps de temps court, entre 2500 et 2200 av. J.-C. Qu'il s'agisse du bois des cuvelages eux-mêmes, de planches reposant sur l'extrémité supérieure des puits ou encore de brindilles et de copeaux à la base du remplissage des cuvelages (fig. 6 par exemple, p. 308), aucune de ces dates n'appartient à l'Âge du Bronze final. Au contraire, la tranche chronologique concernée par cette implantation – que l'on voit maintenant massive et de courte durée – touche la fin du Néolithique et peut-être la transition avec l'Âge du Bronze ancien. On discute encore du moment exact de cette transition différente entre l'Allemagne orientale et les régions plus occidentales de l'Europe. Dans la nécropole de Singen en Allemagne du Sud-Ouest (Krause *et al.*, 1988), le début de l'Âge du Bronze ancien A1 est situé vers 2200-1980 av. J.-C. C'est également vers 2200 que l'on pourrait situer le début de l'Âge du Bronze en Valais (David-Elbiali, 2000). Si ces propositions chronologiques pour le début de l'Âge du Bronze s'avèrent valides, alors les cuvelages de captage de la saumure à Saint-Père-sous-Vézelay devraient être plutôt attribués à l'extrême fin du Néolithique, c'est-à-dire à la phase finale de la civilisation campaniforme. Que de nombreuses traces de coups de haches métalliques soient identifiables à l'intérieur des cuvelages, témoignant du dernier épisode de mise en forme, n'est alors pas un problème, car il y avait bien longtemps que les haches de cuivre étaient déjà devenues monnaie courante, même si on les retrouve assez rarement en raison de leur réutilisation presque systématique (Klassen et Pétrequin, 2007). Quant à l'utilisation des puits à saumure – autant que l'on puisse en juger à partir de quatre datations AMS sur des bois flottés récoltés à la base du comblement du puits 2 –, elle pourrait s'être prolongée jusqu'aux environs de 2200-2100 av. J.-C., avant la fermeture totale de ces structures par alluvionnement torrentiel de la rivière.

Figure 4 : Résultats des datations radiocarbone AMS sur seize des puits monoxyles en chêne

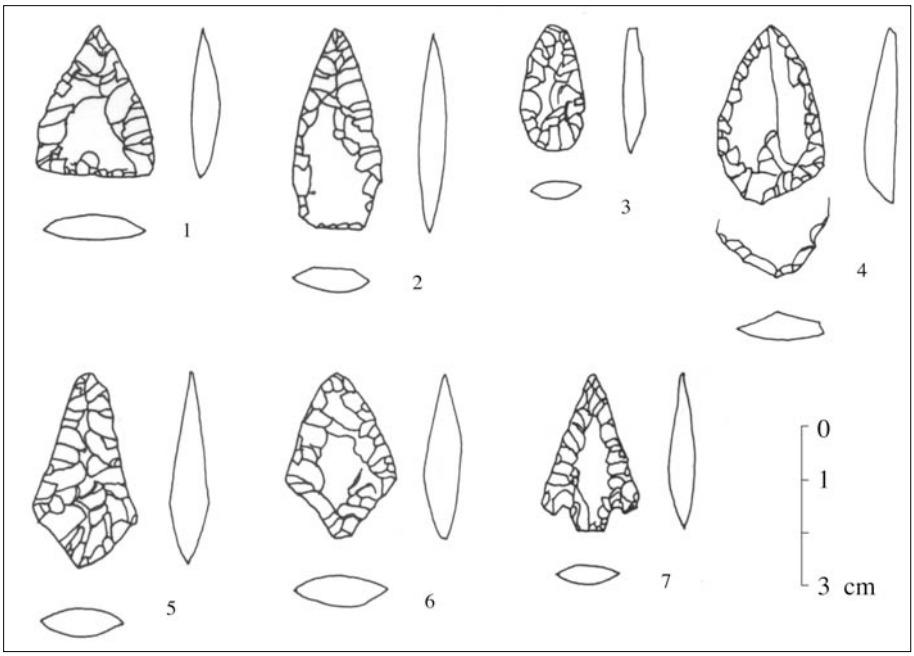


Note : Analyses du laboratoire radiocarbone d'Utrecht et de Tucson. Sauf indication contraire, ont été datés les bois des cuvelages des puits. Le cadre grisé indique le début et la fin des dates dendrochronologiques d'abattage des chênes.

Source : Dessin M. Bailly, avec calibration Ox Cal v. 3.4.

Il devient alors possible d'envisager qu'une partie au moins des outillages récoltés en surface au Poron (fig. 2, p. 302) appartienne à cette phase majeure d'implantation des puits de captage : la plupart des modèles de flèches en silex (fig. 5, p. 307) n'est pas en contradiction avec ce que l'on sait des armatures de flèches campaniformes dans cette région (Bailly, 2002). Mais le statut de ces armatures récoltées en surface n'est pas vraiment clair ; appartiennent-elles au remplissage d'un petit dolmen vidé de son contenu, comme pourraient le suggérer les imposantes dalles du Poron ? S'agit-il d'un habitat complètement érodé, ce qui est douteux, car les reliques en seraient trop peu nombreuses (d'autant qu'une autre partie des outillages de silex est d'origine mésolithique, avec de petits nuclei à lamelles) ?

*Figure 5 : Les flèches en silex découvertes au lieu-dit « Le Poron », sur la terrasse à une centaine de mètres des puits à sel**



Note : Lieu de conservation : Musée de Saint-Père-sous-Vézelay (Yonne).

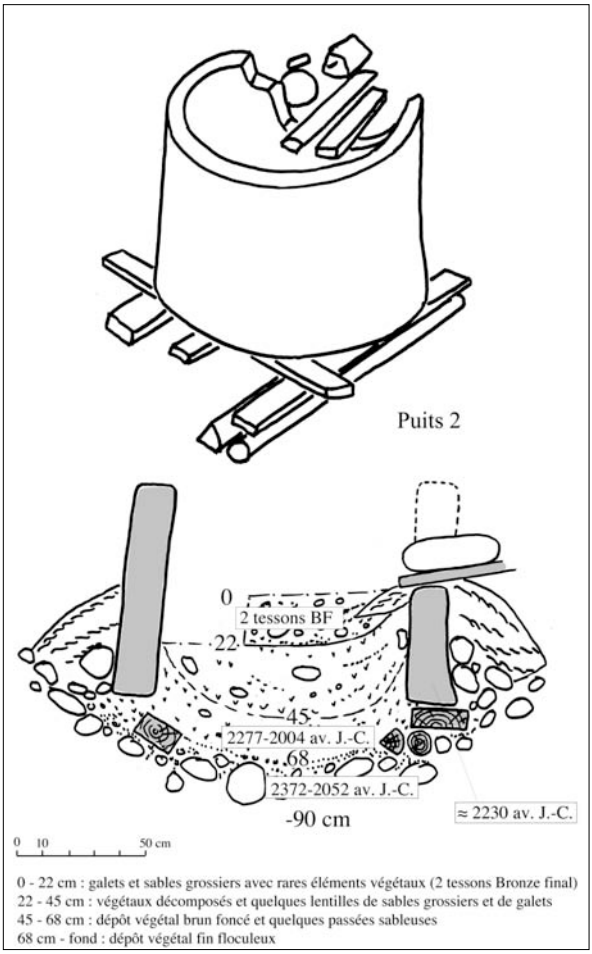
Source : Dessin P. Pétrequin.

Dès lors, si la datation de la phase de fondation des cuvelages aux Fontaines Salées, à la fin du IIIe millénaire, ne pose plus de problèmes réels, restent ouvertes également d'autres questions : qu'en est-il de l'Âge du Bronze final autrefois mis en avant aux Fontaines Salées ? La fin du Néolithique représente-t-elle véritablement la seule phase d'exploitation ?

L'étude des remplissages du puits n° 2 (fig. 6, p. 308) et des datations radiocarbone correspondantes montre que le cuvelage de chêne et les bois du châssis de fondation sont probablement contemporains et précèdent de

quelques dizaines d'années la base des sédiments de colmatage du puits, sans traces de charbons de bois ou de témoins anthropiques. Toutefois on a pu également démontrer, comme pour le puits n° 3 (fig. 7, p. 309), que ce cuvelage avait été réutilisé plus tard (*cf. infra*). Puis le comblement a repris, où nous avons identifié deux petits tessons absolument identiques à ceux des vases d'accompagnement dans le cimetière à incinération du début du Bronze final (fig. 8, p. 309). Cet épisode chronologique est difficile à situer dans le temps avec précision (Bronze final I à BF IIa), faute de dates radiocarbone ou dendrochronologiques nombreuses en contexte circum-alpin ; les environs de 1200 av. J.-C. seraient une hypothèse de travail plausible (David-Elbiali, 2000).

Figure 6 : Coupe stratigraphique des remplissages du puits n° 2



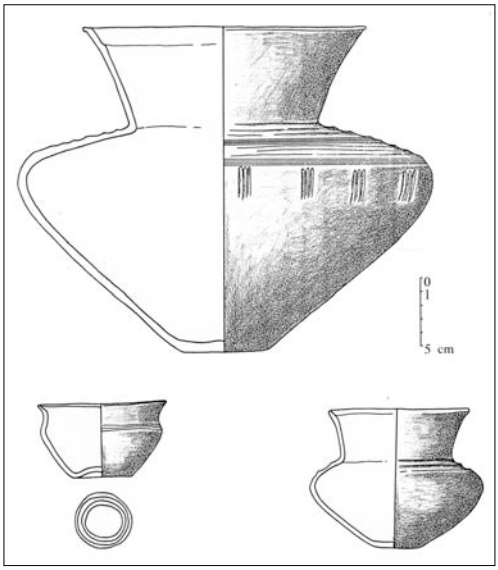
Note : Les structures en bois sont indiquées en grisé (cuvelage monoxyle en chêne et solins de fondation).

Source : Dessin P. Pétrequin.

Figure 7 : Fouille de la base du puits monoxyle en chêne n° 3

Source : Photo O. Weller.

*Figure 8 : Trois céramiques de l'Âge du Bronze final II a, associées à l'incinération n° 2**



Note : Lieu de conservation : Musée de Saint-Père-sous-Vézelay (Yonne).
Source : Dessin A.M. Pétrequin et P. Pétrequin.

Finalement, est-ce qu'une seule date radiocarbone sur des cendres charbonneuses à l'ouverture du puits n° 9 peut fonder l'idée d'une production tardive de sel ignigène entre 818 et 553 av. J.-C., c'est-à-dire pendant le Premier Âge du Fer ? On est en effet en droit de se demander si cette association d'une date radiocarbone qui indique l'Âge du Fer et d'une planche datée des années 2230 par dendrochronologie est réellement fiable.

III. Dater les cuvelages par la dendrochronologie

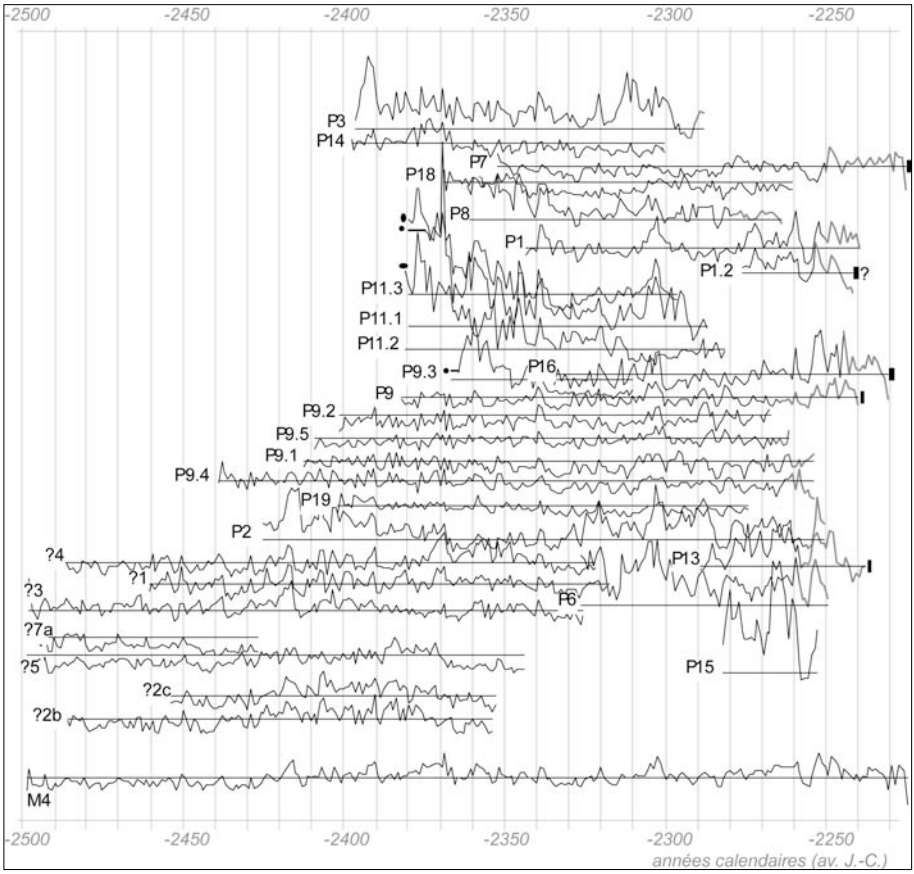
À l'issue d'une procédure classique de synchronisation et de datation dendrochronologiques détaillée dans un article synthétisant l'ensemble des chronologies de cernes du Néolithique du Nord-Ouest de la France (Bernard, 2003), une courbe moyenne longue de 279 cernes a été obtenue (fig. 9, p. 311). Cette séquence a été confrontée aux principales chronologies européennes disponibles pour les périodes préhistoriques. Mais force est de constater l'étendue du travail d'étalonnage qu'il reste encore à accomplir pour établir, à l'image des grands référentiels allemands et britanniques, un continuum temporel qui permettra un jour de rattacher les séries de cernes propres au Néolithique du Jura, du Bassin parisien ou de l'Ouest de la France à l'époque actuelle. En effet, l'échelle de référence encore employée quotidiennement en France pour la dendrochronologie de la Pré- et Protohistoire demeure la courbe allemande dite « A-200 », établie à l'Université de Stuttgart-Hohenheim et qui couvre dans sa version publiée la période comprise entre 4089 et 540 av. J.-C. (Becker *et al.*, 1985). Cette référence comporte environ un millier de bois provenant, pour la plupart, de terrasses alluviales du Rhin, du Danube et du Main. En dépit de cette apparente hétérogénéité des contextes géo-climatiques, nous avons pu mesurer à plusieurs reprises la parfaite cohérence des séquences du Nord et de l'Ouest de la France avec l'étalon de Stuttgart (Bernard, 1997, 1998 ; Girardclos, 1999 ; Lambert, 1998 ; Pilcher *et al.*, 1984 ; Talon *et al.*, 1995). C'est donc cette longue chronologie allemande qui nous permet de dater celle des Fontaines Salées de 2501-2223 av. J.-C.

S'il est vrai que sur 25 éléments datés, 4 conservent un aubier complet et 10 un aubier partiel, l'absence d'aubier chez les 11 restants relève davantage d'un problème d'accessibilité aux parties les mieux protégées que d'une dégradation des structures en bois. Pourtant, cet aubier est indispensable pour donner, lorsque le dernier cerne sous l'écorce est encore intact, une date d'abattage à l'année, voire à la saison près. Cet aspect revêt ici une grande importance, puisque l'on veut déterminer si tous les cuvelages sont contemporains, bien que des différences typologiques soient apparues dès la campagne de prélèvement, ou si les structures se succèdent, dans quel ordre, à quel rythme et sur quelle durée.

Avec 14 aubiers complets ou quasi complets, soit un bois sur deux, les conditions pour établir la chronologie interne du site sont extrêmement favorables. L'excellente conservation des parties les plus fragiles – l'aubier bien sûr, mais aussi l'écorce ainsi que les surfaces couvertes de traces d'ou-

tils – sous-entend que toute la chaîne opératoire, depuis le chantier forestier jusqu'à la mise en oeuvre des éléments de puits, a été exécutée rapidement, l'immersion des bois n'ayant pas laissé le temps aux champignons et aux insectes xylophages de s'installer après l'abattage. On peut donc avancer que les arbres, abattus au début du printemps, ont été employés verts, peut-être pour profiter d'une montée de sève qui rend le travail du chêne plus aisé, peut-être plus prosaïquement parce qu'en fin d'hiver, les travaux des champs sont encore peu intenses, libérant ainsi une précieuse main-d'œuvre. Cela est d'autant plus vrai en fond de vallée, à l'emplacement du site, lorsque les crues tardent à se retirer des espaces agricoles et des zones de captage des eaux salées.

Figure 9 : Synchronisation des séquences dendrochronologiques individuelles



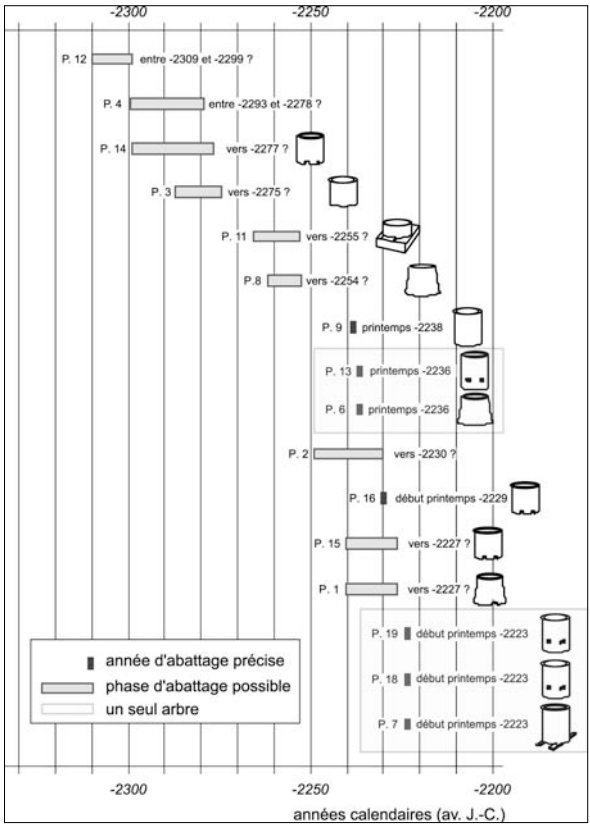
Légende : en gris : aubier ; trait gras vertical : cambium.

Source : Graphique V. Bernard.

Les dates d'abattage s'étendent sans interruption notable entre - 2309/ - 2299 et - 2223, et mettent en évidence un épisode d'à peine 80 ans pour l'im-

plantation des puits. Les soixante premières années marquent une phase pionnière d'exploitation des sources, pendant laquelle 6 puits seulement sont installés tous les 15 à 20 ans. Mais, dès 2240, le rythme des constructions s'intensifie et les abattages sont presque continus pendant 15 ans. Il semble ainsi que le puits 12, le plus ancien, inaugure l'exploitation des sources salées entre 2309 et 2299. Dans un deuxième temps, le puits 4 semble avoir été mis en place entre 2293 et 2278, puis ce sont les puits 14 et 3 vers 2277 et 2275. Toutefois, en l'absence d'aubier pour P 4, il n'est pas exclu qu'il soit contemporain de P 14 et P 3 vers 2277. Les années 2250 voient l'installation de deux puits très proches dans le temps, peut-être même bâtis la même année : le puits 11, daté vers 2255 et le puits 8 vers 2254. Enfin, le puits 9, daté du printemps 2238, entame une période d'intense activité constructrice, qui voit en 15 ans à peine l'implantation de 10 puits : les puits 6 et 13 au printemps 2236, le puits 2 vers 2230, P 16 au début du printemps 2229, P 15 et P 1 probablement vers 2227, et enfin P 7, P 18 et P 19 au début du printemps 2223 (fig. 10, p. 312).

Figure 10 : Phases de construction et évolution typo-chronologique des puits définies à partir de l'analyse dendrochronologique



Source : Graphique V. Bernard.

Il est possible que ce développement très net de l'exploitation des sources salées soit à mettre en relation avec une expansion des réseaux d'échange, avec un changement de statut du gisement, des eaux qu'il recèle et de la population qui les exploite. Il peut fort bien marquer une période d'essor démographique des communautés locales. La pression démographique, si elle peut justifier l'expansion des années 2238-2223, ne semble toutefois pas mettre en péril l'approvisionnement en gros troncs de chênes. Doit-on pour autant distinguer la gestion de ce type d'arbre de ceux qui sont dévolus à l'architecture du quotidien, en établissant une hiérarchisation ? C'est ce que nous tenterons de mettre en relief dans ce qui va suivre.

Parmi les 16 puits qui ont pu faire l'objet d'une étude dendrochronologique, aucun n'a été construit après 2223. L'exploitation du site des Fontaines Salées semble en effet s'interrompre brutalement, à moins que le site d'exploitation ait été déplacé le long d'une faille ou que des curages réguliers aient totalement oblitérés 1000 ans d'utilisation. Car ce n'est qu'à la fin de l'Âge du Bronze, comme nous l'avons vu précédemment, qu'une fréquentation est à nouveau décelable. Mais, aucune datation dendrochronologique ne permet actuellement de préciser cette phase.

IV. Contexte naturel ancien et gestion sylvicole

Durant les 80 années d'exploitation du site, pendant les 279 années couvertes par la dendrochronologie, qu'en est-il de l'environnement naturel et anthropique de ces cuvelages à la charnière du Néolithique et de l'Âge du Bronze ? Ensuite, pendant une période de réutilisation des puits entre l'Âge du Bronze final et le Premier Âge du Fer, comment le milieu a-t-il évolué et quels sont les indices qui nous permettent d'éclairer cet aspect ?

L'étude des mousses de calfatage du puits n° 11 a permis d'identifier dix espèces différentes parmi lesquelles *Anomodon viticulosus* Hook et Tayl. qui est très abondante ; elle forme souvent d'épais manchons sur les premiers mètres des frênes, des érables, des chênes (ou des saules en forêt alluviale). Ensuite vient *Hylocomium brevirostre* (Brid.) B.S.G. qui est abondante ; cette espèce affectionne particulièrement les blocs et pierres calcaires sur pentes fortes en milieu forestier. Curieusement, la très classique *Neckera crispa*, qui forme de préférence des gazons énormes sur l'écorce ou sur les rochers calcaires, est rare. À partir de l'analyse de cet échantillon, on retient alors pour la phase d'implantation néolithique l'image d'un milieu forestier riverain plutôt frais, sur substrat vraisemblablement basique, parsemé de blocs rocheux.

Du côté des pollens, la situation n'est pas bonne, car l'échantillon prélevé au fond du puits n° 4 (- 1,30 m) s'est révélé extrêmement pauvre ; les pollens y sont mal conservés, peut-être en raison de l'assèchement plus ou moins long de la base du cuvelage. Le tamisage à but paléobotanique d'un échantillon important des fumiers végétaux de la base du puits n° 9 apporte des informations plus intéressantes : aucune trace de micro-charbons de bois n'a pu être individualisée. Pourtant ces charbons n'auraient pas manqué de

se trouver piégés au fond de la structure de captage s'il y avait eu fabrication de sel ignigène sur place. Cette observation rejoint d'ailleurs celles faites sur d'autres cuvelages : l'absence de tout charbon de bois, gros ou petits, hormis les placages à l'ouverture du puits n° 9, mais qui sont datés selon toute vraisemblance de la première moitié du Ier millénaire av. J.-C.

Dans ce contexte, un prélèvement de sédiments fait en surface de l'ancien sol près du puits n° 9 a montré une grande richesse en pollens, cette fois très bien conservés. Cet échantillon est caractérisé par une nette anthropisation du couvert végétal. L'espace forestier s'avère très réduit, tandis que l'essentiel du territoire était occupé par des cultures, surtout des céréales, et par des prairies. L'exploitation du sel aux Fontaines Salées se déroulait donc à proximité d'un village et de champs de céréales. Mais nous sommes incapables, faute de témoins substantiels, de chiffrer la durée et l'intensité de cette production protohistorique tardive.

Lorsque le puits n° 2 s'est trouvé comblé par les alluvions de la Cure après une période de réutilisation probablement au cours de l'Âge du Bronze final, il a pu piéger au passage quelques dizaines de fragments de bois roulés, issus des peuplements forestiers riverains. Par ordre d'importance décroissante : le chêne, le hêtre (bien représenté également par des coques de faînes), le noisetier, le frêne, l'aulne et le saule ; toutefois il serait délicat de tirer des généralités à partir d'un corpus aussi réduit, trié et déplacé.

À partir des chênes employés pour la fabrication des puits, quelle peut être la part de l'information paléoenvironnementale ? Là encore, la plus grande prudence doit être de mise, car les arbres sélectionnés possèdent des mensurations tellement hors normes qu'il paraît peu probable qu'ils soient tous issus d'une même « parcelle » ou qu'ils aient poussé à proximité les uns des autres. Même si cela était le cas, on peut tenter de dresser dans un premier temps une typologie de ces individus, pour la confronter ensuite à nos référentiels actuels.

Ainsi, avec une croissance lente et régulière (≤ 1 mm), les arbres employés pour la construction du puits 9 ou 19 par exemple pourraient présenter les caractéristiques de chênes sessiles (*Quercus petraea*) issus de futaies bien drainées. En revanche, les arbres utilisés pour les puits 1, 3, 6, 11, 13 ou 15 semblent bien caractériser des chênes pédonculés (*Quercus robur*), à croissance plus forte et plus contrastée, chênes qui marqueraient alors une forêt plus humide, peut-être même de fond de vallée (fig. 9, p. 311). Ces premières remarques peuvent illustrer la diversité des milieux sollicités, probablement la dispersion des arbres repérés, mais surtout la contrainte liée à la recherche d'un matériau spécifique. Car il fallait bien sûr que les arbres sélectionnés présentent de fortes sections, les plus petits avoisinant 60 cm, les plus gros 140 cm. Il est toutefois bien difficile d'estimer l'âge de ces troncs évidés, puisque l'essentiel de l'information a disparu ; mais en croisant des paramètres tels que le diamètre, le nombre de cernes restants et la tendance de croissance, on peut estimer, par comparaison avec des chênes actuels, que ces arbres étaient âgés de 350 à 500 ans.

À l'opposé des très gros et très vieux chênes, une ouverture ponctuelle du milieu forestier est signalée par les bois du puits 11, dont le tronc débité sur dosse (plan tangentiel du bois) présente, avec une forte croissance en période juvénile (> 3 mm), suivie d'un brusque ralentissement (< 1 mm), les caractéristiques d'un rejet de souche (fig. 12 B et 14, p. 318 et 321).

Enfin, l'arbre employé pour le puits 15, avec une croissance moyenne proche de 3 mm et un diamètre de 1,40 m provient probablement d'un milieu très ouvert, où il n'a subi aucune concurrence de la part de ses congénères dans ses besoins en lumière, en eau et en matières nutritives. Il est probable que ce chêne présentait un fût assez court et une ramure étalée, et soit issu de zones de pâturages ou des aires dégagées en périphérie des zones d'activités humaines.

Néanmoins, au Néolithique final, des fûts aussi gros et aussi âgés devaient être exceptionnels dans les massifs forestiers déjà fortement sollicités à la suite de l'essor démographique qu'a connu l'Europe à l'aube du IIIe millénaire. Il n'est donc pas exclu que ce type de grand chêne dominant soit, entre 2300 et 2220, le résultat d'une sélection précise, voire d'une mise en réserve quelques générations auparavant, en fonction de critères morphologiques, territoriaux, symboliques… B. Arnold (1996) signale à Hauterive-Champréveyres en Suisse le cas d'un tilleul néolithique dont les branches auraient pu être élaguées en prévision de la fabrication d'une pirogue une cinquantaine d'années plus tard, une fois les blessures cicatrisées parfaitement invisibles. Cette illustration d'une gestion des ressources forestières à court ou moyen terme met clairement en lumière la maîtrise empirique des communautés pré- et protohistoriques concernant les qualités mécaniques du bois, cela va sans dire, mais aussi des notions plus abstraites pour qui souhaite aborder ces populations sur la base du matériel archéologique, des notions comme l'anatomie du bois, sa physiologie, son écologie…

V. Morphologie et répartition spatio-temporelle des cuvelages

À l'aide de P. Tollard et des nombreuses descriptions de P. Lacroix (1966), nous pouvons maintenant proposer une description synthétique des cuvelages en bois, de leur typologie et de leur distribution spatiale.

Les cuvelages des Fontaines Salées sont des segments évidés de fûts de très gros chênes dominants. La hauteur de ces cylindres à paroi épaisse varie de 40 à 120 cm, pour un diamètre intérieur de 90 cm en moyenne (les extrêmes vont de 0,60 à 1,20 m ; *cf.* Tableau 1 ci-dessous) – ce qui les rend plutôt difficiles à fouiller (fig. 7, p. 309). D'après nos observations et celles de B. Lacroix (1966), la mise en place de ces cuvelages a d'abord nécessité de creuser des entonnoirs de 2 à 3 m de diamètre et 1,5 à 2 m de profondeur dans les alluvions de la Cure, ce qui implique des conditions d'étiage exceptionnel de la rivière ou bien un niveau de la nappe phréatique située globalement beaucoup plus bas que l'actuel. On recherchait ainsi l'origine des griffons d'eau salée et des dégagements gazeux visibles en surface du sol. Les cylindres de chêne étaient ensuite mis en place (fig. 11, p. 317), di-

rectement au fond de l'entonnoir avec un calfatage d'argile et de mousses (fig. 11, puits n° 6, p. 317 ; fig. 6, puits n° 2, p. 308) ; ou bien sûr des traverses de bois qui permettaient de contrôler la verticalité du puits avant calfatage à l'argile (fig. 11, puits n° 2, p. 317) ; ou encore sur un véritable coffre de captage (fig. 11, puits n° 11, p. 317), constitué d'épaisses et larges planches de chêne, permettant d'isoler une réserve importante d'eau salée. D'autres aménagements ont été observés, comme ces ouvertures à la base du fût (fig. 11, puits n° 13 et 14, p. 317) ou ces canaux couverts (fig. 11, n° 1, p. 317) qui permettaient de drainer la saumure en direction du fond des cuvelages. Cette dernière observation permet de démontrer qu'effectivement, lors de la mise en place des cuvelages et dans les années qui suivirent, la nappe phréatique était complètement asséchée sur cette île de la Cure ; si cela n'avait pas été le cas, certains des puits auraient été particulièrement difficiles à mettre en place, demandant un effort collectif considérable pour finalement ne drainer que de l'eau douce.

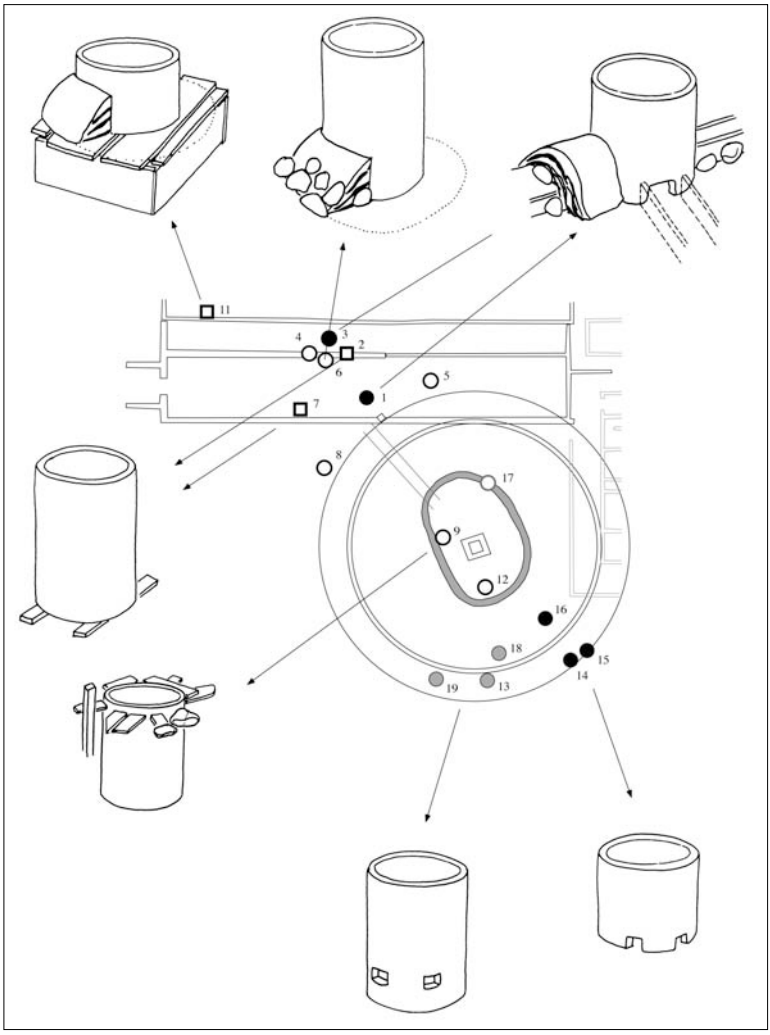
Tableau 1 : Mensurations (cm) des cuvelages de puits intégrés dans cette étude

	ø tronc	ø intérieur	épaisseur	hauteur
puits 1	100	88	12	99
puits 2	125	90	35	110
puits 3	115	90	25	95
puits 4	140			
puits 6	122	98	24	93
puits 7	85	63	22	83
puits 8	112	98	14	73
puits 9	115	90	25	120
puits 11		82		40
puits 12	75			
puits 13	130	113	17	122
puits 14	105	85	20	59
puits 15	140	122	18	72
puits 16	82	65	17	58
puits 18	103	86	17	110
puits 19	107	88	19	72
moyenne	110,4	89,9	20,4	86,1
écart-type	19,7	15,6	6,0	25,0

Quant à la diversité relative des types de cuvelages (fûts cylindriques simples, larges échancrures rectangulaires à la base, mortaises ouvertes au quart inférieur du fût), leur répartition ne paraît pas aléatoire. En rapport avec ces classes typologiques, les puits semblent former au moins quatre groupes (fig. 11, p. 317) : trois cuvelages à mortaise, trois cuvelages à échancrures rectangulaires, deux cuvelages à larges échancrures basilaires et drai-

nage par canaux couverts, parmi des fûts simples, posés à même le sol ou calés sur des châssis de fondation, et dont la dispersion est plus lâche. Il n'est pas facile pour le préhistorien d'interpréter ces « familles » techniques : elles pourraient tout aussi bien évoquer des épisodes chronologiques différents (et donc une succession longue) que le travail de groupes sociaux contemporains marqués par des habitudes techniques différentes, liées ou non aux conditions de résurgence des sources.

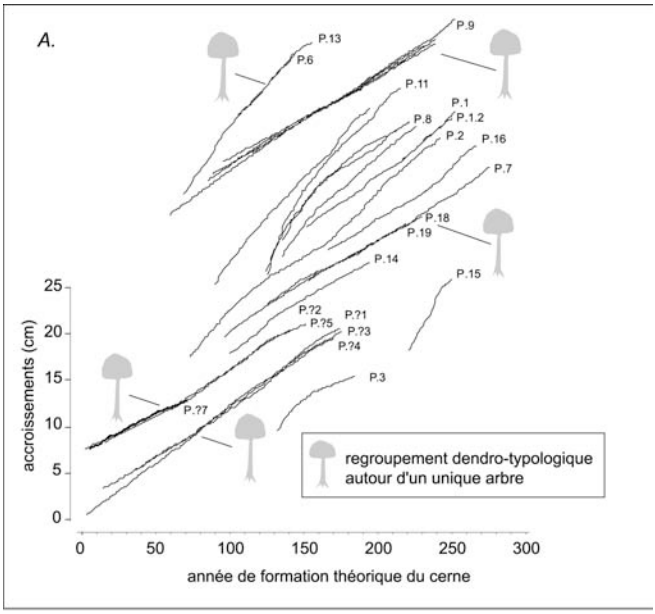
*Figure 11 : Plan général des puits monoxyles**

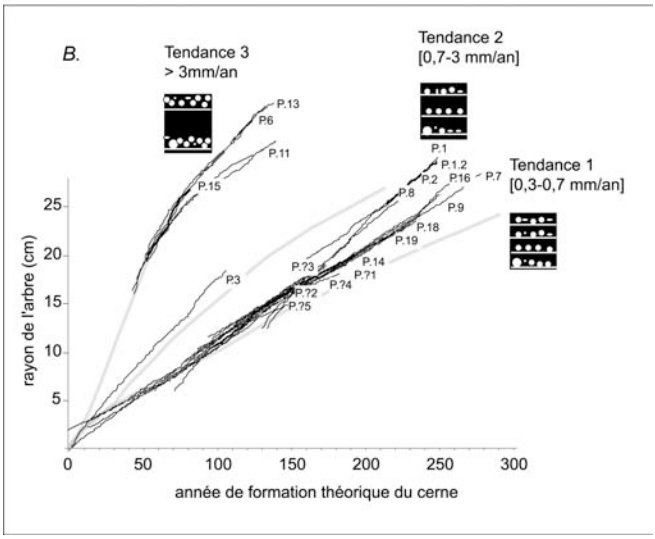


Note : Les puits semblent groupés par famille typologique (puits sans ouverture, ouvertures par échancrure du fond, ouvertures par mortaise rectangulaire totale) et montrent différentes modalités du captage de l'eau salée (captage par drains couverts, par coffre, par puits cylindrique luté à l'argile...).

Source : Dessin P. Pétrequin, perspectives d'après J.P. Grégoire, *in* B. Lacroix, 1966.

Figure 12 : A. tendances de croissances et individualisation des arbres
B. caractérisation du milieu forestier en fonction de la typologie
de croissance des arbres





Légende : Tendance 1 : milieu forestier fermé à forte concurrence – Tendance 2 : futaie gérée par l'homme – Tendance 3 : milieu agro-forestier ouvert à faible concurrence et où l'homme est très présent.

Source : Graphiques V. Bernard.

Comment interpréter ces informations à la lumière des résultats dendro-archéologiques ? Avant d'aller plus loin, il semble ici judicieux de rappeler un point important : parmi les dates énumérées, 7 sont précises à la saison près, alors que 4 échantillons seulement présentent un aubier complet susceptible d'atteindre ce niveau de précision. Différentes méthodes sont habituellement employées par les dendrochronologues pour réduire l'imprécision d'une datation liée à un aubier partiellement conservé, parmi lesquelles l'emploi d'un écart-type fixant le nombre moyen des cernes d'aubier chez le chêne figure en bonne position. Mais, compte tenu du très fort degré de ressemblance des courbes étudiées, il paraissait opportun, en même temps qu'une identification des phases d'abattage, de pouvoir mesurer le niveau de cohérence « dendro-typologique » du groupe de chênes, avant d'appréhender le ou les types de milieux forestiers exploités. L'emploi de patrons de croissance permet ainsi de combiner judicieusement toutes ces options tout en conservant les caractéristiques d'une séquence dendrochronologique (fig. 12 A et B, p. 318).

La synchronisation de ces tendances démontre que plusieurs échantillons appartiennent à un même arbre. Cela n'a rien de particulièrement étonnant lorsqu'il s'agit des planches découvertes autour de P 9, au sein d'un même horizon stratigraphique. Mais on peut aller au-delà en disant que ce chêne a également servi à la fabrication du cuvelage lui-même. Il en est de même pour les planches de P 11 ou de P 1. C'est également de cette manière que les échantillons conservés au musée de Saint-Père-sous-Vézelay ont pu être individualisés pour être identifiés comme appartenant à P 4 et P 12 (fig. 12 A, p. 318).

En revanche, cela est beaucoup plus surprenant de découvrir que les cuvelages des puits 6 et 13 ont été débités dans un seul et même tronc de chêne, de même que les puits 7, 18 et 19. Cela ouvre bien sûr des perspectives originales concernant, la technologie et les modes de fabrication des cuvelages, la forme des arbres sélectionnés, mais également la répartition du travail et l'organisation de la chaîne opératoire, depuis l'abattage en forêt jusqu'à l'achèvement du puits.

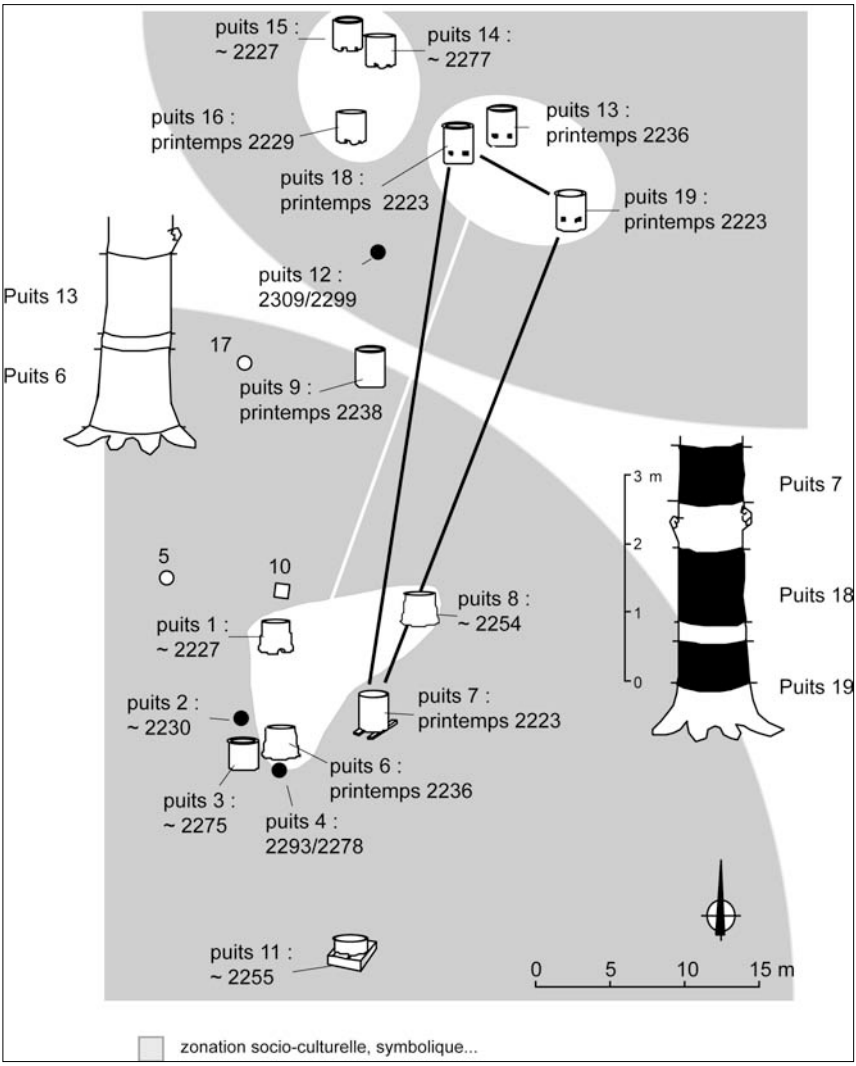
Et si P 18 et 19 sont topographiquement voisins dans la partie Nord du site, en revanche, P 7 issu comme eux du même tronc, se trouve dans une autre zone de concentration de puits au Sud. La même observation peut être faite pour P 13 au Nord et P 6 au Sud (fig. 13, p. 320).

Au plan typo-chronologique, rien ne laisse entrevoir cette organisation Nord/Sud de l'espace, si ce n'est peut-être une alternance dans les formes de cuvelages « tuyau droit percé » ou « à encoches », « tuyau droit » et « base de tronc » (fig. 10, p. 312). Ces différents types de puits se côtoient d'ailleurs indistinctement et ne correspondent donc pas à une évolution dans la technique de filtrage des eaux, mais reflètent bien dans tous les cas une optimisation des troncs de chêne sélectionnés.

En revanche, au niveau topographique, ces types de puits sont répartis en deux principaux groupes bien différenciés avec, au Nord, le groupe des « tuyaux percés »-« à encoches », et au Sud, celui des « bases de troncs »-

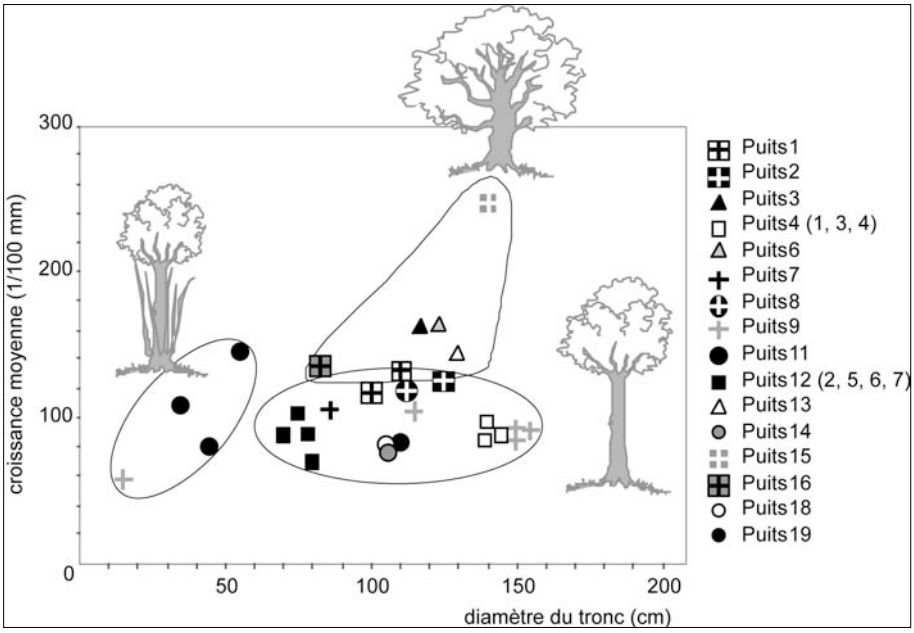
« tuyaux droit » (fig. 13, p. 320). Si la distinction socio-culturelle entre les deux groupes ne peut être totalement écartée, la séparation topographique répond peut-être plus concrètement à une adaptation des modes de captage en fonction des types de griffons : « tuyaux droits » pour un captage direct et ponctuel, « tuyaux percés »-« à encoches » pour des résurgences plus diffuses.

Figure 13 : Répartition typo-chronologique de l'ensemble des puits étudiés et répartition spatiale des cuvelages débités dans un même arbre



Source : Dessin V. Bernard.

Figure 14 : Caractérisation typo-forestière des troncs de chênes utilisés aux Fontaines Salées



Source : Graphique V. Bernard.

Pourtant, cette bipolarisation de la zone d'exploitation entre deux zones de résurgences des sources salées, et le partage d'arbres entre ces deux groupes impliquent nécessairement une organisation générale et une mise en commun des moyens, que ce soient les bras, les outils ou les animaux, pour abattre, débiter et transporter les fûts, tout en exploitant en parallèle les griffons. Aucune trace n'a malheureusement permis de pister l'emploi d'un même outil entre les deux entités, de manière à pouvoir mesurer à l'échelle de l'individu, d'un petit groupe, d'un village ou d'une communauté leur niveau d'implication, que ce soit en forêt ou sur le lieu même des captages.

VI. Restitution de la chaîne opératoire de fabrication des cuvelages

Nous évoquions précédemment l'optimisation dont ont fait l'objet les troncs de chêne sélectionnés. Cette économie dans la gestion des ressources ligneuses s'exprime, par exemple, au travers du mode de débitage des planches du puits 11 : en effet, le clivage de planches sur dosse (c'est-à-dire sur le plan tangentiel du bois), lorsqu'il est bien maîtrisé, permet d'utiliser sans trop de perte toute la section de la bille. Cette technique illustre d'avantage une adaptation à un matériau disponible et à une production donnée qu'une réelle pénurie en arbres de belle venue, qui auraient permis un débitage plus classique sur maille (sur rayon).

En ce qui concerne les cuvelages des puits 7, 18 et 19 réalisés dans un même arbre, une longueur minimale de 2,60 m de fût droit a été nécessaire ; de même, les puits 6 et 13 emploient environ 2,30 m de tronc utile en incluant même une partie de la souche (fig. 13, p. 320). À partir d'expérimentations archéologiques menées en Suisse ou en France pour abattre des arbres à la hache de pierre ou de bronze, on considère que les doubles entailles affrontées pratiquées pour le tronçonnage des grumes sont proportionnelles à la section du tronc et leur hauteur peut, selon les cas, être équivalente au rayon de l'arbre (Arnold, 1999, 2003 ; Choulot *et al.*, 1997 ; Pillonel, 2007). De ce fait, pour des arbres aussi gros, 60 à 80 de cm de bois pouvait disparaître à chaque extrémité des futurs cuvelages ; des fûts utiles de 4 à 5 m de longueur ont donc été nécessaires pour permettre, lorsque cela était possible, la réalisation de deux à trois cuvelages dans un seul arbre.

De même, du fait de cet angle d'attaque incompressible, il est impossible d'abattre au ras du sol d'aussi gros arbres, à moins de disposer d'une tronçonneuse à chaîne. Or, la présence de la souche à la base de 3 cuvelages de puits n'est pas fortuite et nous renseigne directement sur le procédé employé lors de l'abattage de ces chênes, plus indirectement sur la fabrication des cuves. Hormis un déracinement causé par une tempête – c'est cette version opportuniste qui pourrait avoir été privilégiée semble-t-il lorsqu'à de rares occasions, des ébauches de pirogues monoxyles présentent une partie du système racinaire de l'arbre (Arnold, 1976) – l'abattage nécessitait préalablement de creuser autour des racines avant de pouvoir les sectionner une à une (fig. 15, p. 323). Une fois cette opération terminée, on pouvait avoir recours à un attelage de bœufs dont la force de traction devait être amplifiée par l'inertie du houppier. Cette technique d'abattage, dite de la « culée noire » est particulièrement adaptée aux gros individus et/ou aux arbres précieux dont on souhaite conserver la racine intacte, comme cela est encore pratiqué aujourd'hui pour les noyers (Ballu, 2000). Dans notre cas, les chênes sélectionnés présentaient à la fois ces dimensions imposantes et cette rareté.

La question posée est maintenant de savoir pourquoi la partie souterraine traditionnellement négligée (ou supposée comme telle), a fait l'objet, dans le cas de Saint-Père-sous-Vézelay, d'une attention particulière et d'une utilisation originale. S'agissait-il d'utiliser la plus grande longueur de tronc possible ? Mais, dans notre cas, pourquoi retrouve-t-on ces arbres débités en 2, voire 3 tronçons ? C'est une des versions plausibles qu'on pourrait avancer pour l'habitat d'Houplin-Ancoisne dans le Nord, daté du 29e siècle, où, en plus de 2 cuvelages de puits monoxyles comparables à ceux de l'Yonne, d'énormes poteaux faîtiers de 1,10 à 1,40 m présentent à leur base les caractéristiques anatomiques d'un bois de racine (Praud *et al.*, sous presse). L'hypothèse d'une pénurie en longues perches semble malgré tout difficile à soutenir, d'autant plus que sur ce même site, d'autres bois au profil typiquement forestier sont employés en grand nombre dans les parois latérales du bâtiment et dans la palissade. Et la présence d'énormes poteaux dans un grand bâtiment ne suffit pas pour affirmer que le faîte du toit était parti-

culièrement élevé. L'attribution d'un rôle symbolique à ces poteaux centraux ne semble pas dénuée d'intérêt, même si on s'écarte de notre sujet.

Figure 15 : Reconstitution du mode d'abattage de gros chênes par « culée noire » d'après les données dendro-archéologiques issues des Fontaines Salées et de Houplin-Ancoisne

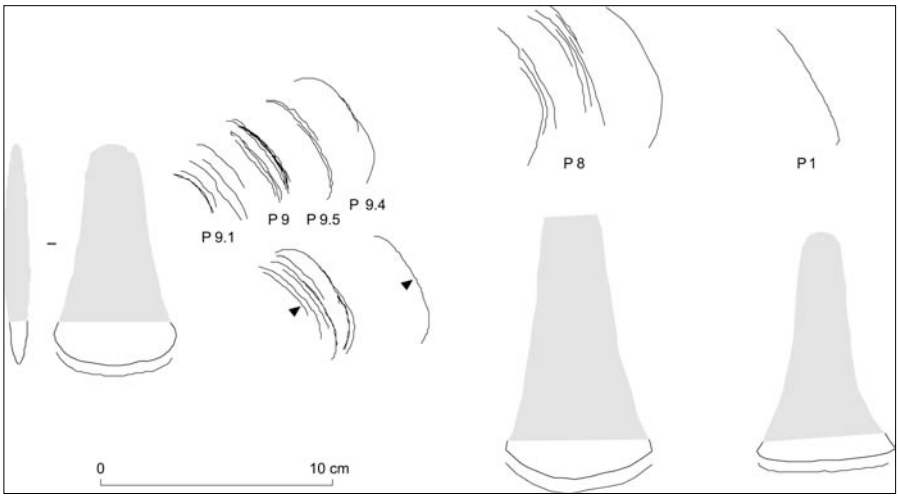
Source : Dessin B. Clarys.

On peut donc considérer que la culée noire permet un gain de matériau, mais probablement aussi de temps et d'énergie pour l'abattage de gros sujets. B. Arnold (2003) évalue expérimentalement à 3-4 jours le temps nécessaire pour venir à bout d'un chêne d'1 m de section à l'aide d'une hache de bronze. Dans les années 40, une demi-journée à une journée de labeur suffisait à l'abattage par culée noire de chênes de 60 à 80 cm, en comptant les pauses pour « le p'tit coup de blanc » (information transmise par M. Charmont, ancien forestier du Loiret).

Et qu'en est-il de l'évidage des fûts ? Les traces relevées sur les sections des bois du puits 9 sont assez planes, et lorsque par endroits la hache a butté, elle laisse l'empreinte d'une lame de faible épaisseur (2-3 cm). La

forme et la largeur de son tranchant ont pu également être reconstituées, par un remontage successif des différentes portions de traces imprimées dans le bois (fig. 16, p. 324). Cette opération a été largement simplifiée grâce à la présence d'un défaut d'aiguisage sur le fil du tranchant. Ce défaut a d'ailleurs pu également être identifié sur les bois 1, 4 et 5 du puits 9, assurant ainsi qu'une seule et même hache, d'un tranchant minimum de 5 cm de large, assez courbe et symétrique, a été utilisée ici. On peut donc penser qu'une seule personne a assuré à la fois le débitage des éléments horizontaux découverts en périphérie du puits et la finition du cuvelage, dans un temps suffisamment restreint pour ne pas nécessiter un nouvel aiguisage de sa hache.

Figure 16 : Reconstitution de la forme du tranchant des haches métalliques employées pour les puits 1, 8 et 9 à partir des traces laissées dans le bois. Relevé et remontage des formes de tranchant par élément architectural



Légende : ▼ : défaut dans le fil du tranchant de la hache utilisée pour le façonnage des différents éléments de P 9.

Source : Dessin V. Bernard.

Le même remontage a été effectué avec les traces découvertes sur le sommet du cuvelage P 8, et donne l'image d'une hache plate à tranchant courbe légèrement asymétrique large d'au moins 6,2 cm. Quant à la hache utilisée pour P 1, le tranchant est beaucoup plus droit que pour les outils décrits précédemment, et la largeur minimum du tranchant est de 5,6 cm. Dans tous les cas, la netteté des traces laissées en buttée dans les bois et la faible épaisseur des outils évoque sans conteste l'utilisation de lames métalliques.

L'image d'Épinal d'un creusement à la hache, à l'herminette ou au feu peut sans doute être démontrée expérimentalement, mais au prix d'un temps de travail considérable. En effet, attaquer un « bois debout » dans le plan transversal de la bille, même avec des outils en acier parfaitement ai-

guisés, devient rapidement malaisé à cause de l'encombrement de l'outil, puis de l'ouvrier lui-même au fur et à mesure qu'il pénètre dans un espace exigu. Rappelons que, pour les puits de plus petite section avec des ouvertures d'une soixantaine de centimètres à peine, leur fouille s'est avérée difficile, voire impossible.

Aux Fontaines Salées, l'emploi de la hache semble avoir été réservé au tronçonnage et à la finition des surfaces des bois (planches, madriers et cuvelages). Aucune trace lisible d'outil ou de feu n'a été découverte à l'intérieur des puits. Les traces de hache, qui se distinguent de celles de l'herminette dans l'obliquité des coups, sont abondantes et parfaitement conservées sur les bois des puits 8 et 9, et plus atténuées pour le puits 1. Aussi, compte tenu de la qualité de conservation des éléments organiques sur le site, il semble peu probable qu'une utilisation même intense des puits ait gommé toute trace de façonnage interne réalisé au moyen d'un outil tranchant – métal, pierre ou bois de cerf – ou à l'aide d'un feu contrôlé. Cette piste, qui mériterait toutefois un contrôle attentif sur le terrain, semble donc devoir être abandonnée pour l'instant, au profit d'une autre technique, plus simple et plus rapide.

Les découvertes de cuvelages monoxyles dans d'autres régions ou pour d'autres périodes ne nous renseignent guère plus sur leurs procédés de fabrication. Les descriptions faites en 1906 du captage Néolithique moyen II de Grisy (Saône-et-Loire), déjà évoqué précédemment, restent discrètes sur le sujet : l'un d'eux aurait été constitué de 4 quartiers rapprochés une fois l'évidage achevé, mais en l'absence de données plus tangibles, il est difficile de ne pas envisager une mauvaise conservation des bois (voir pour exemple le puits de Filioara dans Alexianu *et al.*, fig. 4, dans ce volume).

Pourtant, c'est également ce type d'hypothèse qui est avancé dans le Médoc, pour la mise en forme d'un cuvelage en bois d'un puits votif de l'Âge du Bronze : dans ce cas une ou plusieurs pirogues auraient été débitées pour constituer le cuvelage (information orale J. Roussot-Laroque). Mais, tout cela nous éloigne des puits des Fontaines Salées, qui sont bel et bien monoxyles.

Bien que la mieux documentée pour ce type de structure, l'étude concernant le captage Bronze moyen de la source minérale de Saint-Moritz en Suisse, daté de 1466 av. J.-C., ne nous éclairera pas davantage sur cet aspect technique (Seifert, 2000). En effet, le puits n° 1 est actuellement fermé par une planche et le sommet du puits n° 2 touche le plafond du musée Engadinois ! Bien qu'en mélèze, ces puits encadrés par un blockbau et un caisson en bois, présentent des diamètres comparables à ceux de Saint-Père-sous-Vézelay (0,80 et 1,10 m). Les épées, le poignard et l'épingle de bronze découverts au fond d'un des deux puits à cuvelage monoxyle pourraient présenter, d'après l'archéologue, un caractère votif.

Les 3 puits du site d'Auteuil, dans l'Oise, étaient, quant à eux, constitués de trois troncs de chênes évidés de 80 cm de diamètre, renforcés par des coffrages en planches. La datation dendrochronologique d'un de ces cuvelages situe sa mise en fonction en 653 ap. J.-C. (Bernard, 1998), ce qui démontre bien que ce procédé de fabrication n'est nullement limité aux périodes pré-

et protohistoriques, mais au contraire, qu'il perdure au moins jusqu'au Haut Moyen Âge. Mais ici encore, aucune information ne concerne la technique d'évidage des chênes.

En réalité, le moyen le plus naturel et le plus efficace pour évider un fût de chêne consisterait peut-être simplement à profiter du pourrissement intérieur des plus gros et des plus vieux arbres. En effet, le bois de coeur – c'est-à-dire la partie de bois mort qui n'est plus irriguée par la sève – tend naturellement à disparaître sous l'attaque de champignons saprophytes (Bary-Lenger et Nebout, 1993). Pour repérer les sujets creux, on peut tester la résistance du bois de cœur à l'aide d'une tige de bois dur depuis une ancienne branche cassée, ou encore on peut faire « sonner » l'arbre en le frappant violemment à l'aide d'un gourdin (communication orale P. Gassmann). Une fois repéré, déraciné, débité en tronçons à la taille désirée, il ne restait plus aux ouvriers qu'à éliminer les parties spongieuses et à faire sauter les parties saines du bois à l'aide de coins et de masses, jusqu'à l'obtention d'une paroi de 10 à 15 cm d'épaisseur.

Certains très vieux chênes actuels, comme ceux que l'on peut encore admirer dans les « futaies Colbert » en forêt du Tronçais ou en forêt de Compiègne, peuvent atteindre 400 ans, avec 12, 15, parfois 18 m de fût sans branche, pour 1,40 m de section. Des échantillons collectés dans l'Oise ont permis d'observer que certains de ces arbres prestigieux étaient creux sur près de 5 m de longueur. Et comme un fait exprès, la longueur de fût utile pour réaliser 3 cuvelages dans un seul arbre est évaluée à 4-5 m. On saisira dès lors toute l'importance que revêt la partie basse du tronc d'un chêne creux, puisqu'en la préservant, on peut fabriquer un cuvelage supplémentaire dans une partie de bois habituellement perdue, avec une durée de travail restreinte. De plus, il devait être suffisamment rare de disposer sur un même territoire d'arbres à la fois vieux, gros et creux, pour les utiliser avec parcimonie. Cela permet, une fois encore, d'argumenter en faveur de terroirs au sein desquels la gestion à court, moyen et long terme de gros chênes devait être totalement tournée vers ce type de réalisation, sans doute réglementé et fortement ritualisé.

VII. Hypothèses concernant l'utilisation des puits et l'occupation du site

On peut désormais considérer, au regard des nombreux éléments de datation convergents obtenus pour les puits en bois, que la phase de fondation des cuvelages des Fontaines Salées se situe assurément à la fin du IIIe millénaire, autour du 23e siècle. À l'inverse, on demeure bien plus dubitatif devant la fonction de ces puits à eau salée. Ainsi, la présence d'un village tout proche susceptible d'assurer, depuis les proches environs, l'entretien des puits et l'exploitation des eaux est possible, mais loin d'être démontrée. En effet, le choix des mousses pourrait suggérer un environnement encore très forestier, mais on sait bien que ce matériau est aisément transportable. Quel était donc l'impact d'une occupation humaine sur ce secteur pendant au moins 80 ans ? Se limitait-t-il à quelques déboisements pour la remise en

état d'aires de circulation, de voies d'acheminement des cuvelages, d'abattage de bois pour produire combustible et sel ? En ce qui concerne la saumure, elle a été exploitée dans près d'une vingtaine de cuvelages de chêne, mais aucune preuve n'existe sur place de production de sel par le feu. En toute rigueur, il n'est pas possible de trancher entre trois hypothèses : le transport de la saumure pour une production de sel sur la terrasse de rive gauche de la Cure, d'autre modes de productions de sel sur place, ou bien d'autres utilisations de la saumure (pour le bétail, la conservation du fourrage ou les usages thérapeutiques par exemple). Ces hypothèses ne sont d'ailleurs pas exclusives l'une de l'autre comme on le voit encore de nos jours avec les utilisations diversifiées des sources salées de l'est de la Roumanie (voir Alexianu, Weller et Brigand, dans ce volume). Doit-on alors s'orienter vers l'image d'un environnement proche bien plus densément peuplé, avec ses habitations, ses pâturages et ses cultures, qui impliquent nécessairement la disparition de grandes quantités d'arbres ?

De même qu'en est-il de cette phase d'utilisation/exploitation des eaux salées au cours de l'Âge du Bronze final, alors même que le mobilier archéologique de cette période, relativement bien représenté, avait été à l'origine des premières datations des puits des Fontaines Salées ? La fin du Néolithique représente-t-elle véritablement la seule phase d'exploitation ou bien plutôt le début d'une série d'exploitations plus discrètes (ou moins bien conservées) qui s'étireraient dans le temps ?

Cela n'a rien d'évident si l'on en juge par les aménagements tardifs réalisés aux sommets de quelques cuvelages probablement à la fin du IIe millénaire : ainsi, les puits n° 2 et 3 (fig. 6 et 7, p. 308 et 309) ont été échancrés sur un côté pour pratiquer un plan d'accès incliné, tandis qu'une partie des remplissages de l'Âge du Bronze ancien a été excavée et vidée, comme cela a également été fait pour le puits n° 9 où une centaine de tessons du Bronze final a été rencontrée par B. Lacroix. On serait donc tenté de voir dans la modestie des réalisations les limites des ambitions des nouveaux exploitants. Et même si la proximité d'un village est également plausible en rapport avec le cimetière à incinération en contrebas du Poron (fig. 2, p. 302), nous n'avons pas d'argument pour démontrer une production de sel ignigène à cette époque, vu l'absence totale de charbons de bois dans les remplissages des cuvelages fouillés. Ainsi, cette période pourrait marquer le véritable déclin dans l'utilisation de structures en bois totalement originales, avec une population manifestement plus préoccupée par le puisage d'une eau faiblement salée et par l'abreuvage du bétail que par la production de sel. Et ce n'est pas avec l'incertitude qui pèse sur la datation attribuant au Premier Âge du Fer le dépôt charbonneux découvert à l'ouverture du puits n° 9 que l'on pourra clore la question. Pourtant, ce type de remplissage, caractéristique des résidus résultants de la combustion du bûcher sur lequel la saumure est progressivement versée, est essentiel pour la compréhension du site et mériterait par conséquent de faire l'objet d'une nouvelle datation. Et bien que de récentes expérimentations montrent que le sel produit selon ce procédé est certainement toxique à haute dose (Dufraisse *et al.*, 2004 ; Pétrequin et Wel-

ler, 2003, dans ce volume), il n'en demeure pas moins un objet fortement symbolique.

À moins de nouvelles découvertes à l'Ouest du site, où d'autres puits soupçonnés et non encore fouillés pourraient être étudiés dans de meilleures conditions, c'est bien l'exploitation de la fin du Néolithique qui doit retenir toute notre attention, tandis que les phases plus récentes ne seraient que des réutilisations plus épisodiques de ces remarquables structures de captage de l'eau salée.

Remerciements

Ce Projet Collectif de Recherche (1999 à 2001) « Les sources salées de Bourgogne : les exploitations du sel du Néolithique à l'Âge du Fer » a fait l'objet d'un financement spécifique de la Direction Régionale des Affaires Culturelles de Bourgogne.

Nos très vifs remerciements vont à Pierre Tollard et à son fils Philippe qui ont organisé le pompage des 14 puits monoxyles des Fontaines Salées, pour permettre une nouvelle étude et des prélèvements systématiques ; à Maxence Bailly pour la calibration des dates radiocarbone et à Anne-Marie Pétrequin pour la mise au net des dessins de la céramique.

Un grand merci à Patrick Gassmann, dendrochronologue à Neuchâtel, pour ses précieuses informations concernant les gros arbres creux de Suisse.

Bibliographie

ARNOLD B., 1976, « La pirogue d'Auvernier Nord, 1975 (Bronze final). Contribution à la technologie des pirogues monoxyles préhistoriques », *Cahiers d'archéologie subaquatique*, 5, p. 75-84.

ARNOLD B., 1996, *Pirogues monoxyles d'Europe centrale : construction, typologie, évolution*, t. 2, Archéologie neuchâteloise, t. 21, Neuchâtel, Musée cantonal d'archéologie, Suisse.

ARNOLD B., 1999, *Altaripa : archéologie expérimentale et architecture navale gallo-romaine*, Archéologie neuchâteloise, t. 25, Neuchâtel, Musée cantonal d'archéologie, Suisse.

ARNOLD B., 2003, « Haches en pierre, en bronze et en fer : abattage expérimental de gros chênes destinés, en particulier, à la construction des pirogues », *Archäologie der Schweiz*, Schweizerische Gesellschaft für Ur- und Frühgeschichte, vol. 26, n° 4, Basel, p. 43-46.

BAILLY M., 2002, *La flèche et l'éclat. Production et consommation des outillages lithiques de la fin du Néolithique au début de l'Âge du Bronze entre Saône et Rhône (2600-2000 av. J.-C.)*, Thèse de doctorat, Besançon, Université de Franche-Comté, Préhistoire, 2 vol., multigraphié.

BALLU J.-M., 2000, *Bois de marine, les bateaux naissent de la forêt*, Paris, Éditions du Gerfaut.

BARY-LENGER A. et NEBOUT J.-P., 1993, *Le chêne – Les chênes pédonculé et sessile en France et en Belgique (Ecologie – Economie – Histoire – Sylviculture)*, Alleur-Liège, éd. du Perron.

BECKER B., BILLAMBOZ A., EGGER H., GASSMANN P., ORCEL A., ORCEL C., RUOFF U., 1985, *Dendrochronologie in der Ur und Frühgeschichte. Die absolute Datierung von Pfahlbausiedlungen nördlich der Alpen im Jahringkalender Mitteleuropas*, Antiqua, 11, Bâle, Société suisse de préhistoire et d'archéologie.

BERNARD V., 1997, « Influences d'origine climatique dans le développement de la forêt et dans l'occupation de la vallée de l'Oise au Néolithique final. Apport de la dendrochronologie » *in Le Néolithique danubien et ses marges entre Rhin et Seine*, Actes du XXIe Colloque Néolithique Interrégional, Strasbourg, 1995, Cahiers de l'Association pour la Promotion de l'Archéologie en Alsace, supplément, p. 213-221.

BERNARD V., 1998, *L'Homme, le Bois et la Forêt en France du Nord du Mésolithique au Haut Moyen Âge*, BAR International series, Oxford, Hedges ed.

BERNARD V., 2003, « North-western French Neolithic dendrochronology : prospects for a 2000 year oak chronology », *Meas. Sci. Technol.*, 14, p. 1510-1515.

CHOULOT S., ERNST T., JOLY F., MARÉCHAL D., MONNIER J.-L. WELLER O., PÉTREQUIN P., 1997, « L'abattage et le façonnage des bois d'œuvre », *in* PÉTREQUIN P., *Les sites littoraux néolithiques de Clairvaux-les-Lacs et de Chalain, Jura, III : Chalain Station 3 : 3200-2900 avant J.-C.*, vol. 1, Paris, éd. Maison des Sciences de l'Homme.

DAUVERGNE R., 1944, *Sources minérales, thermes gallo-romains et occupation du sol aux Fontaines-Salées*, Paris, R. Foulon.

DAVID-ELBIALI M., 2000, *La Suisse occidentale au IIe millénaire av. J.-C. Chronologie, culture, intégration européenne*, Cahiers d'Archéologie Romande, t. 20, Lausanne.

DEBOURDEAU L. et CAMUSAT J., 1908, « Travaux de recherches en cours à la source thermale de Grisy, située sur la commune de Saint-Symphorien-de-Marmagne. Découverte d'une station néolithique et d'un captage en bois avec divers objets de l'époque romaine », *in Congrès Préhistorique de France, 3e session, Autun, 1907*, Paris, Société Préhistorique Française, p. 306-322.

DUFRAISSE A., GAUTHIER E., PÉTREQUIN A.M., PÉTREQUIN P. et WELLER O., 2004, « Techniques d'exploitation préhistorique du sel en Franche-Comté et en Bourgogne », *in Congrès de la Société Préhistorique Française, Paris, 2000*, Paris, Société Préhistorique Française, p. 427-444.

GIRARDCLOS O., 1999, *Dendrochronologie du Chêne (Quercus robur, Quercus petræa), influences des facteurs stationnels et climatiques sur la croissance radiale, cas des sols hydromorphes et des climats atlantiques. Applications paléo-écologiques aux bois subfossiles du marais de Brière (Loire-Atlantique)*, thèse de doctorat, Université de Franche-Comté, Besançon, p. 392.

HORON O., MEGNIEN C. et SOYER R., 1959, « Note sur les Fontaines Salées de Saint-Père-sous-Vezelay », *Bulletin de la Société Géologique de France*, 7e série, t. I, p. 461-466.

KLASSEN L. et PÉTREQUIN P., 2007, « Haches plates en cuivre dans le Jura français. Transferts à longue distance de biens socialement valorisés pendant les IVe et IIIe millénaires », *Bulletin de la Société Préhistorique Française*, t. 104, fasc.1, p. 1-24.

KRAUSE R., CHRISTOFORIDIS A., KROMER B., PERNICKA E. et SCHRÖTER P. (eds.), 1988, *Die endneolithischen und Frühbronzezeitlichen Grabfunde auf der Nordstadtterrasse von Singen am Hohentwiel*, Stuttgart, K. Theiss Verlag.

LACROIX B. Abbé, 1956, « Un sanctuaire de source du IVe siècle aux Fontaines-Salées », *Revue Archéologique de l'Est et du Centre-Est*, t. VII, p. 245-299.

LACROIX B. Abbé, 1963, « Un sanctuaire de l'eau de plan circulaire aux Fontaines-Salées », *Revue Archéologique de l'Est et du Centre-Est*, t. XIV, p. 81-114.

LACROIX B. Abbé, 1966, *Les Fontaines Salées à l'aube du Premier Âge du Fer*, Domecy-sur-Cure (Yonne), chez l'auteur.

LAGROST L. et BUVOT P., 1998, *Menhirs de Bourgogne*, Montceau-les-Mines, La Physiophile, p. 84.

LAMBERT G.-N., 1998, « La dendrochronologie, mémoire de l'arbre », *in* FERDIÈRE A. (ed.), *La datation en laboratoire*, collection « Archéologiques », Paris, Errance.

LOUIS R., 1938, « Les thermes gallo-romains des Fontaines-Salées à Saint-Père-sous-Vézelay (Yonne) », *Revue archéologique*, p. 233-318.

LOUIS R., 1943a, « Le "champ d'urnes" des Fontaines Salées (Yonne) et la civilisation des "champs d'urnes" en Bourgogne », *Gallia*, t. I, fasc. 1, p. 15-41.

LOUIS R., 1943b, « Les fouilles des Fontaines-Salées en 1942 : Les thermes, le Temple de source et les puits à cuvelage de bois », *Gallia*, t. I, fasc. 2, p. 27-70.

PÉTREQUIN P. et WELLER O., 2003, « Ve millénaire av. J.-C. : premières exploitations des sources salées du Jura », *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle du Doubs*, 89 p. 19-32.

PÉTREQUIN P., WELLER O., GAUTHIER E., DUFRAISSE A. et PININGRE J.F., 2001, « Salt springs exploitation without pottery during Prehistory. From New Guinea to the French Jura », *in* BEYRIES S. and PÉTREQUIN P. (ed.), *Ethno-Archaeology and its transfers*, European Association of Archaeologists, Fifth Annual Meeting in Bournemouth, 1999, Oxford, B.A.R., International series, n° 983, p. 37-65.

PILCHER J.R., BAILLIE M.G.L., SCHMIDT B. et BECKER B., 1984, « A 7,272-year tree-ring chronology for western Europe », *Nature*, vol. 312, p. 150-152.

PILLONEL D., 2007, *Hauterive-Champréveyres, 14. Technologie et usage du bois au Bronze final*, Neuchâtel, Office et musée cantonal d'archéologie, Archéologie neuchâteloise, 37.

PRAUD I., BERNARD V., MARTIAL E., PALAU R., (sous presse), « Dendro-archéologie, contraintes techniques et choix des matériaux pour un grand bâtiment de la fin du Néolithique à Houplin-Ancoisne (Nord) », *Actes du 28e Colloque InterNéo*, Neuchâtel, 2005.

SEIFERT M., 2000, « Vor 3 466 Jahren erbaut ! Die Quellfassung von St. Moritz », *Archéologie suisse*, 23, 2, p. 63-75.

TALON M., BERNARD V., BILLAND G., COTTIAUX R., PASTRE J.-F., PERNAUD J.-M., PROST D., 1995, « Le niveau organique Néolithique récent du site stratifié de la station d'épuration à La Croix-Saint-Ouen (Oise) » *in Actes du 19e Colloque Interrégional Néolithique, Amiens, 1992*, Revue Archéologique de Picardie, n° spécial, 9, p. 83-103.

THÉVENOT J.P., 1969, « Eléments chasséens de la céramique de Chassey », *Revue Archéologique de l'Est*, t. XX, fasc. 1-2, pl. 6.

WELLER O., 2000, « Produire par le feu : techniques et enjeux socio-économiques dans le Néolithique européen », *in Arts du feu et productions artisanales*, XXe Rencontres Internationales d'Archéologie et d'Histoire d'Antibes, 1999, Antibes, éd. APDCA, p. 565-584.

WELLER O., 2002, « Aux origines de la production du sel en Europe », *in* WELLER O. (ed.), *Archéologie du sel. Techniques et sociétés dans la Pré- et Protohistoire européenne*, XIVe congrès UISPP, Liège, Internationale Archäologie, collection ASTK, 3, Rahden/Westf., Verlag Marie Leidorf, p. 163-175.

Annexes

Annexe 1 : Liste des dates radiocarbone

Calibration à 2 sigma (95, 44 % de probabilité)
Calibeth 1.5 b (sept. 1991)

Fontaines Salées, puits 1, bois de la base du cuvelage, AMS
Utrecht 9613 : 3905 ± 45 BP : 2 s : 2553-2242 av. J.-C.

Fontaines Salées, puits 2, bois à mi-hauteur du cuvelage, AMS
Utrecht 9614 : 3938 ± 42 BP : 2 s : 2569-2323 av. J.-C.

Fontaines Salées, puits 2 (remplissage -220 cm), bois, AMS
Utrecht 9615 : 3727 ± 41 BP : 2 s : 2280-2029 av. J.-C.

Fontaines Salées, puits 2 (remplissage -220 cm), bois, AMS
Tucson AA 39849 : 3760 ± 49 BP : 2 s : 2384-2046 av. J.-C.

Fontaines Salées, puits 2 (remplissage -45-65 cm), bois, AMS
Tucson AA 43675 : 3722 ± 42 BP : 2 s : 2277-2004 av. J.-C.

Fontaines Salées, puits 2 (remplissage -65-90 cm), bois, AMS
Tucson AA 43674 : 3765 ± 42 BP : 2 s : 2372-2052 av. J.-C.

Fontaines Salées, puits 3, bois de la base du cuvelage, AMS
Utrecht 9616 : 3908 ± 41 BP : 2 s : 2552-2288 av. J.-C.

Fontaines Salées, puits 5, bois de la base du cuvelage, AMS
Utrecht 9617 : 3845 ± 44 BP : 2 s : 2456-2172 av. J.-C.

Fontaines Salées, puits 6, bois de la base du cuvelage, AMS
Utrecht 9618 : 3931 ± 43 BP : 2 s : 2566-2309 av. J.-C.

Fontaines Salées, puits 7, bois de la base du cuvelage, AMS
Utrecht 9619 : 3768 ± 42 BP : 2 s : 2383-2053 av. J.-C.

Fontaines Salées, puits 8, bois de la base du cuvelage, AMS
Utrecht 9620 : 3943 ± 43 BP : 2 s : 2575-2328 av. J.-C.

Fontaines Salées, puits 8 (bois horizontal chevauchant le bord supérieur du cuvelage), bois, AMS
Utrecht 9621 : 3930 ± 46 BP : 2 s : 2568-2300 av. J.-C.

Fontaines Salées, puits 9, bois de la base du cuvelage, AMS
Utrecht 9622 : 3977 ± 37 BP : 2 s : 2604-2406 av. J.-C.

Fontaines Salées, puits 9 (bois horizontal n° 4 à l'ouverture du puits), bois, AMS
Utrecht 9623 : 3854 ± 39 BP : 2 s : 2456-2207 av. J.-C.

Fontaines Salées, puits 9 (cendres charbonneuses à l'ouverture du puits), bois, AMS
Tucson 39850 : 2573 ± 42 BP : 2 s : 818-553 av. J.-C.

Fontaines Salées, puits 9, bois du cuvelage (P. Tollard), C14 conventionnel BRGM Orléans (5 mars 1985, Baubron et Bourgeois) : 3762 ± 104 B.P. : 2 s : 2470 à 1914 av. J.-C.

Fontaines Salées, puits 11 (planche 1 en fondation sous le cuvelage disparu), bois, AMS
Utrecht 9624 : 3943 ± 37 BP : 2 s : 2568-2400 av. J.-C.

Fontaines Salées, puits 13, bois de la base du cuvelage, AMS
Utrecht 9625 : 3938 ± 37 BP : 2 s : 2566-2336 av. J.-C.

Fontaines Salées, puits 14, bois de la base du cuvelage, AMS
Utrecht 9626 : 4071 ± 39 BP : 2 s : 2859-2506 av. J.-C.

Fontaines Salées, puits 15, bois de la base du cuvelage, AMS
Utrecht 9627 : 3946 ± 39 BP : 2 s : 2571-2342 av. J.-C.

Fontaines Salées, puits 16, bois de la base du cuvelage, AMS
Utrecht 9628 : 3882 ± 37 BP : 2 s : 2464-2232 av. J.-C.

Fontaines Salées, puits 18, bois de la base du cuvelage, AMS
Utrecht 9629 : 3988 ± 36 BP : 2 s : 2646-2562 av. J.-C.

Fontaines Salées, puits 19, bois de la base du cuvelage, AMS
Utrecht 9630 : 3927 ± 41 BP : 2 s : 2563-2309 av. J.-C.

Fontaines Salées, réserves du Musée de Saint-Père, R 5, bois du cuvelage, AMS
Utrecht 9631 : 3963 ± 41 BP : 2 s : 2594-2360 av. J.-C.

Annexe 2 : Données chiffrées de la moyenne dendrochronologique « Fontaines Salées M4 »

```
. FontainesSalées.4MNQ
    faite le...: 13/10/1999
    espèce.....: CHENE
    longueur...:      279
    origine....:    -2501    terme......:    -2223
    constituants..............:       29 individus
    âge moyen.................:   113.60 années
    puissance de la moyenne...:    12.19 cernes/année
    sensibilité moyenne.......:     0.14
    inter-datation............:     0.70
    taux de signatures à 75%..:    28.80 %  (    72)
    taux des signatures à  90%:    29.17 %  (    21)
    début du segment signé....:       15
    fin du segment signé......:      264
Valeurs naturelles de FontainesSalées.4MNQ
         67   131    80    80    78      81   114    70    63    90
         78    82   100    99    89      94    94/   85/  105/    81
     /   69/   77    83    85*   65      76    86    87    89    99
         97    90    87    83    75  *  100    97    77*   95/   74
         91    72    80*   99    94     101    93/   68    74/  108
        107/   85    74    84    90      77    64/   76    76    76
     /   88    96   110    83    75      72    82    74    84    79
     /   71/  103*   71    76    92     101   120   110   102    94
     /  108   113/  134   148   155  /  124/  111/    79    87/  111
        101/  109   100*  140   124  /  102    97*  136   115*   90
     *  111   118   119   110    94  /  119   113   112*  141   143
        156*  104    87/  105   112     119/  100/  127/    96   108
        124   131   128   138   134     157/  146   142   151   150
        151   140/  179*  116/  141  *   91   106   103   105   108
        130/  113/  142   135   130     118   122/    93    99*  132
        119   112   107   116*   83     102   125   119   104   101
         97    89/  133   131*  101     103    90    79    83    86
         85    88    82/  102/   81  /   80/   96   104   105    93
        102/  131/  105    98    88      81    80/   94   116   103
        103   102   112/  103   104     108   124   141   125/  161
        142   123/   98   111   106      90   103   117   108    96
         84    95   103   109   120     110   102   107/   81    74
         95/  118   125/  112   121     127   112/    98   112   110
        126   123   123   108   124     119   139   139   135   134
        135   136   137   155   121  *   87    83    76/  107/  150
        179/  150   137*  111*  172  *  157   143*    97   129   122
        107   101   114/   96   108     102   135   126   130   124
        117   101    68   141    82     145   130   128    22
```

Annexe 3 : Composantes de Fontaines Salées.4MNQ [QUSP]

1 : n° échantillon
2 : longueur de la séquence
3 : [présence de la moelle
4 : datation absolue du 1er cerne de la séquence
5 : datation absolue du dernier cerne de bois de cœur de la séquence
6 : datation absolue du dernier cerne d'aubier de la séquence
7 :] présence du cambium (=date d'abattage)
8 : estimation maximale de la date d'abattage (à 40 ans)

1	2	3	4	5	6	7	8
SPV?.2	136:		-2488	/-2353			
SPV?.6	59:		-2406	/-2348			
SPV?.5	158:		-2501	/-2344			
SPV?.7	160:		-2497	/-2338			
SPV?.3	176:		-2500	/-2325			
SPV?.4	168:		-2488	/-2321			
SPV?.1	146:		-2462	/-2317			
SPV9.3	58:	[	-2366	/-2309			
SPV14	100:		-2398	/-2301	-2299	>	-2277
SPV18	110:		-2369	/-2260			
SPV9	145:		-2382	/-2264	-2238	]	
SPV15	31:		-2281	/-2251			
SPV11.1	95:	[	-2380	/-2286			
SPV8	100:		-2361	/-2278	-2262>		-2254
SPV13	53:		-2288	/-2256	-2236	]	
SPV2	178:		-2426	/-2254	-2249	>	-2230
SPV6	79:		-2326	/-2257	-2248	>	-2233
SPV19	130:		-2402	/-2273			
SPV3	111:		-2397	/-2299	-2287	>	-2275
SPV1	106:		-2343	/-2251	-2238	>	-2227
SPV16	106:		-2334	/-2243	-2229	]	
SPV7	130:		-2352	/-2248	-2223	]	
SPV11.3	86:	[	-2380	/-2295			
SPV11.2	102:	[	-2381	/-2280			
SPV9.2	137:		-2402	/-2266			
SPV9.5	151:		-2410	/-2264	-2260	>	-2238
SPV9.1	162:		-2413	/-2261	-2252	>	-2238
SPV9.4	189:		-2440	/-2259	-2252	>	-2238
SPV1.2	36:		-2275	/-2252	-2240	>	-2228