Stone-filled hearths of the Late Bronze Age: new charcoal data from the site of Pré-du-Stand (Grand-Saconnex, Geneva, Switzerland)

Auréade Henry, Martine Piguet, Tara Steimer-Herbet, Marie Besse

▶ **To cite this version:**

Auréade Henry, Martine Piguet, Tara Steimer-Herbet, Marie Besse. Stone-filled hearths of the Late Bronze Age: new charcoal data from the site of Pré-du-Stand (Grand-Saconnex, Geneva, Switzerland). Archeosciences, revue d'Archéométrie, 2021, 45, pp.7-29. 10.4000/archeosciences.10320 . hal-03766522

HAL Id: hal-03766522
https://hal.science/hal-03766522

Submitted on 24 Oct 2022

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.

archive ouverte UNIGE
http://archive-ouverte.unige.ch

Article

Foyers empierrés du Bronze final : nouvelles données anthracologiques issues des structures de combustion du Pré-du-Stand (Grand-Saconnex, Genève, Suisse)

HENRY, Auréade, *et al*.

Abstract

Quatre foyers datés du Bronze final, dont trois à pierres chauffées, ont été découverts récemment lors de l'opération d'archéologie préventive menée sur le site du Pré-du-Stand au Grand-Saconnex (canton de Genève). Leur étude anthracologique avait pour objectif de mieux comprendre les stratégies de sélection du bois en lien avec le fonctionnement de ces structures de combustion. Les résultats parlent en faveur d'une sélection de bois non dégradé issu d'un nombre relativement limité d'essences de la végétation environnante, principalement le chêne, le noisetier et le hêtre. Par ailleurs, l'absence du sapin, généralement bien représenté dans les diagrammes polliniques, et celle des conifères en général, pose question : ces taxons étaient-ils rares localement ou peu prisés comme combustible ? À la lumière des données anthracologiques régionales et supra-régionales, cette étude a permis d'éclairer les comportements de sélection du bois de feu à la fin de l'âge du Bronze, qui semblent témoigner d'une certaine homogénéité. La multiplication des études permettra de confirmer ou, [...]

Reference

HENRY, Auréade, *et al*. Foyers empierrés du Bronze final : nouvelles données anthracologiques issues des structures de combustion du Pré-du-Stand (Grand-Saconnex, Genève, Suisse). *Archéosciences*, 2021, vol. 45, no. 2, p. 7-29

Available at:
http://archive-ouverte.unige.ch/unige:157255

Disclaimer: layout of this document may differ from the published version.

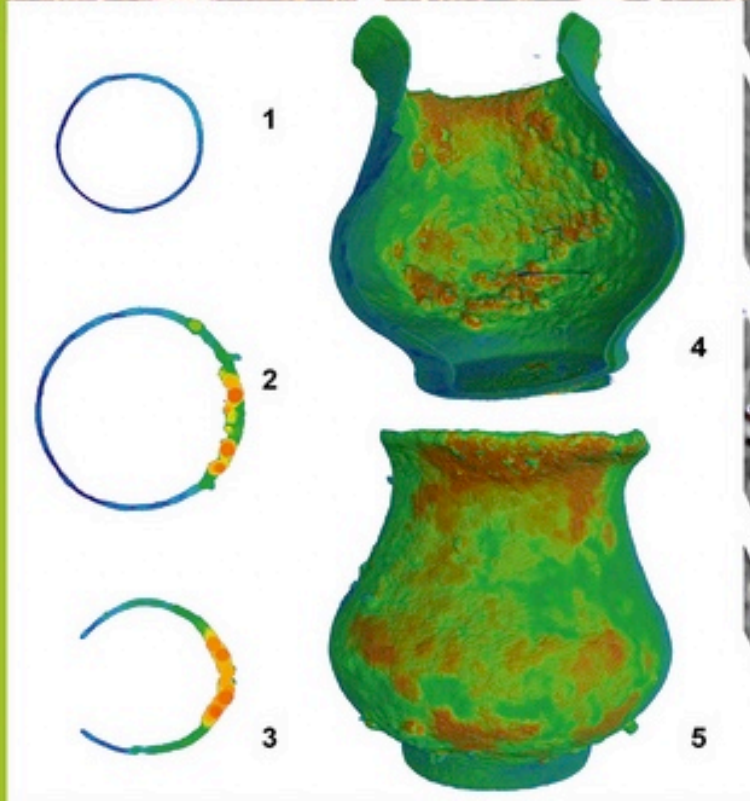
UNIVERSITÉ DE GENÈVE

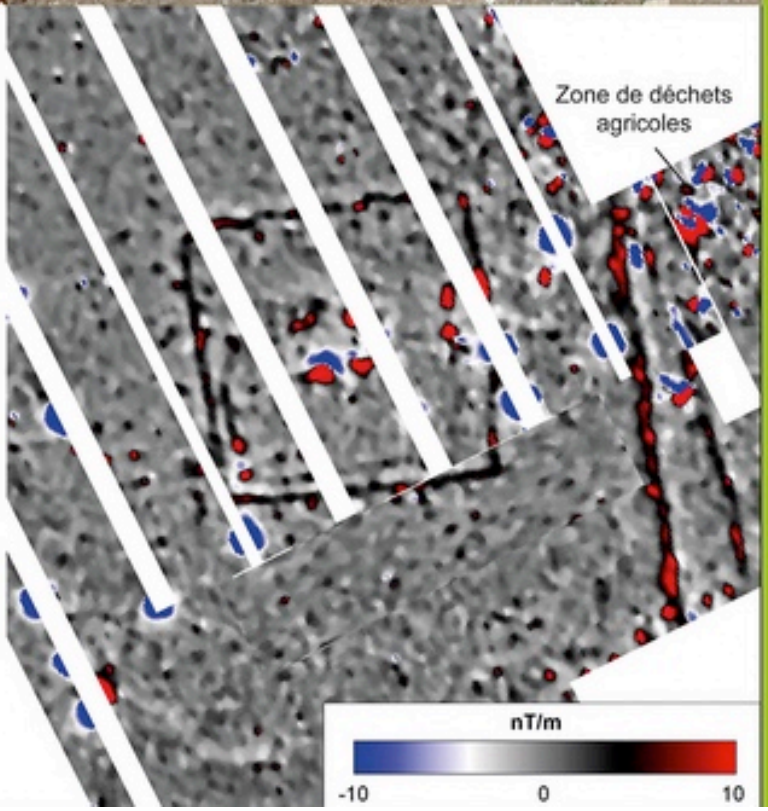
n°45(2)-2021

archeo sciences

revue d'archéométrie

groupe des méthodes pluridisciplinaires contribuant à l'archéologie





Foyers empierrés du Bronze final : nouvelles données anthracologiques issues des structures de combustion du Pré-du-Stand (Grand-Saconnex, Genève, Suisse)

Stone-filled hearths of the Late Bronze Age: new charcoal data from the site of Pré-du-Stand (Grand-Saconnex, Geneva, Switzerland)

Auréade Henry [a], Martine Piguet [b], Tara Steimer-Herbet [b] et Marie Besse [b]

Résumé : Quatre foyers datés du Bronze final, dont trois à pierres chauffées, ont été découverts récemment lors de l'opération d'archéologie préventive menée sur le site du Pré-du-Stand au Grand-Saconnex (canton de Genève). Leur étude anthracologique avait pour objectif de mieux comprendre les stratégies de sélection du bois en lien avec le fonctionnement de ces structures de combustion. Les résultats parlent en faveur d'une sélection de bois non dégradé issu d'un nombre relativement limité d'essences de la végétation environnante, principalement le chêne, le noisetier et le hêtre. Par ailleurs, l'absence du sapin, généralement bien représenté dans les diagrammes polliniques, et celle des conifères en général, pose question : ces taxons étaient-ils rares localement ou peu prisés comme combustible ? À la lumière des données anthracologiques régionales et supra-régionales, cette étude a permis d'éclairer les comportements de sélection du bois de feu à la fin de l'âge du Bronze, qui semblent témoigner d'une certaine homogénéité. La multiplication des études permettra de confirmer ou, au contraire, d'infirmer les hypothèses formulées grâce à cette première synthèse.

Abstract: *Four combustion structures of the Late Bronze Age (LBA), three of which filled with fire-cracked rocks, were recently discovered during the rescue excavation of the Pré-du-Stand site (Grand-Saconnex, canton of Geneva). Charcoal analysis was performed in order to better understand firewood selection strategies at play in relation to these specific features. The results indicate a targeted selection of taxa available in the close environment, mainly oak, hazel and beech. The absence of fir, usually well-represented in the palynological records, as well as that of coniferous taxa in general, raise questions regarding their status: were they locally rare or disregarded as fuel? This study has allowed to shed light on fuel-related behaviors during the LBA in the Geneva region, which appear quite normalized when compared to regional or supra-regional data available for the Late Bronze and Early Iron ages. The increase of studies in comparable contexts will allow confirming, or on the contrary, refuting the first hypotheses proposed in this study.*

Mots clés : Âge du Bronze, Suisse, Genève, anthracologie.

Keywords: *Bronze Age, Switzerland, Geneva, anthracology.*

[a] *Université Côte d'Azur,CNRS-CEPAM, Nice, France*
[b] *Laboratoire d'archéologie préhistorique et anthropologie, Département F.-A. Forel des sciences de l'environnement et de l'eau, Université de Genève, Suisse*

rec. juin 2020; acc. juillet 2020

1. Introduction

Cet article traite du combustible ligneux employé dans quatre structures de combustion du Bronze final, dont trois à remplissage de pierres, mises au jour lors de la fouille préventive du site du Pré-du-Stand au Grand-Saconnex, situé dans le canton de Genève, à 425 m d'altitude (46.241099575 N, 6.125516191 E : figure 1A et 1B).

La question du fonctionnement *lato sensu* des foyers à pierres chauffées n'est pas nouvelle (Rutot, 1907), mais elle reste cruciale si l'on veut mieux connaître les modes de vie des sociétés de la pré- et de la protohistoire (Black & Thoms 2014). En effet, les foyers à remplissage de pierres sont peut-être les témoins archéologiques les plus répandus, retrouvés de manière récurrente depuis le Paléolithique supérieur en de nombreux endroits du globe (Perlès, 1977 ; Philips *et al.* 1987 ; Thoms, 2017). À partir des années 1980, le nombre croissant d'études portant sur les structures de combustion a révélé leur grande variabilité mais aussi, les limites évidentes de la seule typologie et la nécessité concomitante d'études interdisciplinaires afin d'appréhender leurs modes de fonctionnement et leurs usages (voir, par exemple, Olive & Taborin [ed.], 1989 ; Frère-Sautot [ed.], 2003 ; Gascó 2002 ; Gascó & Muller-Pelletier, 2007). De manière générale, le foyer en tant que document palethnologique est propice au développement d'analyses multi-échelles et

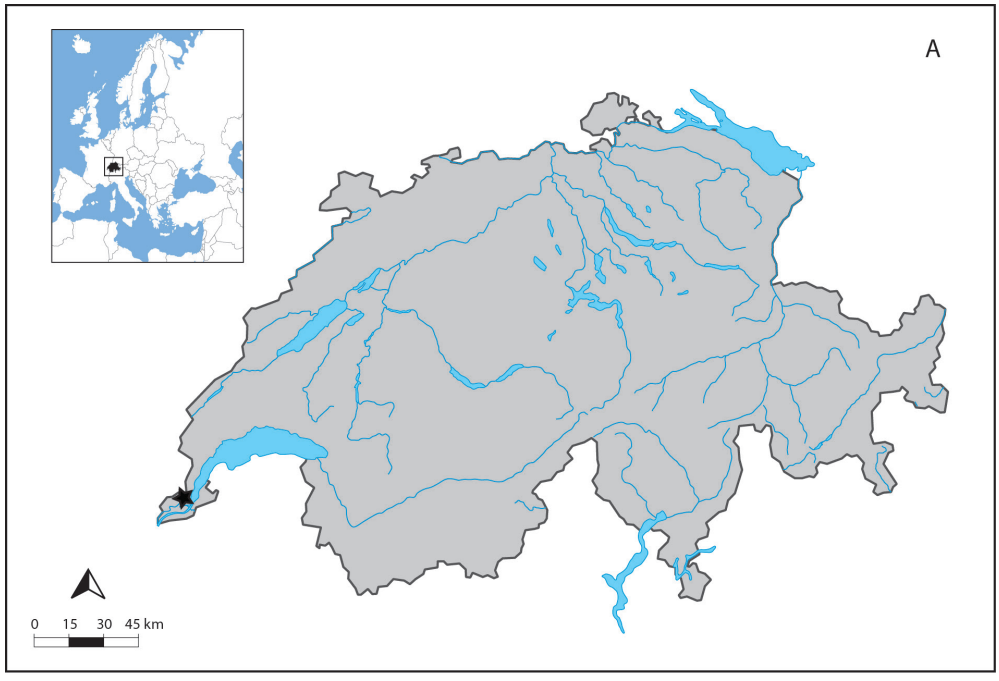


Figure 1 : A) localisation du Pré-du-Stand (étoile noire) ; B) vue de la fouille préventive en 2015.

multi-paramètres : toutes sortes de résidus thermoaltérés – du macroreste à la molécule – peuvent être étudiés sous un angle pluridisciplinaire afin de mieux comprendre les pratiques en lien avec le feu : formation, fonctionnement et fonction(s) des structures de combustion, gestion du combustible, traitements thermiques… (voir, par exemple, García-Piquer *et al.*, 2018 ; Henry & Théry-Parisot, 2014 ; Leierer *et al.,* 2019). Dans les faits, les faisceaux d'analyses que l'on peut mener aujourd'hui ne sont que très rarement appliqués conjointement, ce qui dépend bien évidemment des moyens alloués à chaque opération de terrain en ce qui concerne plus particulièrement l'archéologie préventive, mais aussi de la qualité de la documentation archéologique et des orientations de la recherche. En Suisse et dans les régions limitrophes, le développement de l'archéologie préventive a fait croître significativement le nombre de sites protohistoriques connus (Mauvilly *et al.*, 2003 ; Boisaubert *et al.*, 2008 ; Pranyies, 2008 ; Pranyies *et al.,* 2012). Dans la zone des lacs périalpins, les phases moyenne et récente du Bronze final sont bien documentées grâce aux stations lacustres qui sont occupées entre 1100 et 800 av. J.-C. (Marguet *et al.*, 2008 ; David-Elbiali & Dunning, 2004, David-Elbiali & Moinat, 2005). Entre 1080 et 850 av. J.-C., la rade de Genève et toute la zone du Petit Lac sont occupées par plusieurs sites palafittiques : le Plonjon, la station des Eaux-Vives, les Pâquis A et B (Corboud, 2017a ; 2017b).

Grâce à ces opérations, le nombre de structures foyères empierrées de la transition Bronze-Fer a lui aussi significativement augmenté ; les fosses-foyers rectangulaires d'assez vastes dimensions qui se développent à cette période retiennent particulièrement l'attention des chercheurs. Ces dernières sont souvent pauvres en matériel, sans que cette caractéristique soit systématique (Ramseyer, 2003). En effet, certaines structures ont livré une quantité importante de semences carbonisées, des déchets de traitement de végétaux ou contiennent parfois des restes fauniques thermoaltérés ou des tessons de céramique, permettant de discuter de leur utilisation (Mauvilly, 2008a ; 2008b ; Baudais & Piuz [ed.], 2003 ; Dupont *et al.*, 2011). Cependant, en règle générale, il reste difficile de lier le contenu de ces structures à leur fonction (Mauvilly *et al.*, 2003). Pour ces contextes chrono-culturels, les études anthracologiques restent assez rares en Suisse (par exemple, Bauer *et al.,* 1992 ; Vital & Voruz [ed.], 1984 ; von Burg & Pillonel, 2003) alors que les charbons de bois, dont la présence est pourtant notée sur le terrain, constituent les témoins botaniques les plus fréquents associés à ce type de structures (voir aussi Hart, 2016). En tant que restes de combustible utilisé pour alimenter ces structures, ils ne renseignent pas directement sur la fonction des foyers ; l'étude de ces bois carbonisés peut néanmoins apporter des informations ayant trait aux comportements des sociétés vis-à-vis du bois de feu (Chabal *et al.*, 1999). Dans quel type de milieu et selon quels critères s'est effectué l'approvisionnement ? Quels facteurs ont pu intervenir dans le choix de l'essence et/ou de l'état du bois ? Peut-on en déduire des éléments concernant le déroulement de la combustion ? L'objectif de cette étude est de mettre en lumière certains aspects de la gestion des ressources ligneuses des habitants du Pré-du-Stand à la fin de l'âge du Bronze, tout en soulevant la question de l'existence de comportements récurrents, voire de « traditions » dans les modes de gestion des foyers protohistoriques et notamment, les structures à remplissage de pierres.

2. Données contextuelles

Végétation actuelle

Sur la commune urbanisée du Grand-Saconnex, la végétation est fortement anthropisée et consiste en divers parcs, jardins, bois et forêts « suburbaines atypiques » (Werdenberg & Hainard, 2000 ; figure 1B). La végétation potentielle de la région genevoise se rattache à l'étage collinéen et appartient à la série acidophile du chêne sessile (Richard, 1971). Elle est caractérisée par une très forte dominance des chênes sessile et pédonculé (*Quercus petraea*, *Q. robur*), résultat de la pression humaine sur le milieu (Baehni, 1958). Depuis la fin des années 1940, les chênaies à molinie (*Molinia arundinacea*), formations à chêne sessile autrefois majoritaires, sont remplacées par celles, plus mésophiles, de la chênaie à charme à gouet (*Arum maculatum*), dominée par le charme (*Carpinus betulus*). Ces deux faciès –chênaie à molinie et à gouet – sont les plus caractéristiques du canton genevois (Werdenberg & Hainard, 2000). Toutefois, on trouve aussi, dans les stations inondables, des chênaies hygrophiles dominées par le frêne (*Fraxinus excelsior*) ou le chêne pédonculé, dont la strate arbustive à noisetier, merisier (*Prunus padus*) et viorne (*Viburnum opulus*) est bien développée. À proximité immédiate des cours d'eau, on trouve des frênaies, saulaies et aulnaies. Sur substrat plus basique, se développent également les hêtraies (*Fagetum*), plutôt en conditions mésophiles, et les pinèdes à pin sylvestre (*Pinus sylvestris*), tolérant les sols les plus secs (Pasche *et al.*, 2020).

Contexte archéologique

À la suite d'un diagnostic effectué par le Service Cantonal d'Archéologie de Genève en 2014, le Laboratoire d'Archéologie Préhistorique et Anthropologie de l'Université de Genève a mené deux campagnes de fouilles préventives en 2015 et

2016 sur la commune du Grand-Saconnex, au lieu-dit du Pré-du-Stand. Cette opération a révélé une succession de 19 niveaux archéologiques (ou « horizons », voir Besse *et al.*, accepté) allant du Néolithique moyen à la période romaine, chacun très altéré et entrecoupé de niveaux de colluvions, lesquels ont comblé la dépression dans laquelle se trouve le site dans des conditions locales hydromorphes témoignant de ruissellements importants. Ainsi, au Pré-du-Stand la topographie a joué un rôle important dans la conservation des couches et a déterminé la stratégie de fouille, variable selon les secteurs (Besse *et al.*, 2021). Alors que la plus grande partie de ces derniers a fait l'objet de décapages manuels, les secteurs 4-8-9-10 situés en aval du site ont été décapés à la pelle mécanique ; seules quelques zones sensibles présentant des vestiges et des structures ont nécessité une fouille plus fine. Les occupations du Bronze final, correspondant aux horizons 12 et 13, ont été reconnues dans différents secteurs du site (figure 2). Elles sont postérieures à un niveau de limon compact noirâtre daté du Néolithique final-Campaniforme et sont scellées par des colluvions brunes à cailloux.

Le mobilier archéologique est relativement pauvre, cependant quelques éléments céramiques issus de cet horizon peuvent être attribués à la fin du Bronze final. Quatre structures de combustion ont été mises au jour : deux dans le sondage 10 (St. 70 et St. 71), une dans le secteur 8 (St. 52), et une plus diffuse dans le secteur 1 (St. 47). Les autres structures rattachées à cet horizon sont une cuvette dans le secteur 4 (St. 45), une fosse dans le secteur 8 (St. 55), une grande cuvette de 80 cm de diamètre avec trois dalles posées au fond (St. 59) et un trou de poteau (St. 46) dans le secteur 9, ainsi qu'un éventuel fossé avec un trou de poteau dans le sondage 10 (St. 63). Parmi ces structures, seuls les foyers

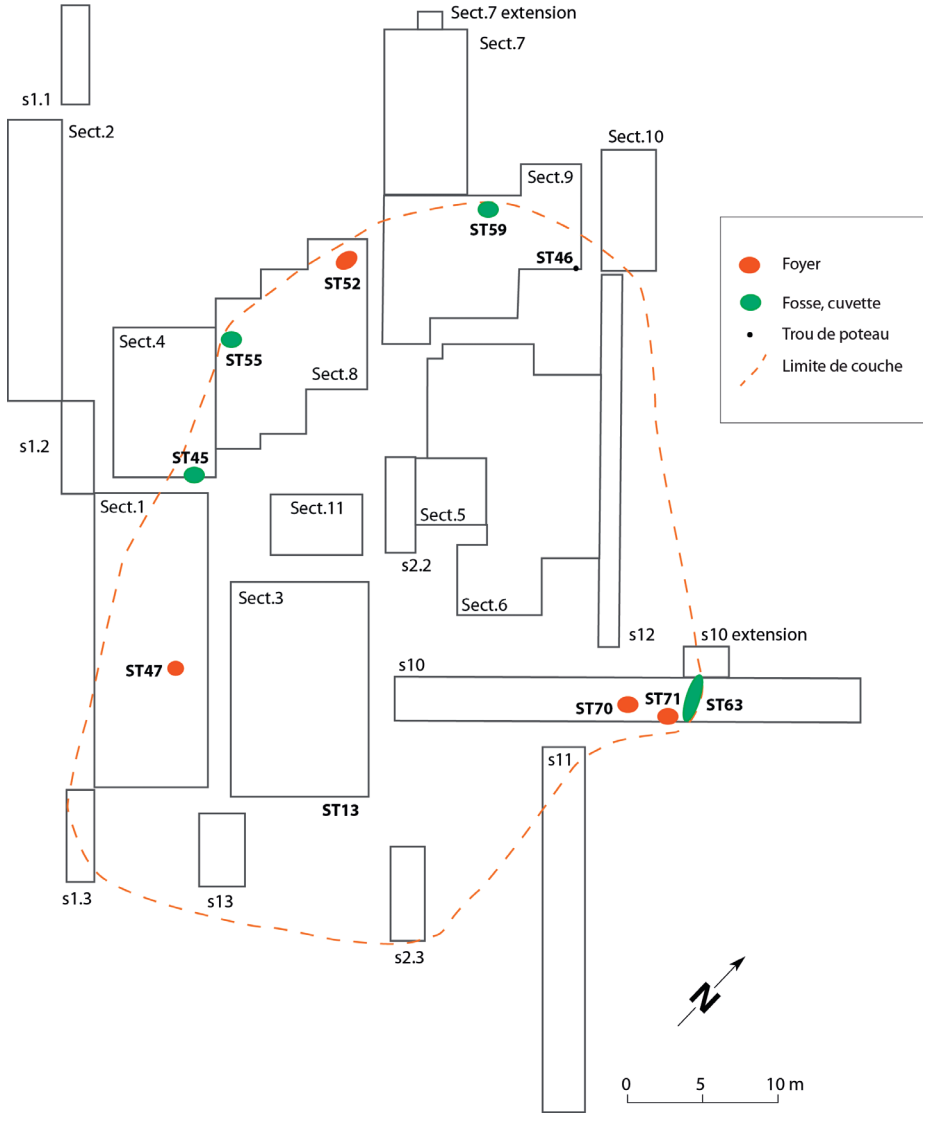


Figure 2 : Plan de situation des structures du Bronze final au Pré-du-Stand.
S = sondage ; Sect = secteur.

ont livré des restes anthracologiques. Ces restes ont été collectés manuellement (M) ou sous forme de prélèvement de sédiment brut (S). Six datations radiocarbone par AMS ont été réalisées sur charbons de bois à Zurich par le laboratoire AMS de l'ETH (Hajdas, 2008), dont quatre concernent les structures foyères. Les dates obtenues sont en accord avec nos observations archéo-stratigraphiques et confirment l'appartenance des horizons 12 et 13 au Bronze final. Afin de tester le degré d'équivalence entre les datations obtenues, un test du chi2 a été effectué avec le logiciel OxCal (fonction « combine », méthodologie décrite dans Perrin, 2014). Les résultats mettent en évidence l'existence de deux phases d'occupation au cours du Bronze final (tableau 1).

Les structures de combustion

Ainsi, les structures appartiennent à deux phases chronologiques distinctes ; les St. 70, 52 et 47, rattachées à l'horizon 12, se situent plutôt entre le milieu et la fin du Bronze final, alors que la St. 71, rattachée à l'horizon 13, se rapporte plutôt à la fin du Bronze final (tableau 1).

Structure 70

Il s'agit d'un foyer en cuvette ovale de 80 par 40 cm et 15 cm de profondeur rempli de limon sableux brunâtre charbonneux contenant de nombreux galets éclatés au feu et rubéfiés (figure 3). Une forte concentration de charbons est visible dans la partie centrale et sud du foyer sur 3 à 4 cm de profondeur. Seul un très petit tesson non diagnostique est issu de cette structure. Quatre échantillons, prélevés en différents endroits, ont été étudiés : PR434(M), PR441(M), PR443(S) et PR446(M). La date ETH-69005, obtenue sur un charbon de bois du foyer, est comprise entre 1047-905 av. J.-C. (2 sigma).

Structure 52

Ce foyer du type « fosse à pierres chauffées » de forme ovale mesure 2 m dans sa longueur et 1 m au minimum dans sa largeur avec une profondeur conservée de 35 cm ; il est coupé par un drain de La Tène finale dans sa partie est. Le niveau d'apparition est constitué de grosses pierres de 6 à 35 cm de longueur, majoritairement rubéfiées et éclatées au feu, prises dans un sédiment sableux charbonneux. Sous les pierres le sédiment devient plus argileux, puis laisse apparaitre un deuxième niveau de pierres plus petites, souvent brûlées et présentant pour la plupart une fragmentation liée au feu. Parmi les très nombreux charbons, on observe une grosse bûche ainsi que des nodules orange. Le fond de la structure est constitué d'un sédiment brun noir charbonneux au centre et brun clair argileux avec des

N° prélèvement	Contexte stratigraphique	Matériau	N° laboratoire	Mesure d'âge BP	Calibration 2 sigma av. J.-C. (bornes)	Calibration 2 sigma av. J.-C. (intervalles)	Remarques	Horizon
445	St. 70	charbon	ETH-69005	2818 ± 25	1047-905	1047-1028 (4,3 %) 1021-905 (91,2 %)	Foyer avec des pierres éclatées	12
989	St. 52	charbon	ETH-73866	2799 ± 22	1014-860	1014-897 (95 %) 865-860 (0,5 %)	Fond du foyer avec grosses pierres chauffées	12
305	St. 47	charbon	ETH-82142	2839 ± 24	1107-917	1107-1096 (1,5 %) 1082-1068 (1,9 %) 1056-917 (92,1 %)	Foyer ?	12
439	St. 71	charbon	ETH-69002	2706 ± 25	903-809	903-809 (95,4 %)	Bord nord-est du foyer	13
470	US274	charbon	ETH-69442	2672 ± 25	900-796	900-859 (22,2 %) 846-796 (73,3 %)	Couche anthropique	13
471	US274	charbon	ETH-69443	2667 ± 24	899-794	899-865 (16,7 %) 841-794 (78,8 %)	Couche anthropique	13

Tableau 1. Liste des datations radiocarbone des horizons Bronze final. Oxcal 4.4 ©Bronk Ramsey 2020. Courbe de calibration IntCal20 (Reimer *et al.*, 2020).

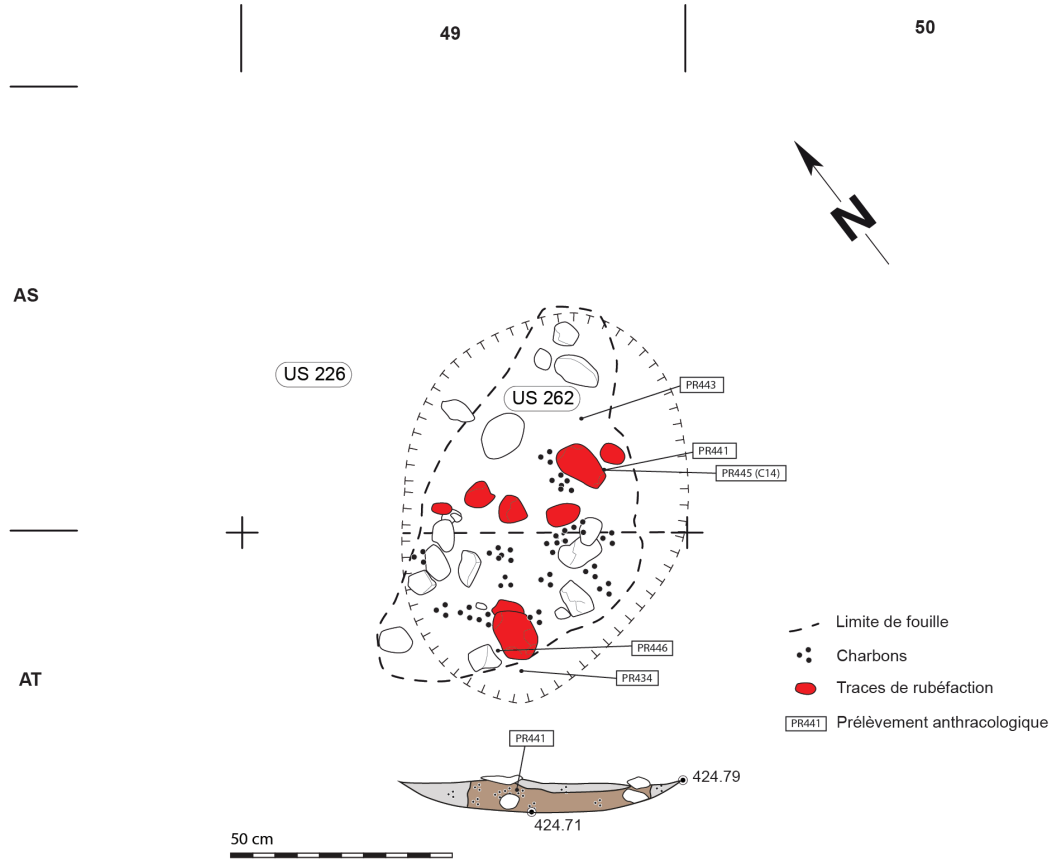
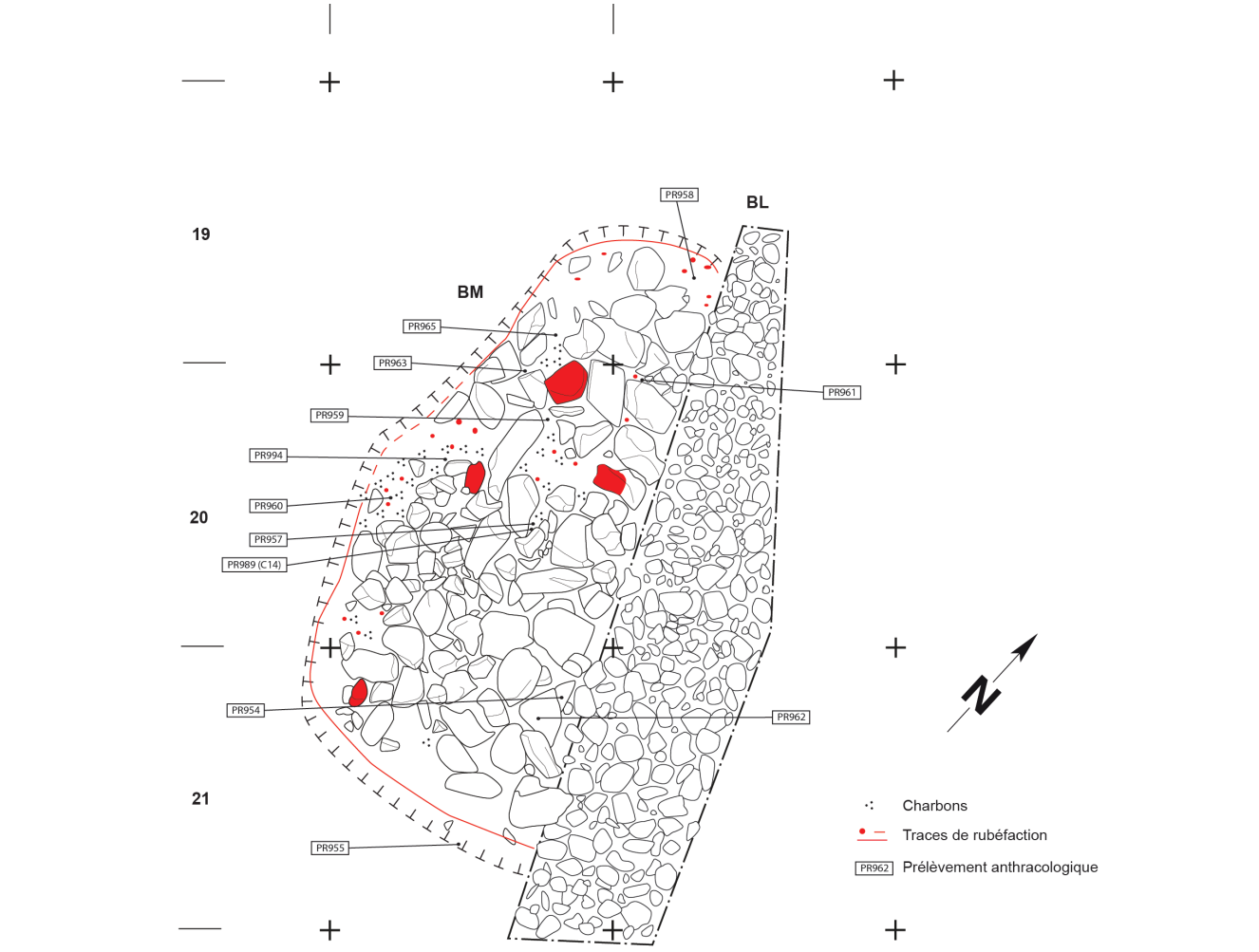


Figure 3 : Structure 70 (DAO D. Rosselet).

nodules rouge orangé ailleurs et de nombreux charbons. Le pourtour est recouvert d'une couche d'argile rubéfiée bien visible sur environ 3 cm d'épaisseur (figure 4). Quatorze prélèvements ont livré du matériel anthracologique déterminable. Les PR990(S), PR1000(M), PR1003(S), PR1009(S), PR1010(S), PR1011(S) proviennent du niveau intermédiaire du foyer ; les PR955 à PR962(M) sont issus du niveau supérieur. PR994(M) est une bûche brulée au bord nord-ouest de la structure. Enfin, le PR965(M) provient de la base. Le radiocarbone (ETH-73866) indique une date de 1014-860 av. J.-C. (2 sigma) pour cette structure.



Décapage 2 | Décapage 2 suite | Fond

Figure 4 : Structure 52 (DAO D. Rosselet).

Structure 47

Il s'agit d'une tache ovoïde de 50 sur 30 cm constituée d'un limon charbonneux contenant de nombreux charbons, laquelle pourrait correspondre à un foyer lessivé. Sur quatre prélèvements effectués dans le remplissage de la structure, seuls deux contenaient des charbons identifiables (PR306(M) et PR309(S)). Un charbon de bois a livré la date de 1107-917 av. J.-C. (2 sigma) (ETH-82142).

Structure 71

Mis au jour en bordure du sondage 10, le foyer St. 71 a seulement été fouillé dans sa partie nord. Sa forme apparente est une cuvette pseudo-circulaire mesurant environ 100 cm de diamètre pour une profondeur de 30 cm. Le remplissage se compose d'un niveau superficiel de charbons de grande taille puis d'un sédiment brun à cailloux centimétriques à décimétriques moucheté de charbons plus petits et quelques rares pierres rubéfiées. Les charbons sont surtout situés au centre de la structure (figure 5). Les quatre prélèvements pour l'archéobotanique ont été effectués comme suit : un prélèvement provient du niveau superficiel (PR 405(S)), deux du bord nord-est du foyer (PR 406 et 407(M), un de sa base (PR 408(S)). Une datation radiocarbone (ETH-69002) situe ce foyer entre 903 et 809 av. J.-C. (2 sigma).

3. Matériel et méthodologie

Traitement et analyse du matériel

Les prélèvements de sédiment brut effectués au cours de la fouille ont été intégralement traités au Laboratoire d'archéologie préhistorique et anthropologie du Département F.-A. Forel des sciences de l'environnement et de l'eau de l'Université de Genève. Les sédiments prélevés ont été traités par flottation aux mailles de 2 et 0,5 mm afin de récupérer carpo- et anthracorestes. Ils se sont avérés stériles en matériel carpologique, à l'exception d'un fragment de péricarpe de noisette retrouvé dans la St. 70.

Les charbons de bois ont été fracturés manuellement selon les trois plans anatomiques du bois : transversal, longitudinal radial et longitudinal tangentiel, puis observés au microscope à réflexion à des grossissements de 100 à 500 fois. Les déterminations ont été effectuées grâce à la collection de référence de bois carbonisés du CEPAM (UMR 7264, Nice, France) et à des atlas de référence (Schweingruber, 1990 ; Vernet [ed.], 2001). L'étude anthracologique s'est focalisée sur la fraction supérieure à 2 mm, les charbons de taille supérieure à 4 mm n'étant pas en nombre suffisant.

Concernant les assemblages anthracologiques issus de structures archéologiques (foyers, fosses, etc.) comme ceux du Pré-du-Stand, il est préconisé d'analyser un minimum de 100 charbons par structure, nombre permettant une approche quantitative (Pernaud, 1992). Dans le cadre de cette étude, nous avons tenté d'atteindre ce nombre à chaque fois que la quantité et l'état du matériel le permettaient. Nous avons également dû prendre en considération le nombre et le type de prélèvements (S, M) et leur richesse initiale en charbons, souvent relativement limitée. Afin d'évaluer la variabilité de la composition floristique des prélèvements au sein de chaque structure, l'ensemble des échantillons disponibles a été examiné. Pour les plus riches d'entre eux, entre 25 et 77 fragments ont été observés par prélèvement.

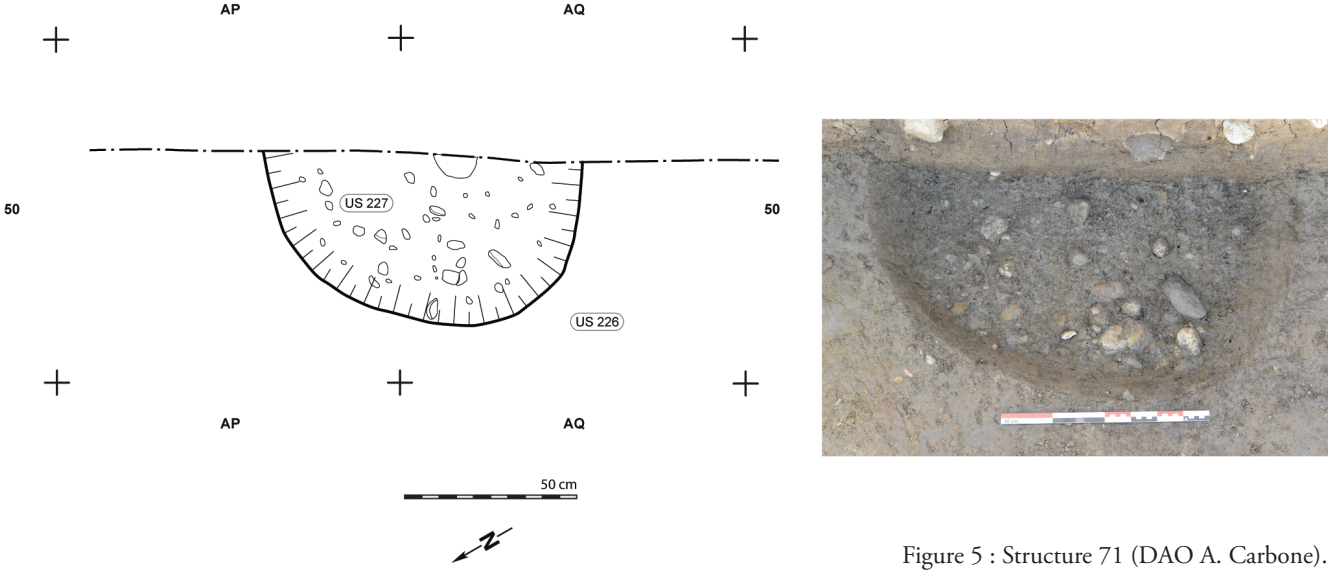


Figure 5 : Structure 71 (DAO A. Carbone).

L'hétérogénéité de chaque ensemble a été évaluée grâce à la construction de courbes « effort-rendement » taxonomiques et du taxon dominant (Badal García, 1992 ; Chabal, 1997), qui sont des courbes de croissance figurant l'évolution du nombre de taxons et celle du ou des principaux taxons représentés en fonction du nombre de fragments analysés (figure 6). Leur stabilisation indique respectivement que l'apparition de nouveaux taxons se fait plus rare et que les proportions du taxon dominant l'assemblage ne varient plus significativement. On considère alors que le nombre de fragments observés est suffisant pour avoir une bonne perception du contenu de l'échantillon.

Limites des assemblages anthracologiques du Pré-du-Stand

Les conditions taphonomiques particulières du Pré-du-Stand et notamment, le colluvionnement important des sols, n'ont pas permis d'effectuer de prélèvements de charbons dispersés dans des niveaux stratigraphiques contemporains à ceux des structures. Or, d'un point de vue méthodologique, les « charbons concentrés » issus d'ensembles clos tels que les foyers sont considérés comme peu adaptés pour les reconstitutions paléoenvironnementales (Chabal, 1991 ; 1997). Les deux raisons principales de cet état de fait sont la durée de constitution du dépôt, généralement faible dans le cas de structures foyères, lesquelles reflètent souvent la ou les dernières utilisations (Perlès, 1977 ; Chabal, *op. cit.*) et/ou une sélection taxonomique, laquelle serait particulièrement forte dans le cadre d'activités artisanales (Chabal, *op. cit.*). Dans ces conditions, les foyers sont donc susceptibles de ne contenir que peu d'essences. Au sein de ces structures « restrictives », Pernaud (1992) distingue les foyers domestiques de courte durée, qui livrent des éléments paléoécologiques incomplets et les vidanges artisanales, lesquelles fournissent des informations d'ordre palethnologique. Cependant, dans de nombreux cas (notamment remplissage sédimentaire homogène), il est difficile d'évaluer la durée de fonctionnement des foyers archéologiques. Par ailleurs, la sélection du combustible par les sociétés passées a pu concerner non seulement les foyers artisanaux, mais aussi culinaires. Quelques études ethnographiques montrent qu'aujourd'hui, de nombreuses variantes existent et que selon les contextes géographiques et culturels, la sélection taxonomique du combustible (foyers non spécialisés inclus) peut être extrêmement forte à inexistante (Ntinou, 2002 ; Joly *et al.,* 2009 ; Henry *et al.,* 2018). L'aptitude des charbons concentrés à refléter fidèlement la végétation environnante peut donc être variable et doit, par conséquent, être testée *a posteriori* (Chabal, 1997), notamment lorsque les conditions suivantes sont réunies : une richesse taxonomique suffisante et des assemblages floristiques cohérents d'un point de vue écologique (*ibid.* ; Pernaud, 1992).

Par ailleurs, il s'agit également de prendre en compte le fait que les PR manuels (M) sont susceptibles d'introduire des biais dans l'assemblage, à savoir une surreprésentation du taxon le plus fréquent et un nombre de taxons plus faible (Chabal, 1997 ; Vidal Matutano, 2016). Afin de vérifier que le nombre de taxons identifiés dans les PR-M est inférieur à celui identifié pour les PR issus de la flottation du sédiment (S), nous avons effectué un test de Mann-Whitney, lequel est un test non-paramétrique (adapté aux petits échantillons et aux données qualitatives) permettant de comparer deux distributions. Le test a été effectué sous Excel avec l'utilitaire d'analyse développé par ©Anastats, au seuil unilatéral de 2,5 %.

Enfin, afin de limiter l'effet de surreprésentation des taxons les plus fréquents, mais aussi celui des taxons ponctuellement bien représentés alors qu'ils sont rares, nous avons intégré à cette étude le calcul de l'ubiquité[1], permettant d'évaluer la fréquence de chaque taxon plus que son abondance, et celui des occurrences[2] proposé par Delhon (2016), qui permet de s'affranchir du nombre de restes et de se focaliser sur les fréquences en lien avec la diversité floristique.

4. Résultats

Taphonomie et nombre de fragments analysés

Bien que les échantillons soient parfois relativement pauvres en charbons de bois, les fragments apparaissent, dans l'ensemble, plutôt bien préservés. Les phénomènes susceptibles d'affecter la microanatomie du bois, tels que les dégradations dues à l'action des champignons de pourriture, le collapse ou encore la vitrification (Théry-Parisot, 2001), sont ici marginaux (moins de 2 %). En revanche, dans le cas de la St. 47, très mal conservée, seuls 50 fragments ont été observés du fait du très faible aboutissement des déterminations. En effet, la majorité du matériel anthracologique de cette US se caractérise par la présence d'un dépôt brunâtre à orangé d'origine post-dépositionnelle masquant l'information anatomique (tableau 2).

1. Nombre de prélèvements dans lesquels le taxon est présent/nombre total de prélèvements.

2. Calcul de l'abondance relative basée sur la somme des occurrences (nombre de prélèvements dans lesquels un taxon apparaît/nombre de taxons total).

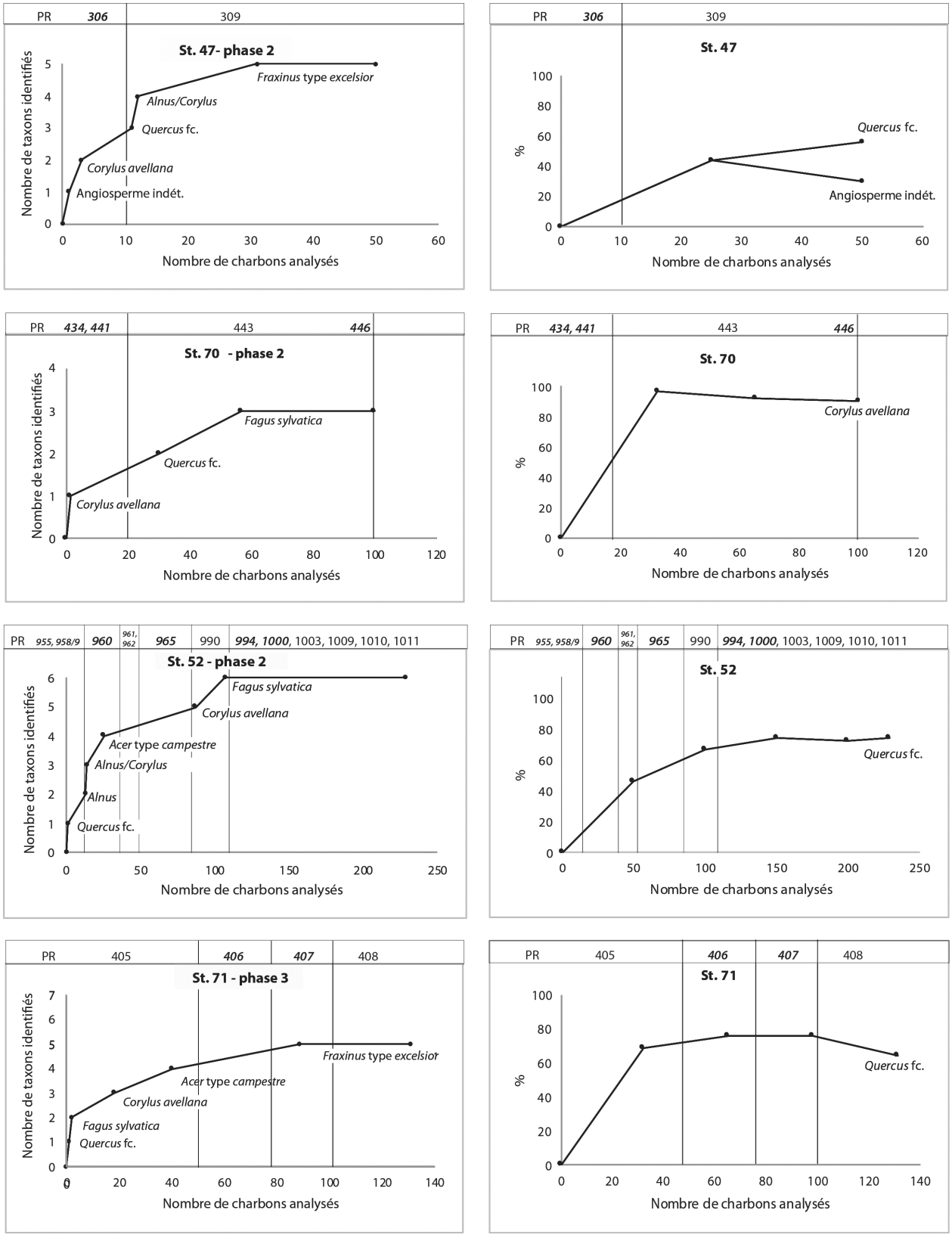


Figure 6 : Courbes taxonomiques et du taxon dominant des prélèvements étudiés. Les numéros de PR en italiques marquent les prélèvements manuels.

	Numéro de structure			
Particularités observées	**70** (n=100)	**52** (n=229)	**47** (n=50)	**71** (n=131)
Dégradation biologique	3		?	
Vitrification		13	?	5
Anatomie (nœud, écorce)		4	1	1
Post-dépositionnel (dépôt)		13	**44**	**24**
% "Angiosperme indéterminable"	1	3,93	30, 6	11,4

Tableau 2 : Particularités microscopiques relevées sur le matériel anthracologique.

Plus ponctuellement, on remarque que certains prélèvements issus des autres structures sont également affectés, notamment le PR408 (St. 71). Ainsi, le nombre d'angiospermes indéterminables est directement en lien avec la présence de ce dépôt. Dans certains cas, nous avons pu attribuer ces fragments peu lisibles à une catégorie taxonomique intermédiaire rarement employée en anthracologie, à savoir les « Angiospermes non *Quercus* fc. » (voir figure 7A), laquelle sert principalement à ne pas surestimer les pourcentages de chêne à feuillage caduc (*Quercus* fc.) lequel, par ses caractéristiques microanatomiques, est souvent déterminable même en cas de mauvaise préservation (figure 7B). Cette catégorie n'a pas été prise en compte dans la construction des courbes effort-rendement, sauf dans le cas de la St. 47 au vu des importantes proportions atteintes. Les très faibles proportions d'indéterminés (moins de 4 %) dans les ensembles restants confirment que leur préservation est bonne à très bonne.

Les courbes effort-rendement (figure 6) confirment que 100 fragments par structure représentent un nombre acceptable. En effet, un plateau est généralement atteint entre la 30^{e} et la 80^{e} détermination, que le nombre total de fragments étudiés soit 100 ou 200. Bien que l'allure des courbes soit différente, on constate que la diversité floristique, entre 3 et 6 taxons (médiane à 5), est relativement faible. Si l'on se fonde sur le nombre minimal de taxons identifiés (NMT), c'est-à-dire en écartant les groupes taxonomiques incluant un taxon déjà identifié par ailleurs, le nombre de taxons composant les foyers passe de 3 à 5 pour un nombre médian de 4 taxons par structure. Les profils taxonomiques homogènes de ces structures, qui semblent relativement indépendants du nombre total de charbons étudiés, montrent que la poursuite des déterminations anthracologiques n'aurait apporté que peu d'informations floristiques supplémentaires. En revanche, les proportions du taxon dominant semblent moins homogènes ; à l'issue des déterminations, elles apparaissent encore en très légère évolution (St. 70, 52) ou en franche baisse (St. 71). Ce dernier cas de figure est à imputer à une différence dans les proportions entre taxons du dernier prélèvement (PR 408), dont on a vu par ailleurs qu'il était difficilement exploitable ; les déterminations ont donc été stoppées en dépit de l'aspect de la courbe.

Taxons identifiés

510 fragments de charbons de bois ont été étudiés. Toutes structures confondues, le NMT est de 6. Aucun taxon n'est présent dans l'ensemble des prélèvements (tableau 3).

L'importante proportion de fragments (41 %) issus de prélèvements manuels (2/3 du total des PR) a dû mener à une surreprésentation des taxons les plus fréquents, probablement suite à la refragmentation de bûchettes (comme c'est le cas du PR 994) ou, du moins, de plus gros fragments plus aisément repérables à la fouille. Sans être systématiquement monospécifiques, ces prélèvements manuels sont moins riches en essences que les prélèvements en vrac traités par flottation. Le test de Mann-Whitney indique une probabilité de 0,774 (significative au seuil unilatéral de 2.5 %) de retrouver un nombre supérieur de taxons dans les prélèvements de sédiment.

Deux essences, qui cumulent la grande majorité des restes (plus de 86 % des restes identifiables), sont communs à toutes les structures : le chêne à feuillage caduc (*Quercus* fc.) et le noisetier (*Corylus avellana*). Le hêtre (*Fagus sylvatica*) a été identifié dans trois structures, alors que l'érable (*Acer* type *campestre*[3]) et le frêne (*Fraxinus* cf. *F. excelsior*[4]) sont présents dans deux d'entre elles (tableau 4).

Enfin, l'aulne (*Alnus*) est bien représenté dans un prélèvement manuel (St. 52). Par leurs proportions au sein de chaque structure et leur ubiquité, trois taxons se démarquent : le chêne à feuillage caduc, le noisetier et le

3. L'anthracotype « *Acer* type *campestre* » englobe différentes espèces d'érables pouvant présenter la même anatomie microscopique telles qu'*A. campestre* (érable champêtre), ou *A. opalus* (érable à feuilles d'obier), caractérisés par des rayons relativement courts et surtout, peu larges (entre 2 et 4 cellules).

4. *Fraxinus* cf. *F. excelsior* (frêne commun) se démarque par la très grande taille des pores du bois initial (300 µm environ). *F. angustifolia* et *F. ornus* seraient caractérisés par des pores de plus petite taille (moins de 200 µm) dans le bois initial (Vernet *ed.,* 2001).

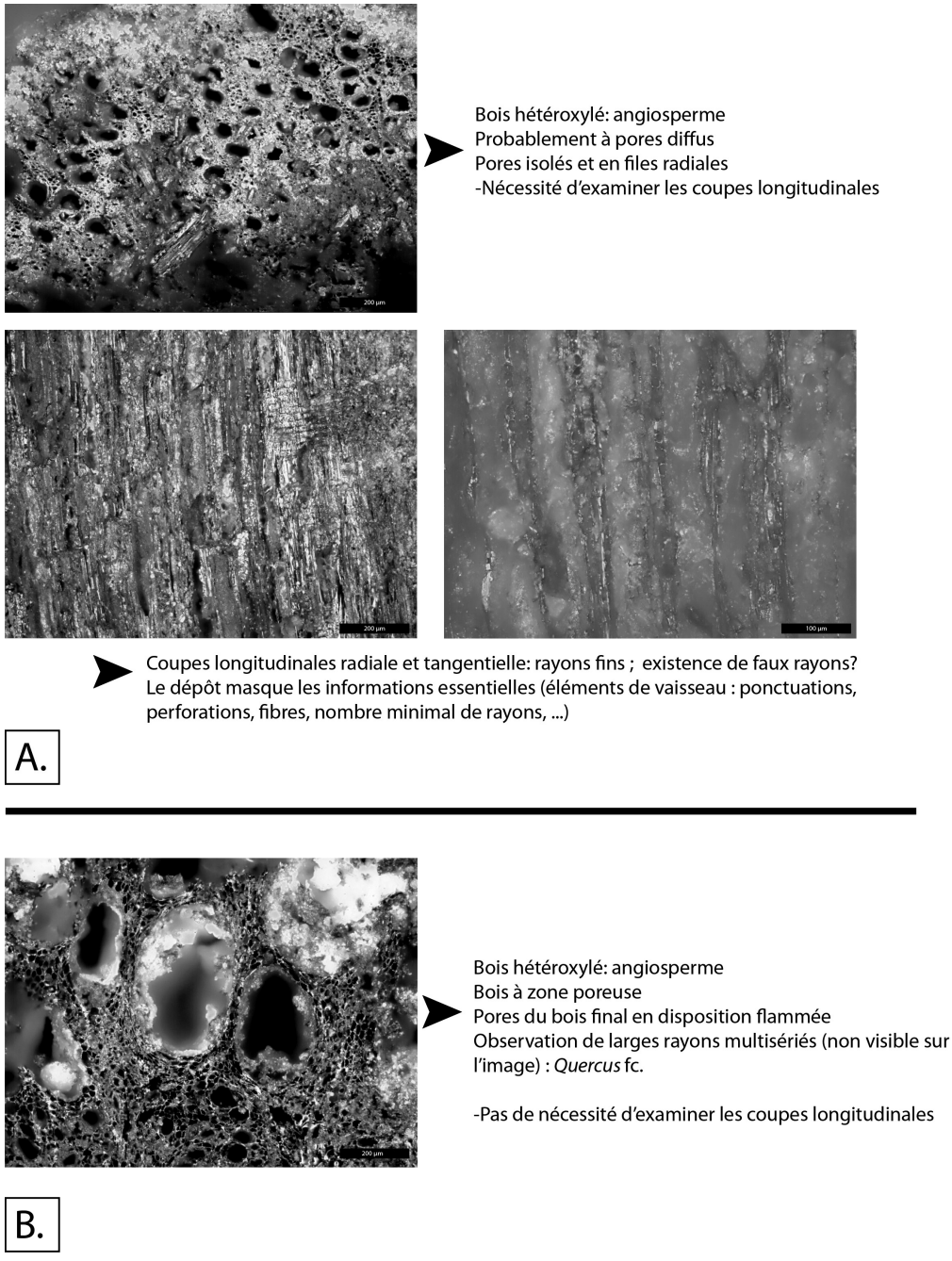


Figure 7 : A) angiosperme indéterminable non-*Quercus* fc. ; B) *Quercus* fc.

hêtre sont présents dans au moins trois structures et se retrouvent dans plus d'un quart des prélèvements. Il est intéressant de noter que les proportions entre taxons sont également comparables pour trois foyers sur quatre. En effet, les St. 47, 71 et 52 sont fortement dominées par le chêne (57-73 %), suivi du noisetier (4,1 à 9,2 %). Les autres taxons, moins fréquents, apparaissent dans des proportions variables : les fréquences relatives de hêtre varient entre 3 et 11 %, celles du frêne entre 2 et 6 %, alors que l'utilisation de l'érable reste plus marginale (entre 1,3 et 2,3 %). En revanche, la St. 70, au contenu qualitativement très proche de celui des autres structures, est composée quasi exclusivement de noisetier (89 %), ce qui la démarque fortement des autres au plan quantitatif. On remarque qu'aucune différence notable n'est perceptible entre les structures attribuées à l'horizon 12 (St. 70, 52 et 47) et la St. 71, légèrement postérieure (horizon 13).

Calculées pour le cumul de l'ensemble des prélèvements, les abondances relatives des occurrences permettent de corriger la surreprésentation du chêne et de l'aulne et ainsi,

Horizon	12																			13				
N. de structure	St. 70				St. 52													St. 47		St. 71				
Taxons/ PR	434	441	443	446	955	958	959	960	961	962	965	990	994	1000	1003	1009	1010	1011	306	309	405	406	407	408	Total
Acer type *campestre*								1									2				1			2	**6**
Alnus								20																	**20**
Alnus/*Corylus*								1											1	2					**4**
Corylus avellana	4	14	67	4								8			5	6			1	1	3		7	2	**122**
Fagus sylvatica			3									1					4	3			9	2		4	**26**
Fraxinus type *excelsior*																				1				8	**9**
Quercus fc.			7		6	5	1	1	11	1	33	15	25	15	5	4	20	27		28	37	22	16	3	**282**
Angiosperme non *Quercus*																			7	3				5	**15**
Angiosperme indéterminable				1				6				1		1		1			1	4	1	1	2	6	**25**
Indéterminable																				1					**1**
Total	**4**	**14**	**77**	**5**	**6**	**5**	**1**	**29**	**11**	**1**	**33**	**25**	**25**	**16**	**10**	**11**	**26**	**30**	**10**	**40**	**51**	**25**	**25**	**30**	**510**

Tableau 3 : Résultats globaux de l'analyse anthracologique. Les colonnes en grisé marquent les prélèvements manuels.

	St. 70	St. 52		St. 47		St. 71		% Total	% occurrences	Ubiquité
Taxons	**F.A. et %**	**F.A.**	**%**	**F.A.**	**%**	**F.A.**	**%**			
Acer type *campestre*		3	**1,3**			3	**2,3**	1,3	8,2	0,17
Alnus		20	**8,7**					4,3	2,0	0,04
Alnus/*Corylus*		1	**0,4**	3	**6,1**			0,9	6,1	0,13
Corylus avellana	**89**	19	**8,3**	2	**4,1**	12	**9,2**	26,0	24,5	0,50
Fagus sylvatica	**3**	8	**3,5**			15	**11,5**	5,5	14,3	0,29
Fraxinus excelsior				1	**2,0**	8	**6,1**	1,9	4,1	0,08
Quercus fc.	**7**	169	**73,8**	28	**57,1**	78	**59,5**	60,1	40,8	0,83
Angiosperme non *Quercus*				10	**20,4**	5	**3,8**			
Angiosperme	**1**	9	**3,9**	5	**10,2**	10	**7,6**			
Total	**100**	**229**	**100**	**49**	**100**	**131**	**100**	**100**	**100**	

Tableau 4 : Résultats anthracologiques (fréquences absolues, pourcentages) par structure.

donner plus de visibilité aux taxons secondaires mais récurrents que sont le hêtre, l'érable et le frêne.

5. Discussion

Sur le plan qualitatif, on peut considérer que le remplissage anthracologique des structures foyères au Pré-du-Stand est équivalent, puisque les différences en termes de taxons identifiés par structure sont faibles. Les différences les plus significatives sont d'ordre quantitatif et ne concernent qu'un seul des foyers, la St. 70, qui se rattache chronologiquement à l'horizon 12. Les différences ne peuvent donc pas s'expliquer d'un point de vue diachronique, en termes de changement des comportements ou de la végétation. Trois hypothèses, lesquelles ne s'excluent pas mutuellement, peuvent être avancées : (i) le combustible a fait l'objet d'une sélection taxonomique importante (ii) les foyers ont fonctionné sur une durée trop restreinte qui n'a pas permis d'enregistrer la végétation alentour de manière satisfaisante (iii) les structures ont été vidangées régulièrement et par conséquent, l'assemblage anthracologique ne reflète que la – ou les – dernières utilisations de ces foyers. Ces hypothèses sont discutées ici en examinant le lien entre le contenu des foyers et la végétation d'une part et leur durée d'utilisation d'autre part.

Le contenu des foyers du Pré-du-Stand : une fonction de la végétation ?

Conformément à notre postulat de départ, les résultats obtenus indiquent que les assemblages issus des structures de combustion du Pré-du-Stand ne sont pas particulièrement aptes à une reconstitution paléoécologique, principalement du fait de leur pauvreté floristique.

Cela étant, sur le plan qualitatif, les taxons présents sont écologiquement cohérents et renvoient à un milieu forestier à tonalité collinéenne au sein duquel le chêne à feuillage caduc semble tenir une place prépondérante. Les quelques taxons identifiés laissent en effet entrevoir la présence locale d'une chênaie, d'une hêtraie et/ou d'une chênaie-hêtraie. L'ensemble des taxons identifiés se retrouvent communément dans les forêts collinéennes sèches (*Quercus*, *Fagus*, *Corylus*, *Acer campestre*), alluviales (*Fraxinus*, *Quercus* et *Corylus*) et en ripisylve (*Alnus*, *Fraxinus* et *Corylus*). Ces résultats renvoient à la présence de groupements à chênes caducifoliés dans le canton de Genève à la fin de l'âge du Bronze. La comparaison avec les données polliniques régionales est essentielle afin d'avoir une vision plus étoffée des formations végétales en place et permet de discuter les résultats obtenus au Pré-du-Stand : les taxons ont-ils été sélectionnés en fonction de leur abondance dans l'environnement ?

En Europe centrale méridionale, à basse et moyenne altitude, le Subboréal (ca. 5000-2800 cal. BP) est caractérisé par le développement du sapin et du hêtre au détriment de la chênaie mixte amorcé à l'Atlantique récent, selon toute vraisemblance à la faveur de conditions climatiques plus fraîches et plus humides (Tinner & Lotter, 2006). Alors que la courbe du hêtre est en expansion continue sur l'ensemble de la période, celle du sapin semble se stabiliser dans la première partie du Subboréal (*ibid.*). Cette stabilité des hêtraies-sapinières entre environ 5000 av. J.-C. et 800 ap. J.-C. est remarquable (Ammann *et al.,* 1996, cités par Tinner *et al.,* 2003) ; les dynamiques de végétation sont perçues comme faibles et la végétation, stable (Lotter, 1999). Avant 2300 av. J.-C., l'impact anthropique est constant mais faible, alors que les premiers indices significatifs de déforestation apparaissent vers 2000-1800 av. J.-C., au cours du Bronze ancien. Le Bronze final enregistre à nouveau une chute importante des pollens arboréens ; cet épisode d'ampleur plus générale apparaît de manière synchrone dans quatre séquences polliniques au Nord et au sud des Alpes, dont deux localisées sur le plateau suisse (Tinner *et al.*, 2003).

Les enregistrements polliniques du Petit-Lac (Girardclos *et al.,* 2005) montrent une dynamique similaire avec toutefois des particularités propres à la région genevoise : en effet, le Subboréal est là aussi marqué par un développement de la hêtraie-sapinière aux dépens du frêne, de l'orme et du tilleul et plusieurs épisodes de déforestation affectant notamment le chêne et le hêtre sont attestés ; depuis la fin du Néolithique et au cours de l'âge du Bronze, les espaces ouverts sont recolonisés par le bouleau, le noisetier et le genévrier (*ibid.* ; Rachoud-Schneider, 1999). La particularité du bassin genevois réside dans le fait que la hêtraie-sapinière, pourtant bien développée, ne parvient jamais à totalement supplanter la chênaie caducifoliée : *Quercus* fc., *Corylus*, *Alnus* et, dans une moindre mesure, *Fraxinus*, se maintiennent. Malgré la faible résolution obtenue pour la fin de l'âge du Bronze dans les carottages de la rade de Genève, les taxons dominants sont *Quercus*, *Fagus*, *Abies*, *Pinus* et *Picea* (Rachoud-Schneider, 1999).

Témoignant d'un approvisionnement préférentiel dans la chênaie mixte, les résultats anthracologiques issus des structures du Pré-du-Stand reflètent une réalité écologique partielle, mais aussi la spécificité de la région genevoise, où la chênaie caducifoliée se maintient bien. En ce sens, les taxons sélectionnés comme bois de feu reflètent les principaux taxons rencontrés dans cette formation et font écho aux données palynologiques. En revanche, le recours récurrent au hêtre pour alimenter les foyers renverrait à l'exploitation

d'une hêtraie ou chênaie-hêtraie : la hêtraie-sapinière n'est donc absolument pas perceptible sur la base de nos résultats.

Ainsi, les taxons présents dans les structures reflètent la sélection de quelques essences parmi les plus abondantes localement. Afin de savoir si cette liste floristique réduite est avant tout à mettre en lien avec le caractère ponctuel des structures, il est important de revenir sur leurs caractéristiques morphologiques.

Richesse floristique et durée d'utilisation des structures

La St. 47, qui correspond à un probable foyer, est la moins bien préservée, aussi bien d'après les données de la fouille que d'après l'état des charbons de bois. C'est le type de foyer le plus simple retrouvé sur le site, qui n'est pas discuté ici au vu de son statut incertain et de son degré de préservation relativement médiocre.

Les deux structures 70 et 71, par leurs caractéristiques morphologiques, représentent un type intermédiaire que l'on peut rattacher à celui des foyers empierrés. Mesurant toutes deux entre 80 et 100 cm de diamètre, ces structures se présentent à la fouille sous forme de cuvette arrondie relativement peu profonde et comprennent un certain nombre de pierres éclatées au feu. Cependant la St. 70 présente un remplissage sédimentaire homogène, alors que deux niveaux ont été individualisés lors de la fouille de la St. 71. Cela pourrait révéler des différences dans les rythmes ou durées d'utilisation de chaque structure, d'autant que la St. 70 se distingue par un remplissage anthracologique quasi monospécifique et une faible diversité spécifique (3 taxons déterminables au moins au genre), laquelle pourrait résulter d'une durée de fonctionnement plus restreinte. En ce qui concerne la St. 71, de légères différences ont été observées entre le contenu floristique des prélèvements effectués dans sa partie supérieure et inférieure, à savoir la présence du frêne dans la partie inférieure (tableau 5). Sur le plan quantitatif, la partie supérieure est largement dominée par le chêne alors que la partie inférieure a livré entre 2 et 8 fragments de chaque essence. Bien qu'il soit difficile d'aller plus loin, on peut proposer que la partie supérieure, riche en gros fragments, représente la – ou les – dernière(s) utilisation(s) de ce foyer alors les fragments de la base de la structure, plus affectés par les inclusions de sédiment, pourraient être issus de plusieurs épisodes de fonctionnement du foyer et donc potentiellement refléter un brassage plus important (remaniement et refragmentation dans le sol du foyer par vidanges successives, impact prolongé de la combustion).

St. 71	**Sup.**	**Inf.**
Acer type *campestre*	1	2
Corylus avellana	3	2
Fagus sylvatica	9	4
Fraxinus type *excelsior*		8
Quercus fc.	37	3
Angiosperme non *Quercus*		5
Angiosperme	1	6
Total	**51**	**30**

Tableau 5 : St. 71 : taxons identifiés et position stratigraphique des prélèvements.

La St. 52 est une fosse-foyer empierrée « typique » du Bronze final (Ramseyer, 2003), de forme ovale et aux dimensions imposantes, comprenant un remplissage hétérogène et des bords en argile témoignant d'un investissement plus important dans sa construction et peut-être d'un mode de fonctionnement particulier ; ces éléments peuvent nous faire supposer plusieurs épisodes de fonctionnement et une durée d'utilisation plus longue. Ici, on constate des différences entre le contenu taxonomique des parties basale, médiane et supérieure de son remplissage (tableau 6).

St. 52	**Sup.**	**Med.**	**Inf.**
Acer type *campestre*	1	2	
Alnus	20		
Alnus/Corylus	1		
Corylus avellana		19	
Fagus sylvatica		8	
Quercus fc.	25	86	33
Angiosperme	6	3	
Total	**53**	**118**	**33**

Tableau 6 : Taxons identifiés et position stratigraphique dans la St. 52.

Cela étant, les informations que l'on peut tirer du prélèvement effectué à la base de la structure sont limitées, puisque cet unique prélèvement manuel ne reflète vraisemblablement pas la variabilité du contenu anthracologique du niveau inférieur de la structure. Nous sommes donc peut-être en présence des restes d'une ou quelques bûches -comme c'est le cas du PR 994-, mais trop fragmentées pour avoir été reconnues comme telles sur le terrain. Les différences notables qui caractérisent le contenu de la partie supérieure et médiane de la structure sont dues à l'apport ponctuel d'un taxon secondaire. L'aulne est identifié dans

la partie supérieure, alors que dans la partie médiane du remplissage, aux côtés du chêne systématiquement présent apparaissent ponctuellement quelques fragments de noisetier, de hêtre ou d'érable (PR 990, 1003, 1009, 1010, 1011). Toutefois, l'existence de taxons spécifiquement associés à la partie supérieure et médiane du remplissage pour une plus grande diversité taxonomique de la St. 52 vis-à-vis des autres structures pourrait suggérer une durée d'utilisation plus longue, ou du moins, plusieurs épisodes de combustion distincts. Pour résumer, il semblerait que les structures qui évoquent plusieurs épisodes de combustion (St. 52, 71) ont livré un nombre supérieur de taxons (NMT : 5) à celle dont le remplissage ne permet pas de distinguer plusieurs phases (St. 70, NMT : 3). On peut toutefois considérer que ces différences sont minimes et que la durée d'utilisation en elle-même ne suffit peut-être pas à expliquer les différences qualitatives observées. En d'autres termes, il est probable qu'un ramassage aléatoire du bois disponible aux alentours aurait tout de même fourni un nombre de taxons plus important. En ajoutant à cela la faible variabilité taxonomique entre les quatre zones de combustion, on peut donc légitimement se poser la question d'un choix délibéré des essences pour le feu.

Taxons identifiés et sélection du bois de feu

On pourrait argumenter, à l'instar de Beausoleil *et al.* (2007), que les taxons retrouvés sont dans l'ensemble de bons combustibles. Mais il reste difficile de se fonder sur les propriétés combustibles objectives des essences, puisque l'on sait par ailleurs que la sélection du bois pour le feu s'effectuait vraisemblablement en fonction d'un nombre variable de critères qui concernent aussi bien les distances d'acquisition que la planification des parcours journaliers et les préférences personnelles ou culturelles (Henry, 2011). De plus, ces propriétés peuvent être modifiées pour peu que le bois soit refendu ou présente différents taux d'humidité ou d'altération (Théry-Parisot, 2001). Des études ethnobotaniques actuelles montrent que même lorsqu'un très faible nombre d'essences est préféré, il est vraisemblable que le dépôt anthracologique soit composé d'un spectre taxonomique plus large, en fonction de considérations diverses comme, par exemple, celle de réduire l'effort de collecte (Joly *et al.*, 2009). De la même manière, aux périodes protohistoriques, ces considérations étaient sûrement variables en fonction de la composition du couvert forestier, des choix et des orientations économiques des groupes ainsi que de la destination du bois. Ainsi, la déforestation liée aux activités agro-pastorales et une gestion de la forêt en taillis peut en partie expliquer le recours à des essences arbustives comme le noisetier (qui profite, en sous-bois, de l'ouverture de la canopée), voire à des branchages de taxons arborescents comme cela a pu être mis en évidence sur le site du Champ de Brach en Corrèze (Beausoleil *et al.,* 2007). Sur le gisement breton de Keralio (Finistère Sud) ayant livré des occupations attribuées à l'âge du Fer, D. Marguerie identifie pour les fosses-foyers un mode de gestion fondé sur l'emploi de gros calibres de chêne et de plus petits calibres de chêne et d'essences arbustives, en fonction du résultat désiré, à savoir une combustion prolongée et la production de braises, ou encore un feu « haut », bien oxygéné (Hinguant *et al.,* 1998). Au Pré-du-Stand, la taille réduite des fragments charbonneux n'a pas permis une approche des calibres. On peut toutefois noter l'utilisation récurrente du noisetier, suggérant *de facto* un apport de diamètres plus réduits.

Bien que relativement peu de données anthracologiques concernant des foyers de la transition Bronze-Fer soient disponibles, un paramètre important dans le processus de sélection du bois de feu semble se dégager des différentes études, à savoir la disponibilité des taxons dans l'environnement immédiat, les taxons les plus choisis étant aussi parmi les plus abondants. Par exemple, à Bavois-en-Raillon, dans le canton de Vaud, K. Lundström-Baudais identifie un total de trois taxons au sein des concentrations charbonneuses datées du Bronze final : le chêne domine fortement, accompagné du hêtre et de l'érable (Vital & Voruz [ed.], 1984). Sur les sites de Falländen-Hinterdorf et Falländen-Wigarten, canton de Zurich, les taxons les plus fréquents sont le hêtre et le chêne, accompagnés sporadiquement de Rosacées prunoïdées, d'érable et d'aulne (Bauer *et al.,* 1992). La fosse-foyer à remplissage de pierres Hallstatt retrouvée à Bevaix/La Prairie (Neuchâtel) a livré des restes anthracologiques composés quasi exclusivement de chêne et, dans une moindre mesure, de hêtre (von Burg & Pillonel, 2003). À Grièges (Ain), il semblerait que la diversité floristique soit plus importante, la prépondérance du saule, du chêne et du frêne renvoyant aux taxons chefs-de-file de la plaine alluviale dans laquelle le site est localisé (Pranyies *et al.,* 2012). Au Pré-de-la-Cour (Ain), un « four polynésien » à remplissage de pierres daté du 1er âge du Fer a livré un total de six taxons pour plus de 1 000 charbons déterminés (Vital [ed.], 1993). Les 49 prélèvements issus de ce foyer sont tous fortement dominés par le hêtre et/ou le chêne, alors que l'érable, le charme, le frêne et l'aulne apparaissent sporadiquement dans certains prélèvements isolés. Cette configuration ressemble à ce qui a été observé pour la St. 52 du Pré-du-Stand. Cela étant, basés sur le nombre de taxons et leur abondance dans l'environnement, les avis concernant le degré de sélectivité taxonomique du combustible varient en fonction des auteurs. Par exemple, pour S. Thiébault, la dominance du hêtre et du

chêne dans le « four polynésien » du Pré-de-la-Cour reflète clairement un choix (Vital [ed.], 1993 : 49) alors que pour D. Marguerie et G.-N. Lambert, la diversité taxonomique apparaît trop importante pour suggérer une sélection, en sachant que les foyers de Keralio comme de Grièges sont fortement dominés par 1-3 taxons (Hinguant *et al.*, *op. cit* ; Pranyies *et al., op. cit*.). Hasler *et al.* (2003), proposant un tour d'horizon des fosses de combustion protohistoriques, remarquent que les résultats anthracologiques « pourraient toutefois souligner un choix du combustible » (*ibid* : 46). Les auteurs finissent par conclure que la présence des taxons les plus fréquents dans l'environnement montrent en réalité que la sélection de combustible est inexistante (*ibid*. : 47). Pour R. March, les taxons retrouvés dans les foyers du Closeau (Bronze final, Bassin parisien) correspondent aux taxons disponibles aux abords immédiats du site, mais les variations entre foyers (notamment les différences de proportions entre essences) reflètent probablement un choix délibéré, peut-être à mettre en lien avec des modes de fonctionnement ou des fonctions de foyer (March, 2003). Ces exemples montrent bien comment la notion de choix peut elle-même être relative, difficile à mettre en évidence et encore plus à expliquer.

D'une manière générale, il semblerait que les listes floristiques issues des foyers de la fin de l'âge du Bronze/1er âge du Fer soient relativement limitées, même pour des structures polyphasées, ce qui suggère des comportements récurrents allant au-delà d'un phénomène ponctuel. Cela pourrait parler en faveur d'une sélection de certains taxons, considérés comme bons combustibles, au détriment d'autres, moins prisés. Quelques observations importantes nous semblent autant d'éléments pouvant suggérer ce type de conceptions ou pratiques. Nous avons déjà mentionné le fait qu'il semble difficile d'imputer le faible nombre de taxons par structure uniquement à la durée de constitution des dépôts et ce, d'autant que les études disponibles montrent des stratégies de sélection du bois comparables, avec une prépondérance de 1-2 taxons (lesquels sont souvent les mêmes : en Suisse, principalement chêne et hêtre des chênaies caducifoliées et des hêtraies ou hêtraies-sapinières) et un apport complémentaire de 3-4 taxons secondaires, en plus faibles proportions. Enfin, l'absence systématique du sapin dans les résidus de combustion de l'ensemble des sites, incluant ceux situés dans des régions à l'époque dominées par la hêtraie-sapinière, pourrait représenter un indice supplémentaire en faveur d'une sélection active de certains taxons, ou encore de la fréquentation de certains milieux au détriment d'autres. Certains auteurs suggèrent par exemple que la sapinière eut pu représenter un milieu répulsif pour la majeure partie des activités quotidiennes, dont la collecte du bois de feu (Battentier *et al.*, 2018). Cette proposition, aisément invalidée par l'existence de sites localisés dans la sapinière, riches en charbons d'*Abies* (e.g., Castelletti, 1984), n'a évidemment pas de caractère universel. Elle doit cependant pousser à s'interroger sur les pratiques territoriales et sociales à l'origine du dépôt anthracologique.

Bois de feu et gestion des territoires

L'ethnoarchéologie montre bien que toutes les formations végétales ne sont pas investies de la même manière en fonction des activités effectuées et de leur perception par les acteurs, ce qui mène à des distorsions importantes du signal paléoécologique véhiculé par les charbons de bois (Henry, 2011), de plus en plus fréquemment relevées sur les sites archéologiques (Thiébault, 2005 ; Delhon, 2018). Ainsi, autour de la transition Bronze-Fer en Suisse à basse-moyenne altitude, il semblerait que quelques taxons feuillus aient été privilégiés comme bois de feu dans les foyers et notamment, les structures de combustion à remplissage de pierres. Si l'absence du sapin nous semble pouvoir résulter de choix délibérés (taxonomique ou au niveau de l'aire d'approvisionnement), elle nous renseigne tout au plus sur la conception selon laquelle il n'était pas perçu comme un combustible *adapté* à ces structures de combustion. À l'inverse, dans les sites d'extraction de minerai de cuivre tyroliens à la fin de l'âge du Bronze et au début de l'âge du fer, les conifères (dont le sapin) semblent avoir été délibérément choisis comme combustibles pour l'abattage par le feu (Heiss & Oeggl, 2008). L'absence du sapin en anthracologie ne nous renseigne pas non plus sur la non-fréquentation de la hêtraie-sapinière dans le cadre d'autres activités ; le sapin a pu être valorisé en tant que matériau de construction, comme à la Heuneburg (âge du Fer), où il a largement été utilisé comme bois d'œuvre (Million *et al.,* 2018). Les résultats dendrologiques obtenus pour les stations littorales de la région genevoise occupées à l'âge du Bronze sont très homogènes (Hurni *et al.*, 2011) : le chêne caducifolié est toujours très majoritaire (au Plonjon par exemple, contemporain du Pré-du-Stand, il représente plus de 90 % du bois d'œuvre). L'érable, le frêne, le hêtre, l'aulne et le sapin font partie des taxons fréquents, mais se retrouvent en bien moindres proportions (Hurni *et al.*, *ibid*.). Ces données suggèrent que la gestion du bois d'œuvre et du bois de feu auraient pu être interconnectées au sein d'un même espace ou, du moins, s'effectuer dans un même milieu. Au Plonjon, le bois d'œuvre (chêne) est issu d'une gestion forestière en taillis ; les arbres exploités proviennent de cépées, rejets multiples d'une même souche (Hurni *et al., op. cit*.). Ce type de milieu est particulièrement favorable au développement du noisetier, lequel a une tendance naturelle à rejeter de souche et dont la

coupe annuelle (élagage) augmente la productivité (Silvestri *et al.*, 2021). Les rejets du noisetier fournissent du bois de qualité, lequel aurait pu être utilisé pour la fabrication de clayonnages, mais la non-préservation des éléments de parois des habitats de l'âge du Bronze dans la région ne nous permet pas d'en avoir le cœur net (Corboud, comm. écrite). De toute évidence, le noisetier a également été utilisé comme combustible au Pré-du-Stand. Ses forts pourcentages dans la structure 70 pourraient refléter une phase spécifique de la vie du foyer (dernière utilisation ?), possiblement en lien avec un épisode de taille de l'arbuste. Cette hypothèse n'est pas incompatible avec l'extrême rareté des altérations dues à l'action des champignons xylophages observée au sein de la microstructure du bois carbonisé de noisetier, laquelle nous permet d'envisager l'utilisation de bois sain et donc potentiellement, de bois coupé vivant.

Processus de combustion et fonctionnalités des foyers à remplissage de pierres

De manière générale, la rareté des dégradations liées à l'action des champignons xylophages observées sur le matériel du Pré-du-Stand nous permet d'avancer que le choix s'est plutôt porté sur du bois sain. Cette catégorie peut renvoyer à la mise au feu de bois vert, de bois vert séché au préalable sous abri, voire de bois mort sur pied ou au sol à un stade peu avancé d'investissement du bois par les agents de dégradation (Henry & Théry-Parisot, 2014). Notons que cette observation est valable pour les taxons autres que le chêne à feuillage caduc, lesquels présentent une durabilité plutôt faible vis-à-vis des agents xylophages (Triboulot, 2001/2002 ; Zabel & Morell, 1992). En effet, le chêne est une essence riche en tanins très résistante à l'action des champignons xylophages. Par conséquent, seuls les assemblages de charbons issus de la combustion de chêne caducifolié dans un état de dégradation extrême se caractérisent par des proportions significatives d'altérations microscopiques (Henry, 2011).

L'utilisation de bois vert permettrait par exemple de ralentir la combustion et/ou de produire de la fumée, parfois nécessaire dans le traitement thermique de certaines matières notamment animales (boucanage, fumage). Pour ce type d'activité, le bois choisi est généralement du bois de feuillu, la fumée des conifères pouvant être réputée toxique pour le traitement des aliments (Henry *et al.*, 2018). De telles fonctions sont parfois envisagées pour les fosses-foyer, notamment lorsque des trous de pieux sont reconnus aux abords de telles structures, suggérant un moyen d'accrocher les aliments à fumer (David-Elbiali, 1995). Dans tous les cas, l'utilisation de bois non dégradé nous renseigne sur le fait que les propriétés combustibles des essences étaient préservées[5], permettant une durée de combustion plus longue. Il semblerait donc que le bois ait été choisi avec soin, bien que les dispositifs à pierres chauffées permettent de s'affranchir en partie du problème du combustible et de produire une chaleur plus régulière et durable.

Le fait que le bois soit sain ou dégradé a d'ailleurs été un argument pour discuter de la fonctionnalité des foyers empierrés potentiellement spécialisés ; ainsi, à Falländen-Hinterdorf et Falländen-Wigarten, les attaques de xylophages reconnues sur certains charbons issus de fosses-foyers mènent W. Schoch à conclure que ces derniers ont été alimentés de bois mort au sol, et donc à exclure une fonction métallurgique ou la production de charbon de bois (Bauer *et al.,* 1992 : 32, 45). Hasler *et al.* (2003) remettent en cause cette interprétation, argumentant que ces stigmates peuvent se produire lors du séchage du bois et que le bois mort convient parfaitement aux activités de charbonnage. Ces derniers utilisent divers arguments pour proposer une fonction de charbonnière sur les sites du Château Blanc et du Puech d'Auzet, dans le Sud de la France. Les arguments anthracologiques mobilisés portent sur le caractère monospécifique du dépôt, la grande taille des fragments de charbon et de fortes proportions de charbons vitrifiés (65 %). La fosse de combustion St. 52 du Pré-du-Stand ne partage pas les caractéristiques énoncées pour ces foyers. On peut noter une occurrence légèrement plus importante de charbons vitrifiés que dans les autres structures, mais ce phénomène reste anecdotique et pourrait simplement renvoyer au fait que la St. 52 a pu fonctionner en atmosphère réductrice. En effet, un milieu réducteur semble indispensable à la formation de charbons vitrifiés, qu'ils soient issus de structures de combustion anthropiques ou d'incendies naturels (Carrión, 2005). Les résultats d'une expérimentation en conditions contrôlées, lors de laquelle des charbons de bois vitrifiés ont pu être produits, parlent également en ce sens (Henry, 2011). Toutefois, ce paramètre n'explique pas tout et c'est plutôt l'interaction complexe entre les conditions de la pyrolyse et d'autres facteurs (taux d'humidité, état sanitaire, (micro)composition chimique du bois, etc.) qui présiderait à l'apparition du phénomène (Henry, 2011 ; Marguerie *et al.*, 2010 ; Courty *et al.*, 2020). Quel qu'en ait été l'usage, la St. 52, par sa profondeur, son remplissage de pierres et la présence d'une couche d'argile contribuant à une bonne isolation remplit des caractéristiques favorables à la cuisson à l'étouffée, sans flammes. En l'absence d'autres éléments, il semble difficile de trancher quant au mode d'utilisation de

5. En opposition aux propriétés combustibles très amoindries du bois dégradé, dont la combustion est rapide (combustion-éclair, Théry-Parisot, 2001).

cette structure. Des analyses sur d'éventuels encroûtements amorphes présents dans les pierres des foyers permettraient peut-être d'aller plus loin, comme sur les foyers Bronze final/Fer du Hameau des Laurons (Var), où la chimie organique a révélé le traitement thermique de matières carnées, mais aussi végétales, laissant envisager avec plus de certitudes une fonction culinaire (Dubesset *et al.* 2016).

6. Conclusion

L'étude du remplissage anthracologique de quatre structures de combustion du Bronze final a permis de mettre en évidence l'utilisation d'un nombre relativement restreint de taxons et, par là même, l'existence d'une possible sélection ayant concerné des taxons fréquents dans l'environnement immédiat du site et facilement disponibles.

Sur le plan qualitatif, les similitudes entre les combustibles ligneux employés d'un foyer à un autre sont grandes, alors que la typologie de ces derniers est très variable (foyer non structuré, structures empierrées, fosse-foyer à remplissage de pierres). L'hypothèse la plus plausible consiste donc à proposer que certains taxons communs de la végétation genevoise du Subboréal, principalement le chêne, le noisetier et le hêtre, étaient systématiquement utilisés et possiblement perçus par les populations comme des bois de feu appropriés pour répondre aux fonctions des foyers. Au vu de la liste taxonomique, similaire à celle mise en évidence pour le bois d'œuvre utilisé dans les stations littorales voisines, il est possible que l'approvisionnement en bois de feu se soit effectué au sein du même type de milieu, à savoir une chênaie exploitée en taillis.

En ce qui concerne les caractéristiques des bois utilisés, on remarque une possible préférence pour le bois sain (coupé et séché sous abri, mort sur pied ou vert), lequel possède encore toutes ses propriétés calorifiques, en sachant que les dispositifs à pierres chauffées permettent dans une certaine mesure de s'affranchir des propriétés du combustible pour produire l'énergie calorifique requise. Les caractéristiques générales des foyers et de leur remplissage anthracologique nous mènent à penser que l'objectif premier de ces structures de combustion n'était pas de produire du charbon, mais qu'ils appartenaient vraisemblablement à la catégorie des foyers culinaires. Un des paramètres dans le choix du combustible ligneux, au sein duquel le sapin est systématiquement absent, a donc pu également être d'ordre gustatif, pour peu que la cuisson se soit effectuée sans contenant. Bien qu'il soit parfois relativement aisé de déceler une sélection anthropique dans le bois de feu grâce à l'étude des charbons de bois, les raisons de cette sélection restent souvent sans réponse. Il ne fait cependant pas de doute que la multiplication des études anthracologiques permettra de repérer de grandes tendances mais aussi, des particularités qui contribueront à éclairer les comportements. Couplées aux autres données archéologiques et archéométriques, elles contribuent à éclairer les modes de fonctionnement et la nature de ces foyers, dont l'importance et la généralisation aux âges du Bronze et du Fer n'est plus à démontrer.

Remerciements

Les auteurs remercient vivement l'Office fédéral des routes (OFROU), et en particulier Alexander Von Burg et Sébastien Schneider ; le Service cantonal d'archéologie de Genève, et en particulier Michelle Joguin Regelin et Jean Terrier ; Prof. Gilbert Kaenel de l'Université de Genève pour sa relecture attentive ; Pierre Corboud, pour sa disponibilité ; Michel Tissot, agriculteur au Grand-Saconnex. Merci également aux trois relecteurs anonymes qui ont évalué cet article pour leurs remarques pertinentes.

Bibliographie

Ammann, B., Gaillard, M.-J., Lotter, A.F., 1996. Switzerland. *In* B.E. Berglund, H.J.B. Birks, M. Ralska-Jasiewiczowa, H.E. Wright (ed.). *Palaeoecological Events during the Last 15000 Years: Regional Syntheses of Palaeoecological Studies of Lakes and Mires in Europe*. Wiley, Chichester, 647-666.

Badal García, E., 1992. L'anthracologie préhistorique : à propos de certains problèmes méthodologiques. *In* J. L. Vernet (ed.). Les charbons de bois, les anciens écosystèmes et le rôle de l'homme. Montpellier, *Bulletin de la Société Botanique de France*, 139, (2-4) : 167-190.

Baehni, C., 1958. Caractéristiques de la flore genevoise. *Le Globe. Revue genevoise de géographie*, 97 : 115-126.

Battentier, J., Binder, D., Guillon, S., Maggi, R., Negrino, F., Sénépart, I., Tozzi, C., Théry-Parisot, I., Delhon, C., 2018. The environment of the last hunters-gatherers and first agro-pastoralists in the western Mediterranean region, between the Rhone and the Northern Apennines (7th-6th millennium cal. BCE): Attractiveness of the landscape units and settlement patterns. *Quaternary Science Reviews*, 184 : 167-182.

Baudais, D., Piuz, V. (ed.), 2003. Prez-vers-Siviriez « La montaneire ». Un habitat de l'âge du Bronze dans la Glâne. *Archéoogie Fribourgeoise*, 18.

Bauer, I., Fort-Linksfeiler, D., Ruckstuhl, B., Hasenfratz, A., Hauser, C., Matter, A., 1992. *Bronzezeitliche Landsiedlungen*

und Gräber. Monographien der Kantonsarchäologie Zürich 11. FO-Publishing.

Beausoleil, J.-M., Poirier, P., Pèpe, C., Rocher, P., 2007. Un alignement de fours à pierres chauffées du premier âge du Fer : la ligne de feux d'Eyrein (Corrèze). *Documents d'Archéologie Méridionale*, 29-30 : 75-111.

Besse M., Piguet M., Steimer-Herbet T., André I., Bystritzsky-Papilloud A.,Carbone A., Debard J., Gehres B., Guélat M., Henry A., Hofstetter T., Mens E. (accepté). 4 500 ans d'occupation au Pré-du-Stand (Grand-Saconnex – Genève). *Annuaire d'Archéologie Suisse*.

Besse, M., Piguet, M., Carbone, A., Henry, A., Girardclos, S., Debard, J., Hofstetter, T., Bystritzsky-Papilloud, A., Steimer, T., 2021. Funerals during the Second Iron Age : A newly discovered sepulchral ensemble reveals practices in Western Switzerland (Pré-du-Stand, Geneva). *Journal of Anthropological and Archaeological Sciences*, 4 (5): 562-586.

Black, S. L., Thoms, A. V., 2014. Hunter-Gatherer Earth Ovens in the Archaeological Record: Fundamental Concepts. *American Antiquity*, 79, (2): 203–226.

Boisaubert, J.-L., Bugnon, D., Mauvilly, M., 2008. Archéologie et autoroute A1, destins croisés. 25 années de fouilles en terres fribourgeoises, premier bilan (1975-2000). *Archéologie Fribourgeoise*, 22.

von Burg, A., Pillonel, D., 2003. Bevaix/La Prairie-ouest (Neuchâtel, Suisse). Datations multiples d'une fosse-foyer rectangulaire du Bronze final (typologie de la céramique, dendrochronologie, 14C, et archéomagnétisme). *In* M.-C. Frère-Sautot (ed.). *Le feu domestique et ses structures au Néolithique et aux âges des métaux. Actes du colloque de Bourg-en-Bresse et Beaune, 7 et 8 octobre 2000.* M. Mergoil, Millau, 543-553.

Carrión, Y., 2005. La vegetación mediterránea y atlántica de la Península Ibérica. Nuevas secuencias antracológicas, Serie de Trabajos Varios del S.I.P., 104.

Castelletti, L., 1984. Il combustibile legnoso negli insediamenti Mesolitici dell'Italia Settentrionale. *Preistoria Alpina, Museo Tridentine di Scienze Naturale*, 19: 235-242.

Chabal, L., 1991. L'Homme et l'évolution de la végétation méditerranéenne des âges des métaux à la période romaine ; recherches anthracologiques théoriques, appliquées principalement à des sites du Bas-Languedoc. Thèse de doctorat, Université de Montpellier 2, France.

Chabal, L., 1997. Forêts et sociétés en Languedoc (Néolihique final, Antiquité tardive). L'anthracologie, méthode et paléoécologie. *DAF* nº 63. Maison des sciences de l'Homme, Paris.

Chabal, L., Fabre, L., Terral, J.F., Théry-Parisot, I., 1999. L'Anthracologie. *In* A. Ferdière (ed.). *La Botanique*. Ed. Errance, Paris, 43-103.

Corboud, P., 2017a. Genève, il y a 3000 ans. Chronique d'une fouille dans le village préhistorique du Plonjon. Gollion : Infolio, et Genève : Office du patrimoine et des sites.

Corboud, P., 2017b. La contribution des sites littoraux préhistoriques genevois à la connaissance des fluctuations du niveau du Léman. *In* J. Terrier (ed.). *Archéologie genevoise 2014-2015*, (3) : 7-17.

Courty, M.-A., Allué, E., Henry, A., 2020. Forming mechanisms of vitrified charcoals in archaeological firing-assemblages. *Journal of Archaeological Science: Reports,* 30 : 102215.

David-Elbiali, M., 1995. Genève-Parc de la Grange-Tente Botta: vestiges de la fin du Bronze final. *Annuaire de la Société suisse de préhistoire et d'archéologie*, 78 : 164-167.

David-Elbiali, M., Dunning, C., 2004. Le cadre chronologique relatif et absolu au nord-ouest des alpes entre 1060 et 600 av. J.-C. *In* G. e. D. Bartoloni Filippo (ed.). *Oriente e occidente : Metodi e discipline a confronto : Riflessioni sulla cronologia dell'età del ferro italiana*. Pisa-Roma, Istituti editoriale poligrafici internazionali, 145-195.

David-Elbiali, M., Moinat, P., 2005. Le Bronze final de la Suisse occidentale : révision du cadre chronotypologique, grâce aux découvertes de la nécropole de Lausanne-Vidy (canton de Vaud, Suisse). *Bulletin de la Société Préhistorique Française*, 102, (3) : 613-623.

Delhon, C., 2016. Les assemblages de charbons en dépôts « concentrés » : une nouvelle méthode de calcul pour améliorer leur représentativité du bois mis au feu. *Archéosciences*, 40 : 7-15.

Delhon, C., 2018. Is choice acceptable? How the Anthracological Paradigm May Hinder the Consideration of Fuel Gathering as a Cultural Behaviour. *Environnemental Archaeology,* 26, (2) : 159-167.

Dubesset, D., Garnier, N., Sivan, O., Figueiral, I., Sargiano, J.P., Tramoni, P., Bourgarel, N., 2016. Les foyers à pierres chauffantes du Hameau des Laurons (Les Arcs-sur-Argens, Var). *Documents d'archéologie méridionale*, 37 : 25-50.

Dupont, F., Lecomte, B., Liagre, J., Rivière, J., Simon, J., 2011. Un établissement du début du premier âge du Fer en Eure-et-Loir : Sours, Les Ouches. *Revue archéologique du Centre de la France*, 20 : 45-108.

Frère-Sautot, M.-C. (ed.)., 2003. *Le feu domestique et ses structures au Néolithique et aux âges des métaux*. M. Mergoil, Millau.

García-Piquer, A., Lozano, J.-M., March, R. J., Estévez-Escalera, J., 2018. An experimental ethnoarchaeology and analytical approach to fire-related management strategies in a hunter–fisher–gatherer society from the southern tip of Tierra del Fuego (Argentina). *Ethnoarchaeology* 10 (2) : 121-140.

Gascó, J., 2002. Structures de combustion et préparation des végétaux de la Préhistoire récente et de la Protohistoire en France méditerranéenne. *Civilisations*, 49, (1-2) : 285-309.

Gascó, J., Muller-Pelletier, K., 2007. L'étude des foyers de la Préhistoire : historique, modalités, variantes et perspectives nouvelles. *In* J. Evin (ed.). *Un siècle de construction du discours scientifique en Préhistoire* 3 *« …aux conceptions d'aujourd'hui »,* 323-339, vol. 3.

Girardclos, S., Fiore, J., Rachoud-Schneider, A.-M., Baster, I., Wildi, W., 2005. Petit-Lac (Western Geneva) environment and climate history from deglaciation to the present: a synthesis. *Boreas*, 34 : 417-433.

Hajdas, I., 2008. Radiocarbon dating and its applications in Quaternary studies. *E&G Quaternary Science Journal*, 57 : 2-24. DOI : 10.3285/eg.57.1-2.1.

Hart, P., 2016. Gerstheim (Bas-Rhin), Domaine de Bancalis. Un site avec structures à galets chauffés de l'âge du Bronze final. Nouvel apport à l'étude de ces structures et des sites correspondants, Mémoire de master, Université de Strasbourg, France.

Hasler, A., Fabre, L., Carozza, L., Thiébault, S., 2003. Les foyers à pierres chauffées de Château Blanc (Ventabren, Bouches-du-Rhône, France) et du Puech d'Auzet (Millau, Aveyron, France). *In* M.-C. Frère-Sautot (ed.). *Le feu domestique et ses structures au Néolithique et aux âges des métaux. Actes du colloque de Bourg-en-Bresse et Beaune, 7 et 8 octobre 2000.* Monique Mergoil, Montagnac, (Préhistoire, 9) : 37-50.

Heiss, A., Oeggl, K., 2008. Analysis of the fuel wood used in Late Bronze Age and Early Iron Age copper mining sites of the Schwaz and Brixlegg area (Tyrol, Austria). *Vegetation History and Archaeobotany,* 17 : 211-221.

Henry, A., 2011. Paléoenvironnements et gestion du bois de feu au Mésolithique dans le sud-ouest de la France : anthracologie, ethnoarchéologie et expérimentation. Thèse de doctorat, Université de Nice-Sophia Antipolis, France.

Henry, A., Théry-Parisot I., 2014. From Evenk campfires to prehistoric hearths: charcoal analysis as a tool for identifying the use of rotten wood as fuel. *Journal of Archaeological Science*, 52, 321-336.

Henry, A., Zavadskaya, E., Alix, C., Kurovskaya, E., Beyries, S. 2018. Ethnoarchaeology of Fuel Use in Northern Forests: Towards a Better Characterization of Prehistoric Fire-Related Activities, *Ethnoarchaeology*, 10 (2) : 99-120.

Hinguant, S., Le Goff, E., Gebhardt, A., Grall, B., Maguer, P., Marguerie, D., 1998. Un site de l'Age du Fer stratifié en milieu rural : l'établissement de Keralio à Pont-L'Abbé (Finistère). *Revue archéologique de l'ouest*, 15 : 59-114.

Hurni, J.-P., Tercier, J., Orcel, C., 2011. Rapport d'expertise dendrochronologique – Site du Plongeon. Service de la renaturation des cours d'eau, Genève. Réf. LRD11/R6575.

Joly, D., March, R., Marguerie, D., Yacobaccio, H., 2009. Gestion des combustibles dans la province de Jujuy (Puna, Argentine) depuis l'Holocène ancien : croisement des résultats ethnologiques et anthracologiques. *In* I. Théry-Parisot, S. Costamagno, A. Henry (eds.). *Fuel managment during the Palaeolithic and Mesolithic period. New tools, new interpretations. Proceedings of the XV World congress (Lisbon, 4-9 september 2006).* Oxford, Archaeopress, 39-56.

Leierer, L., Jambrina-Enríquez, M., Herrera-Herrera, A.V., Connolly, R., Hernández, C.M., Galván, B., Mallol, C., 2019. Insights into the timing, intensity and natural setting of Neanderthal occupation from the geoarchaeological study of combustion structures: a micromorphological and biomarker investigation of El Salt, unit Xb, Alcoy, Spain. *PLoS ONE* 14 (4). DOI : 10.1371/journal.pone.0214955.

Lotter, A. F., 1999. Late-glacial and Holocene vegetation history and dynamics as shown by pollen and plant macrofossil analyses in annually laminated sediments from Soppensee, central Switzerland, *Vegetation History and Archaeobotany*, volume 8.

March, R. J., 2003. Les structures de combustion du Bronze final des giseents « Le Closeau » et « La Jonchère » Hauts-de-Seine, France) : un aperçu de leur mode de fonctionnement. *In* M.-C. Frère-Sautot (ed.). *Le feu domestique et ses structures au Néolithique et aux âges des métaux*. M. Mergoil, Millau, 143-175.

Marguerie D., Bernard, V., Bégin, Y., Terral, J.-F., 2010. La Dendroanthracologie. *In* S. Payette, L. Filion (ed.). *La dendroécologie*. Presses de l'Université Laval, Québec.

Marguet, A., Bintz, P., Nicod, P.-Y., Picavet, R., Rey, P., Thirault, E., 2008. Éléments pour une histoire du peuplement nord-alpin français entre 10000 et 2700 BP. *In* M. Desmet (ed.). *Du climat à l'homme : Dynamique holocène de l'environnement dans le jura et les alpes. Actes du colloque GDR JURALP*. Le Bourget-du-Lac, Université de Savoie, Labo. Edytem, 225-252.

Mauvilly, M., 2008a. Münchenwiler/Im Loch 1. *In* J.-L. Boisaubert, D. Bugnon, M. Mauvilly (ed.). Archéologie et autoroute A1, destins croisés. 25 années de fouilles en terres fribourgeoises, premier bilan (1975-2000). *Archéologie Fribourgeoise*, 22 : 117-121.

Mauvilly, M., 2008b. Cugy/Le Trembley. *In* J.-L. Boisaubert, D. Bugnon, M. Mauvilly (ed.). Archéologie et autoroute A1, destins croisés. 25 années de fouilles en terres fribourgeoises, premier bilan (1975-2000). *Archéologie Fribourgeoise*, 22 : 199-203.

Mauvilly, M., Murray C., Boisaubert, J.-L., Antenen, I., Kanellopoulos, K., Marras, R., 2003. Structures de combustion au singulier et au pluriel sur différents sites de la fin de l'âge du Bronze/début de l'âge du Fer dans la région des Trois Lacs (Suisse): première présentation et premier bilan. *In* M.-C. Frère-Sautot (ed.). *Le feu domestique et ses structures du Néolithique aux Ages des Métaux*. Actes du Colloque de Bourg-en-Bresse et Beaune (2000) Montagnac, 493-506.

Million, S., Eisenhauer, A., Billamboz, A., Rösch, M., Krausse, D., Nelle, O., 2018. Iron Age utilization of silver fir (*Abies alba*) wood around the Heuneburg – Local origin or timber import ? *Querternary International*, 463 : 363-375.

Ntinou, M., 2002. *La paleovegetación en el Norte de Grecia del Tardiglaciar hasta el Atlántico: formaciones vegetales, recursos y usos*. BAR International Series 1038, Oxford, Archaeopress.

Olive, M., Taborin, Y. (ed.), 1989. *Nature et fonction des foyers préhistoriques*. Actes du Colloque de Nemours 1987 M.M.P.I.F. 2 Nemours.

Pasche, S., Maire, A.-L., Sciacca, S., Bourguignon, Y., Martin, P., Mombrial, F., Prunier ,P., 2020. Chênaies mésophiles ou hygrophiles. Fiches descriptives des milieux genevois. Office cantonal de l'agriculture et de la nature, Conservatoire et Jardins botaniques de la Ville de Genève, Haute école du paysage, d'ingénierie et d'architecture de Genève. 16 p.

Perlès, C., 1977. *Préhistoire du Feu*. Masson, Paris.

Pernaud, J.-M., 1992. L'interprétation paléoécologique des charbons concentrés dans les fosses-dépotoirs protohistoriques du Carrousel (Louvre, Paris). *In* J. L. Vernet (ed.). Les charbons de bois, les anciens écosystèmes et le rôle de l'homme. Montpellier, *Bulletin de la Société Botanique de France*, 139, (2-4) : 329-341.

Perrin, T., 2014. Méthodes pour l'appréhension raisonnée d'une série de dates radiocarbone : de l'histogramme cumulatif à la modélisation bayésienne. *In* I. Sénépart, F. Leandri, J. Cauliez, T. Perrin, E. Thirault (ed.). *Chronologie de la Préhistoire récente dans le Sud de la France. Actualité de la recherche. Actes des 10e Rencontres Méridionales de Préhistoire Récente, Porticcio, 18-20 octobre 2012.* Editions Archives d'Ecologie Préhistorique, Toulouse, 11-22.

Phillips, P., Vaquer, J., Coularou, J., 1987. Contribution à l'étude des cuvettes de combustion à remplissage de pierres chauffées. *In* J. Guilaine, J. Courtin, J.-L. Roudil, J.-L. Vernet (ed.). *Premières communautés paysannes en Méditerranée occidentale*. Éditions du CNRS, Paris, 719-726.

Pranyies, A., 2008. « Grièges ». *ADLFI. Archéologie de la France – Informations* [En ligne], Rhône-Alpes, mis en ligne le 01 mars 2008, consulté le 13 mars 2019. URL : http://journals.openedition.org/adlfi/1608.

Pranyies, A., Argant, T., Granier, F., Moulin, B., Schaal, C., 2012. Les batteries de foyers à pierres chauffantes de la fin de l'âge du Bronze et du début du premier âge du Fer. Des vestiges de repas collectifs sur le site de Grièges (Ain) ? *Gallia*, 69, (2) : 1-54.

Rachoud-Schneider, A. M., 1999. Le Léman palynologique depuis le dernier âge glaciaire. *In Découvrir le Léman 100 ans après François-Alphonse Forel*. Actes du colloque pluridisciplinaire de Nyon, septembre 1998. Diffusions, Nyon-Genève, 432-450.

Ramseyer, D., 2003. Les fosses à galets chauffés de Suisse occidentale. *In* M.-C. Frère-Sautot (ed.). *Le feu domestique et ses structures au Néolithique et aux âges des métaux.* M. Mergoil, Millau, 71-76.

Reimer, P., Austin, W., Bard, E., Bayliss, A., Blackwell, P., Bronk Ramsey, C., Butzin, M., Cheng, H., Edwards, R., Friedrich, M., Grootes, P., Guilderson, T., Hajdas, I., Heaton, T., Hogg, A., Hughen, K., Kromer, B., Manning, S., Muscheler, R., Palmer, J., Pearson, C., van der Plicht, J., Reimer, R., Richards, D., Scott, E., Southon, J., Turney, C., Wacker, L., Adolphi, F., Büntgen, U., Capano, M., Fahrni, S., Fogtmann-Schulz, A., Friedrich, R., Köhler, P., Kudsk, S., Miyake, F., Olsen, J., Reinig, F., Sakamoto, M., Sookdeo, A., Talamo, S. 2020. The IntCal20 Northern Hemisphere radiocarbon age calibration curve (0–55 cal kBP). *Radiocarbon*, 62.

Richard, L., 1971. *Carte écologique des Alpes au 1/100 000*. Université scientifique et médicale de Grenoble, Laboratoire de biologie végétale de Grenoble, Institut scientifique de Chambéry.

Rutot, A., 1907. Sur la connaissance du feu aux époques préhistoriques, *Bulletin de l'Académie royale de Belgique*, 2 : 87-93.

Schweingruber, F. H., 1990. *Anatomie europäischer Hölzer*. Paul Haupt, Bern und Stuttgart.

Silvestri, C., Bacchetta, L., Bellincontro, A., Cristofori, V., 2021. Advances in cultivar choice, hazelnut orchard management, and nut storage to enhance product quality and safety: an overview. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 101: 27-43.

Théry-Parisot, I., 2001. Économie des combustibles au Paléolithique. Expérimentation, anthracologie, taphonomie. *D.D.A.*, 20, CNRS Éditions, Paris.

Thiébault, S., 2005. L'apport du fourrage d'arbre dans l'élevage depuis le Néolithique. *Anthropozoologica*, 40, (1) : 95-108.

Thoms, A. V. (2017). Burned-rock features. *Encyclopedia of Earth Sciences Series*. 89-94.

Tinner, W., Lotter, F., 2006. Holocene expansions of *Fagus silvatica* and *Abies alba* in Central Europe: where are we after eight decades of debate? *Quaternary Science Reviews*, 25, (5-6) : 526-549.

Tinner, W., Lotter, F., Ammann, B., Conedera, M., Hubschmid, P., van Leeuwen, J. F.N., Wehrli, M., 2003. Climatic change and contemporaneous land-use phases north and south of the Alps 2300 BC to 800 AD. *Quaternary Science Reviews*, 22 : 1447-1460.

Triboulot, M.-C., 2001/2002. Le choix des essences de bois : la durabilité naturelle vis-à-vis des agents biologiques de dégradation. *Table ronde : Au fil du bois, thème : Caractéristiques des bois de menuiserie et du quotidien.* Cahiers transversaux Arc Scan III : 188-195.

Vernet, J.-L. (ed.) 2001. *Guide d'identification des charbons de bois préhistoriques et récents. Sud-Ouest de l'Europe: France, Péninsule ibérique et Îles Canaries*. Paris, CNRS Éditions.

Vital, J. (ed.). 1993. Habitats et sociétés du Bronze final au Premier âge du Fer dans le Jura : les occupations protohistoriques et néolithiques du Pré de la Cour à Montagnieu (Ain). (Monographie du CRA / Centre de recherches archéologiques du CNRS 11). CNRS Éditions, Paris.

Vital, J., Voruz, J.-L. (ed.). 1984. L'habitat protohistorique de Bavois-en-Raillon (Vaud). *Cahiers d'archéologie Romande*, 28. 231 p.

Werdenberg, K., Hainard, P., 2000. Les paysages végétaux du canton de Genève. *Série documentaire n° 34 des Conservatoire et Jardin botaniques de la Ville de Genève*. 68 p.

Zabel, R. A., Morrell, J. J., 1992. *Wood microbiology. Decay and its prevention*. Hartcourt Brace Jovanovich, Publishers, Academic Press Inc., San Diego.