



**HAL**  
open science

## Caractérisation des structures d'une forge antique : approche archéologique, géophysique et anthracologique

Michel Dabas, Nadine Dieudonné-Glad, Philippe Poirier

### ► To cite this version:

Michel Dabas, Nadine Dieudonné-Glad, Philippe Poirier. Caractérisation des structures d'une forge antique : approche archéologique, géophysique et anthracologique. *Archeosciences, revue d'Archéométrie*, 2002, 26, pp.142-154. 10.3406/arsci.2002.1029 . hal-02925465

**HAL Id: hal-02925465**

**<https://hal.science/hal-02925465>**

Submitted on 29 Aug 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.

**CARACTÉRISATION DES STRUCTURES D'UNE FORGE ANTIQUE :  
APPROCHE ARCHÉOLOGIQUE, GÉOPHYSIQUE ET ANTHRACOLOGIQUE.**

**STUDY OF A ROMAN SMITH WORKSHOP ORGANIZATION :  
ARCHAEOLOGICAL, GEOPHYSICAL AND ANTHRACOLOGICAL RESULTS.**

**Michel Dabas : CNRS et DGA, UMR7619, Université Paris VI, Tour 15-25, Boite  
105, 75252 Paris Cedex 05**

**Nadine Dieudonné-Glad : UMR 6589 CNRS, Faculté de Sciences Humaines,  
Université de Poitiers, 8 rue Descartes, 86022 Poitiers Cedex**

**Philippe Poirier : Docteur en biologie des populations et écologie, chercheur associé  
à l'UMR 5059 CNRS, Université Montpellier II, Institut de Botanique, 163 rue A.  
Broussonnet, 34090 Montpellier.**

## Résumé

Lors de la fouille d'un îlot de l'agglomération secondaire antique de *Rauranum* (Rom, Deux-Sèvres) un atelier de forge daté du II<sup>e</sup> siècle ap. J.-C a été mis au jour. L'organisation de cet espace ne pouvant être comprise d'emblée (absence de structures conservées), il a été décidé d'effectuer une cartographie de la densité de battitures dans la couche charbonneuse par mesure de la susceptibilité magnétique du sédiment. Celui-ci a été prélevé dans chacun des carrés à l'intérieur d'une maille fine (0,5 m). Après isolation des charbons de bois, une faible partie de chaque prélèvement a été utilisée pour la mesure de la susceptibilité magnétique. Les résultats obtenus montrent que le traitement infligé au sédiment lors du tamisage à l'eau pour séparer les charbons de bois n'est source d'aucun inconvénient lors de la mesure de la susceptibilité magnétique. Deux zones de susceptibilité particulièrement forte ont été mises en évidence. L'organisation déduite de la carte de susceptibilité magnétique correspond exactement à celle d'un autre atelier de forge daté de la fin du IV<sup>e</sup> siècle ap. J.-C. découvert dans le même bâtiment. L'emploi quasi exclusif des chênes caducifoliés est le résultat le plus marquant de l'étude anthracologique. Celui-ci peut correspondre soit à une habitude, soit à une volonté de ne retenir que ces essences pour les charbonnières dans des formations boisées éventuellement gérées.

## Abstract

*During the excavation of a block of the Roman small town of Rauranum (Rom, Deux-Sèvres, France) a smithy dating from the 2nd century AD was discovered. The structures (anvil and hearth) were found totally destroyed and the inner organization of the workshop could not be understood at first glance. So, it was decided to map the density of hammerscales using sediment magnetic susceptibility measurement. Sediment was taken from the workshop layer in each of the 0.5 m large squares of a grid. After the withdrawal of the charcoal, a small part of each sample was used for magnetic susceptibility study. The results show that water sieving used for removing the charcoal from the sediment did not adversely impact the magnetic susceptibility measurement. Two areas of high magnetic susceptibility were evidenced. The organisation of the workshop inferred from the magnetic susceptibility map is the same as that of another smithy dating from the 4th century AD unearthed in the same building. The main result of the anthracological study is that oak was almost exclusively used for heating the metal. It can be linked either with a habit or with a management of areas wooded with oak trees.*

## **MOTS CLÉS**

paléométtallurgie, gallo-romain, forge, anthracologie, géophysique, susceptibilité magnétique.

*iron metallurgy, roman, smithy, anthracology, geophysics, magnetic susceptibility*

*Rauranum* est une agglomération figurant sur les deux principaux itinéraires antiques que sont la Table de Peutinger et l'itinéraire d'Antonin. Établi sur les formations calcaires qui constituent l'essentiel du sud de l'ancien Poitou, implanté dans une boucle de la Dive, rivière peu encaissée au débit assez faible, le site se trouve à l'intersection de plusieurs axes routiers importants durant l'Antiquité. En 1992, à la suite d'un projet de construction, un îlot de l'agglomération antique a été dégagé à "La Petite Ouche". Un programme d'étude de l'agglomération a alors été mis en place et, de 1993 à 1998, cinq campagnes de fouilles ont été menées à la "Petite Ouche". L'îlot étudié, bordé par deux rues est également desservi par une ruelle (fig.1). Au bord de la voirie principale, le bâtiment 1, vaste rectangle de 10 mètres sur 30 mètres, a abrité des ateliers de forges lors de deux phases d'occupations successives. L'atelier le plus ancien a été installé (fig.2) dans un espace gagné sur la rue lors d'une phase d'extension de la construction, datant probablement du II<sup>ème</sup> siècle (les éléments de datation sont très peu nombreux dans ces niveaux). A la fin du IV<sup>ème</sup> siècle ou au début du V<sup>ème</sup> siècle, le bâtiment a été réaménagé après une phase de ruine partielle. A cette période deux ensembles de vestiges témoignent d'une activité artisanale (fig.3). Dans l'espace qui accueillait antérieurement l'atelier de forgeron, a pris place un atelier de bronzier comportant un petit fourneau semi-sphérique creusé dans le sol jonché de fragments charbons de bois et de nombreux débris de tôle de bronze. Un nouvel atelier de forge dont les structures sont bien conservées a été installé au milieu de la façade est du bâtiment : à côté d'un foyer fait de tuiles posées à plat sur le sol, un bloc de pierre mouluré réemployé a été disposé pour servir d'enclume ou de support d'enclume. Les couches charbonneuses entourant la pierre et le foyer contiennent des résidus métallurgiques (fig.4). Contrairement à cet atelier tardif, le premier atelier a subi des réaménagements conduisant à la disparition des structures de travail (foyer et enclume), ce qui ne permettait pas d'appréhender son organisation de manière satisfaisante au moment de la fouille. Cependant, la couche d'occupation, très charbonneuse, contenait de nombreuses scories en calottes (26 kg), des fragments de "blocs tuyères" (7,8 kg) et des battitures attestant de l'existence d'une activité métallurgique à cet endroit. Les battitures (billes et plaques), en

particulier, sont des débris millimétriques d'oxydes de fer magnétiques qui s'accumulent autour de l'enclume et du foyer de forge car ils se détachent de la masse de métal au moment des manipulations effectuées par le forgeron et, surtout, au cours du martelage.

L'objectif poursuivi par cette étude est double : essayer de mettre en évidence l'organisation de l'atelier et de mieux connaître les techniques et les matériaux utilisés par le forgeron. Outre l'examen des débris métallurgiques proprement dits, pour lesquels une étude paléométallurgique est en cours, l'identification botanique des essences employées comme combustible revêt une importance particulière puisque l'atelier, situé en contexte d'habitat, voisinait avec des structures domestiques. Une étude globale de l'approvisionnement en bois du site et l'étude de son environnement arboré avait été entreprise dès la première campagne de fouille. Dans le cas de cet atelier, les charbons ont été prélevés selon la technique du tamisage en cuve par immersion du sédiment dans l'eau à partir d'échantillons de sédiment recueillis dans chaque élément d'un maillage carré de 0,5 m de côté (fig.5). Habituellement de 1 m de côté<sup>1</sup>, la maille a été volontairement réduite pour vérifier la reproduction de l'information anthracologique sur l'ensemble des unités de prélèvement. Il s'agissait donc d'une sécurité mise en place au moment de la fouille. En effet, l'analyse post-fouilles aurait pu révéler des anomalies non perceptibles sur le terrain mais vérifiables grâce à cette échelle fine d'observation. Dans le même ordre d'idée, le prélèvement s'est effectué par passes de 10 cm d'épaisseur dans les carrés où la couche était la plus épaisse, ce qui permettait de tenir compte éventuellement d'un paramètre de profondeur. Cette technique de prélèvement systématique et à petite maille était, de plus, tout à fait adaptée à une étude de détail de la répartition des battitures, permettant ainsi de recueillir des informations sur l'organisation de l'atelier. Une prospection géophysique a ainsi été effectuée à partir des échantillons de sédiment ayant servi à la collecte des charbons de bois (US 561).

Cette approche est novatrice, du moins en France<sup>2</sup>, car, généralement, les prospections géophysiques sont déclenchées sur le terrain dans la phase de diagnostic de l'étude d'un site. Elles visent à obtenir de manière non destructive la cartographie en plan des structures présentes dans le sol. La résolution des images obtenues est métrique et couvre une surface pouvant

---

<sup>1</sup> Les travaux de L. Chabal (Chabal 1991) montrent que les dimensions de la maille d'échantillonnage ne jouent pas sur le résultat. Cela est lié entre autres à la distribution uniforme des taxons et de leur fréquence.

dépasser plusieurs hectares. Dans le cas des bâtiments fouillés à Rom, l'intervention s'est déroulée pendant la phase post-fouille en laboratoire : la question initiale posée était de reconnaître à partir d'échantillons prélevés selon une maille régulière fine l'emplacement éventuel de l'enclume qui n'avait pas été trouvé pendant la fouille. La surface investiguée était petite et correspondait à 2,5 m de largeur sur 3,5 m de longueur. La géophysique a donc été utilisée ici dans un contexte assez rare de cartographie de détail en tant qu'aide à l'interprétation de la fouille.

## **PLAN DES STRUCTURES DE L'ATELIER : APPORT DE L'ETUDE GEOPHYSIQUE**

La méthode employée en géophysique devait être sensible à la présence des petits résidus métalliques (battitures) présents autour de l'emplacement supposé de l'enclume. Il était clair que la résistivité électrique utilisée majoritairement en prospection géophysique n'était pas le bon candidat et qu'il fallait se tourner vers des paramètres magnétiques. Les propriétés magnétiques des sols sont utilisées en géophysique depuis un certain nombre d'années pour la détection de structures à fort magnétisme rémanent comme les fours, les sols brûlés, les dépôts de scories mais aussi pour des structures dont les magnétismes sont plus faibles comme ceux associés à des structures de comblement tant naturelles qu'artificielles (paléocheneaux, trous de poteaux, fossés, douves, etc.).

### **Technique employée**

Deux groupes d'appareils sont utilisés pour la mesure de la susceptibilité : les appareils magnétiques et les appareils électromagnétiques. Les premiers mesurent les variations du champ magnétique, superposition du champ magnétique terrestre et du champ créé par les structures. Les seconds mesurent directement la susceptibilité magnétique. Le champ magnétique créé par les structures archéologiques est fonction à la fois du champ magnétique terrestre et de la susceptibilité magnétique de ces structures. La prospection magnétique est donc une mesure indirecte de la susceptibilité. Le développement des appareils magnétiques actuels permet par

---

<sup>2</sup> voir les travaux de Fassbinder pour l'Allemagne (Fassbinder, Stanjek, Vali 1990), ou de Weston pour

mesure en quasi-continu des champs magnétiques de couvrir des surfaces importantes rapidement (typiquement 1 ha en quelques heures avec une maille de 1 m<sup>2</sup>). Ils ne sont pas employés pour des mesures sur échantillon où l'on préfère induire un champ magnétique connu.

Certains appareils électromagnétiques de terrain, encore peu répandus, permettent de mesurer directement la susceptibilité magnétique. Mesurer directement ce paramètre présente plusieurs avantages par rapport à une prospection magnétique classique. Premièrement, les appareils électromagnétiques peuvent être moins sensibles à la présence des masses métalliques et autres parasites qui rendent inopérante la prospection magnétique dans certains contextes (en urbain en particulier). Deuxièmement, ces appareils ne sont pas tributaires du champ magnétique terrestre qui fluctue naturellement dans le temps et dont on doit donc compenser en permanence les variations. Troisièmement, les profondeurs d'investigation peuvent être facilement changées (écartement entre les bobines) contrairement aux méthodes magnétiques. Enfin, certains types de structures dont l'extension verticale est faible par rapport à l'extension horizontale ne sont pas détectables par la prospection magnétique contrairement aux méthodes électromagnétiques. Parmi, les désavantages des méthodes électromagnétiques, il faut signaler ceux liés à la mesure de champs faibles (par rapport au champ magnétique terrestre). En effet, l'électronique très sensible nécessite des "recalages" fréquents dans le temps. Enfin, ces appareils de terrain nécessitent des calibrations complexes afin d'obtenir des valeurs absolues de susceptibilité. Les appareils de laboratoire sont plus précis et plus stables, mais ne permettent que des mesures sur des échantillons de taille limitée.

### **Protocole de mesures**

Un pont de susceptibilité, le modèle ELSEC 780 de la société Littlemore Scientific Instruments a été utilisé (fig. 6). Il permet pour des échantillons jusqu'à 200 grammes de mesurer la composante en phase de la susceptibilité magnétique volumique dans une gamme entre 0 et  $1 \cdot 10^{-3}$  uem/g (unités cgs généralement adoptées, pour les avoir en SI, multiplier par 4  $\pi$ ), avec une résolution théorique de  $1 \cdot 10^{-7}$  uem/g. Les mesures ont été faites par Alexis Mojica



(Université de Panama) sur un modèle appartenant au Centre de Recherches Géophysiques de Garchy. La mesure est rapide et prend quelques secondes après avoir introduit la terre dans une bouteille porte-échantillon. L'appareil est un pont dont deux des branches consistent en un solénoïde. Le premier sert à compenser les effets de température. Dans le second solénoïde, on introduit l'échantillon après avoir effectué le zéro du pont. L'introduction de l'échantillon crée un déséquilibre (modification du coefficient d'induction mutuelle) que l'on corrige jusqu'à obtenir un zéro.

L'étalonnage absolu de l'appareil est vérifié par l'introduction de poudre de sulfate de manganèse hydraté de susceptibilité connue ( $840 \cdot 10^{-6}$  uem/g). Une attention particulière a été portée à l'homogénéité du champ créé par le solénoïde. En effet, le champ magnétique créé par le solénoïde n'est pas constant ni longitudinalement (maximum au centre et minimum aux extrémités), ni radialement (champ maximum à côté de spires). Ceci se traduira par le fait que la susceptibilité magnétique variera en fonction de la position dans le solénoïde dans la même mesure que le champ magnétique induit. Nous avons vérifié en utilisant un tout petit échantillon (30g), que la susceptibilité variait entre 100 et 190 (unités arbitraires) pour un échantillon introduit respectivement à 20 et à 60 mm de profondeur dans le solénoïde (fig.7). Si l'échantillon est homogène magnétiquement, à condition de respecter toujours les mêmes niveaux de remplissage dans le solénoïde, on obtiendra une mesure absolue. Dans le cas d'un échantillon non homogène, on obtiendra une mesure relative. L'appareil étant étalonné pour une quantité de matière de 100 g, on sera amené à effectuer une règle de trois afin de privilégier le même taux de remplissage plutôt que des poids identiques.

## Résultats

Quarante échantillons ont été analysés correspondant aux carrés de fouille A à G (sens est-ouest) et 1 à 4. Pour certains carrés, plusieurs échantillons avaient été obtenus (voir plus haut). Dans un premier temps, 30 grammes ont été prélevés dans chacun des sachets (500g) correspondant aux carrés de fouille. Les plus gros fragments de calcaire (vérifiés non magnétiques) pluri-millimétriques avaient été enlevés manuellement pour ne pas fausser le poids des échantillons dont seule la partie fine est porteuse de magnétisme. Les variations de

susceptibilité magnétique obtenues (tableau I) sont importantes puisqu'elles s'étagent entre 37 et  $287 \cdot 10^{-6}$  uem/g. On remarquera que pour certaines zones il n'y a que peu de différences entre les passes (A1, B1, B2, F2), alors que pour d'autres il peut exister un facteur 2 (C2, D1, D2, E2).

Dans un second temps, un tamisage a été effectué et l'on a séparé la portion entre 1 et 2 mm de la portion infra-millimétrique. De plus, cinq échantillons provenant du même sachet ont été prélevés pour faire une statistique (tableau II). On remarquera que la dispersion des mesures pour la portion fine reste faible (valeur médiane de 2%), sur chaque échantillon, traduisant à la fois la représentativité du volume prélevé, l'homogénéité du magnétisme dans l'échantillon et le bon fonctionnement de l'appareil. Les échantillons dont la variabilité est la plus importante (entre 5 et 7%) se situent en D1 et B1. Pour la fraction entre 1 et 2 mm, on obtient une variabilité légèrement supérieure (médiane 3%) avec des maxima de 8% toujours dans la région B1-D1.

On peut observer aussi en comparant les susceptibilités des deux fractions que la fraction supérieure à 1mm est généralement plus magnétique que la partie fine (jusqu'à 40%). Quelques exceptions existent à cette règle toujours dans la zone C1-D1. Enfin, en comparant au tableau I, on se rend compte que la susceptibilité des portions inférieures à 2 ou 1 mm, est toujours supérieure (médiane à 43%) aux échantillons non triés, traduisant simplement le fait que les porteurs magnétiques sont dans la portion inférieure à 2 mm, le calcaire n'étant pas magnétique. Il faut donc dans une telle étude tamiser les échantillons pour ne pas tenir compte des " blocs " de calcaire qui ont un poids trop important par rapport aux 30g de l'échantillon sélectionné.

Dans un dernier temps, nous avons représenté sous forme d'une carte d'isosusceptibilité les valeurs du tableau II pour les deux fractions granulométriques. Les cartes sont représentées en densité de couleur du bleu, valeurs les plus basses jusqu'aux valeurs de susceptibilité les plus élevées en rouge (fig.8).

### **Interprétation archéologique**

Ces cartes montrent clairement deux anomalies magnétiques centrées sur les carrés D1 et B2. Une anomalie beaucoup plus faible est centrée en E3. L'examen visuel et le test à l'aimant

du sédiment montre que le magnétisme est causé par la présence de battitures dans les échantillons, aussi bien pour l'anomalie D1 que B2. La confrontation du plan des anomalies avec celui des structures de la forge de la fin du IV<sup>ème</sup> siècle (fig.4) apporte un éclairage particulier à la question. On constate en effet une similitude parfaite de la distance entre les deux anomalies magnétiques et entre le foyer et l'enclume de l'atelier tardif. Le fait que le foyer de cet atelier soit placé au pied du mur du bâtiment, nous conduit donc à interpréter l'anomalie placée en D1 comme celle induite par les débris magnétiques accumulés autour du foyer de la forge, tandis que l'anomalie située en B2 serait liée à la présence de l'enclume. Le fait que le magnétisme soit plus important en valeur absolue en D1 conforte l'hypothèse d'un foyer où l'aimantation dite thermorémanente est plus forte que serait celle des battitures. Ce premier élément de réponse a conduit à une relecture de la documentation de terrain. Une photographie (fig.9) permet, en effet, de repérer la présence de quelques pierres non maçonnées au pied du mur, à l'emplacement de l'anomalie D1. Ces quelques pierres pourraient être les vestiges du soubassement d'un foyer construit. A travers l'exemple de ces deux forges, implantées dans le même bâti à des périodes différentes, nous pouvons donc proposer la constance de certains paramètres dans leur organisation, liés à des contraintes techniques :

- une distance entre le foyer et l'enclume de 1 m à 1,5 m doit être optimale pour éviter un refroidissement trop rapide du métal avant son martelage tout en permettant à l'artisan de s'éloigner de la chaleur du foyer
- la mise en place du foyer contre un mur permet d'être dans une zone d'ombre qui favorise la lecture des couleurs de température lors du chauffage du métal.

Cependant, une différence majeure oppose les deux ateliers puisque l'un possédait un foyer posé sur le sol et l'autre, semble-t-il, un foyer en élévation. La raison en est-elle technique ou culturelle ? Il n'est pas assuré qu'une étude des autres déchets de l'atelier (scories, battitures et chûtes de métal) permette de trancher la question.

## L'APPROVISIONNEMENT EN COMBUSTIBLE DE LA FORGE : APPORT DE L'ANTHRACOLOGIE

Les objectifs de l'étude anthracologique sont de caractériser la nature du combustible employé pour le foyer de la forge (liste des taxons) ainsi que l'approvisionnement et la nature du territoire correspondant. Ceci est possible pour trois raisons :

- Le mobilier et l'analyse archéologiques montrent que l'espace de travail était clairement séparé des zones "domestiques". Il ne peut donc y avoir de "mélange" entre les charbons issus de combustibles employés pour les usages domestiques avec ceux qui furent employés pour cette activité spécialisée. Il aurait alors été impossible de distinguer les deux informations anthracologiques. Ce problème a été soulevé par l'analyse des résultats de la forge gallo-romaine de "La Ramière" à Roquemaure dans le Gard (Maufras, Fabre 1998).
- Le temps de formation de l'US 561 (niveau de fonctionnement ayant enregistré les témoins de l'activité de la forge) est supérieur à quelques feux. De ce fait, on obtient une vision synthétique et la possibilité d'analyser le comportement à partir du spectre anthracologique moyennant un échantillonnage représentatif de la couche et un effectif suffisant. En effet, il ne s'agit *a priori* ni du contenu du foyer (derniers fonctionnements) ni de la réserve de combustible. De ce fait, les données correspondent à un temps de fonctionnement suffisamment long pour ne pas être des aléas d'approvisionnement liés à une durée d'utilisation courte ou à un dépôt ponctuel. Cela limiterait l'intérêt du spectre anthracologique obtenu par rapport aux objectifs de l'étude en raison du caractère instantané auquel il correspondrait<sup>3</sup> (Espérou *et al.* 1994 ; Passelac 1998<sup>4</sup>).
- La méthode de prélèvement utilise une maille d'échantillonnage fine de 0,5 cm de côté. En ce qui concerne la maille de tamisage (2 mm), elle permet d'obtenir une liste taxinomique qui n'induit pas artificiellement une sur-représentation des taxons les plus fréquemment employés. Ceci est appuyé par l'étude comparée des échantillons anthracologiques obtenus avec des mailles de tamis de 10, 5 et 2,5 mm à "La Ramière" (Maufras, Fabre 1998) Enfin, les volumes

---

<sup>3</sup> Cependant, il ne faut pas négliger l'intérêt de tels dépôts. Ils permettent par l'examen dendrologique d'aborder des questions relatives à la saison d'abattage, au travail du bois, etc. (Cf. travaux de D. Marguerie, 1992).

prélevés permettent pour l'ensemble de la couche d'obtenir une liste taxinomique importante si de nombreuses essences ont été employées. A Chassenon (Charente), par exemple, deux dépôts cendreux et charbonneux (US 5031 et 5033) consécutifs aux vidanges des *praeefurnia* (fig.11)<sup>5</sup> vérifient ce constat général lorsque la richesse taxinomique est importante. Or, la maille d'échantillonnage employée était plus fine que celle de Rom (0,25 sur 0,25 m) et les volumes prélevés étaient du même ordre pour US 5031 et de 3 à 8 l pour US 5033 (Poirier 1999). On peut noter que les bois tendres y étaient bien représentés (aulnes, saules, peupliers). De plus, les spectres avaient une cohérence écologique conforme aux modèles des végétations définies pour le secteur de la Haute-Charente (Lavergne 1969 ; Baron 1996). Cela rejoint les constats fait pour des niveaux dispersés pour lesquels la distribution des taxons et leur fréquence est relativement uniforme (Chabal 1988 ; Heinz 1988 ; Figueiral 1990).

## Résultats

### Spectre anthracologique de l'US 561 :

Trois taxons ont été identifiés (fig.12) pour 1030 charbons de bois. La prédominance des chênes caducifoliés est à noter (99,2 %) mais il n'y a pas monospécificité. En effet, quelques fragments de hêtres et de frênes sont présents. Les espèces correspondantes peuvent appartenir aux végétations potentielles définies pour les environs de Rom (Corillion, Guerlesquin 1974 ; Baron 1996).

Cette pauvreté taxinomique limite l'analyse de la distribution des taxons et de leur fréquence relative respective. Il peut être constaté seulement que les effectifs sont plus importants dans la partie ouest du plan d'échantillonnage (colonnes D à G) que dans l'autre partie. La distribution du hêtre et des frênes semble marquée au nord-ouest mais l'unité de prélèvement B2 indique la présence du hêtre. Leur absence pour d'autres carrés peut être liée à un effectif faible (10 à 30 charbons de bois) témoignant d'une dispersion moins prononcée dans le secteur est du plan.

Ces essences sont compatibles avec le type de feu recherché. Mais dans le cas présent, le fait que le combustible a du être employé sous forme de charbon de bois limite l'intérêt de cette

---

<sup>4</sup> Etude anthracologique L. Chabal.

propriété des bois denses (production d'une température soutenue sur la durée). Même si l'anthracologie ne peut pas actuellement répondre à cette question (Chabal *et al.* 1999), des considérations liées aux propriétés combustibles du charbon de bois et à la nature du feu obtenu confortent en effet cette base d'interprétation généralement admise : le pouvoir calorifique (énergie potentielle) du charbon est le double de celle du bois sec (Briane, Doat 1985). La nature des essences ne semble jouer ni sur la quantité d'énergie libérée pour une même masse ni sur le rendement en charbon (Dubois 1990). L. Trabaud (Trabaud 1989 : 50) rappelle en évoquant les forgerons que le feu produit est "d'une chaleur intense, beaucoup plus que la plupart des feux avec des flammes". On peut aussi se référer aux auteurs antiques *Théophraste (Histoire des plantes - H.P.)* et *Plin l'Ancien (Histoire Naturelle - H.N.)*<sup>6</sup> pour la fabrication du charbon et les références à son emploi pour les forges.

En conclusion, deux enseignements sont à tirer de ce spectre anthracologique : D'abord, il y a peu de taxons, ensuite, la quantité de charbons semble plus importante dans la périphérie de l'atelier (fig.13). Cependant, il faut noter que les plans d'échantillonnages anthracologiques sont conçus pour étudier la distribution des taxons et celle de leur fréquence, pas la distribution de leur effectif. Il permet de vérifier que l'échantillon de charbons est représentatif de la population statistique de charbons de bois de la couche étudiée. En effet, comme il est impossible d'étudier tous les charbons, on contrôle la représentativité de l'échantillon en vérifiant que la distribution des taxons et de leur fréquence suit une loi normale à partir du plan d'échantillonnage. Pour obtenir une information statistiquement fiable sur la distribution spatiale des charbons, il aurait fallu effectuer un comptage par unité de volume de sédiment. Un calcul de la moyenne et de la variance de ces effectifs aurait permis de mettre en évidence des écarts significatifs éventuels par rapport à cette moyenne. Il n'est donc pas cohérent, compte tenu de la méthode de comptage adoptée pour les charbons de bois, d'établir une relation entre les quantités de battitures et celles de charbons.

---

<sup>5</sup> La figure 10 établit les correspondances entre les noms latins et les noms vernaculaires.

<sup>6</sup> Les références citées dans ce chapitre se trouvent dans le DEA de Cl. Dubois (1990).

## Sources possibles de déformation du spectre anthracologique :

Compte tenu des arguments développés, le mode de prélèvement et les conditions archéologiques jouent peu (voir ci-dessus). Deux facteurs pourraient alors être responsables d'une éventuelle déformation de l'information anthracologique non imputable à l'approvisionnement ou au choix éventuel des espèces :

- La réduction de masse consécutive aux interactions calorifiques (transfert de chaleur nécessaire à la combustion) au sein du foyer : ce paramètre induirait une perte de masse de combustible très importante. Il y a donc un risque de sous-représentation de certaines essences.
- Une disparition de taxons en relation avec les conditions taphonomiques.

Pour les bois denses, les interactions calorifiques dans le foyer sembleraient peu jouer. Mais aucune étude précise n'a encore été réalisée à notre connaissance. Le diagramme anthracologique de Rom (Fig.14) conforterait cette hypothèse. Ils sont bien représentés quelle que soit la période considérée par exemple. La question se pose alors principalement pour les bois tendres. Les interactions induisent des "déformations quantitatives du spectre et non la disparition au feu de certaines essences" (Chabal 2001 : 95). Tout dépend du prorata de l'utilisation de ces espèces. Si la contribution d'une saussaie ou d'une aulnaie, par exemple, est importante, le spectre anthracologique le traduira par des fréquences relatives importantes (Fig. 11). Dans le cas inverse, comme le montre le diagramme de Rom (fig.14), les conséquences sont peu importantes car les fréquences relatives de ces taxons peuvent refléter leur contribution relative au territoire d'approvisionnement (C'est probablement le cas des peupliers, des saules, des bouleaux et du noisetier). En outre, il est à noter que des études menées sur la sidérurgie et le travail du fer permettent d'identifier fréquemment et dans des proportions importantes des charbons provenant d'espèces appartenant aux bois tendres (Eschenlohr, Serneels 1991 ; Fulford, Allen 1992<sup>7</sup> ; Dunikowski, Cabboï 1995<sup>8</sup>).

Un aspect lié à des considérations taphonomiques (disparition de certains taxons en relation avec une fragilité des charbons produits au cours du temps) est fort improbable. A partir

---

<sup>7</sup> Etude anthracologique : I. Figueiral.

<sup>8</sup> Etude anthracologique : M.-E. Solari.

d'un certain niveau de taille (3 à 5 mm de côté), les charbons de bois présentent dans leurs dimensions des similitudes qui diffèrent peu. Une étude menée par L. Chabal (Chabal 1991) montre que l'état final de fragmentation en milieu dispersé suit une loi statistique similaire à une loi de Poisson<sup>9</sup>. Ceci est indépendant de la nature du taxon. Dans le cas de Rom, l'étude n'a pas été menée. Mais les charbons présentaient qualitativement des dimensions proches des 3 à 5 mm de côté. Il n'y avait pas de charbons centimétriques. De ce fait, comme il s'agit d'un milieu dispersé, il est raisonnable de penser que ce qui a été observé est valable dans le cas présent. Il correspond à des conditions de formation de dépôt et d'enfouissement des charbons de bois similaires. Cela est appuyé par le fait qu'on a identifié des bois tendres comme le montre le diagramme anthracologique (fig. 14) dans les autres dépôts étudiés sur le site.

Un biais lié à la combustion ou la méthodologie de prélèvement semble donc peu probable ou du moins n'influence pas de manière considérable le résultat (pauvreté taxinomique). Les contributions des taxons sont donc très certainement représentatives de la quote-part de leur utilisation.

### **Interprétation :**

Le spectre anthracologique obtenu correspond à un emploi régulier et très important de chênes caducifoliés. Ce résultat s'inscrit dans la durée correspondant au temps de formation du dépôt.

La pauvreté taxinomique conduit à s'interroger sur les motivations de cette sélection volontaire (choix délibéré) ou non. S'agit-il alors :

- D'un choix lié à la nature même des essences en relation avec leur comportement au feu parce qu'elles conviennent le mieux à la nature du feu désiré (sélection au sens strict) ?
- D'une préférence parmi plusieurs possibilités (par exemple une habitude liée à un "préjugé" tels que ceux qui sont pris en compte par *Plinie* ?
- D'une obligation par manque de ressources ?

---

<sup>9</sup> C'est pour cette raison que les ramassages manuels ne garantissent pas un échantillonnage significatif et représentatif de l'information anthracologique d'un dépôt. Il peut y avoir un biais méthodologique. Ce mode de prélèvement risque alors de ne fournir qu'une liste réduite aux taxons les plus employés. En effet, plus un taxon est présent plus sa probabilité d'être fréquemment identifié parmi les charbons de grandes dimensions est forte.



- D'une conséquence indirecte de la gestion des sources d'approvisionnement en relation avec des critères écologiques et d'accessibilité aux ressources ?

En d'autres termes, le résultat est-il lié à une contrainte voire une obligation, une sélection des espèces ou celle d'un milieu sélectionné pour le charbonnage ? En effet, ces trois causes peuvent conduire à une même observation : une liste taxinomique restreinte.

### **La sélection des espèces :**

#### **Nécessité liée à des ressources limitées ?**

Pour pouvoir trancher, il est nécessaire de comparer les données de la forge à celles de l'approvisionnement en combustible pour les usages domestiques. Dans ce cas-là, il est possible de définir l'approvisionnement, la nature du territoire correspondant et d'en tirer des conclusions paléoenvironnementales si celui-ci est "proche" du site.

Le diagramme anthracologique (fig.14) montre que les ressources locales n'ont jamais manqué au cours de la période gallo-romaine. Une voie commerciale est peu envisageable. En effet, la cohérence écologique de tous les spectres du diagramme (la hiérarchie des fréquences et les listes taxinomiques) est conforme aux descriptions des séries de végétations potentielles présentes dans le secteur (Corillion, Guerlesquin 1974 ; Baron 1996). Ces dernières correspondent aux chênaies-hêtraies définissant la végétation locale. Cela serait difficilement réalisable si le territoire d'approvisionnement était variable et éloigné du site.

Les fréquences relatives des chênes et du hêtre restent importantes sur l'ensemble du diagramme. Les autres taxons ne témoignent pas de contributions importantes de formations ouvertes, transformées ou dégradées profondément comme des fruticées (friches armées), des landes acidiphiles ou l'ormaise rudérale. Ces dernières auraient été identifiées par des fréquences relatives de Papilionacées (genêts, ajoncs, etc.), de Pomoïdées, de Prunoïdées voire d'ormes plus fortes qu'elles ne sont dans le diagramme.

De ce fait, la cohérence écologique des spectres anthracologiques, l'application de modèles écologiques et l'importance des taxons majoritaires dont le hêtre, témoin des formations boisées dans cette région (Corillion, Guerlesquin 1974 ; Tessier du Cros 1981 ; Rameau *et al.* 1989 ; Baron 1996), montrent la présence de territoires d'approvisionnement

locaux non dégradés. Cela est sûrement à mettre en relation avec une gestion de ces derniers. La pauvreté taxinomique de US 561 n'est donc pas à mettre en relation avec une difficulté pour s'approvisionner. En effet, au moins pour le IIe ou le IIIe s. ap. J.-C., il existait encore des formations boisées dans le territoire d'approvisionnement de *Rauranum*.

### **Habitude ou sélection stricte ?**

L'absence du hêtre plaiderait à première vue pour cette éventualité. Il convient très bien à ce type de feu. Or, il est faiblement représenté dans le spectre alors que son charbon peut convenir au type de feu recherché (voir ci-dessus).

En outre, les considérations émises sur certaines espèces dans des textes antiques appuieraient une association de certaines essences aux différents feux liés aux activités métallurgiques (les variétés de bois sont utilisées selon les circonstances : Théophraste V-IX). Mais il ne s'agit pas d'impératifs mais de conseils et les auteurs se situaient dans le contexte des espèces présentes dans le Bassin méditerranéen. De plus, les données considérées sont essentiellement liées au comportement du feu et à l'économie. C. Dubois (Dubois 1990 : 245) relativise ces textes en posant la question de la validité comme généralité de ces opinions.

Cependant, nous ne privilégions pas cette interprétation. En effet, les résultats de Rom sont conformes à un schéma qui peut être déduit des résultats d'autres analyses anthracologiques concernant les forges. L'emploi de bois denses pouvant contribuer de manière majoritaire aux végétations locales semble la règle (Espérou *et al.* 1994 ; Pessalac 1998 ; Maufras, Fabre 1998 ; Rovira 1998). A Rom, les chênes caducifoliés sont des bois denses. En outre, ils peuvent appartenir aux formations boisées locales, seules sources permettant de faire du charbon régulièrement. Ainsi, cela souligne très certainement l'exploitation des ressources locales et l'adaptation de la conduite de feu à leur disponibilité et leur accessibilité.

Comme en Poitou-Charentes aucune autre étude de ce type n'existe à notre connaissance pour les Ier-IIème siècles ap. J.-C., il est impossible de savoir si le spectre anthracologique de US 561 est reproductible ou non. Ainsi, nous ne pouvons pas savoir si des obligations ou des habitudes avérées existaient à l'échelle de la *civitas*. Le seul moyen de lever l'hypothèque sera d'étudier d'autres cas dans la région du Centre-Ouest de la France.

Il faut également noter que le pouvoir calorifique de chaque espèce n'est certainement pas une base d'interprétation car cette donnée quantitative était inconnue dans l'antiquité. C'est en effet une quantité potentielle d'énergie libérable par unité de masse liée à la nature physico-chimique du combustible. Influencé par le taux d'humidité de l'essence, il ne rend pas compte des températures maximales pouvant être atteintes ni de la manière dont la chaleur est dégagée : rapidement ou graduellement (Trabaud 1989). Il ne rend pas compte de la notion de comportement au feu qui est plus importante dans la conduite d'un feu pour un usage spécialisé (Chabal 1997). Rappelons que dans l'absolu, il n'y a pas de bons ou de mauvais combustibles. Tout dépend du feu recherché et de la technologie employée pour le produire, le conduire au cours d'un intervalle de temps donné et la manière de libérer et de transmettre l'énergie (convection, conduction ou rayonnement). De ce fait, une essence est généralement un bon combustible si ce dernier tient longtemps au feu en dégageant sa chaleur de manière durable et soutenue. En outre, les Angiospermes dont font partie les trois taxons identifiés à Rom, ont des pouvoirs calorifiques très proches aussi bien sous forme de bois sec que de charbon (Tessier du Cros 1981) et le hêtre libère à masse égale une quantité d'énergie proche de celle des chênes. A Rom, on s'approvisionnait en hêtre. Pourquoi ne pas l'avoir employé alors ? Cela montre l'intérêt limité de cette donnée quantifiée.

### **Conséquence d'une sélection du milieu pour le charbonnage ?**

L'exploitation régulière d'espaces boisés pour le charbonnage peut induire une diminution du nombre des espèces ligneuses ou des effectifs correspondants. L. Fabre (Fabre 1996) souligne dans son étude sur les charbonnières du Languedoc que le charbonnage peut produire cet effet. La faulde est généralement installée à un endroit fixe inscrit dans une aire géographique plus ou moins étendue (site de charbonnage). Les ressources environnantes sont alors mises à contribution et transformées. Cette pression se maintient si la régénération du potentiel est régulière. De plus, les rendements en charbons sont meilleurs avec des organes de faibles dimensions (Briane, Doat 1985). Cela peut être obtenu facilement avec un régime de taillis.

On sait que ce régime sylvicole pour le hêtre est difficile à réaliser dans le Centre-Ouest de la France contrairement aux Pyrénées (Dubois 1990), par exemple. L'ensoleillement n'est pas suffisant. E. Tessier du Cros (Tessier du Cros 1981) souligne que la reproduction végétative du hêtre est limitée. Cela n'est assuré que si l'arbre est coupé jeune et que la station est fortement ensoleillée (zone méridionale d'une station ou en montagne). Cette inadaptation à ce régime de taillis serait pour l'auteur responsable du recul de *Fagus sylvatica* dans l'évolution des forêts de France. Notons que le Centre Régional de la Propriété Forestière (CRPF) n'évoque pas la pratique du taillis du hêtre dans la région car cet arbre rejette mal en souche en Poitou-Charentes (CRPF 1973). Ces critères écologiques d'abondance relative et de calibre sont donc très certainement à prendre en considération. Pour d'autres activités (combustible pour les incinérations par exemple), cela a d'ailleurs déjà été évoqué (Chabal 1995).

Il est donc possible qu'à Rom le charbonnage alimentant la forge ait été effectué régulièrement dans des milieux sélectionnés. Ceux-ci par la pratique du taillis seraient devenus pauci-spécifiques, c'est-à-dire "un groupement, une formation végétale, ou un peuplement pauvre en espèces" (Da Lage, Métaillé 2000 : 393)<sup>10</sup>. Cette hypothèse expliquerait la contradiction entre des potentiels forestiers existant à l'époque et la pauvreté taxinomique caractérisant la nature des espèces employées comme combustibles compte tenu du fait qu'il s'agit très certainement de charbon qui fut employé pour le foyer et non du bois.

### **Conclusion et perspectives de recherches :**

En ce qui concerne les aspects paléoethnobotaniques, la forge de Rom est conforme à l'emploi de bois denses contribuant aux formations boisées locales définies selon des modèles écologiques connus et vérifiables au cours de la période historique. On constate qu'une activité artisanale pouvait être approvisionnée de manière distincte par rapport à celles ne nécessitant pas de conduite de feu particulière (comparaison du spectre de la forge et de ceux des usages domestiques, fig.14). Il sera nécessaire d'étudier d'autres cas pour lever l'hypothèse sur une habitude ou une considération locale motivant le choix des espèces charbonnées.

---

<sup>10</sup> Pour être précis, cette pauci-spécificité concernerait la végétation ligneuse. En effet, une ouverture du milieu peut se traduire par une augmentation des héliophiles herbacées non perceptibles par l'anthracologie.



Les informations apportées par ces deux études sont complémentaires : la prospection géophysique permet de proposer une hypothèse sur l'organisation interne de l'atelier et la position des différentes structures dont il ne reste aucune trace archéologique visible (enclume et foyer). Cette hypothèse est confortée par la présence sur le site d'une forge ayant conservé en place ses structures de travail et présentant une organisation similaire à celle de l'atelier étudié ici. L'anthracologie fournit, quant à elle, des informations sur la conduite du travail dans l'atelier puisqu'elle met en évidence un approvisionnement en essences de bois différentes pour l'activité domestique et pour cette activité artisanale. Cette différence peut être due au fait que le combustible utilisé pour la forge l'est sous forme de charbon de bois, ce qui induit des stratégies d'approvisionnement et de gestion du couvert forestier différentes de celles nécessaires à un approvisionnement en bois de chauffage à usage domestique dans le cas présent. Ainsi, grâce à cette démarche "pluridisciplinaire", une image plus précise de l'atelier commence déjà à émerger. Elle sera complétée par les résultats de l'étude paléométallurgique des scories et des fragments de tuyères recueillis dans la couche d'occupation, qui apportera des informations sur les savoir-faire techniques des forgerons ayant utilisé cet atelier.

### **Bibliographie :**

Aubry 1997 : AUBRY (L.), *Prospections magnétiques appliquées l'archéologie*, rapport de stage. Terra nova s.a.r.l., Paris, 1997.

Baron 1996 : BARON (Y.), *Les plantes sauvages et leurs milieux en Poitou-Charentes - Un guide écologique régional pour l'approche des groupements végétaux*, 2e édition, 1996, dactylo., Poitiers, 263 p.

Bonhôte 1998 : BONHÔTE (J.), *Forges et forêts dans les Pyrénées ariégeoises - pour une histoire de l'environnement*, 1998, Ed. PyréGraph, Aspet (Aude), 337 p.

Briane, Doat 1985 : BRIANE (D.), DOAT (J.), *Guide technique de la carbonisation, la fabrication du charbon de bois*, 1985, Ed. Edisud, Aix-en-Provence, 177 p.

Chabal 1988 : CHABAL (L.), Pourquoi et comment prélever les charbons de bois pour la période antique : les méthodes utilisées sur le site de Lattes (Hérault). In : *Mélanges d'Histoire et d'Archéologie de Lattes*, 1988, Lattara 1, Ed. A.R.A.L.O., Caveirac : 187-222.

Chabal 1991 : CHABAL (L.), *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, 1991, Université Montpellier II, 435 p.

Chabal 1995 : CHABAL (L.), Les combustibles de cinq tombes à incinération du deuxième Age du fer à Ensérune (Nissan-lez-Ensérune, Hérault). In : *Sur les pas des Grecs en Occident : hommages à André Nickels*, 1995, Ed. Errance, Paris : 231-236, (Etudes Massaliètes, 4).

Chabal 1997 : CHABAL (L.), *Forêts et sociétés en Languedoc (Néolithique final, Antiquité tardive)*, 1997, Ed. Maison des Sciences de l'Homme, Paris, 189 p. (Documents d'Archéologie Française, 63)

Chabal 2001 : CHABAL (L.), Les potiers, le bois et la forêt à l'époque romaine à Sallèles d'Aude (Ier-IIIe s. ap. J.-C.). In : *20 ans de recherches à Sallèles d'Aude*, 2001, Ed. Presses universitaires franc-comtoises, Besançon : 93-110.

Chabal *et al.* 1999 : CHABAL (L.), FABRE (L.), TERRAL (J.-F.), THÉRY-PARIOT (I.), L'anthracologie. In : *La Botanique*, 1999, Ed. Errance, Paris : 43-104. (Coll. Les Archéologiques).

Corillon, Guerlesquin : CORILLON (R.), GUERLESQUIN (M.), *La Rochelle*, (1/200.000ème), 1974, Ed. C.N.R.S., Toulouse. (Coll. Carte de la végétation de la France, 44).

CRPF 1973 : CRPF, *Orientation régionale de production pour la propriété forestière privée de Poitou-Charentes*, C.R.P.F., Smarves (86), 64 p.

Dabas 1989 : DABAS (M.), *Comportement magnétique des sols dans le domaine fréquentiel et temporel (VRM). Application à la prospection des sites archéologiques*. Thèse de doctorat, Université Paris VI, 1989.

Dabas *et al.* 1998 : DABAS (M.), DELÉTANG (H.), FERDIÈRE (A.), JUNG (C.), ZIMMERMANN (W.), *La prospection*, Errance, Paris, 1998.

Dabas, Mojica 1999 : DABAS (M.), MOJICA (A.), *Etude de la susceptibilité magnétique des échantillons de l'atelier de forge de Rom*, rapport dactylographié Terra nova, 1999, 16 p.

Da Lage, Métaillé 2000 : DA LAGE (A.), MÉTAILLÉ (G.) (coord.), *Dictionnaire de Biogéographie végétale*, 2000, Ed. CNRS, Paris, 579 p.

Dieudonné-Glad 1997 : DIEUDONNÉ-GLAD (N.), *Rapport de Fouille Programmée sur le site antique de Rom, "La Petite Ouche" (Deux-Sèvres)*, Service Régional d'Archéologie Poitou-Charentes, dactylographié, 1997, 115 p.

Dieudonné-Glad 1998 : DIEUDONNÉ-GLAD (N.), *Rapport de Fouille Programmée sur le site antique de Rom, "La Petite Ouche" (Deux-Sèvres)*, Service Régional d'Archéologie Poitou-Charentes, dactylographié, 1998, 82 p.

Dieudonné-Glad 2000 : N. DIEUDONNÉ-GLAD, Nouvelles données sur l'extension et l'occupation de l'agglomération antique de Rom, *Bulletin de l'Association des Archéologues de Poitou-Charentes*, 29, 2000 : 17-42.

Dubois 1990 : DUBOIS (C.), *Archéologie de l'environnement forestier en milieu métallurgique et minier, en Ariège : orientation de recherches diachroniques*, Mémoire de DEA, 1990, Université de Provence, 303 p.

Dunikowski, Cabboï 1995 : DUNIKOWSKI (C.), CABBOÏ (S.), *La sidérurgie chez les Sénons : les ateliers celtiques et gallo-romains des Clérimois (Yonne)*, 1995, Ed. Maison des Sciences de l'Homme, Paris, 186 p. (Documents d'Archéologie Française, 51)

Espérou *et al.* 1994 : ESPÉROU (J.-L.), AMPERT (P.), BOURHIS (J.-R.), ROQUES (P.), GILOT (E.), CHABAL (L.) : La fosse chalcolithique Pioch-Farrus 448 (Cabrières, Hérault) - Datation 14C et documents métallurgiques, *Bull. Mus. Anthropol. Préhist. de Monaco*, 27, 1994, Monaco : 53-62.

Eschenlohr, Serneels 1991 : ESCHENLOHR (L.), SERNEELS (V.) en coll. avec HILTPOLD (B.) : *Les Bas Fourneaux mérovingiens de Boécourt, les Boulies (Ju, Suisse)*, 1991, Porrentruy, 143 p. (Cahiers d'archéologie jurassienne, 3).

Fabre 1996 : FABRE (L.), *Le charbonnage historique de la chênaie de Quercus ilex L. (Languedoc, France) : conséquences écologiques*, Thèse de doctorat, 1996, Université Montpellier II, 364 p.

Fassbinder, Stanjek, Vali 1990 : FASSBINDER (J.W.E.), STANJEK (H.), VALI (H.), Occurrence of magnetic bacteria in soil, *Nature*, 343, 1990, p.161-163.

Feugère, Serneels 1998 : FEUGÈRE (M.), SERNEELS (V.) (dir.), *Recherches sur l'économie du fer en Méditerranée nord-occidentale*, 1998, Ed. Monique Mergoïl, Montagnac, 263 p. (Monographies Instrumentum, 4).



Figueiral 1990 : FIGUEIRA (I.) : *Le Nord-Ouest du Portugal et les modifications de l'écosystème du Bronze final à l'époque romaine, d'après l'anthracanalyse de sites archéologiques*, Thèse de doctorat, 1990, Université Montpellier II, 162 p.

Fulford, Allen 1992 : FULFORD (M.G.), ALLEN (J.R.L.), Iron-Making at the Chesters Villa, Woolaston, Gloucestershire : Survey and Excavation 1987-91, *Britannia*, 1992, XXII : 159-215.

Heinz 1988 : HEINZ (C.), *Dynamique des végétations holocènes en méditerranée Nord-occidentale d'après l'anthracanalyse de sites préhistoriques : méthodologie et paléoécologie*, thèse de doctorat, 1988, Université Montpellier II, 181 p.

Lavergne 1969 : LAVERGNE (D.), *Limoges*, (1/200.000ème), 1969, Ed. C.N.R.S., Toulouse. (Coll. Carte de la végétation de la France, 51).

Mangin 1981 : MANGIN (M.), *Un quartier de commerçants et d'artisans d'Alésia*, 2 vol., Dijon, 1981.

Marguerie 1992 : MARGUERIE (D.), *Evolution de la végétation sous l'impact humain en Armorique du Néolithique aux périodes historiques*, 1992, Université de Rennes I, 313 p. (Trav. Labo. Anthropologie de Rennes, 40).

Maufras, Fabre 1998 : MAUFRAS (O.), FABRE (L.) avec la collaboration de SOLOMER (G.), SEKRAOUI (Z.), Une forge tardive (fin IVe - Ve s.) sur le site de la Ramière (Roquemaure, Gard). In : FEUGÈRE (M.), SERNEELS (V.) (dir.), *Recherches sur l'économie du fer en Méditerranée nord-occidentale*, 1998, Ed. Monique Mergoïl, Montagnac : 210-221. (Monographies *Instrumentum*, 4).

Parasnis 1997 : PARASNIS (D.), *Principles of applied Geophysics*, Chapman & Hall, Londres, 1997.

Passelac 1998 : PASSELAC (M.) avec les contributions de CHABAL (L.) et LEBLANC (J.-C.), Installations pour le travail du fer dans le *Vicus Eburomagus* (Bram, Aude). In : FEUGÈRE (M.), SERNEELS (V.) (dir.), *Recherches sur l'économie du fer en Méditerranée nord-occidentale*, 1998, Ed. Monique Mergoïl, Montagnac : 129-141. (Monographies *Instrumentum*, 4).

Pline l'Ancien : PLINE L'ANCIEN, *Histoire Naturelle*, Livre XVI, Coll. Des Universités de France, G. Dubé, Ed. Belles-Lettres, Paris, 1989.

Poirier 1999 : POIRIER (P.), *Anthracologie et environnement de la période gallo-romaine à la période médiévale en Poitou-Charentes*, thèse de Doctorat de l'Université de Montpellier II, 1999, 2 vol., 334 p.

Resnick, Halliday 1974 : RESNICK (R.), HALLIDAY (D.), *Física — Parte II*, Compañía Editorial Continental S.A., Mexique, 1974.

Rovira 1998 : ROVIRA (C.) Le travail du fer en Catalogne du VIIe au Ier s. avant notre ère. In : FEUGÈRE (M.), SERNEELS (V.) (dir.), *Recherches sur l'économie du fer en Méditerranée nord-occidentale*, 1998, Ed. Monique Mergoïl, Montagnac : 65-75. (Monographies *Instrumentum*, 4).

Schweingruber 1990 : SCHWEINGRUBER (F.H.) : *Anatomy of European woods : an atlas for the identification of European trees, shrubs and dwarf shrubs*, WSL FNP, 1990, Berne Stuttgart - Haupt, 800 p.

Scollar *et al.* 1990 : SCOLLAR (I.), TABBAGH (A.), HESSE (A.), HERZOG (I.), *Archaeological Prospecting and Remote Sensing*, Cambridge University Press, 1990.

Serneels 1998 : SERNEELS (V.), Les ateliers sidérurgiques d'Autun-Lycée Militaire, In : NICOLINI (G.), DIEUDONNÉ-GLAD (N.) (éd.), *Les métaux dans l'antiquité*, Actes du colloque de Poitiers, 25-28 septembre 1995, 1998 : 23-27. (Monographies *Instrumentum*, 6).

Telford, Geldart, Sheriff 1996 : TELFORD (W.), GELDART (L.), SHERIFF (R.), *Applied Geophysics*, Cambridge University Press, 1996.

Théophraste : THÉOPHRASTE, *Histoire sur les plantes*, Livre V, traduction anglaise A. Hort, Londres Heinemann et Cambridge Harvard University, 1961, Tome I.

Trabaud 1989 : TRABAUD (L.), *Les feux de forêts, mécanismes, comportement et environnement*, 1989, Ed. France-Sélection, Aubervilliers, 278 p.

Weston 1996 : WESTON (D.), Soil Science and the Interpretation of Archaeological Sites : a Soil Survey and Magnetic Susceptibility Analysis at Altofts "Henge", Normanton, West Yorkshire, *Archaeological Prospection*, 3, 1996, p.39-50.

fig.1 : Plan de l'îlot (Rom, la Petite Ouche).

fig.2 : Localisation de l'atelier de forge du IIème siècle dans le bâtiment 1.

fig.3 : Localisation des activités artisanales dans le bâtiment 1 à la fin du IVème siècle ap. J.-C.

fig.4 : Plan de l'atelier de forge de la fin du IVème siècle ap. J.-C.

fig.5 : Grille de prélèvement du sédiment de l'atelier de forge du IIème siècle.

fig.6 : Pont de susceptibilité ELSEC 780.

fig.7 : Valeur de la susceptibilité magnétique en fonction de la profondeur de l'échantillon dans le solénoïde.

fig.8 : Distribution de la susceptibilité magnétique.

fig.9 : L'atelier de forge du IIème siècle en cours de fouille.

fig.10 : Correspondance entre les noms latins et les noms français pour les taxons évoqués dans le texte.

fig.11 : Détail des dénombrements de charbons de bois par unité de prélèvements pour les dépôts 5031 et 5033 des thermes de Chassenon.

fig.12 : Résultats détaillés des dénombrements de charbons de bois par unité de prélèvement pour l'US 561, correspondant au fonctionnement de la forge de Rom.

fig.13 : Répartition apparente des effectifs de charbon de bois dans la couche d'occupation de la forge.

fig.14 : Diagramme anthracologique du site de "La Petite Ouche" à Rom et comparaison du spectre de la forge avec ceux des usages domestiques.

tableau I : Valeurs de la susceptibilité magnétique des échantillons.

tableau II : Dispersion des mesures effectuées sur plusieurs échantillons d'un même prélèvement après tamisage.

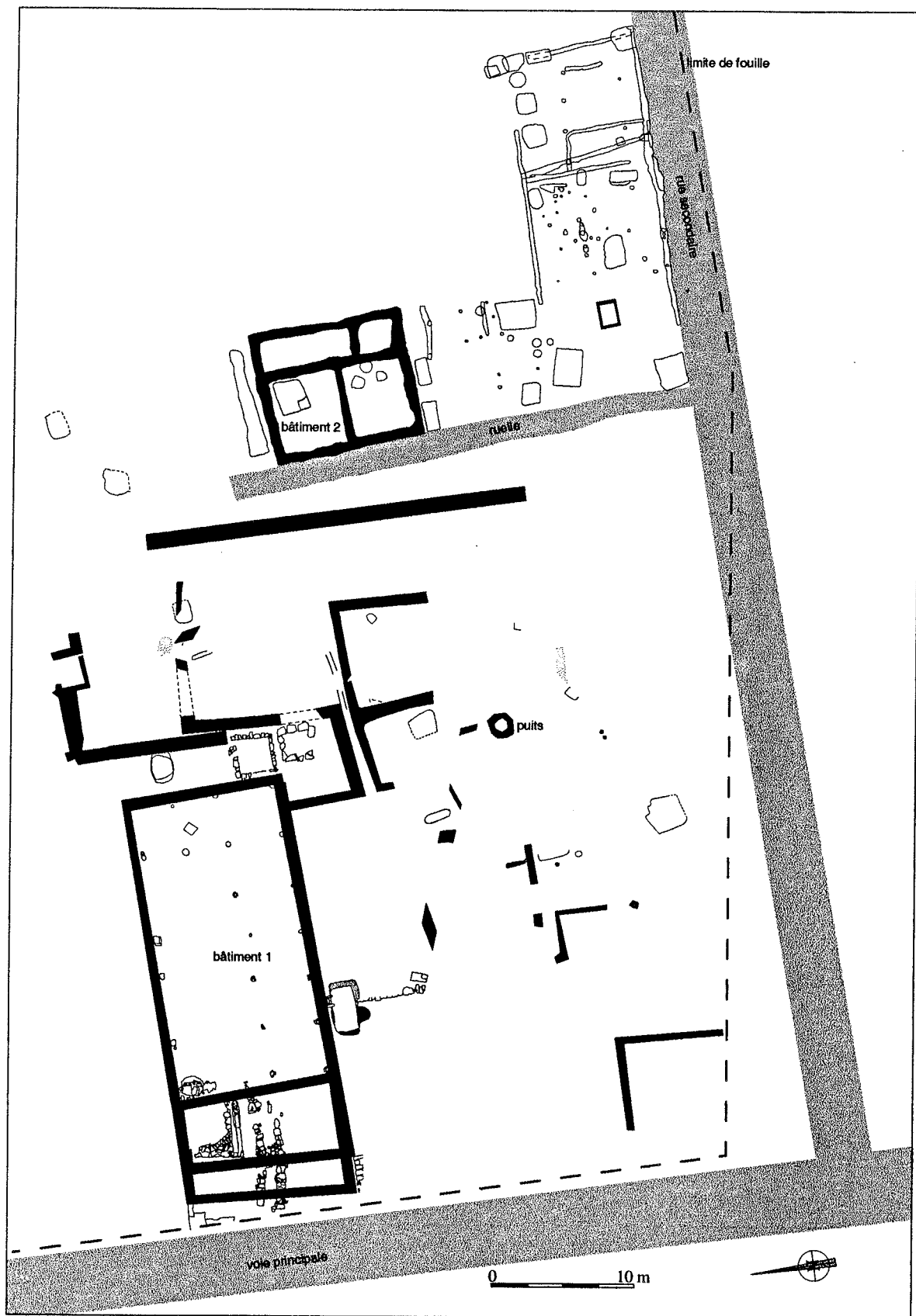


fig. 1

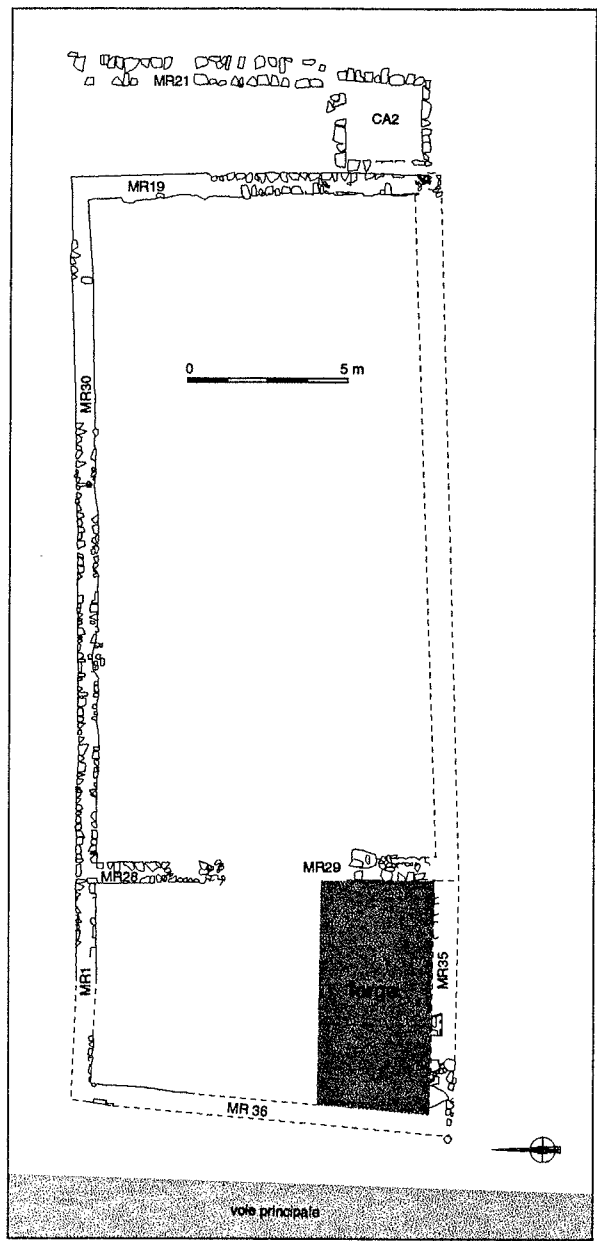


fig. 2

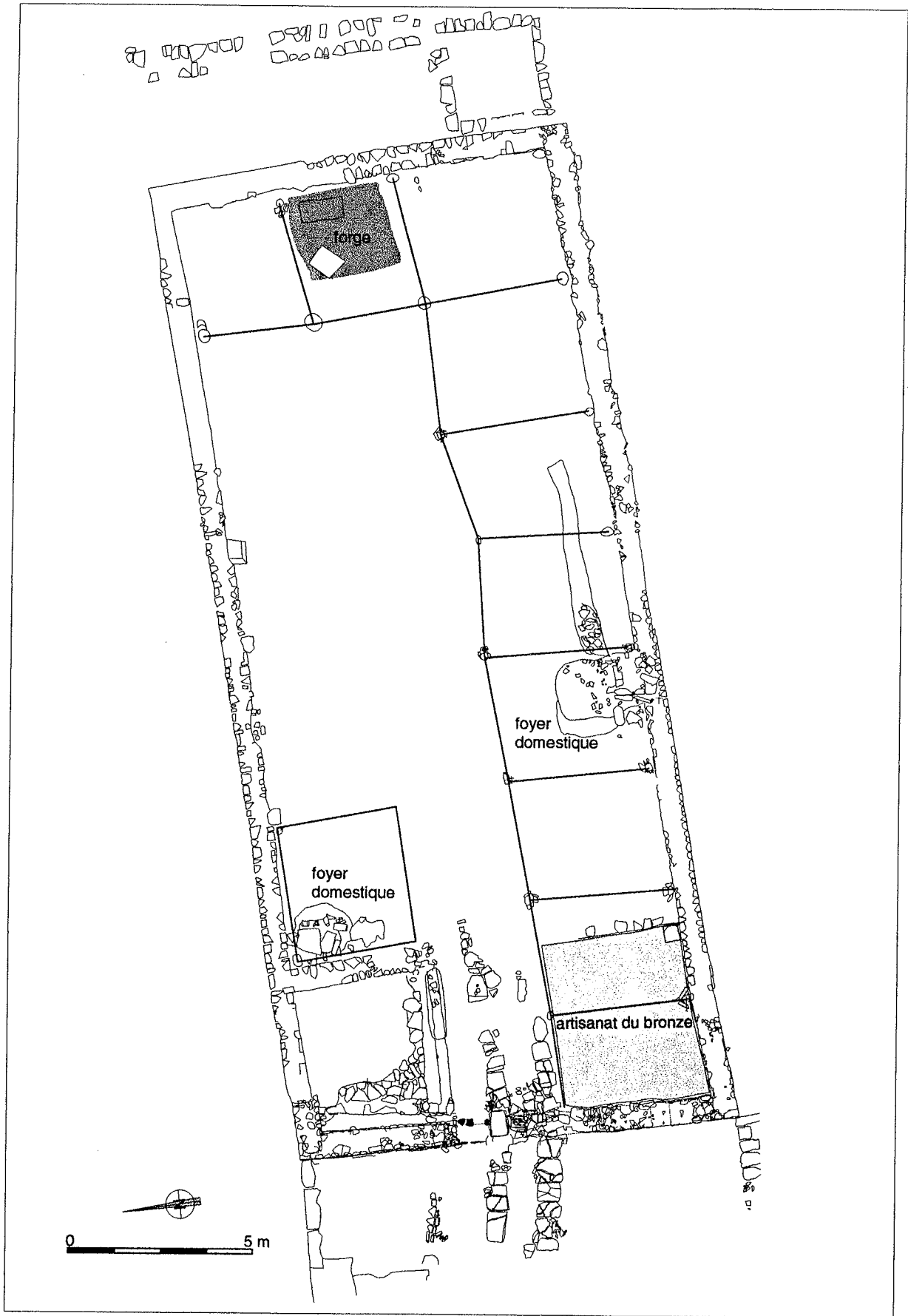


Fig. 3

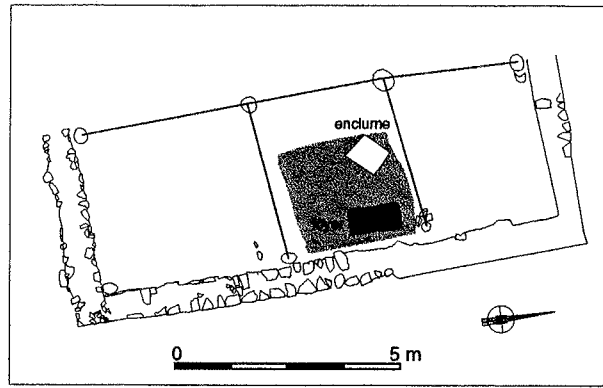


fig. 4

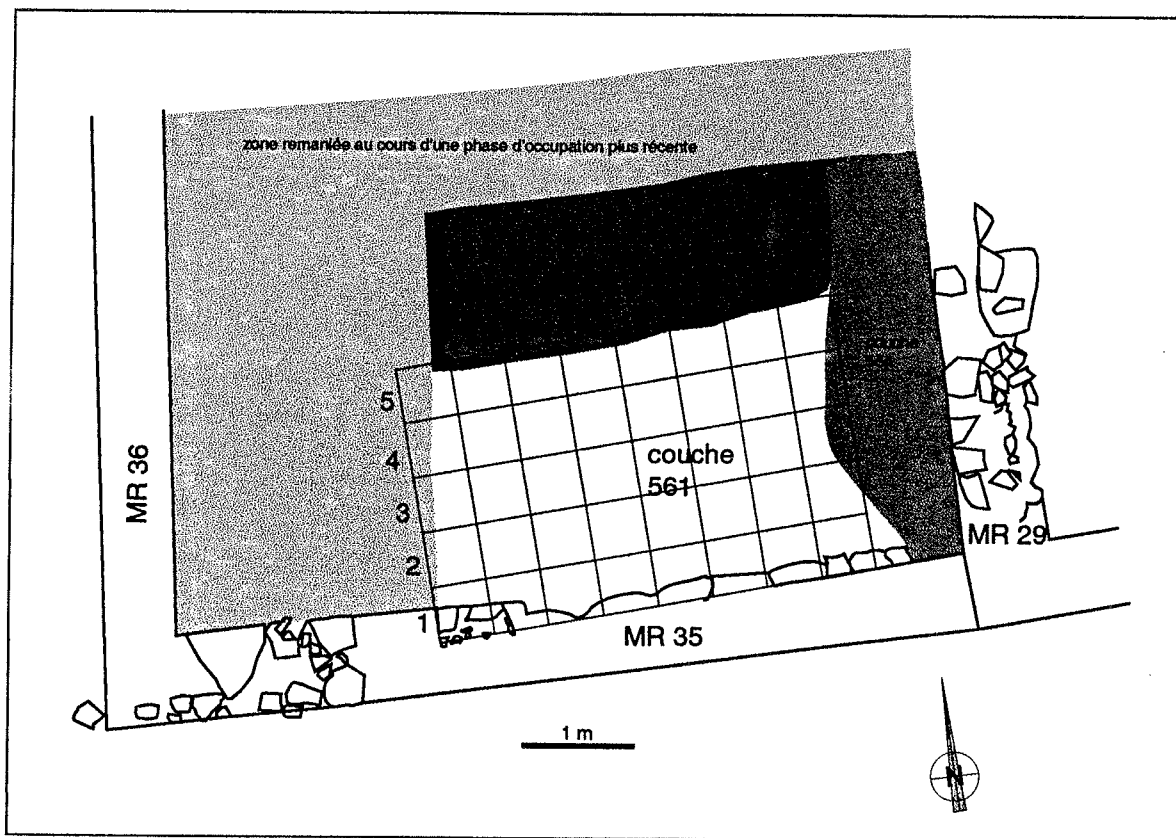


fig. 5



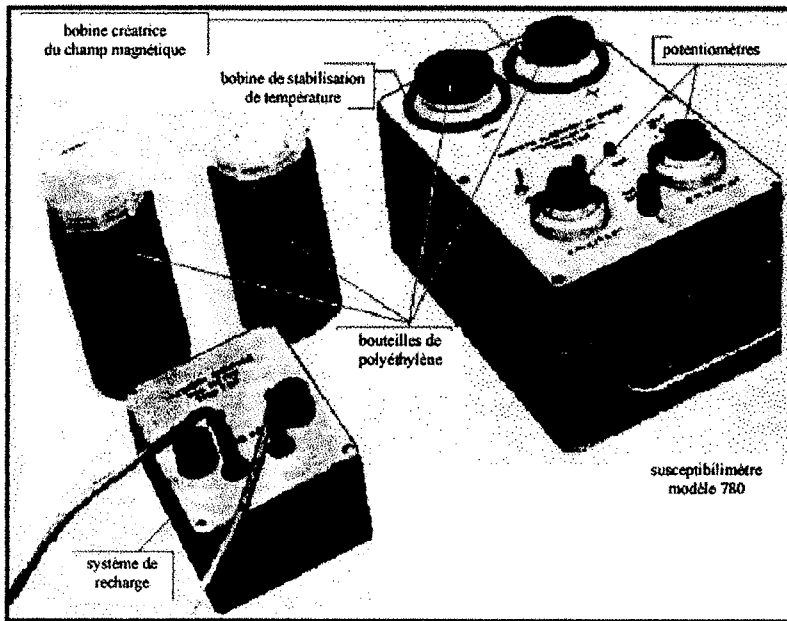


fig. 6

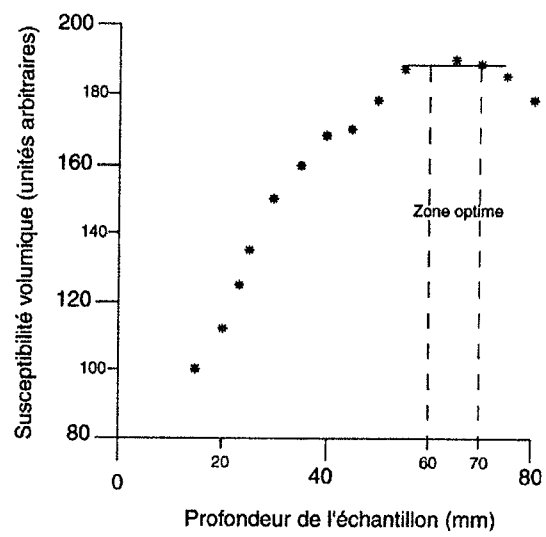
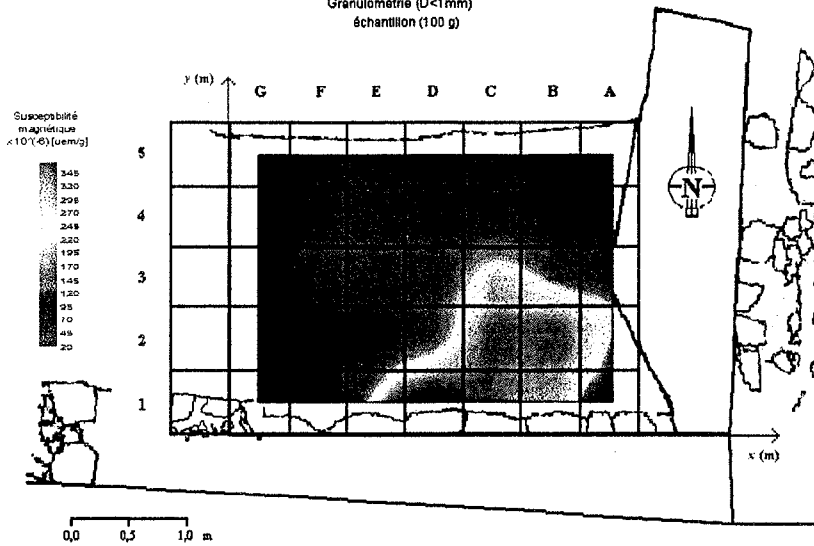


Fig. 7  
(1)

Distribution de la Susceptibilité Magnétique  
 Granulométrie (D<1mm)  
 échantillon (100 g)



Distribution de la Susceptibilité Magnétique  
 Granulométrie (1mm < D < 2mm)  
 échantillon (100 g)

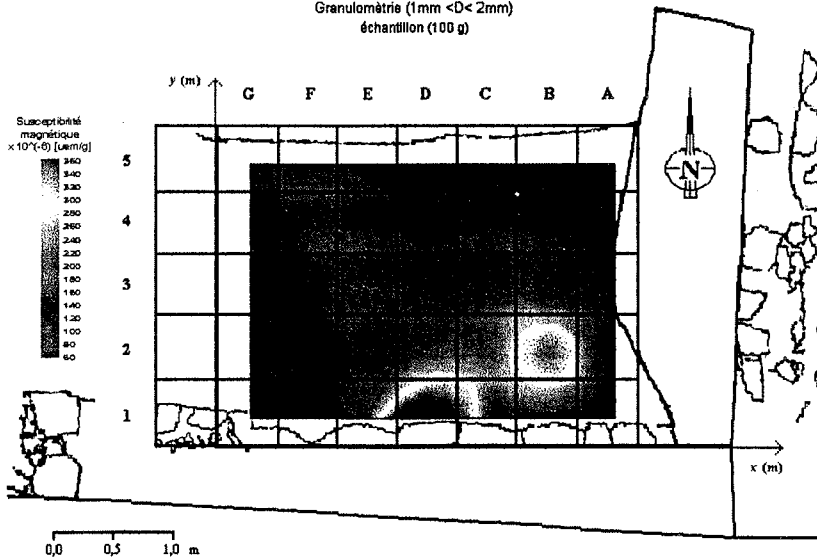
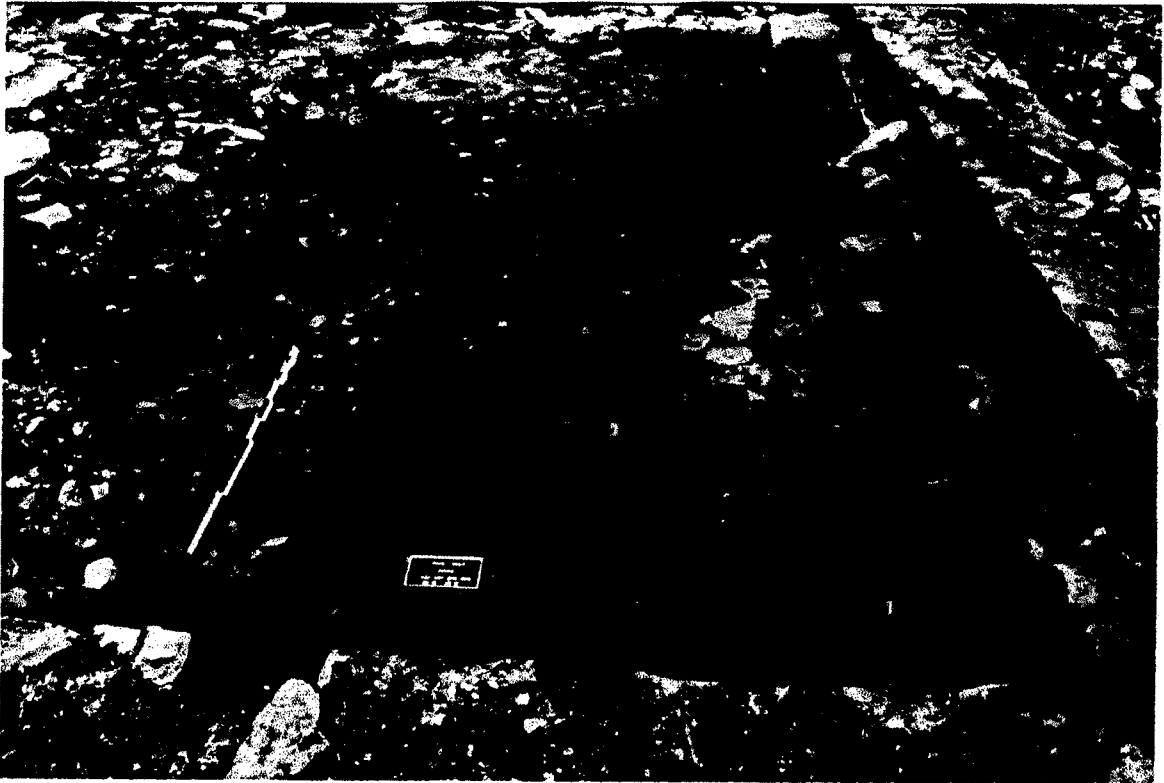


fig. 8



*fig. 9*

taxons identifiés :	noms français :
<i>Acer campestre</i> L.	érable champêtre
<i>Alnus</i> sp.	aulnes dont l'aulne glutineux ( <i>A. glutinosa</i> (L.) Gaertn.)
<i>Betula</i> sp.	bouleaux : verruqueux ( <i>B. pendula</i> Roth.) ou pubescent ( <i>B. pubescens</i> Ehrh.)
<i>Buxus sempervirens</i> L.	buis
<i>Cornus</i> sp.	cornouillers : sanguin ( <i>C. sanguinea</i> L.) ou mas ( <i>C. mas</i> L.)
<i>Corylus avellana</i> L.	noisetier
<i>Corylus/Alnus</i>	noisetier ou aulne
<i>Fagus sylvatica</i> L.	hêtre
<i>Frangula alnus</i> Mill.	bourdaine
<i>Fraxinus</i> sp.	frênes : commun ( <i>F. excelsior</i> L.) et oxyphylle ( <i>F. angustifolia</i> Vahl)
<i>Ilex aquifolium</i> L.	houx
Pomoidées Cf. poirier	Cf. le poirier ( <i>Pyrus communis</i> L.)
Pomoidées cf. <i>Sorbus</i>	sorbiers
Pomoidées type <i>Crataegus</i>	taxon "valise" regroupant : les aubépines ( <i>Crataegus</i> sp.), le pommier ( <i>Malus sylvestris</i> Mill.), le poirier ( <i>Pyrus pyraeaster</i> Burgds.) et le cognassier commun ( <i>Cydonia oblonga</i> L.)
<i>Populus</i> sp.	peupliers dont le tremble ( <i>P. tremula</i> L.)
<i>Populus/Salix</i>	peuplier ou saule
<i>Prunus avium-padus</i>	prunier type cerisier/merisier
<i>Prunus spinosa-mahaleb</i>	prunier type prunellier ou laurier de Sainte-Lucie
<i>Quercus</i> sp. f.c.	chênes caducifoliés : sessile ( <i>Q. petraea</i> (Mattus) Liebl.), pubescent ( <i>Q. pubescens</i> Willd.), Pédonculé ( <i>Q. robur</i> L.) ou leurs hybrides
Rosacées-Pomoidées	Pomoidées sans précisions
<i>Salix</i> sp.	saules
<i>Sambucus</i> sp.	sureaux : noir ( <i>S. nigra</i> L.) ou à grappes ( <i>S. racemosa</i> L.)
<i>Tilia</i> sp.	tilleuls : à grandes ( <i>T. platyphyllos</i> Scop.) ou à petites feuilles ( <i>T. cordata</i> Mill.)
<i>Ulmus</i> sp.	ormes dont l'orme champêtre ( <i>U. minor</i> Mill.)

Remarque : Les critères de détermination reprennent ceux donnés dans les atlas de xylologie (Schweingruber 1990, par exemple). Les incertitudes peuvent être dues à deux causes :

- 1) les espèces sont très proches anatomiquement, on ne peut donc pas les distinguer,
- 2) les dimensions du charbon ne permettent pas d'établir avec certitude la diagnose en raison de l'impossibilité d'observer le critère discriminant (ex. : perforation scalariforme entre *Alnus* et *Corylus*).

fig. 10

**U.S. 5031 :**

taxons identifiés :	E1a	E1c	E2a	E2c	F1a	F1c	F2a	F2c	total :	
	N	N	N	N	N	N	N	N	N	%
<i>Quercus sp. f.c.</i>	38	58	28	20	48	25	57	36	310	67,1
<i>Fagus sylvatica</i>	8	6	4	4	6	8	15	6	57	12,3
<i>Acer campestre</i>		5		1	1			2	9	1,9
<i>Cornus sp.</i>		1							1	0,2
<i>Corylus/Alnus</i>	2		1			2	2	1	8	1,7
<i>Corylus avellana</i>	1				2	1	2	0	6	1,3
<i>Alnus sp.</i>	3	6	9	1	7	6	9	3	44	9,5
<i>Populus/Salix</i>	1	1	1			1			4	0,9
<i>Populus sp.</i>		1				1			2	0,4
<i>Salix sp.</i>	2	1	2	2	4	2	1	3	17	3,7
Rosacées-Pomoïdées								1	1	0,2
Pomoïdées cf. Sorbus					1				1	0,2
<i>Prunus avium-padus</i>		1							1	0,2
<i>Tilia sp.</i>							1		1	0,2
<b>total :</b>	<b>55</b>	<b>80</b>	<b>45</b>	<b>28</b>	<b>69</b>	<b>46</b>	<b>87</b>	<b>52</b>	<b>462</b>	<b>100</b>
volume tamisé (en l) :	3	3	3	3	3	3	3	3		

**US 5033 :**

taxons identifiés :	E1a	E1c	E2a	E2c	F1a	F1c	F2a	F2c	total :	
	N	N	N	N	N	N	N	N	N	%
<i>Quercus sp. f.c.</i>	29	53	55	53	50	38	20	94	392	67,8
<i>Fagus sylvatica</i>	2	20	9	13	10	8	10	17	89	15,4
<i>Acer campestre</i>								2	2	0,3
<i>Corylus/Alnus</i>	1	1	3						5	0,9
<i>Corylus avellana</i>	2	6	3	2	2	5	1	2	23	4,0
<i>Alnus sp.</i>	2	8	5	9	4	1		10	39	6,7
<i>Frangula alnus</i>		1							1	0,2
<i>Ilex aquifolium</i>				2					2	0,3
<i>Populus sp.</i>			1						1	0,2
<i>Salix sp.</i>		1	3	2	2	1		2	11	1,9
Pomoïdées type Crataegus		2	2	2	2		1	1	10	1,7
<i>Sambucus sp.</i>						1			1	0,2
<i>Tilia sp.</i>		1					1		2	0,3
<b>total :</b>	<b>36</b>	<b>93</b>	<b>81</b>	<b>83</b>	<b>70</b>	<b>54</b>	<b>33</b>	<b>128</b>	<b>578</b>	<b>100</b>
volume tamisé (en l) :	3	8	5	5	3	5	3	8		

Remarque : N : dénombrement de charbons de bois par taxon ; données in Poirier (1999).

*Fig. 11*

	A1	A2	A4	B1	B2	B3	B4	C1	C2	C3	C4	C5
<b>taxons identifiés :</b>	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
<i>Quercus sp. f.c.</i>	4	17	13	3	12	15	29	3	14	44	36	21
<i>Fagus sylvatica</i>					1							
<i>Fraxinus sp.</i>												
<b>total :</b>	<b>4</b>	<b>17</b>	<b>13</b>	<b>3</b>	<b>13</b>	<b>15</b>	<b>29</b>	<b>3</b>	<b>14</b>	<b>44</b>	<b>36</b>	<b>21</b>

volume tamisé (l) : 2 à 3 2 à 3 2 à 3 2 à 3 2 à 3 2 à 3 2 à 3 2 à 3 2 à 3 2 à 3 2 à 3 2 à 3

	D1	D2	D3	D4	D5	E1	E2	E3	E4	F1	F2	F3
<b>taxons identifiés :</b>	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
<i>Quercus sp. f.c.</i>	19	36	52	73	25	39	47	82	45	96	42	95
<i>Fagus sylvatica</i>								1				
<i>Fraxinus sp.</i>					1				1			2
<b>total :</b>	<b>19</b>	<b>36</b>	<b>52</b>	<b>73</b>	<b>26</b>	<b>39</b>	<b>47</b>	<b>83</b>	<b>46</b>	<b>96</b>	<b>42</b>	<b>97</b>

volume tamisé (en l) : 2 à 3 2 à 3 2 à 3 2 à 3 2 à 3 2 à 3 2 à 3 2 à 3 2 à 3 2 à 3 2 à 3 2 à 3

<b>taxons identifiés :</b>	<b>F4</b>	<b>G2</b>	<b>G4</b>	<b>total N :</b>	
	N	N	N	N	%
<i>Quercus sp. f.c.</i>	48	41	71	1022	99,2
<i>Fagus sylvatica</i>				2	0,2
<i>Fraxinus sp.</i>	1	1		6	0,6
<b>total :</b>	<b>49</b>	<b>42</b>	<b>71</b>	<b>1030</b>	<b>100</b>

volume tamisé (en l) : 2 à 3 2 à 3 2 à 3

remarque : N : fréquence absolue en charbons de bois identifiés par taxon ; % : fréquence relative exprimée en pourcentage (donnée in Poiner, 1999)

Fig. 2

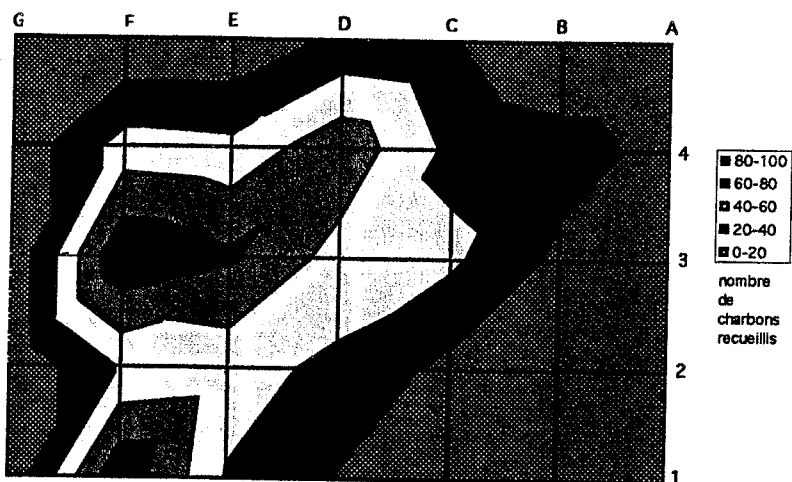
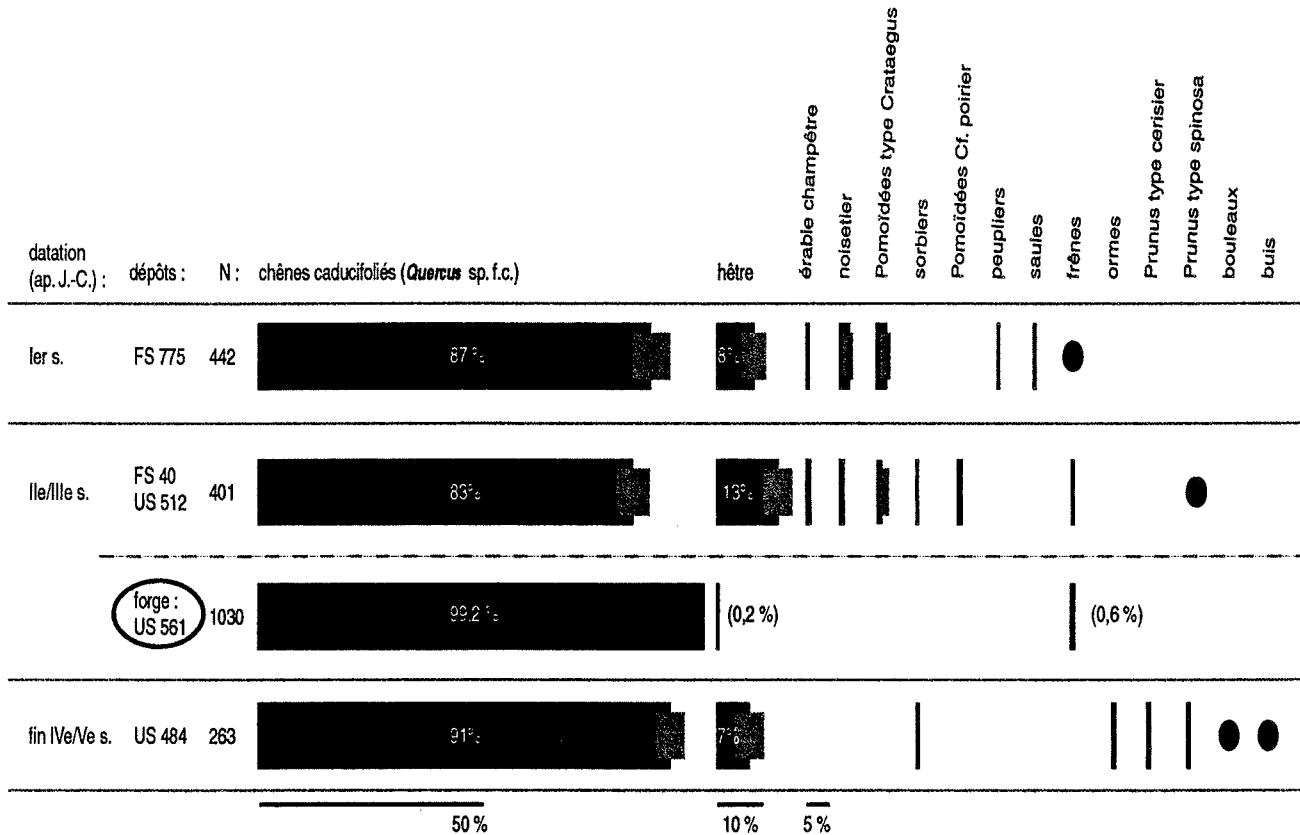


Fig. 13





Légende :

- N : nombre total de fragments identifiés,
- les fréquences relatives (%) à partir du dénombrement de charbons par taxon,
- ▒ intervalles de confiance (à 5 %),
- FS : fosse, US : unité stratigraphique ou couche archéologique,
- taxon identifié dans des dépôts rapides pour la même période (foyers),
- les incertitudes taxinomiques (faible proportion par lot étudié) ne sont pas prises en compte (ex. : chênes caducifoliés ou châtaignier),

Correspondances entre noms latins et noms vernaculaires :

hêtre : *Fagus sylvatica* L., Noisetier : *Corylus avellana* L., érable champêtre : *Acer campestre* L., sorbiers : *Sorbus* sp., saules : *Salix* sp., frênes : *Fraxinus* sp., bouleaux : *Betula* sp., buis : *Buxus sempervirens* L.

remarque : représentation graphique inspirée de celles de L. Chabal (1997).

(d'après données in POIRIER, 1999)

Fig. 14

Echantillon	Susceptibilité magnétique x 10 <sup>-6</sup> (uem/g)	Susceptibilité magnétique x 10 <sup>-5</sup> (SI)	Echantillon	Susceptibilité magnétique x 10 <sup>-6</sup> (uem/g)	Susceptibilité magnétique x 10 <sup>-5</sup> (SI)
A1	73,3	147,4	D2	136,7	274,9
A1 (2 <sup>e</sup> passe)	90,0	181,0	D2 (2 <sup>e</sup> passe)	215,7	433,7
A2	203,3	408,8	D3	155,3	312,2
A4	110,0	221,2	D3 (2 <sup>e</sup> passe)	125,7	252,7
B1	156,7	315,1	D4	106,7	214,5
B1 (2 <sup>e</sup> passe)	157,7	317,1	D4 (2 <sup>e</sup> passe)	162,3	326,3
B2	216,7	435,7	D5	123,3	247,9
B2 (2 <sup>e</sup> passe)	208,7	419,6	E2	151,0	303,6
B3	164,3	330,3	E2 (2 <sup>e</sup> passe)	93,3	187,6
B4	100,0	201,1	E3	126,7	254,7
C1	203,3	408,8	E3 (2 <sup>e</sup> passe)	100,0	201,1
C1 (2 <sup>e</sup> passe)	162,0	325,7	E4	153,3	308,2
C2	263,3	529,4	F1	36,7	73,8
C2 (2 <sup>e</sup> passe)	119,3	239,9	F2	80,0	160,8
C3 (2 <sup>e</sup> passe)	130,7	262,8	F2 (2 <sup>e</sup> passe)	91,7	184,4
C4	200,0	402,1	F3	143,3	288,1
C5	110,0	221,2	F4	128,3	258,0
D1	287,3	577,7	G1	70,0	140,7
D1 (2 <sup>e</sup> passe)	213,3	428,9	G2	93,3	187,6
D1 (3 <sup>e</sup> passe)	133,3	268,0	G4	113,3	227,8

tabl. I

Echantillon	Susceptibilité magnétique x 10 <sup>-6</sup> uem/g		Echantillon	Susceptibilité magnétique x 10 <sup>-6</sup> uem/g	
	D < 1 mm	1 mm < D < 2 mm		D < 1 mm	1 mm < D < 2 mm
A1	137,8 ± 4,7	152,0 ± 6,7	D2	201,5 ± 7,5	260,7 ± 6,8
A1 (2 <sup>e</sup> passe)	170,7 ± 6,5	181,5 ± 6,9	D2 (2 <sup>e</sup> passe)	256,6 ± 6,8	249,6 ± 11,7
A2	218,1 ± 3,8	211,6 ± 0,5	D3	190,7 ± 3,9	228,7 ± 8,8
A4	102,9 ± 5,1	136,5 ± 3,8	D3 (2 <sup>e</sup> passe)	166,7 ± 1,9	166,7 ± 5,2
B1	254,2 ± 7,1	239,1 ± 17,2	D4	154,9 ± 5,0	178,9 ± 5,9
B1 (2 <sup>e</sup> passe)	218,1 ± 9,9	226,1 ± 10,8	D4 (2 <sup>e</sup> passe)	215,3 ± 3,7	232,0 ± 9,9
B2	306,5 ± 13,0	326,2 ± 5,1	D5	131,1 ± 4,1	161,0 ± 2,9
B2 (2 <sup>e</sup> passe)	269,9 ± 7,1	257,7 ± 13,0	E2	170,8 ± 3,5	182,3 ± 5,4
B3	209,7 ± 3,5	224,8 ± 3,0	E2 (2 <sup>e</sup> passe)	131,6 ± 3,4	145,4 ± 4,6
B4	139,0 ± 5,1	167,3 ± 2,6	E3	194,9 ± 3,6	243,5
C1	275,8 ± 5,9	246,9 ± 6,0	E3 (2 <sup>e</sup> passe)	128,3 ± 3,3	165,7 ± 6,6
C1 (2 <sup>e</sup> passe)	252,9 ± 14,1	259,8 ± 8,8	E4	179,0 ± 3,2	197,2 ± 5,6
C2	285,4 ± 3,1	271,5 ± 7,6	F1	112,7 ± 2,7	118,1 ± 3,2
C2 (2 <sup>e</sup> passe)	280,4 ± 5,7	271,9 ± 6,1	F2	112,5 ± 2,2	155,4 ± 3,5
C3 (2 <sup>e</sup> passe)	239,1 ± 4,4	252,0 ± 5,0	F2 (2 <sup>e</sup> passe)	111,7 ± 1,8	120,0 ± 2,5
C4	185,9 ± 5,3	221,3 ± 17,7	F3	154,9 ± 3,8	158,5 ± 3,5
C5	151,7 ± 4,4	140,2 ± 2,0	F4	143,1 ± 5,2	181,9 ± 2,3
D1	364,8 ± 25,2	408,4 ± 28,1	G1	88,7 ± 1,6	101,0 ± 2,9
D1 (2 <sup>e</sup> passe)	318,6 ± 5,1	306,8 ± 15,0	G2	88,1 ± 2,7	104,7 ± 1,1
D1 (3 <sup>e</sup> passe)	251,5 ± 5,3	219,2 ± 2,2	G4	110,1 ± 2,0	124,2 ± 3,6

tab. II