



## Approche expérimentale du four 2.40 du site rubané d'Alleur

Fernand COLLIN et Jean-Philippe MARCHAL

avec la collaboration de Fabienne et Antonio BUCCI-DEMOITIÉ et Kai FECHNER

### 1. INTRODUCTION

Le site rubané d'Alleur est situé à l'emplacement d'un ancien domaine militaire, en bordure du parc industriel. Le domaine militaire, d'une superficie d'environ 14 hectares, était initialement composé d'une série de hangars et, au nord, d'un dépôt de munitions. Entre les deux, une zone de plusieurs hectares faisait, jusqu'il y a peu, l'objet d'une exploitation agricole. Les hangars ont été réaffectés à un usage privé, tandis que le reste de l'emprise, racheté par la SPI+ (Service Promotion Initiatives en province de Liège), est consacré à l'extension de la zone industrielle.

Le site a été initialement découvert par les regrettés M. Dradon (1968) et D. Mattart, membres de l'ASBL «Les Chercheurs de la Wallonie», mais malheureusement non publié. Il fut redécouvert en janvier 1998 par François Tromme, vice-président de ladite ASBL, lors d'une inspection de routine. Des ramassages de surface, doublés de sondages à la tarière, révélèrent la présence d'un site rubané disséminé sur une superficie de plusieurs hectares.

Grâce à la compréhension de la SPI+, une première intervention a pu se dérouler conjointement aux travaux d'aménagement pendant l'année 1998. Deux secteurs ont ainsi pu être sauvés préalablement à leur destruction définitive (Marchal, 1998).

L'importance des vestiges découverts et les délais impartis à la fouille n'auront cependant pas permis l'exploration exhaustive de la zone disponible. Des dépôts de terre arable étaient en effet stockés en bordure des fouilles, si bien qu'une deuxième campagne dut être menée en 1999 dans le prolongement des découvertes précédentes, clôturant ainsi la mission de l'équipe de fouille des Chercheurs de la Wallonie (Marchal, 1999). En effet, le

reste de l'emprise, affecté à l'extension du parc industriel, a été, soit perturbé par l'ancienne occupation militaire (dépôt de munitions semi-enterré), soit rehaussé d'une épaisseur de terre comprise entre 0,50 m et 1 m.

Vu l'importance et l'excellent état de conservation du site, un programme de fouilles à long terme vient d'être initié par le Service de Préhistoire de l'Université de Liège (Otte & Delye, 2000). Il vise à l'exploration exhaustive des zones de culture situées en bordure du parc et qui recèlent les prolongements nord et est de l'occupation.

### 2. DESCRIPTION DU SITE

La situation de l'emprise dans une zone fortement industrialisée ne permet plus d'appréhender avec précision son relief originel. Pour autant que l'on puisse en juger, l'occupation semble se concentrer sur le sommet d'un plateau en faible relief qui affecte un léger pendage vers l'est. L'extension primitive du site et les altérations inhérentes aux aménagements militaires ne peuvent être évaluées précisément, mais, la découverte de quatre maisons permet de situer la fouille au cœur même de l'occupation rubanée. D'autre part, la stratigraphie horizontale fait état, via les recoupements de structures, d'au moins deux phases chronologiquement distinctes, ce qui laisse supposer une fréquence d'occupation élevée de l'emplacement.

#### 2.1. La zone 1

En raison de l'état d'avancement des travaux au moment de la découverte, la zone 1 (fig. 1) n'a malheureusement pu faire l'objet de d'une intervention partielle,

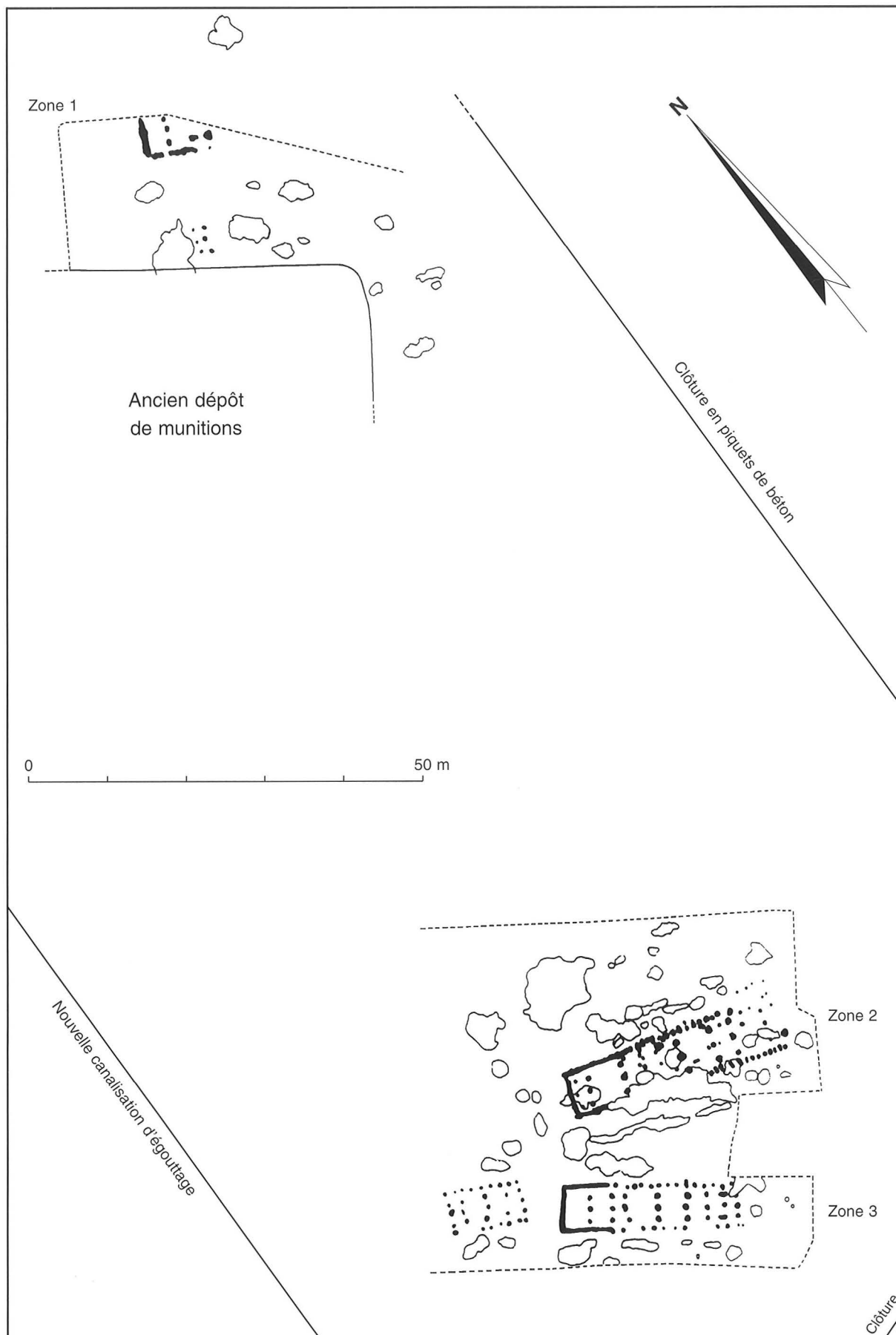


FIG. 1. – Plan général des fouilles (1998)

limitée dans le temps et dans l'espace. La superficie explorée avait préalablement été décapée au bulldozer sur une profondeur approximativement équivalente à l'épaisseur de la couche arable. Certaines structures étaient d'ailleurs repérables directement par le biais d'une terre de remplissage noire, chargée de diverses particules anthropiques et visible dans les traces des chenilles de l'engin.

Au nord, les terrassements, plus profonds, avaient pratiquement détruit toute trace d'occupation. Seule, une grande fosse de forme irrégulière put être repérée dans cette direction. L'extension sud était, quant à elle, recoupée par l'ancien dépôt de munitions. Ces différentes altérations sont d'autant plus regrettables que l'occupation semblait particulièrement dense dans ce secteur. Pas moins de treize fosses et deux structures bâties ont été mises au jour.

Le chevet d'une maison rubanée, orientée nord-ouest/sud-est, est partiellement conservé en bordure de la zone de décapage. La tranchée de fondation en «U» est préservée sur ses côtés sud et ouest, de même que l'intégralité de la dernière tierce, les deux pieux suivants de la rangée sud et un pieu de la paroi sud.

Le taux d'érosion de ce secteur n'a pas été évalué mais, vu l'état de conservation des structures, il devrait se situer à un niveau peu élevé.

Les recherches actuellement menées par le Service de Préhistoire de l'Université de Liège se situent dans le prolongement sud-est de la zone 1.

## 2.2. Les zones 2 et 3

À l'inverse de la zone 1, fortement perturbée par les travaux d'aménagement, les zones 2 et 3 (fig. 1 et 2) n'avaient subi qu'une simple découverte faite par le bulldozer, et les terres arables, destinées à être épandues, avaient été mises en attente à la limite de l'emprise.

Le décapage complémentaire, effectué par nos soins à la pelle mécanique, a permis la découverte de plus de 200 structures d'origine anthropique. Elles révèlent la présence de trois maisons rubanées pratiquement complètes et différentes fosses liées à leur occupation.

La constatation qui s'imposait d'emblée dès le début des fouilles était la forte densité de vestiges concentrés dans la zone 2 et la présence de nombreux recoupements entre les structures, ce qui laissait deviner l'existence de plusieurs phases chronologiquement distinctes et un état de conservation exemplaire. À cet égard, le calcul effectué par K. Fechner (communication orale) révèle un taux d'érosion quasiment nul dans la zone 2 et de l'ordre de 0,25 m dans la zone 3. Vu la distance, environ 25 m, qui sépare l'emplacement des deux relevés, cette différence est peut-être attribuable à la découverte initiale faite par le bulldozer.

Cet état de conservation, exceptionnel en région hesbignonne, représentait donc une occasion quasi unique d'étudier un habitat rubané pratiquement dans son état d'abandon (seule manquait l'épaisseur de la couche de charrage) et de récolter les données qui font généralement défaut. Par exemple, de nombreuses structures sont préservées sur des profondeurs comprises entre 0,10 et 0,30 m et, à la lecture des taux d'érosion habituels en Hesbaye, tout laisse à penser qu'elles auraient disparu sur d'autres sites.

Trois maisons aux plans fort différents se répartissent donc dans les zones 2 et 3. Une maison monopartite (M3) de 8,30 m de longueur pour 4,80 m de largeur dont cinq tierces subdivisent l'espace intérieur en quatre travées, une maison rectangulaire (M2) de 23 m de longueur pour 5,40 m de largeur qui présente une organisation tripartite assez conventionnelle et une grande maison trapézoïdale de 27,50 m de longueur en plan complexe. Les parois nord et sud présentent en effet une asymétrie étonnante. Alors que la paroi sud se prolonge jusqu'à l'angle de la façade, la paroi nord s'interrompt à l'approche de la deuxième tierce, soit à hauteur du couloir de séparation. En remplacement, un ensemble de quatre pieux, assez régulièrement disposés, dessine une excroissance en ressaut d'environ 2,50 m vers le nord. La fermeture de la façade est assurée par un ensemble de trois pieux, un dans l'axe de la paroi nord, deux dans l'axe des rangées latérales des tierces, ce qui lui restitue une longueur d'environ 9 m. Aucun pieu n'apparaît par contre dans l'axe de la rangée centrale.



FIG. 2. – Zones 2 et 3 (1999)

L'examen attentif de ce secteur, joint au bon état de conservation des structures adjacentes, rend improbable sa disparition. Vu en outre l'enfouissement nettement supérieur du pieu central de la première tierce, l'espace ainsi libéré (environ 3 m) pourrait correspondre à une entrée axiale.

Au niveau de la chronologie relative, la présence d'au moins deux phases d'occupation transparaît de la stratigraphie horizontale. La maison 1 recoupe en effet nombre de structures préexistantes et les pieux de soutènement de sa toiture ont, dans la mesure du possible, été systématiquement installés en bordure de ces comblements préexistants.

Inversement, le chevet de la maison 2 est recoupé par une fosse plus récente. D'importantes différences, tant de plans que d'orientation ou de mode de construction entre les maisons 1 et 2, semblent aussi témoigner de la diachronie entre les deux ensembles.

Le matériel céramique fait actuellement l'objet d'un mémoire de licence à l'Université de Liège. Un premier examen, effectué sur un nombre limité de structures, nous montre des céramiques attribuables à la transition Rubané ancien/début du Rubané récent de même que des décors clairement attribuables au Rubané récent. La présence de la céramique du Limbourg est également attestée sur le site.

### 3. LE FOUR 2.40

Le four (fig. 3, 4 et 5) se positionne à l'avant de la maison 1, plus particulièrement à l'angle sud-est de la façade, sans qu'une relation formelle puisse être établie entre les deux ensembles. Il apparaissait sous la forme d'une fosse approximativement circulaire d'environ 2 m de diamètre et qui fut classiquement ouverte selon la méthode des quadrants opposés.

L'apparition, à environ 0,30 m de profondeur dans les deux quadrants, d'une bande de terre rubéfiée régulière, qui dessinait une forme circulaire à l'intérieur même du remplissage, exigea alors une approche méthodologique différente. La couche rubéfiée fut laissée en place et parfaitement suivie de façon à pouvoir appréhender son extension en planimétrie. Elle affectait une forte déclivité vers le centre de la fosse et une grande uniformité de teinte sur toute sa surface, témoin manifeste d'une rubéfaction *in situ* qui permettait de conclure à l'existence d'un four enterré. Après relevé des stratigraphies, les deux quadrants restants furent soigneusement dégagés et les prélèvements effectués dans les premiers niveaux de comblement. De forme circulaire, le four a été creusé dans le remplissage même d'une structure préexistante. Il présente un diamètre de 1,50 m et est conservé sur une profondeur maximale de 0,74 m. Il affecte, dans sa partie sud-est (axe b-a), une forme cylindrique, une paroi verticale et un fond plat qui remonte en s'incurvant vers le nord-ouest, restituant ainsi une paroi à forte pente, orientée vers la maison 1. Après creusement, les parois verticales ont été enduites d'une terre limoneuse jaune qui s'est rubéfiée progressivement sous l'effet de la chaleur comme l'indique l'atténuation des teintes du bas vers le haut. Le fond a, quant à lui, été soigneusement recouvert, tant dans sa partie plane qu'incurvée, de fragments de terre déjà brûlée provenant d'une autre aire de combustion, mélangés à du limon et réamalgamés lors de la phase d'utilisation de la structure. Son épaisseur atteint par endroit 0,10 m.

Une dizaine d'alvéoles de dimensions variables, mais disposées sur un plan plus ou moins horizontal, se détachaient sur la partie incurvée du fond. La fouille montre qu'elles existaient au moment de l'abandon du four,

mais il n'est pas possible de préciser si elles sont liées à son utilisation ou accidentelles.

Après prélèvements archéo-magnétiques et archéo-pédologiques, les deux quadrants initiaux ont été réouverts de manière à obtenir les profils du four et de la fosse antérieure (fig. 4 et 5). Celle-ci se prolonge jusqu'à une profondeur de 0,50 m depuis la base de la couche rubéfiée. Son remplissage est exclusivement constitué d'une succession de lentilles d'épaisseurs variables, mais présentant toutes d'énormes concentrations de charbon de bois. La fosse a donc servi à l'évacuation répétée de rejets d'aires de combustion, échelonnés sur une longue période, comme en témoigne l'épaisseur du comblement.

D'une manière générale, le four témoigne d'un soin extrême dans sa réalisation de même que d'une conception particulièrement complexe. Il est, en effet, parfaitement centré dans un remplissage préexistant; à aucun endroit, il n'est tangent avec les niveaux pédologiques, ce qui ne peut résulter que d'un acte intentionnel. Si le choix de réutiliser une structure remblayée visait un gain de temps ou une économie d'énergie, il aurait été plus commode d'aller chercher le limon en place que d'enduire les parois et de recréer une sole artificielle.

La structure suscite donc un certain nombre d'interrogations et ce dans des domaines aussi divers que celui de sa conception, celui de son fonctionnement ou celui de son affectation. Une attention toute particulière a été portée à l'examen des structures avoisinantes mais aucun indice d'ordre archéologique ne nous renseigne sur sa destination primitive. Seule donc une approche expérimentale peut nous permettre de proposer quelques pistes de réflexion. C'est la raison pour laquelle, le C.E.T.R.E.P. (Centre d'Étude des Techniques et de Recherche Expérimentale en Préhistoire) de l'ASBL «Les Chercheurs de la Wallonie», ont élaboré un protocole expérimental au Préhistosite de Ramioul à Flémalle. Nous avons cependant été d'emblée confrontés à deux problèmes, d'une part, l'absence d'éléments de comparaison archéologiques susceptibles d'orienter notre démarche et d'autre part, notre méconnaissance des mécanismes physico-thermiques qui régissent le fonctionnement de la structure. Nous avons heureusement pu compter sur la collaboration de F. et A. Bucci-Demoitié, ingénieurs

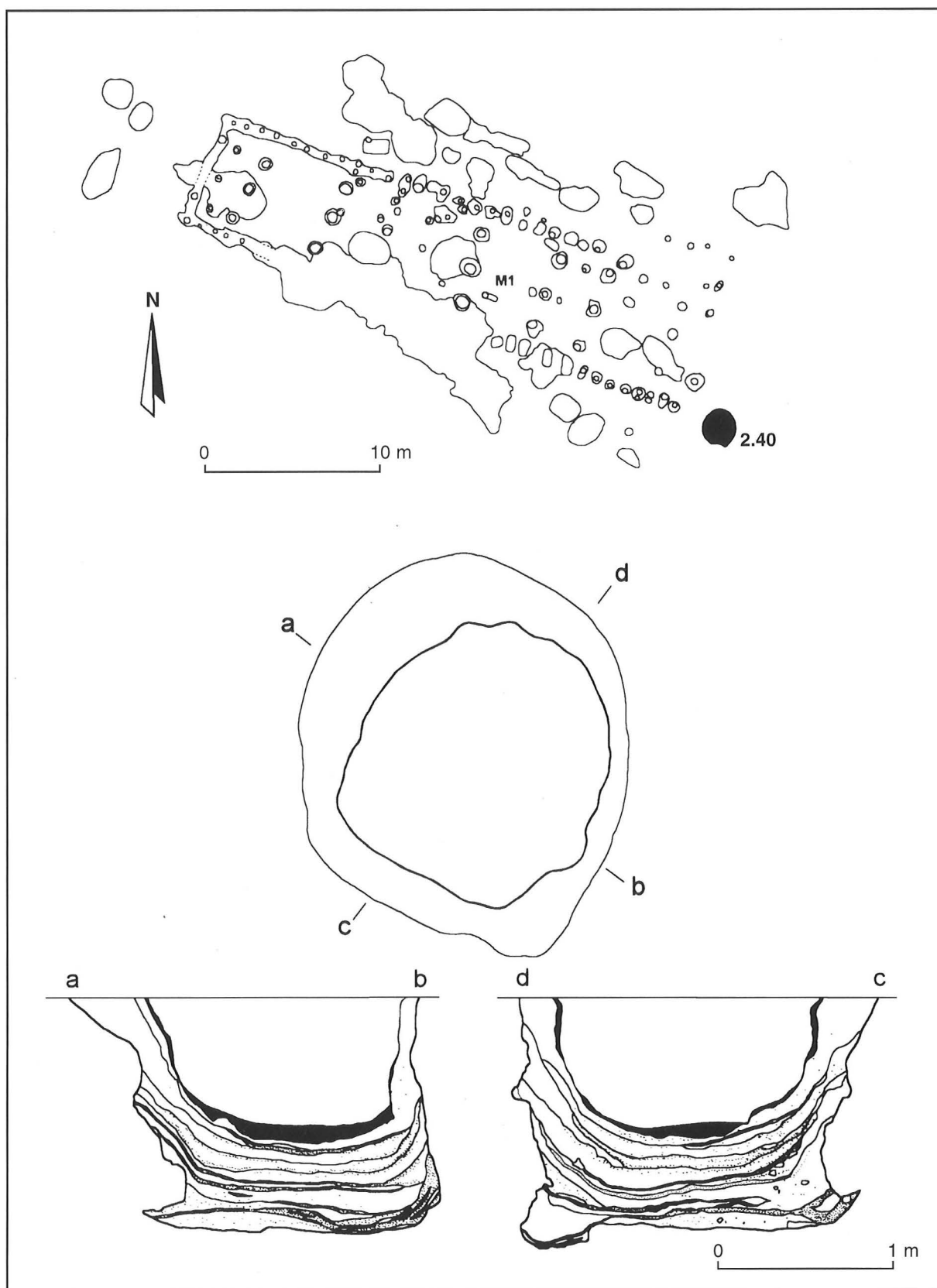


FIG. 3. – Structure 2.40. Situation et coupes





FIG. 4. – Le four 2.40



FIG. 5. – Le four 2.40 et la fosse antérieure

spécialisés en thermodynamique au sein du groupe *Usinor*, pour résoudre ce problème. L'approche micromorphologique a, quant à elle, été confiée à Kai Fechner.

#### 4. LA PROBLÉMATIQUE DE LA FONCTION

Quel est l'usage de cette structure particulière ? À quelle chaîne opératoire domestique ou artisanale participe-t-elle ? Y a-t-il un rapport de causes à effets recherché et géré par son « créateur » ?

La température atteinte par la structure de combustion et les modalités de sa gestion au cours d'une durée donnée sont les seuls éléments susceptibles d'apporter des réponses à la question de la fonction.

On peut synthétiser la problématique de la manière suivante : l'interaction entre la pyrodynamique de la structure (c'est-à-dire tous les facteurs du contenant du feu ayant un effet sur son fonctionnement), la quantité et la qualité du combustible utilisé aboutit à des températures données.

La variation de ces températures pourrait alors être mise en relation avec des chaînes opératoires aussi spécifiques que la cuisson ou le séchage des aliments, le four de potier, etc., sans oublier la possibilité d'usages multiples.

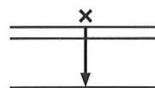
#### 5. PROBLÉMATIQUE DE L'EXPÉRIMENTATION

La problématique de l'expérimentation consiste à identifier précisément quels sont les facteurs technologiques (installation en fosse détritique, matériaux de construction de la sole, morphologie de la structure) qui ont une réelle influence sur la pyrodynamique du four et, d'autre part, d'observer si les indices micromorphologiques observables à l'œil nu et en lames minces peuvent traduire un mode de fonctionnement particulier.

On peut schématiser les relations de causes à effets entre les indices archéologiques et les éléments de la pyrodynamique comme représenté à la figure 6.

Il est important de souligner que la conduction, la convection et le rayonnement sont trois facteurs de la pyrodynamique qui interagissent simultanément en fonction de la quantité et de la qualité des combustibles utilisés.

La *conduction* est le phénomène de propagation de la chaleur qui s'effectue principalement dans un milieu solide.



La conduction est soumise à la loi de Fourier

$$Q = k(t_{p1} - t_{p2}) \frac{S}{e}$$

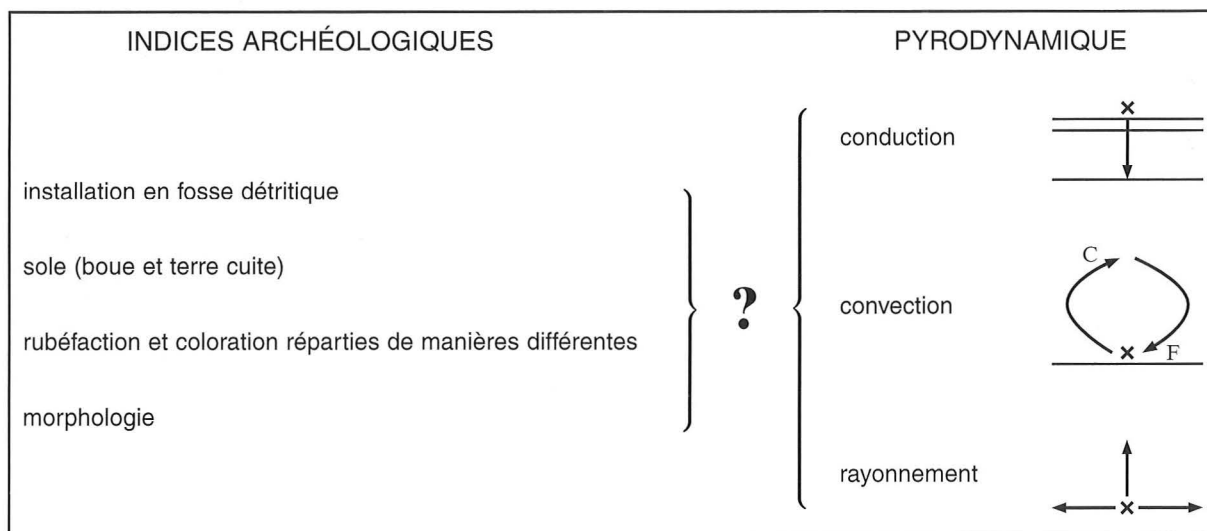


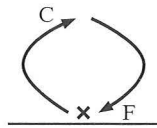
FIG. 6.



où  $Q$  est l'énergie échangée,  $k$  le coefficient de conduction thermique du matériau considéré,  $S$  la surface d'échange,  $e$  l'épaisseur du matériau,  $t_{p1}$  et  $t_{p2}$  les températures d'équilibre des parois.

Elle variera en fonction de la nature des parois et du substrat de la structure au prorata de l'apport calorifique.

La *convection* est l'échange calorifique entre une paroi et un fluide (liquide ou gazeux). L'échange calorifique provoque une différence de température au sein du fluide qui engendre une différence de densité et par conséquent un mouvement de ce fluide. On a alors affaire à de la convection *naturelle*. Si le mouvement du fluide est provoqué par une source extérieure (ventilateur, pompe, etc.), on a alors affaire à de la convection *forcée*.

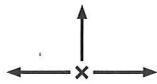


La convection est soumise à la loi de Newton

$$Q = kS(t_p - t_f)$$

où  $Q$  est l'énergie échangée,  $k$  le coefficient de convection,  $S$  la surface d'échange,  $t_p$  et  $t_f$  les températures d'équilibre, respectivement de la paroi et du fluide. Elle variera en fonction de la couverture ou non de la structure et de l'existence ou non et du positionnement de « trous d'aération » favorisant une circulation particulière de l'air.

Le *rayonnement* résulte de la propagation de l'énergie sous forme d'ondes électromagnétiques.



Il est soumis à la loi de Stefan-Boltzmann

$$Q = \epsilon FS \left[ \left( \frac{T_1}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_2}{100} \right)^4 \right]$$

où  $Q$  est l'énergie échangée,  $\epsilon$  l'émissivité du milieu,  $F$  le facteur de forme,  $S$  la surface d'échange,  $T_1$  et  $T_2$  les températures d'équilibre des deux corps en présence. Il variera en fonction de la forme spécifique de la structure (facteurs de forme).

Une série d'expérimentations est nécessaire afin de répertorier l'ensemble des mesures de températures liées à l'un ou l'autre facteur intervenant dans la pyrodynamique. L'objectif est de créer, sur cette base, un modèle mathématique du fonctionnement du four et de simuler une série de modalités d'utilisations pouvant être mises en corrélation avec des chaînes opératoires domestiques ou artisanales.

## 6. EXPÉRIMENTATION 1 : LA CONDUCTION

Ce sont les éléments archéologiques les plus évidents qui ont servi de base au protocole expérimental de la première expérimentation (fig. 7).

Les questions archéologiques et technologiques sont les suivantes :

- les rubanés ont-ils installé leur four dans une fosse préexistante par économie d'effort ou parce qu'ils recherchaient une valeur ajoutée au fonctionnement du four ?
- l'inclusion de fragments de terre cuite dans la boue de la sole constituait-elle également une valeur ajoutée ou s'agissait-il tout simplement d'un dégraissant destiné à assurer la cohésion de la sole ?

Ces deux éléments archéologiques sont tous deux liés au phénomène de conduction.

Afin d'évaluer la valeur ajoutée de la fosse et de la sole un protocole expérimental a été élaboré. Les paramètres suivants ont été croisés :

sole = boue + terre cuite		
sole = boue		
sole = limon en place	×	fosse détritique limon en place

C'est pourquoi cinq petites structures de formes et dimensions identiques ont été creusées afin d'isoler chaque combinaison possible. Une grande structure, comparable en volume à la structure archéologique, a également été réalisée de manière à y installer trois combinaisons pouvant bénéficier d'un seul et même foyer. Des thermocouples ont été installés au centre et à l'intérieur de chaque sole de 10 cm d'épaisseur à 5 cm sous le niveau du feu.

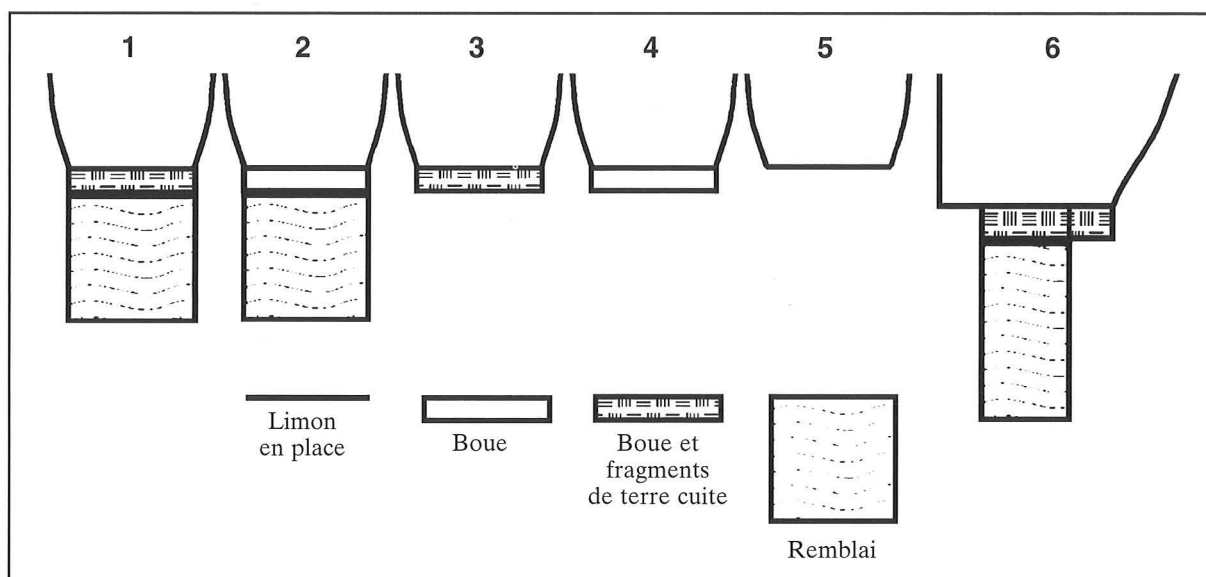


FIG. 7. – Protocole expérimental

Pour le matériel de prise des températures, nous avons pu bénéficier du soutien logistique et des conseils techniques de la Direction de l'Archéologie de la Région Wallonne en la personne de Madame Sylviane Mathieu que nous tenons ici à remercier chaleureusement.

Les cinq petites structures ont fait l'objet de deux séances expérimentales. Il a paru intéressant de comparer les mesures relevées lors de la première mise à feu, soit à un moment où les soles étaient à peine sèches, à un moment où elles avaient été figées par l'action du feu. Pour la grande structure, qui présentait l'essentiel des caractéristiques du four original tant au niveau des dimensions (capacité, superficie de la sole, diamètre d'ouverture) que de la forme, trois allumages préalables ont été effectués, de manière à ce qu'elle puisse être considérée comme pleinement opérationnelle.

Tous les feux ont ensuite été allumés en même temps, avec le même poids de combustible (20 kg) et des essences identiques, et rechargés une fois (40 kg) en respectant les mêmes critères. Les températures ont été relevées tous les quarts d'heure jusqu'au moment où la chaleur pouvait être considérée comme suffisamment retombée.

## 7. RÉSULTATS

Pour les cinq petites structures, la première mise à feu n'a pas donné de résultat probant. Les deux soles installées par-dessus du remblai semblent monter un peu plus rapidement en température, mais la différence ne peut être considérée comme significative. Lors de la deuxième mise à feu, ces deux structures (série 1 : boue + terre cuite sur remblai et série 2 : boue sur remblai) ont, par contre, témoigné d'une montée en température nettement plus rapide tout en atteignant des valeurs plus élevées (fig. 8).

Les résultats les plus intéressants proviennent de la grande structure, sans doute en raison de ses dimensions supérieures proches de l'originale (fig. 9). Les trois soles montent en température de façon similaire jusqu'à environ 100 °C. Une première différence se manifeste à ce niveau : la sole réservée sur les niveaux pédologiques (sole 2) monte jusqu'à 150 °C, soit une valeur supérieure de 50 % par rapport à la sole constituée de boue et de terre cuite posée sur le limon en place (sole 1). Il ne semble donc pas y avoir d'avantage thermique à une sole additionnée de fragments de terre cuite.

La sole installée par-dessus un remblai (sole 3) monte, elle, très rapidement en température jusqu'à 250 °C, soit une rentabilité

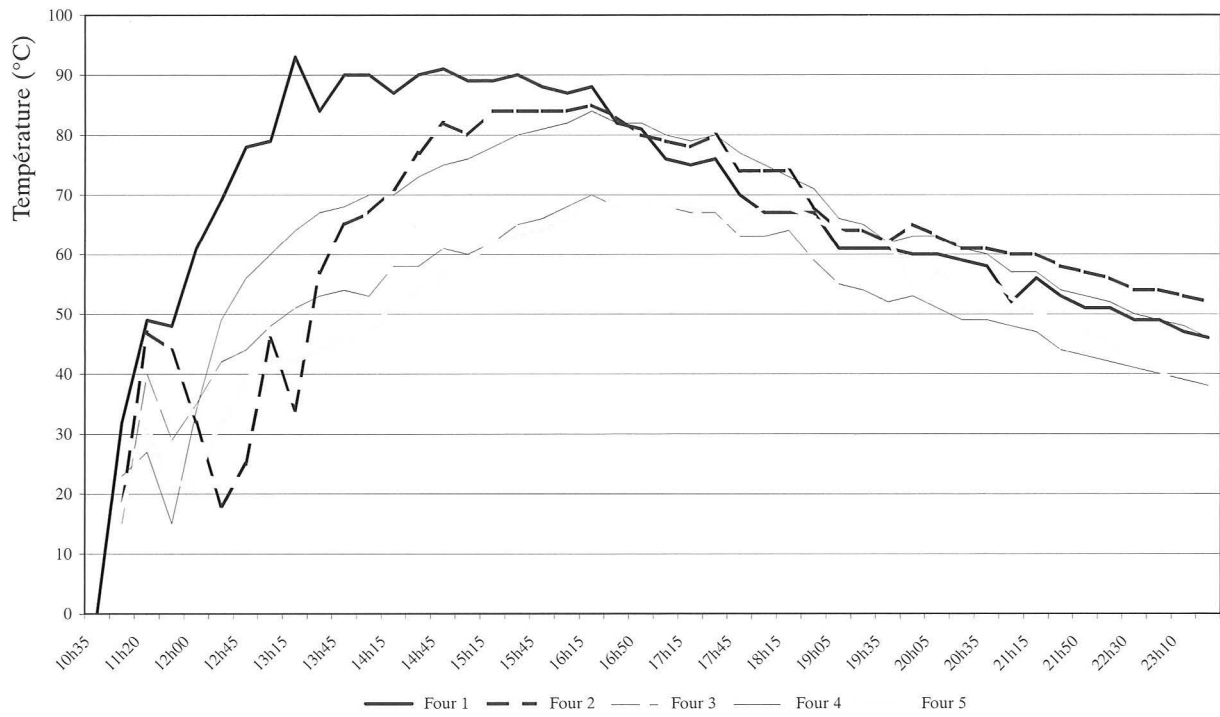


FIG. 8. – Structures 1 à 5

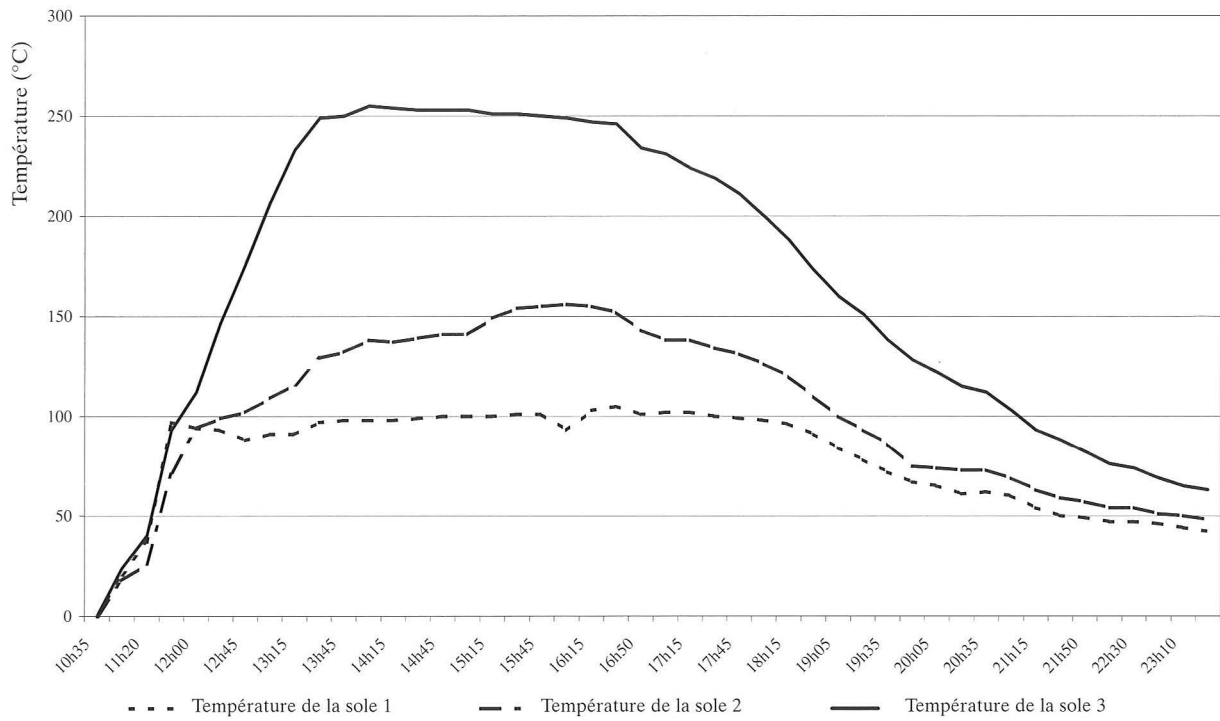


FIG. 9. – Structure 6

calorifique supérieure d'environ 70 % par rapport au limon en place. La présence d'air, dans une terre préalablement remuée, apporte donc manifestement des propriétés d'isolation.

## 8. LA CONDUCTION : PREMIÈRES CONCLUSIONS

Le remblai sous la sole constitue un isolant performant dont les effets sont les suivants :

- montée rapide des températures,
- maintien des températures à une moyenne nettement plus élevée qu'en l'absence de cette couche isolante ( $\pm 100$  °C à l'intérieur de la sole).

La présence de fragments de terre cuite à l'intérieur de la sole ne constitue pas une valeur ajoutée en matière de conduction.

La nette valeur ajoutée de la fosse détritique sur le fonctionnement du four semble prouver une volonté délibérée des néolithiques rubanés de recourir à cette technique de construction du four. Le fait que le four ait été parfaitement installé au centre de la fosse détritique semble un argument supplémentaire.

Si la présence de terre cuite dans la sole ne joue pas un rôle d'accumulateur de chaleur (vérification ultérieure), son rôle semble uniquement réduit à celui de dégraissant permettant d'assurer une bonne homogénéité de la sole.

## Bibliographie

- COLLIN F. & MARCHAL J.-Ph., 2000. « Aires de combustion sur le site rubané d'Alleur, province de Liège (Belgique) », *Le feu domestique et ses structures au Néolithique et aux Âges des Métaux*, Colloque international, 7-8 octobre 2000. Bourg-en-Bresse : 52-53.
- MARCHAL J.-Ph., 1998. « Sauvetage sur un site rubané à Alleur – *Domaine militaire*, *Notae Praehistoricae*, 18 : 107-117.
- MARCHAL J.-Ph., 1999. « Seconde campagne de fouilles sur le site rubané d'Alleur – *Domaine militaire*, *Notae Praehistoricae*, 19 : 107-109.
- OTTE M. & DELYE E., 2000. « Site rubané d'Alleur (Liège). Fouilles 2000 », *Notae Praehistoricae*, 20 : 151-152.

Adresses des auteurs :

Fernand COLLIN  
Archéologue-Directeur du Préhistosite de Ramioul  
Rue de la Grotte, 128  
B-4400 Flémalle

E-mail : prehistosite@ramioul.org

Jean-Philippe MARCHAL  
Archéologue  
Rue de la Grotte, 128  
B-4400 Flémalle