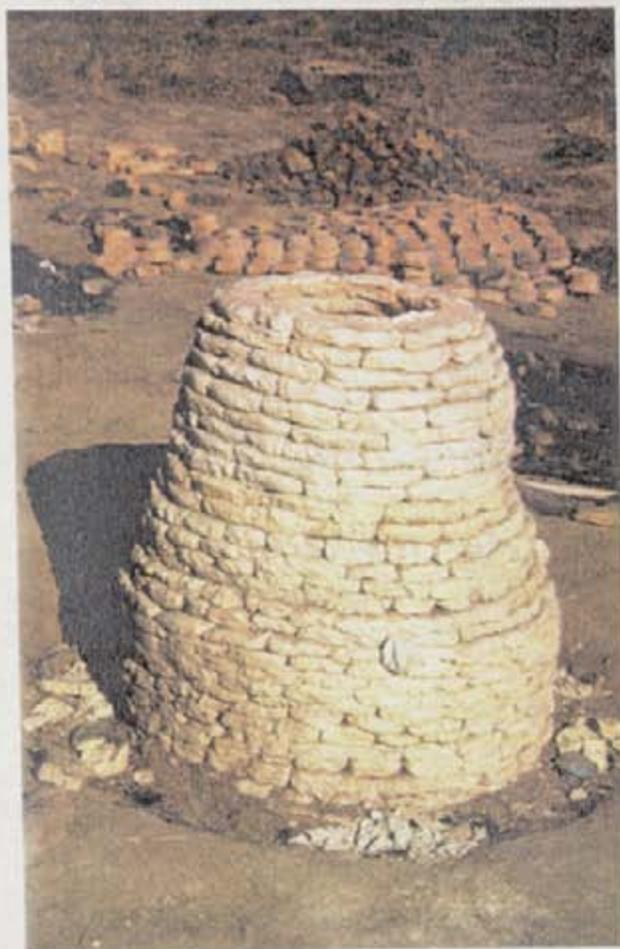


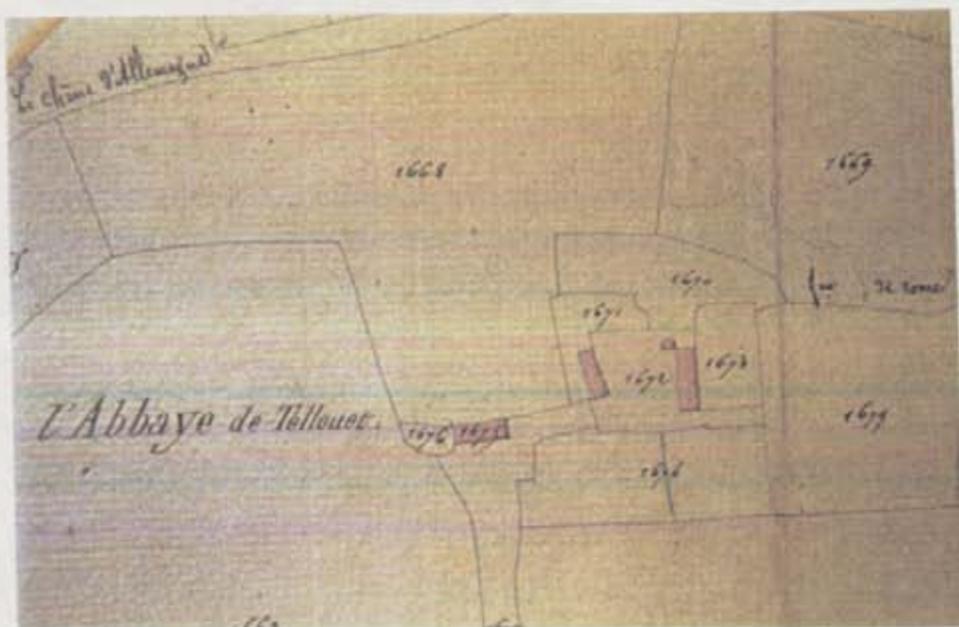
sites métallurgiques
de la région de paimpont



PROSPECTION THEMATIQUE

ANNEE 1993

RESPONSABLE : GUY LARCHER



SOMMAIRE

- . Introduction
- . Les nouveaux sites
 - 1 - Commune de Paimpont
 - 2 - Commune de Plélan le Grand
 - 3 - Commune de Maxent
 - 4 - Commune de Tréffendel
 - 5 - Commune de Concoret
 - 6 - Zones à "scories rapportées"
- . Relevé topographique à La Gelée
- . Expérimentation
 - Annexe
- . Bilans et perspectives
- . Bibliographie complémentaire

. Le Cannée: (P1)

La clairière du Cannée, en plus des zones à scories, recèle un ferrier, pratiquement au centre du village, ne semblant pas nécessiter de grands besoins en eau.

. Coganne: (F7)

En bordure de ruisseau, étalées sur plus de 500 m², réparties en deux parcelles (voir plan). Ce site pourrait être en rapport avec les forges de Collin Carré, signalées au 17^e siècle ?

. Le Vaubossard: (F3)

Actuellement en forêt, ce ferrier fait partie d'une zone qui a dû être en landes jusqu'au siècle dernier. Une source lui est associée et il n'est pas impossible qu'il existe, autour de ce site, d'autres traces de métallurgie, mais la forêt ne nous a rien laissé voir et il faudra attendre une coupe de bois pour espérer trouver quelque chose.

. La Massonnais: (F6)

En pleine forêt, le ferrier de la Massonnais est au bord d'un ruisseau, proche d'un ancien étang et d'une carrière (minière?) et près d'un lieu nommé le Pas de la Forge... Tout ce secteur permet d'envisager une métallurgie ancienne (?) centrée sur ce ferrier...

. Peronnette: (P2)

Près du village de Trudo et à quelques centaines de mètres de l'étang du Pas du Houx, ce site était mentionné pour sa carrière, appelée Nouveau Minéral. Le ferrier est à moins de 100 mètres de la carrière et semble prouver que la carrière n'a pas été découverte au 19^e siècle, mais simplement re-découverte.

. Trédéal: (F8)

Au centre du village, à l'angle des routes conduisant à Plélan, Paimpont, Saint-Péran, ce ferrier n'est pas directement associé à un point d'eau (un ruisseau existe cependant à environ 100 mètres). Autour de ce ferrier, à moins de 500 mètres, une douzaine de zones à scories seraient-elles complémentaires de ce lieu ?

A noter également, un parcellaire assez bien circulaire centré sur ce ferrier... ultimes traces de défrichements médiévaux liés à la métallurgie?

. Le Vert Pignon (Telhouët): (F4 et F5)

Actuellement dans un petit bosquet entouré de parcelles cultivées, ce ferrier bien visible (voir photos aériennes) ne semble pas être en connexion avec un réseau hydraulique important, quoique une source existe à proximité... Des témoignages attestent de multiples ponctions pour drainage... et l'ampleur présente est sans nul doute bien moindre qu'à l'origine .

. La Touche et la Vallie, en Plélan: ((F10) et (F11))

Dans des parcelles cultivées, de grandes zones noires, complètement arasées, comportant de nombreuses scories à l'aspect comparable à celles des autres ferriers, pourraient être les restes de ferriers plus importants. En effet, ceux-ci sont à environ 1km du village des Forges et il était facile de se servir dans un amas riche en fer.

Nous avons mis à part les buttes contenant du laitier (L1, L2 et L3). Les ferriers précédemment cités ne comportaient pas du tout de laitier. Par contre, autour du village des Forges, de telles buttes à laitier subsistent.

Plus surprenant, une telle butte s'étale en contrebas de la digue de l'étang du Pas du Houx. Contenant encore plusieurs centaines de mètres cubes de laitier, malgré des ponctions sans doute nombreuses (en 1885, la grotte de Faimpont est construite avec du laitier provenant de ce site...). Il pose un problème particulier. Pourquoi du laitier ici, à plus de 3km des hauts fourneaux connus? Nous reviendrons, dans la partie bilan, sur une explication possible, mais nous sommes persuadés qu'il a pu exister un premier haut fourneau en cet endroit, avant de s'installer de manière plus définitive au village des Forges.

d - Les ferriers

Nous nommons ferriers les zones à scories d'une certaine ampleur, comportant un ou des amas, dont la hauteur varie de quelques décimètres à quelques mètres. Par opposition, nous avons classé dans le paragraphe "zones à scories", les sites ne comportant en général qu'une quantité très limitée de scories éparses...

Il reste sans doute de tels ferriers non recensés, en particulier sous le couvert forestier, car ils ne sont pas très spectaculaires (quelques dizaines de mètres cubes) et le couvert végétal les masque assez bien.

De plus, il est plausible d'imaginer que certains de ces ferriers aient été pillés pour alimenter les grosses forges... ou servir de drainage dans les maisons particulières (nous avons rencontré une couche de scories dans notre propre maison, lors de travaux, et divers témoignages nous assurent de cette pratique).

INTRODUCTION

Nous avons, cette année, renoncé au plan proposé les années passées, car plusieurs paragraphes auraient été vides de contenu.

En effet, si la prospection au sol continue à révéler de nouveaux sites, nous n'avons pas effectué de survol aérien. Les conditions météorologiques n'étaient pas favorables au moment où l'état des cultures aurait permis d'espérer des résultats. De même, nous n'avons pratiquement pas effectué de recherches nouvelles en archives. Par contre, dans le cadre associatif (Association des Amis du Moulin du Châtenay et Ecomusée du Pays de Montfort) nous avons participé à la réalisation d'une brochure sur l'histoire des Forges. De plus, nous avons participé au colloque de Paléométaballurgie du fer à Besançon, en novembre 1993. Ces deux occasions ont nécessité pour nous une "révision" des divers documents et sources.

La recherche sur la géologie et les ressources en métaux n'a pas connu non plus de développement significatif, si ce n'est une réflexion liée à un nouvel aspect amorcé cette année : l'expérimentation. Bien que le financement de cette expérience ait été obtenu hors archéologie, nous joignons en annexe le texte que nous avons rédigé à ce propos.

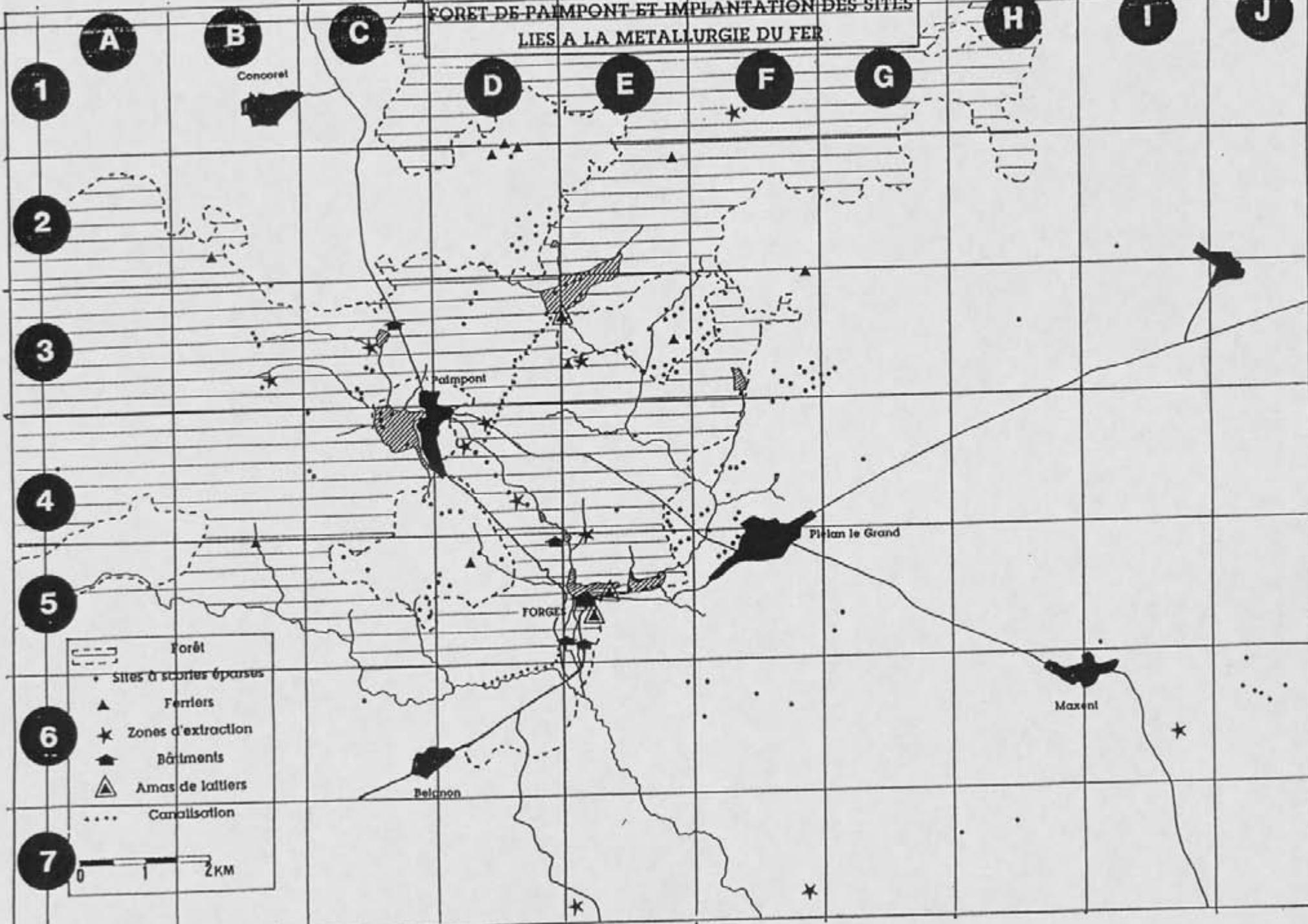
Comme en 1992, les étudiants de la Maîtrise "Aménagement et mise en valeur des régions" ont, dans le cadre d'un de leurs stages, apporté leur contribution, en effectuant un relevé topographique d'une partie de la mine de la Gelée (notée M5, rapport 1990, page 22).

Comme par le passé, nous avons sillonné notre zone en fonction de notre disponibilité et de l'état des cultures et de la végétation. Nous avons à nouveau profité des coupes de forêt et poursuivi des contacts avec divers propriétaires forestiers, gardes, et population locale. Ceci nous a permis de combler quelques vides de la carte. Au total, c'est une vingtaine de sites nouveaux, essentiellement des sites à scories éparses mais également une mine et une possible zone d'extraction superficielle ancienne.

Nous n'avons pas encore pris le temps de procéder au remplissage des fiches pour chacun des sites découverts, mais nous savons que ce travail est en voie de réalisation par Pauline GUÉRISSE, dans le cadre de son mémoire de Maîtrise. Nous ne doutons pas de l'intérêt d'un tel travail mais c'est une charge importante pour un bénévole et, de plus, nous n'avons pas encore trouvé de mode de classement très satisfaisant pour ces sites. D'ailleurs l'appellation de "gisement" serait peut-être préférable, car peut-on parler d'une série de "sites différents", à quelques dizaines de mètres les uns des autres ? En 1990, nous avons proposé un classement provisoire, par secteurs, en affectant des numéros différents à chacun des sites et en gardant disponibles quelques numéros, en prévision de futures découvertes. Nous partions d'un découpage basé, grossièrement, sur les clairières de la forêt ou sur des zones présentant une certaine unité (supposée). La découverte de sites intercalés entre les secteurs nous laisse désormais supposer que l'ensemble de la région (ou tout au moins la partie correspondant géologiquement au grès armoricain) a connu une activité sidérurgique.

Pauline GUÉRISSE a proposé un quadrillage intégrant au mieux les sites répertoriés. Si l'idée nous paraît intéressante, l'unité choisie (2 X 2,25 km) ne nous semble pas la plus pertinente. Aussi nous orientons nous plutôt vers un maillage par des carrés de 2 km de côté, dont les bords correspondraient à des valeurs "rondes" des coordonnées Lambert. Le système, qui a l'inconvénient de ne plus prendre en compte les limites "naturelles" du paysage, a par contre l'avantage de pouvoir être recalé facilement par rapport à d'autres repères. A chaque case du quadrillage correspondrait une numérotation (sans limite de quantité) qui ne tiendrait pas compte de sa position exacte dans la case mais dont le numéro rappellerait l'année de découverte. La possibilité de subdivision en quatre, de chacun des carrés, permettrait de calculer les densités au kilomètre carré. Aussi, compte tenu des limites de la prospection, les mailles pourraient varier de (A;1) à (J;8), avec possibilité d'extension.

FORET DE PAIMPONT ET IMPLANTATION DES SITES
LIES A LA METALLURGIE DU FER.



7	0 1 2 KM
6	<ul style="list-style-type: none"> ▲ Ferriers ★ Zones d'extraction ■ Bâtimens ▲ Amas de laitiers Canalisation
5	FORGE
4	Pihan le Grand
3	Paimpont
2	Concoret
1	

LES NOUVEAUX SITES

1- COMMUNE DE PAIMPONT

A- Secteur de "Le Cannée"

- A l'Est de la clairière, en bordure d'un petit ruisseau, un site à scories éparses. Apparemment, pas d'élément de paroi de four. Aucun matériel archéologique n'a été trouvé en surface. Pas de coloration décelable au sol au moment de la découverte. Scories abondantes.

- Juste au Nord de l'étang du Bourg, dans le canton de La Lande, proche d'une série de sites décelés l'an passé grâce à une coupe de forêt, un autre site dans l'extension d'une coupe. Scories abondantes, morceaux de parois de four sur plusieurs centaines de mètres carrés. Coloration rouge prononcée du sol. Quelques tessons difficilement interprétables ont été recueillis en surface et confiés à Pauline GUÉRISSE.

B- Secteur de Telhouët

- Un premier site au Sud de ce secteur, dans une parcelle de forêt nommée les Galiments. Il nous a été signalé par Monsieur CHEVILLON, originaire du village voisin et qui se souvient avoir fait un "concours de force" alors qu'il était gamin, en soulevant des blocs de scories... Nous avons retrouvé l'un de ces blocs, d'une masse de 20 à 30 kilos. Le sol nous a semblé présenter un léger bombement sur ce site, sur plus de cent mètres carrés. La végétation comporte beaucoup plus de mousses que le sol voisin. Des scories de faible diamètre apparaissent sous la mousse, la terre est mêlée de cendres et de déchets de métallurgie, lui donnant une forte coloration. Nous avons examiné les alentours et il s'y trouve des excavations de peu de profondeur qui

pourraient être liées à l'extraction de minerai superficiel (ou d'argile ?). Ce site nous paraît suffisamment étendu pour mériter une intervention archéologique dans les années à venir. D'autant que c'est le seul site - à ce jour - sous couvert forestier, n'ayant pas subi de coupe récente avec intervention d'engins lourds...

- Le Nord Est de la clairière de Telhouët constituait une zone vierge de vestiges métallurgiques. Nous y avons bien repéré quelques scories proches d'un petit point d'eau, mais nous n'avons pas cru devoir le signaler, car nous n'avons pu voir, à cause des cultures, que quelques unités. Nous avons été appelé à revisiter ce secteur pour une autre raison : le bâtiment de la ferme, qui constitue l'essentiel du village appelé l'Abbaye, sous des dehors anodins, abrite une charpente remarquable, datant sans doute de la fin du Moyen Age. Nous avons eu l'occasion de visiter celle-ci grâce à l'amabilité de Madame DANION, la fermière, et parce que nous avons été contactés par Jean Yves HUNOT et Anne NEAU. Celle-ci effectue un travail de recherche sur l'abbaye de Saint Sulpice la Forêt dont dépendait le prieuré de Telhouët. Quelques temps après, nous avons prospecté la proximité immédiate du village et y avons découvert trois sites à scories, ceinturant celui-ci à 100 - 150 mètres ; l'un au Nord, un autre à l'Ouest et le dernier à l'Est. Au Sud, à environ 200 m, une carrière (20 mètres de diamètre et quelques mètres de profondeur) nous a paru anormalement sèche alors que le sol environnant était gorgé d'eau. Il y a là un axe de recherche intéressant : les vestiges métallurgiques sont-ils liés à la présence du prieuré ? Sont-ils antérieurs ?

C- Secteur de Trédéal-Trudeau

Quatre nouveaux sites dans cette zone, dont deux présentant la coloration rouge désormais classique. Quant aux deux autres, ils se signalent par une légère coloration noire du sol. Encore celle-ci n'est-elle visible que par séchage différentiel du sol.

Ces sites viennent compléter de manière remarquable un ensemble déjà imposant dans un espace ayant les caractéristiques d'un ensemble clos. Nous l'avons déjà écrit, la clairière de Trédéal-Trudeau présente un parcellaire se développant de manière concentrique avec un centre matérialisé par un frêne multi-centenaire, lui-même au milieu (au-



Site révélé lors de travaux connexes au remembrement de Plélan
Coloration caractéristique ainsi que quelques scories dans la
coupe.



Site de forêt qui nous a été signalé par monsieur CHEVILLON.
Quasi invisible, il semble cependant assez important, et de
nombreuses excavations peu profondes le joutent... lieux
d'extraction du minerai ou de l'argile?

dessus ?) d'un ferrier. A quand remonte le défrichement de cette clairière ? Son développement est-il lié à l'activité métallurgique ? Il est encore prématuré de répondre à ces questions mais ce rapport clairière / métallurgie nous semble tentant... Mais peut-être se laisse t-on berner par les limites actuelles de la forêt ? Une caractéristique complémentaire mériterait d'être examinée plus précisément : les cinq sites les plus à l'Ouest de cette zone ont tous une coloration noire, due à la présence de cendres et de charbons... A-t-on là une différenciation fonctionnelle ? A première vue, les scories sont comparables, mais peut-être a t-on une zone plus particulièrement réservée à la réduction alors que ces sites seraient des lieux d'affinage ? Pour aller dans ce sens, peu ou pas de morceaux de paroi ne sont récoltés en surface de ces sites.

2- COMMUNE DE PLÉLAN

A- Axe de Plélan à Trédéal

Au bord de la route joignant Plélan à Trédéal deux nouveaux sites ont été repérés. L'un à la faveur d'une coupe de forêt, l'autre grâce au curage d'un fossé au tractopelle. Ils reposent le problème de la corrélation entre limites de forêt et vestiges métallurgiques. Ils forment en effet une solution de continuité entre le groupe de Trédéal-Trudeau et les groupes de Plélan Nord-Le Gué. Par conséquent, il paraît de plus en plus évident que toute cette partie de forêt recèle d'autres sites.

- A la sortie de Plélan, près de la station d'épuration, à la faveur d'un chemin créé lors du remembrement, la coupe d'un fossé contenait une zone à coloration rouge (voir photo) et nous y avons découvert quelques petites scories. Le site nous semble quantitativement peu étendu et contenant peu de scories, quoique nous n'ayons pas pu en cerner les limites.

- Dans ce même secteur, un autre site, proche du village des Rues de Boucou, avec coloration rouge.

B- Secteur des Glyvrels et Landes de Halgros

Une parcelle récemment labourée, juste en bordure des Landes de Halgros, renfermait un autre site. Coloration rouge, scories et



Sans doute la découverte la plus inattendue du sondage de la Motte Salomon: des scories, attestant une activité métallurgique en ce lieu, à la fin de l'époque médiévale.



- Scorie "culot de four", découverte par Jean AUBERT à Concoret Environ 50 cm de diamètre et près de 65 kilogrammes...encore manque-t-il une partie de ce culot, ce qui laisse présumer d'une masse initiale de l'ordre de 100 kilogrammes.

morceaux de parois jonchent le sol sur une zone de quelques centaines de mètres carrés.

C- Secteur du Gué

Nous n'avons pas personnellement découvert de nouveaux sites dans ce secteur, mais il nous a paru intéressant de rappeler que le sondage effectué sur la Motte Salomon a révélé la présence d'un niveau lié à la métallurgie. De plus, il semble qu'une datation approximative puisse être proposée, grâce en particulier à de la poterie associée : XIII ou XIVème siècle ?

D- Secteur de Conedouan

Le remembrement a supprimé de nombreuses haies et talus. Près du site fouillé en 1991 et 1992, nous avons retrouvé un site à scories à l'emplacement d'un de ces talus, dans un champ que nous avons précédemment prospecté en vain...

3- COMMUNE DE MAXENT

Le territoire de Maxent avait déjà livré plusieurs sites à scories ainsi qu'une minière. Il semble que d'autres existent mais la prospection y demeure incomplète. Cependant nous avons revisité une carrière que Jean BOUCARD nous avait signalé il y a plusieurs années. Cette seconde visite a été beaucoup plus fructueuse que la première car nous y avons effectivement trouvé de nombreux blocs de minerai qui prouvent bien qu'il s'agit d'une minière.

Proche du bois de Maxent, une autre petite carrière pourrait également avoir été un lieu d'extraction du minerai mais nous n'y avons pas décelé de vraie preuve.

A quelques centaines de mètres du bourg, en lisière du bois, une petite zone présentait quelques scories ainsi qu'une légère coloration...

4- COMMUNE DE TRÉFFENDEL

Excentrée par rapport à l'ensemble des autres sites, une zone à scories a été découverte entre les villages de La Touche et du Chesnot... Pas de coloration associée, pas de morceau de paroi.

5- COMMUNE DE CONCORET

Cette commune, située au Nord du massif de Paimpont, a connu de nombreuses clouteries jusqu'au début du XXème siècle. Elle possède des sites à scories que la population locale attribue volontiers à des clouteries. Cependant, il paraît probable que la sidérurgie directe ait existé, au moins dans la partie Sud de la commune. Jean AUBERT, son maire, nous a confié un bloc de scories (voir photo) qui paraît bien être un culot de four, quasiment complet. Il est fracturé en deux morceaux pesant respectivement 50 et 15 kilos environ, pour un diamètre de 50 cm environ et une hauteur de 15 à 18 cm.

6- ZONES À "SCORIES RAPPORTÉES"

Les sites à scories éparses, rarement repérés par les propriétaires et exploitants, ne perturbent pas l'exploitation du sol. Il n'en est pas de même pour les ferriers et les amas de laitiers. Ceux-ci ont été souvent "sollicités" pour assainir des sols, combler des chemins creux... A quelques centaines de mètres du village des Forges, près des restes d'un blockhaus, un amas de laitier semble bien être en cet endroit depuis la seconde guerre mondiale ! Au village de Trédéal, le ferrier a fait l'objet de ponctions multiples dont des agriculteurs du village nous avaient parlé. Nous avons omis jusqu'à présent de le signaler mais nous jugeons utiles aujourd'hui de mentionner ces zones, avec un symbole particulier.

RELEVÉ TOPOGRAPHIQUE À LA GELEE

Dès 1990, nous avons mentionné une rigole, appelée "vidange", partant de l'Etang du Pas du Houx, longeant la mine de La Gelée et se jetant dans la vallée de la Moutte. Nous pensions que cette rigole se justifiait par le lavage du minerai. Nous sommes persuadés de l'intérêt d'un relevé très précis de cette rigole et de la mine afin de mieux comprendre le fonctionnement de cet ensemble et de vérifier le bien fondé de l'hypothèse de départ.

Les étudiants de la Maîtrise "Aménagement et mise en valeur des régions", encadrés par Marie José LE GARREC et Louis MARTEL, ont commencé ce travail. Le travail effectué ne comporte pas la mine elle-même, envahie en partie par l'eau et dont l'accès est rendu difficile à cause des arbres tombés et des ronces. Le relevé complet aurait son intérêt, d'autant qu'il existe, en plus de la mine principale, des excavations de prospection ou des mines secondaires.

Cela pose le problème du relevé des mines en général. Nous craignons que, dans les années à venir, ces carrières ne soient comblées par des déchets de tous genres.

EXPÉRIMENTATION

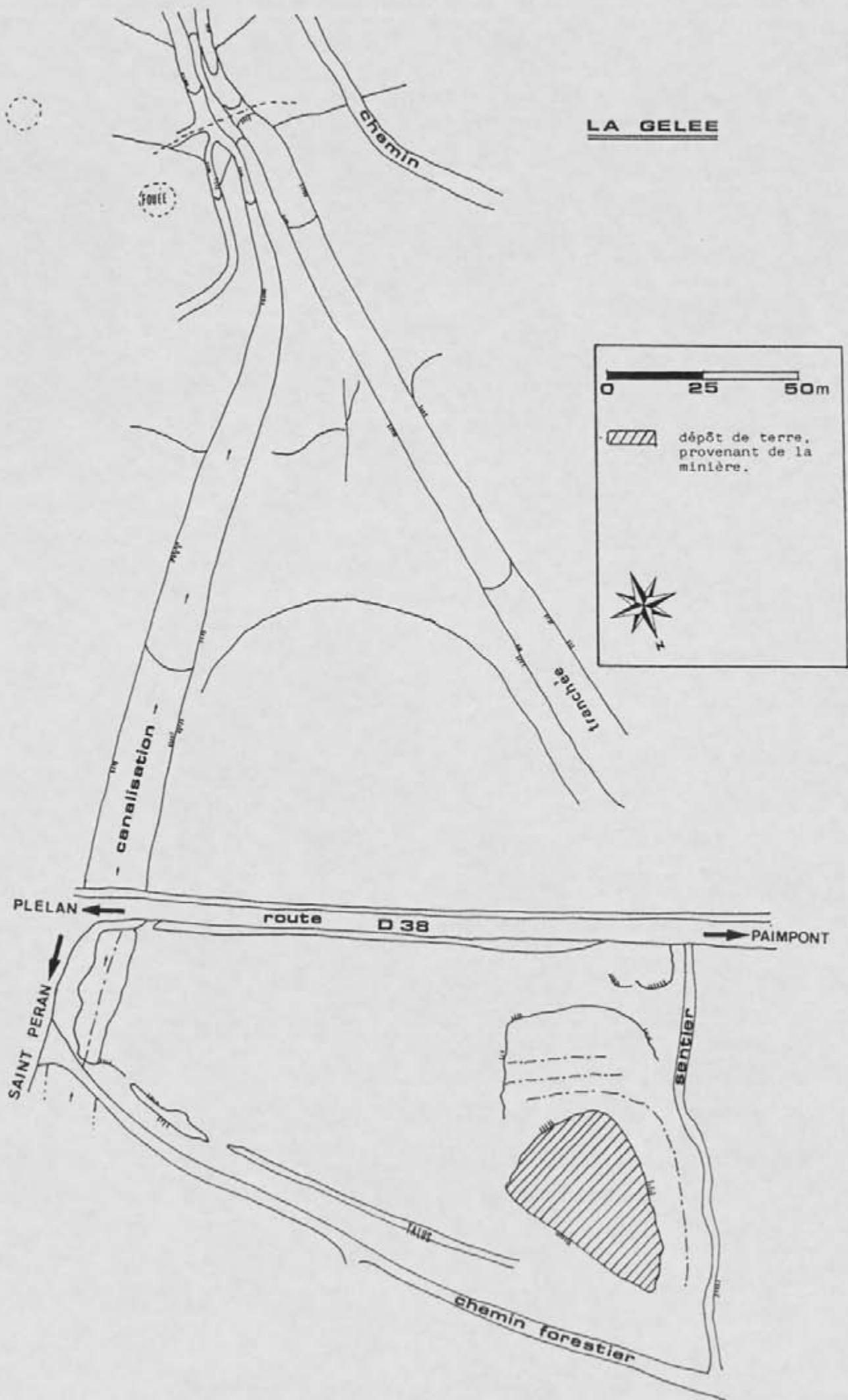
Dès le début de notre recherche, il y a plusieurs années, nous étions attirés par la réduction du fer dans des bas fourneaux. Cette attirance n'a pas failli et nous avons pu, en juillet 1993, organiser une première expérience décrite dans l'annexe qui suit.



La minière de la Gelée est bordée par une canalisation sans doute creusée pour le lavage du minerai. Le relevé topographique effectué cette année concerne essentiellement les abords de la minière...



LA GELEE



BILANS ET PERSPECTIVES

L'an passé, nous craignons un tassement des découvertes. Celui-ci a bien eu lieu, mais les nouveautés demeurent intéressantes et confirment les précédentes intuitions : une activité sidérurgique a bien existé sur l'ensemble de notre secteur...

Les conclusions de l'an passé demeurent toujours valables. Dans les années à venir, il convient de poursuivre la prospection, mais en y adjoignant sondages, fouilles, analyses...

La Maîtrise de Pauline GUÉRISSE va en ce sens...

L'expérimentation, que nous avons commencée mériterait des prolongements, avec un protocole expérimental plus rigoureux et des moyens de mesures plus sophistiqués, dont des moyens financiers accrus. Existe-t-il la volonté, au niveau régional, de développer cet axe de recherche ?

BIBLIOGRAPHIE COMPLÉMENTAIRE

Nous nous contentons de mentionner ici les documents nouvellement consultés. Pour une bibliographie plus complète, on se reportera au rapport de 1992, pages 72 et 73.

- BANÉAT Paul : Le département d'Ille et Vilaine (1927)
- Abbé LE CLAIRE : L'ancienne paroisse de Guer (1915)
- Revue Tiez Breiz, n°13 : article de Jean Yves ANDRIEUX (Métallurgie du fer et patrimoine dans le massif de Paimpont) (1993)
- R.A.O. : Tome 10, (1993) : article collectif : fouilles d'un bas fourneau et de ses structures annexes à l'Etang du Perray en Plélan le Grand.
- Agriculteurs et métallurgistes, l'espace rural antique autour d'Argentomagus (1993)
- Un centre sidérurgique romain de la Montagne Noire - Le domaine des Forges (Les Martys, Aude), sous la direction de Claude DOMERGUE ; CNRS Editions (1993)
- Emmanuel ABETEL : L'établissement sidérurgique de Montchérand (Institut d'Archéologie de Lausanne ; 1992)
- Ludwig ESCHENLHOR et Vincent SERNEELS : Les bas fourneaux mérovingiens de Boécourt, les Boulies. (Cahier d'Archéologie Jurasienne n°3 ; 1991)
- Roland ELUERD : Les mots du fer et des Lumières (Honoré CHAMPION Editeur ; 1993)
- Kazimierz BIELENIN : STAROZYTNE GORNICTWO I HUTNICTWO ZELAZA W GORACH SWIETOKRZYSKICH (1993)

METALLURGIE DU FER A PAIMPONT

En NOIR, état de la recherche fin 1992

En ROUGE, les découvertes de 1993

IGN 1/25000

extraits des cartes:

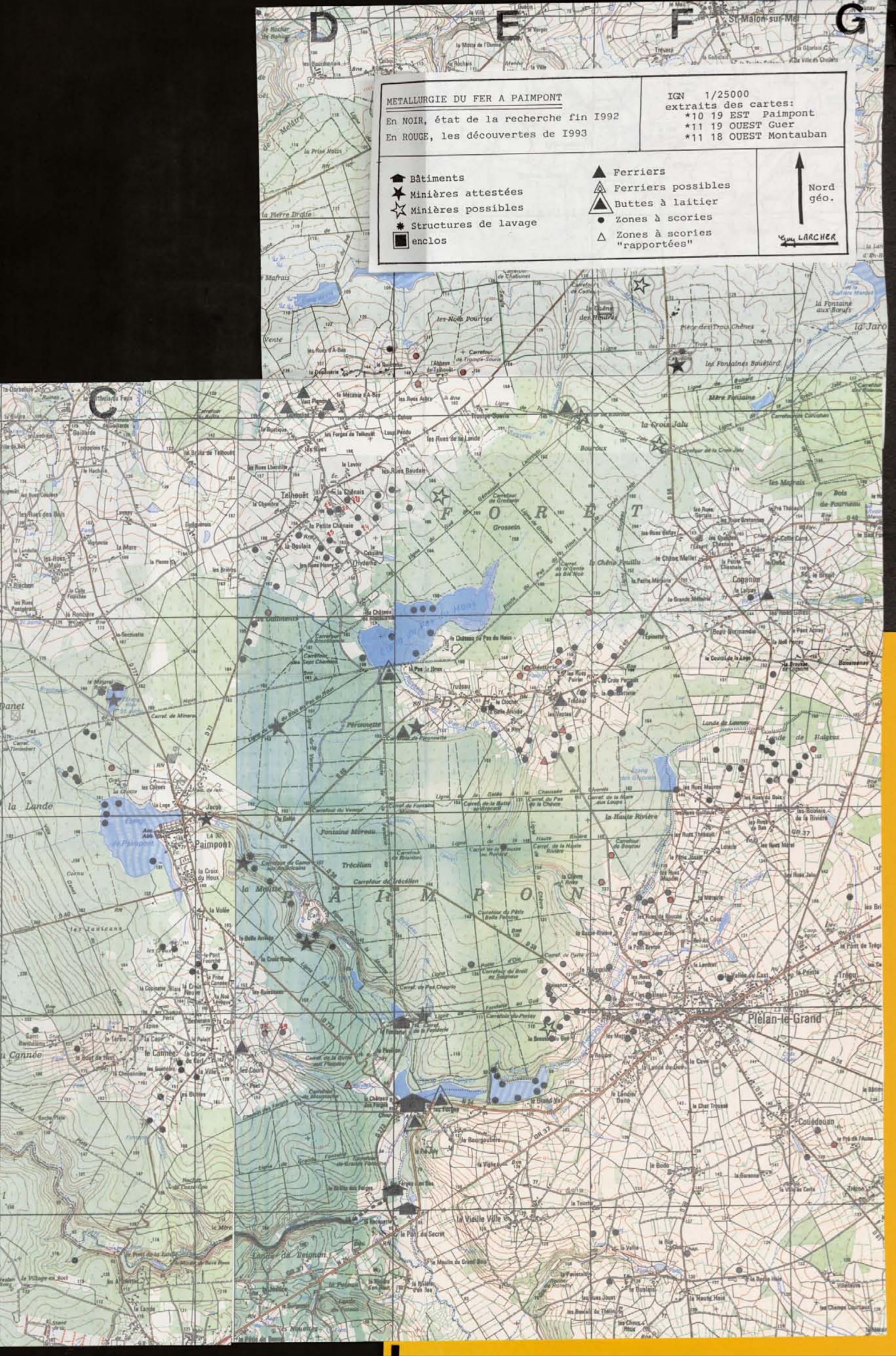
*10 19 EST Paimpont

*11 19 OUEST Guer

*11 18 OUEST Montauban

- Bâtiments
- ★ Minières attestées
- ☆ Minières possibles
- * Structures de lavage
- enclos

- ▲ Ferriers
- ▲ Ferriers possibles
- ▲ Buttes à laitier
- Zones à scories
- △ Zones à scories "rapportées"





ANNEXE

FER EN BROCELIANDE

JUILLET 1993

RECHERCHE EXPERIMENTATION

AVERTISSEMENT

Les pages qui suivent, écrites rapidement, encore à chaud, sont davantage à considérer comme des **notes** que comme un **rapport scientifique**.

Elles constituent une suite (non exhaustive) de remarques et de réflexions appelées à être discutées afin de progresser dans la mise en place d'une **expérimentation plus structurée**, dans laquelle les mesures précises prendront une part nettement plus importante.

Guy LARCHER

SOMMAIRE

A - Pourquoi une expérimentation ?

Brefs rappels de l'histoire de la recherche sur la métallurgie dans la région de Paimpont.

B - Comment ?

I - Bois et charbons

- a- fours à braisette
- b- meules
- c- autres aspects

II - Fer

- a- les difficultés liées à la réduction du minerai de fer
- b- déroulement des essais
- c- les résultats

C - Bilans et perspectives

A - POURQUOI UNE EXPERIMENTATION ?

La recherche sur les Forges de Paimpont a été entamée il y a une quinzaine d'années, à la fin des années soixante dix. Une première concrétisation fut une "Fête des Forges", le 29 juillet 1979, durant laquelle d'anciens ouvriers de l'atelier de construction mécanique retrouvèrent des gestes non encore oubliés pour fondre et mouler divers objets... en aluminium ! Une petite exposition complétait cette première "reconstitution".

Les années suivantes virent quelques études historiques menées sur le sujet. Dans le cadre d'un Programme Interdisciplinaire de Recherche en Environnement, dirigé par la Station Biologique de Paimpont, Brigitte MAGNE rédigea un mémoire de maîtrise en 1981 : "Recherches de données historiques sur l'évolution économique du massif de Paimpont". Le pré-inventaire de la commune de Paimpont fut effectué dans le cadre de ce même programme : Geneviève LE LOUARN élaborera alors un texte sérieux et documenté. Puis, en 1987, Laurence ROUX prit également le thème des Forges pour sujet de maîtrise: "Les Forges de Paimpont, monographie d'un établissement métallurgique rural en Bretagne".

Parallèlement, l'Association des Amis du Moulin du Châtenay, intéressée par l'histoire locale, menait à son rythme une recherche plus globale sur l'histoire du massif de Paimpont et se proposait, après l'édition d'une brochure sur le métier de charbonnier, de rédiger une plaquette sur les Forges.

C'est alors (en 1988) que les découvertes sur la métallurgie ancienne commencèrent. Marc MOINERAI, en particulier, repéra sur le cadastre des parcelles aux noms évocateurs. Ainsi qu'on le pressentait depuis longtemps, il avait existé dans notre secteur une métallurgie largement antérieure aux hauts fourneaux.

1989 vit une première intervention archéologique, au Perray en Plélan. On y trouva un bas fourneau, assez bien conservé, dont la fouille, quoique méthodique, n'a peut-être pas apporté tout ce qu'elle aurait pu, avec des moyens plus importants et une plus grande expérience de fouilles...

1990 fut consacrée à la prospection-inventaire.

1991 et 1992 virent, outre la continuation de la prospection, la fouille d'un second site, au village de Couedouan en Plélan. Différente de la première, cette fouille mit à jour un petit atelier métallurgique comprenant les bases d'une série de bas fourneaux.

Les fouilles démontrent que, il y a environ 2 000 ans, le sous-sol de ce qui allait plus tard s'appeler Brocéliande, était déjà exploré avant d'en tirer du fer.

Dans les années qui suivent, il conviendra d'affiner la chronologie ainsi que la (ou les) logique(s) d'implantation aux différentes époques... Seules des fouilles pourront apporter des éléments décisifs sur ces aspects.

Il nous semble également important de comprendre les techniques mises en jeu. C'est pour cela que, dès le début de nos recherches, nous envisagions de tenter des expérimentations... Ceci nous paraissait d'autant plus nécessaire que les divers membres de notre groupe initial n'étaient ni des métallurgistes, ni des archéologues, ni des géologues, ni des historiens... Aussi, la consultation de la documentation (peu nombreuse et d'inégale valeur) ne nous apportait qu'une aide limitée car trop "théorique".

Le **collectif** chargé de l'organisation de la fête "**Fer en Brocéliande**" a permis, en obtenant les crédits nécessaires, de réaliser la première partie de cette phase expérimentale. Nous pourrions nommer "essais" ou encore "bricolage" cette première étape dans l'expérimentation... à condition d'enlever la connotation péjorative que le deuxième terme peut avoir chez certains.

Ces essais, aux protocoles expérimentaux "hésitants", ont comporté deux facettes :

- . les bois et charbons
- . les bas fourneaux : argile, minerai, réduction...

B - COMMENT ?

I - EXPERIMENTATION SUR LE BOIS ET LES CHARBONS

La sidérurgie était grande consommatrice de bois dès les époques anciennes. La forêt de Paimpont a connu de nombreux charbonniers jusqu'à une époque récente. Quelques anciens charbonniers - les frères GUEGAN - ont accepté, ces dernières années, de reprendre pendant quelques jours une activité qu'ils avaient abandonnée depuis plusieurs décennies. Leur travail avait d'ailleurs fait l'objet d'une exposition, d'une brochure et d'un court métrage. Cependant, plusieurs raisons justifiaient la fabrication d'une meule et la carbonisation de celle-ci : le besoin de charbon pour alimenter les bas fourneaux expérimentaux, l'intérêt de comparer les charbons obtenus avec des charbons archéologiques, la nécessité d'une couverture photo de qualité professionnelle...

Une dizaine de cordes ont été pour cela achetées au Groupement Forestier des Forges. Le bois (chêne, charme, hêtre, bouleau...) provient essentiellement d'une coupe de Haute Forêt, proche du village de Beauvais où s'est déroulée la carbonisation. Les mesures et analyses ont été assurées par Jean Yves HUNOT (S.D.A. du Maine et Loire) et Dominique MARGUERIE (polynologue, Rennes).

Monsieur PICHELIN, garde forestier, a bien voulu accepter d'insérer quelques morceaux de châtaignier et de résineux, afin d'élargir l'observation sur les essences. De même, il a largement facilité la réussite de notre entreprise en mettant à notre disposition bois et genêts pour les hayons (pare-vent), mottes et terre pour recouvrir la fouée. Qu'il en soit vivement remercié. Nous remercions également Pierre LEROT pour le prêt d'une tonne à eau, sécurité en cas de départ d'incendie, et qui nous a bien servi lors de l'extraction du charbon. Merci aussi à Monsieur BRICON, maire de Paimpont, qui nous a accordé l'autorisation sans laquelle nous aurions dû nous soumettre à l'Arrêté Préfectoral... qui exclut tout feu dans cette zone en période d'été.

Si la quasi totalité du bois est "entré dans la meule", nous en avons consacré environ une corde à deux "fours à braisette" amenés pour l'occasion par Monsieur Alain GODAINT. Celui-ci est bûcheron mais carbonise également, depuis plusieurs années, du bois dans des fours métalliques qu'il a construits (voir photo). Ceux-ci sont comparables à des carcasses encore repérables en forêt. Le charbon produit dans ces deux fours a permis d'assurer l'allumage de la meule... qui nécessite la bagatelle de 100 à 120 kilos de charbon !

Le travail lié à la carbonisation du bois a commencé le lundi 12 juillet pour se terminer le jeudi 20 juillet. Il se décompose ainsi :

- . 12 juillet :
 - mise en place et chargement des fours à braisette.
 - nivellement du terrain pour la meule.
 - découpe des mottes et recherche de terre.
 - montage de la meule (début).

- . 13 juillet :
 - carbonisation dans les fours à braisette.
 - montage de la meule.
 - fabrication des hayons.

- . 15 juillet :
 - extraction charbon des fours.
 - allumage de la meule.

- . du 15 au 20 juillet :
 - surveillance de la fouée, y compris rondes nocturnes.

- . 20 juillet :
 - extinction de la meule.

- . 21 juillet :
 - extraction du charbon (première partie).

- . 22 juillet :
 - extraction (fin).
 - mise en sacs.

a- Les fours à braisette

Cette technique, relativement simple et surtout plus rapide que la carbonisation en meules a été pratiquée en forêt de Paimpont (uniquement au XXème siècle ?) et des vestiges de fours rencontrés ici et là attestent cette pratique. Elle permet d'utiliser les bois de faible section (moins de 6 à 7 centimètres). Alain GODAINT la pratique depuis une dizaine d'années dans deux fours de sa fabrication. Il a accepté de déplacer ceux-ci et le charbon obtenu a servi - nous l'avons mentionné - à l'allumage de la meule.

Un sac a cependant été mis de côté pour analyses. Il est intéressant de savoir si les températures et durées de carbonisation apportent des différences mesurables dans la composition et les qualités des charbons.

b- La carbonisation en meules

René GUEGAN, ancien charbonnier et responsable de la meule, associé à son frère Roger, avait souhaité une aide importante, en particulier dans les phases pénibles que sont la découpe des mottes et surtout l'extinction de la meule. C'est pourquoi nous avons décidé de faire cette fouée sur le même lieu que les bas fourneaux. Ainsi, les "stagiaires", au départ intéressés plus spécialement par la réduction du fer, participeraient en plus à l'élaboration du combustible nécessaire à cette opération. La notion de "transmission du savoir" nous intéressait également énormément... Et si les perspectives de continuation de cette technique semblent exclues pour la plupart des participants, Alain GODAINT envisage sérieusement, grâce à cette expérience, de reprendre le flambeau !

La technique de carbonisation est bien maîtrisée, et ce n'était pas là notre préoccupation majeure... Nous avons personnellement assisté plusieurs fois à ce travail et pensions l'avoir correctement compris. Cependant, si la plupart des meules fonctionnent sans accrocs, il demeure un pourcentage pour lequel les choses se compliquent. Cela peut provenir d'un bois trop sec - ou pas assez - d'un temps trop humide ou trop venteux, des mottes de terre mal disposées... ou d'autres facteurs moins clairement identifiables. Alors rien ne va plus : les mottes glissent, ou la fouée "tourne"... "Notre" meule appartient à ce deuxième genre : dès la première nuit, les mottes ont glissé, découvrant un tas de bois qui ne demandait qu'à brûler... On a pu alors apprécier le savoir-faire, l'adaptabilité des hommes de l'art, pour résoudre le problème posé. Nous avons compris (s'il en était besoin !) le fossé qui existe entre la théorie et la pratique, entre l'acteur et le spectateur... Fossé accentué par le fait que les artisans ne sont pas des pédagogues et n'ont pas toujours une perception très claire des difficultés que représentent pour le non-initié, des gestes mille fois répétés... Grâce à cette "meule difficile", l'expérience a été riche d'enseignement pour tous les participants.

c- Autres aspects liés à la carbonisation.

De nombreuses observations et analyses étaient envisageables, tant sur les lieux mêmes de la carbonisation qu'en forêt, que sur les emplacements d'anciennes meules...

Jean Yves HUNOT a pratiqué une tranchée sur l'un des multiples emplacements repérés (voir photo). Elle a confirmé que plusieurs carbonisations avaient été effectuées en ce lieu, ce qui était prévisible. De plus, on a pu observé un léger "décalage" horizontal entre les différentes utilisations, ce qui n'était pas prévu... Ceci correspond-il à une pratique régulière ? A une nécessité?

Suite à une indication de Monsieur GRUEL et Monsieur PICHELIN, nous avons "visité" un secteur de forêt recelant des vestiges de plusieurs fours à braisette de forme circulaire, fours en mauvais état, mais cependant les plus "lisibles" que nous ayons observés sur le massif de Paimpont (voir photos et plans). Nous en avons relevé les dimensions. Il serait intéressant de fabriquer du charbon dans de tels fours... Cela supposerait de construire d'abord un four... C'est une idée pour les années à venir !

II - LES ESSAIS DE REDUCTION DU FER

La transformation du minerai en fer dans des structures "sommaires" dans le genre des bas fourneaux antiques, pose toute une série de questions... Quelques-uns ont résolu le problème, parfois dans des conditions expérimentales qui n'était sans doute pas celles des premiers métallurgistes de notre secteur.

Notre inexpérience totale, et la diversité des paramètres en jeu, devait fatalement aboutir à un échec... Si l'on considère que l'obtention de seules scories est un échec ! Cette notion d'échec peut être relativisée si l'on admet que cette expérience nous a permis de voir **concrètement** les problèmes liés aux argiles, à la ventilation, à la forme et aux dimensions des fours, au mode de chargement de ce four... Quel minerai ? Quelle quantité ? Quel charbon ?

Cet échec (cuisant !) nous permet désormais de relire la documentation existant sur ce sujet, avec un regard neuf, plus pointu...

α- 1 - Les formes et les dimensions des fours. Le type de fours.

Nous avons choisi de réaliser des fours pratiquement cylindriques, sans "porte" d'évacuation de scories pendant la réduction, dont les dimensions (diamètre : environ 50 centimètres ; hauteur : environ 1 mètre) sont comparables aux restes trouvés en fouille à Couedouan (au moins en ce qui concerne le diamètre, car la hauteur totale est inconnue), ainsi qu'à un culot de four trouvé à Concoret. De nombreuses sources bibliographiques nous assurent de l'existence de fours de ces dimensions (TILECÔTE, BIELEMIN, CREW, ANDRIEUX...).

Nous avons construit trois fours, auxquels il faut ajouter un premier essai effectué au mois de mai, à échelle réduite (voir photos). Le nombre a été conditionné par la quantité de travail et le temps dont nous disposions. Quant à la disposition, nous avons obéi à un impératif tout simple : nous voulions pouvoir les abriter sous une serre de 5 mètres par 6 ! ... Pourquoi ne pas imaginer que les fours de Couedouan, très groupés, obéissaient à des critères comparables ?

Ces fours ont été "enterrés" partiellement. L'excavation était cependant limitée par un sol peu profond, avec une roche très proche...

Pour le four n°1, nous avons creusé une fosse cylindrique contre laquelle nous avons plaqué la paroi du four (voir photo et plan)... en provoquant un "débordement" pour la partie "émergée". Pour les deux autres fours, la fosse n'a pas été totalement remplie, les parois n'atteignant pas les limites des fosses, que nous avons comblées en fin de séchage.

Un "sol" de quelques centimètres d'épaisseur, avec la même argile que celle des parois, a été conçu avec les fours n°1 et n°2, mais non pour le n°3 (voir plan et photos).

α- 2 - Les parois des fours : l'argile.

Nous partions d'une idée "a priori" : l'argile utilisée archéologiquement n'était pas apportée de bien loin. Au Perray, l'argile provenait sans doute du site même. Son traitement ne nécessitait pas non plus de longue préparation : on trouve en effet inclus dans des morceaux de parois de four, des petits fragments de grès dont les dimensions peuvent atteindre plusieurs centimètres...

Notre quête d'argile a commencé au début du printemps. Nous avons alors "sélectionné" deux argiles. L'une verte, fine, provenait d'une zone située au Sud de Plélan, en bordure du bois du Plessis, dans un secteur anciennement exploité pour cette argile (?), à une époque et pour une destination dont nous ignorons tout ! Cette argile ressemblait un peu aux éléments de parois récupérés lors des fouilles de Couedouan. Cependant, la mise en oeuvre de cette terre nous a paru longue et pénible, aussi nous l'avons abandonnée... Peut-être aurait-il fallu y adjoindre un dégraissant ? Ou la travailler autrement ?

La deuxième argile provenait du Nord de Plélan (bourg), dans le secteur des Landes de Halgros, où la prospection a permis de détecter une quinzaine de sites liés à la métallurgie (le sondage de l'un de ces sites a lieu au mois de septembre 1993, sous la responsabilité de Pauline GUERISSE). Cette argile, facile à travailler, a servi de paroi aux fours n°0 et n°1. A quelques mètres de distance, elle présente des caractéristiques différentes. Celle qui a constitué le four n°1 était plus limoneuse, avec un fort coefficient de dilatation qui a favorisé l'apparition de gros joints (voire de trous) qui ont pu être la cause de problèmes lors de la réduction (voir photos).

Des explorations complémentaires ont permis de tester deux autres argiles. L'une, rouge, prélevée à Trécouet en Concoret, au pied de la carrière de Monsieur POMPEL. Elle était relativement aisée à travailler et a fourni le matériau des parois du four n°2. Elle contenait quelques petites pierres : nous l'avons damée puis sassée entièrement... précaution qui personnellement m'avait semblée (et me semble encore) inutile. La dernière argile, plus blanche (voir photos), a été récoltée dans les déblais des travaux de la RN 24 juste au Sud du Bourg de Plélan, près du "rond point" de la route de Maxent. Nous l'avons également damée avant de l'humidifier. Ce damage a nécessité de longues heures de travail. Or nous avons ensuite constaté qu'il suffisait de la "tremper" moins de 24 heures pour arriver à un résultat comparable...

Sur la préparation des argiles, il est évident qu'il a manqué à notre groupe une personne ayant des connaissances précises sur le travail de celles-ci... Nous angoissions un peu quant au comportement de ces argiles à la chaleur... Elles ont résisté !

A l'aide de ces argiles - et nous reposant sur la découverte du bas fourneau du Perray - nous avons monté les fours en faisant de "petites briques" ou plutôt des "boudins" (voir photos). Cette méthode a l'avantage de permettre le travail par "poignées", mais elle a l'inconvénient de multiplier le nombre de "joints" dans la structure ; joints qui fissurent plus ou moins au séchage et qui constituent autant de ponts thermiques. Ceux-ci sont-ils un obstacle réel à la réduction ? Ils nécessitent une ventilation plus importante, peuvent créer des "courants" non contrôlables. Dans le four n°1, nous avons d'abord colmaté soigneusement un certain nombre de ces fissures puis nous avons renoncé, d'autant qu'à la chauffe s'y ajoutaient des fractures !

Sans doute serait-il préférable de composer des "plaques" de plus grandes dimensions... Mais la mise en place de celles-ci s'imagine difficilement sans "gabarit" ou "moule intérieur". Une telle pratique est attestée archéologiquement tout au moins dans certaines régions d'Europe (cf. BIELEMIN, en Pologne). Cette technique permettrait sans doute un rendement thermique bien supérieur, avec une épaisseur moindre des parois. Ceci limiterait beaucoup le travail de l'argile. En effet, nos fours devaient peser entre 300 et 400 kilos, avec une épaisseur de paroi de 10 à 15 centimètres. Or Philippe ANDRIEUX évalue à 200 kilos la masse d'argile nécessaire à la réalisation d'un four dont la hauteur est pourtant supérieure aux nôtres.

Enfin, nous n'avons ajouté aucun élément à l'argile récoltée : ni paille, ni herbe, ni sable... Au contraire, nous lui avons ôté le maximum "d'impuretés". Or il semble que dans de telles structures, de taille modeste, compte tenu de la chaleur élevée et de la durée de l'opération, il se passe obligatoirement des réactions entre paroi-minerai-charbon... Interactions que nous n'avons pas mesuré et qui peuvent avoir une influence prépondérante dans la réduction.

Une dernière précision : nous avons laissé sécher les fours environ 10 jours avant la "mise à feu". Dix journées d'un mois de juillet relativement froid et assez humide, nous obligeant fréquemment - en particulier la nuit - à les recouvrir par la serre...

a- 3 - Le minerai

Nous avions souhaité utiliser du minerai local, bien sûr ! Mais les anciennes minières ne livrent en surface que fort peu de minerai. Celui-ci a été exploité quasiment jusqu'aux derniers grammes... Et les ramassages de surface semblent pauvres en fer. Alors il faudrait effectuer des carottages ou des nettoyages de front de taille... Travail très long pour un résultat hypothétique. En dehors des grandes minières, il existe un minerai superficiel, sans doute exploité aux diverses époques, mais dont on possède peu de traces... Les grands travaux, et plus spécialement la mise à quatre voies de la RN 24, sont pour nous l'occasion d'observer localement ces couches superficielles. C'est au Sud du Bourg de Plélan, près du village du Bodo et à moins de un kilomètre du site fouillé à Couedouan que nous avons "prélevé" quelques dizaines de kilos de minerai. Nous en ignorons la teneur et nous avons préféré le mettre en réserve, pour des expériences futures.

Nous lui avons préféré un minerai extrait récemment et encore utilisé. Pour cela, nous avons fait le voyage à Rougé (Loire Atlantique). Situé à environ 70 kilomètres de Paimpont, ce minerai est sans doute proche de celui de Paimpont au niveau de la composition, car il s'agit également d'un minerai tertiaire, de formation de type latéritique... Nous remercions vivement Monsieur Emile HAISSANT, directeur de l'usine de Rougé, qui nous a fourni gracieusement ce minerai.

Le minerai était lavé et calibré. Il nous a fallu malgré tout le concasser afin de le mettre aux dimensions souhaitées : entre 1 et 3 centimètres.

a- 4 - La ventilation

Souffler afin d'activer la combustion du charbon de bois pour monter en température le minerai, est sans doute le problème majeur de la sidérurgie ancienne... D'autant que le trop est tout aussi préjudiciable que le trop peu.

Il faut en effet maintenir une atmosphère réductrice dans le four... Et la façon de ventiler est alors essentielle. Nous n'avons pas fabriqué de soufflets "en peau". Nous n'avons pas non plus utilisé de grand soufflet de forge, ni de soufflerie électrique, mais nous avons opté pour une "turbine" manuelle, portative, de forgeron. Ceci parce que nous voulions éviter à la fois le rythme trop "régulier" des souffleries électriques et celui trop "délicat et difficile" des soufflets anciens. De plus, Ludovic MARSILLE, jeune coutelier, installé récemment à Paimpont, participant à notre expérience, possédait la turbine, qu'il a mise à notre disposition.

La phase de chauffage du four, précédant l'introduction du minerai, est bien évidemment importante. Il faut d'abord finir de sécher le four, puis monter progressivement en température, afin de ne pas provoquer de casse... Cependant, cette phase nous semble plus simple à conduire, car la question d'atmosphère réductrice ne se pose pas encore et la charge ne risque pas de s'effondrer... On peut par conséquent assurer une ventilation moins régulière et utiliser du charbon tout venant, sans tenir compte du diamètre de celui-ci. Nous avons mis quatre heures pour chauffer le four n°1, tandis que nous nous sommes contenté de trois heures trente puis trois heures pour les fours n°2 et n°3. Il faut dire que ces deux derniers avaient préalablement subi "un préchauffage-séchage", la veille ou l'avant veille de la réduction.

Pour chaque four, nous avons prévu une tuyère unique. Pour les fours n°1 et n°3 nous avons malgré tout ajouté un "regard" situé quelques centimètres plus haut que la tuyère et décalé de vingt centimètres environ de celle-ci.

Dans le four n°1 ce regard a servi de tuyère lorsque celle-ci a été bouchée.

Dans le four n°2, nous avons creusé, à la tarière, une deuxième tuyère pendant la réduction.

Dans le four n°3, nous avons creusé deux tuyères supplémentaires (voir le paragraphe "expérimentation"), à 120° les unes des autres.

Nous partions à l'aventure en ce qui concerne la ventilation et, à l'heure actuelle, nous ne savons toujours pas quel débit d'air nous avons fourni à chacun de ces fours. Nous nous sommes contentés de noter le nombre de tours-minutes que l'on impulsait à la turbine. En essayant toutefois de corriger les "erreurs" constatées à l'essai précédent... A noter que ces fours, assez largement fissurés, laissaient échapper de l'air par de multiples orifices, ce qui évitait une trop grande surpression due à une soufflerie en continu et peut-être trop énergique. (Les soufflets, au contraire, laissent à l'air le temps de se dégager, grâce à un régime "alternatif").

L'obturation progressive des tuyères en cours d'expérience devait sensiblement diminuer l'efficacité de la ventilation ; nous avons pu le constater quand nous changions de tuyère, dans les fours n°1 et n°2.

b- Le déroulement des essais

- . Samedi 10 juillet et dimanche 11 juillet : fabrication des fours (récolte des argiles, damage...).
- . 12 et 13 juillet (finition du four n°3).
- . Du 14 au 20 juillet inclus (séchage des fours : aucune intervention sur ceux-ci).
- . Mercredi 21 : essai du four n°1.
- . Jeudi 22 : démontage du four n°1. Préchauffage-séchage des fours n°2 et n°3.
- . Vendredi 23 : essai du four n°2 et démontage à chaud.
- . Samedi 24 : essai du four n°3.
- . Dimanche 25 : démontage du four n°3.
- . Mercredi 28 : intervention de Philippe LANOS pour archéomagnétisme.

MERCREDI 21 JUILLET 1993

FOUR N°1

CHARGE					OBSERVATIONS
	numéro	heure	charbon	minéral	
CHAUFFAGE DU FOUR	1 (all)	9h45	8 kg	0	<p>Les charges de 8 kg se font en plusieurs étapes.</p> <p>La soufflerie est maintenue à environ 25 tours/minutes durant cette phase.</p> <p>A 12h00, on remarque que la chaleur extérieure des parois est :</p> <ul style="list-style-type: none"> - faible à la base, sur l'ensemble des pourtours. - moyenne (un peu plus) autour de la tuyère. - forte de la mi-hauteur jusqu'en haut. <p>A 12h20 : sortie de fumée par les joints autour de la tuyère.</p> <p>De 13h10 à 13h45 : instabilité des moëllons, plus fissures. Consolidation avec étayage et cerclage.</p>
	2	10h50	8	0	
	3	11h35	4	0	
	4	11h55	8	0	
	5	12h20	4	0	
	6	12h40	4	0	
	7	12h55	4	0	
		tot.	40		
CHARGEMENT DU MINÉRAL	8	13h50	4	4	<p>La première charge de minéral est constituée par du minéral d'assez gros calibre (environ 3 centimètres).</p> <p>Les charges de charbon se font souvent en deux fois, pas nécessairement de même quantité.</p> <p>Les charges de minéral, à partir de la deuxième sont faites avec du minéral en moyenne plus petit.</p> <p>La soufflerie, durant cette phase, est maintenue à environ 45 tours par minute.</p> <p>Le four est constamment chargé jusqu'à 10 centimètres environ du rebord supérieur.</p>
	9	14h10	4	4	
	10	14h30	2	4	
	11	14h50	2	4	
	12	15h05	2	4	
	13	15h30	2	4	
	14	15h55	2,5	4	
	15	16h15	2	4	
	16	16h40	2,5	4	
	17	17h00	2	4	
	18	17h30	1,5	4	
	19	17h55	2	4	
	20	18h25	1,5	4	
	21	18h45	1,5	4	
		tot.	31,5		
		tot.	71,5	56	
FIN DE LA CHAUFFE		19h25			<p>Constatation du bouchage de la tuyère, désormais le regard sera utilisé comme tuyère.</p> <p>Débouchage du regard-tuyère.</p> <p>Augmentation brusque des fissures, due à la ventilation tout à coup plus "efficace" après le débouchage.</p> <p>On constate que la tuyère est débouchée, mais on continue à utiliser le regard pour tuyère.</p> <p>Dernière charge en charbon.</p> <p>La coulée est visible par la tuyère (la constatation avait été faite auparavant vers 18h00, cependant la coulée était bien moindre).</p> <p>Débouchage du regard-tuyère.</p> <p>Scories évidentes dans le fond du four.</p> <p>Tuyère à nouveau bouchée.</p> <p>Perte de la coloration verte de la paroi, observée vers 20h00. (à 20h00, il n'y avait pas encore de flammes, alors qu'à 20h30, elles sont apparues, car on n'a plus rechargé depuis longtemps).</p> <p>La tuyère est toujours obstruée.</p> <p>La paroi est en cours de vitrification de façon plus prononcée, autour du regard-tuyère.</p> <p>Arrêt définitif de la soufflerie, car on pense alors que la ventilation à ce stade ne peut produire que de la scorie.</p> <p>Coulée de scorie dans la tuyère elle-même (sur plus de 10 centimètres).</p> <p>Coloration rosée de la paroi intérieure, et non plus verte.</p> <p>Mélange incandescent visible par le regard-tuyère : scorie encore chaude ?</p> <p>Scorie noire sur le bord du regard.</p> <p>Minéral non-réduit visible en surface, parmi la braise.</p> <p>Combustion plus active au-dessus de la tuyère.</p> <p>Fissure de la paroi au niveau de la tuyère.</p>
		20h00			
		20h10	2kg		
		20h20			
		20h25			
		20h30			
		20h40			
		20h55			
		21h10			
		21h45			
	22h20				

VENDREDI 22 JUILLET 1993

FOUR N°2

	CHARGE				OBSERVATIONS	
	numéro	heure	charbon	minéral		
SECHAGE		8h40	2 kg braise 2		<ul style="list-style-type: none"> . Soufflerie entre 30 et 40 tours par minute. . Le chemisage interne tombe face à la tuyère et autour de celle-ci. . Le chemisage craque sur tout le pourtour. . Constatation d'un bruit ressemblant à un bouillonnement. Arrêt de la soufflerie. . Le chemisage continue de craquer et provoque des trous dans la paroi. . Charge progressive, par poignées, entre 12h00 et 12h30. . Bouchage de la fosse à la base du four. 	
CHAUFFAGE DU FOUR	1	8h10 9h00	braise 4		<ul style="list-style-type: none"> . Plusieurs pelletées de braise sont mises afin de raviver le reste de charbon de la veille. . 9h05 : les moëllons de l'assise supérieure se décollent. . 9h10 : fissure descendant à l'intérieur du four depuis les joints de l'assise sommitale. . le charbon est de petite taille (moins de 5 centimètres) jusqu'à la 4ème charge. . 10h15 : une fissure au dessous de la tuyère (déjà colmatée la veille) s'agrandit. . Etrayage. . Fissures colmatées avec de l'argile blanche 	
	2	9h10	4			
	3	9h40	4			
	4	10h15 tot.	4 16			
CHARGEMENT DU MINERAL	5	10h55		1	<ul style="list-style-type: none"> . Le minéral est de petit calibre (moins de 2 centimètres) et chaque charge est de un kilo. . La soufflerie est maintenue toute la journée à 35 tours/minute. . Le minéral est versé le plus au centre possible du four, afin d'éviter de boucher la tuyère et aussi pour éviter d'être trop loin de cette même tuyère. . Le charbon est d'abord versé en deux fois 500 grammes à chaque charge, puis on diminue la dose de charbon (0.8 ou 0.6 ou encore 0.4 kg pour 1 kg de minéral). . Le niveau dans le four est maintenu à quelques centimètres du sommet à partir de 11h50. . On évite de trop remuer à l'aide d'un bâton, dans le four, afin de ne pas le fragiliser davantage et aussi de ne pas provoquer de "chutes" de scories... Seul un "tassement" au centre de celui-ci est effectué de temps à autre. . La soufflerie étant plus lente, et le chargement plus complet, on n'obtient pas de braise en surface et pas de flamme. . Talutage du four jusqu'à hauteur de la tuyère afin d'éviter le tirage naturel et les pertes de chaleur à 15h10. . 15h15 : tuyère obstruée d'où perçage d'une nouvelle tuyère à 30 centimètres de la première, même hauteur. . 15h30 : sortie de flammes pour la première fois (influence de la nouvelle tuyère ?). . 15h45 : débouchage de la nouvelle tuyère. 	
	6	11h00	1	1		
	7	11h05	1	1		
	8	11h10	1	1		
	9	11h15	1	1		
	10	11h20	1	1		
	11	11h25	1	1		
	12	11h30	1	1		
	13	11h40	1	1		
	14	11h45	1	1		
	15	11h50	1	1		
	16	12h00	1	1		
	17	12h10	1	1		
	18	12h20	1	1		
	19	12h30	1	1		
	20	12h40	1	1		
	21	18h45	1	1		
	22					
	23					
	24					
25						
26						
27						
28						
29						
30						
31						
32						
33						
34						
35						
36						
37						
38						
39						
40						
41						
42						
43						
44						
45	17h40 tot.	1 37,2	1 41			
FIN DE LA CHAUFFE	46	17h50	0,6		<ul style="list-style-type: none"> . 18h40 : redébouchage de la deuxième tuyère. . 21h00 : coloration verte sur paroi intérieure, au dessus de la tuyère (vitrification). . 21h10 arrêt définitif de la soufflerie car obstruction de la tuyère. . 21h30 : début du démontage, moëllon par moëllon, aisé car ils sont indépendants (le four n°1 était mieux soudé). . A la 9ème assise, premiers éléments de minéral non-réduits. . Même dissymétrie de la chauffe due à une ventilation unilatérale (deux tuyères proches). . Chemisage interne reste en place à l'approche du niveau de la tuyère. . Les moëllons sont soudés, autour de la tuyère. 	
	47	18h15	0,6			
	48	18h45	0,8			
	49	19h20	0,6			
	50	19h50 tot.	0,6 3,2			
	tot.	56,4	41			

JEUDI 22 JUILLET 1993
SAMEDI 24 JUILLET 1993
FOUR N°3

CHARGE					OBSERVATIONS
	numéro	heure	charbon	minéral	
SECHAGE		9h45	braise 1 kg		<ul style="list-style-type: none"> . Soufflerie intermittente (30 tours/minute). . De 10h00 à 10h45 : charge progressive, par poignées. Arrêt de la soufflerie. . 11h30 : constatation du décollement (explosion) des moellons de l'assise sommitale. Craquement puis décollement du chemisage face à la tuyère. . 11h50 : fermeture du regard à l'aide d'un bouchon. Le tirage naturel activait la combustion (trop) et accentuait l'effritement du chemisage. Arrêt de la soufflerie et bouchage de la tuyère. . 13h30 : la fosse extérieure bouchée (feu vif dans fissures).
		10h00 10h50 tot.	4 1.5 6.5		
CHAUFFAGE DU FOUR		8h30	braise		<ul style="list-style-type: none"> . Les deux tuyères non-utilisées et le regard sont débouchés. . Charbon de petit calibre jusqu'à la troisième charge (environ 4 cm de section). . Soufflerie à 40 tours/minute jusqu'à la 6ème charge, pour lancer le four. . Charbon calibré, entre 5 et 8 cm, à partir de la 4ème charge et jusqu'à la fin. L'intention est de permettre une meilleure circulation de l'air et de faciliter la descente de minéral... . 10h15 : le bouchon du regard est "éjecté". . explosion de l'assise supérieure : la forme du four, en dôme, a créé un surchauffage au sommet... On démonte ce qui reste des deux assises sommitales (environ 5 centimètres de hauteur). . La soufflerie est ralentie : 20 à 25 tours/minutes. . 10h25 : changement de tuyère (n°2). . 10h50 : nouveaux éclatements. On bouche les deux tuyères non-utilisées et le regard. . 11h20 : accélération de la soufflerie et bouchage des tuyères. . 11h30 : apparition de braise jusqu'en surface. . on abaisse à nouveau le rythme de la soufflerie (20-25 tours/minute).
	1	8h55	1		
	2	9h05	1		
	3	9h20	2.5		
	4	9h30	5		
	5	10h05	12.5		
	6	10h15	5		
	7	10h25	5		
	8	11h00	2.5		
		tot.	34.5		
CHARGEMENT DU MINERAL	9	11h30	2.5	2	<ul style="list-style-type: none"> . Le minéral est calibré de 1.5 à 3 centimètres. . Changements de tuyère :- 12h30 : n°3 <li style="padding-left: 20px;">- 13h40 : n°1 <li style="padding-left: 20px;">- 14h55 : n°2 <li style="padding-left: 20px;">- 16h15 : n°3 <li style="padding-left: 20px;">- 17h15 : n°1 <li style="padding-left: 20px;">- 18h20 : n°2
	10	11h45	1	2	
	11	12h00	1.5	2	
	12	12h15	0.8	2	
	13	12h30	0.8	2	
	14	12h45	0.8	2	
	15	13h00	0.8	2	
	16	13h20	0.8	2	
	17	13h40	0.8	2	
	18	14h00	0.8	2	
	
	
	
31	18h00	0.8	2		
	tot.	21	46		
FIN DE LA CHAUFFE	32	18h30	0.8		<ul style="list-style-type: none"> . 21h00 : arrêt de la soufflerie. . 21h15 : début de flammes importantes dépassant le haut du four. <li style="padding-left: 20px;">par la tuyère n°3 : vue du minéral non-réduit. . 22h30 : flammes toujours importantes, nécessitant une surveillance. . 24h00 : constat d'une coloration verte de la paroi. <li style="padding-left: 20px;">flammes de deux sortes : provenant de la masse incandescente et autres flammes le long des parois. . 1h00 : Flammes quasi disparues : fin de la surveillance.
	33	18h50	2.5		
	34	19h20	2.5		
		tot.	5.8		
		tot.	67.8	46	<ul style="list-style-type: none"> Remarque : pas de tassement au bâton comme dans les précédents fours, ceci pour éviter le "trou" constaté dans la charge en particulier pour le four n°2.

C - LES RESULTATS

Bien que les argiles des fours aient été différentes, bien que le chargement et la ventilation des fours n°2 et n°3 aient tenté de corriger les carences constatées précédemment, il faut bien avouer que les trois résultats sont comparables et que les corrections apportées n'ont pas été les bonnes ou n'ont pas été suffisantes.

A chaque essai, le résultat consiste en un bloc de scories contenant énormément de charbon de bois. Ces blocs prouvent que la montée en température a été suffisante pour fondre la majeure partie du minerai introduit. D'ailleurs, la partie inférieure de ces blocs est constituée de coulures verticales identiques (dans leurs formes) à celles trouvées en fouille ou dans les vestiges de surface des sites anciens.

Cette scorie surmontait, à chaque fois, un niveau uniquement constitué de charbon de bois, d'une épaisseur variant de 10 à 15 centimètres environ. Nous avons pourtant essayé de bien chauffer la base du four en attendant que la braise diffuse uniformément, avant de compléter le chargement des fours...

Au dessus de la scorie, un niveau de minerai non réduit a été constaté à chaque fois. Avons nous stoppé prématurément la chauffe après la dernière charge en minerai, ou ce niveau correspond-il à des morceaux de minerai récalcitrants ? Pour le moment, nous n'avons pas encore de réponse...

Les blocs de scories comportaient des parties bulleuses, relativement légères, ainsi que des parties plus compactes, certaines zones ayant même l'aspect de la fonte... Il semble donc que les températures atteintes aient été suffisantes (et même trop fortes ?), mais que l'on doive chercher ailleurs la non-production d'"éponge de fer".

- . Aurait-il fallu griller le minerai ou le calibrer différemment ?
- . La ventilation est-elle la principale cause ?
- . Fallait-il accroître la durée du travail ?
- . Le calibrage du charbon est-il en cause ?
- . Devait-on charger par poignées, pour éviter les chutes de températures ? Avec quelle fréquence ?
- . Fallait-il renforcer la structure par un "chemisage externe ou, en tout cas, avoir des fours moins fissurés ?

Nous nous proposons, dans les semaines et les mois qui viennent, de présenter à des spécialistes des échantillons de scories obtenues, afin d'avoir des éléments de réponse aux questions précédentes. Des analyses seraient également instructives... Si un programme se dégagait en ce sens, il permettrait de comparer notre "production" avec les scories archéologiques. Cette comparaison permettrait peut-être de trouver une explication, puis une remédiation...

Autre observation en ce qui concerne les parois. Elles présentaient une vitrification importante aux abords de la tuyère, qui avait soudé les moellons, alors que, plus haut ou plus bas, les moellons étaient disjoints, présentant des traces de chauffe plus ou moins importantes dans le sens de l'épaisseur... A noter que ces morceaux, laissés dehors durant les semaines suivantes, se sont désagrégés, montrant que l'argile n'était pas cuite du tout... Et aurait pu sans doute resservir à d'autres fours... Est-ce une caractéristique de nos essais ou bien peut-on supposer qu'il en était de même dans les "vrais" fours ?

Autre remarque : nos tuyères et nos regards ne comportaient pas, en fin d'expérience, de vitrification interne. Alors que, sur des morceaux de parois découverts au Perray, il y en avait. Peut-on déduire que nous avons moins chauffé ? Ou moins longtemps ? Ou encore qu'il s'agissait de regards quasi constamment ouverts et près desquels la température était maximale ?

BILAN ET PERSPECTIVES

I - LE CHARBON DE BOIS

- La carbonisation de la meule a produit environ deux tonnes d'un charbon d'excellente qualité. Le bilan est donc, de ce point de vue, très positif.
- Autre aspect positif : la transmission de savoir. Les "problèmes" de la meule ont accru encore discussions et échanges.
- Une couverture photo très complète, qui viendra alimenter les collections de l'Ecomusée du Pays de Montfort.
- La découverte, pour tous les participants de la carbonisation en fours.

PERSPECTIVES

Nous sommes allés bien en-deçà des analyses possibles, par manque de temps, de moyens techniques, mais aussi par méconnaissance des contraintes pratiques... Aussi, une autre meule (au moins) serait souhaitable pour mener à terme toute une série de mesures liées à l'anthracologie... Pourraient s'y adjoindre d'autres types de carbonisation en fosse ou dans des fours "cylindriques"...

II - LE FER

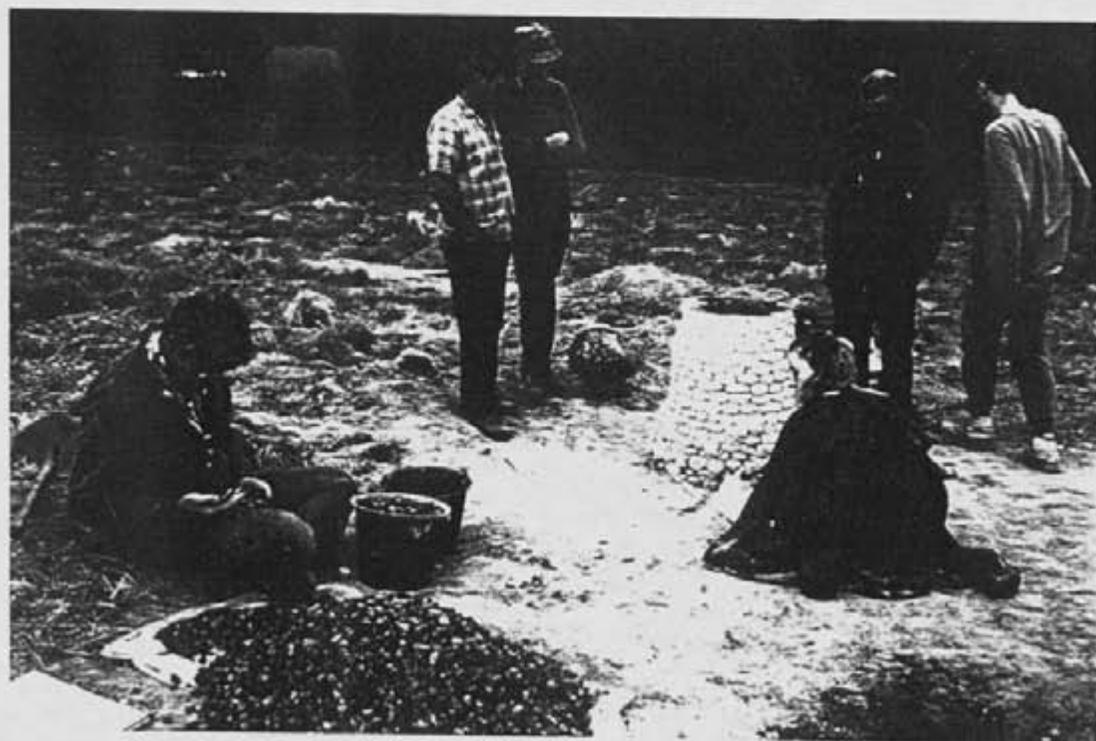
- Comme pour le charbon, une couverture photo très complète et de qualité a été assurée.
- Le four n°3 a été "déposé" à l'Ecomusée du Pays de Montfort. Il pourra servir à de futures expositions.
- Bilan satisfaisant pour les participants : les questions sont désormais mieux posées...

PERSPECTIVES

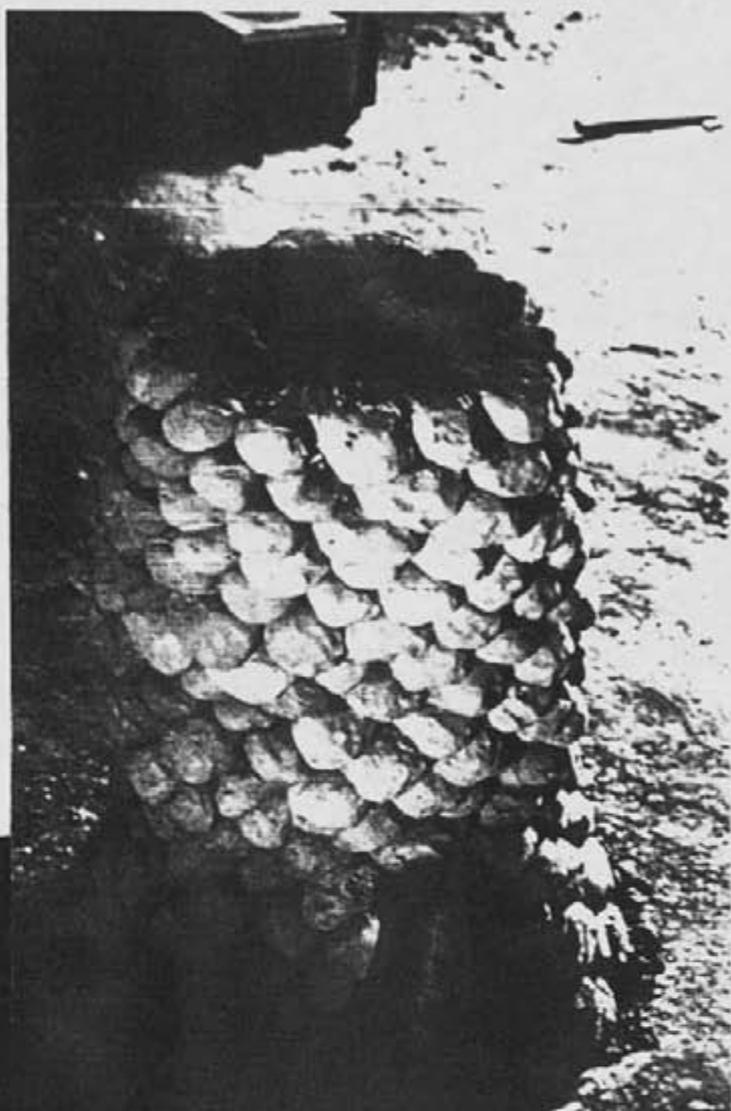
Recommencer ! Si possible avec l'aide d'un spécialiste afin de réussir la réduction ... Cela suppose des moyens financiers et des moyens d'analyse accrus... Il conviendra alors d'envisager les étapes de post-réduction : affinage et forgeage.



Le miberai: nous en avons recueilli, pendant les travaux de mise à quatre voies de la RN 24, près du Bodo, en Plélan (photo du haut). Mais c'est du minerai de Rougé, en Loire Atlantique, que nous avons utilisé, après concassage.



FOUR N°0 (mai 93)



Construit "en intérieur",
de petite taille, il nous
a permis de commencer à
nous familiariser avec le
travail de l'argile.



La construction des fours:
préparation des argiles.





La construction des fours
la serre a parfois été
bien utile pour nous abri-
ter, ainsi que les fours



avec la hauteur de la regard,

B: les fours, vue d'ensemble; on remarque le minerai non calibré et l'autre...quelques instants avant la mise à feu du four n°1

C: le pesage du minerai.



A

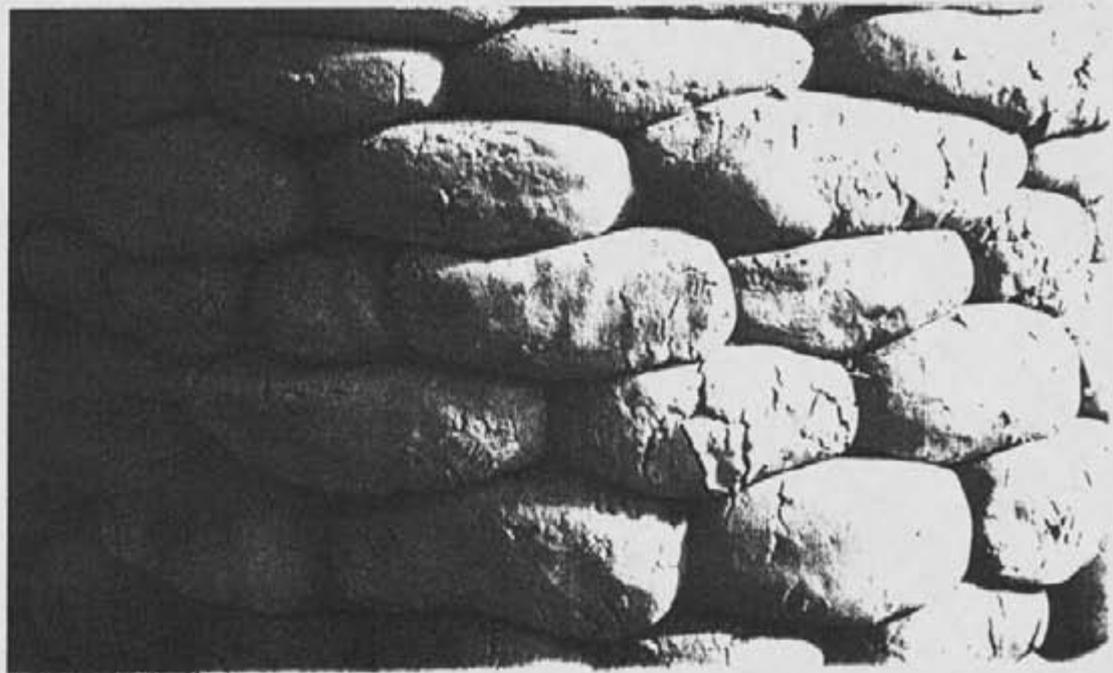
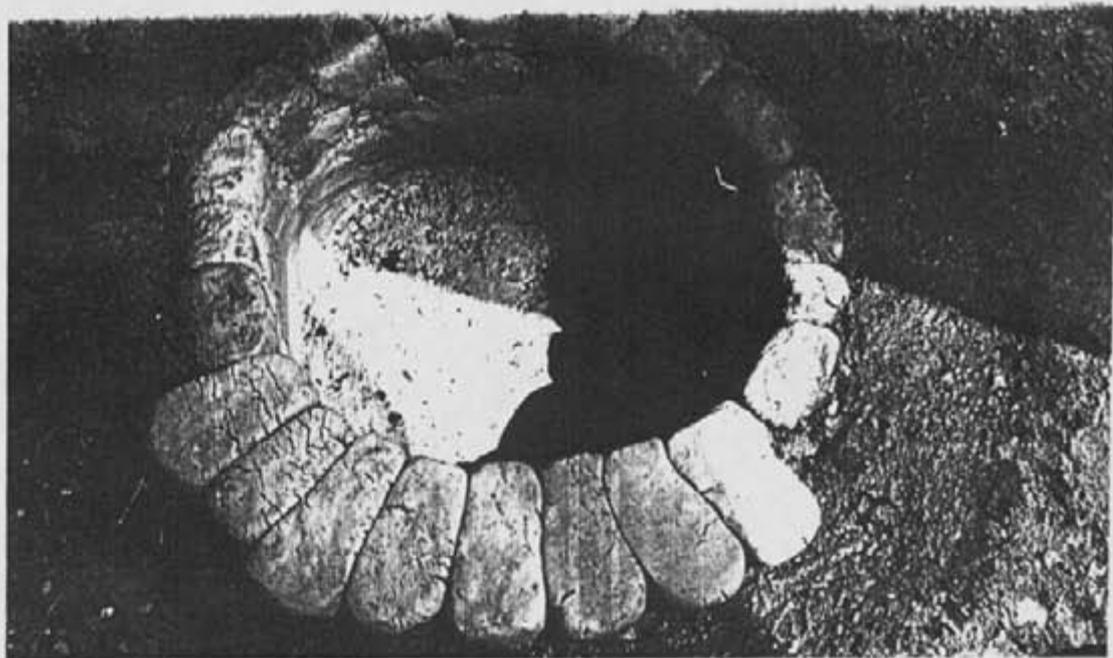


B

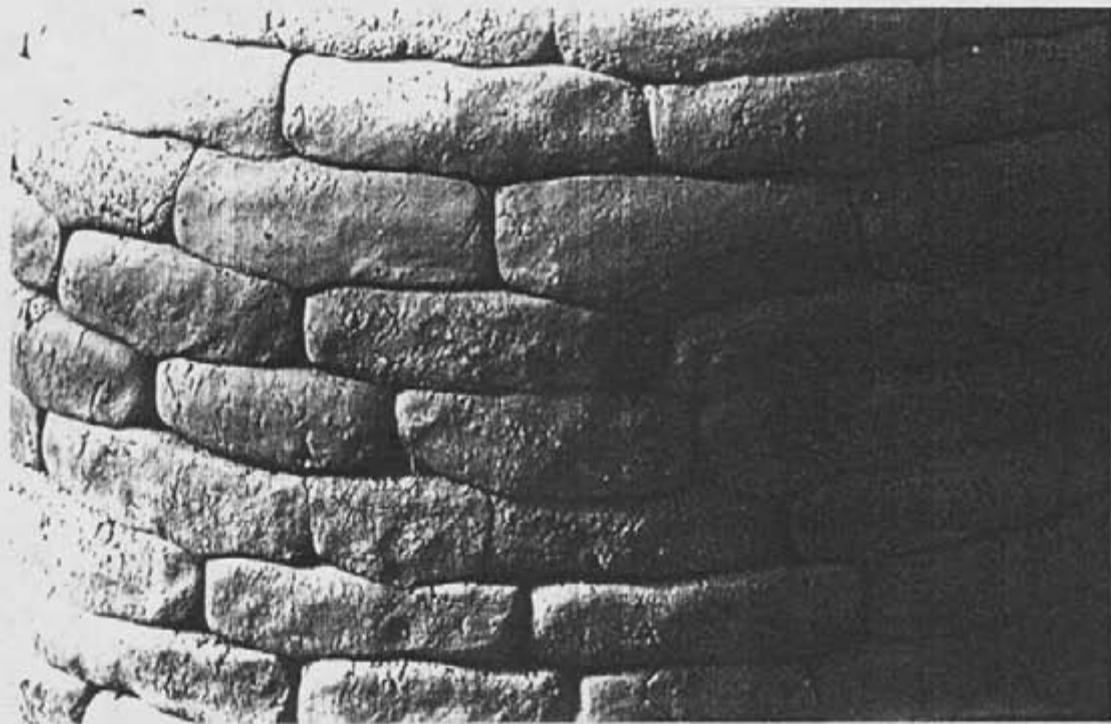
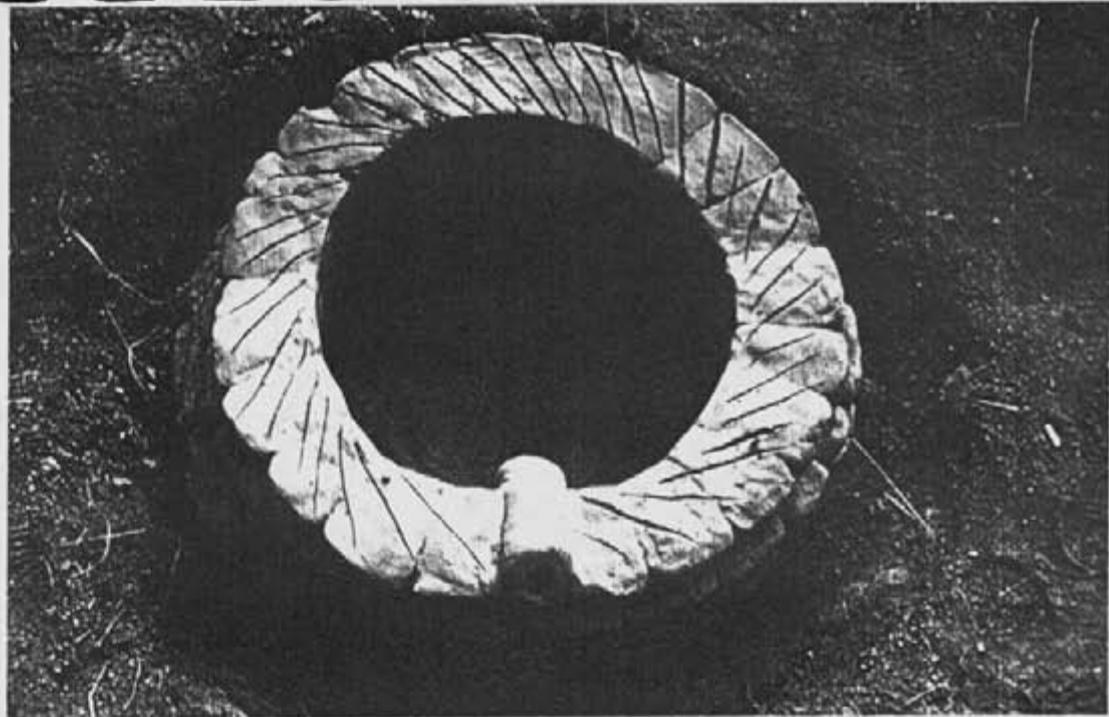


C

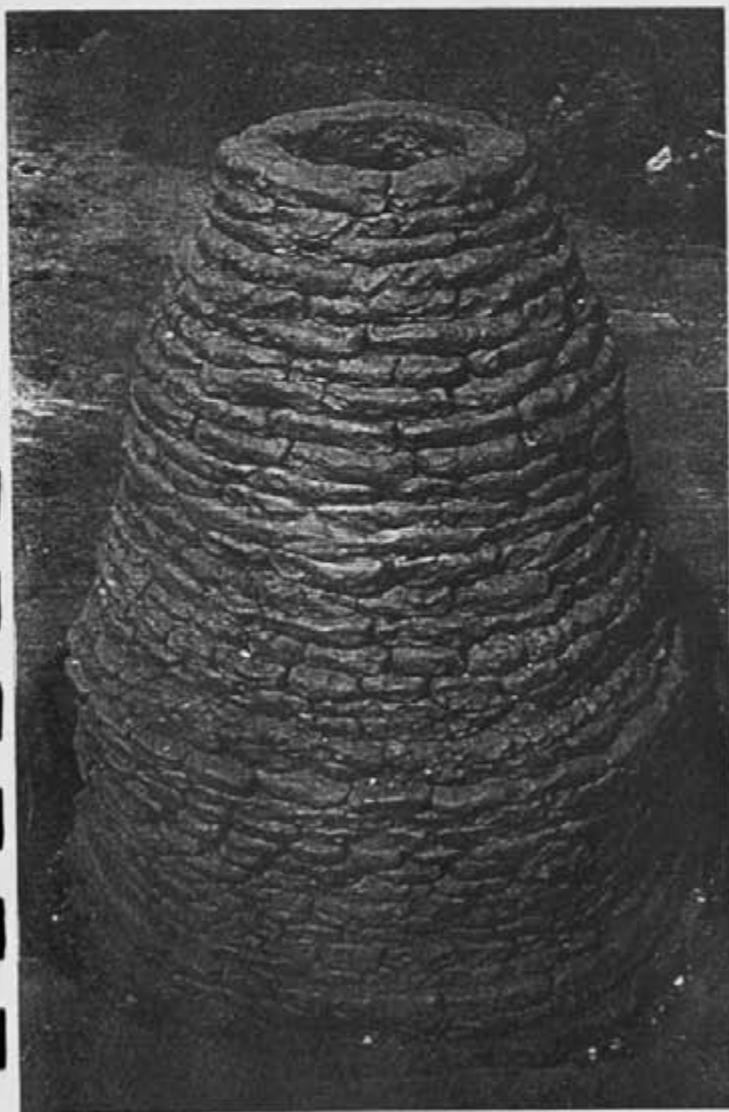
Le four N°1



Le four N°2



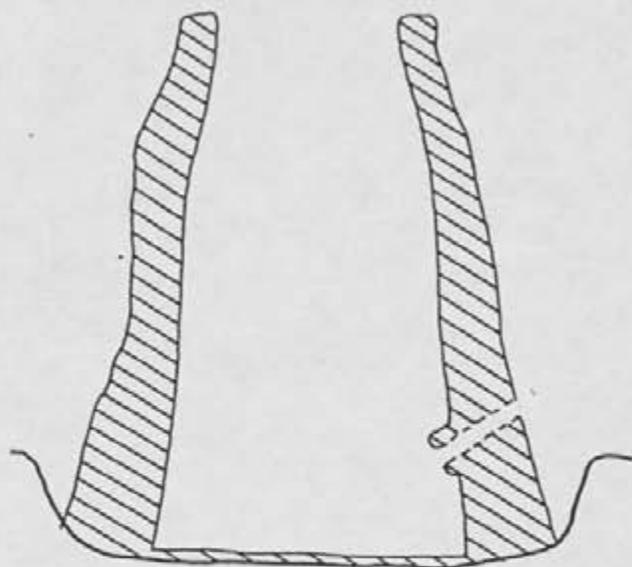
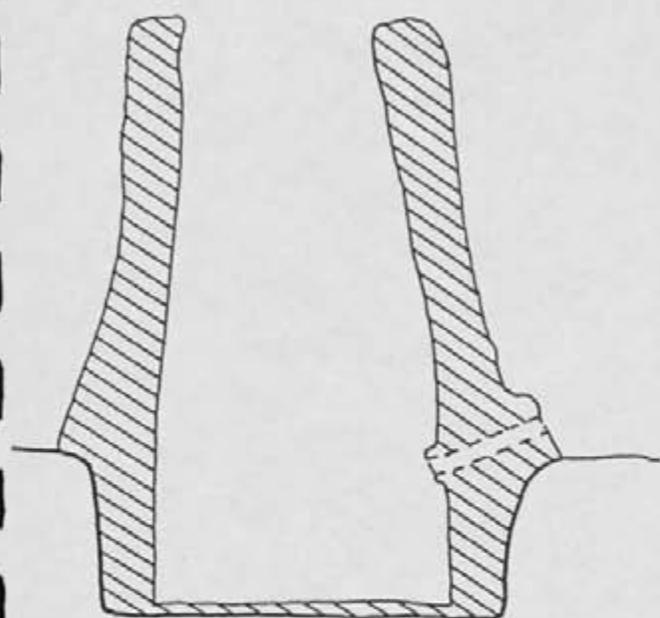
Le four N°3



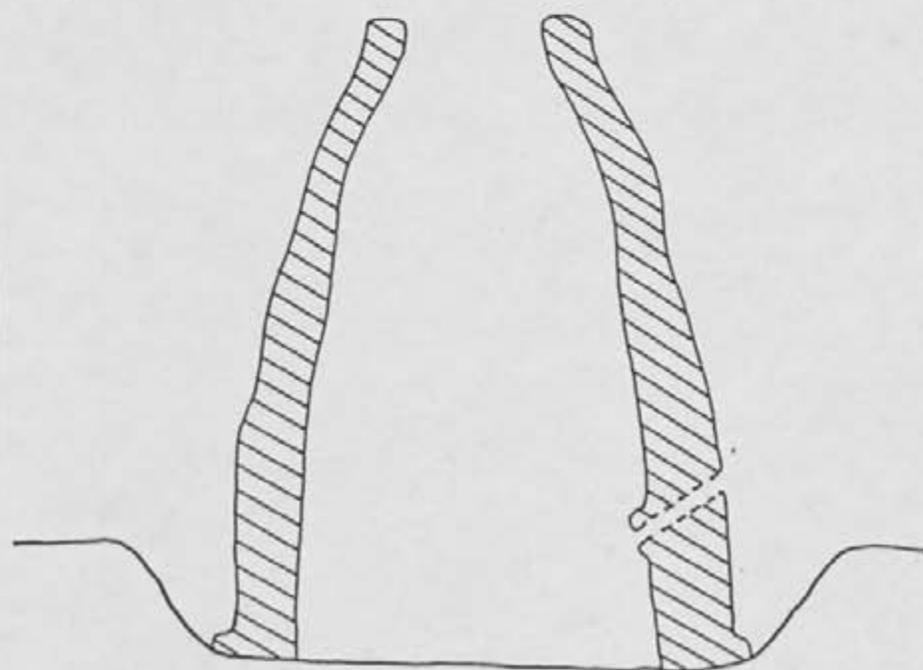
COUPE VERTICALE DES FOURS

FOUR N°1

FOUR N°2

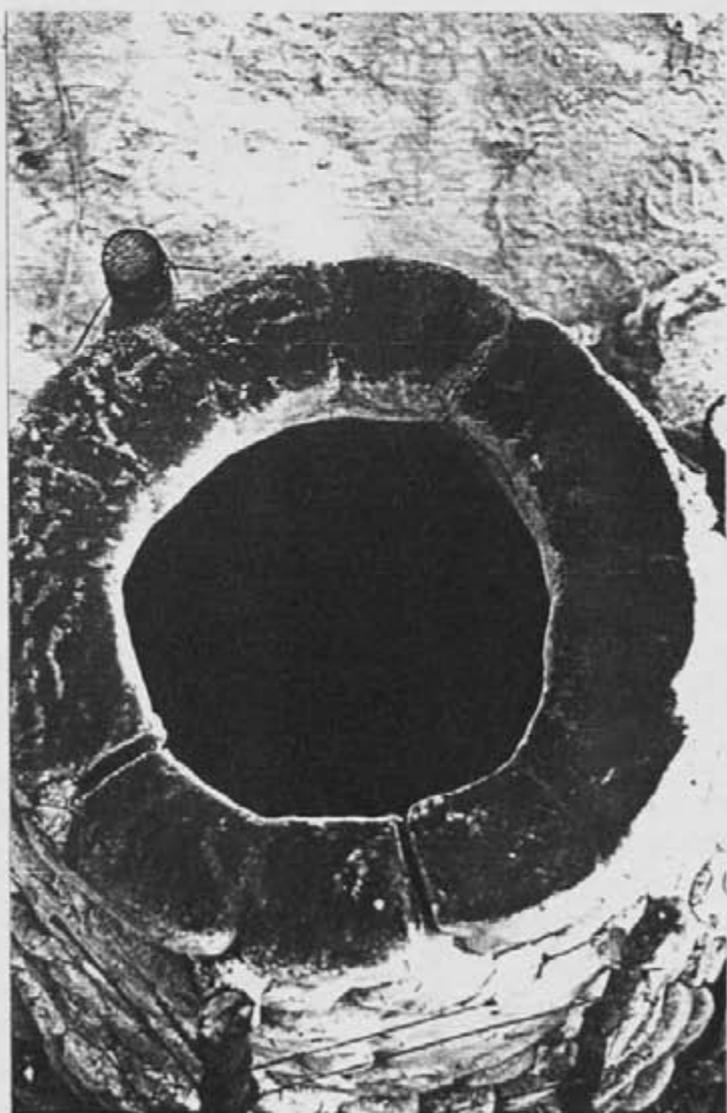


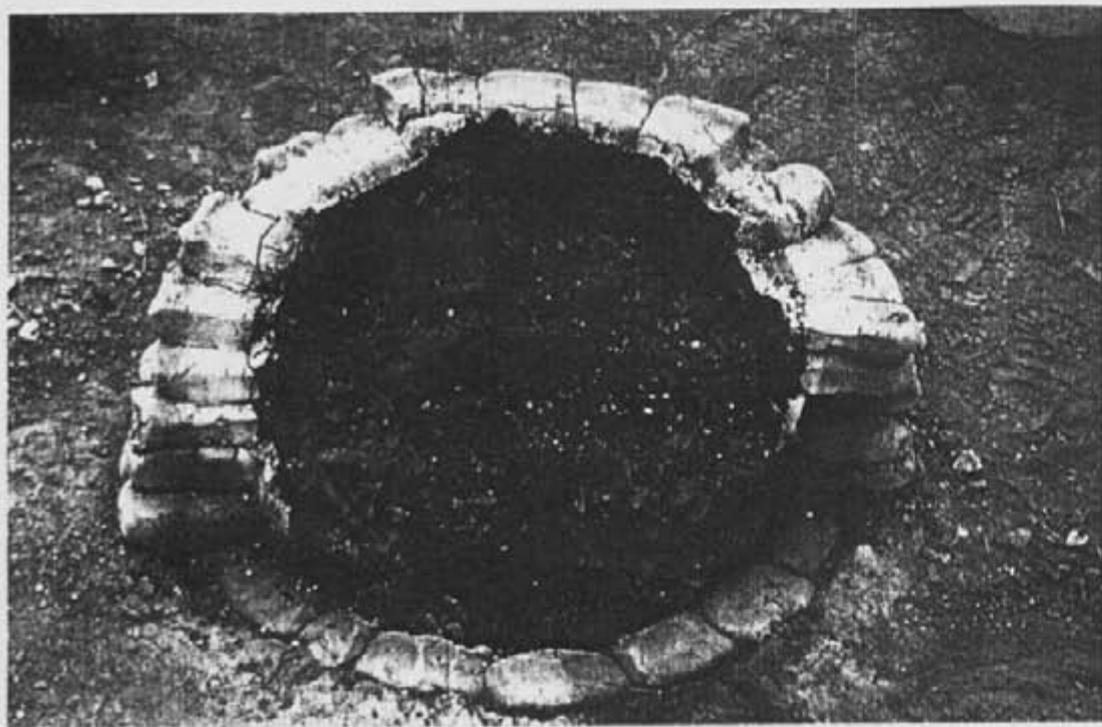
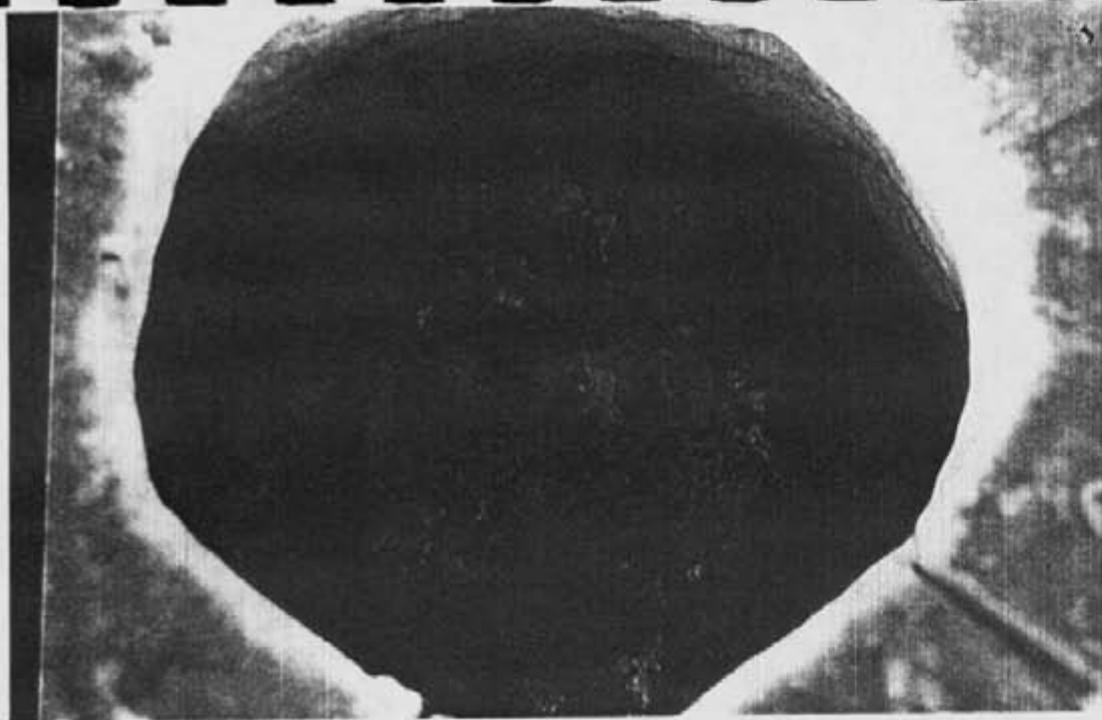
FOUR N°3





Le four N°1:
il a nécessité des
"rustines", puis un
"cerclage"...mais il
a tenu le coup!





Le four N°1

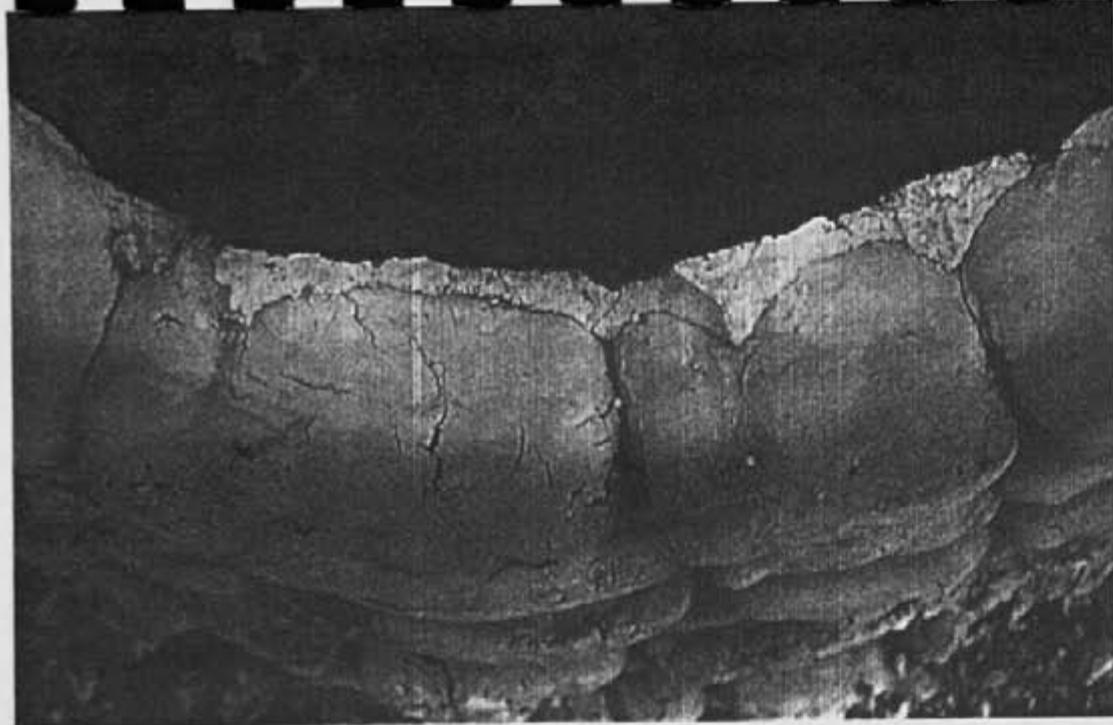
- A: du minéral non réduit apparaît en surface après refroidissement.
- B: le démontage du four permet de visualiser les colorations diverses des parois, en fonction des températures atteintes.
- C: la partie basse du four; à noter l'absence de scorie à l'opposé de la tuyère.

A

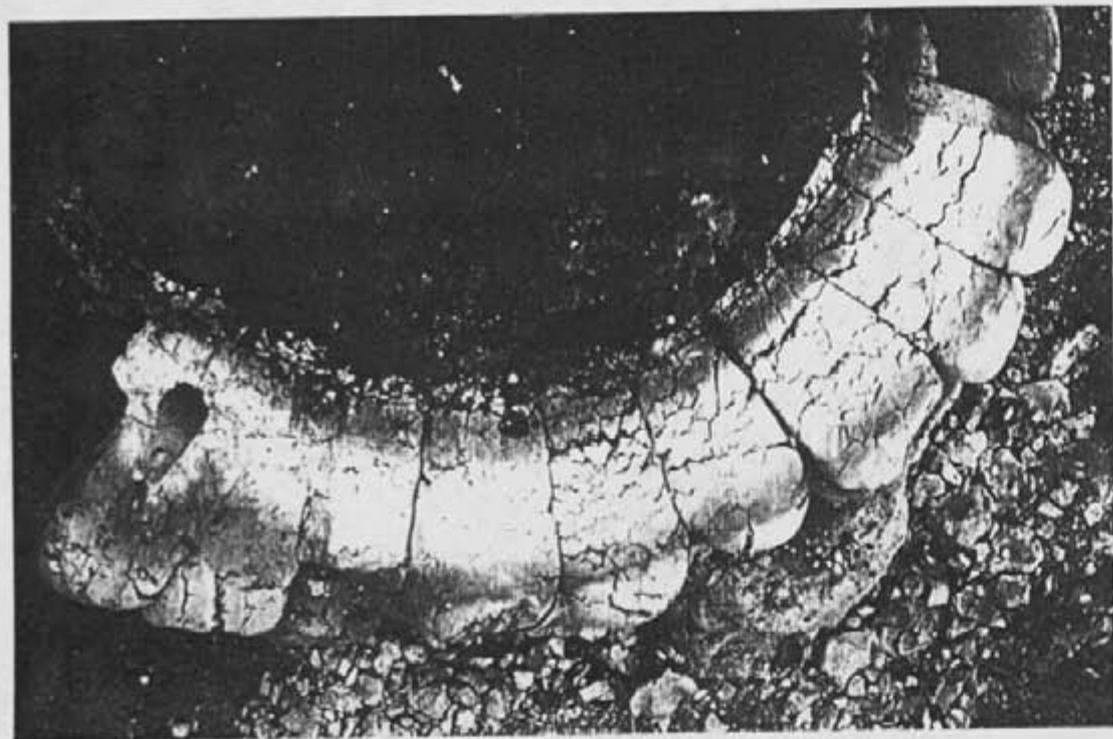
C

B

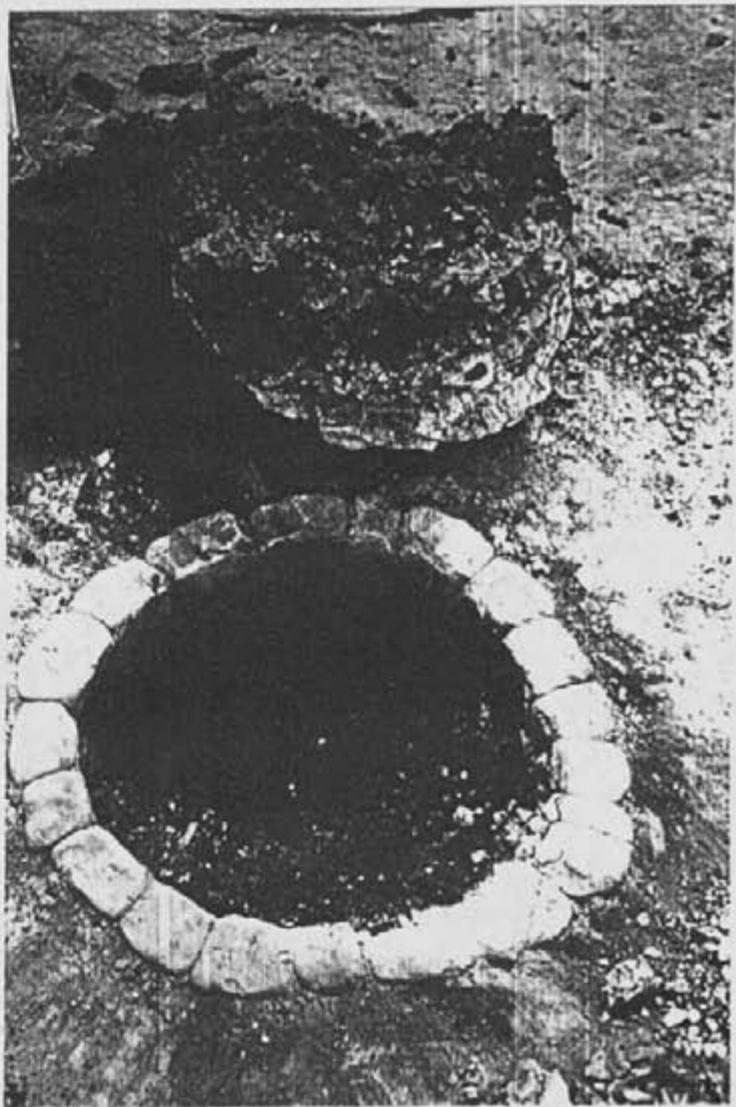




A



B



C

Le four N°1:

- A: une assise du four, ayant peu chauffé (à noter la chemisage interne)
- B: au niveau de la tuyère (visible à gauche) la coloration des parois laisse deviner une chauffe beaucoup plus importante.
- C: le bloc de scorie, en haut. Seule la moitié proche de la tuyère contient des scories à la base du four.



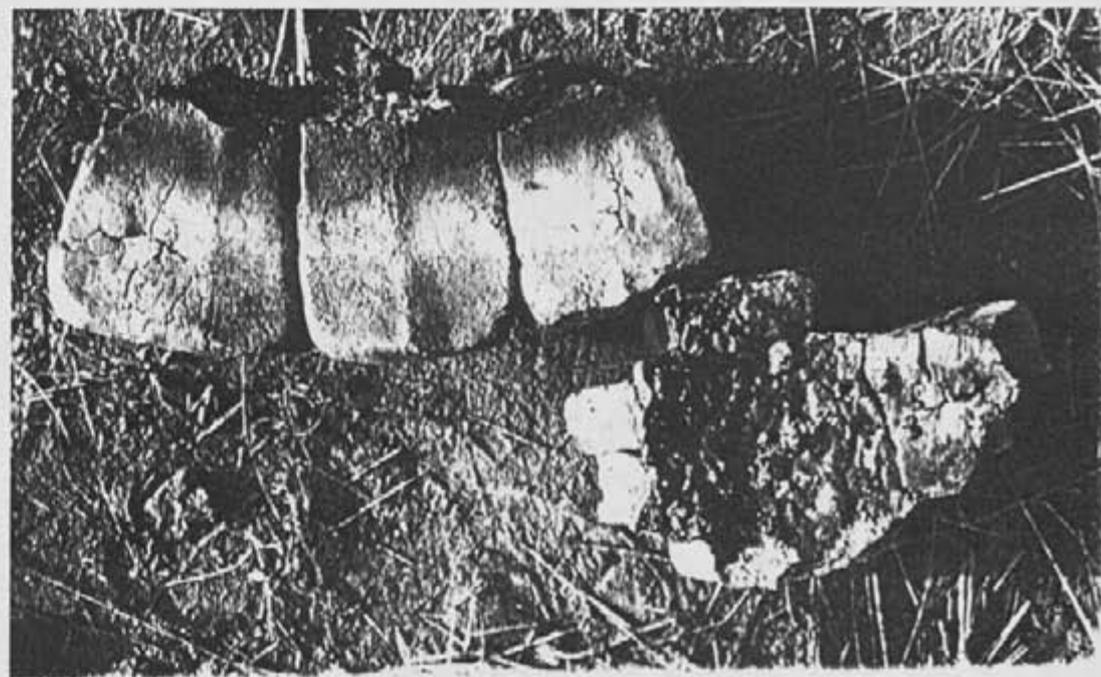
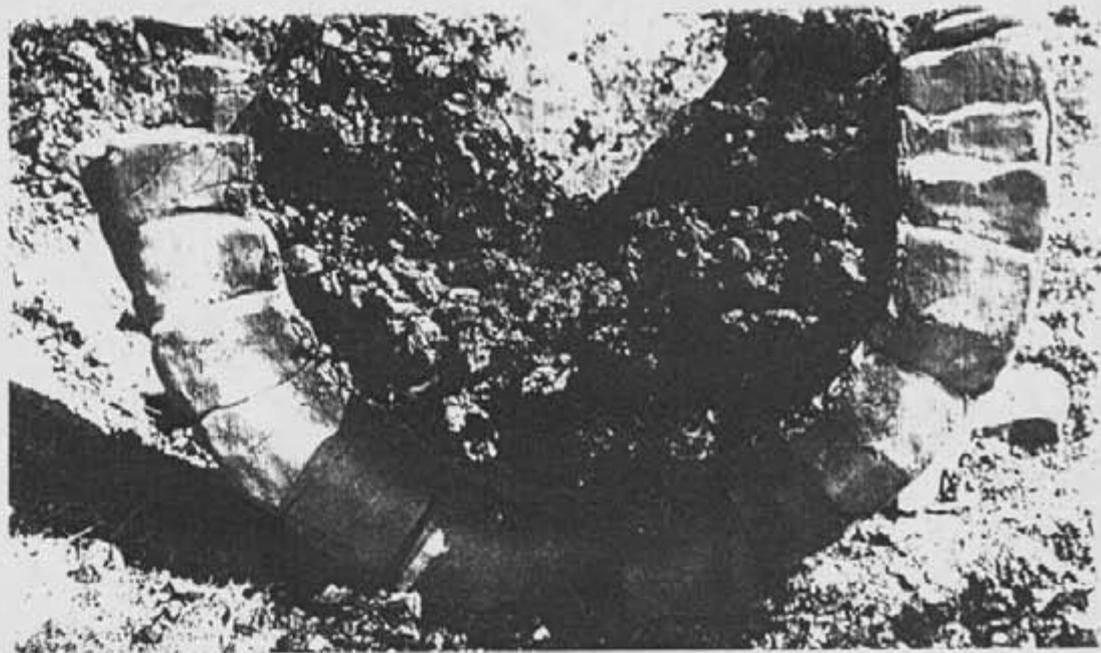
Le four N°2: A: pendant la réduction

B et C: démontage à chaud, le soir même. Les moellons de la paroi se détachent très aisément les uns des autres... sauf au niveau des tuyères, dans la partie vitrifiée.



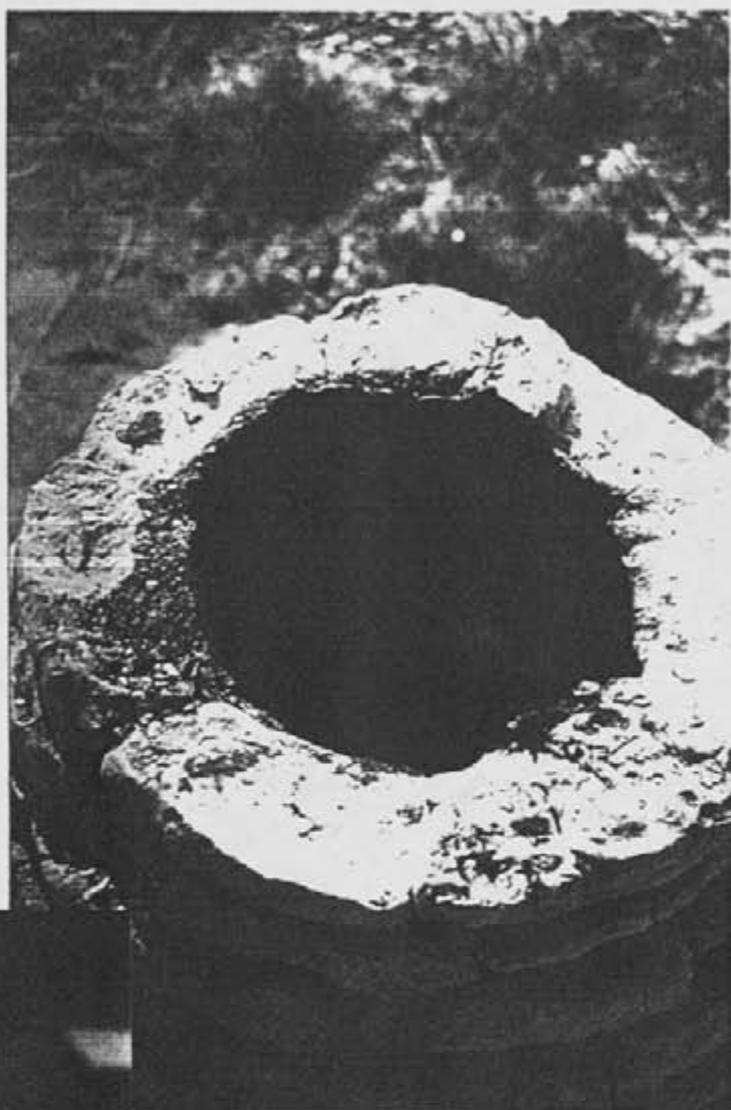


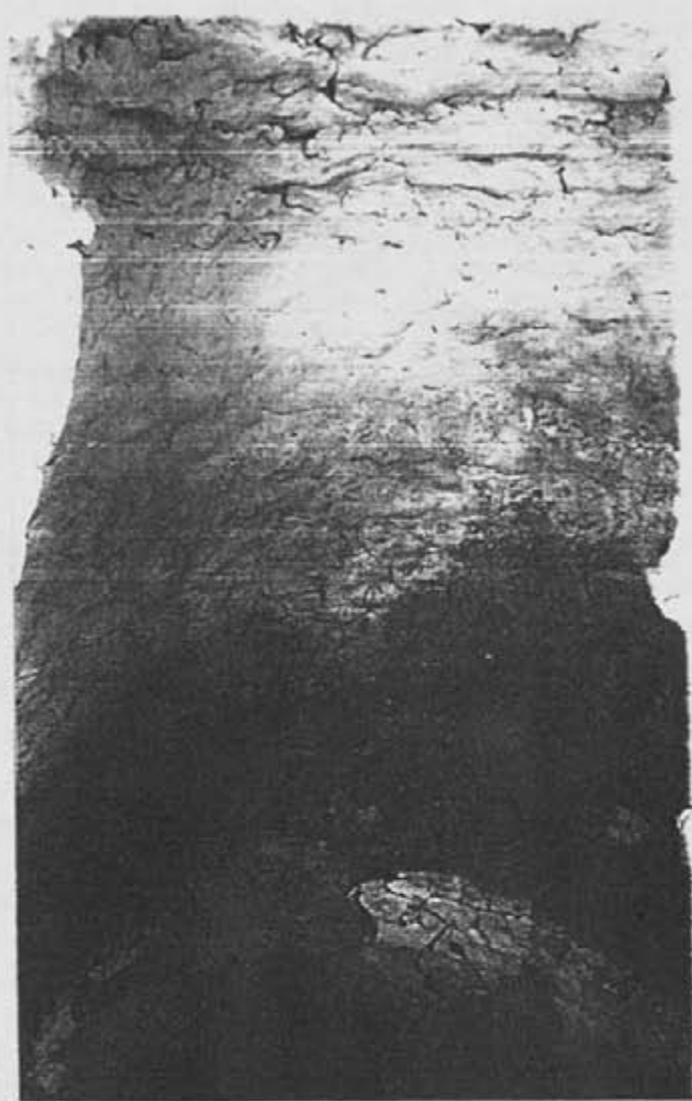
Le four N°2: comme dans le four N°1, la scorie n'occupe pas la totalité de l'espace disponible, mais uniquement 2/3 de celui-ci. La partie opposée à la tuyère n'a pas assez chauffé.



Le four N°3:

Le sommet "en goulot" n'a pas
résisté à la chaleur...mais
le reste du four n'a pas né-
cessité de cerclage, contrai-
nement aux autres fours.





Le four N°3: le démontage.





Philippe LANOS mettant en place le prélèvement pour archéomagnétisme (ici, le but est de tester si l'aasise d'argile a suffisamment chauffé pour appliquer cette méthode).



Le magnétomètre:

Nous avons souhaité utiliser cet appareil afin de tester son intérêt...

Malheureusement, l'appareil hors d'usage, a fait tourner court l'expérimentation...après nous avoir fait douter! ...Il conviendra de recommencer...





En haut, le bois de la "meule": mesures pour déterminer la répartition des essences ainsi que les diamètres...

En bas, découpe des mottes (ou plisses) qui vont recouvrir la meule





En haut, la meule de bois est recouverte par les plisses

En bas, la tête (le haut de la meule) voit intercalée entre le bois et les mottes, un lit de fougères, car bois et terre ont été jugés trop secs...





En haut: dessus les mottes,
il faut aussi ajouter de la
terre, afin de rendre her-
métique l'ensemble.



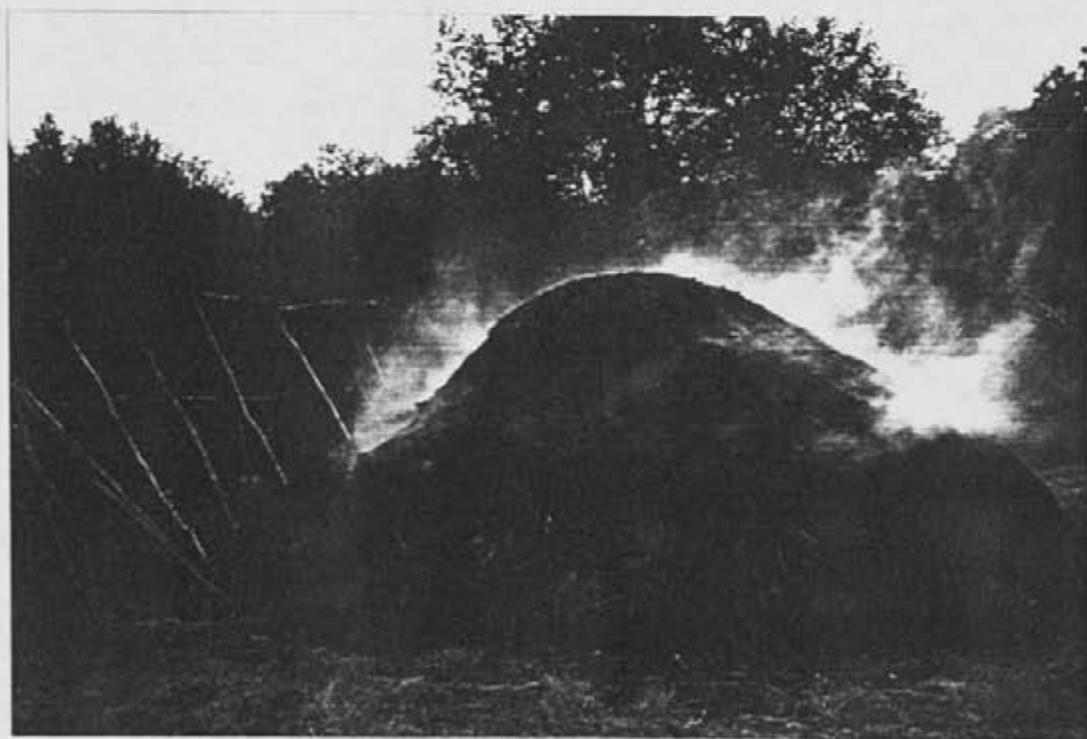
En bas: des "hayons" sont
disposés du côté d'où vient
le vent, afin d'empêcher
celui-ci d'enflammer la
meule.



La carbonisation est en cours

Photo du haut: la fumée est blanche, c'est au début de la carbonisation. Les rondins rappellent la nécessité "d'étayer" afin d'empêcher les mottes de glisser

Photo du bas: quelques jours plus tard, la fumée plus bleue indique une carbonisation bien avancée.



C: la mise en sacs



A



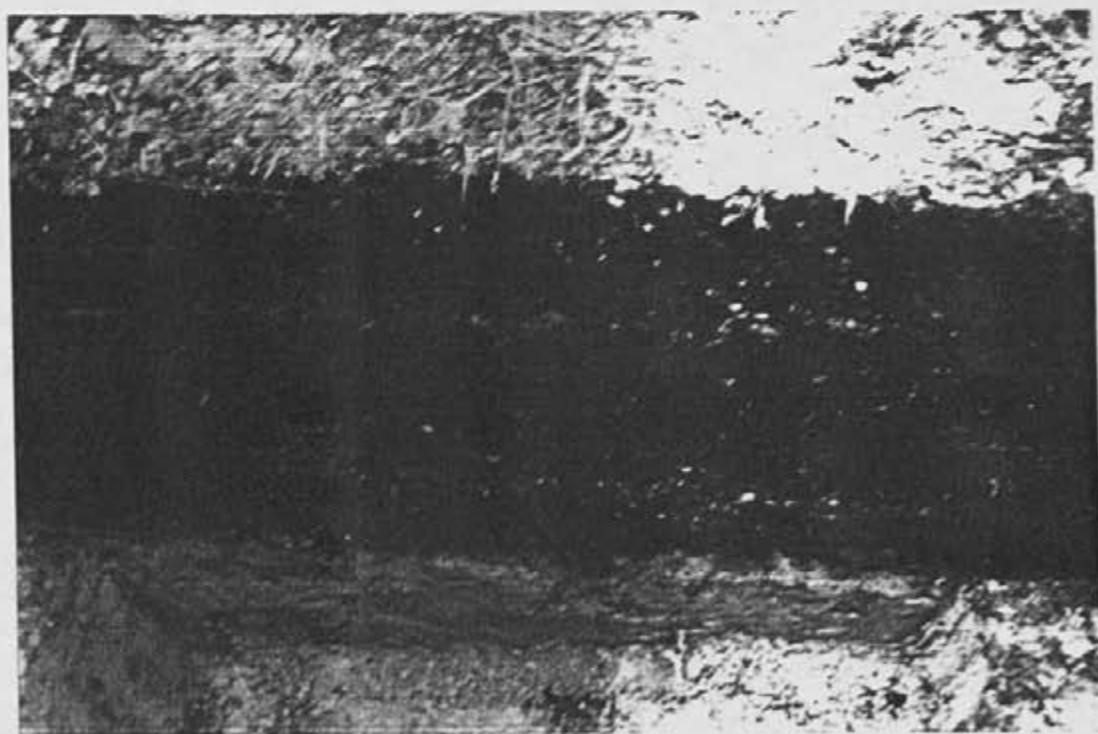
B



C

Tranchée sur l'emplacement
d'une ancienne meule, en
forêt, par Jean Yves HUNOT

La stratigraphie met en
évidence au moins 3 meules
distinctes.

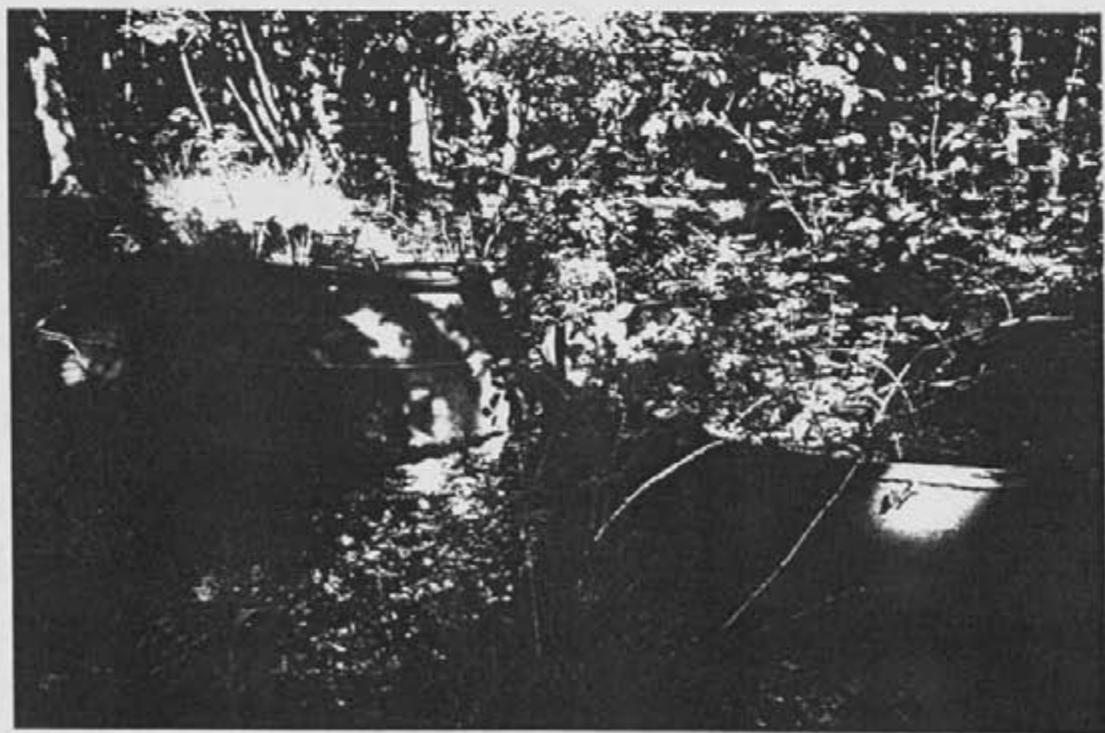




Restes de fours à braisette, découverts en forêt.

Photo du haut: le couvercle

Photo du bas: -à droite, la partie basse du four, cylindrique
-à gauche, la partie supérieure, tronconique



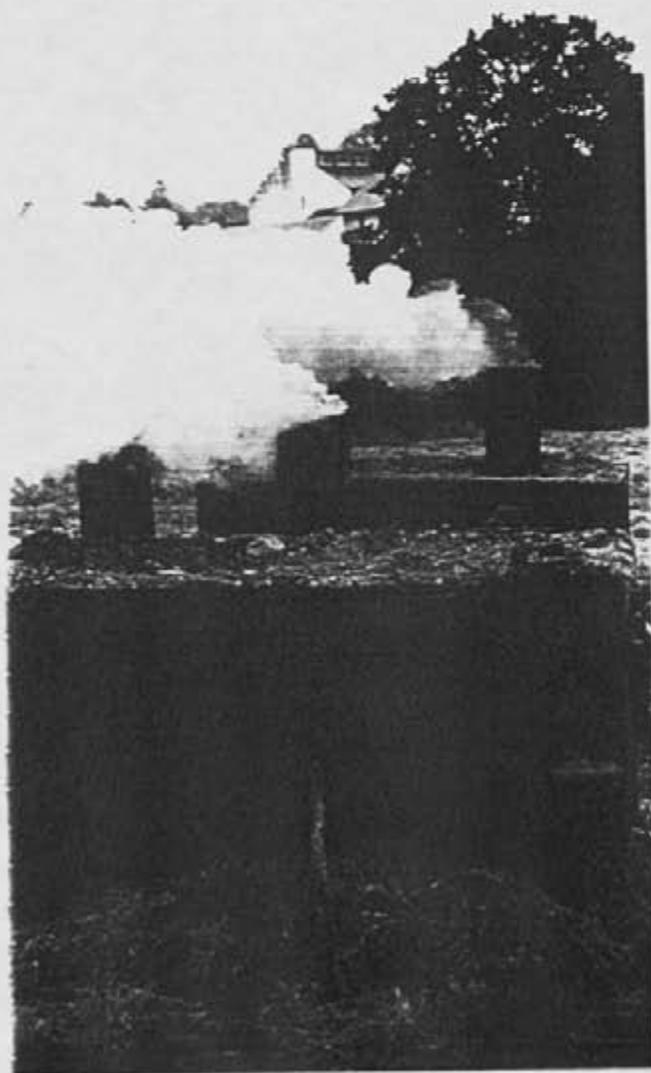


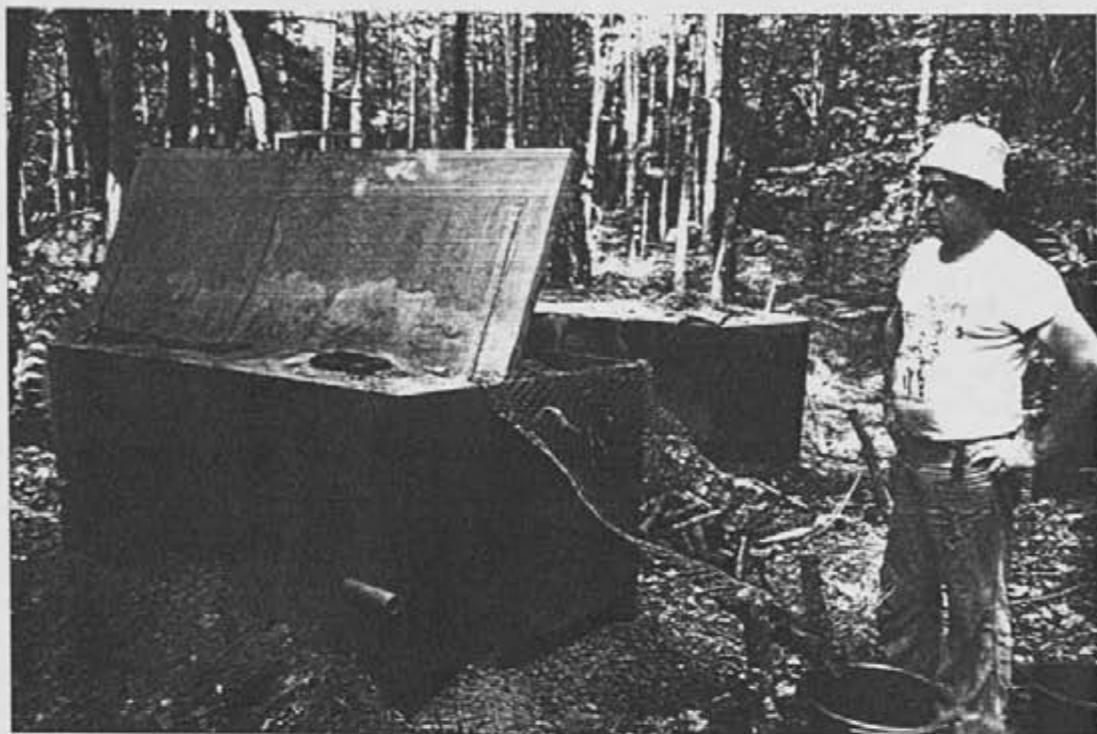
fours à braisette

haut: les fours viennent d'être allumés

bas à gauche: la carbonisation s'effectue, les trous à la base du four sont bouchés.

bas à droite: le charbon de bois à l'ouverture du four.





Alain GODAINT et ses fours à braisette

En haut: dans le bois de Maxent, au mois de juin

En bas: remplissage d'un four à Paimpont (en arrière plan, on distingue la meule en construction)



REMERCIEMENTS

Merci à toutes les personnes ayant contribué d'une manière ou d'une autre à l'élaboration de ce rapport, et en particulier:

* aux personnes ayant fourni des informations permettant de découvrir de nouveaux sites.

* aux personnes qui ont assuré avec nous la prospection, dont Jean Boucard et Maurice Houeix.

* aux propriétaires et gardes forestiers qui nous ont accordé l'accès aux sites.

* à Marie José Le Garrec et Louis Martel et aux étudiants de la Maîtrise "Aménagement et mise en valeur des Régions".

* à l'Ecomusée de Montfort sur Meu et à la Soett (Concoret) qui ont permis la frappe de ces pages, par Yann Baron.

* Merci enfin à toutes les personnes qui ont participé ou favorisé l'expérimentation de juillet... La liste en est très longue, et nous craignons d'en oublier...

