

OPERATION DE PROSPECTION THÉMATIQUE 1/2
SONDAGE ARCHEOLOGIQUE

TRECELIEN EN PAIMPONT (35) : METALLURGIE DE
REDUCTION DIRECTE DU MINERAI DE FER EN
FORÊT DE BRECELIEN, AU XIV^e - XVI^e SIECLE.

2002

Responsable d'opération : Jean-Bernard VIVET



Direction Régionale des Affaires Culturelles
Service Régional de l'Archéologie de Bretagne

Conseil Général d'Ille et Vilaine
SIVU " Forges et métallurgie en Brocéliande "

1869a

OPERATION DE PROSPECTION THÉMATIQUE 1/2

2002

SONDAGE ARCHEOLOGIQUE

TRECELIEN EN PAIMPONT (35) : METALLURGIE DE
REDUCTION DIRECTE DU MINERAI DE FER EN
FORÊT DE BRECELIEN, AU XIV^e- XVI^e SIECLE.

Responsable d'opération : Jean-Bernard VIVET

Direction Régionale des Affaires Culturelles
Service Régional de l'Archéologie de Bretagne

Conseil Général d'Ille et Vilaine
SIVU " Forges et métallurgie en Brocéliande "

photo de couverture : site de Trécélien en PAIMPONT (35) - ferrier (amas de scories A4), vu du
ruisseau de Trécélien.

En prime abord, je remercie le Conseil Général d'Ille et Vilaine pour le financement de l'opération archéologique de prospection thématique intéressant la métallurgie antique et ancienne du département.

De même, je suis reconnaissant au S.I.V.U. "Forges et métallurgie en Brocéliande" pour son concours financier à l'opération de sondage archéologique sur le site de Trécélien en Paimpont, qui a permis notamment l'hébergement des fouilleurs. Merci à l'association 'Histoire, Patrimoine et Métallurgie en Brocéliande', d'avoir bien voulu assurer le relais des crédits.

Je tiens à remercier vivement Monsieur Alain LE GUALÈS, propriétaire de la parcelle sur laquelle se déroulait l'opération de sondage, en forêt de Paimpont, pour son aimable autorisation et son accueil.

Mes remerciements vont également à Monsieur Jean-Marc BOUSSAIS, garde forestier du secteur considéré, pour les mises aux points pratiques et conseils, et à Monsieur Olivier PICHELIN (Groupement Forestier de Brocéliande) pour le prêt d'une tarière forestière, qui s'est avérée fort utile.

Je remercie sincèrement la Mairie de Paimpont de nous avoir donné la possibilité de pouvoir bénéficier de la cantine municipale, ainsi que Monsieur THOMAS et toute son équipe du Foyer Logement Résidence Brocéliande, pour la préparation des repas, et l'accueil qui nous a été réservé.

Je souhaite témoigner toute ma gratitude et ma reconnaissance aux personnes qui ont participé bénévolement, et avec entrain, à ce travail, et qui ont partagé les fruits de leur connaissance du terrain :

Cécile BERTIN
Jean BOUCARD
Aurélien BOUTROUILLE
Gérald BRISORGUEIL
Jérôme CUCARULL
Héloïse DORANLO
Jean-François DUVAL
Jean-Pierre DUVAL
Anne FONTAINE
Daniel JACQUEMIN
Camille GANDONNIERE
Jacques GUILLEMOT

Stéphane HARDY
Catherine HENRY
Jacqueline LAPERAS
Guy LARCHER
Ghislaine LARVOR
Marie-José LE GARREC
Clément LE JOUBIOUX
Fabien LESGUER
Frédéric MAZOIR
Christian RAGUIN
Vincent WYART

Merci en particulier à Guy Larcher, pour son concours permanent à la bonne réalisation du chantier, et à Marie-José LE GARREC pour son investissement très précieux dans les travaux de relevés.

Mes remerciements vont également à Laurent BEUCHET (I.N.R.A.P.) pour son aide amicale et précieuse dans l'identification céramique.

Je tiens à souligner toute l'obligeance de Claudie HERBAULT, pour la mise à disposition de données documentaires, résultant d'un travail inédit, intéressant directement l'activité métallurgique du massif de Paimpont aux XV^e - XVI^e siècles.

Enfin, je remercie le Centre Régional d'Archéologie d'Alet, pour la gestion des crédits attribués par le Conseil Général, et pour son soutien logistique efficace, qui ont permis à l'opération de se réaliser dans de bonnes conditions.

SOMMAIRE

	Pages
INTRODUCTION	6
A. PRESENTATION DU SITE ET PROBLEMATIQUE	
I. CONTEXTE DE RECHERCHE –PROBLEMATIQUE	7
II. PRESENTATION DU SITE – RESULTATS 2001	9
B. ETUDE DES SECTEURS FOUILLES	
I. PARTIE BASSE DU SITE	
1. Topologie et prospection magnétique	12
2. Fouille de l'amas de scories A5	13
3. Sondage circulaire, périphérique à l'amas de scories A2.	15
4. Petite construction moderne de type loge	22
5. Amas de scories A1	24
II. PARTIE HAUTE DU SITE	
1. Fouille de l'amas de scories A8	26
2. Résurgence et fontaine aménagée	29
3. Abords de l'amas A10 – structure de chauffe F1	30
4. Résultats des forages à la tarière forestière	33
C. CERAMIQUE	34
D. APPROCHE HISTORIQUE	37
E. CONCLUSION	39
ANNEXES	41
1. bibliographie	
2. plan et descriptif des forages réalisés à la tarière forestière	
3. Autorisation propriétaire	

INTRODUCTION

Deux tomes composent le rapport d'opération de prospection 2002, portant sur la paléoméallurgie en Haute-Bretagne. Le premier volet, objet du présent compte rendu, rend compte du sondage effectué sur le site de Trécélien au cours de l'été 2002. L'état d'avancement de la recherche chrono typologique sur les gisements métallurgiques, réalisée depuis quatre ans, montre la nécessité d'identifier et caractériser les gisements médiévaux. Le deuxième volet du rapport porte corrélativement sur les résultats d'analyses (minéralogiques, chimiques et C14) et sur les observations essentielles réalisées sur les sites concernés par ces analyses, qui permettent leur caractérisation.

La recherche 2001 a mis en évidence le fort potentiel que le site de Trécélien semble receler en ce sens. L'étude de ces ferriers comportant plusieurs amas de scories de plusieurs dizaines de mètres cubes pose des problèmes de méthodologie dont certains aspects seront évoqués. Les résultats des différents moyens d'investigation mis en œuvre sur plusieurs secteurs du site (long de 120 m et large de 75 m), permettent d'attribuer une part au moins essentielle de l'activité métallurgique à une période située à la fin du Moyen Age ou au début de l'époque moderne. Cette détermination chronologique constituait un enjeu majeur en réponse à la problématique posée par ces volumineux ferriers. Des structures de chauffe commencent à se dessiner, mais leur description, enjeu essentiel car jamais observées pour cette période, reste encore insuffisante et demande à être poursuivie. Dans ce contexte, la confrontation des données archéologiques aux sources historiques s'avère prometteuse. Comme nous le verrons, elle devrait permettre des avancées substantielles dans la connaissance de la métallurgie en procédé direct au tournant technologique que constitue la production en haut-fourneau. Cependant celle-ci est, pour le moment, bridée par le manque de précision de la datation, et les observations encore limitées réalisées.

A. PRESENTATION DU SITE ET PROBLEMATIQUE

I. CONTEXTE DE RECHERCHE – PROBLEMATIQUE

Le sondage réalisé sur le site de Trécélien, s'inscrit à l'intérieur d'une opération de prospection thématique, dont le programme de recherche porte sur la caractérisation chrono-typologique des sites métallurgiques régionaux. Par suite, ces travaux visent à restituer, d'une manière plus large, l'évolution des techniques relatives au travail du fer, de l'antiquité à nos jours.

Le site se présente sous la forme d'un ferrier constitué d'une dizaine d'amas de scories dont le volume atteint ou dépasse pour la majeure partie d'entre eux la dizaine de mètres cubes (Vivet, 2001). Ces résidus, générés par l'opération de réduction du minerai de fer en bas fourneau, présentent la particularité de montrer en section un bullage extrêmement prononcé. Une douzaine de sites de caractéristiques très semblables ont été répertoriés dans le bassin de Paimpont (communes de Paimpont et Plélan-le-Grand), notamment dans le cadre d'opérations programmées réalisées au début des années 90 (Larcher, 1990, 1991, 1992).

Les scories observées jusque-là (Vivet, 2001), du fait, notamment d'une présence seulement anecdotique de laitier, permettent d'attribuer ces résidus métallurgiques à une production de fer relevant du procédé direct, en bas fourneau.

L'étude menée l'an passé, montrait une grande cohérence de ces sites à scories bulleuses. Elle a permis en outre d'élaborer une hypothèse de datation à partir du mobilier céramique trouvé en prospection à l'emplacement de quelques-uns de ces ferriers, en particulier à la Corne du Cerf dans le hameau du Cannée (commune de PAIMPONT). Cette dernière investigation orientait l'attribution chronologique de cette activité métallurgique vers la fin du Moyen Âge (autour du XV^e siècle).

L'objectif premier du sondage effectué sur Trécélien consiste donc à apporter une preuve formelle de la datation avancée. Cette datation permettra, en retour, de situer dans le temps, de façon argumentée, la série de ferriers observée sur Paimpont et Plélan-le-Grand, ainsi que celle d'autres sites de même nature pouvant exister en Bretagne.

Les sources documentaires normandes et celles relatives au Pays de Châteaubriant concernant cette période (Herbault, in Belhoste et Mailleux, 1984) font état de l'apparition du procédé indirect (produisant de la fonte) en haut-fourneau dès les années 1450 dans le premier cas, et au début du XVI^e siècle dans le second cas (entre 1505 et 1515). Au cours de ces périodes et de celles qui précèdent, les lieux de transformation du minerai de fer, souvent mentionnés dans les textes sous le qualificatif de 'forges grossières', semblent renvoyer au procédé direct, bien qu'aucune description de la technique employée n'existe. Cette appellation apparaît en particulier à Paimpont, dans un document relatif aux revenus de la forêt de Brecélien des années 1419-1421 (Marquis de L'ESTOURBEILLON, 1894). D'autres termes sont également utilisés par certains auteurs, tels que « forges à bras » ou « grosses forges » (Puzenat, 1939 ; Andrieux, 1987), ce dernier qualificatif, plus ambigu, pourrait constituer également une évolution des termes « forges grossières », au cours de la période pré-industrielle et concerne dans ce cas aussi les premiers haut-fourneaux. Les installations du premier type, souvent mentionnées en forêt, pourraient avoir subsisté encore longtemps parallèlement au développement des hauts-fourneaux. On ne sait paradoxalement rien de leur aspect, ni des techniques employées, et très peu de choses sur les hommes qui y travaillaient : combien de personnes s'y activaient, était-ce une tâche saisonnière, l'affaire d'un spécialiste à plein temps, logeait-on sur place, qui se chargeait de l'approvisionnement en minerai, en charbon ? Produisait-on uniquement du fer brut, non

dégrossi', comme le suggère leur appellation, c'est à dire à l'état de loupe peu travaillée, que l'on ne ramène pas à l'état de lingot près à l'emploi, par martelage, éventuellement hydraulique ? Les productions étaient-elles à destination militaire (armes blanches, armes de jet, canons...) ou visaient-elles le monde rural (outils, socs de charrue, poêles...) ?

2. PRESENTATION DU SITE – RESULTATS 2001

2.1 Environnement naturel et contexte historique.

La localisation sur la carte IGN au 25 000^{ème} renvoie aux lieux-dits suivants: Ligne de la Patte d'Oie, Carrefour du Pas Chagrin, ruisseau de Trécélien. Le site appartient au canton forestier de Trécélien. La création de cantons forestiers par arrêt du 23 août 1841, met fin aux 'Usements' mentionnés dans la charte de 1467, qui définissaient les aires où le seigneur exerce la chasse, et par suite les zones réservées au pacage des animaux et au ramassage de bois. Les droits en question, octroyés par écrit, sont fondés sur la coutume et les libéralités acquises par les usagers (Duval, 1998, et Fédération Carrefour de Trécélien, 1993).

Sur le cadastre actuel (fig. 3), le lieu-dit correspondant au secteur sur lequel se trouve le site archéologique s'intitule « Le Breil au Seigneur », et fait donc référence, de fait, aux statuts et fonctions classiques des forêts seigneuriales, notamment, à celle de propriété exclusive d'un seigneur, réservée à la pratique de la chasse. On notera que le terme employé ici fait ici exception, dans un secteur où l'on rencontre bien plus fréquemment le terme de 'parc' (clairières de Paimpont, Telhouët, Trudeau et Trédéal), par contre absent à Plélan et Maxent. On retrouve en effet les microtoponymes le 'breil' et la 'garenne' sur ces paroisses, plus orientales (Duval, 1998, p.114).

On peut s'étonner que ce soit ce nom, relatif à la sujétion féodale, qui ait laissé une trace dans les mémoires, au détriment d'un terme relatif à l'activité métallurgique, qui a dû marquer les esprits. Comme si la production de métal en forêt n'était qu'un simple travail rural au même titre que d'autres tâches paysannes. L'habile interprétation des documents liés à l'extraction du minerai de fer de la minière de Beaumont en Normandie, est exemplaire à cet égard (Arnoux, 1993).

Le premier arrêt du Parlement de Bretagne (12 janvier 1665) concerne les habitants du Paimpont (distant ici d'environ 3 km), à qui l'on interdit de faire pâturer les porcs. En 1710, un nouvel arrêt oblige les habitants de Paimpont et Saint Péran, de nommer un pâtre principal, marquer les bêtes et leur mettre des clochettes. La découverte sur le site même de Trécélien (Guy Larcher) d'une clochette assez volumineuse (13 x 10 x 5 cm) pourrait éventuellement se rapporter à ces dernières obligations. L'identification de l'objet est en cours et pourrait éventuellement fournir, par suite, un terminus ante quem à l'activité métallurgique. Ces pratiques semblent, par contre, se poursuivre encore longtemps: les cahiers de doléances font état des plaintes et restrictions de plus en plus importantes par rapport à la charte de 1467. Dans son jugement du 20 février 1883, la Cour de Rennes clôture la question en restreignant à huit mois le droit de pâturage.

Dans la carte de Cassini le milieu apparaît, sans conteste, boisé (fig.1). Une des rares voie particulièrement remarquable sur cette carte, relie l'étang du Pas du Houx à celui de l'Etang des Forges (Forges de P.). Celle-ci n'apparaît pas, par contre, en tant que telle sur une carte ancienne (exposée en salle municipale), datée de 1727. Cette voie passe à proximité du site, distant seulement de 300m (fig. 4 et 5). De nos jours, ce tracé rectiligne, est toujours bien matérialisé dans la forêt et correspond à un axe de pénétration bien entretenu et carrossable. On notera également sur la carte de Cassini, l'état de bourg attribué au Gué, au même titre qu'à Plélan, sous la forme d'un ovale double.

La zone précise où se trouve le site est connue sous le nom de 'coupe des ifs'. Ces arbres sont, en effet, bien présents localement, et leur croissance, particulièrement marquée à l'emplacement des ferriers, est indubitablement favorisée par l'existence de ces derniers. Ce sont, malgré tout, des arbres jeunes.

Les chênes et hêtres de quelque importance présents sur place sont vieux de 100 à 150 ans environ, et ne dépassent en tous cas pas deux siècles d'existence. Ceci ne permet donc pas d'attester une continuité complète de l'état boisé de la forêt. Immédiatement au nord du site, on rencontre d'ailleurs, une zone beaucoup plus ouverte, occupée par des fougères et des bouleaux (fig.4), qui pourrait témoigner d'un déboisement limité.

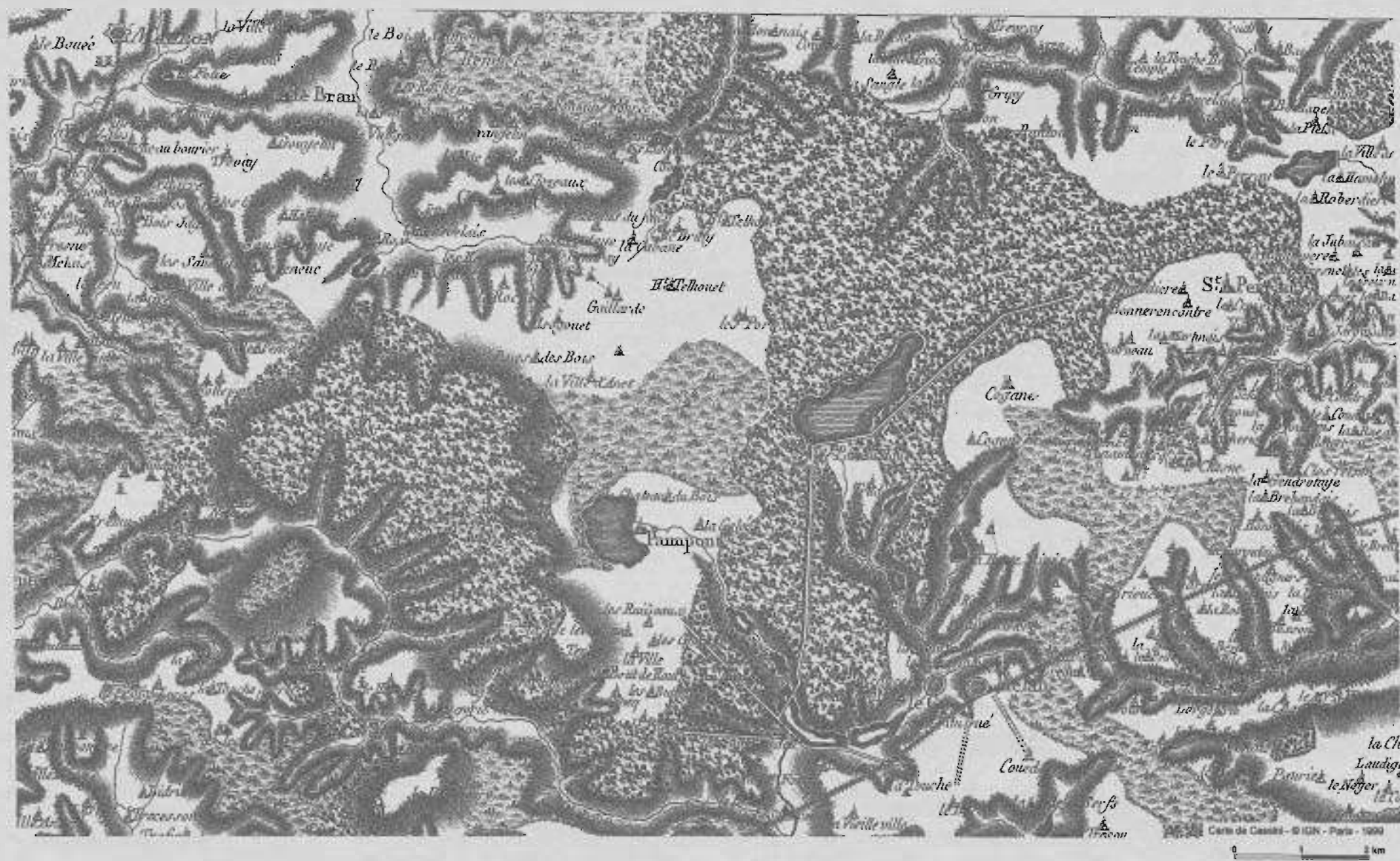


Fig. 1 - Carte de Cassini du secteur Paimpont et Plélan-le-Grand.

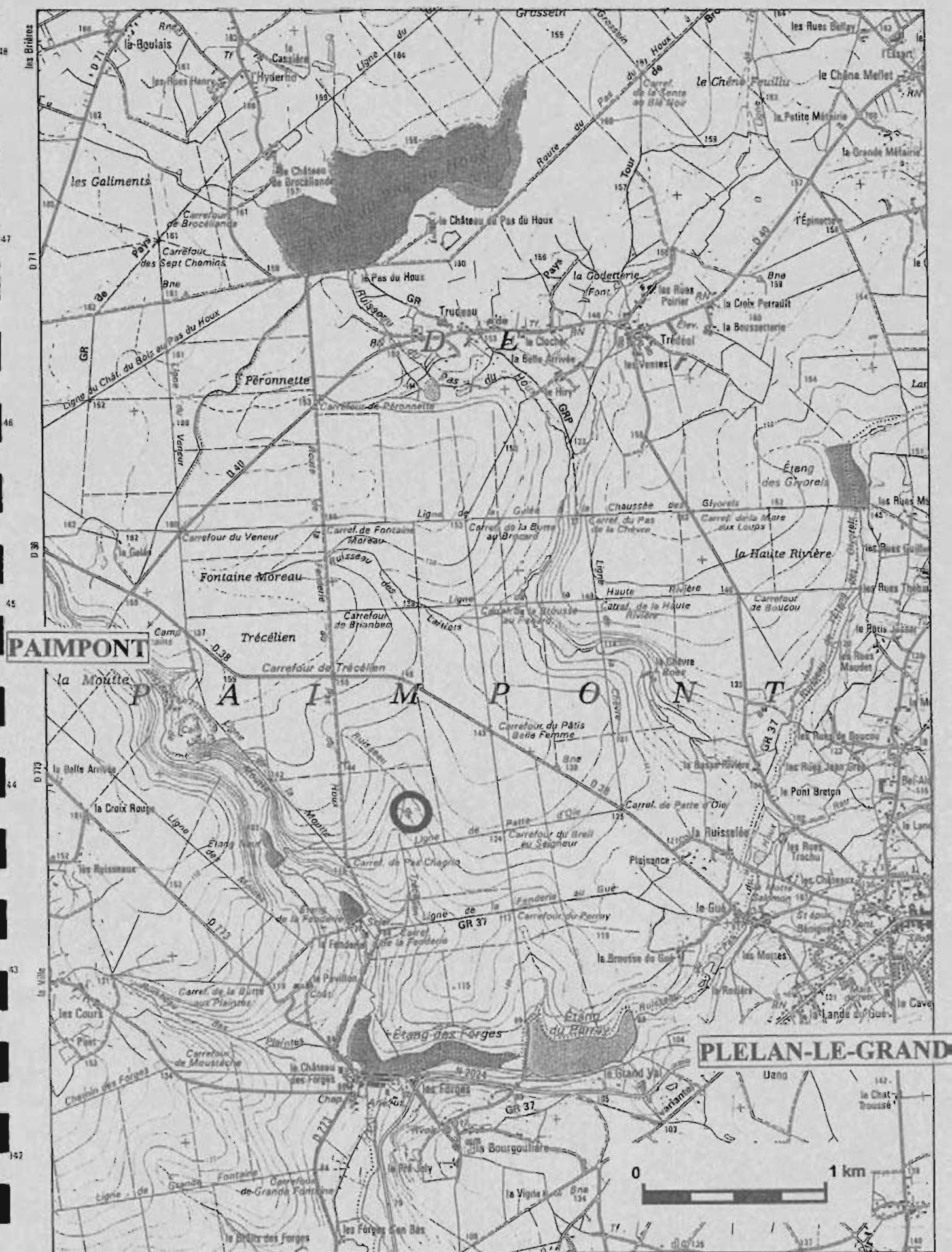
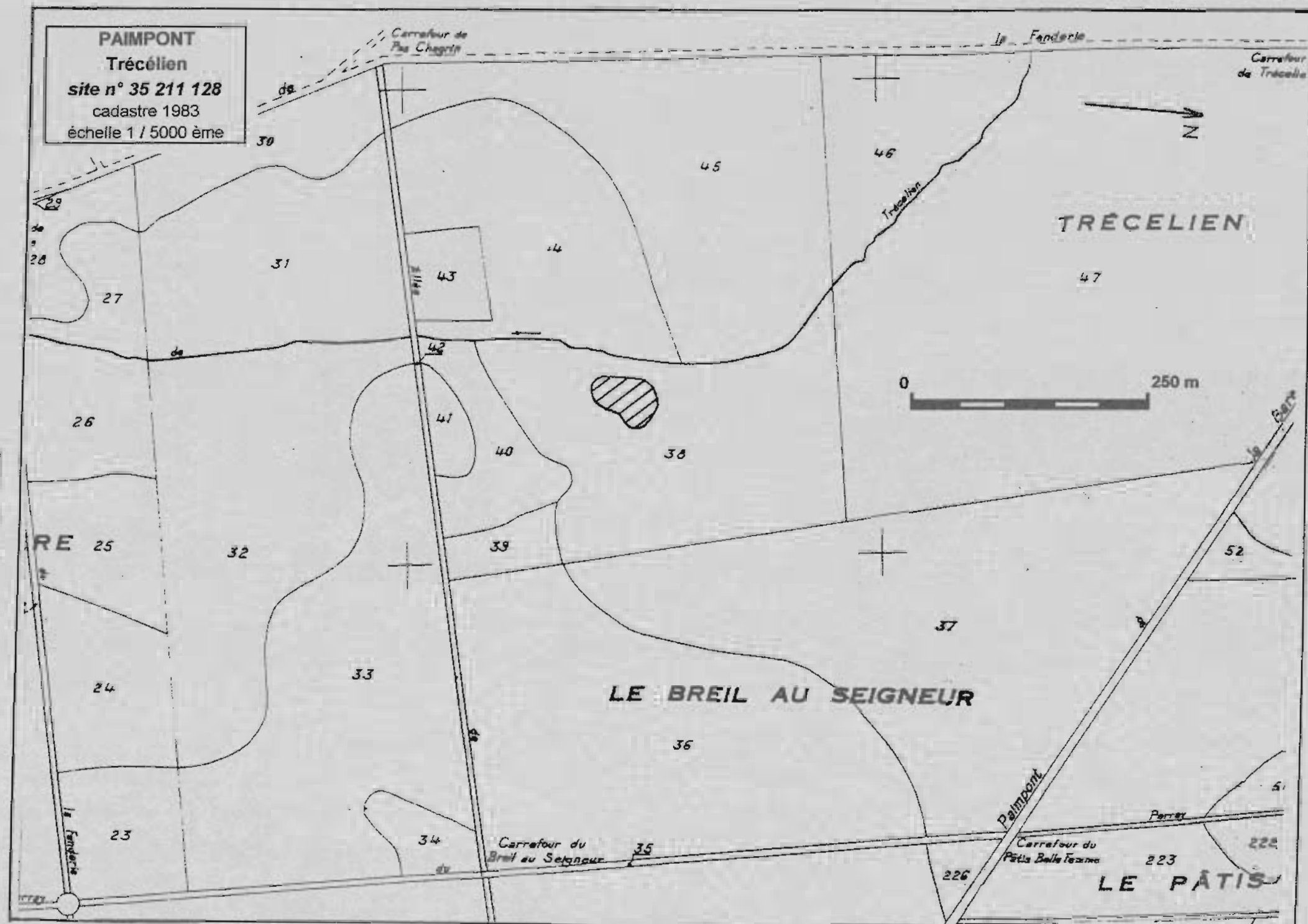


fig. 2

fig. 3



Si le couvert forestier a de toute évidence contribué à la conservation du site, la très forte pénombre qu'il engendre, de dominante verte, rend délicate les prises de vue, avec un appareil réflex classique, avec ou sans flash. Le recours à un appareil photo numérique pourrait s'avérer pertinent, dans cette situation.

A titre plus anecdotique, les toponymes « Brécilien » (que l'on retrouve dans les « Usages de Brécilien » de 1467), désignant le massif, et « Trécélien », relatif au canton forestier, ont servi, comme on le sait, de support indestructible à la transposition de la forêt mythique de Brocéliande, chère aux romantiques, en région de Paimpont (Calvez, 1989).

2.2 Vestiges apparents – plan général du site

Le ferrier de Trécélien se situe en pleine forêt, à 200 m en amont de l'intersection entre le ruisseau du même nom et le chemin forestier de La Ligne de Patte d'Oie (fig. 2 et 3). Il est constitué d'une dizaine d'amas de scories pour la plupart en élévation. Le relevé topographique mené à bien dans le cadre de l'opération de prospection thématique 2001, a été conservé et adapté aux données de fouille 2002 (fig. 6).

L'écoulement naturel du ruisseau situé en contrebas du site se fait selon un axe nord-sud. Certains tronçons, très rectilignes, tendent à montrer que son lit a sans doute été recreusé, selon toute vraisemblance aux époques modernes, pour améliorer l'alimentation en eau de l'étang des Forges, qui fournissait l'énergie hydraulique aux Forges de Paimpont.

Les trois semaines passées sur le site entre le 15 juillet et le 4 août, ont permis de constater qu'au cours de cette période, son débit a fini par progressivement s'interrompre, exception faite de deux jours de précipitations très sévères (en fin de fouille). Le qualificatif de ru intermittent, serait mieux adapté. Cet état, montre en tous cas l'impossibilité pratique de l'utiliser en tant que force hydraulique, à hauteur du site. Par ailleurs on ne relève aucun relief attribuable à des vestiges d'une quelconque retenue d'eau sur le tracé qui longe le ferrier.

Le terrain présente une forte inclinaison est-ouest, correspondant au flanc est du talweg recevant le ruisseau. Ce dévers, accentué encore par les accumulations de scories, génère naturellement deux zones distinctes, séparées par un chemin creux ancien. Son tracé est nettement structuré par la présence des ferriers. Ils contournent de façon évidente l'accumulation très volumineuse de scories A6, ce qui indique soit la contemporanéité du chemin et de l'activité métallurgique, soit l'antériorité de l'amas de scories par rapport au chemin. La singulière disposition du chemin, qui se dédouble à plusieurs reprises, incite fortement à y voir un système destiné au croisement d'attelages. Cet aspect pourrait signaler une activité particulièrement intense à cet endroit, qui incite à attribuer le développement de ce réseau de circulation soit à l'activité métallurgique elle-même, soit à une activité postérieure, comme celle correspondant au travail de récupération de grands volumes de scories, que l'on peut observer sur deux des ferriers (A1 et A6).

Ces chemins, ainsi que leur prolongement, apparaissent clairement sur la carte d'orientation de la Ligue de Bretagne, du secteur de La Fenderie, levée au 1/10 000^{ème} (fig. 5). Immédiatement à l'est du ferrier A6, on observe de nombreuses bifurcations rapprochées, conduisant à un réseau de communication complexe. La branche la plus visible qui se dégage de cet écheveau, encore très marquée dans le paysage, se poursuit vers le nord-est jusqu'à la départementale D38, reliant Plélan-le-Grand à Paimpont, au carrefour du Pâtis Belle-Femme. Bien que ce dernier axe n'existe pas sur la carte de Cassini, il est intéressant de noter, ainsi qu'on aura l'occasion d'y revenir ultérieurement, que ce tracé passe par le bourg du Gué, restitué avec le même symbolisme que celui du bourg de Plélan. Le carrefour du Pâtis Belle-Femme est ainsi situé à 1,7 km du village du Gué. A noter qu'un trajet plus direct pour rejoindre ce lieu, passerait par la ligue de la Patte d'Oie, et permettrait d'aboutir sur le même axe que précédemment à seulement 900 m de la destination envisagée.

A l'opposé, vers l'ouest, immédiatement après le franchissement à gué du ruisseau de Trécélien, on rencontre une bifurcation, dont la branche septentrionale, est un chemin creux d'emprise limitée (1,40 m environ), qui se perd rapidement, tandis que la branche principale (de 2 m environ de large), se poursuit en direction de l'ouest (fig. 5). Dans la fourche de cet embranchement, et parallèlement au chemin occidental, à 20 m du passage à gué, débute un amoncellement de pierres, de plan pseudo-rectangulaire ou ovalaire, de 20 à 25 m de long, et 5 à 7 m de large. Ce pierrier, qui a été reconnu pendant le sondage, paraît se structurer en

FORET DE BROCELIANDE

ÉCHELLE: 1/10 000^e

ÉQUIDISTANCE: 5m

RELEVÉS - DESSIN: FRANGEUL ALAIN

CARTE DISTRIBUÉE PAR: A.S. Hermine Plélan 06-83-09

REPRODUCTION RÉSERVÉE

LA FENDERIE -35-

SUPERFICIE: 3,6 Km²

RÉALISÉE EN 1980

RESPECTEZ LA FORÊT!



PLAN DE SITUATION



LÉGENDE	
	Forêt
	Eau
	Road
	Path
	Boundary
	Elevation
	Vegetation
	Land use
	Infrastructure
	Other features



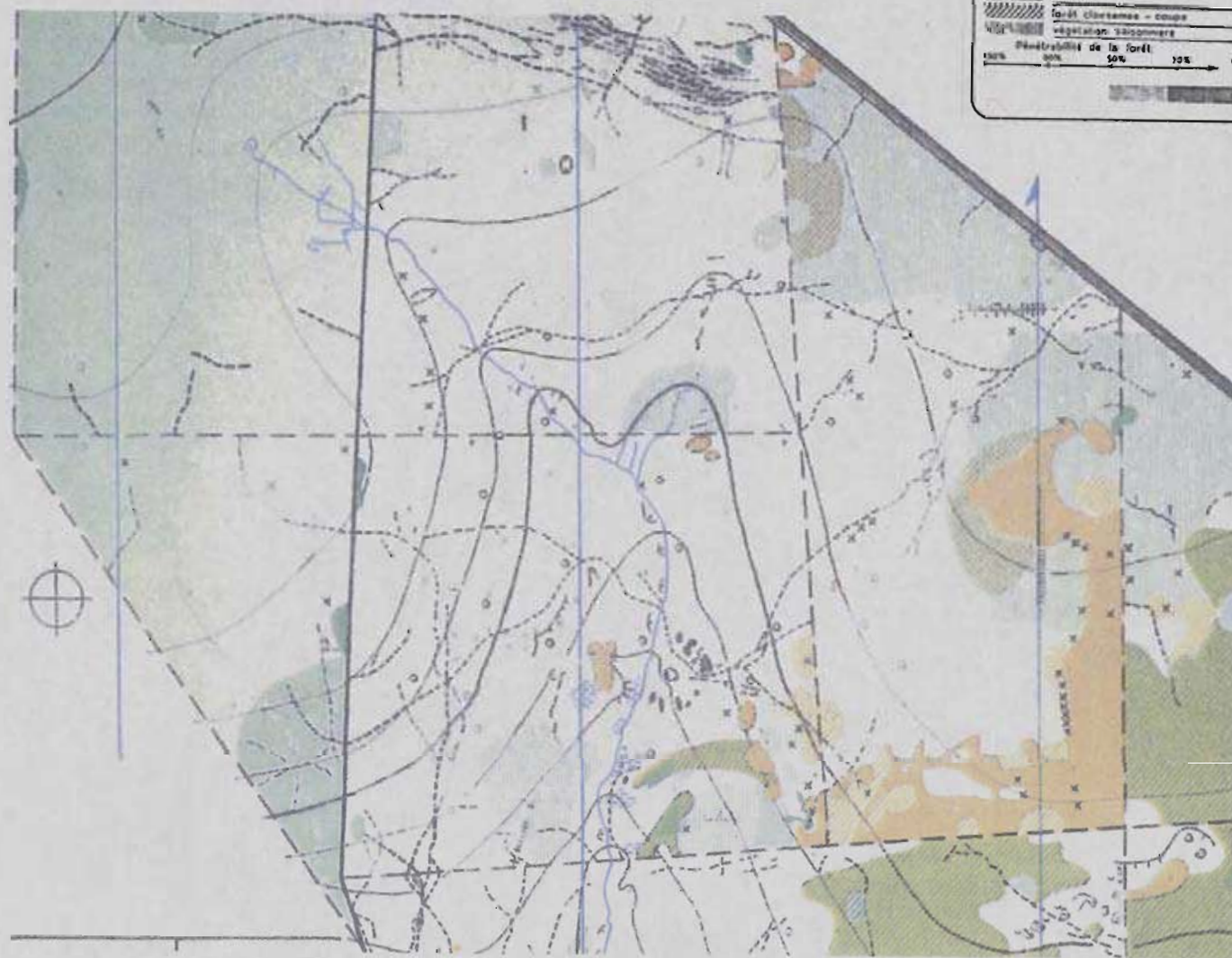
NOM
CLUB
CAT.
h. arrivée
h. départ
temps

CARTE de C.D.
35 10

Point de départ et fin de la randonnée
cartes de l'association
géographique
hermine

Fig. 4

0 330m



LEGENDE	
	route importante
	route carrossable revêtue ou non
	chemin
	sentier
	petit sentier
	ruine construction
	rocher
	grotte - hutte
	château franchissable
	charbonnière
	barrière rocheuse
	limite de végétation
	dépression - grande - petite
	loup
	taillis
	fosse
	courbe de niveau
	grotte - hutte
	ruisseau
	fosse humide
	marais franchissable
	source
	grotte isolée ou particulier
	claire
	forêt classée - coupe
	végétation saisonnière
Pénétrabilité de la forêt	
	100% 50% 0%

Fig. 5 - Carte de la Ligue de Bretagne de Course d'Orientation (vue de détail), secteur de la Fenderie (Paimpont). Ferriers du site de Trécélien (au centre), topographie, réseau hydrographique, couvert végétal actuel. Les aires de charbonnage sont figurées, ainsi que les sentiers, souvent abandonnés. A noter ceux qui traversent le site, qui correspondent à d'anciens chemins.

deux parties. La première, côté ruisseau, se présente sous la forme d'un bombement, d'emprise 8 m x 5 m, difficile à observer du fait des arbres et de l'accumulation de feuilles au sol. Un hiatus de 1,50 m de large délimite les deux entités envisagées. La seconde, quant à elle, laisse mieux voir les grès utilisés, qui paraissent à cet endroit encore en connexion. Ce secteur, d'apparence pseudo-rectangulaire ou trapézoïdale, longe le chemin sur 5 m de long, et s'étend sur 6,5 m de large selon un axe perpendiculaire à celui-ci. Bien que de nombreuses hypothèses puissent être envisagées pour cet ensemble structuré, renvoyant à différentes périodes, sa disposition vis à vis du chemin et de l'embranchement, tend à le rapprocher chronologiquement du réseau de communication, et possiblement de l'activité métallurgique.

Le chemin se poursuit ensuite vers l'ouest, et se divise en plusieurs tracés qui croisent l'axe Etang des Forges - Etang du Pas du Houx, sans que l'on puisse affirmer qu'ils y aboutissent réellement, puisqu'au contraire ils se prolongent au delà de cette voie.

Les ferriers eux-mêmes n'ont pas échappé à l'observation des arpenteurs, qui ont établi la carte d'orientation, et qui les transcrivent sous forme de buttes (en marron).

Le site étant coupé en deux par ce chemin ancien, qui marque également la limite entre deux plates-formes, on distinguera par la suite un secteur bas, situé en contrebas de celui-ci, et un secteur haut, qui domine ce dernier.

Une ligne de référence traversant le site de part en part perpendiculairement à ce chemin, de direction sud-ouest/nord-est a été définie (axe Y). Elle sert de support à un quadrillage du site en surfaces de 2 m de côté. Le point 0 du repère correspond à la station A de 2001, au centre du pierrier correspondant à la petite construction mise au jour cette année. L'axe des X est dirigé vers le sud-est et le carré de départ, dont l'angle sud-ouest coïncide avec le point origine, est dénommé M 33 (lettres croissantes selon l'axe de X, et chiffres croissants selon l'axe des Y). Les mesures à l'intérieur de chacun des carrés suivent la même logique (point origine dans l'angle sud-ouest, X et Y selon les mêmes directions).



Fig. 6 - Plan général du site de Trécélien en PAIMPONT (35) : amas de scories A1 à A10 et répartition des sondages.

B. ETUDE DES SECTEURS FOUILLES

L'étude de la céramique est présentée en partie C du rapport. Par commodité rédactionnelle, les principaux lots de céramiques ont été regroupés par affinité typologique, permettant de définir les fourchettes chronologiques suivantes :

Céramique chartraine (un tesson) :	fin XIII ^e -milieu XIV ^e
Groupe 1 et 2 :	XIV-XVI ^e siècle
Groupe 3 :	à partir du XV ^e siècle
Groupe 4 :	XVIII-XX ^e siècle

I. PARTIE BASSE DU SITE

1. Topologie et rappel des données de prospection magnétique.

Les amas de scorie A1 à A5, présents dans ce secteur, se développent en bordure d'une plate-forme légèrement inclinée est-ouest, en un arc de cercle, dont la tangente occidentale, correspond à la rupture de pente liée à la présence du ruisseau situé au fond du talweg. Les accumulations A1 et A4, par leur volume, accentuent encore le dénivelé. L'amas A5, enregistré en tant que tel, de faible emprise apparente, s'inscrit entre les amas A1 et A4, mais ne laisse voir, en réalité, qu'un relief à peine perceptible. Les amas A4 et A3 se trouvent placés dans l'élargissement du talweg, tandis que l'amas A2, se positionne en amont de l'ensemble.

Deux zones rectangulaires situées en contrebas de ce secteur, entre les ferriers et le ruisseau, ont fait l'objet d'une prospection géomagnétique par une équipe d'étudiants en géosciences, sous la responsabilité de Madame Florence Nicollin, afin d'essayer de localiser la présence de fourneaux de réduction (Vivet et alii, 2001). Ils n'ont révélé aucune déviation notable du champ magnétique terrestre.

Par contre la zone rectangulaire située entre les amas A1 et A4, fournit une réponse nettement positive. Sans élément de comparaison dans ce domaine, il est difficile de préciser si l'intensité du signal enregistré provient d'un bas fourneau ou de scories dissimulées par l'humus.



photo n°2 : Trécélien en PAIMPONT (35) - sondage réalisé dans l'amas de scories A5, de relief presque imperceptible. Une lame de fer a été mise au jour, dans l'angle nord-est du sondage, au fond, entre les racines.



photo n°1 : Trécélien en PAIMPONT (35) - Dédoublément du chemin creux ancien traversant le site et contournant l'amas de scories A6.

2. Fouille de l'amas A5

a) Éléments stratigraphiques

Comme nous venons de le voir, la prospection magnétique fournissait une hypothèse intéressante permettant d'envisager la présence d'une structure de chauffe du type bas fourneau à cet emplacement. La prospection au sol avait fourni à cet emplacement un fragment d'argile cuite scoriacée correspondant à un élément de paroi de fourneau de réduction. De ce fait, un secteur de fouille (2 m x 1,50 m) a été ouvert à l'emplacement de ce qui a été qualifié d'amas de scories A5 (fig. 8, photo n°2).

Le substrat naturel sous-jacent est un limon très fin, blanc. Ce sédiment très peu argileux, provient de la décomposition du grès armoricain correspondant au socle local. Facilement identifiable, on le rencontre sur tout l'emprise du site, à l'intérieur duquel il prend, par moments, une coloration légèrement grisâtre, ou bien jaune, du fait de la coloration par les oxydes ferreux. Concernant le niveau supérieur, l'ensemble du site est recouvert d'une couche humique noire, d'épaisseur très variable. Ici, ce niveau, assez épais (10-15 cm), contient de très nombreuses scories.

Le niveau sous-jacent est essentiellement constitué de scories, plus ou moins jointives, souvent de grande taille (fréquemment plusieurs dizaines de centimètres), mêlées à un sédiment meuble tantôt noir-charbonneux, tantôt brun ou encore marron (fig. 8). Les limites, très inclinées, qui séparent ces différentes couches collatérales, témoignent de rejets successifs des déchets de réduction.

Les scories de section très bulleuse, sont de même type que celles observées en surface des ferriers, telles qu'elles ont pu être décrites précédemment (Vivet, 2001). Certains éléments peuvent s'interpréter comme le résultat d'un épanchement de la matière en fusion, dans une sorte de large canal. Leur remontage peut même quelquefois être observé et la reconstitution donne un témoin d'écoulement d'une quarantaine de centimètres de long sur environ vingt de large.

À l'approche du sol naturel, les couches de scories noires et brunes prennent une teinte gris clair. La coloration du sédiment limoneux blanc est due aux charbons de bois.

Un sondage test (30 cm x 30 cm) a été réalisé dans le quart nord est du carré voisin (M25). La nature des couches est identique. Le limon blanc naturel est atteint à 40 cm de profondeur.

Plusieurs poches d'argile blanche crue, très fine, contenant quelques inclusions charbonneuses, ont été observées, noyées dans le niveau très dense en scories. Leur présence n'est pas claire. Il pourrait s'agir de sédiment naturel emporté avec les scories, lors de leur transfert sur le ferrier. Mais on peut penser aussi qu'elles sont liées au façonnage d'un fourneau, qui, dans ce cas n'est peut-être pas très éloigné. On ne dispose pas, cependant d'indice flagrant permettant d'attester l'existence d'un bas fourneau dans le voisinage immédiat (pas de concentration de parois d'argile cuite, ni de structure de pierre). Le manque d'élément plus marquant, en début de fouille, n'a pas conduit à poursuivre plus avant l'exploration de ce secteur.

En conclusion le décapage de cette zone et les coupes stratigraphiques confirment donc bien l'existence d'un ferrier à cet endroit. Un point intéressant du sondage est de montrer la puissance de l'accumulation de scories (50 cm), même là où aucune élévation vraiment tangible n'apparaît au sol.

b) Fragment de lame métallique

Un fragment de lame en fer ou acier de longueur conséquente (27,5 cm) a été mise au jour au sein du ferrier (photo n°3). L'objet était incliné à plus de 45° au sein du ferrier, d'est en ouest. Cette direction, qui correspond localement à celle de la pente du terrain, ne suit pas l'orientation des couches stratigraphiques, de faible inclinaison à cet endroit (fig. 8). Cet élément se trouve donc planté dans la masse de matériaux de rejet. Malgré son état d'oxydation avancé, son identification en tant que lame peut être avancée du fait de la différenciation que l'on peut faire entre le dos et le tranchant (taillant) (fig. 9). La largeur conservée est de l'ordre de 2 cm. Au moment de sa découverte l'objet métallique était déjà dissocié en trois fragments.

Légende des plans et des coupes

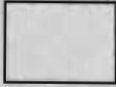
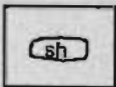
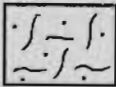
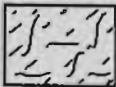
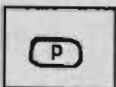
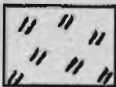
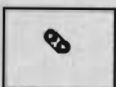
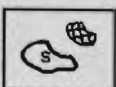
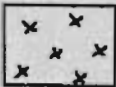
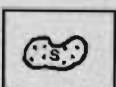
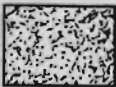
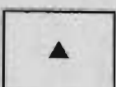
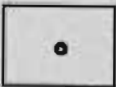
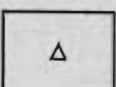
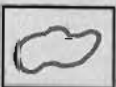
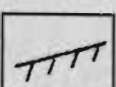
	limon blanc naturel		bloc de grès
	humus		schiste
	couche de scories - sédiment brun		racine
	couche de scories - sédiment gris		paroi de bas fourneau
	sédiment charbonneux - charbons de bois		orifice de ventilation
	couche extrêmement charbonneuse		scorie
	sédiment marron		scorie avec argile cuite accrochée
	sédiment rouge ou orangé attirable à l'aimant		tesson
	sondage à la tarière forestière		lame de fer
	limon jaune, anthropisé		os - dent
	sédiment rubéfié		bois en place
	masse de limon rapportée		limite de fouille

Fig. 7

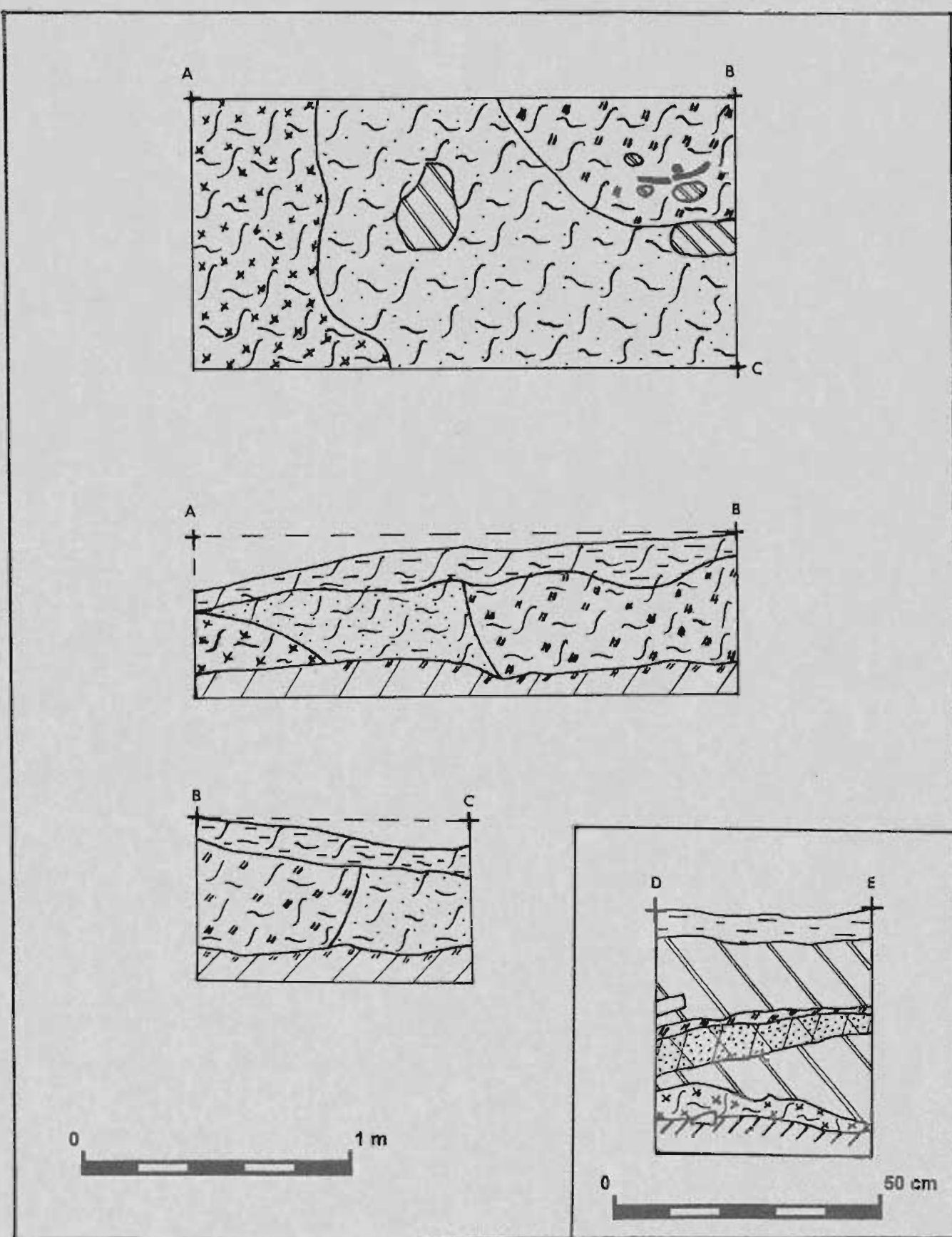


Fig. 8 - Sondage sur l'amas de scories A5 : plan (en haut) et coupes. Petite construction : coupe stratigraphique AB (encadré).

Les deux parties allongées se trouvaient pratiquement en connexion. Le remontage se situe à un endroit extrêmement rétréci de la lame (7 mm), laissant voir une zone où la couche d'oxydation est plus fine. Le troisième élément, consiste en une sorte de coque d'oxydes creuse peu renflée, renvoyant aux phénomènes classiques d'oxydation, dans lesquels le métal a migré et ne laisse que le fantôme de l'objet. Celui-ci n'est sans doute lui-même qu'un fragment de métal plat superposé à la lame. Une empreinte subsiste sur la surface interne de la coque, due à un matériau fibreux tel qu'un charbon de bois ou du fer forgé.

Le contact d'origine avec la lame est probant à partir de la partie manquante d'une face de la coque, sectionnée, et d'une zone de couleur rouille à la surface de la lame, de même forme de la coque. Les zones sectionnées s'emboîtent visiblement, mais le recollage n'est pas parfait du fait sans doute d'une reprise de la corrosion postérieure au détachement de l'élément de la lame.

La lame est pliée au tiers environ de sa longueur, selon un angle de 35 °. Sa densité et sa tenue laissent à penser qu'il subsiste encore du fer métal dans l'âme de l'objet, sous les boarsouffures provenant de l'oxydation. De petits charbons de bois sont encore incrustés dans les oxydes.

Du fait de l'unicité de cette découverte, cet objet ne permet pas d'élaborer d'hypothèse sérieuse sur la production réelle du site ou sur les outils employés.

c) mobilier céramique

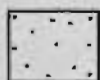
Lors du décapage, deux tessons ont été mis au jour directement sous 3 cm de feuilles, en surface du ferrier, immédiatement à l'est de M26. Leur pâte et leur aspect général les rattachent au groupe de céramique principal (n°1), rencontré sur le site (chapitre C.).



photo n°3 : Trécélien en PAIMPONT (35) - Lame de fer de 27,5 cm, fichée obliquement au sein de l'amas de scories A5, entre des racines.

Légende du mobilier métallurgique

ORIFICE DE VENTILATION



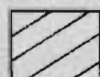
surface scoriacée noire, violette ou gris foncé



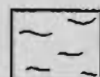
surface chauffée, gris clair à gris foncé, lisse



incrustations ferrugineuses



zone fracturée



zone vitrifiée localement

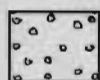


trace d'opaline bleue



crevasses

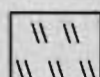
LAME METALLIQUE



zone d'oxydation ocre, boursoufflure



aspect fibreux du métal oxydé



charbons de bois incrustés



connexion des deux fragments de lame

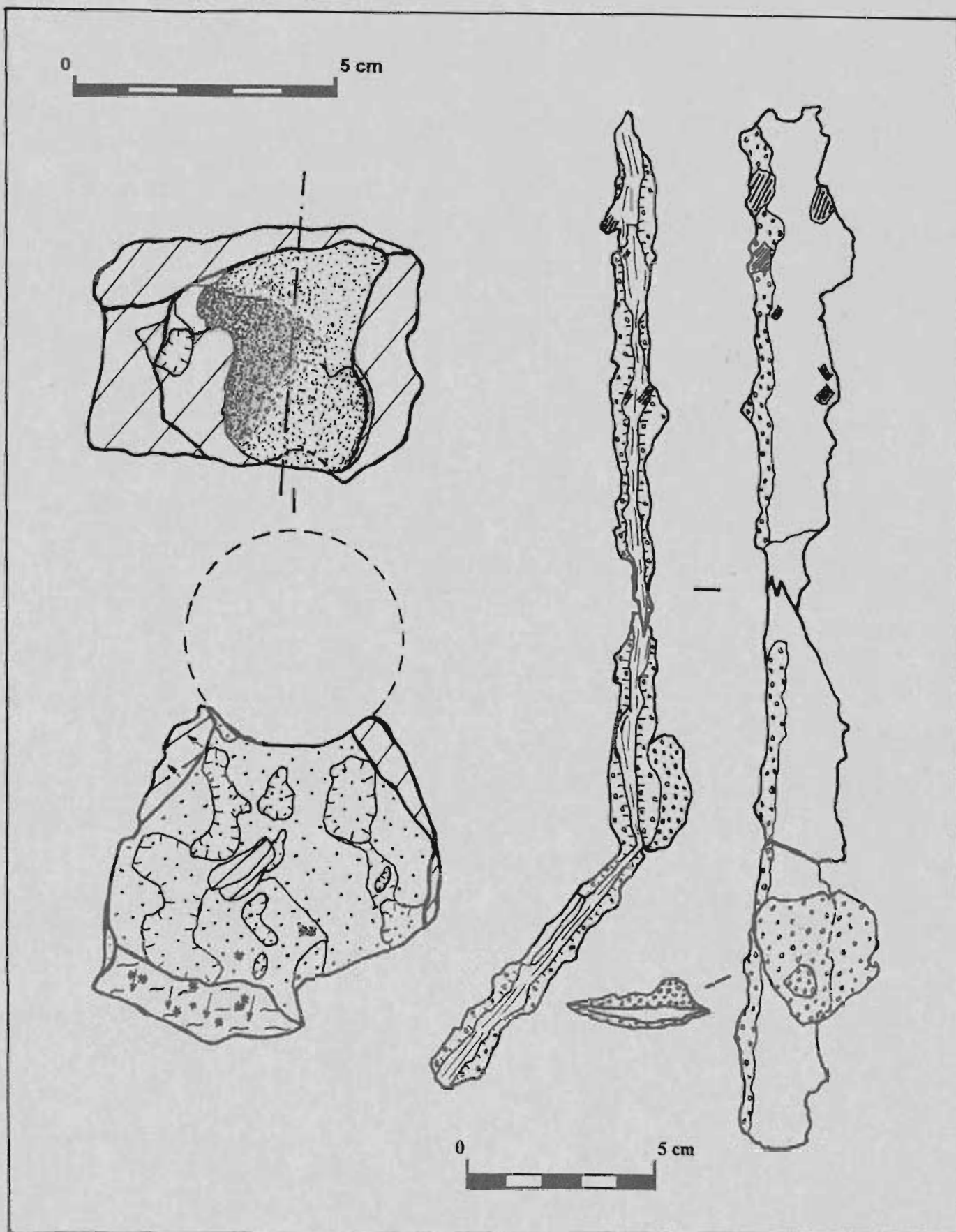


Fig. 9 - Orifice de ventilation mis au jour au sein de l'amas de scories A8 et lame découverte au sein de l'amas A5.

3. Sondage circulaire, périphérique à l'amas de scories A2.

L'amas A2 se présente sous la forme d'un monticule de scories bulleuses d'une hauteur de près d'un mètre (0,90 m) par rapport au niveau moyen du sol humique actuel (photos n°4 et n°5). La pente du terrain concerné, orientée du nord-est vers le sud-ouest de l'ordre de 0,50 m. L'amas de scories, en tant que tel, n'a pas été réellement exploré. En effet, de manière à orienter la recherche de structures de chauffe, une tranchée-sondage circulaire de 40 cm de large a été réalisée autour de l'accumulation de scories (fig. 10). Une autre tranchée en forme de croix vient compléter le dispositif au sud, dans la zone plane qu'entourent les amas A2, A3, A4 et A5.

Le ferrier A2 a été choisi d'une part du fait de sa situation, sur une partie plane du terrain, rendant plus aisée la perception de son étendue, et d'autre part à cause de sa position, relativement indépendante des autres amas, facilitant, à priori, son interprétation.

La tranchée circulaire délimite globalement l'essentiel de son emprise, que l'on peut, de ce fait, évaluer à 11 m de diamètre environ. Les couches rencontrées lors de ce creusement montrent une diversité de nature, qui indique une certaine complexité dans le mode de dépôt des sédiments et scories, dissimulé par la couche superficielle humique, d'épaisseur variable, souvent faible (3-4 cm), dépassant rarement 10 cm. Pour plus de clarté, l'anneau correspondant à la tranchée circulaire a été divisé en secteurs correspondant à des portions de terrain bien individualisées. On constate, en effet, que la transition d'un sédiment à un autre est assez franche.

a) Secteur n°1

On rencontre ainsi, au nord, entre (124 et 71 grades) une couche grise, avec une portion centrale très noire, très fournie en scories de taille conséquente (comportant des scories coulées planes d'une trentaine de centimètres). Leur abondance témoigne d'un prolongement éventuel du ferrier dans cette direction. Son épaisseur est de 23 cm.

Un groupe de 4 tessons appartenant à un même pot, a été collecté dans le sédiment noir (et légèrement gris), à 11 cm de profondeur. Ceux-ci appartiennent au groupe principal de céramique du site. Une teinte de surface interne et externe marron clair, une âme claire ou gris pâle, du quartz gris, et des inclusions grises et noires, en plus de celles observées pour le groupe 1, constituent des éléments de caractérisation complémentaires. Ces céramiques s'apparentent fortement à celles du secteur voisin n°5, côté est.

b) Secteur n°2

Le secteur compris entre 71 gr et 372 gr, se distingue par la présence d'un limon jaune pâle. Cette couche atteint une profondeur de presque 40 cm. Une couche de 20 cm d'épaisseur, limoneuse grise ou marron, contenant peu de scories, la recouvre partiellement. On note plusieurs ruptures de pente brusques de ces niveaux.

Dans la couche limoneuse jaune a été collecté, à 27 cm de profondeur un tesson de céramique du groupe 1, érodé (Am2.47). En surface du niveau limoneux jaune a été trouvé un tesson du groupe 1, à 22 cm de profondeur (Am2.48).

Un fragment de col du groupe de céramique n°1, de profil très typé, montrant un large méplat rainuré (fig. 22, n°1, Am2.33), a été collecté au niveau de la transition entre le sédiment marron et le limon jaune, à une profondeur de 24 cm sous le niveau du sol. Il montre des dépôts noirs aussi bien à l'intérieur, que sur la lèvre, et à l'extérieur et correspond à un pot d'ouverture proche de 30 cm de diamètre (28,5 cm).

Au sein du sédiment marron, à la même profondeur (autour de 15 cm) et pratiquement au même endroit, ont été mis au jour, un fragment de verre moderne et un col de céramique marron-orangé, à section carrée,

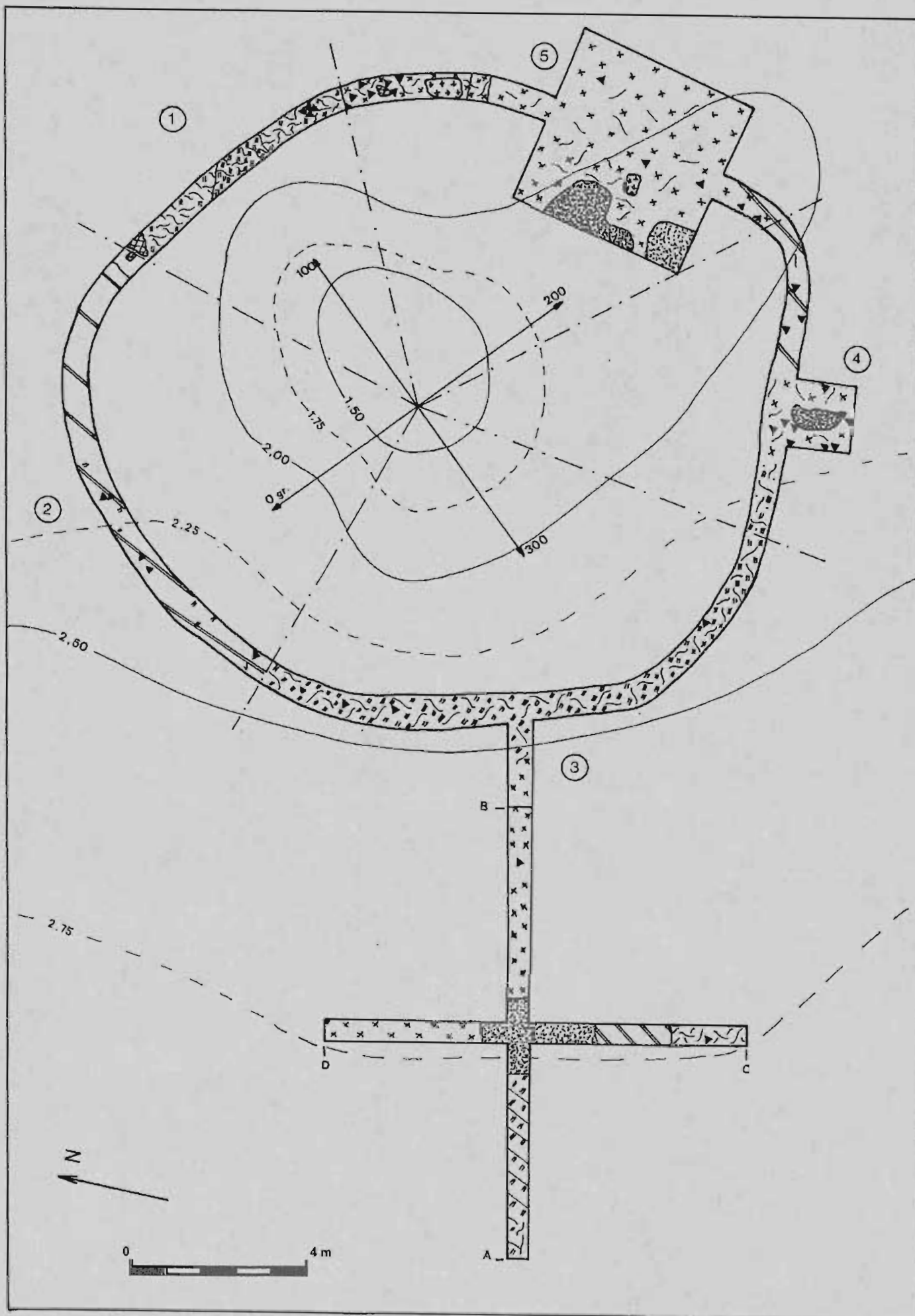


Fig. 10- Sondage autour de l'amas de scories A2 et dans l'espace délimité par les amas A2, A3 et A4.

pouvant se rattachant au groupe de céramiques n°1 (fig. 22, n°2, Am2.t32). Cet élément appartient à un pot de grand diamètre (43 cm) et son profil s'apparente partiellement à celui d'un élément trouvé à l'autre extrémité du site, au bord de la fontaine (fig. 20, en bas, FON.2). L'association anachronique du verre et de la céramique, ainsi que le changement brusque de sédiment, induisent une perturbation moderne à cet emplacement.

Toujours dans le niveau marron surmontant le niveau limoneux jaune a été découvert (à 14 cm de profondeur) un tesson (Am2.41) qui correspond au fond, d'une céramique à pâte claire, (rosée), de petit diamètre, contenant comme inclusions un peu de chamotte, et en surface interne des tâches de glaçure au plomb jaune-beige et vert.

c) secteur n°3

Ce secteur occupe l'espace compris entre 371 gr. et 265 gr. Deux couches charbonneuses contenant des scories en quantité assez forte, apparaissent sous l'humus. La seconde (la plus profonde) est extrêmement noire. La profondeur totale des dépôts atteint quasiment 50 cm.

L'angle de 310 gr. correspond à la direction de l'amas de scories voisin A3. Il se peut que l'on ait dans cette zone une interférence avec ce dernier.

Le niveau charbonneux a livré un tesson du groupe 1 à 8 cm de profondeur (Am2.50). Le niveau noir a également donné un tesson du groupe 1, à une profondeur de 27 cm (Am2.t11). On rencontre aussi, à 22 cm de profondeur, le fond vraisemblable, de petit diamètre, d'une céramique à pâte claire, fine, rosé-beige, feuilletée, hétérogène contenant des inclusions de quartz et de chamotte et un peu de mica (groupe 2).

L'interface entre la couche d'humus et le niveau charbonneux, a livré un fond de pot en grès ou simili grès (Am2.40) (pâte non complètement fondue), blanc-gris, dont la couverte très brillante, montre un léger flammage et intègre quelques nodules épars à l'aspect oxydé (fig.22, n°3). La pâte, gris clair, contient des inclusions millimétriques noires éparses sans doute de même nature, et des lacunes de matières allongées. Trois fragments du même type, ont été collectés dans la couche d'humus. Le premier (Am2.55) était situé à 8 cm de profondeur. Le second (9 cm de profondeur) est, de façon quasi-certaine, un fragment de fond du même pot (Am2.53). La vérification des diamètres de base des deux éléments, donne la même valeur : 15 cm, ce qui fournit un argument complémentaire. Le remontage du second (Am2.54), situé à 8 cm de profondeur, avec le fond Am2.40, permet de reconstituer la partie inférieure d'un pichet, dont le départ d'anse est situé très bas (un peu moins de 5 cm de la base).

d) Secteur 4

Au secteur précédent succède, entre 263 gr. et 203 gr., une portion annulaire contenant un sédiment limoneux jaune. A 240 gr., une zone de sédiment granuleux extrêmement rubéfié, de couleur rouge-brique, apparaît, sur une emprise très délimitée, et permet de distinguer un secteur sud tirant plus sur le blanc-gris, alors que une coloration jaune convient mieux à la partie nord. Ces couches contiennent encore des scories en quantité notable.

La scorie (Am2.Pt15) prélevée à 23 cm marque la transition de couche avec le secteur voisin. Le secteur situé entre ce point et la zone rubéfiée a livré une série de tessons, présents au sein du sédiment jaune, à une profondeur voisine de 20 cm. Ils se répartissant entre les groupes de céramique 1 (Am2.t16 et Am2.t20) et 2 (Am2.t17 et Am2.t21).

Dépôt de sédiment rubéfié

Compte tenu du caractère très particulier de la zone rubéfiée, une petite extension de 1 m de côté a été réalisée à partir du bord externe de la tranchée circulaire. Cette surface a permis de circonscrire un petit monticule allongé de sédiment rouge-orangé, d'une épaisseur de l'ordre d'une vingtaine de centimètres d'épaisseur (photo n°5). Un prélèvement effectué au sein de ce petit amas montre que ce sédiment meuble



photo n°5 : Amas de scories A2 et petit sondage latéral au sud du sondage circulaire – Poche de sédiment rouge-orangé attirable à l'aimant, résidu probable de minerai de fer grillé.



photo n°4 : Trécélien en PAIMPONT (35) - sondage circulaire autour de l'amas de scories A2.

recèle également des scories de réduction. Une auréole rose, visiblement liée à ce dépôt, globalement circulaire, se dessine en surface du substrat naturel sous-jacent. La coloration observée n'est cependant pas suffisamment prononcée pour que l'on puisse affirmer que l'état du sédiment qui repose dessus résulte d'un feu violent à cet endroit.

Ce sédiment rouge très magnétique fait fortement penser à du minerai de fer grillé, que l'on aurait ramené à l'état de poudre grossière. Des analyses chimiques sont en cours pour essayer d'identifier la nature de ce sédiment. Si l'hypothèse proposée se révèle correcte, il est malgré tout difficile de croire que le grillage ait eu lieu à cet emplacement. On peut simplement suggérer que les éléments de rubéfaction de cette terre rouge ont partiellement diffusé dans le limon naturel, ou bien que les matériaux ont été déposés là, alors qu'ils étaient à une température encore élevée. Comme nous le verrons plus loin ce phénomène a été également relevé en partie haute du site (Amas A8).

Le sédiment qui entoure et recouvre la zone rubéfiée est meuble et de teinte marron ou orange. De nombreux tessons ont été mis au jour dans l'épaisseur de ce niveau et à l'interface avec l'amas rubéfié (de 8 à 18 cm de profondeur). Le groupe de céramique n°1 est représenté par 3 éléments (Am2.t8, Am2.42 et Am2.43). On dénombre pas moins de 7 tessons appartenant au groupe 2, ou pouvant s'y apparenter (Am2.t8', Am2.t9, , Am2.39, A2.44, A2.45, A2.46, Am2.t10) ; ce dernier (Am2.t10) montre un gros bloc de chamotte dans la pâte. L'un des éléments remarquables est un fragment d'anse dissymétrique blanche (Am2.39), à pâte fine et claire, montrant 3 petites taches de glaçure au plomb verte et jaune. L'élément Am2.46 comporte aussi des taches de glaçure verte à sa surface externe.

e) Secteur n°5

Ce secteur est compris entre 202 gr. et 124 gr. Il est caractérisé principalement par la présence d'un sédiment rouge-orangé, dans sa partie sud, qui colore les niveaux environnants en marron.

Dans sa partie nord, un sédiment marron contenant des scories en assez grand nombre, et des zones de recouvrement grises, correspond à une transition entre la zone rubéfiée et le secteur noir voisin n°1. On note dans cette zone la présence d'un gros bloc de grès positionné à 146 gr. Un fragment d'ardoise se situait au dessus, dans la couche grise, sous l'humus, à 11 cm de profondeur (Am2.Ar1).

Une zone de concentration de tessons s'établit autour de l'angle de 130 gr. Quatre éléments appartiennent au groupe 1 (Am2.t1, Am2.t2, Am2.t4, Am2.59) et un élément au groupe 2 (Am2.t5). Du fait de la présence de nombreuses racines, le secteur n'a été exploré que jusqu'à 25 cm de profondeur au maximum. Les tessons ont été trouvés entre 8 et 16 cm sous le niveau du sol actuel, au sein d'un sédiment limoneux marron clair contenant des scories.

Extension du sondage circulaire

Le secteur a été étendu vers l'intérieur et l'extérieur de la tranchée circulaire, en une surface (fig. 11) quasiment carrée (2,9 x 2,7 m).

Le sédiment est un limon marron, virant en rouge à mesure que l'on se rapproche des deux zones très rubéfiées, qui apparaissent sur le côté ouest du sondage. Les carottages centrifuges réalisés côté est, montrent que l'impact du ferrier sur la stratigraphie décroît rapidement dans cette direction. On retrouve des niveaux de sédimentation homogènes, consistant en une couche brune (présence de terre végétale) ou marron clair (limon coloré) de 25 cm d'épaisseur, reposant sur des limons clairs (jaune, marron très clair, blanc cassé) en s'éloignant au-delà d'une distance de 5 m du sondage. A 3 m, de ce dernier point, on rencontre encore, à une profondeur de 32 cm un niveau de 2 cm de fragments de moellons d'argile cuite orange, signalant vraisemblablement une paroi de four.

La surface ouverte est surtout marquée, sur le flanc ouest, côté ferrier, par la présence de deux monticules d'un sédiment rouge-orangé granuleux. Sa forte réponse à l'aimant, rend l'hypothèse de résidus de minerai grillé probable. Des prélèvements ont été effectués. L'analyse d'un échantillon de cette nature, rencontré à de nombreuses reprises sur le site, a été lancée. Cette accumulation de sédiment rubéfié, partiellement explorée, s'établit sur une hauteur d'au moins 35 cm.

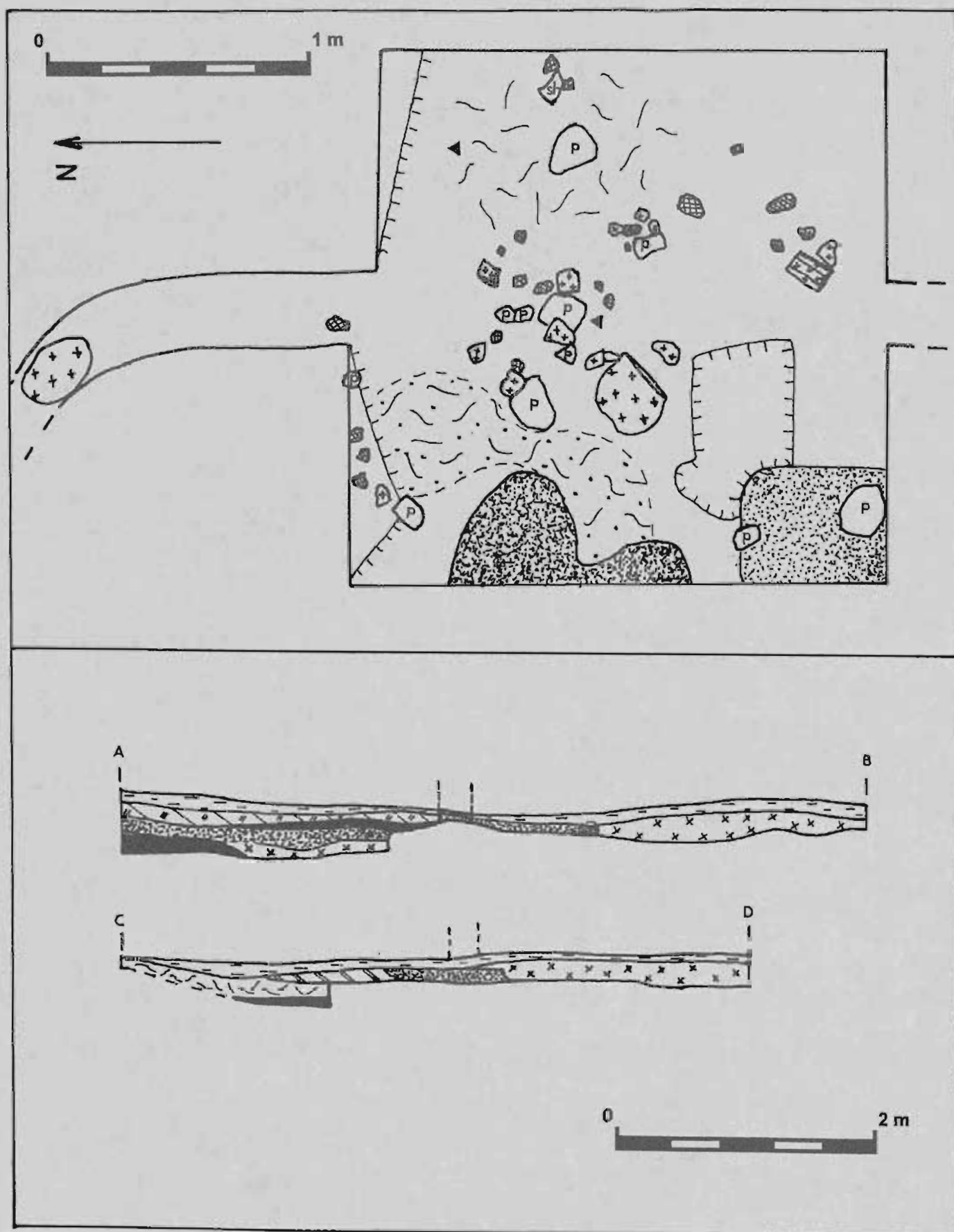


Fig. 11 - Sondage latéral au sondage circulaire de l'amas de scories A2 et coupes stratigraphiques du sondage en croix de l'espace délimité par les amas A2, A3 et A4.

Les scories de réduction, ne sont présentes qu'en quantité, somme toute, assez faible, compte tenu de la proximité du ferrier.

Trois tessons de céramique ont été mis au jour dans ce sondage, dont deux du groupe 1 (Am2.t7, Am2.58), respectivement à 20 et 7 cm de profondeur, et un du groupe 2 (Am2.t6,,), blanc, homogène à nombreux grains de quartz, à une plus grande profondeur encore (37 cm).

Plaques d'argile cuite scoriacées

Un élément d'appréciation tout à fait essentiel du sondage nous est fourni par la distribution de grandes plaques d'argile cuite brun-orange, scoriacées, de dimensions décimétriques. Six échantillons ont été prélevés, que l'on peut décrire ainsi :

a) Caractères communs :

On distingue sans équivoque la face exposée au feu de celle tournée vers l'extérieur. La première surface est endurée, continue, granuleuse, de couleur marron-rouille et constituée de matériaux de transition entre l'argile et les matières métalliques. Trois d'entre elles montrent curieusement une concavité verticale prononcée, tournée vers l'intérieur de la structure de chauffe. Celle-ci est beaucoup moins marquée pour le quatrième élément. Des striures verticales, côté feu, et un pan scoriacé finissant en épatement, correspondant à leur base, permettent de repositionner ces parois dans l'espace.

Les six éléments sont attirables à l'aimant. L'intensité de cette attraction est même extrêmement forte pour cinq d'entre eux. Cette propriété n'a jamais été observée à un tel niveau sur les centaines de parois livrées par les sites de l'Age du Fer et de la période gallo-romaine étudiées (Vivet, 1999, 2000, 2001). Elle dénote un mode de fonctionnement particulier, lié aux températures atteintes et à l'état d'oxydation des matériaux ferrugineux, induit par la marche du système de ventilation.

Vient ensuite une couche d'argile plus ou moins cuite grise, à l'aspect craquelé. Dans certains cas celle-ci se rapproche de grès (au sens du terme employé en céramique). La nature limoneuse de cette argile et la présence d'un nombre limité d'inclusions sous la forme de petits blocs de grès blanc ou de rares grains de quartz, indique que le façonnage a été réalisé à partir de sédiment prélevé sur place.

La surface externe est un limon clair, blanc-cassé à beige clair, globalement peu cuit. Certaines zones se décomposant même facilement au toucher. Elle est parcourue par quelques craquelures et divisée par moment en petits lots jointifs de 3-4 cm centimètres de côté, se présentant sous forme d'encoches, lorsqu'ils ont disparus, ce qui indique un mode d'assemblage de l'argile par petits ajouts successifs. L'aspect lisse de certaines plages montre que l'épaisseur nous est restituée à certains endroits dans son intégralité.

Les épaisseurs de paroi enregistrées, que l'on peut considérer comme représentatives, compte tenu de l'état de conservation de certaines surfaces externes, et de l'absence de traces d'arrachage sur d'autres, sont globalement faibles, et ne peuvent en aucun cas suffire à elles seules à une isolation thermique efficace et au maintien mécanique de la structure de chauffe.

Dans l'un des cas, des fragments de plaques de schiste, adhérent à ces surfaces. Cette plage rocailleuse, qui a tendance à se déliter, a alors pris une teinte gris clair luisant. Elle est maintenue par les matières scoriacées de la base de la paroi. Elle nous montre en tout état de cause, que ces plaques d'argile doivent être interprétées comme une chape interne plaquée sur une construction de chauffe réalisée en pierres.

La forme arquée de ces parois proviendrait alors vraisemblablement du comblement de zones de discontinuité entre les pierres de l'édifice.

b) description des parois

Paroi n°1 :

Largeur = 26 cm hauteur = 27 cm masse = 3,450 kg
Epaisseur comprise entre : 2 et 5 cm attraction magnétique côté feu : très forte

La base, très épatée, est très scoriacée et globalement bulleuse. Certaines gouttes de fayalite agglomérées se sont aplaties, côté externe, au contact d'une surface suffisamment résistante. Le revêtement argileux s'étale vers l'extérieur en partie basse. On peut noter la présence d'un certain nombre d'éléments restés prisonniers de la matrice scoriacée interne :

- petites scories cordées fracturées
- charbons de bois
- une masse hétérogène scoriacée, rouillée, avec empreinte de charbon de bois
- un petit bloc rouge carmin présentant l'aspect de minerai grillé (2 x 1,2 x 0,7 cm)

Ce dernier élément constitue un argument important, tendant à attribuer une fonction de réduction de minerai de fer à la structure de chauffe correspondant aux parois mises au jour.

Paroi n°2 :

Largeur = 21 cm hauteur = 20 cm masse = 1,950 kg
Epaisseur comprise entre : 3,5 et 6,5 cm attraction magnétique côté feu : moyenne

La base est scoriacée et bulleuse
La concavité interne est peu prononcée

Paroi n°3 :

Largeur = 23.5 cm hauteur = 19 cm masse = 3,100 kg
Epaisseur comprise entre : 2,5 et 6 cm attraction magnétique côté feu : très forte

La base est légèrement scoriacée
La concavité interne est prononcée

Paroi n°4 :

Largeur = 27 cm hauteur = 28,5 cm masse = 6 kg
Epaisseur comprise entre : 3 et 6 cm (7 cm à la base) attraction magnétique côté feu : très forte

La surface interne est plus orangé
La base est scoriacée et bulleuse
La concavité interne est prononcée
La surface externe est conservée (lisse) sur toute un secteur
Un feuilleteage pierreux adhère à la surface lisse côté externe

Paroi n°5 :

Longueur = 18 cm largeur = 11 cm masse = 1,050 kg

Epaisseur comprise entre : 4 et 7 cm

attraction magnétique côté feu : très forte

L'orientation n'a pas pu être restituée.

L'épaisseur totale se décompose en une couche très scoriacée, variable, qui peut atteindre 3,5 cm et une couche d'argile qui avoisine localement 4 cm.

La surface interne présente cette fois un bombement perforé par des anfractuosités parfois profondes.

Paroi n°6 :

Longueur = 12 cm

largeur = 10 cm

masse = 1 kg

Epaisseur :

7,5 cm

attraction magnétique côté feu : très forte

L'orientation de l'élément n'est pas certaine. Néanmoins l'un des flancs présente une surface scoriacée bulleuse grise.

L'épaisseur scoriacée côté feu (marron-rouille) varie entre 2,5 cm et 5 cm. Dans ce dernier cas elle rejoint directement la surface scoriacée grise, sans que l'on puisse encore distinguer l'argile cuite intercalaire. Ce qui reste de celle-ci n'occupe plus qu'une épaisseur de 2,5 cm au maximum.

Par ailleurs, une douzaine de fragments de revêtement de parois de four montrent une véritable vitrification de surface vert sombre, ou grise, de l'argile quasiment grésée, ont été également collectés, à 10 cm et 30 cm de profondeur. Certains éléments, mieux conservés montrent que ces plages vitrifiées se sont aussi formées à 2 ou 3 cm en arrière de la surface au feu, la matière siliceuse empruntant les lignes de fissuration.

Lors du lavage des parois, les particules incrustées ou qui y adhéraient, ont été tamisées et passées à l'aimant. Malgré la présence d'une fine poussière répondant à celui-ci, aucune battiture de forge n'a été observée.

En conclusion, ces plaques d'argile cuite peuvent donc s'interpréter comme des morceaux du revêtement interne d'un four construit en pierre, qui a été poussé à des températures très élevées, et dans lequel la charge ferrugineuse a conduit à la formation de matériaux attirables à l'aimant à sa surface interne. De fait elles fournissent des indices sérieux de la présence à proximité immédiate de la zone sondée d'une structure de chauffe de type bas fourneau.

De gros blocs de grès pourraient également avoir joué un rôle dans la construction d'un tel appareil. Leur dimension est nettement supérieure à celle des pierres 'volantes' habituellement rencontrées dans le secteur. L'une, déjà mentionnée, se trouve dans le sondage circulaire, à 1,5 m du sondage, plus au nord. La seconde se trouve pratiquement au centre du sondage. La rubéfaction que l'on observe à sa surface pourrait être due à un échauffement de celle-ci, mais une diffusion d'oxydes ferreux n'est pas à exclure.

f) Tranchée en forme de croix

Les coupes relevées sur ce sondage montrent une épaisseur de sédimentation anthropique importante (60 cm et plus) et une imbrication de couches de qualités variées.

- Branche A :

Les niveaux charbonneux supérieurs de la branche A, apparaissant sous la couche humique, résultent probablement d'opérations de charbonnage. Cette zone plane est particulièrement propice à la réalisation d'une telle activité. Cette pratique a été intensément développée en forêt de Paimpont (Larcher et alii, 1986), surtout pour les besoins en matière première des hauts-fourneaux des Forges de Paimpont. En l'absence

d'élément de datation pour ces niveaux, il convient, d'être extrêmement prudent, quant à leur attribution. Un fragment de poterie trouvé dans la branche C, d'époque moderne, vient renforcer cette argumentation.

Sous ce niveau apparaît une couche de sédiment rouge semblable à celles qui ont été décrites précédemment, et que l'on peut relier, de ce fait, avec beaucoup plus de certitude à l'activité de réduction. Elle se poursuit dans le niveau sous-jacent de la branche B. Les niveaux inférieurs, dans lesquels apparaissent d'assez nombreuses scories, sont constitués d'une part d'un sédiment extrêmement charbonneux et d'autre part d'un limon marron foncé.

- Branche B :

Un groupe d'assez grosses scories délimite le niveau de sédiment rouge rencontré sous l'humus. Ce niveau se poursuit vers l'amas A2, sous la forme d'un sédiment marron foncé contenant d'assez nombreuses scories.

Un tesson (Am2.52), appartenant au groupe de céramiques n°1, a été mis au jour, dans ce dernier niveau, à 28 cm de profondeur. Il correspond à un départ d'anse, ce qui indique que certaines poteries de ce groupe sont munies de ce dispositif de préhension.

- Branche C :

Cet axe montre le prolongement de la couche de sédiment rouge observée dans la direction A-B précédente. Ce niveau se poursuit sous forme d'une couche de limon jaune anthropisée. Cette dernière surmonte une couche très riche en scories, provenant très vraisemblablement du dévers de l'amas A3. Ce niveau incliné repose sur une couche extrêmement charbonneuse.

La découverte dans l'humus (à 2 m) de la branche C de deux fragments en connexion, d'un fond de pot (Am2.51, Am2.51') à vernis brillant brun à l'extérieur, et bleu métallique extrêmement réfléchissant à l'intérieur, renvoie à des périodes assez récentes (fig. 22, n°4). Sa pâte, homogène, à granulation fine, sans dégraissant visible hormis quelques rares inclusions de chamotte, de couleur gris-beige, tirant vers l'orangé, le situe, de ce fait, en atmosphère légèrement réductrice. Cet élément, de coloration spécifique interne peu courante, est vraisemblablement à mettre en corrélation avec la loge mise au jour au nord de la partie basse du site.

- Branche D :

Le niveau sous humus est constitué du même sédiment marron que celui enregistré pour la branche B. Ces deux couches pourraient correspondre, par suite, à une même phase d'occupation. On constate encore la présence d'assez nombreuses scories au sein de cette couche.

Le sondage cruciforme exécuté dans l'aire plane circonscrite par les amas de scories A2, A3, A4, A5, confirme la présence d'une zone de travail métallurgique, sous des niveaux de charbonnage vraisemblablement plus récents. Bien que l'on puisse penser que ce terrain soit propice à l'installation d'un bas fourneau, aucun indice ne permet de l'établir formellement. Compte tenu de l'exiguïté des tranchées exploratoires, qui n'ont pu être poussées systématiquement jusqu'au sol naturel, on ne peut toutefois, totalement exclure une telle présence dans ce secteur, en particulier dans le cas d'une installation modeste qui serait arasée.

4. PETITE CONSTRUCTION MODERNE DE TYPE LOGE

Une concentration de blocs de grès affleurant nettement du manteau humifère, a suscité l'ouverture d'un sondage à cet endroit. L'hypothèse de la présence d'un petit bâtiment ou d'un bas fourneau, pouvait en effet être formulée.

Le dégagement de ce petit pierrier a livré progressivement le plan d'un petit bâti très sommaire de forme à peu près carrée, de 2 m de côté, ou légèrement trapézoïdale (photos n°6 et 7, fig. 12). Aucun mortier ne relie les grès entre eux. Les blocs qui sont bien en place sont enracinés dans une couche de limon jaune anthropisée. Ce sont plus particulièrement ceux qui correspondent aux renvois d'angle de la structure. Les côtés ne sont attestés que par un nombre limité de blocs, dont certains, cependant, ont été positionnés de manière tout à fait rectiligne. Les plus grosses concentrations de pierres sont localisées aux renvois d'angle, ce qui tend à montrer que ce sont ces points d'ancrage que l'on a cherché à consolider.

La couche d'argile jaune est épaisse, en particulier en secteur ouest de la structure, où elle atteint pratiquement 35 cm (fig. 8). Sa répartition spatiale montre une nette corrélation avec le plan livré par les blocs de pierre. Ces observations, ainsi que l'étude du mobilier céramique, amènent à considérer, dans l'état actuel de fouille, ce niveau de sédiment comme résultant d'un apport volontaire de terre, destiné à former un sol. Les relevés topographiques viennent également dans ce sens : dans un contexte de terrain incliné est-ouest, la surface supérieure de ce sol, sous humus, constitue un niveau sensiblement horizontal. La couche jaune déborde justement à l'ouest du bâti (bas de pente). Elle est par contre beaucoup plus lacunaire à l'est (haut de pente). On peut aussi envisager qu'une partie de cette couche provienne du façonnage de murs en pisé, mais aucun bloc de clayonnage n'a été identifié, et la stratigraphie ne montre pas de niveau différencié.

Bien que la surface sondée reste malgré tout faible, l'absence de bloc complémentaire dans les angles ouest et nord et leur nombre limité autour de la structure, de même que l'emprise bien visible du sol jaune, laisse à penser que la structure ne s'intègre pas à un bâtiment plus vaste. Tout porte à croire qu'il s'agit d'un petit abri en forêt du type de ceux que l'on rencontre communément en toponymie sous la dénomination de loge, sans que l'on sache d'ailleurs toujours très bien à quoi ce vocable peut concrètement renvoyer.

Cet aspect, mais plus encore la possibilité d'établir une chronologie relative du site métallurgique, a conduit à poursuivre partiellement la fouille de cette structure, dont le mobilier des couches supérieures renvoyait à la fois à une époque récente et à des céramiques du groupe 1.

En l'absence de trou de poteau ménagé dans ce sol, et de mur véritablement construit, il faut envisager que la toiture de cet abri, possiblement réalisée à l'aide de branchages entrelacés et autres végétaux, puisse reposer directement sur les agencements de pierres d'angle.

Une série de 12 clous, d'époque moderne, accompagnés de fragments de métal oxydé, ont été mis au jour en périphérie immédiate de l'abri et à l'intérieur (fig. 12). La majorité d'entre eux appartenait à la couche humique supérieure ; un élément se situait dans la zone supérieure de la couche jaune, à l'extérieur du bâti, et un autre dans la couche jaune recouvrant le foyer, dont la description suit.

Une rubéfaction très nette du limon jaune signe la présence d'un foyer, contre la face ouest de l'abri. On notera que c'est ce pan qui a été le plus soigné, avec la mise en place de pierres verticales, marquant notamment le renvoi d'angle orthogonal. Un noircissement superficiel des grès du bâti, en particulier dans leur partie haute, montre l'impact des flammes ou des bois carbonisés. Dans les angles nord-ouest et sud-ouest de l'abri des indurations très rubéfiées de la terre peuvent être attribuées à des morceaux de bois encore enflammés. D'une manière générale, les traces laissées au sol par le feu occupent environ le tiers de la surface de l'abri. Ceci ne laisse que peu très peu d'espace disponible à l'occupant. Les risques d'inflammation de la toiture sont également importants dans le cas d'une couverture boisée.

La zone de rubéfaction correspondant au foyer de la loge a livré, à son extrémité nord, une petite série d'esquilles d'os apparemment brûlé, accompagnée d'un charbon de bois de bonne taille. Cette occurrence permet d'envisager pour le foyer, outre sa fonction de chauffage, l'utilisation pour les repas, dont ne nous sont parvenus que ces maigres reliefs, du fait de l'acidité des sols.



photo n°6 : Trécélien en PAIMPONT (35) - Petite construction de type loge, en fin d'opération. Les angles sud-ouest et nord-ouest sont bien marqués. Le sol, en limon jaune, est rubéfié et noirci à l'emplacement du foyer.



photo n°7 : ferrier de Trécélien en PAIMPONT (35): Vue générale de la petite construction de type loge. A droite, on distingue la zone circulaire correspondant au prélèvement de l'amas de scories A1, au fond, le sondage sur l'amas A5, et l'amas A4.

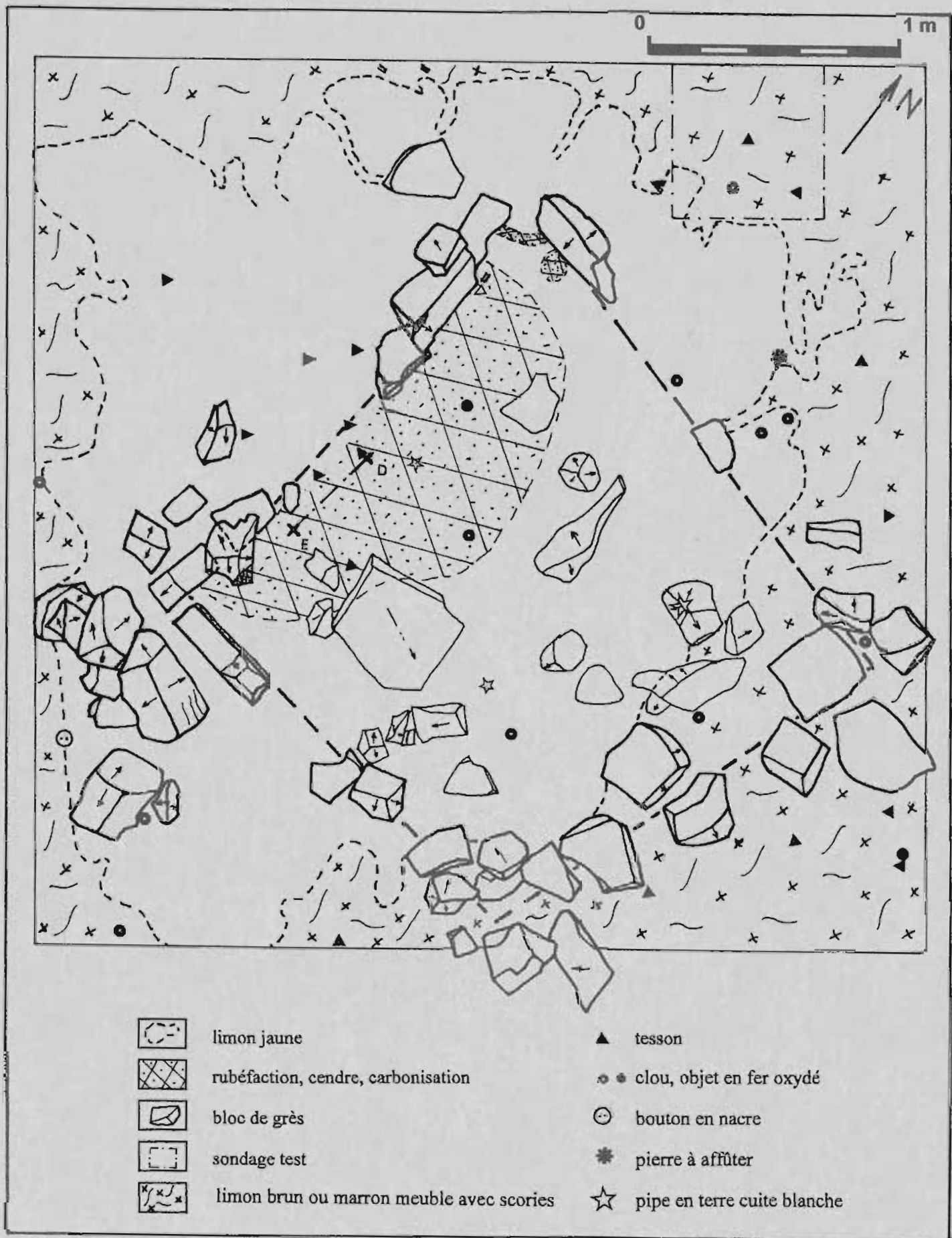


Fig. 12- Petite construction de type loge.

La coupe stratigraphique D-E (fig. 12) montre que le niveau rubéfié s'incline vers le centre et vient s'insérer dans le niveau jaune. Ceci pourrait indiquer une réutilisation du logement postérieure à la période de fonctionnement du feu.

Le substrat n'ayant pas été atteint à l'issue de la fouille, l'épaisseur des sédiments accumulés a été évaluée grâce à un petit sondage carré (60 x 60 cm) réalisé en bordure de l'abri, dans l'angle nord de la surface de fouille.

Sous la couche jaune déjà mentionnée et en périphérie de celle-ci, on rencontre un niveau brun, meuble, contenant en grand nombre de petites scories, dont la morphologie n'a rien de commun avec celle des gros ferriers à scories bulleuses. Ces scories se présentent en effet sous la forme de cordons et sont de petites dimensions. On peut s'interroger sur la raison de leur présence, dont l'aspect se rapproche plus de celles communément reconnues sur Paimpont et Plélan pour l'Age du Fer ou la période gallo-romaine (Larcher, 1994, Vivet, 2001). Compte tenu du nombre très élevé de sites de ce type recensé (cent cinquante au minimum), l'éventualité d'un tel gisement n'aurait rien d'étonnant. Quelques exemplaires montrent l'existence de scories coulées. Les arguments évoqués ne permettent pas d'écarter la possibilité d'un rejet de résidus d'une opération de réduction menée de façon différente de celle des grands ferriers à une période légèrement plus ancienne que ceux-ci, ce qui serait en meilleur accord avec la stratigraphie et le mobilier céramique reconnu. En effet, tout au fond du sondage et en son centre, à 35 cm sous le niveau jaune, en contact avec le substrat limoneux blanc naturel, a été mis au jour un fragment de lèvre, correspondant au bec pincé d'une cruche provenant d'un atelier de Chartres de Bretagne, datable de la fin du XIII^e au milieu XIV^e siècle (Beuchet, 1998; Giot et Fichet de Clairefontaine, 1996).

En prenant en compte la durée d'utilisation possible du pichet, on peut envisager une occupation du site au XIV^e siècle. On peut dès lors s'interroger sur la chronologie relative du site. La production sidérurgique a-t-elle débutée dès cette époque? Ceci pourrait expliquer la typologie de scories distincte, qui vient d'être mentionnée. La couche sur laquelle repose le niveau jaune de l'abri, pourrait résulter d'un travail sidérurgique antérieur à celui des grands ferriers, selon un mode de travail assez proche de celui des périodes antiques. L'hypothèse d'un savoir-faire existant sur place et qui se serait épanoui, stimulé par une demande économique importante, est séduisante, mais repose sur des indices encore bien ténus. Une poursuite du sondage serait susceptible de fournir une réponse à cette problématique.

- Mobilier céramique

Les essais de remontage de la céramique mise au jour ne se sont pas révélés fructueux, malgré la quantité appréciable d'éléments et l'exigüité du lieu (10 m² environ). L'étalement dans le temps du mobilier céramique témoigne d'une occupation du lieu couvrant plusieurs siècles. On y retrouve conjointement des tessons des groupes 1,2 renvoyant au XIV-XVI^e siècle et du groupe 4, beaucoup plus récent. Par contre, la quasi absence de remontage et la très faible quantité d'éléments en connexion, tend à montrer que le sédiment jaune correspond au sol de l'abri. On notera également la fragmentation et l'usure de certains tessons.

- mobilier autre que céramique

Le sondage a livré quelques éléments faisant partie des effets personnels de l'occupant présumé, sous la forme d'un bouton de nacre blanc en bordure sud-ouest de l'abri, et de trois fragments de pipe en terre cuite blanche. L'un d'eux correspond au fourneau qui reçoit le tabac, cassé sur place en trois morceaux. On note une usure particulièrement marquée à la base du tuyau qui s'y connecte, attestant d'une durée d'utilisation sans doute assez longue et du soin porté à l'objet. Il se situait dans le sédiment jaune, sous une pierre, en partie nord-est du logement. Les deux autres sont des fragments de tuyau de pipe; un morceau de ce conduit a été découvert dans la couche jaune, pas très loin du centre de la structure. L'autre se trouvait à hauteur du centre du foyer, dans le niveau de transition entre la couche rubéfiée et la couche jaune supérieure. Les diamètres d'orifice de ces tuyaux de pipes indiquent que si l'un correspond bien au fourneau découvert, l'autre serait attribuable à une autre pipe.

Le fourneau de pipe possède une marque, sur la surface faisant face au fumeur (fig. 22, n°9). Bien que sa netteté ne soit pas très bonne, ni celle de la reproduction documentaire, elle semble quand même bien correspondre à une production lyonnaise, pour laquelle les lettres N et F qui encadrent un lion, sont

attribuables aux Frères Noël, fondateur d'une manufacture de pipes en terre, à Vaise, en 1834 (Raphaël, 1991). Le 9 avril 1888, Noël Frères, fabricant d'articles pour fumeurs, dépose par l'intermédiaire de François Auguste, la marque à apposer sur des pipes et autres articles, présentant une certaine parenté avec celle représentée sur le foyer mis au jour, mais l'animal est tourné vers la gauche. En 1890, ils s'associent avec la Maison Gambier, de Givet, dont les propriétaires sont : MM. Hasslauer et Fiolet, mais suivant leurs accords, ils gardent leur propre marque. Le 4 mars 1903, la Société Vve Hasslauer, De Champeaux, Quentin, père et fils, dépose quatre marques au Tribunal de Commerce de la Seine. L'une d'elle (n°60) est figurative et montre une grande ressemblance avec celle du fourneau découvert. Les trois autres sont littérales et incluent le nom NOEL (n°61 : NOEL PARIS, n°62 Flamande NOEL PARIS, n°63 : NOEL LYON Déposé). La piperie Gambier ferme en 1926.

Sous réserve de l'exactitude de cette identification, et compte tenu d'une durée possible d'utilisation de l'objet, ces éléments chronologiques nous renvoient à la première moitié du XIX^e siècle.

Une pierre à affûter en schiste gréseux (12,4 x 3,5 x 3,5 cm) a également été découverte en bordure de la face nord de la loge. Ce côté, pratiquement dépourvu de pierres, pourrait correspondre à l'entrée de l'abri. Il s'ouvrirait dans ce cas en direction du chemin, menant en contrebas au ruisseau.

Certaines cartes postales anciennes, montrant des charbonniers ou des sabotiers et leur famille (en forêt de Fougères par exemple) figurent des installations de ce type. Si le logement de la famille se fait en baraque de bois à toit en chaume, quelques exemples montrent des abris beaucoup plus sommaires, vraisemblablement destinés à la surveillance de la fouée en cours de carbonisation. On y distingue essentiellement, sur un très petit abri, dont la base est dissimulée par les végétaux, deux pans en clayonnage de bois divergents, reliés entre eux par un troisième disposé verticalement et dans lequel est ménagée une porte, également réalisée en branchages entrelacés. Ce type de description pourrait très bien convenir à la couverture de l'abri fouillé.

Sur le site même de Trécélien, on enregistre un certain nombre d'aires de charbonnage ou 'charbonnières'. Plusieurs de ces plates-formes circulaires et charbonneuses, ont été remarquées, en particulier, au centre de la zone des ferriers A2, A3, A4 (confère le sondage en forme de croix), à quelques mètres au nord de petite construction, et à une vingtaine de mètres en amont des ferriers A8, A9, A10. Le nombre extrêmement impressionnant de ce type de structure en forêt de Paimpont (Larcher et alii, 1986), en partie mentionnées dans les cartes d'orientation de la Ligue de Bretagne, a été induit majoritairement par la métallurgie en haut-fourneau au moins attestée du XVII^e au XIX^e siècle (site bien connu des Forges de Paimpont). Il rend suspicieux leur association possible avec la production de fer sur place des XIV^e-XVI^e siècles. Par contre si la fonction de loge de charbonnier est probable, les éléments de datation recueillis paraissent bien exclure la mise en relation du petit abri mis au jour avec des fouées destinées aux hauts fourneaux des Forges de Paimpont, leur production s'étant définitivement arrêtée en 1884. Cependant, les charbonniers n'ont pas pour autant totalement disparus de la forêt dans la foulée, et leur activité a persisté durant le XX^e siècle.

5. Amas de scories A1

Les amas A1 et A6, présentent la particularité de posséder une zone circulaire en dépression, au sein de leur structure. L'hypothèse de l'établissement d'un bas fourneau au centre de cet espace est envisageable, les rejets de scories pouvant alors se faire tout autour de celui-ci. Un test réalisé à cet endroit montre que l'on atteint très rapidement le substrat naturel, sous un niveau marron d'une dizaine de centimètres de profondeur, sans rencontrer spécifiquement ni paroi de four, ni pierres. Cette couche n'est que peu fournie en scories, par rapport à la quantité à laquelle on pourrait s'attendre à un tel emplacement. Un essai du même type effectué au centre de la zone circulaire de l'amas A6 donne un résultat comparable.

Un sondage complémentaire a été réalisé en bordure est de la dépression circulaire de l'amas A1. Le substrat naturel est un limon blanc-cassé. La stratigraphie indique un épaississement brusque de la couche de limon marron, décrite précédemment, qui passe d'une douzaine de centimètres à près de quarante centimètres sur moins d'un mètre de longueur. La surface supérieure de cette couche présente une concavité tournée vers le ciel. Seul élément notable : un bloc de grès partiellement fissuré en deux (28x14 cm).

L'ensemble de ces observations vient confirmer l'origine des zones circulaires de grande ampleur, qui s'inscrivent dans les ferriers A1 et A6. Il faut y voir un creusement pratiqué au sein de ces ferriers, dans le but de prélever en masse les résidus métallurgiques qui les constituent.

De fait, le volume originel de ces ferriers est visiblement beaucoup plus élevé que celui que l'on peut voir aujourd'hui. Les quantités de matériaux correspondantes risquent dans ces deux cas d'être difficiles à chiffrer. Les scories ont été utilisées au moins depuis la période gallo-romaine pour chausser et drainer les voies (Puzenat, 1939). On les retrouve également dans un rôle similaire dans des cours de ferme. Une autre éventualité, au moins aussi probante peut être avancée : de nombreux ferriers ont été utilisés comme matière première de haut-fourneau, en particulier dans la seconde moitié du XIX^{ème} siècle, au moment où la concurrence des fers anglais, de coût de revient beaucoup plus compétitif, se faisait lourdement sentir. Les analyses effectuées cette année (J.J. Chauvel, tome 2 du rapport) donnent des teneurs en Fe_2O_3 de 54 et 61 % pour des scories de même nature collectées sur le ferrier du Vert Pignon (au nord de Paimpont). Ces valeurs, qui correspondent respectivement à 38 et 42,7 % de fer métal récupérable, sont comparables à celle de scories provenant de ferriers antiques (souvent même encore plus riches en fer, avec plus de 80 % en oxydes, soit 56 % en fer métal - comme par exemple sur le site de la Ville Pierre II en Quévert daté de la Tène moyenne (Vivet-Chauvel, 2001). Ceci explique que des sociétés se soient même montées à cette époque pour repérer et dilapider ces ferriers, au grand dam des archéologues (sauf lorsqu'ils ont pu être ainsi localisés) ! D'autres exploitations plus récentes de ferriers ont été réalisées au début du siècle dernier et dans les années 1950, comme par exemple par la Société minière et industrielle de Rougé.

On peut malgré tout se demander dans ce cas pourquoi s'être arrêté à une récupération très partielle du site. On notera le rôle qu'a pu jouer dans cette affaire le chemin creux ancien qui traverse le site de part en part. On retiendra en particulier que les deux ferriers concernés se situent directement en bordure de cette voie d'accès.

I. PARTIE HAUTE DU SITE

1. Fouille de l'amas A8

Un sondage a été mis en place en amont de ce ferrier (photo n°8), sur son dévers est, dans une zone commune aux amas de scories A8 et A9, dans la perspective d'une part de reconnaître la constitution de ces accumulations de matériaux, et d'autre part de mettre au jour une installation de réduction (bas fourneau). L'orientation des rejets, suggérée par la forme des amas et la pente, est susceptible, en effet, de fournir un point de départ à leur constitution, et par là même à celui de la production de fer. La présence de deux gros blocs de grès en surface semble fournir un indice complémentaire (fig. 13).

a) stratigraphie

Le premier niveau rencontré est constitué d'une terre brun-noir humique très riche en scories (fig.13 et 16). Lui succède immédiatement après un niveau de scories mêlées à un sédiment de nature voisine, plus fin. Quelques fragments d'argile cuite attribuables à des morceaux de paroi de four sont présents, mais leur occurrence est faible. Ces couches de scories contiennent également à différents niveaux de la stratigraphie et de manière récurrente des blocs ou poches de limon blanc cru et des pierres (des blocs de grès et, en plus faible quantité, des schistes pourprés). Ces matériaux, plutôt surprenants au sein d'un rejet de scories, pourraient très bien rentrer dans l'édification et la réfection de bas fourneaux.

Assez rapidement apparaît la partie sommitale de couches d'un sédiment homogène de couleur rouge, semblable à celle de l'hématite réduite en poudre. Sa granulométrie est fine et les particules qui le constitue sont très facilement attirables à l'aimant. Ce sédiment est à rapprocher naturellement de celui déjà décrit pour l'amas A2. Un prélèvement pour étude a été opéré.

Viennent ensuite une série de niveaux tantôt très charbonneux, tantôt constitués de ce même sédiment rouge carmin, l'ensemble renfermant encore des quantités importantes de scories. Ces dernières sont toujours bulleuses, souvent décimétriques, teintées en noir ou orange par le sédiment, et se présentent par moment en lots laissant des espaces vides entre elles du fait de leur forme arrondie et étalée, par effet de mini-effets de voûte.

Cette alternance de niveaux est particulièrement intéressante en ce sens qu'elle pourrait bien marquer le rythme d'opérations successives de réduction. Si les analyses confirment le lien direct entre ce sédiment rouge et l'existence de minerai grillé, on peut imaginer que ces couches résultent de rejets successifs de résidus de matière première (minerai et charbon), suite au nettoyage régulier des abords de l'appareil de réduction, situé à proximité. Cette position secondaire des résidus, semble en effet plus probable que celle correspondant à la constitution à un emplacement précis de tas spécifiques pour le minerai grillé d'une part et le charbon de bois d'autre part.

De ce fait, malgré les efforts notables entrepris, compte tenu des volumes déplacés en fouille, l'orientation de ces couches successives ne semble pas conduire aisément à la localisation du bas fourneau correspondant.

Par ailleurs l'épaisseur de la couche de scorie, sur le flanc est, ne fléchit pas et même tend à augmenter de nouveau. Ce niveau de rejet, dans ce secteur, paraît résulter d'un débordement de l'énorme amas A6, bien que la puissance de cette accumulation ne génère pas de relief particulier, décelable à l'œil, à cause de l'effet de pente. Cet aspect laisse présumer que l'évaluation du volume global des déchets métallurgique ne peut se faire sans la détermination de ces épaisseurs de scories cachées. La transition entre les deux amas n'apparaît pas de façon très évidente, hormis la présence de scories de plus grande taille dans ce secteur.

Les dernières couches alternées arrivent directement en contact avec le substrat naturel constitué d'un limon blanc. Son relief est particulièrement tourmenté en cet endroit, qui se situe en bordure d'une rupture de pente du terrain. Une rubéfaction du sol naturel est apparue en deux endroits, sous la forme d'auréoles de teinte rosée, brique ou grise, en léger creux, l'une à l'est, l'autre en bordure ouest du sondage. Un



photo n°8 : site de Trécélien en PAIMPONT (35) - sondage dans l'amas de scories A8.

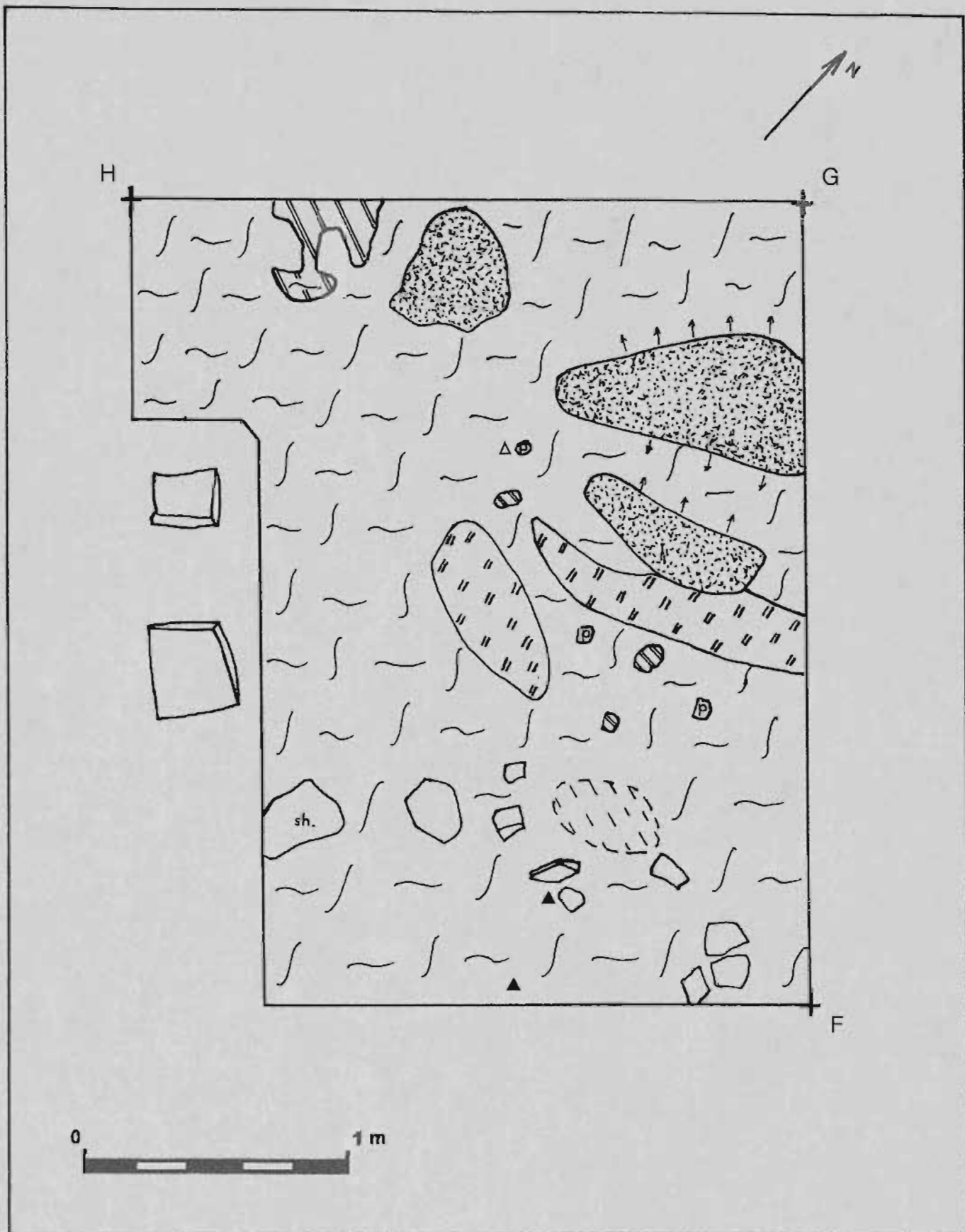


Fig. 13 - Amas de scories A8 ; 1^{er} niveau de sondage.

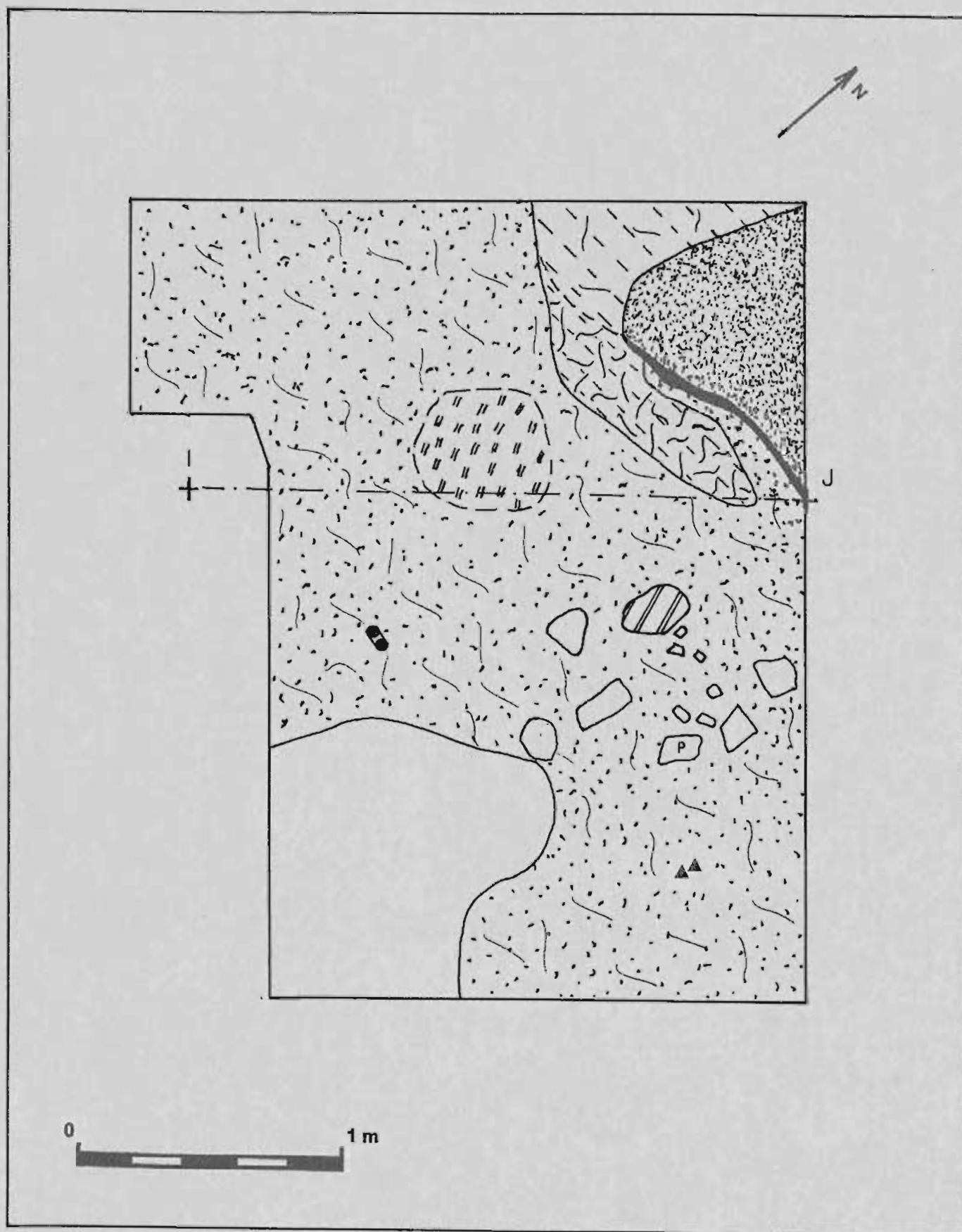


Fig. 14- Amas de scories A8 ; 2^{ème} niveau de sondage.

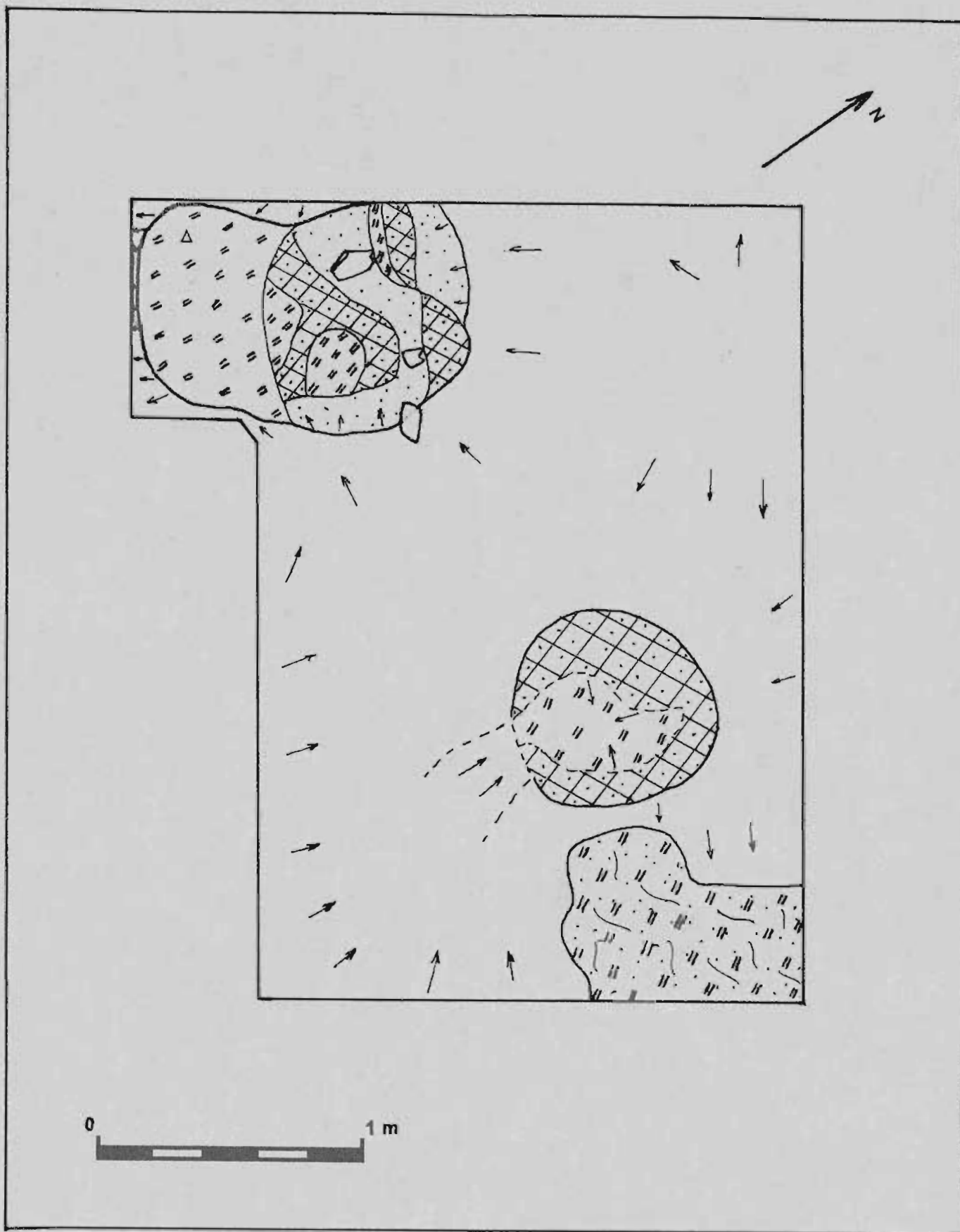


Fig. 15- Amas de scories A8 ; 3^{ème} niveau de sondage.

prolongement de l'emprise de la fouille dans cette dernière direction a été réalisé afin pouvoir observer le phénomène.

Le contenu de la légère dépression mentionnée, livrant du sédiment granuleux rouge-orangé et des résidus cendreux ou charbonneux, ne diffère pas spécifiquement de celui des couches atteignant le substrat naturel autour. Un prélèvement de limon noir du remplissage a été effectué. Cette couleur est vraisemblablement due à de la poussière de charbon de bois, mais ceux-ci ne sont pas en tous cas pas visibles à l'œil nu.

Malgré la tentation d'y voir la trace laissée par des foyers permettant par exemple le grillage du minerai, l'absence de modification morphologique du sédiment et la faible intensité de la rubéfaction tendent à écarter ce type d'hypothèse. Au plus pourrait-on y voir, l'empreinte d'un feu domestique de faible importance, plus particulièrement dans le cas de la structure ouest, dans laquelle a été trouvée un fragment d'os long. L'étude des niveaux fait apparaître que ces deux légères cuvettes correspondent à des points bas de la surface du sol naturel. Une imprégnation locale des sédiments constitués d'oxydes ferreux très fins venant des niveaux supérieurs par ruissellement, semble l'hypothèse la plus probable dans le cas de la structure est. Elle correspond en tous cas précisément à l'observation faite du substrat naturel présent sous le petit monticule de sédiment rouge-orangé mis en évidence dans l'extension de sondage périphérique sud de l'amas A2.

b) mobilier

- céramique

La découverte de tessons au sein des couches stratifiées de scories, en plein cœur du ferrier, s'avère essentielle, pour la confirmation des liens chronologiques. Les céramiques appartiennent en effet toutes les quatre au groupe 1. Deux fragments d'un même fond de pot, remontant ensemble, ont été trouvés à 35 cm l'un de l'autre à des profondeurs équivalentes (40-45 cm), dans une couche de scories charbonneuse (fig. 13). Les deux autres éléments remontant également ensemble, ont été découverts au même endroit, à 45 cm de profondeur (fig. 14). Leur remontage permet d'attester l'existence d'une carène dans le profil de la poterie. L'absence de col ne donne malheureusement pas la possibilité d'en faire une description typologique plus poussée.

- orifice de ventilation

Un fragment de paroi de four percé d'un orifice de ventilation a été mis au jour en secteur sud du sondage à 50 cm de profondeur (fig. 14). Le diamètre de passage du 'vent' est de 4 cm. La surface exposée au feu est noire, et présente un aspect presque vitrifié, avec quelques points d'opaline bleue. Ce type de surface apparaît également dans un secteur de la face côté externe. Il indique une pénétration des gaz chauds par des fissures vers l'arrière. une disposition similaire avait été notée sur un certain nombre de parois de l'amas A2. L'argile correspond au limon local et ne contient que peu d'inclusions.

Hormis éventuellement la particularité d'un début de vitrification partielle en arrière de la surface au feu, aucun argument ne permet de distinguer cet élément de ventilation de ceux étudiés dans la région pour la période l'Age du Fer (Vivet, 1997, 2000, 2001) ! L'identité des diamètres ne constitue qu'une demi-surprise. Ce type de valeur très typique, constitue sans doute une ouverture optimale, imposée par les conditions physiques à la fois de la mécanique et de la mécanique des fluides, mais aussi chimiques, permettant d'obtenir et contrôler une zone de chauffe et de réduction. On constate par exemple que l'on retrouve de façon récurrente cette dimension lors d'expérimentations. On peut espérer cependant que ce type de ferrier fournisse d'autres éléments du dispositif de ventilation plus discriminants, par la suite.

- paroi de four :

Celle-ci a été collectée à 30 cm de profondeur vers le centre du sondage (fig. 14). Elle se présente sous la forme d'une sorte de plaque de dimensions 17 x 10 x 5,5 cm. Cette dernière cote correspond à l'épaisseur maximale observée. La surface au feu montre une concavité qui suit l'axe de plus grande longueur. Elle est attirable à l'aimant. Cette pellicule est assez lissée, notamment du fait d'un début de vitrification de couleur grise, qui a engendré un bullage sous-jacent et a atteint localement une zone située à 4 cm à l'intérieur du



photo n°9 : site de Trécélien en PAIMPONT (35) - sondage dans l'amas de scories A8, couches alternées de charbon de bois et de sédiment rouge attirable à l'aimant, résidu probable de minerai grillé.



photo n°10 : site de Trécélien en PAIMPONT (35) - sondage dans l'amas de scories A8, sol naturel et structures légèrement rubéfiées, circulaire et ovale.

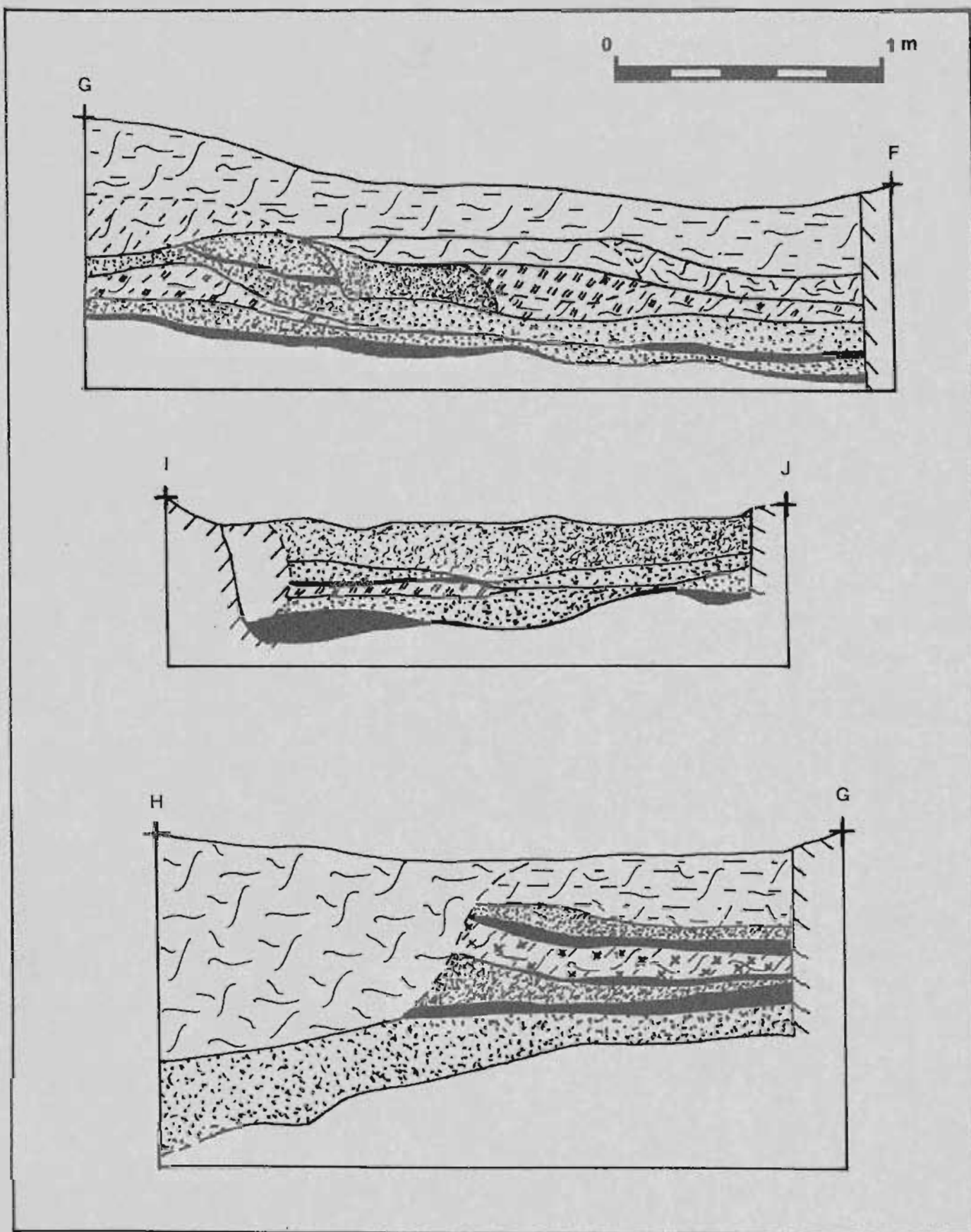


Fig. 16- Amas de scories A8 ; coupes stratigraphiques.

matériau. La couche interne est faite globalement d'un limon gris porté à haute température et pour ainsi dire grésé. La surface externe est une phase rose-orangée de 2 cm d'épaisseur de ce même limon.

- os et dent

En plus du fragment d'os long mentionné précédemment, qui appartient à un jeune animal, peut-être un porc ou un sanglier, une dent enfouie à 40 cm de profondeur, a été trouvée au sein des couches de scories. Cet élément appartient à un ruminant, qui pourrait être un cervidé. On peut envisager dans ce cas qu'un tel animal ait pu fournir un appoint alimentaire aux travailleurs qui conduisaient les fourneaux, en milieu forestier. Les indices sont malgré tout bien maigres et demanderaient une identification plus précise des deux éléments organiques.

2. Résurgence et fontaine aménagée

- description

Les observations topographiques réalisées en 2001 avaient permis de reconnaître une zone très humide, en légère dépression, comblée par une sorte de compost de feuilles mortes imbibées d'eau, peu profond. La question des ressources en eau dont pouvaient disposer les métallurgistes pour la bonne réalisation de leur travail, et en particulier la part dépendant directement des procédés techniques utilisés, est un point important, qu'il n'est pas toujours facile d'élucider. Cette considération ainsi que la possibilité de rencontrer des éléments de datation, a amené à réaliser un sondage dans ce secteur (fig. 17).

La couche brun-noir de matière en décomposition, humique, souvent parcourue de réseaux de radicelles, ne révèle pas de stratigraphie particulière. Son épaisseur est de l'ordre d'une vingtaine de centimètres. Elle repose presque directement sur un sol de limon extrêmement blanc, compact, comportant d'assez nombreux blocs de grès à sa surface. Tout juste peut y voir un fin niveau de transition grisâtre (photo n°11).

L'extrémité nord-est de ce secteur, la plus en amont de la zone humide, montre actuellement deux points d'écoulements, en léger creux (fig. 17). Le débit est faible (quelques litres en dix minutes), mais permanent, alors que le ruisseau de Trécélien, situé 60 m plus bas s'est tari au cours de la même période. On peut donc interpréter ce secteur comme une zone de résurgence de l'eau sans doute présente dans des nappes phréatiques plus profondes, qui, sous l'effet de la pression, vient déboucher en cet endroit en suivant une ligne de failles.

La présence de céramique et de blocs de grès de grande taille, a conduit à prolonger quelque peu le sondage vers le haut, dans un sol actuellement sec et compact en surface. Cet élargissement du secteur de fouille a fait apparaître un ensemble de gros blocs de grès disposés autour d'une cuvette aux parois d'argile jaunâtre, très inclinées, se remplissant naturellement d'eau très claire. Cette disposition résulte donc de l'édification d'une fontaine, aménagée au point de résurgence principal de la source (photo n°12).

Son débit est de l'ordre d'un litre par minute, mais en période de grande chaleur, l'écoulement se diffuse dans l'ensemble du borbier, et l'évaporation au cours de son trajet jusqu'à des niveaux de matériaux plus secs (feuilles essentiellement), situés en contrebas, l'empêche, malgré une forte accentuation de la pente, d'atteindre le ruisseau de Trécélien, trente-cinq mètres plus bas.

- Mobilier céramique :

Le comblement de la fontaine consiste en une vase grise très fine. C'est à sa surface, mais aussi sur les flancs de la cuvette, et aux abords immédiats de la fontaine, dans la zone correspondant à son exutoire naturel, qu'est apparue une série de tessons de céramique appartenant tous aux groupes n°1 et 2. Aucune intrusion d'élément moderne n'a été recensée. Leur nombre se monte au total à dix-neuf exemplaires.

Concernant les six céramiques blanc-gris du groupe n°2, le remontage a pu être fait entre un élément (FON.10) d'une petite série (4 tessons) collectée à la surface du niveau de remplissage gris et un tesson situé à l'intérieur de la fontaine, 15 cm plus bas. De même l'ensemble du lot semble appartenir à une même céramique, dont l'un des éléments a été trouvé au fond de la fontaine, situé 12 cm encore plus bas. On peut observer sur la plupart des exemplaires des traces de dépôts noir, à l'intérieur ou à l'extérieur des poteries.

Les céramiques du groupe n°1 ont livré les formes les plus intéressantes. On retrouve notamment deux profils à lèvre aplatie et rainurée, caractéristiques (fig. 20, n°3 et 4, FON.3 et FON.5). Le remontage effectué entre deux fragments d'un autre col (fig. 20, n°2), l'un situé à l'intérieur de la fontaine (FON.4) et l'autre



photo n°12 : site de Trécélien en PAIMPONT (35) — fontaine aménagée.



photo n°11 : site de Trécélien en PAIMPONT (35) — fontaine aménagée et zone d'écoulement de la résurgence.



Fig. 17- Fontaine et secteur d'écoulement de la résurgence.

dans son exutoire (FON.8), montre le lien chrono-stratigraphique existant à priori entre les deux secteurs. Deux fragments de cols supplémentaires, ont également été découverts dans le limon blanc de la zone de débordement de la fontaine. L'un est de section fine et à col droit (fig. 20, n°5, FON.6), tandis que le deuxième est épais et de section carrée (fig. 20, n°6, FON.2).

- Bois :

Quelques morceaux de bois de dimensions très différentes se trouvaient à la base de la couche de compost, directement au contact du sédiment limoneux blanc tassé. S'il n'est pas exclu que certains aient pu faire partie d'un outil, leur aspect érodé et lessivé n'a pas permis de reconnaître de forme identifiable. En contrebas de la fontaine, sur le côté nord de l'écoulement sont apparus de grands pans de bois, posés à plat, susceptibles d'être employés à la construction d'un bassin. Exception faite d'une très légère nuance grise, due vraisemblablement à la matière organique ayant diffusé dans le limon blanc auquel ils adhéraient, ces bois ne piégeaient aucune couche de sédiment et ne dissimulaient pas non plus de mobilier. L'aspect brut de la surface inférieure du plus grand élément, très épais, avec nœud et départ de branche, qu'accompagne une série de fragments de branchages fichés dans le sol, ne montrant pas de plan cohérent, incite à y voir les restes d'un arbre tombé anciennement dans la zone d'écoulement de la résurgence. L'aspect plan et massif de cet élément semble correspondre à une portion périphérique d'un grand chêne creux, fracturé en deux sur place, et montrant une grosse rainure interne médiane. On peut éventuellement évoquer son utilisation à des fins de cheminement, dans cette zone humide.

Le plus petit élément, situé légèrement en contrebas, également posé à plat, est, quand à lui, beaucoup plus fin et lisse.

- petits blocs de minerai de fer

La zone correspondant à l'exutoire de la fontaine a livré une série d'une bonne vingtaine de petits blocs marron clair, de module moyen voisin de 3 cm, anodins en apparence. Le lavage de ces éléments a révélé de façon étonnante l'aspect pisolitique de ces concrétions ferrugineuses (photo n°13).

Des minerais d'une telle nature n'ayant pas, jusqu'ici, été spécifiquement observés, la découverte de ces petits fragments de minerai présente un intérêt certain, notamment de part le fait qu'elle pourrait nous renseigner sur leur provenance, et leur formation géologique d'origine. L'un de ces éléments a été transmis pour analyses minéralogiques.

La prospection a révélé depuis, suite à la construction dans le bourg de Paimpont d'un lotissement, la présence d'une formation de ce type, au lieu-dit le mineray, correspondant à un ancien secteur d'exploitation minière.

La faible quantité de ces éléments et la capacité malgré tout limitée de la fontaine, rendent improbable la présence d'une réelle installation de lavage de minerai dans la zone dégagée. La présence de ces petits blocs à cet endroit interpelle malgré tout. Est-on en périphérie d'un bassin de ce type ? A-t-on voulu nettoyer ces pierres ferrugineuses afin de vérifier la qualité du minerai apporté pour la réduction ? Un élargissement du secteur de fouille autour de la fontaine apporterait vraisemblablement des informations complémentaires intéressantes.



photo n°14 : site de Trécélien en PAIMPONT (35) – sondage en amont de l'amas de scories A10. Niveaux très mêlés de scories, limon marron, petits moellons d'argile cuite, poche de limon cru blanc, accompagnée de charbon de bois. On distingue au fond l'écoulement de la résurgence.



photo n°13 : site de Trécélien en PAIMPONT (35) – Petit bloc de minerai d'aspect pisolitique, mis au jour au bord de la fontaine aménagée.

3. Abords de l'amas A10 et appareil de chauffe F1.

a) Carré de fouille B-C/56-57.

Une aire de fouille carrée de 4 m de côté a d'abord été établie entre la source et le ferrier (fig. 18). Sous une couche de terre brune humique contenant des scories en assez grand nombre, est apparu rapidement un niveau très chaotique comportant, en plus des scories bulleuses, des zones de concentration de scories coulées de forme ronde, d'autres parsemées de moellons d'argile cuite orange centimétriques, d'autres enfin livraient de grandes poches d'argile crue blanche associées à des concentrations de charbons de bois très noirs, en particulier dans le quart sud-est du carré (photo n°14). La profondeur moyenne atteinte est légèrement inférieure à 25 cm, sans que l'on rencontre le niveau de sol naturel. Les grands apports d'argile crue blanche rendent d'ailleurs difficile son identification. Un certain nombre de parois d'argile cuite sont apparues dans ces niveaux supérieurs, sans qu'un plan quelconque puisse se dessiner. Par contre la mise en relation de la présence de ces parois, avec les apports d'argile crue, à faible distance de la source, suggère fortement qu'il s'agisse d'une aire de travail ayant servi à l'édification ou la réfection d'un fourneau.

b) Structure de chauffe F1

- Eléments stratigraphiques

Compte tenu de l'orientation des couches de limon blanc rapporté, un prolongement de l'aire de fouille précédente a été pratiqué en direction du sud-est. Le sondage s'ouvre sur une portion de terrain en forte pente située juste au-dessus du ferrier A10 (photo n°16).

Sous la faible couche d'humus, on rencontre un épais niveau brun-noir, très riche en scories bulleuses et renfermant ponctuellement des fragments de paroi de petite dimension. Le niveau sous-jacent montre une imbrication complexe de zones de sédiments tantôt limoneuses jaunes à petits moellons d'argile cuite orange, plus ou moins rubéfiées, ou bien très blanches, bordées d'un sédiments noir très charbonneux, tantôt constituées d'un sédiment gris-noir, plus ou moins charbonneux ou cendreux, riche en scories.

A l'angle nord ouest du sondage se dessine une petite fosse circulaire très charbonneuse, renfermant de petits blocs de grès, des plaquettes de schiste et des scories, dont la fonction est difficile à préciser (fig. 19).

- description de la structure F1

Au sein des niveaux très mêlés décrits précédemment est apparue une grande paroi d'argile cuite épaisse, scoriacée, plantée verticalement dans une masse de limon rapporté (photo n°15). Mais ce n'est qu'en poursuivant l'investigation plus profondément et en contrebas de celle-ci, que les sédiments ont livré une série de grands blocs de grès organisés (photo n°17).

La forme très allongée de ces pierres, ne correspond pas à la norme des roches accessibles un peu partout dans le secteur, ce qui montre que leur affectation résulte d'un choix délibéré. Leur disposition donne à la structure un plan nettement rectangulaire, délimitant un espace intérieur, de largeur, pierre à pierre, de 44 cm (fig. 19).

En prolongeant vers le nord le bloc de grès formant le flanc est de la structure, on obtient un tracé parallèle à la grande paroi plantée verticalement, passant juste derrière celle-ci. On n'est donc en droit de penser que cette paroi cuite et scoriacée constitue un revêtement interne de la structure, sous la forme d'une chape argileuse permettant l'étanchéité et l'isolation thermique. Cette disposition est en bon accord avec les

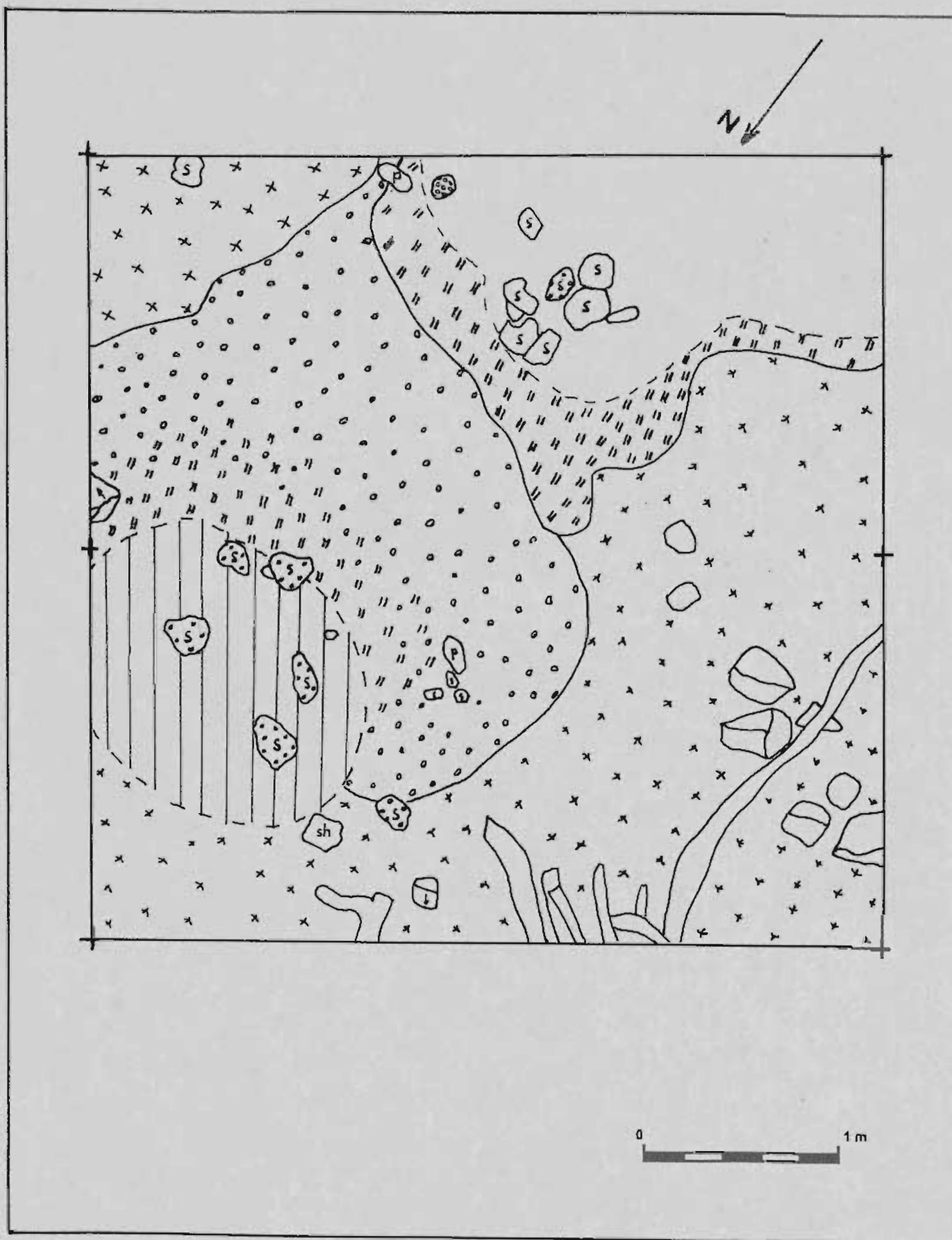


Fig. 18- Secteur de fouille en amont de la structure de chauffe F1 et de l'amas de scories A10.



photo n°16 : site de Trécélien en PAIMPONT (35) – Amas de scories A10 et paroi de four verticale, noyée dans une poche de limon blanc.



photo n°15 : site de Trécélien en PAIMPONT (35) – paroi de four scoriacée, en position verticale.



photo n°17 : site de Trécélien en PAIMPONT (35) — structure de chauffe F1, située juste au-dessus de l'amas de scories A10.

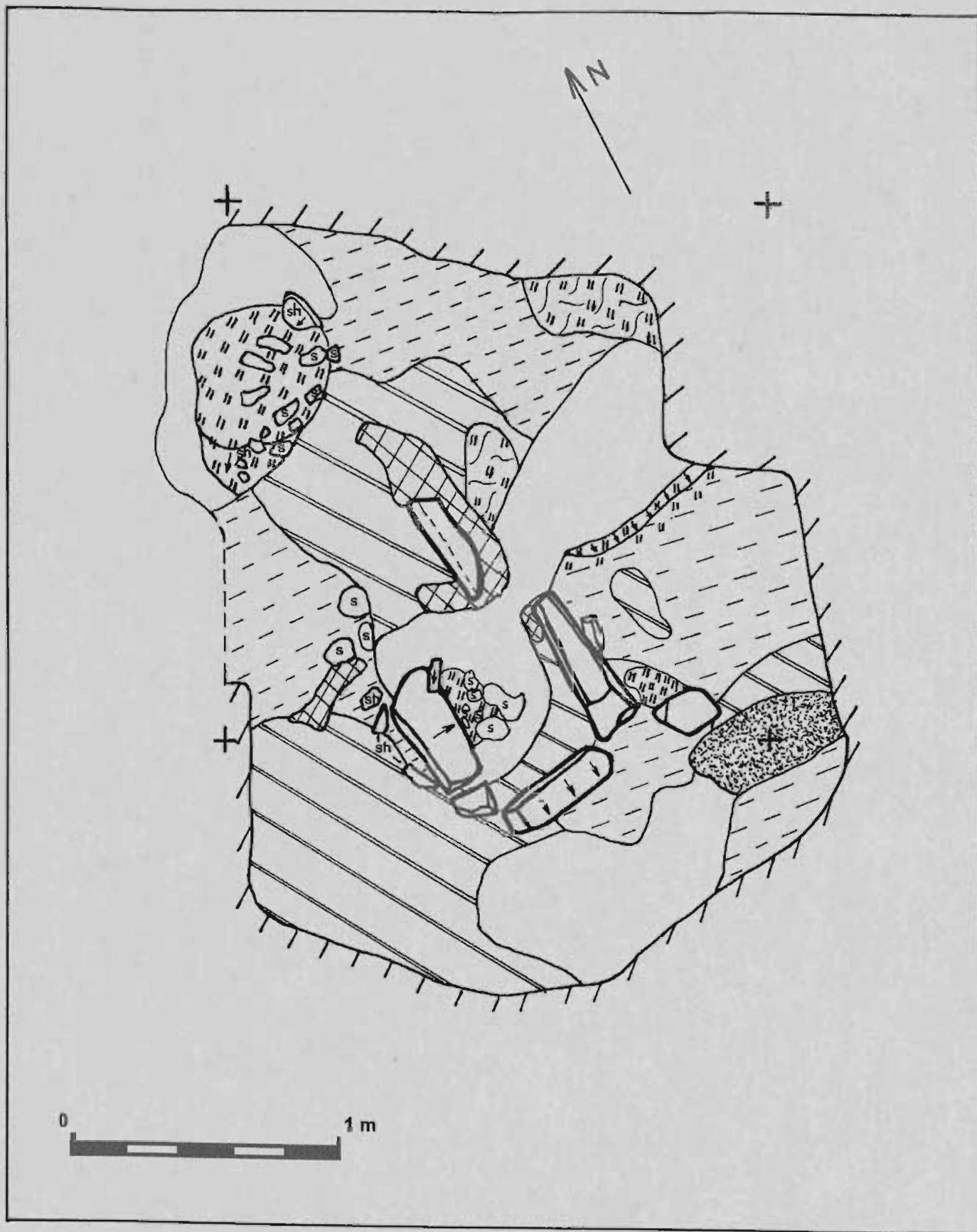


Fig. 19- Structure de chauffe F1, à destination métallurgique, en amont de l'amas de scories A10.

observations faites sur les parois de four du sondage est de l'amas A2, à la nuance près que les reliquats pierreux encore adhérents étaient en schiste. On en retrouve d'ailleurs une petite série juste derrière le grand bloc occidental. Ces plaquettes de schistes ont été régulièrement observées, en petite quantité, au sein des ferriers (A5, A8). Il n'est pas impossible que, de part leur taille, modeste, et leur forme, par définition aplatie, elles aient pu servir à compléter les vides laissés entre les gros blocs de grès. La sélection de ces grès de forme particulière incite à penser qu'un démantèlement au moins partiel des structures de chauffe a pu être opéré, en vue de la construction d'un nouvel appareil. Ceci pourrait expliquer, la difficulté que l'on a, du fait également de leur dimension modeste, à les localiser.

On peut donc raisonnablement supposer que la structure se poursuit vers le nord et arrive au moins à hauteur de la paroi verticale en place, ce qui fournit une dimension longitudinale minimale de 1,12 m.

Dans ce cas, si l'on prend en compte l'épaisseur de paroi argileuse, qui s'élève ici au minimum à 12 cm, on ne disposerait plus que d'une largeur interne de 20 cm, ce qui paraît étonnamment étroit.

L'exemple normand nous fournit une description sommaire constituant l'un des rares parallèles que l'on puisse trouver à ce sujet dans le Grand Ouest (Monard et Bernouis, 1991) : au Parc Huet à MONCHAUVEY (14), les parois des fourneaux reconnus à la fin des années 1950, sont réalisées à l'aide de blocs de grès cimentés avec un mortier très dur. L'observation de creusets de fours en place a été faite lors de l'exploitation de ferriers du bois du Roi au Plessis-Grimoult (14) entre 1958 et 1963, par la Société minière et industrielle de Rougé, mais aucune description précise n'a été retranscrite.

Les conditions chronologiques (veille de clôture du chantier) et météorologiques (pluies torrentielles) de la découverte, ont conduit à stopper la fouille à ce niveau et à protéger la structure. En l'absence d'éléments d'investigation complémentaire, la fonction de cet appareil de chauffe n'est pas assurée.

L'omniprésence des scories de réduction et la mise au jour, à 25 cm à l'est de la structure, d'une poche de sédiment granuleux rubéfié, attirable à l'aimant, du même type que celles déjà décrites, liée très vraisemblablement à du minerai grillé, incite assez naturellement à voir dans ces vestiges, l'existence d'un bas fourneau.

L'étroitesse de la construction, par contre, est surprenante et évoque plus la forme d'appareils de chauffe ouverts de type forge, foyer d'affinage ou de grillage de minerai. Encore que dans ce dernier cas, on devrait s'attendre à rencontrer des résidus de minerai grillé en grande abondance au contact de la structure.

Parmi les scories trouvées dans le secteur situé à l'est de ce four, de nombreux exemplaires présentent la particularité d'être recouverts d'une pellicule d'hématite, leur donnant une coloration très rouge ou orangé, bien qu'elles ne soient pas directement immergées dans des couches de sédiment rubéfié attribuables à du minerai grillé. Des observations réalisées lors d'expérimentations métallurgiques au cours des dernières années nous indiquent par ailleurs que cet aspect apparaît dans des zones très oxydantes des appareils, notamment au voisinage immédiat de l'entrée dans le four de l'air de ventilation.

- éléments céramiques

Quatre tessons de céramiques ont été mis au jour au voisinage immédiat de la structure. Tous appartiennent au groupe de céramique n°1. Trois d'entre eux sont apparus dans les couches noires épaisses et très riches en scories que recouvre la couche d'humus. Le quatrième se trouvait dans une couche grise d'aspect cendreuse, située sous ces niveaux noirs. Cet élément, paraît bien appartenir au même pot que l'un des trois autres, qui consiste en un fragment de fond de pot, montrant un dépôt noir et une glaçure au plomb verte partielle sur sa surface externe, ainsi que des tâches de même nature à l'intérieur (fig. 21, n°4, D56.3).

Un des deux autres éléments est un fragment de col présentant un profil particulier, très rentrant (fig. 21, n°3, E 55.1).

L'attribution chronologique de ce groupe de céramiques à la période du XIV^e – XVI^e siècle, et les niveaux de rejets dans lesquels ils ont été trouvés, permettent de faire remonter la datation de l'appareil F1 au moins à cette époque.

4. Résultats des forages à la tarière forestière

L'utilisation d'une tarière forestière s'est avérée très utile, notamment pour déterminer la nature des couches archéologiques et évaluer leur puissance (annexe 2). Elle en ce sens une aide précieuse à la recherche des structures, même si leur présence ne peut être révélée que par la fouille proprement dite.

Ainsi, le forage 18 a transpercé la paroi de four de la structure F1, plantée verticalement (à une profondeur de 43 cm). Compte tenu de la répartition de telles parois dans les couches de scories, l'observation de moellons d'argile orange n'a pu être pris en considération que comme un indice de la présence d'un tel appareil. De même la différenciation entre poche d'argile cru et sol naturel n'a pu être assurée que grâce au sondage. Ces éléments étant mieux connus maintenant l'instrument peut se révéler encore plus efficace. Son emploi est parfois limité du fait d'un blocage dans les pierres ou les scories, malgré le secours d'une barre à mine.

Les forages 1, 2, 6, 7, 8, 9, 10, 14 réalisés au dessus du sondage B-C /56 -57, en amont de structure F1 montrent que les couches à caractère métallurgique s'estompent rapidement vers l'est (en direction de la fontaine).

Les forages 19, 20, 21, 22 témoignent d'une épaisseur de sédiment métallurgique comprise entre 50 et 75 cm. La zone de sédimentation métallurgique du secteur proche de la structure de chauffe F1 et en amont de A10, A7, A9 (forages: 36 à 46) témoigne donc d'un réel potentiel archéologique.

Des forages réalisés également autour du grand amas de scories A6 indiquent un fort débordement du ferrier dans des zones ne montrant pas de relief particulier, ainsi que la présence de couches de sédiment rouge à quelques mètres en amont de celui-ci (côté est).



C. DESCRIPTION DE LA CERAMIQUE

Le nombre total de tessons de céramique collecté s'élève à 123 exemplaires. Les secteurs correspondant à l'amas A2 (47 éléments), à la petite construction moderne (38 éléments) et à la fontaine (16 éléments) fournissent un peu plus de 80 % de la totalité de l'échantillon. Les éléments les plus caractéristiques sont reproduits sur les trois planches suivantes (fig. 20 à 22).

En l'état actuel de l'étude, les céramiques peuvent être regroupées de la manière suivante :

1. Céramique de Chartres de Bretagne

Dans un sondage test, visant à reconnaître les couches inférieures du soubassement d'un petit abri de type loge localisé en partie basse du site, un tesson de céramique a été identifié comme provenant des ateliers de potiers de Fontenay à Chartres de Bretagne. Il s'agit d'un fragment de bec pincé d'une cruche blanche à glaçure verte externe (Beuchet, Dufournier, Fichet de Clairefontaine, 1998). Ce type de production est typique de la phase III de fonctionnement de l'atelier G, datable de la fin du XIII^e - milieu du XIV^e siècle. Par ailleurs la zone de diffusion des produits appartenant à cette phase recouvre essentiellement celle de la baillie de Rennes, et en particulier certains éléments ont été mis au jour à Plélan-le-Grand (Beuchet, 1992). D'autres ont été recueillis jusqu'à St Méen-le-Grand (Ifurtin, 1993).

2. Groupe de céramique n°1

Il s'agit de la céramique la plus représentée quantitativement sur le site. La pâte, de nature très constante, est facilement reconnaissable. Elle est réalisée à l'aide d'une argile contenant comme 'dégraissant', en association et en grande quantité, du quartz de module assez gros, du mica (muscovite et biotite, la plupart du temps conjointement). On retrouve de manière extrêmement récurrente (plus de 90 % des tessons) des spicules, qui sont même parfois en grand nombre sur un même élément. La pâte est granuleuse et peu cuite, de teinte majoritairement gris clair à marron, tirant parfois vers l'orangé, le beige, ou le brun, suivant l'atmosphère de cuisson, qui est en général plutôt légèrement oxydante. L'étude des profils montre que les contours ne sont pas très réguliers.

On rencontre très fréquemment des dépôts incrustant noirs à l'intérieur et encore plus à l'extérieur des pots, semblant bien témoigner du rôle culinaire de ces poteries.

Les ateliers qui ont produit ces céramiques ne sont pas connus. Les cols mis au jour présentent une grande variété de profils. Ceux-ci s'apparentent d'une manière générale à ceux reconnus par exemple dans les productions des ateliers de St-Jean-La-Poterie, provenant d'une tour du château de Rieux (Morbihan) et datées de la seconde moitié du XV^e siècle (Giot et Fichet de Clairefontaine, 1996). La forme de levre la plus caractéristique, récurrente sur le site, est celle formée d'un bord de surface supérieure assez importante (2,1 à 2,3 cm de large), légèrement inclinée vers l'intérieur, parcouru par deux dépressions concentriques séparées par une crête médiane. On peut imaginer que cet effet puisse être obtenu par la pression de deux doigts, par exemple, sur le col.

Les fabrications frappent par leur grande taille : les diamètres s'élèvent tous au-dessus de 18 cm de diamètre externe, au niveau du col, et dépassent même 40 cm. Les céramiques de forme typique à levre aplatie et nouleurée mises au jour, se situent dans une fourchette de 25 cm à 32 cm de diamètre externe. Les nuances de

forme des profils paraissent bien dues aux aléas de fabrication. Ces dimensions s'avèrent nettement plus importantes que celles reproduites pour St-Jean-La-Poterie dans le même style de profil (Giot et Fichet de Clairefontaine, 1996).

Il s'agit pratiquement à chaque fois de formes fermées, évoquant l'existence de oules et peut-être de pichets. Certains pots présentent une carène, ainsi que le suggère le remontage de deux tessons découverts à l'intérieur du ferrier A8, ainsi qu'un autre élément situé dans les couches de soubassement du petit abri mis au jour.

Un départ d'anse sur l'un des tessons (Amas A2) montre l'existence de systèmes de préhension de ce type, au moins dans certains cas. Aucun profil archéologique complet n'a pu être reconstitué.

Un seul exemplaire (deux tessons, collectés près de la structure de chauffe de l'amas A10, remontant ensemble) présente une glaçure, au plomb, verte, recouvrant partiellement la surface interne d'un fond de pot et apparaissant sous forme de taches à l'extérieur.

Un rapprochement très intéressant peut être établi entre cette céramique et celle collectée sur un des amas du grand ferrier du Cannée en Paimpont, qui livre des poteries extrêmement similaires à celles du groupe n°1 (Vivet, rapport 2002, tome 2). Cela se traduit par le même type de pâte, et un profil de col, à lèvre aplatie et moulurée exécutée dans le même esprit. On note cependant une légère différence entre les profils des deux sites : le départ de panse, sous la lèvre, à Trécélien, n'est pas centré sur le milieu du rebord en question, contrairement à ce que l'on observe pour Le Cannée.

Les céramiques du groupe n°1 proviennent de productions que l'on peut situer de façon assurée dans une période couvrant les XIV^e, XV^e et XVI^e siècle. Elles pourraient se situer, avec une assez bonne probabilité, dans la période allant du XV^e siècle au début XVI^e siècle.

2. Groupe de céramique n°2

Il s'agit d'une céramique à pâte blanche ou très claire. Elle accompagne systématiquement la céramique du groupe 1. Elle pourrait correspondre dans un certain nombre de cas à des fragments de cruche, mais aucun profil archéologique n'a pu être reconstitué.

Seuls deux tessons de l'amas A2 présentent une glaçure. Dans un cas, il s'agit d'un tesson à pâte blanche dont la surface externe est recouverte d'une glaçure au plomb verte (Am2.46). Le deuxième cas concerne un fond de pot de faible diamètre, à pâte claire blanc rosé, montrant des taches de glaçure au plomb rose-orangé et vert (Am 2.41).

Cette céramique accompagnant celle du groupe n°1 dans les mêmes niveaux, peut très vraisemblablement être attribuée à la même période. Cependant, l'absence de lèvre permettant la reconnaissance d'un profil caractéristique ou d'éléments de décor, ne permet pas de pousser l'identification plus loin.

3. Groupe de céramique n°3

Ce groupe est simplement constitué de trois tessons de grès gris clair, présentant une couverte très brillante et des traces de flammage.

La pâte gris clair, comportant quelques nodules millimétriques noirs ou bien ferrugineux épars, ainsi que des lacunes allongées, montre une grande similitude avec celle des grès de Beauvais des XV – XVII^e siècles. Ces productions du Beauvaisis sont connues à partir de la fin du XIV^e siècle et se maintiennent dans ce pays jusqu'au début du XX^e siècle (Chapelot, 1978).

L'épaisseur des éléments et la couverte très brillante pourrait, par contre, renvoyer aux productions de grès de la Loire. Ce dernier aspect, mentionné pour certaines céramiques à pâte grise, parfois un peu brune,

produites aux XVIII^e et XIX^e siècle en Berry et Puisaye, ainsi qu'à Malicorne ou ailleurs, est obtenu à l'aide de scories de réduction du minerai de fer. Mais la couverte caractéristique de ces vases est brune ou parfois blanchâtre, ce qui n'est pas le cas ici.

Le remontage et le dessin donnent un pot avec départ d'anse situé très bas.

4. Groupe de céramique n°4

Le groupe 4 est constitué d'un lot de céramique plus disparate, renvoyant à des productions des XVIII^e - XX^e siècles.

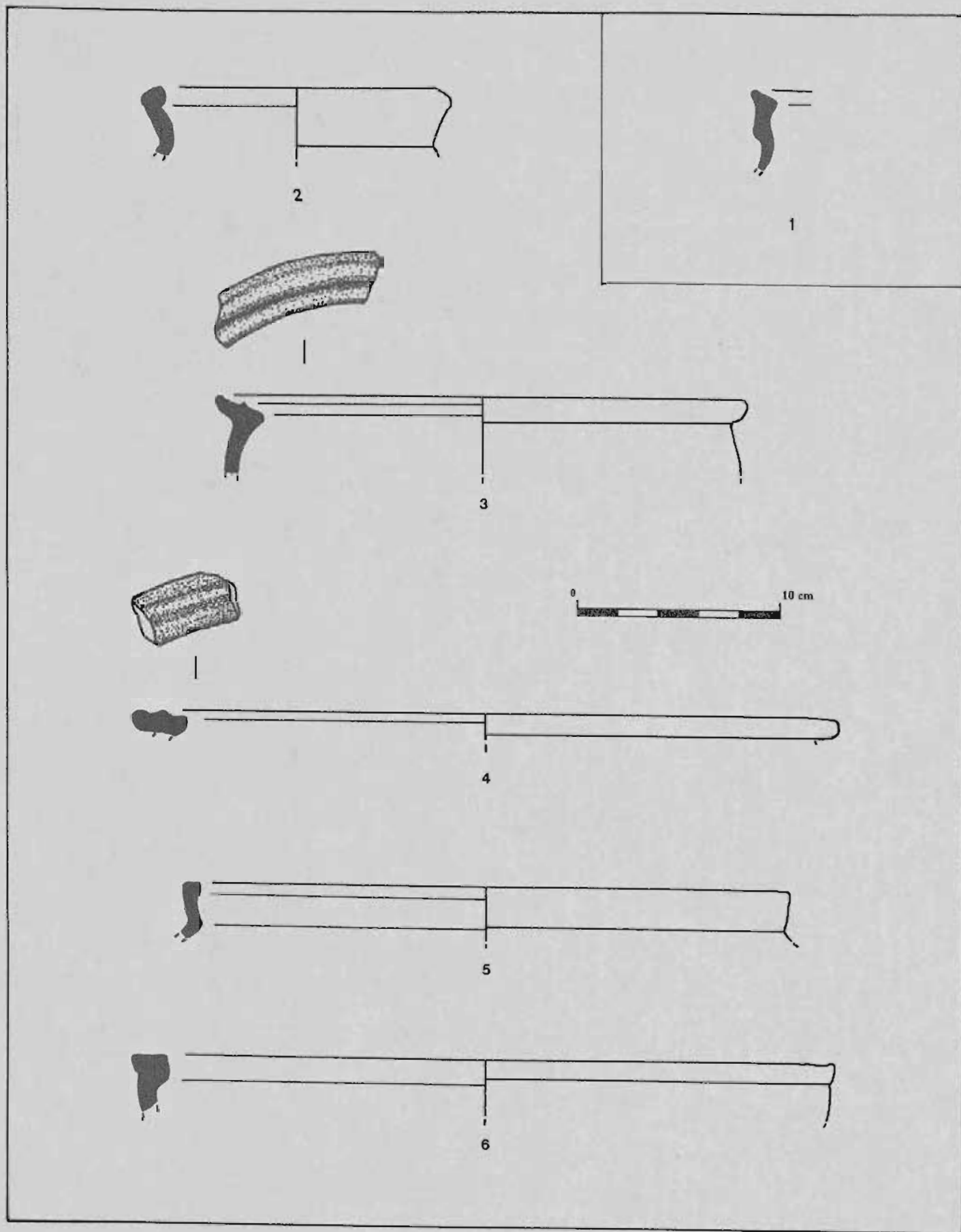


Fig. 20- Bec pincé de cruche de Chartres de Bretagne (encadré) et céramique de la fontaine (groupe 1).

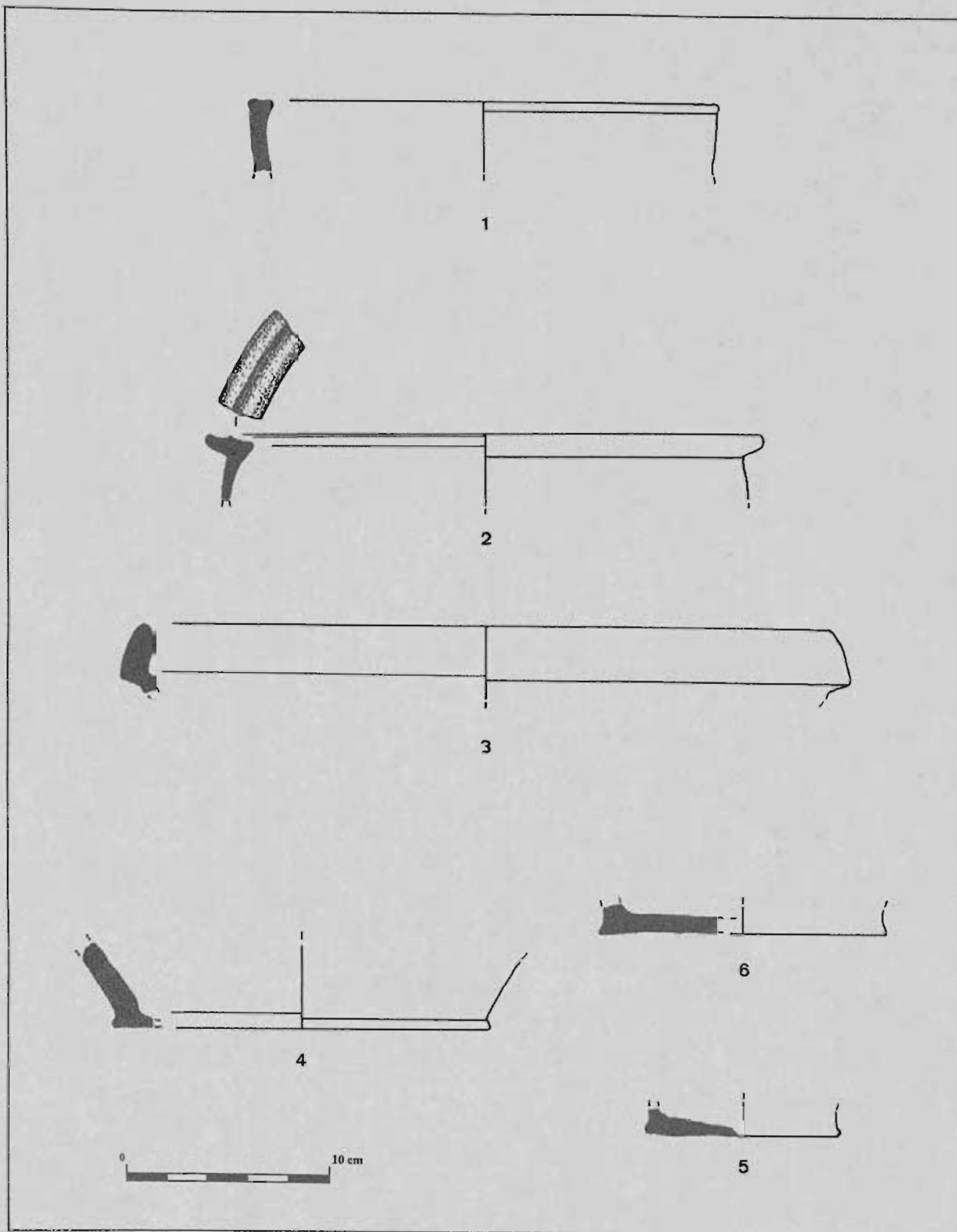


Fig. 21 - Céramique du groupe 1 - 1 et 2 : forage à la tarière, secteur haut du site.
3-4-5 : voisinage immédiat de la structure de chauffe F1. 6 : amas de scories A8.

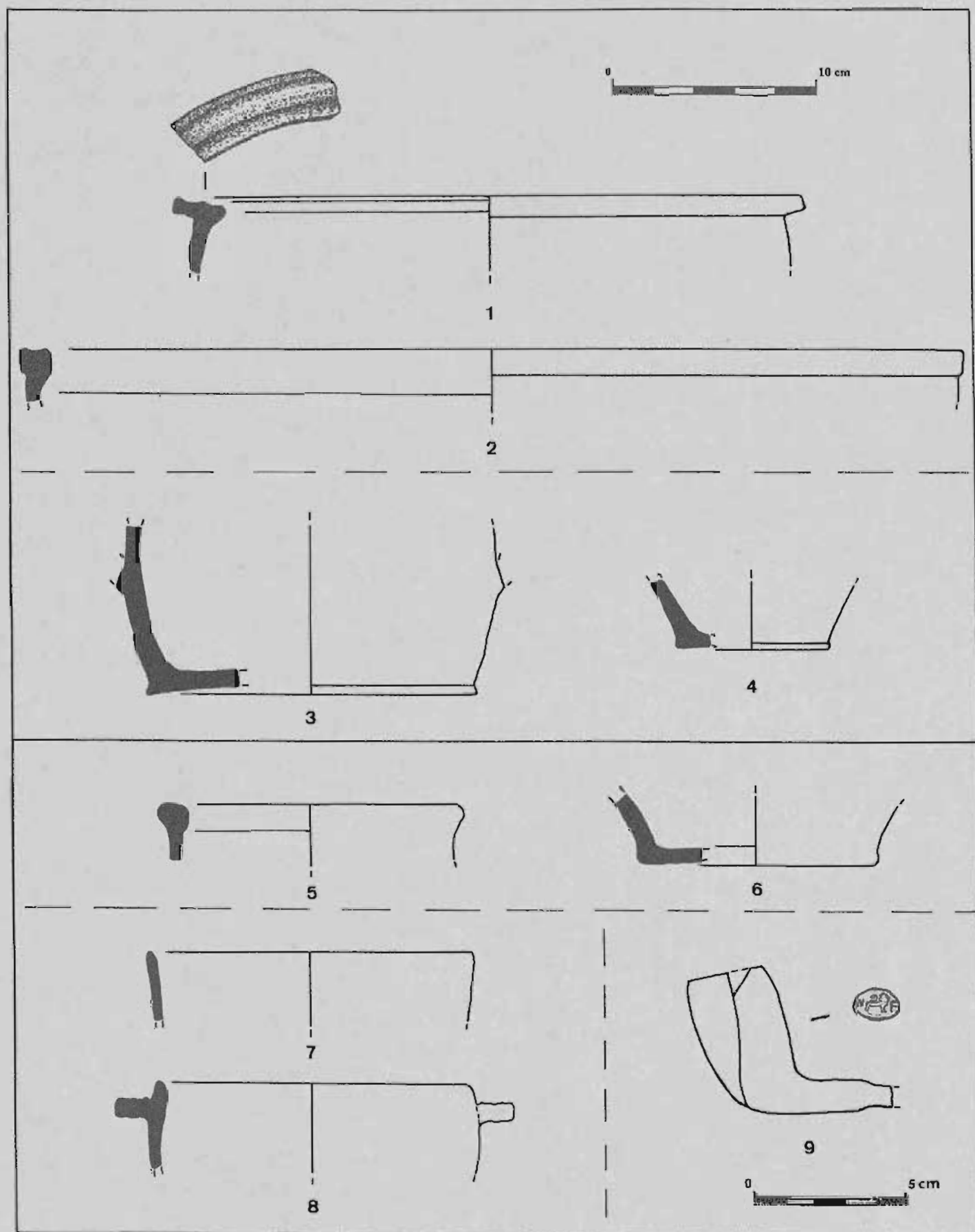


Fig. 22 - En haut: sondage autour de l'amas de scories A2 - 1 et 2 : céramiques du groupe 1.
 - 3 : céramique du groupe 3. - 4 : céramique vernissée bleue.
 - En bas : petite construction. - 5 et 6 : céramiques du groupe 1. - 7 et 8 : céramiques récentes.
 - 9 : fourneau de pipe (marque : taille réelle).

D. APPROCHE HISTORIQUE

Dans l'état actuel des recherches, trois sources documentaires principales permettent un éclairage sur la métallurgie du massif de Paimpont.

Il s'agit en premier lieu des « Revenus de la forêt de Brocéliande aux XV^e et XVI^e siècles » (Marquis de L'ESTOURBEILLON, 1894), document récupéré chez un antiquaire par le Marquis, actuellement versé aux Archives Départementales d'Ille et Vilaine (A.D.I.V. 1F 1546).

Ce « compte au receveur de Brecilien pour Mme de Laval », qui s'adresse à l'héritière des châtellenies de Plélan – Le Gué et de la châtellenie de Brécilien, à l'époque du duc Jean V, nous est précieux. A l'époque où les barons de Montfort avaient eux même hérité (XIV^e siècle) de la châtellenie de Plélan (qui comprend les paroisses de Treffendel et Maxent), ils l'avaient associée à celle de Brécilien, et avaient concentré les juridictions dans la bourgade du Gué (Cozic, 1993). Les comptes en question intéressent les années 1419, 1420 et 1421, au titre desquelles figurent au moins cinq « forges grossières » en « hauste forest » et en « forest de Loheac ». Compte tenu du découpage des seigneuries évoqué précédemment, si le site de Trécélien correspond à une des mentions en question, on doit le compter au nombre des forges mentionnées en hauste forest, qui dépend, à l'origine, de la seigneurie de Brécilien. Dans ce cas, l'atelier de production aurait pu être tenu par « georges » ou par « Robert Gaultier », alors décédé.

En second lieu, on peut citer les « Usements de la forêt de Brécilien » de 1467 (Courson A. de, 1863) figurant au cartulaire de Redon, rédigée à Comper (Comte de Laval Guy XIV). Elle fait référence à une charte antérieure (1228), qui s'appliquait au Seigneur Evêque de la Baronnie de St Malo de Beignon, sur les immenses domaines de la forêt de Lohéac. La charte de 1467 définit les droits et les quartiers de la forêt dévolus pour moitié à l'évêque de St Malo (abbé de Paimpont) et l'abbé de Montfort. L'autre moitié est partagée par ordre de grandeur à huit prieurs et cinq seigneurs, et deux quartiers au moins aux communiers (Fédération Carrefour de Trécélien, 1993). L'activité métallurgique n'y figure pas directement, mais le document peut renvoyer à des sources plus anciennes. De même, l'article 'Grandeur et décadence d'une forêt, Paimpont du XVI^e et XVII^e siècle' (Denis, 1957) et un travail de maîtrise récent sur l'occupation et la mise en valeur du sol dans la région de Plélan-Le-Grand au Moyen-Age (V^e - XIII^e siècle) (Duval, 1998 et 2000) permettent d'alimenter la réflexion sur l'interaction pouvant exister entre la métallurgie et la forêt du massif de Paimpont, à la fin du Moyen Age.

Les recherches relatives aux comptes de miseurs des villes de Rennes, Vitre et Nantes, fournissent des renseignements précieux sur les forgerons de la forêt de Paimpont (Leguay, 1982, Cozic, en cours). Claudie Herbault nous a fait part de recherches inédites qu'elle a réalisées précisément sur le sujet, dans lesquelles apparaissent explicitement les noms de forgerons de 'Brécélien' et plus précisément encore du 'Gué' de Plélan. Le tableau qui suit reproduit in extenso les données brutes mises en lumière.

FORGERONS de la FORET de BRECILLEN XV^e - XVI^e siècles

Année (des sources)	Nom et prénom	qualificatif ou "métier"	paroisse ou lieu de provenance	objets fournis	ville cliente ou client	référence bibliographique
1465	SIMON Jehan	forgeron	Le Gué-de-Plélan	2400 fers de viretons (2000+400=deux livraisons)	VITRE	A.D.I.etV. 1F1200, quittance du 21-09/1465
1466	SIMON Jehan (?)	forgeron	de "Brésilyen"	2000 fers de viretons	VITRE	A.D.I.etV. 1F1200, quittance du 17-04/1466
1472	LE TEXIER Jehan	forgeron	Plélan	le "batail" de la cloche du beffroi (298 l.de fer)	RENNES	A.M.R., liasse 48, 1-02/1472
1475	LE TEXIER Jehan	forgeron	?	autre marteau pour la cloche du beffroi (466 l.de fer)	RENNES	A.M.R. 1050 cptes.
1480	JOUSSET Pierre JOUSSET Jehan (ils sont frères)	forgerons et "ouvriers de vousges", "oupvriers de forges"	Plélan	100 vouges	RENNES	A.M.R., liasse 157 (14-01/1480)
1487	?	?	de Brecilien	100 fers de traits	NANTES	A.M.N. EE159 (1487)
1488	JOUSSET Pierre JOUSSET Jehan	forgerons	"des parties de Brecilien"	"300 picques ferrées d'un bon fer"	RENNES	A.M.R., liasse 158 (20-01/1488)
1488-1489	HEURTAUD Guill.	?	de Brecilien	4 couleuvrines	NANTES	A.M.N. CC 102 (1488-1489)
1489	?	?	de Brecilien et de Montfort	515 fers + 2450 traits d'arbalète	NANTES	A.M.N. EE159 (1489)
1490	JOUSSET Pierre LE TEXIER Guill.	forgerons		picques de rousteau (?), hallebardes et pics (en fer)	RENNES	A.M.R. 1056 fo.26
1490	LE TEXIER Guill.	forgeron		pics, tranchets, pied-de-chèvre (18), "palles", hallebardes (3), pics (4), "cyvières à bras et rouleresses", fers de garots (390)	RENNES	A.M.R. 1056 cptes (le 30 juin 1490)
1490	LE TEXIER Guill.	"faiseur de picques"	"Brecilien"	picques de bois ferrées de fer acéré (187)	RENNES	A.M.R. 1056 cptes (le 3-08/1490) fo. 27
1490	?	"ouvriers de Brécelien"	"Brecilien"	viretons et fers à garots (non chiffrés)	RENNES	A.M.R. 1056 fo.29
Vers 1488-1490	"Les TEIXSSIERS"	et autres "manouvriers de la forest"	forêt de Brecilien	20 000 picques	armée ducal	A.D.I.etV. 1F1546
1527	JOUSSET Yvon SYMONT Michel THOMAS Jehan	forgerons	Plélan	5000 fers de garrot, 1000 picques, 100 fers de hallebardes	RENNES	A.M.R. liasse 161 (1-02/1527)

Par ailleurs, le bourg du Gué possédait un marché hebdomadaire et bénéficiait de deux foires franches par an, dès le XV^e siècle. L'existence de ces lieux d'échange économique existait bien avant cette époque (Cozic, 1993).

Une petite équipe d'historiens a été sollicitée pour pousser plus avant cette recherche documentaire intéressant la métallurgie en forêt de Paimpont et approfondir le fond existant. Partant, un élargissement des données au contexte économique, social et technique relatif au métal, à la fin du Moyen Age et au début de la période moderne dans la région, est envisagé.

E. CONCLUSION

L'attribution chronologique du site de Trécélien à la fin du Moyen Age ou au début de la période moderne (XIV^e – XVI^e siècle), avec une assez forte probabilité pour le siècle médian (XVI^e), constitue l'apport majeur de l'opération réalisée sur le site de Trécélien.

Elle permet de donner en retour une estimation de la période très probable d'activité métallurgique correspondant à la douzaine de ferriers de même nature, reconnus dans le bassin de Paimpont.

Les éléments résiduels d'un four construit à l'aide de blocs de grès longiformes avec revêtement interne d'argile, sont apparus en toute fin d'opération. Compte tenu du contexte tardif de découverte et de conditions météorologiques très défavorables il a été décidé de reporter la fouille de cette structure. Dans l'état actuel de sa mise au jour, il s'avère impossible d'affirmer formellement s'il s'agit d'un bas fourneau, d'un foyer de post réduction (reprise de la loupe de fer obtenue en bas fourneau pour en chasser les impuretés et la rassembler en un lingot), ou même éventuellement d'un four de grillage du minerai.

Des concentrations de parois d'argile cuite trouvées dans d'autres secteurs, en particulier à l'est de l'amas n°2, indiquent la présence très probable d'autres fourneaux ou foyers.

La production du fer relève ici du procédé direct, en bas fourneau, dans des installations de taille sans doute encore modeste, sans utilisation de l'énergie hydraulique.

Les installations de ce type qualifiées de « forges grossières » dans les textes restent bien mal connues sur bien des aspects. Ainsi l'organisation spatiale de ces ateliers, les appareils, les techniques mises en œuvre, les productions, l'approvisionnement en minerai et charbon, et les hommes qui les conduisaient, nous échappent.

L'iconographie relative à la réduction du minerai de fer débute et accompagne la technologie du procédé indirect en haut-fourneau. Bien qu'inspiré de régions éloignées (Autriche, Italie, Portugal...) le célèbre 'De Re Metallica' d'Agricola (1556) constitue certes une exception remarquable. Malgré tout, les métaux tels que l'or, l'argent, le cuivre, l'étain, sont traités dans cet ouvrage de façon beaucoup plus développée que le fer. Les soufflets font apparemment appel à la machinerie hydraulique. Cette technique sous-entend une ventilation plus régulière et plus poussée, permettant selon toute vraisemblance, d'atteindre des températures plus élevées.

En ce qui concerne la région Bretagne la documentation publiée sur le sujet pour la période qui nous intéresse, est, à ce jour, extrêmement lacunaire (les sources sont aussi bien moins nombreuses qu'en Normandie). Les mentions d'activité métallurgique à Paimpont y font en quelque sorte figure d'exception, en contraste d'ailleurs avec les importations de fer espagnol et normand (Leguay, 1982), mais on pressent l'existence d'autres centres de production.

D'une manière plus générale, les fouilles archéologiques concernant ce type d'installation de la fin du Moyen Age sont extrêmement rares. C'est le cas par exemple du chantier mené sur le site de Brussieu et Bessenay dans le Rhône, sous la direction de Paul Benoît et Florian Tereygeol, attesté au XV^e siècle, dont les structures (canal sans doute destiné à la force hydraulique, four de réduction ou d'affinage), restent difficiles à interpréter. Le lavage de minerai et la présence de fosses de décantation, avec boisage daté de cette période sont, par contre, bien avérés (Archéologie médiévale, 2000).

Du fait de l'évolution majeure des technologies au cours de la période considérée, que constitue le passage au procédé direct, avec production de fonte en haut-fourneau, et la généralisation de l'emploi de la force hydraulique en métallurgie, l'argumentaire que l'on peut construire à partir des données de terrain fournies par la fouille du site de Trécélien, dépend étroitement de la précision chronologique que l'on peut obtenir. La diversification des marchés du fer (liée par exemple à l'apparition des canons par exemple), s'inscrit également dans cette optique. La chronologie relative au sein même du site demande, de ce fait, à être affinée. Le recours à la dendrochronologie est envisagé, dans la mesure où les échantillons de charbon de bois des ferriers ou de bois présents dans la zone en permanence humide, présentent un nombre de cernes qui puisse suffire à de tels datations.

La reconduction d'un sondage sur le site de Trécélien en Paimpont est susceptible de faire progresser la connaissance de la métallurgie de procédé direct en Bretagne, à l'aube de l'apparition des grandes forges pré-industrielles ou dans l'ombre des fumées de leurs haut-fourneaux.

Nul doute que la confrontation des faits archéologiques et des données historiques ne permette d'avancer dans la connaissance de l'activité sidérurgique de la fin du Moyen Age ou du début de l'époque moderne.

Il importe de poursuivre la reconnaissance des autres ferriers à scories bulleuses présents sur le massif de Paimpont, afin de mieux recenser et caractériser l'existant (topographie des amas, mobilier métallurgique et céramique associé), compte tenu d'un risque non négligeable de disparition de ces données. Ce travail devrait permettre l'identification de témoins sidérurgiques du même type dans d'autres secteurs de la Bretagne.

ANNEXES

BIBLIOGRAPHIE

- AGRICOLA Georgius, 1556, *De re metallica*, traduction Albert France-Lanord, deuxième édition (Gérard Klopp S.A.), 1992, 510 p.
- ANDRIEUX Jean-Yves, 1987, *Forges et hauts fourneaux en Bretagne, du XVII^e au XIX^e siècle*, Nantes, C.I.D. éditions.
- BELHOSTE Jean-François, LECHERBONNIER Yannick, ARNOUX Mathieu, ARRIBET Danielle, AWTY Brian G., RIOULT Michel, 1991, - *La métallurgie normande, XII^e - XVII^e siècles ; la révolution du haut fourneau*, Cahiers de l'Inventaire, 14, réalisé par le Service Régional de l'Inventaire Général de Basse-Normandie, D.R.A.C., et l'Association Histoire et Patrimoine Industriels de Basse Normandie (Ed.), Caen, 322 p.
- BELHOSTE J.-F. et MAHEUX H., 1984, *Les forges du pays de Châteaubriant*, Cahiers de l'Inventaire, 3, Inventaire général des monuments et richesses artistiques de la France, Pays de Loire, Département de Loire-Atlantique, Nantes, 295 p.
- BERNOUIS Philippe, 1991, - *La sidérurgie médiévale dans la région d'Aunay-sur-Oudon et du Bény-Bocage* (Calvados), *Archéologie médiévale*, tome XXI, Ed. du C.N.R.S., p. 179-208
- BEUCHET Laurent, 1992, *La Motte Salomon - Plélan-le-Grand*, rapport de diagnostic archéologique, SRA Bretagne, Rennes.
- BEUCHET Laurent, DUFURNIER Daniel, FICHET DE CLAIRFONTAINE François, 1998, - *Les ateliers de potiers médiévaux de Fontenay, à Chartres de Bretagne (Ille et Vilaine) du XI^e au XIV^e siècle*, *Archéologie Médiévale*, 28, p. 71-120.
- CALVEZ M., 1989, - *L'invention du Val sans Retour : genèse d'un paysage, Du folklore à l'ethnologie en Bretagne*, Braspart, p. 39-48.
- COURSON Aurélien de, 1863, - *Usements et coutumes de la forêt de Brécélien (1467)*, in *Eclaircissements*, cartulaire de Redon, Paris.
- CHAPELOT Jean, 1978, - *Vaisselle de bord et de table à St Malo-St Servan du XIV^e au XIX^e siècles*, Dossiers du Ce.R.A.A., 1978, N° spécial Fouille sous-marines à St Malo, p.113 à 170.
- COZIC Nicolas, 1993, - *La motte Salomon, Plélan-le-Grand (Ille et Vilaine) 35 223 001 AH ; recherche documentaire sur le contexte historique du site*, Service Régional de l'Archéologie de Bretagne, Rennes, 39 p.
- DENIS Michel, 1957, - *Grandeur et décadence d'une forêt: Paimpont du XVII^e au XIX^e siècle*, *Annales de Bretagne*, t.14, n°3.
- DUVAL J-F., 2000, - *Métallurgie et défrichements en forêt de Paimpont au Moyen Age*, *Annales de Bretagne et des Pays de l'Ouest*, tome 107, n°3, p. 7-28.
- DUVAL J-F., 1998, - *Occupation et mise en valeur du sol dans la région de Plélan-Le-Grand au Moyen-Age (V^e - XIII^e siècle)*, mémoire de maîtrise, Université de Haute-Bretagne, Rennes II, 150 p., 39 cartes.
- ESTOURBEILLON (Marquis de L'), 1894, - *Les revenus de la forêt de Brocéliande aux XV^e et XVI^e siècles*, bulletin de Société Polymatique du Morbihan, 1893, Vannes, p. 121-133.
- FICHET DE CLAIREFONTAINE François, 1996, - *Ateliers de potiers médiévaux en Bretagne*, ouvrage collectif sous la dir. de F. FICHET DE CLAIREFONTAINE, D.A.F., n°55, 166 p.

FEDERATION CARREFOUR DE TRECELIEN, - Les Forges de Paimpont, une activité industrielle du XVII^e au XIX^e siècle, 1993, Association des Amis du Moulin du Châtenay, numéro hors série, imprimerie Spéciale Châtenay, 60 p.

GUERISSE Pauline, 1994, Sites sidérurgiques anciens du Massif de Paimpont, Mémoire de Maîtrise. Dir. Andrieux J.-Y., Rennes II, 229 p.

HERBAUT Claudie, 1991, - A propos de certaines dotations de monastères, aux XII^e et XIII^e siècles, par les seigneurs de la région de Châteaubriant (44), dans 'Moines et métallurgie dans la France médiévale', études issues du colloque du 13-14 mars 1987 à Paris I, Association pour l'Édition et la Diffusion des Études Historiques, A.E.D.E.H., Paris, p. 59-71.

HURTIN S., 1993, - L'église paroissiale de Saint-Méen-le-Grand, D.F.S. de fouille de sauvetage, SRA Bretagne, Rennes.

LARCHER Guy et alii, 1986, - Les charbonniers à Paimpont, contribution à l'histoire d'une commune, Numéro hors série du journal Le Châtenay, Imprimerie spéciale du Châtenay.

LARCHER G. et Alii (ANDRIEUX J.-Y., BRULE A., HERBAULT C., PLAINE J.), 1989, - Sondage d'un bas fourneau et de ses structures annexes, Le Perray en Plélan-le-Grand (sept.-oct. 1989), rapport de fouille, SRA, Rennes.

LARCHER Guy, 1990, Sites métallurgiques de la région de Paimpont, rapport (collectif) de prospection inventaire, S.R.A. Bretagne.

LARCHER Guy, 1991, Sites métallurgiques de la région de Paimpont, rapport (collectif) de prospection et fouille du site de Couédan, S.R.A. Bretagne.

LARCHER Guy, 1992, Sites métallurgiques de la région de Paimpont ; Couesdan en Plélan-le-Grand, rapport de fouille programmée, S.R.A. Bretagne.

LARCHER Guy, 1993, Fer en Brocéliande: recherche, expérimentation (juillet 1993).

LARCHER Guy, ANDRIEUX Jean-Yves, BRULE (Anne), COIGNARD (Joël), FONTUGNE Michel, HERBAUT Claudie, LOYER Stéphane, MOINERAIIS Marc, PLAINE Jean, 1993, Fouilles d'un bas fourneau et de ses structures annexes à l'étang du Perray, en Plélan le Grand (Ille et Vilaine), Revue Archéologique de l'Ouest, 10, 1993, p. 101-114.

LARCHER Guy, 1994, La zone sidérurgique de la forêt de Paimpont (Ille-et-Vilaine)-bilan diachronique. Colloque de Besançon, 10-13 nov. 1993, La Sidérurgie ancienne de l'Est de la France dans son contexte Européen, sous la direction de Michel Mangin, Annales littéraires de l'Université de Besançon, 536 Série Archéologie, 40, p. 113-120.

LEGUAY Jean-Pierre et MARTIN Hervé, 1982, - Fastes et malheurs de la Bretagne ducal 1213-1532, Ed. Ouest France Université, 194 p.

MONARD R., - Un jeton du XV^e siècle trouvé dans les couches supérieures de l'amas de scories d'Ondefontaine, BSAN, t. LVI, p. 633-634.

PUZENAT Léon, 1939, La Sidérurgie Armoricaire, Mémoires de la Société Géologique et Minéralogique de Bretagne, t. IV, Rennes, 399 p.

RAPHAËL Maurice, 1991, - La pipe en terre, Ed. aztec, 285 pages, p. 91.

LA SALVIA Vasco, 2000, -Use of five senses and technical evaluation: metallurgists between tradition and innovation in preindustrial Europe, In : Arts du feu et productions artisanales, 2000, Actes des Rencontres 21-23 octobre 1999, sous la direction de Pierre Pétrequin, Philippe Fluzin, Jacques Thiriot et Paul Benoit, Ed. APDCA, Centre de recherches archéologiques du CNRS, Villes d'Antibes, Ministère de la culture et de la communication, 628 p.

STURSBURG E., 1964, - Geschichte des Hütten-und Hammerwesens im ehemaligen Herzogtum Berg, Beitrage z. Geschichte Remscheids, Heft 8. Remscheid.

VIVET J-B, 1997 - Paléométallurgie du fer à l'est de la Rance et dans le Combournais - bilan interprétatif des données de prospection, Les Dossiers du Ce.R.A.A., 25, p.57-90.

VIVET J.-B., 2000, La Ville Pierre II en Quévert, rapport de prospection thématique 2000, S.R.A., Rennes.

VIVET J-B, 2001, - Le Rocher Abraham, St Pierre de Plesguen (35): un témoin essentiel de l'activité sidérurgique gauloise du Nord de la Haute-Bretagne, *Les Dossiers du Ce.R.A.A.*, 29, p. 79-94.

VIVET J-B. et alii, 2001, - Paléosidérurgie dans l'inter bassin de la Rance, du Combournais à la forêt de Paimpont, rapport de prospection thématique (35), Service Régional de l'Archéologie de Bretagne, Rennes.

n°	description
1	forage stoppé à 30 cm: couche de terre
2	35 cm de profondeur: 20 cm d'humus + scories, 15 cm couche cendreuse, puis sol jaune
3	45 cm de profondeur, même séquence que C57
4	30 cm de terre + scories, puis sol jaune
5	5 cm d'humus arrêt à 20 cm: niveau terre + scories
6	5 cm d'humus, couche marron virant au gris sur 40 cm
7	35 cm de profondeur: couche marron clair virant au gris puis sol jaune clair
8	même séquence que 7
9	40 cm de profondeur: couche marron clair puis sol jaune clair
10	humus suivi d'une couche grise: fragments de charbon sur 40 cm, couche gris clair + jaune clair puis arrêt
11	30 cm de couche noire, puis 10 cm de couche noire avec terre blanche, puis sol jaune clair.
12	couche marron sur 40 cm. Tesson à 35 cm.
13	couche noire sur 40 cm, couche cendreuse sur 5 cm puis sol jaune
14	40 cm d'une couche marron-gris virant vers le gris clair. Pas de mobilier
15	45 cm de profondeur de terre marron foncé + 15 cm de scories, puis argile claire suivie d'une argile ocre sur 10 cm
16	45 cm de terre marron foncé puis argile jaune pâle. Arrêt à 50 cm
17	terre noire, passage blanc à 25 cm, puis terre noire. Passage blanc à 40 cm de nouveau. Terre charbonneuse + scories jusqu'à 64 cm, puis terre granuleuse orangé
18	terre noire charbonneuse + scories sur 43 cm + petits moellons oranges. Couche d'argile blanche à 50 cm
19	en surface: terre noire + scories. Morceaux de paroi + tesson à 40 cm. Argile jaune pâle à 55 cm
20	couche noire + tesson à 10 cm. Couche noire + scories jusqu'à 50 cm, puis niveau d'argile jaune, puis couche rouge jusqu'à 60 cm. Couche jaune pâle à partir de 75 cm
21	couche marron + scories sur 40 cm, puis couche grise virant au jaune clair. Couche jaune à partir de 47 cm.
22	couche noire, puis couche rouge à partir de 40 cm. Couche jaune pâle à partir de 50 cm.

23	couche noire sur 30 cm, puis scories + argile blanche
24	couche noire (brun foncé) jusqu'à 40 cm environ, avec scories, puis passage argile jaune clair vers 45 cm, sous couche intermédiaire
25	couche marron jusqu'à 20 cm. Couche noire ensuite. Charbon de bois à 35 cm. Argile jaune clair à 40 cm (fond).
26	couche marron jusqu'à 25 cm environ (marron plus clair que 25, qui lui-même)
27	sol marron jusqu'à 25 cm environ. Identique à 26.
28	sol marron jusqu'à 25 cm environ, puis argile jaune clair. Peu de scories y compris dans la zone marron.
29	sol marron jusqu'à 20 cm, puis argile jaune clair
30	sol marron (avec quelques charbons et scories) jusqu'à 35 cm environ, puis argile jaune clair
31	sol marron jusqu'à 35 cm. Arrêt car pierre: blocage
32	marron jusqu'à 20 cm, puis blocage (y compris à la barre à mine)
33	sol marron jusqu'à 30 cm, sans matériel archéologique (comme les précédents)
34	4 m plus loin, dans l'alignement des deux piquets de base. Sol 'lessivé' gris uniforme jusqu'à 30 cm, puis résistance importante.
35	en surface: sol marron tirant vers l'orange très foncé, nombreuses scories et morceaux de grès jusqu'à plus de 40 cm. Vers 45 cm, apparition argile jaune clair (pas de transition)
36	couche marron-rouge avec scories bulleuses nombreuses. Moellons oranges à 37 cm. Limon blanc cassé à 44 cm, homogène jusqu'à 49 cm.
37	couche noire terre charbonneuse avec nombreuses scories. Un petit moellon (3 mm) orange à environ 60 cm. Limon blanc cassé à 69 cm.
38	forage entre 36 et 37. 0 à 5 cm: niveau marron avec scories nombreuses. 5 à 35 cm: niveau marron-rouge avec scories. 35 à 44 cm: couche orange ('minerai grillé') sans scorie. 44 à 47 cm: couche blanc cassé plus
39	de 0 à 53 cm: couche marron rougeâtre, très peu de scories. De 53 à 56 cm: sol naturel.
40	de 0 à 20 cm: scories dans couche marron rouge. De 20 à 60 cm: terre marron rougeâtre. De 60 à 69 cm: scories 'décomposées', mélangées à du charbon de bois. 645 cm: argile jaune du sol.
41	couche rouge en surface + scories sur 20 cm, puis couche marron-rouge plus claire. A partir de 45 cm: fragments de scories de faible dimension + charbon. A partir de 60 cm: argile jaune pâle.
42	sol brun très facile à enfoncer. A partir de 45 cm: zone charbonneuse + scories et plus de résistance. Arrêt à 50 cm car niveau non transperçable: grosses scories.
42 bis	essai à 10 cm de 42. Même séquence, puis à niveau rose après 50 cm, puis argile jaune pâle.
43	couche marron + scories sur 50 cm, puis couche rouge jusqu'à 60 cm. Apparition d'argile jaune pâle.
43 bis	A 1 m du tas de l'amas de pierres. Couche marron sur 35 cm, puis argile jaune pâle tirant vers le gris + scories.
44	couche noire + scories sur 60 cm, puis argile jaune pâle.
45	couche noire + scories sur 70 cm. Apparition d'une couche marron.
46	couche noire avec scories facile à enfoncer sur 50 cm, puis terre rouge sur 2 cm. Couche noire-grise jusqu'à 68 cm, puis sol blanc cassé.

AUTORISATION

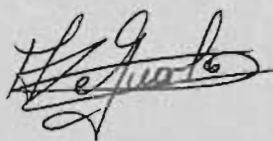
Je, soussigné, Monsieur Alain LE GUALÈS, demeurant à 'Le Pavillon, 35380 PAIMPONT', propriétaire du terrain cadastré ci-après:

Commune de PAIMPONT
Section AR
Parcelle 38

- Autorise la réalisation d'une opération de sondage archéologique sur le dit terrain, au cours de l'année 2002, sous la responsabilité de Monsieur Jean-Bernard VIVET, et sous le contrôle du SERVICE REGIONAL D'ARCHEOLOGIE de BRETAGNE (DIRECTION REGIONALE DES AFFAIRES CULTURELLES).
- Donne mon accord pour un abandon du mobilier mis au jour au cours de cette opération (à l'exception de matériaux précieux), au profit de l'Etat avec dévolution aux collections publiques.

Fait à Paimpont , le 27 Décembre 2002

Monsieur Alain LE GUALÈS



NOTA: Interdiction formelle de fumer en forêt
sous peine de résiliation immédiate de
cette autorisation.

OPERATION DE PROSPECTION THÉMATIQUE 2002

2/2

PALÉOMÉTALLURGIE – PROGRAMME P25

APPORT DES DONNEES ANALYTIQUES ET CERAMIQUES
A LA CARACTERISATION DES SITES SIDERURGIQUES
DE HAUTE-BRETAGNE

Responsable d'opération : Jean-Bernard VIVET

- Analyses minéralogiques et chimiques: Jean-Jacques CHAUVEL / CRPG Nancy
- Analyses radiocarbone: Jacques EVIN et Christine OBERLIN

Direction Régionale des Affaires Culturelles
Service Régional de l'Archéologie de Bretagne

Conseil Général d'Ille et Vilaine

18696

OPERATION DE PROSPECTION THÉMATIQUE 2002

2/2

PALÉOMÉTALLURGIE – PROGRAMME P25

APPORT DES DONNEES ANALYTIQUES ET CERAMIQUES
A LA CARACTERISATION DES SITES SIDERURGIQUES
DE HAUTE-BRETAGNE

Responsable d'opération : Jean-Bernard VIVET

- Analyses minéralogiques et chimiques: Jean-Jacques CHAUVEL / CRPG Nancy
- Analyses radiocarbones: Jacques EVIN et Christine OBERLIN

Direction Régionale des Affaires Culturelles
Service Régional de l'Archéologie de Bretagne

Conseil Général d'Ille et Vilaine

Je remercie vivement le Conseil Général d'Ille et Vilaine et la Direction Régionale des Affaires Culturelles de Bretagne pour le financement de l'opération archéologique de prospection thématique, intéressant la métallurgie antique et ancienne du département.

Je souhaite témoigner toute ma gratitude à Guy LARCHER, dont l'excellente connaissance du terrain et la disponibilité, stimulent agréablement et efficacement les travaux d'investigation des sites métallurgiques du massif de Paimpont.

Mes remerciements vont également au Centre Régional d'Archéologie d'Alet, dont les ressources techniques et documentaires ont permis à l'opération de se réaliser dans de bonnes conditions.

SOMMAIRE

	page
INTRODUCTION	2
A. ANALYSES RADIOCARBONE	
I. RESULTATS BRUTS	3
II. SITE DE LA VILLE PIERRE II EN QUEVERT	4
1. Contexte et éléments d'interprétation	
2. Eléments de comparaison français et européens	
III. SITES SIDERURGIQUES A BOUCHONS D' ARGILE CUITE	7
1. Le Rocher Abraham en ST PIERRE DE PLESGUEN (35) et Casse-cou en PAIMPONT (35)	
2. Les bouchons d'argile cuite coniques, en tant que marqueurs chronologiques des sites sidérurgiques de Haute-Bretagne.	
IV. CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES	9
B. ANALYSES MINERALOGIQUES ET CHIMIQUES	
1. Introduction- provenance des échantillons.	12
2. Résultats d'analyse	12
3. Dernières analyses : microsonde et Trécélien	13
C. LES FERRIERS A SCORIES BULLEUSES DU CANNEE (PAIMPONT)	
1. Mobilier céramique – comparaison avec le site de Trécélien.	16
2. Extension du site primitivement reconnu à une grande partie du bourg du Cannée.	17
BIBLIOGRAPHIE	18

INTRODUCTION

La première partie du présent rapport rend compte du résultat des analyses radiocarbone, qui portent essentiellement sur du mobilier paléosidéurgique provenant de sites de l'Age du Fer. L'une concerne le site de La Ville Pierre II en Quévert (22), près de Dinan, n'ayant pas livré d'élément de datation au cours de la fouille, laissant de ce fait une grande latitude d'interprétation quant à sa période de fonctionnement. Deux autres datations portent sur des sites sidérurgiques sur lesquels ont été découverts des bouchons d'argile cuite coniques, dont Le Rocher Abraham en St Pierre de Plesguen, fouillé en 1999. Ce mobilier très spécifique constitue, de fait, un marqueur chronologique potentiel très intéressant.

Les analyses minéralogiques et chimiques font l'objet de la deuxième partie du document. Elles concernent en premier lieu un essai de caractérisation des gîtes ferrifères de la région de pléchâtel et de Paimpont, sur lesquels ont été découverts de nombreux sites de paléométallurgie. Elle porte d'autre part sur le mobilier sidérurgique des sites à scories bulleuses du massif de Paimpont, que l'on peut maintenant attribuer à la fin du Moyen Age ou au début de l'époque moderne.

Les analyses anthracologiques des charbons de bois collectés sur le site gallo-romain de Pilleverte II en Plesder (35) ont été réalisées, mais le document de synthèse correspondant est en cours. Il fera donc l'objet d'un compte rendu ultérieur.

La troisième partie de ce travail concerne le site à scories bulleuses du Cannée en PAIMPONT (35), pour lequel une description du mobilier céramique amène une comparaison intéressante avec celui mis au jour au cours du sondage archéologique réalisé sur le site de Trécélien (tome 1 du rapport de prospection thématique 2002). Par ailleurs une reconnaissance plus approfondie du terrain a permis de mettre en évidence une extension extrêmement importante de son emprise au sein du bourg, livrant ainsi une dimension toute autre à l'activité métallurgique primitivement décelée.

A. ANALYSES RADIOCARBONE

I. RESULTATS BRUTS

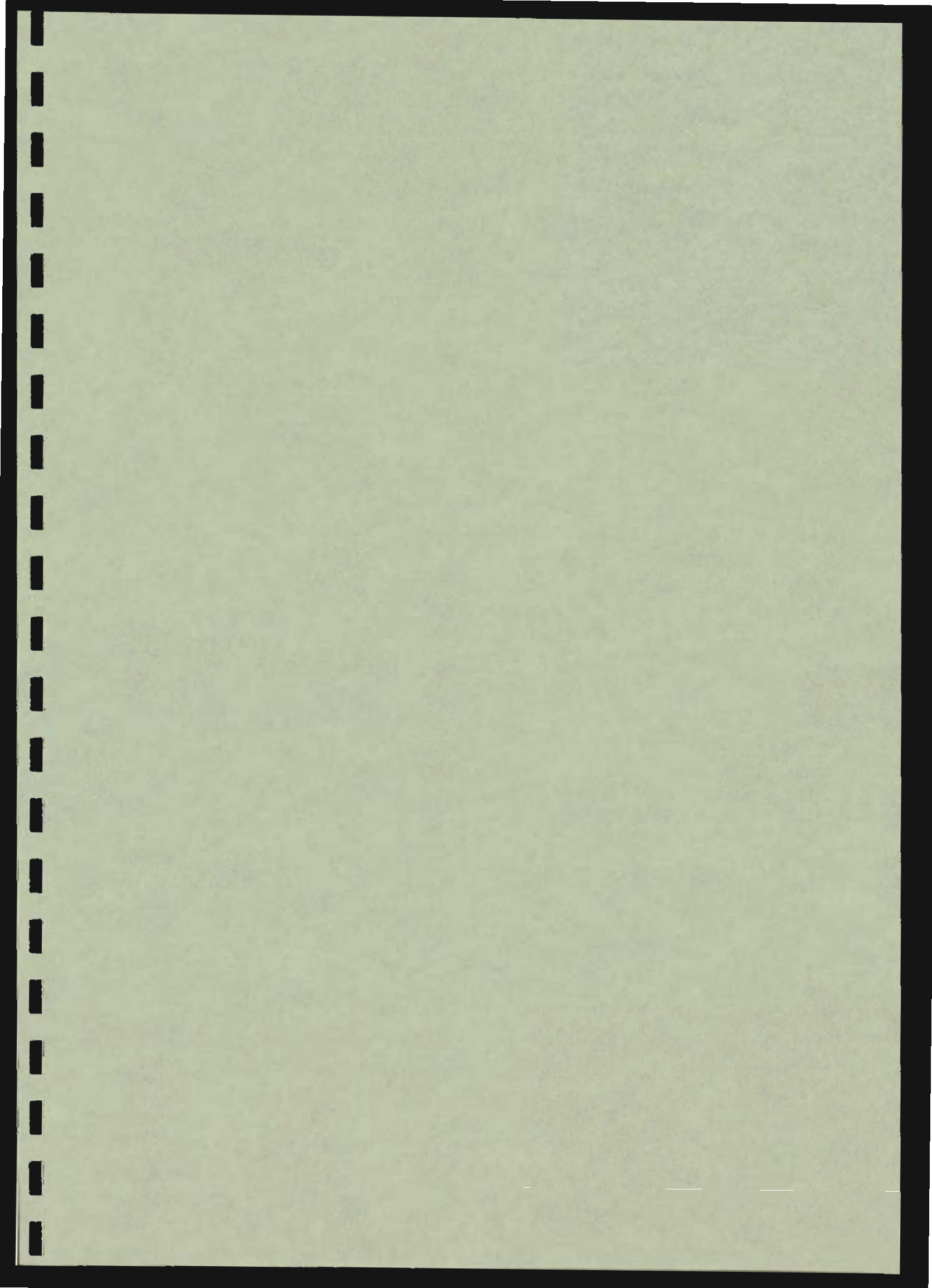
Les résultats des quatre analyses effectuées en 2002 par le Centre de Datation par le Radiocarbone de L'Université Claude Bernard Lyon I, sont retranscrits dans les pages qui suivent.

Les trois premières analyses, réalisées sur des charbons de bois prisonniers de grandes scories de fond de four, fournissent des datations se rapportant de façon cohérente à l'Age de Fer et sont fondamentales pour la compréhension des sites de production de fer appartenant à cette période.

La quatrième datation peut être écartée d'emblée. En effet, malgré toutes les précautions prises dans le choix du prélèvement de charbon de bois opéré au sein d'un amas de scories bulleuses en élévation, bousculé récemment par les travaux forestiers, et appartenant au grand ferrier du Bouroux / La Maçonnais en forêt de Paimpont (Vivet et alii, 2001), l'échantillon s'avère être postérieur aux années 1960. On doit donc conjecturer qu'un feu de bois de grand ampleur, surmontant le ferrier, ait été établi récemment, les charbons de bois se retrouvant alors mêlés ensuite aux scories lors de la perturbation par les engins. Inversement on peut supposer aussi que la masse de ce petit ferrier résulte du déplacement récent d'un amas de scories, venant recouvrir un feu légèrement antérieur.

La confiance accordée à l'échantillonnage de matières carbonées piégées au sein de grandes scories, se trouve de fait renforcée, au détriment du prélèvement de charbons de bois libres, même présentant les meilleurs indices d'une bonne situation stratigraphique.

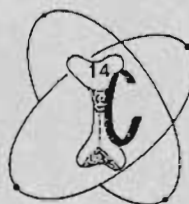
Une prospection géophysique a été réalisée sur ce ferrier, conjointement à un relevé topographique, par des étudiants de l'Université de Rennes 1, sous la direction de Florence Nicollin. La synthèse de ces résultats est en cours, et fera l'objet d'un prochain compte rendu. Outre un état des lieux important pour la protection de ce site, ces travaux devraient fournir des points de comparaison intéressants avec le site de Trécélien, ainsi que des éléments méthodologiques sur la technique de détection géophysique appliquée à ce type d'aire d'activité métallurgique.





CENTRE NATIONAL
DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

UNITÉ MIXTE DE RECHERCHE N° 5138



CENTRE DE DATATION
PAR LE RADIOCARBONE

Université Claude Bernard Lyon 1
Centre des Sciences de la Terre

Archéométrie et Archéologie :
Origine, datation et technologie des matériaux

Monsieur J.B. VIVET
4, rue de la Cité

35400 SAINT-MALO

Résultat d'analyse par le Radiocarbone

Identification de l'échantillon :

13944

Nom du site : LA VILLE PIERRE 2

Commune / Pays : QUEVERT / FRANCE

Niveau / Couche : BAS FOURNEAU F2 - ECH.1

Nature de l'échantillon : CHARBON

Age attendu

par l'expéditeur : 2500 - 2000

Observations

sur le traitement

effectué au laboratoire : R A S

Résultat de l'analyse :

Code laboratoire attribué : LY-11210

Activité ^{14}C par rapport

au standard international : $74,49\% \pm 0,31$

Rapport isotopique

$^{13}\text{C} / ^{12}\text{C} (\text{‰})$: -24,74

Age ^{14}C BP : -2365 ± 35

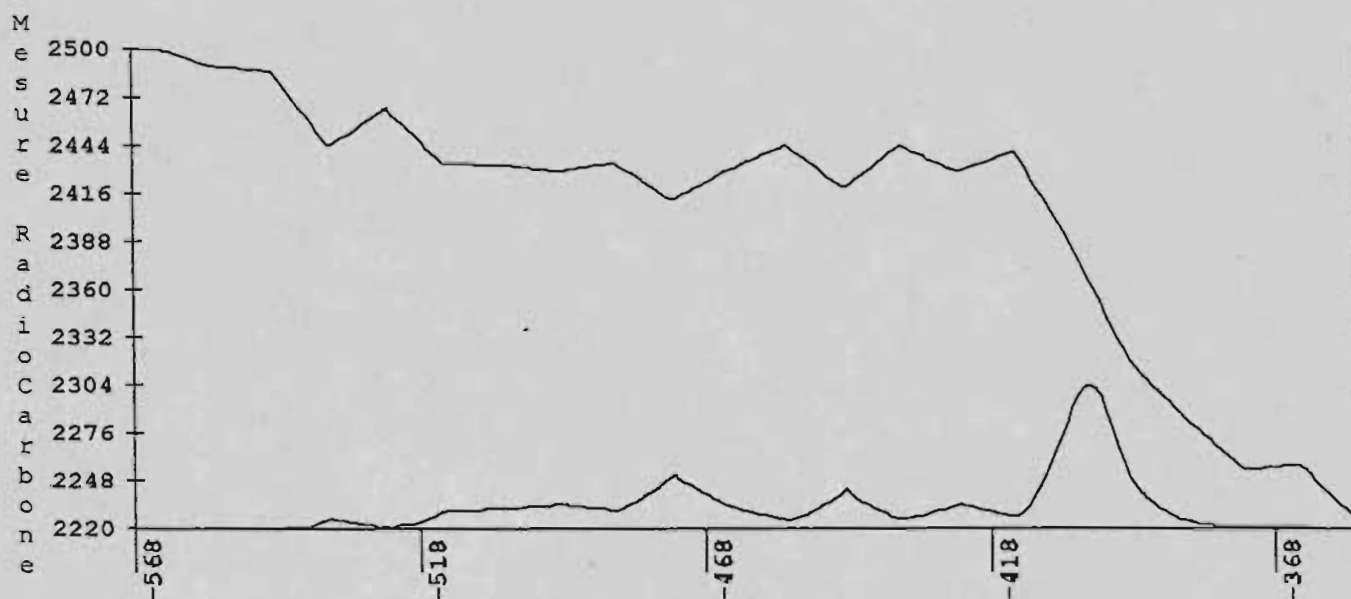
Age calibré : de -503 à -391 av. J.-C.

Dates autour desquelles se situent les maximum de probabilités :
autour de - 400

CALIBRATION

d'après courbe M.Stuiver and J.van der Plicht (eds.) INTCAL 98

— Partie de la courbe de calibration — Résultat pour valeur centrale : 2366 b.p.



Date calibrée

Dates les plus probables (proba décroissantes) : -402 -475 -445 -425 -495
Intervalle 95 % de confiance : [-503, -390] av. J.-C.

LA VILLE PIERRE 2 BAS FOURNEAU F2 - ECH. 1
Code laboratoire : LY-11210 Date 14C BP: 2366±33 BP

AVERTISSEMENTS

SUIVANT LES CONVENTIONS INTERNATIONALES

- La date donnée au verso est exprimée en années radiocarbone B.P.
(Before Present ⇔ avant 1950).
- La marge statistique indiquée est la déviation standard (1 sigma), c'est à dire qu'elle définit un intervalle dans lequel l'âge radiocarbone exact a deux chances sur trois de se trouver, pour avoir une quasi-certitude (environ 95%), il faut doubler cette marge statistique.
- Le résultat tient compte des éventuels fractionnements isotopiques.

CONVERSION DES DATES RADIOCARBONE B.P. EN ANNÉES RÉELLES

- Le calcul des intervalles des dates exprimées en années réelles est assuré par un logiciel dit « de calibration » et développé au centre de datation de Lyon par Philippe Galet.
Ce logiciel qui utilise un algorithme classique de distribution de probabilités, s'appuie sur la dernière courbe de calibration connue (Stuiver & al., 1998), diffusée par le *Quaternary Isotope Laboratory* de l'université de Washington.
La courbe couvre de 0 à 20265 années B.P. par pas de 10 ans ; une interpolation linéaire permet d'obtenir une valeur par année.
- pour les matériaux marins, un âge apparent de l'eau de mer de 400 ± 0 ans a été choisi (soit un $\Delta R = 0$) et une courbe de calibration "Marine" (couvrant de 460 à 20760 ans B.P.) est utilisée pour convertir les dates radiocarbone en années réelles.

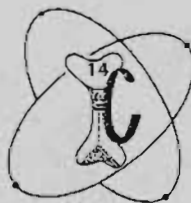
RECOMMANDATIONS

- La date doit toujours être publiée avec son numéro de comptage, soit le CODE LABORATOIRE, exemple: Ly-1995
- La terminologie B.P. doit être exclusivement réservée à la date non corrigée, tandis que les expressions " av. J.-C." ou " ap. J.-C." ne doivent s'appliquer qu'aux âges en années réelles, c'est à dire après correction.
- S'il s'agit d'une datation concernant l'archéologie française, dès son obtention, ce résultat sera incorporé dans la banque nationale de données radiocarbone (BANADORA) qui peut être consultée par Internet à l'adresse: <http://www.univ-lyon1.fr/~carbon14/banadora.html>
- Si l'expéditeur de l'échantillon ne désire pas que son résultat apparaisse immédiatement dans la banque de données, il peut demander sa suppression provisoire pour un délai de deux années en téléphonant au 04 72 43 13 15.



CENTRE NATIONAL
DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

UNITÉ MIXTE DE RECHERCHE N° 5138



CENTRE DE DATATION
PAR LE RADIOCARBONE

Université Claude Bernard Lyon I
Centre des Sciences de la Terre

*Archéométrie et Archéologie :
Origine, datation et technologie des matériaux*

Monsieur J.B. VIVET
4, rue de la Cité
35400 SAINT MALO

Résultat d'analyse par le Radiocarbone

Identification de l'échantillon :

14758

Nom du site : LE ROCHER ABRAHAM

Commune / Pays : SAINT-PIERRE DE PLESGUEN / FRANCE

Niveau / Couche : US 2

Nature de l'échantillon : CHARBON

Age attendu

par l'expéditeur : 2200 -2000

Observations

sur le traitement

effectué au laboratoire : R A S

Résultat de l'analyse :

Code laboratoire attribué : LY-11247

Activité ^{14}C par rapport
au standard international : $76,59\% \pm 0,28$

Rapport isotopique

$^{13}\text{C} / ^{12}\text{C} (\text{‰})$: -24,62

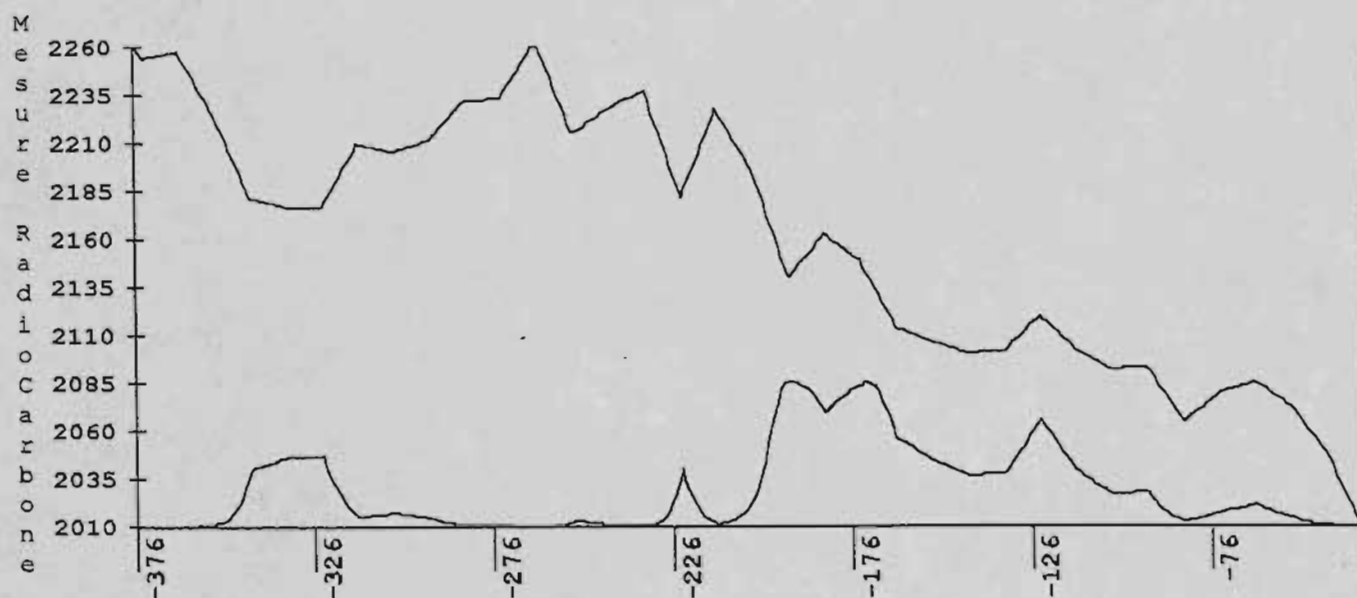
Age ^{14}C BP : -2145 ± 30

Age calibré : de -349 à -65 av. J.-C.

Dates autour desquelles se situent les maximum de probabilités :
de -190 à -120

CALIBRATION
d'après courbe M.Stuiver and J.van der Plicht (eds.) INTCAL 98

— Partie de la courbe de calibration — Résultat pour valeur centrale : 2142 b.p.



Date calibrée

Dates les plus probables (proba décroissantes) : -194 -173 -125 -325 -225
Intervalle 95 % de confiance : [-349, -285] [-258, -242] [-233, -65] av. J.-(

LE ROCHER ABRAHAM US 2
Code laboratoire : LY-11247 Date 14C BP: 2142±29 BP



CENTRE NATIONAL
DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

UNITÉ MIXTE DE RECHERCHE N° 5138



CENTRE DE DATATION
PAR LE RADIOCARBONE

Université Claude Bernard Lyon 1
Centre des Sciences de la Terre

*Archéométrie et Archéologie :
Origine, datation et technologie des matériaux*

Monsieur J.B. VIVET
4, rue de la Cité
35400 SAINT-MALO

Résultat d'analyse par le Radiocarbone

Identification de l'échantillon :

14266 Nom du site : CASSE COU
Commune / Pays : PAIMPONT / FRANCE
Niveau / Couche : 35 211 JBV 2
Nature de l'échantillon : CHARBON
Age attendu
par l'expéditeur : 2000
Observations
sur le traitement
effectué au laboratoire : R A S

Résultat de l'analyse :

Code laboratoire attribué : LY-11246

Activité ^{14}C par rapport
au standard international : $75,91 \% \pm 0,32$

Rapport isotopique
 $^{13}\text{C} / ^{12}\text{C} (\text{‰})$: -25,27

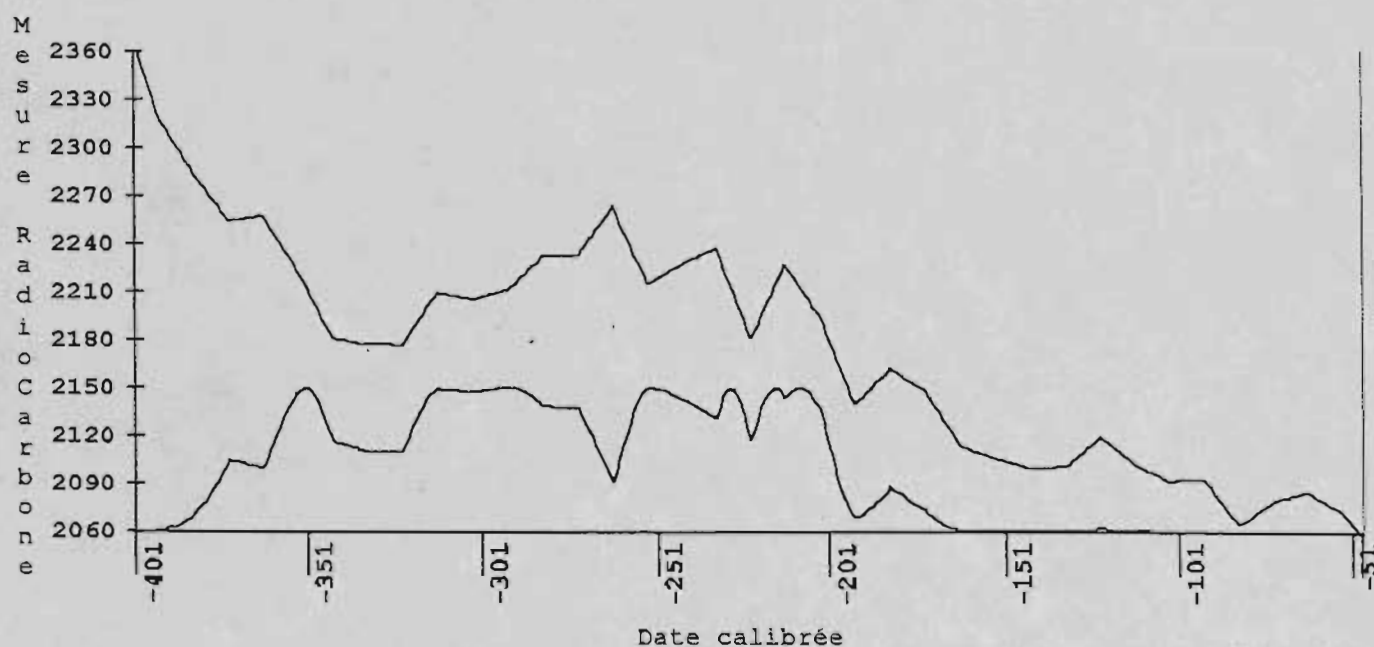
Age ^{14}C BP : -2215 ± 35

Age calibré : de -384 à -175 av. J.-C.

Dates autour desquelles se situent les maximum de probabilités :
sans

CALIBRATION
d'après courbe M.Stuiver and J.van der Plicht (eds.) INTCAL 98

— Partie de la courbe de calibration — Résultat pour valeur centrale : 2214 b.p.



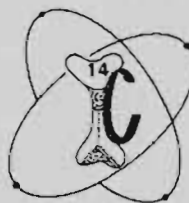
Date calibrée
Dates les plus probables (proba décroissantes) : -211 -218 -294 -231 -255
Intervalle 95 % de confiance : [-384, -175] av. J.-C.

CASSE COU 35 211 JBV 2
Code laboratoire : LY-11246 Date 14C BP: 2214±34 BP



CENTRE NATIONAL
DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

UNITÉ MIXTE DE RECHERCHE N° 5138



CENTRE DE DATATION
PAR LE RADIOCARBONE

Université Claude Bernard Lyon 1
Centre des Sciences de la Terre

*Archéométrie et Archéologie :
Origine, datation et technologie des matériaux*

Monsieur Jean-Bernard VIVET
4, rue de la Cité

75400 SAINT-MALO

Résultat d'analyse par le Radiocarbone

Identification de l'échantillon :

14098 Nom du site : BOUROUX/LA MACONNAIS

Commune / Pays : PAIMPONT / FRANCE

Niveau / Couche : CENTRE D'UN FERRIER

Nature de l'échantillon : CHARBON

Age attendu

par l'expéditeur : XV

Observations

sur le traitement

effectué au laboratoire : R A S

Résultat de l'analyse :

Code laboratoire attribué : LY-11211

Activité ^{14}C par rapport
au standard international : $186,07\% \pm 0,88$

Rapport isotopique

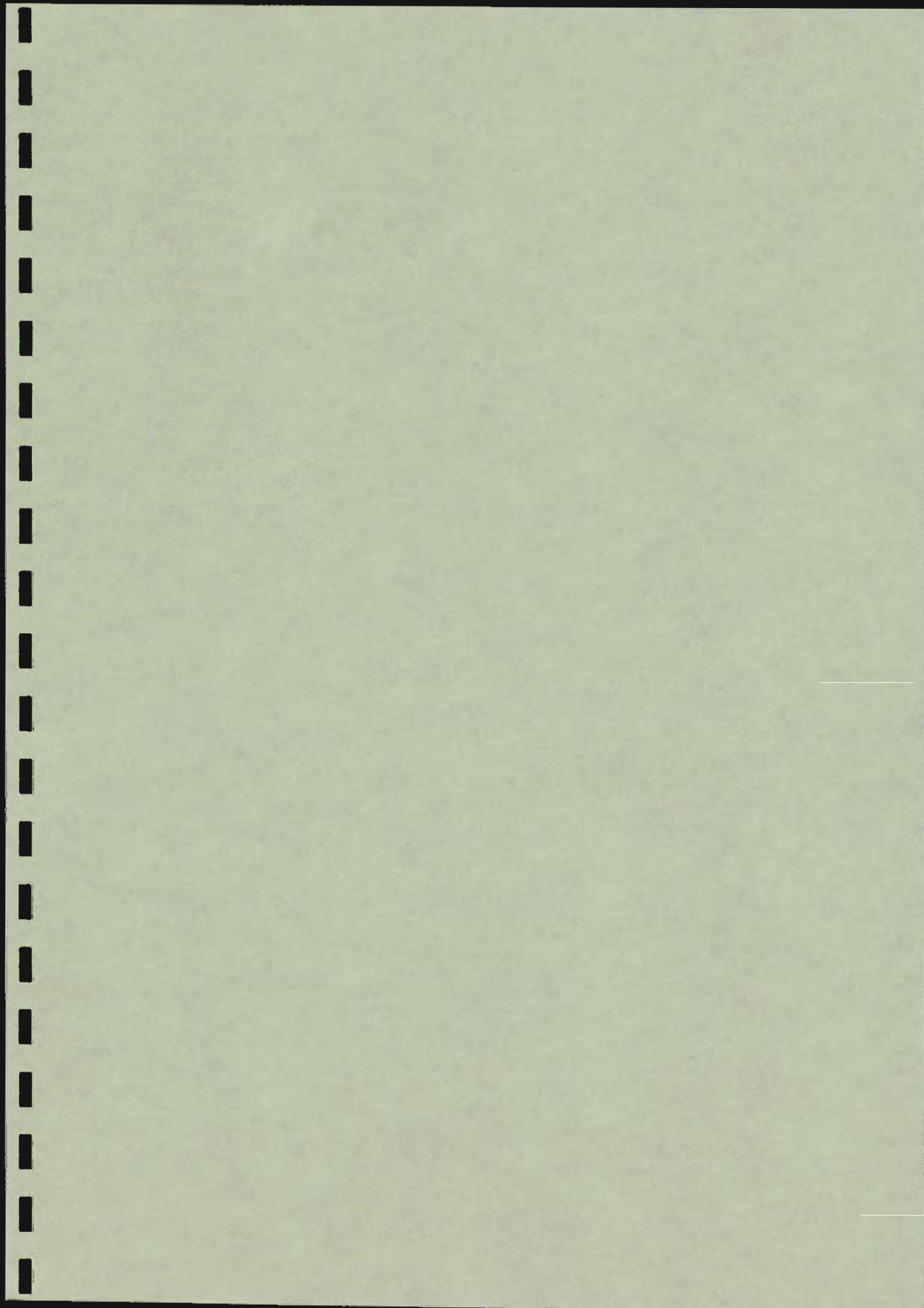
$^{13}\text{C} / ^{12}\text{C} (\text{‰})$: -25,76

Age ^{14}C BP : moderne

Dates autour desquelles se situent les maximum de probabilités :

Observations sur ce résultat :

Echantillon postérieur aux années 1960



II. SITE DE LA VILLE PIERRE II EN QUEVERT

1. Contexte et éléments d'interprétation

Le site de la Ville Pierre II en QUEVERT (22) a fait l'objet d'un sondage en 2000, s'inscrivant dans le cadre d'une opération de prospection thématique sur la paléométallurgie (Vivet, 2000). La fouille a fait apparaître les vestiges de deux bas fourneaux de 80 cm de diamètre, séparés l'un de l'autre d'une distance de 1,75 m.

L'un montrait essentiellement le fond de son creuset, enduré et très rubéfié, en surface du niveau sédimentaire conservé (bas fourneau n°1). L'autre comportait une fosse de réception de la scorie de 40 cm de profondeur. Une grande scorie de fond de four circulaire recouvrait celle-ci. Le dernier tiers de son remplissage (fond) était constitué presque exclusivement de charbon de bois non consommé. C'est dans ce niveau qu'ont été prélevés les échantillons pour analyse radiocarbone.

Un certain nombre de charbons de bois présentaient un nombre de cernes suffisamment conséquent pour qu'une analyse dendrochronologique puisse être tentée par Vincent Bernard (Laboratoire d'anthropologie, U.M.R. 6566 du C.N.R.S., Université de Rennes I). Les résultats de ce travail, parvenus avant la datation radiocarbone, ont été communiqués précédemment (Vivet et alii, 2001). Une datation de - 89 av. J.-C., ou légèrement plus récente (compte tenu que l'on ne disposait pas de l'aubier) était proposée avec la réserve que l'on se situait bien dans la fourchette chronologique pour laquelle la courbe de dendrochronologie avait pu être établie (- 280 av. J.-C. à 211 ap. J.-C.).

La datation radiocarbone qui nous est aujourd'hui parvenue (- 503 à - 391 av. J.-C, en âge calibré), renvoie à une partie de l'échelle dendrochronologique non encore explorée à ce jour dans notre secteur. L'étude pourra cependant être poursuivie lorsque que la courbe de référence aura été précisée.

Quoiqu'il en soit, cette datation, très précoce, qui renvoie essentiellement au début du Second Age du Fer, dans la phase donc de La Tène ancienne, fait indubitablement du site de La Ville Pierre II, le plus ancien site sidérurgique de Bretagne (et peut-être du Grand Ouest, si l'on met à part les travaux de fouille préventive exceptionnels de l'autoroute A28, à hauteur du Mans), ayant fait l'objet d'un sondage archéologique.

L'opération réalisée sur le site de La Ville Pierre II en QUEVERT, a fourni un éclairage important sur les aspects techniques de la production du métal à cette période. Il s'inscrit, qui plus est, dans un ensemble cohérent de plus d'une vingtaine de gisements livrant, en prospection, du mobilier métallurgique de caractéristiques semblables, sur une aire de 4-5 km de côté, centrée sur l'actuel Bois du Parc, dans la commune de TADEN, et intéressant également, outre cette dernière, celles de QUEVERT et CORSEUL.

Une prospection géophysique effectuée en 2001, grâce à l'obligeance de Florence Nicollin (enseignante-chercheur au laboratoire de mesures physiques de Géosciences, Université de Rennes I), a permis de compléter la vision du site, ainsi que celle des sites voisins de même nature, situés à quelques dizaines de mètres plus loin (Vivet et alii, 2001), tout en explorant l'intérêt et les limites des méthodes employées (mesure des déviations du champ magnétique terrestre et mesures électromagnétiques à l'aide d'un engin tracté).

2. Éléments de comparaison français et européens.

Une première recherche bibliographique montre que les sites de réduction, formellement datés de La Tène ancienne ou de La Tène moyenne, ayant été fouillés, sont extrêmement peu nombreux en France et même en Europe. Cela fait du site de La Ville Pierre II un témoin précieux de l'activité sidérurgique remontant à ces périodes reculées. Le secteur géographique précédemment mentionné, incorporant des sites de même nature au voisinage de ce site de référence, constitue par conséquent, une zone potentiellement intéressante pour la connaissance des procédés techniques très anciens.

A titre de comparaison, et de manière non exhaustive, les éléments de fouille recueillis sur des sites sensiblement contemporains sont examinés ci-après.

Ainsi, les vestiges du fourneau du site d'Illesheim en Allemagne de l'Ouest, se présente sous la forme d'une grande sole de 140 cm de diamètre avec une assise en pierre, recouverte de scories (Mohen, 1990). D'après Pleiner (1988), ce four des environs de 500 av. J.-C., présentait probablement une paroi cylindrique.

L'établissement de Bellaires I, en Suisse, dans le jura vaudois, fournit également une date très ancienne pour l'un de ses bas fourneaux (Pelet, 1993). Mis au jour dans les niveaux les plus profonds, aucune tuyère, ni soufflerie artificielle ne peut être attribuée au four X. Sa date calibrée (à 1 σ) se situe dans la fourchette :

- 479 à - 245 av. J.-C. Il ne subsiste plus du four qu'une trace rougeâtre sur le banc calcaire, et à l'est, la fondation du revêtement extérieur, formée de grosses pierres enrobées d'argile (50 cm de largeur). La cuve était montée à l'argile, et son fond, en forme de fer à cheval, d'un diamètre de 60 à 70 cm, repose directement sur le rocher, grossièrement entaillé en forme de cuvette (profondeur 10 cm).

Les exemples fournis par les îles britanniques pour la période qui nous intéresse suggèrent l'existence de «bowl furnaces», creusés dans le sol, dont la hauteur est équivalente à la largeur, possédant éventuellement un courte cheminée (tylecote, 1986). Ces structures, apparemment de dimensions modestes (de l'ordre de 30 à 45 cm de diamètre) posent malheureusement souvent des problèmes d'interprétation ou de datation.

Aux Clérimois, dans l'Yonne, les fouilles réalisées sur le tracé de l'autoroute A5 ont permis de mettre en évidence une activité sidérurgique répartie entre le IV^e siècle av. J.-C. et le V^e siècle de notre ère (Dunikowski et Cabboï, 1995). La mauvaise conservation des structures n'a pas permis de définir en détail les caractéristiques de la production située aux alentours du IV^e siècle av. J.-C. Toutefois, les trois fourneaux en fosse découverts montrent une absence de système d'évacuation des scories, qui s'accumulent soit sur la sole du fourneau, soit dans un petit creusement aménagé à cet effet.

Le fourneau F56, daté par C14 de - 770 à - 310 av. J.-C., est aménagé dans une fosse ovale de 0,80 m à 1 m, aux parois évasées, au manteau d'argile peu épais, et paroi peu scoriacée. On note la présence de conduits d'air dans les parois, de 2 à 3 cm de diamètre. L'absence de traces de réfection des parois et de curage de la base de la cuve tend à montrer le caractère unique de l'opération de réduction.

Les meilleurs points de comparaison, de part la proximité géographique et la date récente des opérations, nous sont fournis par plusieurs sites non publiés, qui ont fait l'objet de fouilles préventives sur l'A28, et pour lesquels on possède des éléments de datation (Dunikowski, 1998). Ils sont désignés par les lieux-dits suivants :

- La Jousserie, commune de La Bazoge (72).

Datation indirecte (structure charbonneuse située à 35 m des bas fourneaux) : - 731 à - 380 av. JC.

- Les Trois Couleurs, commune de La Bazoge (72).

Datations directes, dans le bas fourneau et dans la fosse d'accès :

- 363 à - 84 av. JC
- 382 à - 189 av. JC

Un certain nombre de ces éléments comparatifs sont mentionnés dans la publication concernant le site du Rocher Abraham, qui, bien qu'un peu plus récent que La Ville Pierre II, possède des caractéristiques assez semblables (Vivet, 2001). On peut ainsi énoncer les points suivants :

- Les fourneaux de Quévert fonctionnent sans écoulement de scorie à l'extérieur. C'est également le cas de ceux de site de La Jousserie, et des Trois Couleurs.
- Les fourneaux du Mans comportent une fosse d'accès allongée, aboutissant à une porte ménagée dans la paroi du four, pour le défournement et le rechapage. Ce n'est pas véritablement le cas à La Ville Pierre II, même si des fosses creusées à proximité immédiate du fourneau n°1, ont accueilli une bonne partie des matériaux résultant de l'ouverture du four. Le four n°2, n'est lié à aucune fosse.
- De ce fait le creuset (cuve) des fourneaux du Mans est ménagé dans le sol à des profondeurs importantes : jusqu'à 1,50 m dans le substrat naturel. On atteint au mieux que 40 cm pour le fourneau n°2 de Quévert.
- Les traces de rechapage sur les fourneaux du Mans montrent qu'ils sont prévus pour un mode de fonctionnement à réutilisations multiples. Ainsi qu'il a été montré, ce n'est pas le cas de Quévert.
- Les diamètres internes des fourneaux de Quévert (80 cm) sont sensiblement plus élevés que ceux du Mans (échelonnés entre 55 et 78 cm).
- Ainsi que paraît le confirmer au moins partiellement la prospection géophysique, les fourneaux du secteur de Quévert-Taden, semblent fonctionner au moins dans un certain nombre de cas par paires (de même que sur le site du Rocher Abraham en St Pierre de Plesguen, un peu plus tardif). Ce pourrait être le cas des fourneaux F50 et F56 à La Jousserie. Un lien de contemporanéité semble exister entre les trois fourneaux du site des Trois Couleurs, puisque leurs fosses de travail allongées se rejoignent en un même canal de drainage.

Quant au procédé à scorie piégée dans une fosse réceptacle et fonctionnement unique, il semble avoir persisté au Mans au moins du IV^e siècle av. JC jusqu'au Moyen Age. C'est le cas par exemple du fourneau F37 du site des Trois Couleurs, qui se matérialise par une scorie de fond de four de 50 kg et 55 cm de diamètre, à quelques mètres des fourneaux à scorie piégée et utilisations successives évoqués précédemment, F32, F34 et F38.

L'ensemble de ces appareils à utilisation unique montre de nombreux rapprochements avec ceux des Monts Sainte-Croix en Pologne, découverts par milliers, qui sont plus tardifs (I^{er}-III^{ème} siècle ap. J.-C. essentiellement), et qui ont fait l'objet de fouilles multiples (Radwan, 1966 ; Bielenin 1962). Ces fours ne montrent pas non plus l'existence de système de ventilation, hormis des traces de perforation dans les parois. Ces témoins représentent vraisemblablement une survivance de pratiques métallurgiques celtiques plus anciens.

Les fourneaux de La Ville Pierre II en Quévert, fonctionnant sans évacuation de scorie, peuvent être classés, comme ces derniers, dans la catégorie des « slag-pit furnace », présentés par Pleiner en 1958 (Tylecote, 1987).

Si les appareils fouillés en Bretagne à Quévert (et au Rocher Abraham), semblent plus conçus pour une utilisation unique, il est encore difficile de dire s'il s'agit du seul mode de fonctionnement utilisé au cours du Second Age du Fer dans notre région. La distinction entre ces deux modes de fonctionnement à partir des seules scories est impossible à établir. Il faut avoir recours à d'autres fouilles de sites de la même période et de même nature, pour résoudre cette problématique.

V. SITES SIDERURGIQUES A BOUCHONS D'ARGILE CUITE

1. Le Rocher Abraham en ST PIERRE DE PLESGUEN (35) et Casse-cou en PAIMPONT (35)

Ces résultats d'analyse radiocarbone, parvenus en 2002, concernent deux sites paléosidéurgiques d'Ille et Vilaine, sur lesquels ont été collectés des bouchons d'argile cuite conique, scoriacés pour certains. Le site du Rocher Abraham en ST PIERRE DE PLESGUEN a fait l'objet d'un sondage archéologique en 1999 (Vivet, 1999), dont les principaux résultats ont été publiés (Vivet et alii, 2001). Une série de huit bouchons d'argile cuite a été collectée à l'emplacement du sondage même. Sept d'entre eux nous ont été donnés par l'exploitant de la parcelle, Monsieur Lebeslour, et un élément a été mis au jour lors du décapage précédant la fouille. Les échantillons choisis pour l'analyse radiocarbone sont des charbons de bois issus des couches inférieures de remplissage du bas fourneau n°1. Les charbons disponibles étant en quantité réduite, la datation radiocarbone (destructrice), n'a été réalisée que suite à l'analyse anthracologique (Marguerie, *in* Vivet et alii, 2001). Des prélèvements de paroi ont également été effectués par Philippe Lanos (Laboratoire d'archéométrie, U.M.R. 6566) sur ce même four lors de la fouille, en vue d'une datation par archéomagnétisme. Les résultats des deux méthodes pourront donc être croisés par la suite.

Le site n°1 de Casse-Cou en PAIMPONT, a été découvert en 2001, en prospection (inventeur Guy Larcher), sur une zone de reboisement en pin (Vivet et alii, 2001). Suite à ces travaux, l'aspect de la coupe forestière présentait de nombreuses similitudes avec celle qui a fait l'objet d'une opération de relevés sur le site des Landes en PAIMPONT, et qui comportait aussi au moins un bouchon d'argile (Vivet et alii, 2001). Les prélèvements de charbons de bois ont été réalisés sur une grande scorie de fond de four trouvée sur le gisement (n°1), dans sa partie est, qui jouxte et passe même sous le chemin forestier.

Les résultats ces analyses, réalisées par le Centre de Datation par le Radiocarbone de Lyon, fournissent toutes deux des dates situées au Second Age du Fer. Dans le cas du site de Casse-cou en Paimpont, l'analyse radiocarbone (-384 à -175 av. J.-C.), renvoie à La Tène ancienne et La Tène finale. Quant au site du Rocher Abraham (-349 à -65 av. J.-C.), au vu de ces seuls résultats bruts, les trois phases laténiennes sont concernées. Ces attributions chronologiques sont discutés dans les pages suivantes.

2. Les bouchons d'argile cuite coniques, en tant que marqueurs chronologiques des sites sidérurgiques de Haute-Bretagne.

En complément des deux résultats d'analyse radiocarbone précédents, il convient d'adjoindre celui fourni par la fouille du site de l'Etang du Perray en PAIMPONT (Larcher, 1994), ayant lui aussi livré ces bouchons d'argile (fig. 1). Le tableau suivant résume ces données :

DATATIONS C14 DES SITES PALEOSIDERURGIQUES A BOUCHONS D'ARGILE

site	commune	Age 14C BP	Intervalle	Age calibré limite inf.	Age calibré limite sup.	dates de maximum de probabilité
Le Rocher Abraham	ST-PIERRE-DE-PLESGUEN	-2145	30	-349	-65	de - 190 à - 120
Casse-Cou	PAIMPONT	-2215	35	-384	-175	sans
Etang du Perray	PLELAN-LE-GRAND	-2160	40	-358	-114	-195, -329, -229, -129

En dépit de la largeur des fourchettes de datation, inhérente aux mesures qui concernent l'Age du Fer, on constate une très forte cohérence des valeurs obtenues pour les trois sites. Les âges C14 B.P. obtenus avant calibration sont extrêmement voisins (- 2145, - 2215, - 2160).

Les trois dates calibrées sont un peu plus récentes que celle obtenues pour La Ville Pierre II en Quévert, sans recouvrement avec l'intervalle fourni par ce dernier site. Elles renvoient également au Second Age du Fer et convergent globalement vers la période de La Tène moyenne.

La datation C14 du fourneau n°1 du Rocher Abraham vient confirmer les éléments chronologiques indirects, fournis essentiellement par un élément céramique (pot à deux anses à œillet) mis au jour au sein d'une structure charbonneuse (aire de charbonnage S7) associée à l'activité métallurgique. Bien que la forme de ce type de mobilier ne subisse pas d'évolution très considérable au cours du Second Age du Fer, cette céramique est vraisemblablement attribuable au II^{ème} siècle av. J.-C. (Vivet, 2001). Cette datation est en bon accord avec les dates de maximum de probabilité fournies par l'analyses C14, qui se situent entre - 190 et - 120 av. J.-C. Ces éléments viennent conforter la convergence des dates évoquée précédemment vers la période de La Tène moyenne.

Le mobilier métallurgique (scories, parois de four, orifices de ventilation...) présent sur ces sites sidérurgiques à bouchons d'argile, est parfaitement homogène. Il renvoie à des bas fourneaux fonctionnant sans évacuation de scorie, et à utilisation unique (ou à nombre d'opérations très limité).

La majeure partie des éléments d'interprétation exposés précédemment pour La Ville Pierre II en Quévert, peuvent donc être repris ici, pour le cas des sites à bouchons d'argile.

Les prospections thématiques récentes et les opérations archéologiques précédentes portant sur la paléométallurgie (Vivet, 2001 ; Larcher, 1994) nous ont permis de constater que ce mode de fonctionnement a perduré dans notre région sur plus d'un millénaire, puisqu'il couvre tout l'Age du Fer (site des Remardières à St Pierre de Plesguen pour la plus ancienne datation (- 786 à - 403 av. J.-C.), et au moins une bonne partie de la période gallo-romaine (site de Couesdan à Plélan-Le-Grand et de La Ville d'Ahaut à Meillac). Il est également intéressant de noter que le site de La Ville Pierre II en Quévert, de datation, comme nous l'avons vu, plus ancienne que celle des trois sites à bouchons d'argile, n'a pas livré ces éléments mobiliers remarquables. De fait, les bouchons d'argile, en tant que marqueurs chronologiques, paraissent bien fournir un critère de discrimination essentiel de ces sites sidérurgiques d'apparence trop semblable.

La répartition géographique reconnue actuellement (fig.2) concerne uniquement la Haute-Bretagne et plus précisément l'Ille et Vilaine, avec au nord, la commune de St-Pierre-de-Plesguen, et au sud, les communes de Paimpont, Plélan-Le-Grand et Pléchâtel (Vivet et alii, 2001). L'activité métallurgique du site du Bas Lannouée en YVIGNAC (22), également datée par l'intermédiaire de charbons de bois prisonniers de scories de fond de four, est sensiblement contemporaine : - 402 à - 208 av. JC (Vivet, 2000), mais la prospection n'a pas livré, à ce jour, de bouchons d'argile cuite. Il est possible que cet élément technologique puisse constituer un trait caractéristique du savoir-faire de métallurgistes issus d'une population celtique bien précise. Dans ce cas, la distribution de ces marqueurs chronologiques, pourrait fournir, à terme, un élément d'appréciation des limites territoriales attachées à ces peuples. Quoiqu'il en soit, il est encore bien trop tôt pour pouvoir utiliser ce type d'argument, l'état des prospections sur ce thème pour l'ensemble de la région étant par trop inégal.

REPARTITION DES SITES SIDERURGIQUES A BOUCHONS D'ARGILE EN BRETAGNE

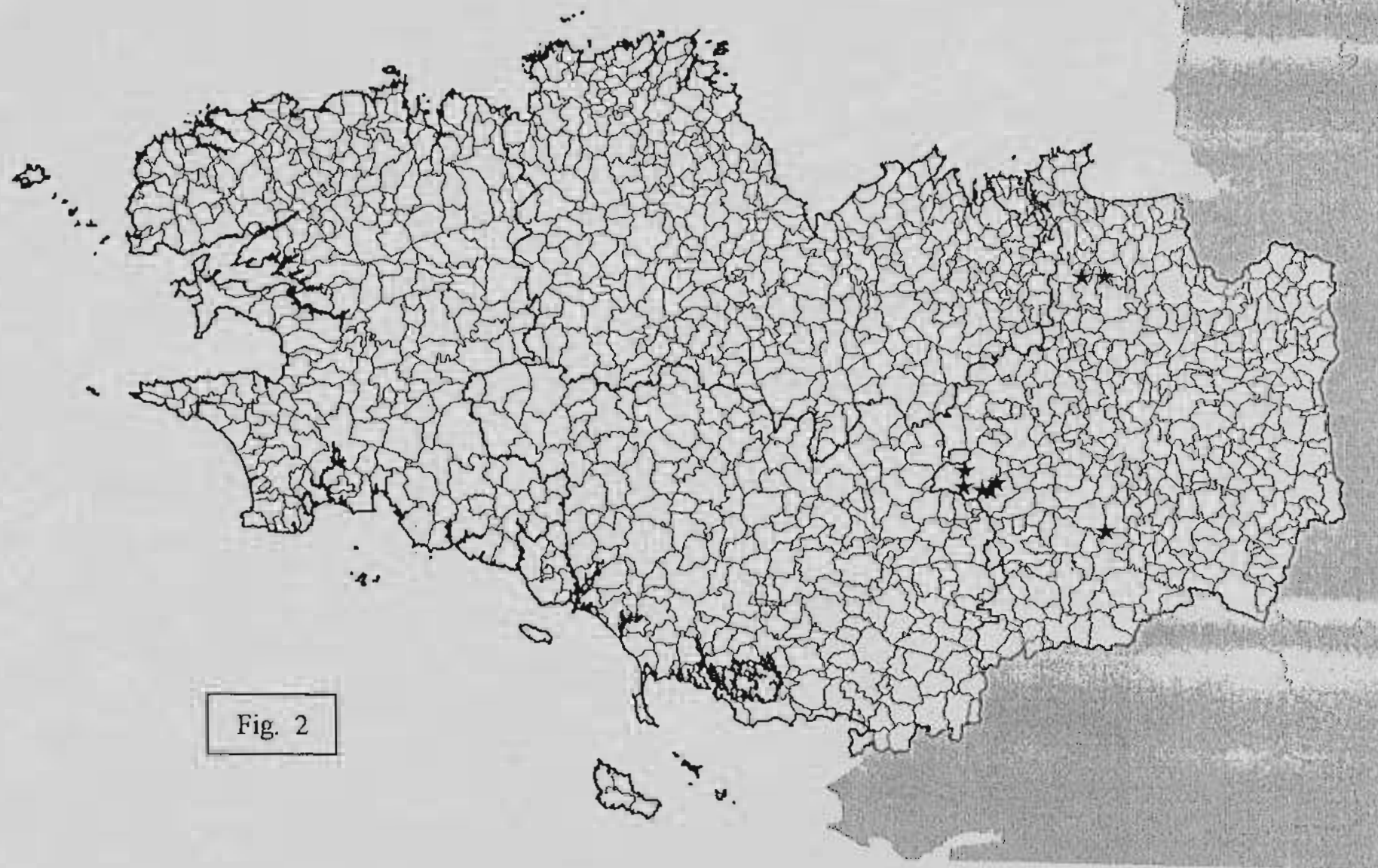


Fig. 2

VI. CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Ainsi que nous venons de le voir, les bouchons d'argile cuite coniques peuvent être considérés, dans l'état actuel de la question, comme de bons marqueurs chronologiques des sites sidérurgiques du Second Age du Fer, ayant fonctionné en Bretagne entre le IV^{ème} et le II^{ème} siècle av. J.-C.

L'absence d'habitat permanent sur place, pour la grande majorité des sites de production du fer fonctionnant en procédé direct, depuis l'Age du Fer jusqu'au Moyen Age, rend peu probable la découverte de mobilier datant. Le recours à la datation radiocarbone s'avère, ainsi que le montrent les exemples précédents, d'un intérêt certain pour la connaissance des savoirs techniques relatifs à la sidérurgie et du rôle joué par le métal dans les sociétés. L'emploi de cette méthode de datation doit être poursuivi. Ainsi, l'utilisation systématique du C14 a permis en Scandinavie de dresser une courbe précise de l'évolution de la sidérurgie sur plus de deux millénaires (Collardelle et alii, 1999).

Ainsi que l'attestent les travaux menés au cours de ces quatre dernières années dans le cadre de la prospection thématique sur la paléométallurgie, les chronologies pressenties jusque là ont été, en Bretagne, de même qu'en d'autres régions françaises (Bourgogne, Franche-Comté) complètement bouleversées.

Les derniers résultats obtenus permettent d'orienter et concentrer la recherche en 2003 vers la prise en compte, dans l'évolution des procédés, du diamètre interne des bas fourneaux, en tant que variable technique (conditionnant la conduite des appareils), pouvant fournir un élément de caractérisation important des sites paléosidérurgiques.

B. ANALYSES MINÉRALOGIQUES ET CHIMIQUES

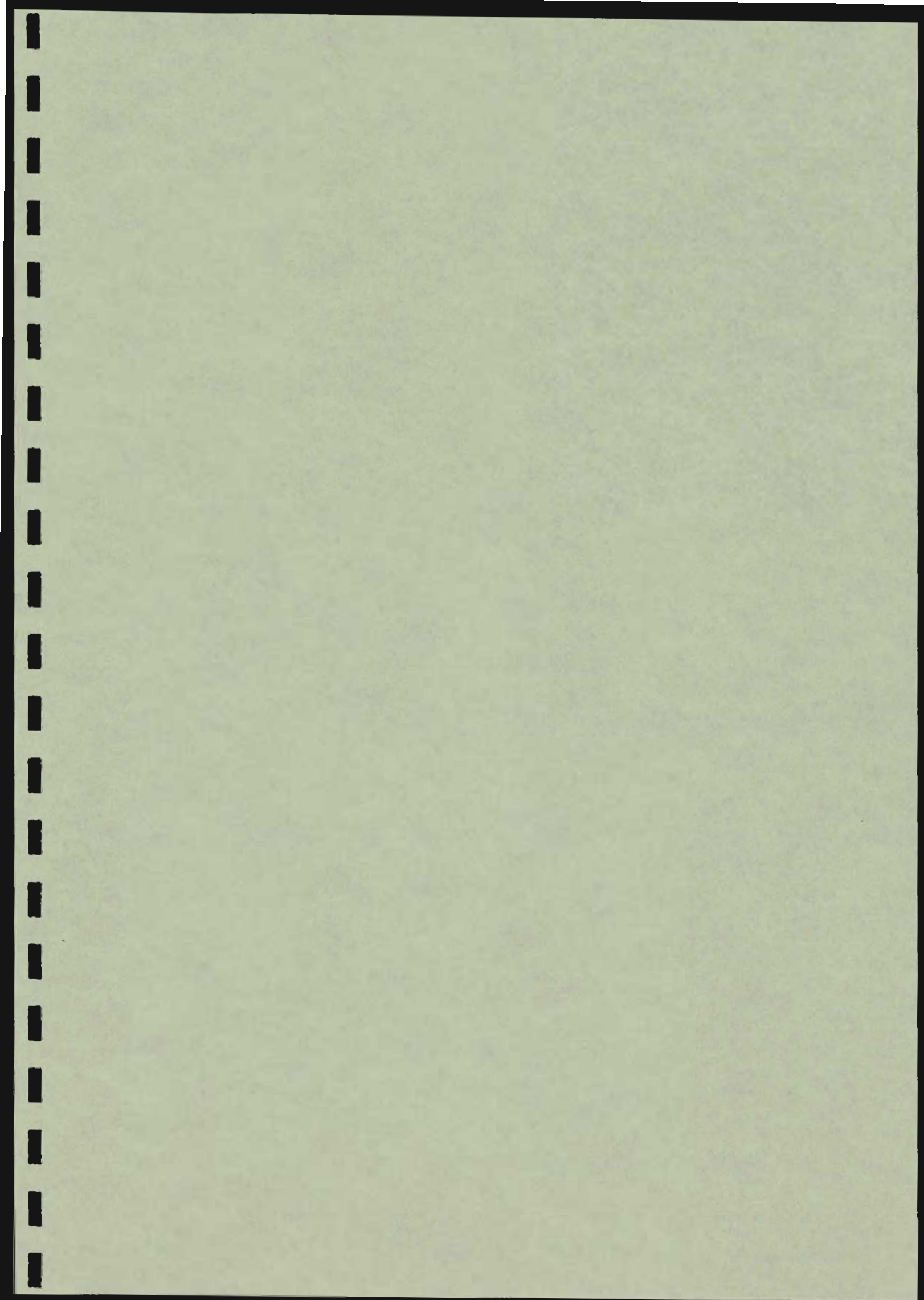
1. Introduction – provenance des échantillons.

Les échantillons qui ont été sélectionnés pour analyse s'inscrivent dans une recherche portant sur deux types de gisements métallurgiques. L'un concerne les ferriers à scories bulleuses du massif de Paimpont attribuables à la fin du Moyen Age ou au début de l'époque moderne (Larcher, 1992 ; Vivet et alii, 2001). L'autre se réfère à la série de gisements non formellement datés du secteur de Pléchâtel, mis en évidence par Stéphane Blanchet et Maurice Gautier (Vivet et alii, 2001). Dans les deux cas l'examen des ressources minières est examiné, par le biais de minerai grillé trouvé à l'emplacement des accumulations de scories et de minerai brut disponible sur place ou sur des gîtes proches. De même la composition chimique et la constitution minéralogique des scories est étudiée.

- La prospection opérée en 2002 sur les trois ferriers du Vert Pignon, situés au nord de la commune de Paimpont, a permis en effet de collecter une petite série d'échantillons de minerai grillé et de minerai cru. La céramique n'est pas non plus absente, mais les quelques éléments ramassés sont difficilement identifiables. L'étude des scories vient compléter celles effectuées l'an dernier pour les sites à scories bulleuses du Laitray et de Trécélien, afin de tenter de reconnaître ce qui fait leur spécificité et essayer d'interpréter les modes de fonctionnement des fours qui leur ont donné naissance.
- Malgré des conditions de visibilité du terrain assez bonnes, les prospections réalisées sur le site de La Ville Ville en Pléchâtel, n'ont pas permis de reconnaître de mobilier céramique datant. Les scories présentes en grand nombre sur deux secteurs voisins bien individualisés renvoient sans conteste à un fonctionnement de four à évacuation de scorie. Mais contrairement aux sites du Combournais ou du bassin de Rance de même nature, aucun élément ne permet de les rattacher à la période gallo-romaine (Vivet, 1997). Les grandes lacunes en matière de sidérurgie qui subsistent en Bretagne, pour les périodes comprises entre le haut-empire gallo-romain et la fin du Moyen Age, de même que la question du début d'utilisation de ce procédé à évacuation de scories amènent à envisager une datation radiocarbone de ce site, dans la mesure où des scories puissent livrer suffisamment de matière carbonée, sous forme de charbons de bois piégés, pour permettre l'analyse C14.

2. Rapport d'analyse

Les résultats des études minéralogique et chimique des minerais et scories sont présentés dans les pages qui suivent (J.J. CHAUVEL).



PALEOMETALLURGIE DU FER

COMPOSITION MINERALOGIQUE ET CHIMIQUE

DES MINERAIS ET SCORIES

REGION DE PLECHATTEL

*LA VILLE VILLE
LES ROTIS*

FORET DE BROCELIANDE

LE VERT PIGNON

*JEAN-JACQUES CHAUVEL
OCTOBRE 2002*

LES ECHANTILLONS TRAITES

Les échantillons étudiés proviennent:

*** de la Forêt de Brocéliande**

site du *Vert Pignon*: échantillons JBV 118, JBV 119, JBV 122 et JBV 125

*** de la région de Pléchâtel (35):**

- site de la *Ville Ville*: échantillons JBV 116, JBV 117, JBV 121 et JBV 123

- site des *Rôtis*: échantillons JBV 120 et JBV 124.

Ces échantillons ont fait l'objet des analyses suivantes:

- examen par microscopie optique en lumière transmise et en lumière réfléchie;
- analyse chimique (CRPG - Nancy).

Les données sont reportées dans les tableaux 1,2 et 3

Les analyses chimiques ponctuelles à la microsonde (Microsonde-Ouest - Brest) sont en cours de programmation.

LE TRAITEMENT DES DONNEES ANALYTIQUES

Les teneurs en éléments en traces ont été normalisées par rapport à la composition du North American Shale Composite (NASC) fournie par Haskin *et al.* (1968)¹.

Les teneurs en Terres Rares (TR) ont été normalisées par rapport aux chondrites C1 en utilisant les facteurs de normalisation de Boyton (1982)², et ont été comparées aux valeurs fournies par Taylor et Mac Lennan 1985¹ pour le NASC et pour la Croûte continentale supérieure (CCS).

On trouvera sur la figure 3A le récapitulatif des caractéristiques du profil des courbes de normalisation:

- *anomalie en Europium: $(Eu/Eu^*)_N$
- *fractionnement des TR: $(La/Yb)_N$
- *fractionnement des TR légères: $(La/Sm)_N$
- *fractionnement des TR lourdes: $(Gd/Yb)_N$

¹In S.R. Taylor & S.M. Mac Lennan, 1985, The Continental Crust: its Composition and Evolution. Blackwell Scientific Publications

²In H.R. Rollison, 1993, Using geochemical data: evaluation, présentation, interpretation. Longman Scientific & Technical.

FORET DE BROCELIANDE

Site du Vert Pignon

EXAMEN MICROGRAPHIQUE

Les deux échantillons de scories coulées examinés sont très voisins et présentent les caractères essentiels suivants:

- * abondance de la phase vitreuse;
- * présence très fréquente d'une phase minérale dont les formes cristallines conduisent à penser qu'il s'agit probablement d'un spinelle. Le pouvoir réflecteur étant relativement élevé on pourrait être en présence de magnétite. L'abondance de magnétite dans les scories n'étant pas un fait constant, la composition de cette phase minérale demande à être confirmée par analyse à la microsonde.

LA COMPOSITION CHIMIQUE

Les deux échantillons de minerai sont caractérisés par des teneurs très basses en Al_2O_3 et en éléments alcalins. Les teneurs en éléments traces sont en général inférieures à celles du NASC (fig. 2A). On notera les enrichissements en Cr, U et Zr (tabl. 2).

Par comparaison avec les courbes fournies par le NASC et la Croûte supérieure, la courbe de normalisation des Terres Rares (Fig. 3A) présente un profil remarquable :

- * le fractionnement des TR légères est plus faible
- * la courbe de normalisation des TR lourdes montre un fractionnement entre Gd et Ho suivi d'une remontée très significative du profil. Cette remontée du profil, au niveau des TR les plus lourdes, se traduit par une valeur du fractionnement des TR (entre 2;3 et 3,3) beaucoup plus faible que pour le NASC (6,96) ou la Croûte supérieure (9,19). On notera ici que la courbe de normalisation est tout à fait identique à celle fournie par l'échantillon de minerai grillé recueilli au Laitray (voir rapport de Décembre 2001)³.

L'analyse des scories recueillies sur le site du Vert Pignon est caractérisée, en ce qui concerne les éléments majeurs, par des teneurs significatives en CaO. L'examen des données et des figures 1,2 et 3 montre une évidente relation entre les résultats fournis par l'analyse des minerais (crus et grillés) et ceux fournis par l'analyse des scories. Les courbes de normalisation au NASC sont très voisines (fig. 2) et, pour les Terres Rares, les profils des courbes de normalisation aux chondrites présentent des caractéristiques identiques, avec, toutefois, un profil plus plat pour les TR légères (fig. 3).

³ Chauvel J.-J., 2001, Paléoméallurgie du fer. Composition minéralogique et chimique des minerais et scories; Bassin de la Rance, Quévert; Forêt de Brocéliande, Le Laitray, le Pas du Chagrin.

La comparaison avec les minerais issus de l'altération du socle (tabl. 4) pose ici quelques problèmes. En effet le fractionnement des TR est très voisin de celui des minerais ordoviciens et beaucoup moins accentué que pour les minerais de cuirasse. D'autre part la teneur totale en éléments en traces est plus élevée que dans les autres minerais liés à l'altération. On notera ici que la valeur du fractionnement des TR est identique à celle du minerai de cuirasse du bassin de la Rance. Le sous-sol de la Forêt de Brocéliande renfermant plusieurs couches de minerai ordovicien, la question reste posée: la réduction a-t-elle été conduite à partir d'un matériel provenant d'une cuirasse d'altération ou à partir du minerai ordovicien frais ou altéré en surface?

Reste la question des teneurs en CaO. On dispose actuellement, pour les chantiers paleosiderurgique de Bretagne, de données concernant essentiellement la Bretagne septentrionale où l'on a pu montrer que le minerai utilisé provenant de l'altération du socle était très pauvre en alcalins. Sur ces chantiers, les teneurs en CaO des scories sont le plus souvent très faibles mais peuvent ponctuellement atteindre 1,5%. Les scories du Vert Pignon atteignent des teneurs en CaO de 2%, ce qui amène à poser quelques questions. En Bretagne Nord, dans les scories, le calcium est essentiellement porté par la phase vitreuse et on considère généralement qu'il est apporté par le combustible. En Forêt de Brocéliande, l'augmentation de la teneur en CaO est elle significative et reflète-t-elle seulement une différence dans le combustible utilisé? Traduit-elle l'utilisation d'un ajout calcaire? Seules des analyses plus nombreuses pourront apporter des éléments de réponse à cette question dont l'importance, en matière d'évolution des techniques de réduction des minerais de fer, n'a pas besoin d'être soulignée. On notera qu'en ce qui concerne les teneurs en CaO des scories, la question de l'origine du minerai (cuirasse? couche?) n'entre pas en ligne de compte, les teneurs étant très faibles dans tous les cas.

REGION DE PLECHATTEL

Site de la Ville Ville

Le site de la Ville Ville a fourni des échantillons de minerai grillé et de scories coulées. Compte tenu de la nature et de la taille des échantillons, l'étude micrographique n'a pas été possible et l'on dispose essentiellement de données concernant la composition chimique.

Les minerais, comme les scories, sont très pauvres en éléments alcalins et les teneurs en CaO sont très inférieures à 0,50%.

Pour les éléments en traces, les teneurs fournies sont le plus souvent inférieures à celles du NASC sauf en ce qui concerne W (fig. 2B).

La normalisation par rapport aux chondrites fournit des courbes (fig. 3B) dont le profil est plus plat que pour le NASC et la Croûte continentale supérieure

La composition des scories coulées montre des caractéristiques très voisines de celles des minerais: pauvreté en CaO, enrichissement en W, profil des courbes de normalisation aux chondrites. On remarquera cependant que par rapport au minerai les scories sont très appauvries en Co (fig. 2B), ce qui laisse à penser que cet élément est resté lié à Fe au cours de la réduction.

Site des Rôtis

Le minerai cru recueilli sur le site des Rôtis, bien que très voisin de celui de la Ville Ville, présente quelques particularités (tabl. 2) et l'on notera en particulier les teneurs en As et Zr significativement plus élevées. Le profil des courbes de normalisation est ici encore très proche de celui des courbes fournies par le NASC et par la Croûte continentale supérieure (Fig. 3C) avec, cependant, un fractionnement des TR lourdes un peu plus élevé.

Le matériel fourni par les sites de la région de Pléchâtel permet de proposer les conclusions suivantes:

- * La composition des scories, recueillies à la Ville Ville est compatible avec celle du minerai recueilli sur le site.
- * La mise en place du minerai est liée à l'altération du socle
- * Le minerai recueilli sur le site des Rôtis a des caractéristiques voisines de celles du minerai de la Ville Ville mais, dans l'état actuel de la prospection, il semble difficile d'envisager qu'il ait pu alimenter le site de la Ville Ville, les teneurs en As et Zr étant incompatibles avec celles des scories.

CONCLUSION

Comparaison entre les données recueillies en Forêt de Brocéliande, dans la région de Pléchâtel et dans le Bassin de la Rance

La comparaison des données actuellement disponibles pour les sites paléosidéurgiques déjà étudiés amène quelques remarques importantes (tabl. 4):

* Dans la région de Pléchâtel, le minerai utilisé pour les opérations de réduction résulte du cuirassement ferrallitique lié à l'altération des roches du sous-sol.

En Bretagne et quelle que soit la provenance géographique, ce type de minerai est caractérisé par:

- une grande pauvreté en éléments alcalins;
- des teneurs en éléments traces généralement inférieures à celles fournies par le

NASC

On notera que ce type de minerai est également plus pauvre en éléments traces que les minerais ordoviciens du Bassin ferrifère de Bretagne-Anjou

* Par rapport au matériel recueilli dans le Bassin de la Rance et dans la région de Pléchâtel, le matériel recueilli en Forêt de Brocéliande (Le Laitray, Le Vert Pignon) est caractérisé par:

- des teneurs en Cr, V et Zr significativement plus élevées;
- une teneur totale en éléments traces plus élevée;
- un fractionnement des TR nettement moins accentué qu'à Pléchâtel mais du même ordre que celui de Quévert et que celui des minerais ordoviciens;
- une inversion du profil de la courbe de normalisation des TR les plus lourdes.

Ces premiers éléments de comparaison amènent quelques remarques:

* il paraît possible, à partir des résultats des analyses chimiques complètes du matériel recueilli sur les sites paléosidéurgiques, de déterminer le type de minerai utilisé (minerai de cuirasse ou minerai de couche);

* le matériel fourni par les sites de la Forêt de Brocéliande présente des caractéristiques originales. A partir des données actuellement disponibles il n'est pas possible de préciser si ces caractéristiques sont liées:

- à la nature des roches du sous-sol. On notera que dans la région de Quévert les variations de teneur en Zr entre les sites ont été rapportées au fait que les cuirasses sur granite et sur schistes briovériens n'ont pas la même composition;

- aux caractéristiques techniques des opérations de réduction. La présence de teneurs un peu plus élevées en CaO, l'abondance (qui reste à confirmer) de magnétite ainsi que l'allure générale des scories posant un certain nombre de question: influence réelle du combustible? nature et intensité de la ventilation? utilisation d'ajouts?

	(La/Yb)N	(La/Sm)N	(Gd/Yb)N	Σtraces (ppm)
Brocéliande	2,44-2,33	1,55-2,29	0,99-1,29	965-2296
Pléchâtel	5,41-9,58	2,27-2,8	1,42-2	722-1000
Quévert	2,1-3	1,29-2,36	1,17-1,64	422-498
NASC	6,96	3,53	1,35	
CCS	9,19	4,19	1,39	
Cuirasses* 7 échantillons	moy.=7,33	moy.=2,97	moy.=2,4	moy.=1177
Couches*. 17 échantillons	moy.=2,45	moy.=1,7	moy.=1,1	moy.= 3569

* données non publiées (programme PATRIFER)⁴

Tableau 4: Quelques caractéristiques comparatives

⁴ Société Géologique et Minéralogique de Bretagne. Programme PATRIFER. Coord. Chauvel, Jigorel & Lefeuvre. *A paraître*

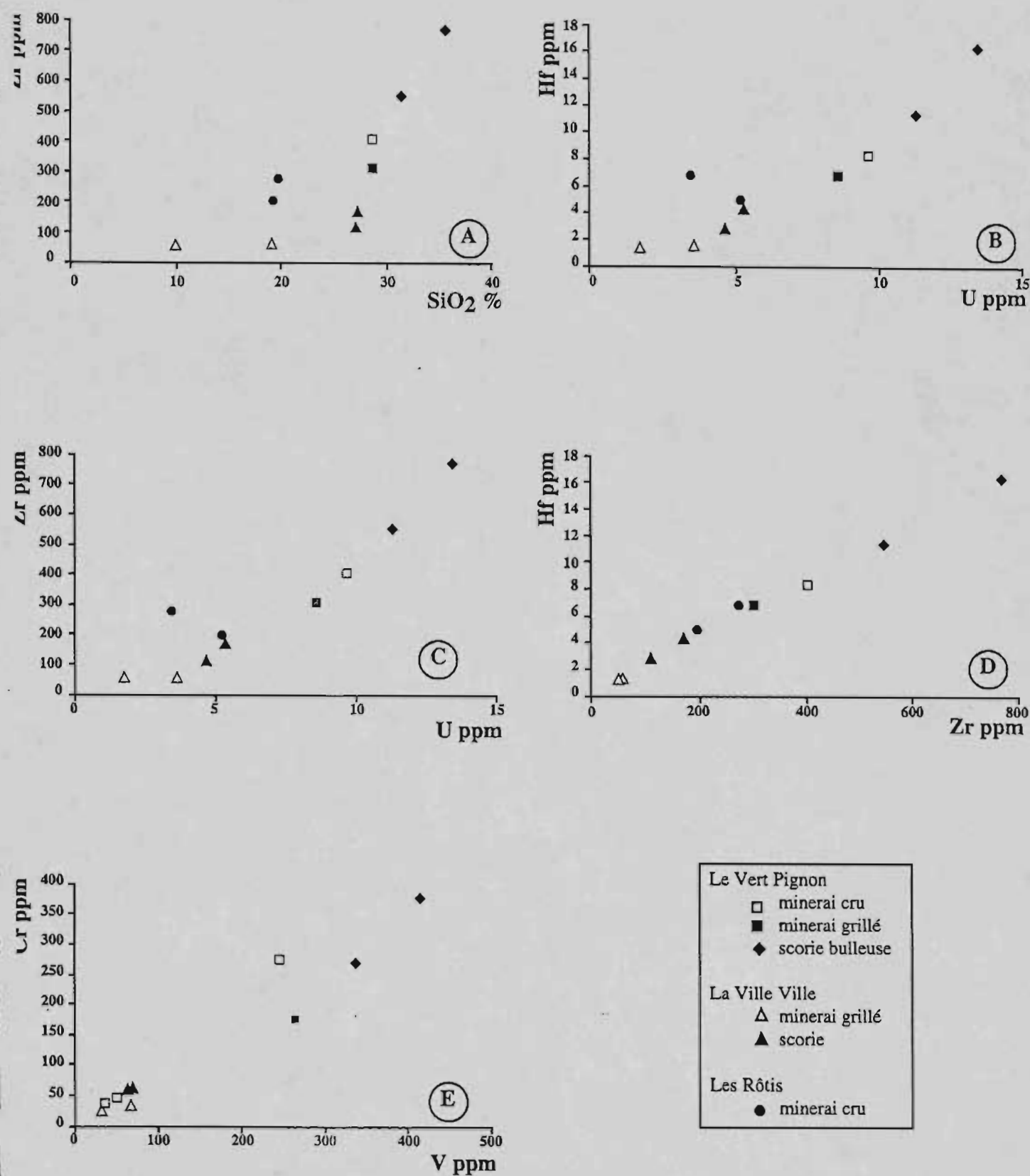


Figure 1: Composition chimique - éléments majeurs et en traces

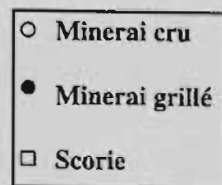
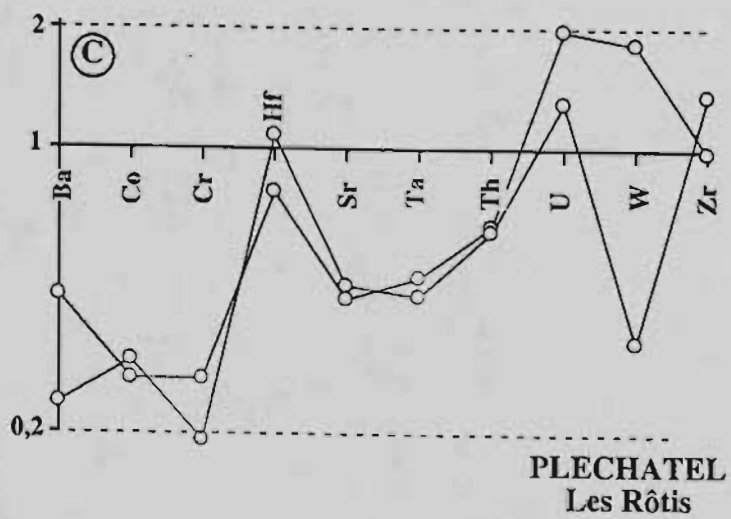
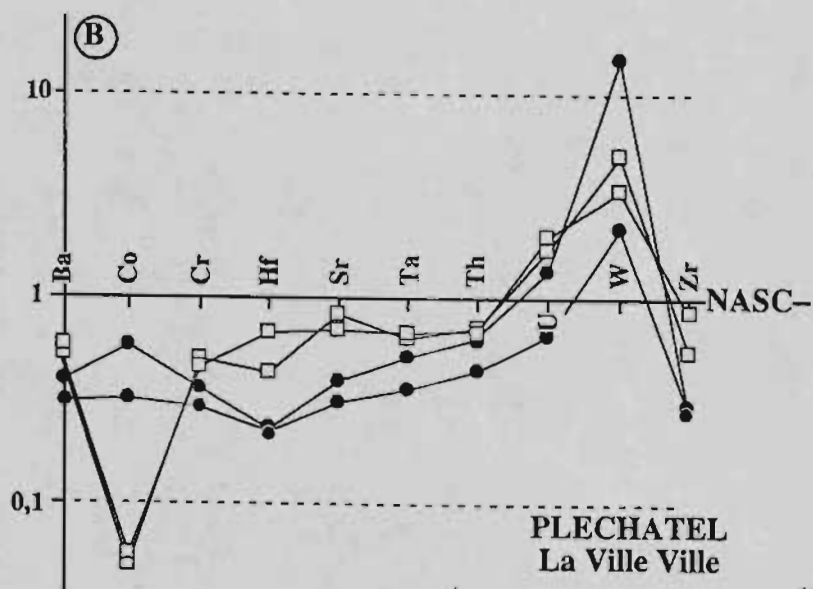
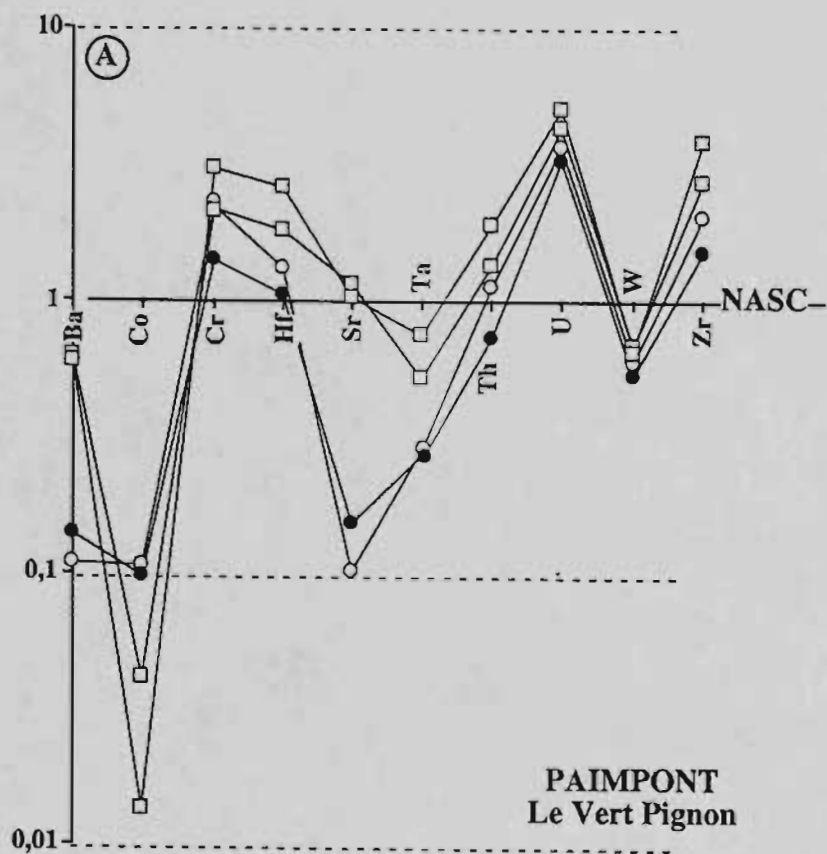


Figure 2

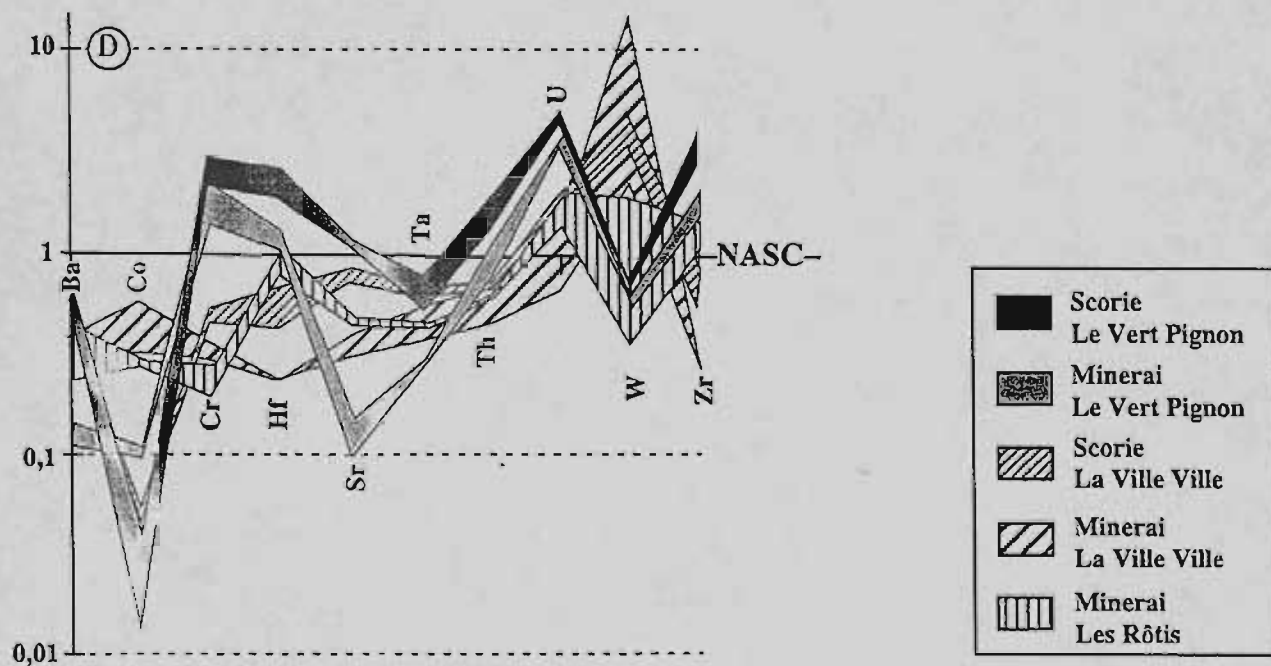
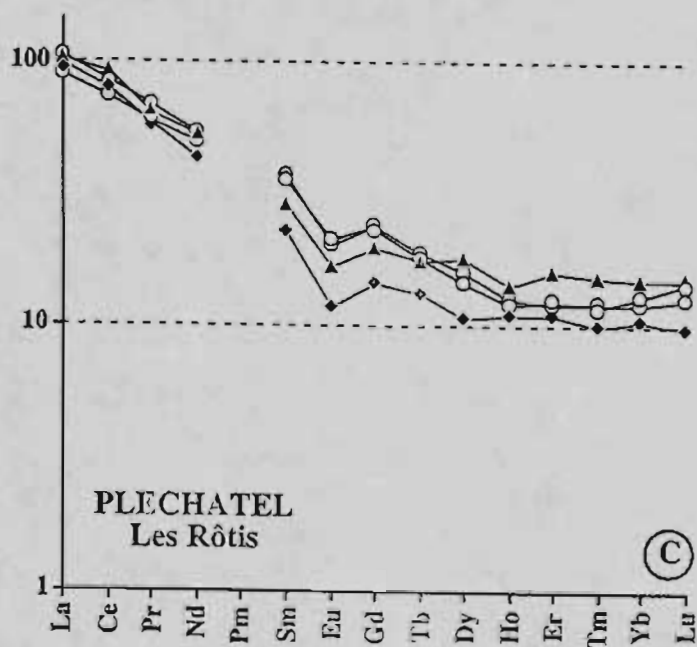
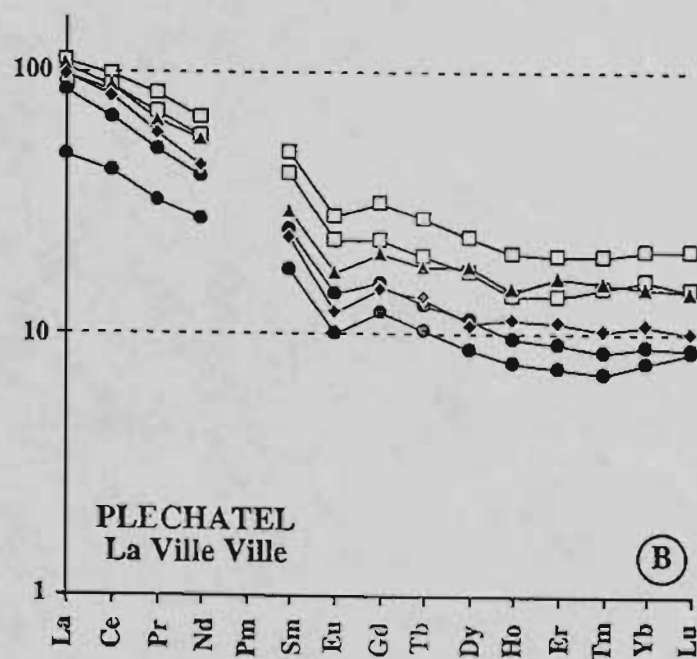
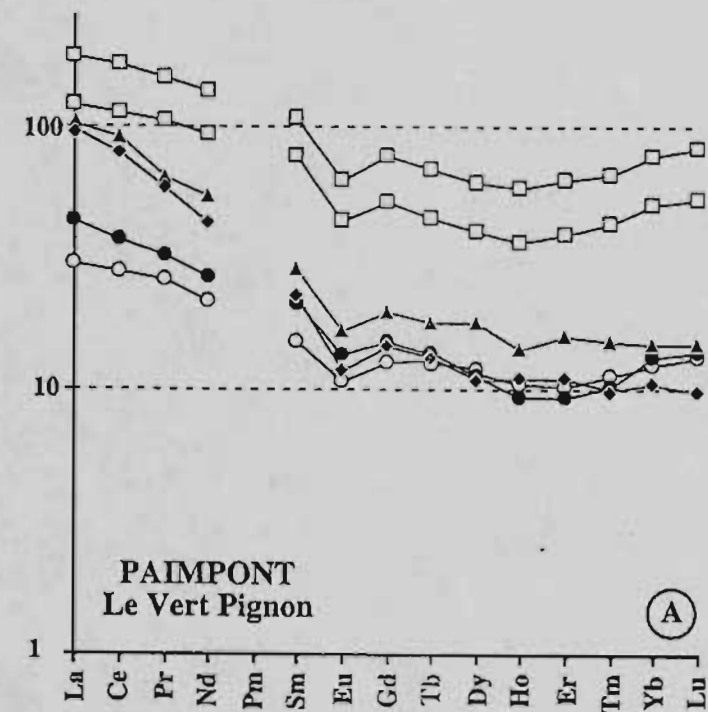
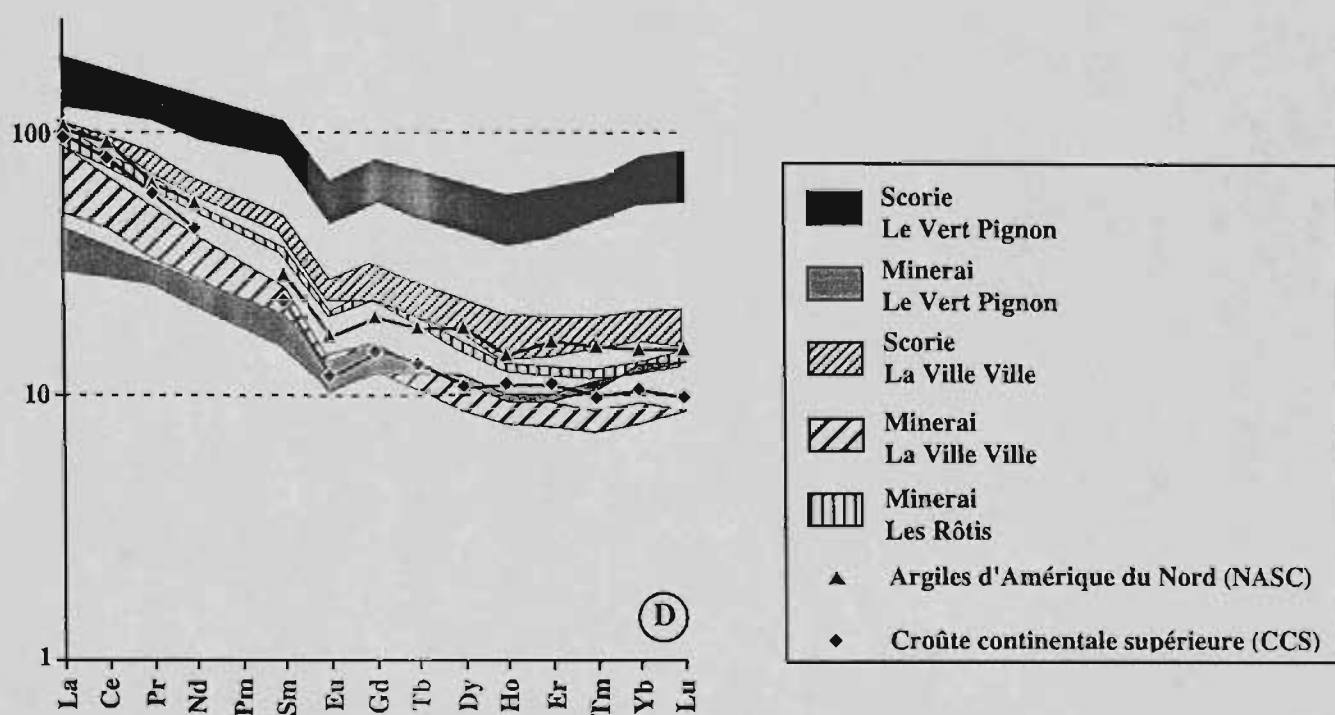


Figure 2: Composition chimique normalisée par rapport au NASC (North American Shales)



- Mineral cru
- Mineral grillé
- Scorie
- ▲ NASC
- ◆ CCS

Figure 3



		A	B	C	D
Le Vert Pignon	Minerai cru	0,77	2,44	2,00	1,03
Le Vert Pignon	Minerai grillé	0,75	3,33	2,04	1,15
Le Vert Pignon	Scorie coulée bulleuse	0,70	2,40	1,55	1,04
Le Vert Pignon	Scorie coulée bulleuse	0,69	2,33	1,70	0,99
La Ville Ville	Minerai grillé	0,68	6,20	2,75	1,57
La Ville Ville	Minerai grillé	0,72	9,58	3,38	1,73
La Ville Ville	Scorie coulée	0,72	5,41	2,27	1,53
La Ville Ville	Scorie coulée	0,74	6,01	2,38	1,42
Les Rôtis	Minerai cru	0,69	8,61	2,80	2,00
Les Rôtis	Minerai cru	0,74	6,83	2,48	1,82
Argiles d'Amérique du Nord (NASC)		0,70	6,96	3,53	1,35
		0,65	9,19	4,19	1,39
A: (Eu/Eu*)N B: (La/Yb)N C: (La/Sm)N D: (Gd/Yb)N					

E

Figure 3: Composition chimique (Terres rares) normalisée par rapport aux chondrites C1

				SiO2	Al2O3	Fe2O3	MnO	MgO	CaO	Na2O	K2O	TiO2	P2O5	PF	Total
JBV 122	Paimpont	Le Vert Pignon	minerai cru	28,7	2,94	56,5	<ld	0,24	0,18	0,13	<ld	0,18	0,35	10,56	99,78
JBV 125	Paimpont	Le Vert Pignon	minerai grillé	28,8	3,6	57,85	<ld	0,19	0,14	<ld	0,05	0,2	0,51	8,47	99,81
JBV 118	Paimpont	Le Vert Pignon	Scorie coulée	31,45	6,9	60,99	0,28	0,97	2,01	0,12	1,38	0,28	0,91	-5,67	99,62
JBV 119	Paimpont	Le Vert Pignon	Scorie coulée	35,71	8,82	54,37	0,25	0,8	2,15	0,37	1,49	0,41	0,73	-5,13	99,97
JBV 121	Pléchâtel	La Ville Ville	minerai grillé	9,98	4,85	80,6	<ld	0,47	0,24	0,16	0,71	0,24	0,81	2,33	100,39
JBV 123	Pléchâtel	La Ville Ville	minerai grillé	19,14	8,95	65,08	<ld	0	0,31	0,3	1,39	0,35	0,82	3,51	99,85
JBV 116	Pléchâtel	La Ville Ville	Scorie coulée	27,17	10,36	63,41	0,03	0,44	0,33	0,31	1,57	0,44	0,74	-4,88	99,92
JBV 117	Pléchâtel	La Ville Ville	Scorie coulée	27,26	9,34	64,02	0,07	0,34	<ld	0,11	1,39	0,39	0,62	-4,98	98,56
JBV 120	Pléchâtel	Les Rôtis	minerai cru	19,31	6,95	59,55	<ld	<ld	0,12	0,16	1,36	0,29	1,05	11,11	99,9
JBV 124	Pléchâtel	Les Rôtis	minerai cru	19,86	4,19	62,4	<ld	<ld	<ld	<ld	0,58	0,23	1,33	11,38	99,97

<ld : teneur inférieure à la limite de détection

				As	Ba	Bi	Be	Co	Cr	Cs	Cu	Ga	Ge	Hf	Mo	Nb	Ni
JBV 122	Paimpont	Le Vert Pignon	minerai cru	9,871	69,03	<ld	6,962	2,747	275,3	0	9,266	3,333	2,283	8,212	3,283	3,384	9,486
JBV 125	Paimpont	Le Vert Pignon	minerai grillé	9,939	89,6	<ld	7,51	2,471	173,7	0,436	15,92	3,748	2,289	6,67	2,128	3,689	8,887
JBV 118	Paimpont	Le Vert Pignon	Scorie coulée	<ld	399,1	<ld	16,84	1,053	267,4	8,912	9,48	7,534	0,915	11,34	0,646	6,782	<ld
JBV 119	Paimpont	Le Vert Pignon	Scorie coulée	<ld	376,2	<ld	26,43	0,346	376,5	21,65	<ld	7,496	0,987	16,24	0,935	9,072	<ld
JBV 121	Pléchâtel	La Ville Ville	minerai grillé	5,487	200,1	0,13	32,58	8,202	36,26	3,411	13,73	9,816	5,08	1,429	10,66	4,656	17,19
JBV 123	Pléchâtel	La Ville Ville	minerai grillé	9,189	243,1	0,152	13,33	14,97	45,36	4,277	26,12	13,5	4,847	1,464	6,624	6,261	21,47
JBV 116	Pléchâtel	La Ville Ville	Scorie coulée	0,95	345,7	<ld	47,1	1,279	62,24	10,22	12,14	10,06	1,088	2,762	1,038	8,339	<ld
JBV 117	Pléchâtel	La Ville Ville	Scorie coulée	<ld	378	<ld	25,91	1,453	57,77	14,01	8,467	9,481	1,023	4,348	1,479	8,786	<ld
JBV 120	Pléchâtel	Les Rôtis	minerai cru	24,88	274,8	<ld	22,23	6,96	33,64	3,492	11,66	11,27	3,155	4,958	7,257	5,63	16,43
JBV 124	Pléchâtel	Les Rôtis	minerai cru	12,93	149,6	<ld	8,938	7,674	23,65	3,154	13,84	6,166	3,163	6,785	3,566	4,972	15,69

				Pb	Rh	Sb	Sn	Sr	Ta	Th	U	V	W	Y	Zn	Zr	Total
JBV 122	Paimpont	Le Vert Pignon	minerai cru	19,48	<ld	1,16	<ld	14,47	0,314	13,74	9,656	246,4	1,255	16,93	12,32	403,1	1140
JBV 125	Paimpont	Le Vert Pignon	minerai grillé	1,468	1,158	0,733	0,523	21,81	0,314	9,017	8,605	264,9	1,107	16,09	11,5	302,2	965,3
JBV 118	Paimpont	Le Vert Pignon	Scorie coulée	<ld	44,96	<ld	<ld	162,7	0,583	16,67	11,31	337,1	1,432	65,13	<ld	547,3	1916
JBV 119	Paimpont	Le Vert Pignon	Scorie coulée	<ld	77,3	<ld	<ld	146,3	0,841	23,24	13,47	416	1,385	11,6	<ld	771,6	2296
JBV 121	Pléchâtel	La Ville Ville	minerai grillé	22,98	35,08	0,802	0,937	44,64	0,413	5,474	1,758	37,28	4,652	16,67	151,2	56,57	722,5
JBV 123	Pléchâtel	La Ville Ville	minerai grillé	45,13	60,17	2,206	1,202	56,01	0,581	8,215	3,619	51,03	31,36	18,04	86,87	55,13	798,9
JBV 116	Pléchâtel	La Ville Ville	Scorie coulée	<ld	77,74	<ld	0,543	118,5	0,719	9,003	4,682	68,83	10,54	36,12	44,44	111,6	975,1
JBV 117	Pléchâtel	La Ville Ville	Scorie coulée	<ld	63,63	<ld	0,556	99,12	0,776	8,658	5,34	64,19	7,075	25,96	52,17	171,3	1002
JBV 120	Pléchâtel	Les Rôtis	minerai cru	11,69	52,86	7,481	1,447	60,68	0,543	7,906	5,204	68,55	3,808	24,55	89,32	197,1	953,7
JBV 124	Pléchâtel	Les Rôtis	minerai cru	28,23	19,52	2,018	0,52	65,56	0,484	7,724	3,457	33,07	0,705	23,89	76,7	273,7	795

<ld : teneur inférieure à la limite de détection

				La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Total
JBV 122	Paimpont	Le Vert Pignon	minéral cru	9,433	22,83	3,195	13,03	2,97	0,796	3,321	0,631	3,77	0,751	2,16	0,368	2,61	0,426	66,291
JBV 125	Paimpont	Le Vert Pignon	minéral grillé	13,76	29,96	3,978	16,24	4,245	1,012	3,978	0,645	3,691	0,68	1,97	0,331	2,79	0,45	83,73
JBV 118	Paimpont	Le Vert Pignon	Scorie coulée	37,32	91,42	12,92	55,28	15,14	3,254	13,5	2,138	12,94	2,639	0,293	1,401	10,47	1,697	268,412
JBV 119	Paimpont	Le Vert Pignon	Scorie coulée	56,44	139,7	18,52	80,98	20,94	4,612	19,93	3,226	19,65	4,166	13,06	2,145	16,32	2,669	402,358
JBV 121	Pléchéat	La Ville Ville	minéral grillé	14,74	33,56	3,932	16,15	3,37	0,724	3,124	0,478	2,797	0,552	1,533	0,227	1,602	0,269	83,058
JBV 123	Pléchéat	La Ville Ville	minéral grillé	26,12	63,33	6,177	23,53	4,862	1,034	3,946	0,605	3,484	0,673	1,881	0,273	1,838	0,28	128,033
JBV 116	Pléchéat	La Ville Ville	Scorie coulée	34,09	78,75	10,08	39,39	9,46	2,049	9,048	1,287	7,466	1,434	4,069	0,628	4,249	0,657	201,657
JBV 117	Pléchéat	La Ville Ville	Scorie coulée	29,78	67,45	8,523	33,93	7,886	1,651	5,891	0,935	5,519	1,004	2,897	0,474	3,343	0,466	169,749
JBV 120	Pléchéat	Les Rôlis	minéral cru	32,11	69,34	8,341	32,15	7,213	1,506	6,23	0,9	5,166	0,923	2,536	0,391	2,513	0,414	169,733
JBV 124	Pléchéat	Les Rôlis	minéral cru	27,42	69,47	7,214	29,47	6,946	1,576	6,107	0,851	4,772	0,874	2,603	0,386	2,705	0,47	150,864

<ld : teneur inférieure à la limite de détection

TABLEAU 3

Site de Trécélien
en Paimpont (35)

Bloc ferrugineux pisolitique mis au jour près de la fontaine (n° JBV 126)
Sédiment rouge-orangé magnétique dans ferrier (n° JBV 127)

Sondage 2002 (J.B. Vivet)

No CRPG	Demandeur	Ref	SiO2	Al2O3	Fe2O3	MnO	MgO	CaO	Na2O	K2O	TiO2	P2O5	PF	Total
		échant	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
210410	CHAUVEL M.J.J.	JVB 126	8.34	5.22	69.3	0.09	0.34	< L.D.	< L.D.	< L.D.	0.14	0.34	15.27	99.04
210411	CHAUVEL M.J.J.	JVB 127	55.96	7.22	10.7	0.23	0.6	1.62	0.32	0.93	0.65	0.22	21.44	99.89

No CRPG	Demandeur	Ref	As 75	Ba 137	Be 9	Bi 209	Cd 111	Ce 140	Co 59	Cr 53	Cs 133	Cu 63	Dy 161	Er 166	Eu 151	Ga 71	Gd 157	Ge 74	Hf 180	Ho 165	In 115
		échant	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
210410	CHAUVEL M.J.J.	JVB 126	1.811	23.75	5.523	0.191	< L.D.	15.42	6.653	157.3	1.318	14.5	2.857	1.631	0.636	4.957	2.6	1.648	5.061	0.546	0.433
210411	CHAUVEL M.J.J.	JVB 127	6.722	537.1	18.46	0.14	0.558	140.2	8.025	61.59	14.05	39.65	14.8	8.179	3.737	8.837	16.19	1.435	13.56	2.839	0.434

No CRPG	Demandeur	Ref	La 139	Lu 175	Mo 98	Nb 93	Nd 145	Ni 60	Pb Total	Pr 141	Rb 85	Sb 121	Sm 147	Sn 118	Sr 88	Ta 181	Tb 159	Th 232	Tm 169	U 238	V 51
		échant	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
210410	CHAUVEL M.J.J.	JVB 126	6.889	0.338	1.917	3.043	9.657	19.99	14.942	2.193	2.601	2.207	2.803	1.679	5.877	0.273	0.427	10.61	0.265	13.06	157
210411	CHAUVEL M.J.J.	JVB 127	69.09	1.303	0.569	11.51	77.6	15.8	12.636	19.01	58.91	2.199	18.16	3.576	159.8	1.051	2.483	16.93	1.203	7.115	63.19

No CRPG	Demandeur	Ref	W 184	Y 89	Yb 174	Zn 66	Zr 90
		échant	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
210410	CHAUVEL M.J.J.	JVB 126	0.797	12.05	2.125	25.39	259.7
210411	CHAUVEL M.J.J.	JVB 127	1.411	76.28	8.252	76.03	572.1

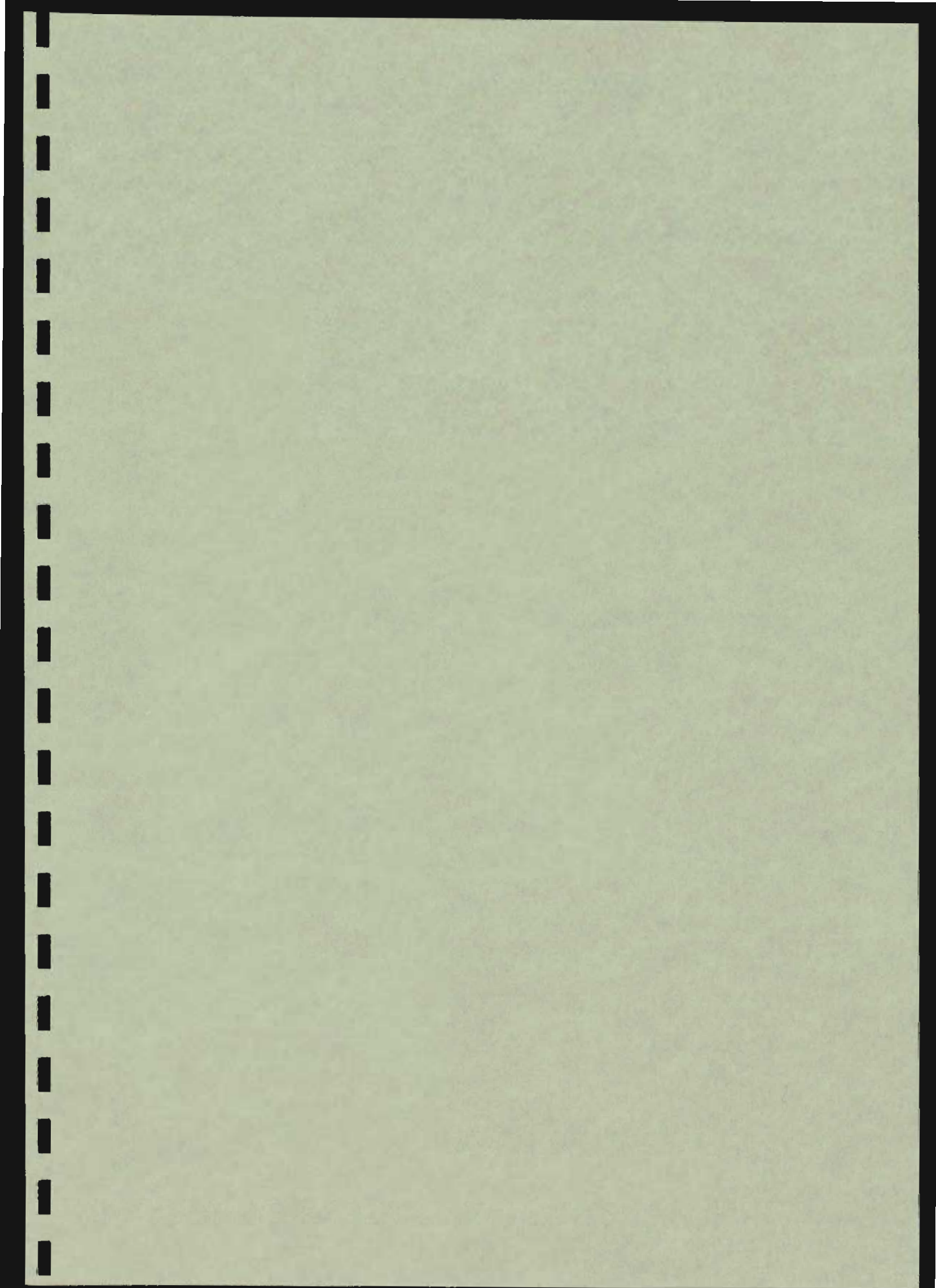
L.D. : limite de détection

**La Ville Pierre II en Quévert, fossé F7 : petit culot d'épuration (JBV 098),
et fosse S3 adjacente au bas fourneau F1: grande scorie de fond de four (JBV 105)**

		SiO2	Al2O3	FeO	MnO	MgO	CaO	Na2O	K2O	TiO2	P2O5	Cr2O3	NiO	Total
JBV098	fayalite	28.14	0.22	71.08	0.00	0.25	0.38	0.03	0.00	0.04	0.77	0.02	0.07	101.00
JBV098	fayalite	28.28	0.33	69.56	0.08	0.28	0.39	0.06	0.01	0.00	0.42	0.13	0.00	99.54
JBV098	fayalite	28.33	0.29	69.64	0.02	0.38	0.36	0.04	0.05	0.03	0.56	0.03	0.03	99.75
JBV098	fayalite	28.41	0.22	68.38	0.00	0.52	0.32	0.02	0.00	0.00	0.26	0.00	0.00	98.13
JBV098	fayalite	28.93	0.21	68.91	0.01	0.38	0.30	0.09	0.00	0.02	0.28	0.20	0.00	99.35
JBV098	verre	14.92	18.15	45.18	0.14	0.08	8.47	0.85	1.70	0.08	9.53	0.00	0.02	99.13
JBV098	verre	18.03	13.29	49.77	0.00	0.06	6.71	1.68	4.25	0.09	7.75	0.01	0.02	101.68
JBV098	verre	18.17	11.88	28.92	0.07	0.07	16.50	1.54	3.30	0.00	18.41	0.00	0.00	98.86
JBV098	verre	19.13	9.66	27.64	0.07	0.05	15.92	1.97	4.82	0.14	20.20	0.00	0.00	99.60
JBV098	verre	25.40	16.83	18.72	0.04	0.03	14.63	1.89	6.83	0.04	15.28	0.03	0.00	99.73
JBV098	verre	26.28	15.28	20.10	0.08	0.02	12.00	2.25	8.72	0.01	15.76	0.01	0.02	100.54
JBV098	verre	26.60	17.20	24.73	0.00	0.05	10.64	1.61	6.33	0.00	11.89	0.07	0.00	99.13
JBV098	verre	27.98	12.76	26.48	0.00	0.07	11.52	1.84	7.06	0.06	12.97	0.00	0.00	100.74
JBV098	verre	29.00	13.80	31.29	0.08	0.07	7.37	1.87	5.89	0.00	8.93	0.00	0.00	98.31
JBV098	verre	29.15	15.96	19.74	0.10	0.02	13.08	1.98	6.96	0.02	13.13	0.05	0.00	100.18
JBV098	verre	30.68	17.29	26.30	0.07	0.03	9.12	1.70	6.21	0.00	8.33	0.08	0.00	99.80
JBV098	verre	30.87	17.10	21.90	0.04	0.05	10.05	2.05	7.10	0.04	9.70	0.00	0.00	98.90
JBV098	wüstite	0.18	0.77	98.20	0.06	0.06	0.00	0.00	0.00	0.11	0.06	0.04	0.00	99.49
JBV098	wüstite	0.18	1.20	96.82	0.07	0.05	0.00	0.06	0.00	0.11	0.00	0.00	0.04	98.53
JBV098	wüstite	0.22	1.04	95.79	0.12	0.00	0.00	0.00	0.02	0.18	0.06	0.12	0.00	97.55
JBV098	wüstite	0.24	1.34	97.73	0.01	0.07	0.00	0.01	0.00	0.28	0.00	0.00	0.00	99.68
JBV098	wüstite	0.25	1.17	96.59	0.00	0.03	0.01	0.05	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	98.31
JBV105	fayalite	27.82	0.22	70.38	0.00	0.17	0.13	0.00	0.00	0.00	0.73	0.00	0.00	99.46
JBV105	fayalite	28.23	0.28	70.62	0.00	0.10	0.10	0.01	0.00	0.00	0.82	0.00	0.00	100.18
JBV105	fayalite	28.50	0.19	70.46	0.03	0.61	0.08	0.10	0.00	0.00	0.46	0.00	0.00	100.43
JBV105	fayalite	28.54	0.25	70.43	0.14	0.63	0.08	0.01	0.00	0.00	0.59	0.00	0.08	100.77
JBV105	fayalite	28.61	0.38	68.66	0.00	0.55	0.07	0.02	0.00	0.00	0.65	0.15	0.00	99.10
JBV105	fayalite	29.02	0.17	71.41	0.19	0.14	0.03	0.02	0.00	0.01	0.36	0.00	0.00	101.36
JBV105	hercynite	0.21	45.49	50.29	0.02	0.04	0.00	0.00	0.00	2.47	0.04	0.00	0.05	98.60
JBV105	hercynite	0.35	46.68	51.51	0.00	0.05	0.00	0.00	0.02	2.20	0.00	0.05	0.00	100.86
JBV105	hercynite	0.35	47.65	49.54	0.04	0.13	0.02	0.02	0.01	1.51	0.02	1.78	0.00	101.08
JBV105	hercynite	0.36	47.75	50.63	0.00	0.15	0.00	0.01	0.00	1.15	0.03	0.10	0.00	100.19
JBV105	hercynite	0.37	49.37	49.20	0.00	0.28	0.00	0.01	0.02	0.81	0.04	0.00	0.00	100.12
JBV105	hercynite	0.40	48.31	50.46	0.00	0.22	0.00	0.02	0.00	1.20	0.00	0.02	0.00	100.64
JBV105	verre	0.56	2.34	41.03	0.20	0.06	9.71	3.56	2.01	0.04	39.20	0.00	0.00	98.70
JBV105	verre	1.07	0.38	41.05	0.10	0.08	9.32	1.33	6.92	0.01	40.22	0.00	0.00	100.47
JBV105	verre	1.19	0.46	41.14	0.08	0.05	7.70	1.50	7.93	0.00	38.63	0.00	0.00	98.69
JBV105	verre	16.83	2.57	21.63	0.00	0.12	2.16	0.24	1.65	0.85	18.37	0.00	0.00	64.42
JBV105	verre	26.82	14.77	34.58	0.00	0.00	0.64	1.13	8.36	9.12	4.45	0.02	0.00	99.90
JBV105	wüstite	0.31	0.46	97.95	0.09	0.00	0.03	0.00	0.00	0.73	0.00	0.00	0.11	99.68
JBV105	wüstite	0.31	1.62	94.26	0.08	0.06	0.12	0.04	0.35	1.60	0.68	0.01	0.02	99.13
JBV105	wüstite	0.38	0.59	96.83	0.19	0.03	0.00	0.00	0.00	2.40	0.00	0.08	0.00	100.49
JBV105	wüstite(bord)	0.45	0.56	96.89	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	1.41	0.00	0.07	0.00	99.40
JBV105	wüstite(centre)	0.31	0.43	96.68	0.00	0.02	0.02	0.00	0.00	1.51	0.00	0.11	0.07	99.16

La Ville Ville en Pléchâtel : scorie coulée (JBV 117)
Le Vert Pignon en Paimpont : scorie coulée (JBV 118)

		SiO2	Al2O3	FeO	MnO	MgO	CaO	Na2O	K2O	TiO2	P2O5	Cr2O3	NiO	Total
JBV118	fayalite	29.35	0.11	68.47	0.34	1.67	0.23	0.00	0.00	0.10	0.28	0.00	0.06	100.62
JBV118	fayalite	29.40	0.09	67.87	0.34	1.52	0.28	0.00	0.00	0.02	0.05	0.07	0.05	99.69
JBV118	fayalite	29.42	0.15	68.62	0.38	1.40	0.27	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	100.34
JBV118	fayalite	29.43	0.15	67.66	0.39	1.91	0.21	0.00	0.05	0.00	0.08	0.00	0.10	99.99
JBV118	fayalite	29.85	0.13	67.28	0.44	1.86	0.24	0.00	0.01	0.00	0.20	0.00	0.05	100.06
JBV118	spinelles	0.67	17.60	71.61	0.18	0.17	0.03	0.00	0.02	3.79	0.00	1.38	0.00	95.42
JBV118	spinelles	1.14	11.92	75.55	0.00	0.21	0.04	0.00	0.00	3.85	0.00	1.98	0.18	94.89
JBV118	spinelles	1.39	11.76	76.62	0.04	0.06	0.12	0.02	0.06	3.74	0.00	0.79	0.00	94.61
JBV118	spinelles	1.66	11.20	77.38	0.18	0.12	0.11	0.06	0.09	3.46	0.02	0.89	0.00	95.18
JBV118	spinelles	2.95	10.92	76.49	0.19	0.17	0.17	0.04	0.07	3.46	0.04	0.72	0.00	95.21
JBV118	spinelles	4.27	15.02	71.65	0.00	0.09	0.56	0.03	0.39	3.17	0.04	0.73	0.00	95.95
JBV118	spinelles	4.73	12.35	74.47	0.03	0.13	0.64	0.04	0.24	3.36	0.14	0.64	0.08	96.84
JBV118	spinelles	5.18	12.29	72.39	0.15	0.06	0.55	0.08	0.49	3.24	0.27	0.33	0.00	95.03
JBV118	spinelles	5.79	14.91	69.35	0.08	0.08	0.45	0.06	0.61	3.85	0.17	0.48	0.00	95.83
JBV118	spinelles	6.66	20.87	61.69	0.14	0.09	0.46	0.10	0.81	3.01	0.19	0.32	0.00	94.34
JBV118	spinelles	6.81	12.81	68.41	0.16	0.05	1.14	0.06	0.54	3.19	0.06	0.49	0.00	93.73
JBV118	spinelles	7.04	19.84	64.96	0.01	0.05	0.48	0.11	0.75	3.17	0.22	0.19	0.04	96.87
JBV118	spinelles	7.75	13.97	67.70	0.09	0.07	1.21	0.13	0.74	3.01	0.31	0.56	0.18	95.72
JBV118	spinelles	7.86	20.84	62.89	0.20	0.00	0.73	0.07	0.88	3.18	0.44	0.41	0.00	97.49
JBV118	spinelles	11.38	18.35	59.83	0.08	0.08	1.16	0.15	1.36	3.02	0.46	0.34	0.00	96.20
JBV118	verre	37.43	12.58	36.31	0.23	0.14	4.86	0.67	3.63	0.34	2.74	0.00	0.00	98.93
JBV118	verre	40.58	15.94	26.57	0.15	0.03	7.07	0.63	3.82	0.57	3.19	0.00	0.00	98.54
JBV118	verre	40.99	16.18	26.70	0.00	0.01	7.19	0.58	4.71	0.51	3.20	0.12	0.01	100.19
JBV118	verre	41.34	15.38	26.53	0.09	0.05	7.43	0.47	3.95	0.61	2.81	0.06	0.00	98.73
JBV118	verre	42.45	17.05	22.18	0.18	0.02	7.07	0.67	5.06	0.33	2.86	0.00	0.01	97.90
JBV118	verre	42.58	16.79	22.89	0.10	0.01	8.54	0.71	3.90	0.48	3.24	0.05	0.10	99.39
JBV117	fayalite	25.78	5.37	66.58	0.06	0.32	0.15	0.06	0.28	0.40	0.59	0.04	0.00	99.64
JBV117	fayalite	27.43	3.21	67.60	0.05	0.45	0.06	0.06	0.23	0.18	0.61	0.00	0.00	99.88
JBV117	fayalite	27.97	1.20	69.23	0.18	0.44	0.08	0.07	0.12	0.14	0.43	0.00	0.07	99.94
JBV117	fayalite	28.20	7.90	59.56	0.00	0.27	0.24	0.32	1.69	0.31	1.16	0.00	0.00	99.66
JBV117	fayalite	28.52	5.80	57.46	0.00	0.03	0.49	0.54	0.16	0.37	1.04	0.05	0.00	94.47
JBV117	fayalite	29.12	1.34	69.16	0.13	0.11	0.13	0.10	0.43	0.00	0.53	0.00	0.00	101.04
JBV117	hercynite	0.41	43.90	53.80	0.06	0.08	0.00	0.01	0.01	1.43	0.00	0.00	0.02	99.72
JBV117	hercynite	0.41	48.74	48.44	0.02	0.30	0.00	0.01	0.00	0.85	0.00	0.19	0.03	98.99
JBV117	hercynite	0.43	47.59	50.82	0.12	0.30	0.00	0.00	0.00	0.94	0.00	0.30	0.00	100.52
JBV117	hercynite	0.49	48.97	48.63	0.05	0.35	0.04	0.03	0.00	0.96	0.00	0.56	0.01	100.08
JBV117	hercynite	0.50	48.25	48.06	0.20	0.33	0.00	0.04	0.01	1.22	0.00	0.24	0.02	98.86
JBV117	hercynite	0.67	33.78	60.33	0.00	0.02	0.00	0.00	0.04	3.14	0.00	0.04	0.00	98.03
JBV117	hercynite	0.83	45.58	51.92	0.01	0.31	0.00	0.01	0.00	1.35	0.00	0.30	0.04	100.36
JBV117	magnétite	0.08	0.44	87.27	0.07	0.02	0.12	0.04	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	88.06
JBV117	silicate?	14.10	5.50	77.01	0.03	0.16	0.08	0.00	0.00	0.33	0.14	0.00	0.00	97.35
JBV117	silicate?	15.29	3.25	79.04	0.12	0.14	0.07	0.00	0.01	0.20	0.30	0.00	0.06	98.47
JBV117	silicate?	16.29	6.28	75.69	0.08	0.23	0.20	0.07	0.00	0.18	0.55	0.00	0.00	99.58
JBV117	silicate?	20.50	15.94	49.88	0.02	0.03	0.27	0.08	0.19	0.67	2.74	0.00	0.00	90.33
JBV117	silicate?	23.79	10.48	55.87	0.05	0.10	0.51	0.90	3.35	0.61	0.71	0.04	0.00	96.40
JBV117	silicate?	25.30	5.31	50.29	0.00	0.04	0.30	0.18	0.19	0.13	1.83	0.02	0.12	83.71
JBV117	silicate?	28.01	10.72	57.91	0.11	0.25	0.33	0.45	1.67	0.51	0.98	0.00	0.04	100.99
JBV117	silicate?	28.68	6.47	62.10	0.10	0.30	0.30	0.27	1.14	0.14	0.79	0.00	0.00	100.28
JBV117	silicate?	30.94	12.59	49.93	0.00	0.13	0.47	0.53	2.44	0.44	1.18	0.00	0.00	98.65
JBV117	silicate?	31.02	8.74	54.01	0.11	0.24	0.31	0.32	1.71	0.18	1.15	0.09	0.00	97.89
JBV117	silicate?	38.99	12.67	40.34	0.00	0.14	0.91	0.74	3.63	0.18	1.77	0.00	0.00	99.39
JBV117	verre	39.78	15.87	23.43	0.00	0.05	2.74	2.02	9.85	0.62	5.37	0.15	0.00	99.88
JBV117	verre	41.34	21.23	16.33	0.00	0.02	2.19	2.29	10.94	0.55	5.73	0.01	0.04	100.65
JBV117	verre	43.87	15.49	23.21	0.11	0.02	1.64	1.55	6.51	0.42	2.35	0.00	0.00	95.16
JBV117	verre	49.10	17.12	16.70	0.00	0.02	2.60	1.45	7.56	0.80	3.34	0.01	0.00	98.70



3. Dernières analyses (J.J CHAUVEL, J.B. VIVET)

Pour des raisons techniques certaines analyses n'ont pu être réalisées qu'après le bilan précédent (octobre 2002). Elles amènent quelques commentaires complémentaires. Par ailleurs, deux échantillons provenant du sondage archéologique réalisé en juillet-août 2002 sur le site de Trécélien en Paimpont, ont été incorporés à ce lot d'analyses.

3.1 Analyses chimiques ponctuelles à la microsonde (Microsonde-Ouest-Brest).

Ces analyses sont effectuées pour vérifier la nature minéralogique de cas non élucidés apparaissant lors de l'examen par microscopie optique en lumière transmise et en lumière réfléchie. Les échantillons étudiés sont les suivants (tableaux 5 et 6) :

- JBV 098 : La Ville Pierre II en Quévert, petit culot d'épuration, mis au jour dans le fossé F7.
- JBV 105 : La Ville Pierre II en Quévert, grande scorie de fond de four mise au jour dans la fosse S3, attenante au bas fourneau N°1.
- JBV 117 : La Ville Ville en Pléchâtel, scorie coulée
- JBV 118 : Le Vert Pignon en Paimpont, scorie coulée, bulleuse.

Les fayalites présentent une composition qui ne sort pas de ce que l'on rencontre habituellement, à l'exception de l'échantillon JBV 117 de Pléchâtel, pour lequel les doses d'aluminium (Al) qu'elles contiennent sont anormalement élevées. Le niveau atteint est tel qu'il ne s'agit alors plus de fayalites, et l'on doit alors considérer que ces dernières sont accompagnées de silicates d'aluminium et de fer, non encore rencontrés jusqu'ici. Pour ce même échantillon les teneurs en titane (Ti) sont élevées.

Il faut souligner ici l'originalité de Pléchâtel, en particulier du fait de la présence de ces silicates riches en aluminium, par rapport à tout ce qui a été étudié jusqu'ici.

Les spinelles sont dans l'ensemble riches en titane (Ti), mais plus particulièrement encore ceux de l'échantillon JBV 118 (Le Vert Pignon).

Les compositions des verres correspondent aux valeurs moyennes obtenues jusqu'ici. Le calcium (Ca) et le potassium (K) sont présents en proportions telles que les teneurs des verres peuvent atteindre jusqu'à 16 % de CaO et 11 % de K₂O. On ne rencontre cependant pas de verres potassiques. On notera que les verres des scories bulleuses présentent une constitution plus homogène que celle des autres scories examinées jusqu'à présent.

3.2 Analyses chimiques des échantillons de Trécélien.

Deux échantillons ont été sélectionnés afin de tenter de résoudre des problèmes apparus suite à la mise au jour de matières spécifiques lors de la fouille du site Trécélien.

a) Bloc ferrugineux pisolitique (échantillon JBV 126)

La zone de déversement de la fontaine (située à 25 mètres au nord est des amas de scories les plus septentrionaux), a livré une série d'une vingtaine de petits blocs marron clair ferrugineux, de plusieurs centimètres de module. Le lavage de ce mobilier a révélé sa nature pisolitique. L'hypothèse a alors été formulée qu'il puisse s'agir de minerai.

Avec une teneur en Fe_2O_3 de plus de 69 % (soit 48,5 % en fer métal), les analyses montrent clairement la possibilité d'utiliser cette roche en tant que minerai réductible. Hormis ce lot, aucun autre bloc de minerai cru ou grillé n'a formellement été identifié dans les secteurs fouillés. Il n'est donc pas entièrement prouvé que ce soit ce minerai-ci qui ait été utilisé, mais il constitue, à preuve du contraire, l'hypothèse la plus vraisemblable.

A titre de comparaison les minerais crus et grillés qui ont été examinés (échantillon JBV 126 mis à part) ont globalement une teneur en Fe_2O_3 comprise entre 56 % et 65 %, ce qui en fait des minerais tout à fait exploitables. A l'exception de l'échantillon de minerai grillé JBV 121 du site de La Ville Ville en Pléchâtel, qui atteint 80 %, on se situe malgré tout plutôt en deçà des teneurs obtenues pour les sites du Bassin de Rance ayant fait l'objet d'un sondage les années précédentes (Le Rocher Abraham en St Pierre de Plesguen, Pilleverte II en Plesder, La Ville Pierre II en Quévert).

b) Couches de sédiment rouge-orangé, attirable à l'aimant, rencontrées au sein des ferriers ou sur leur dévers (échantillon JBV 126).

L'analyse chimique révèle une teneur en fer (10,7 % en Fe_2O_3) beaucoup trop faible pour que l'on puisse qualifier ce sédiment granuleux de minerai. La composition générale, de même que la perte au feu (PF) renvoie globalement à celle d'une argile. La teneur en CaO est notable (1,62 %) et pourrait peut-être résulter des nombreuses opérations de réduction et charbonnières réalisées dans le secteur, par libération des sels minéraux lors de la combustion du charbon de bois. Les points de comparaison (composition des argiles naturelles du secteur) manquent cependant. L'expérimentation archéologique réalisée cette année à Paimpont pourrait également aider à mieux cerner ce phénomène. Dans l'immédiat ce sédiment, du fait de sa rubéfaction et de ses propriétés magnétiques, doit être considéré comme le résultat d'un rejet d'argile contenant 10 % d'oxyde de fer et ayant été chauffée à plus de 500 °C. Du fait que des scories de réduction se trouvent noyées au sein de ces dépôts, et du fait de leur position stratigraphique, il est possible qu'ils puissent résulter, par exemple, de la vidange de bas fourneaux, suite à la détérioration du revêtement interne des appareils de chauffe. On a montré en effet l'existence de ce revêtement et constaté ses étonnantes propriétés magnétiques. La question demande cependant une argumentation complémentaire, susceptible d'être fournie, en retour, par la fouille de l'un de ces appareils.

Les analyses montrent, en tout état de cause, que ces dépôts de sédiment rouge ne constituent pas une preuve de l'existence de grillage du minerai sur le site de réduction même.

3.3 Conclusions :

Concernant les sites à scories bulleuses, l'ajout volontaire de calcaire comme fondant, semble devoir être écarté, les dernières mesures ne montrant pas de différence vraiment flagrante de constitution minéralogique, comparativement à celles enregistrées auparavant sur les autres types de scories de réduction.

Au Vert Pignon les analyses des éléments traces réalisées montrent bien le lien entre minerai cru, grillé et scorie. D'autre part les courbes indiquent que le même type de minerai a été utilisé sur le site également à scories bulleuses du Laitray. Ce type de constatation est susceptible de conduire à terme à définir des zones d'exploitation des gîtes de minerai de fer.

En définitive, en ce qui concerne l'interprétation des analyses chimiques des minerais et scories, les renseignements fournis par les terres rares (TR) sont prometteurs dans la mesure où la répartition de ces terres rares semble plus liée au mode de genèse des minerais, et où, par conséquent, le facteur régional est moins important.

Les résultats des analyses (actuellement en cours) portant sur le mobilier issu des expérimentations en bas fourneaux réalisées en juillet 2002 lors de La Fête du Fer à Paimpont, dans le cadre d'une animation culturelle et scientifique (Association Histoire et Patrimoine Métallurgique en Brocéliande), et ceux du Projet PATRIFER, piloté par la S.G.M.B. (Société Géologique et Minéralogique de Bretagne), portant sur les analyses de minerais issus de mines aujourd'hui abandonnées, permettant la comparaison entre minerai en couches dans l'ordovicien de Bretagne centrale et minerai des cuirasses ferrugineuses, seront du plus grand intérêt pour faire avancer cet aspect de la recherche.

C. LES FERRIERS A SCORIES BULLEUSES DU SITE DU CANNEE (PAIMPONT)

1. Mobilier céramique – comparaison avec le site de Trécélien.

Si l'on met à part la période gallo-romaine, le mobilier céramique est généralement extrêmement rare sur les sites sidérurgiques très anciens ou antiques. La fin du Moyen Age semble malgré tout faire figure d'exception en la matière.

C'est le cas par exemple en Normandie du site du Moulin Ronceux à ONDEFONTAINE (14), dont les ferriers proches de fortifications médiévales ont livré beaucoup de poteries (Bernouis, 1991). Ces rejets sont interprétés comme une preuve de l'installation des ferons à proximité des bas fourneaux dans des abris temporaires, les ferriers étant alors utilisés comme dépotoirs domestiques. Un jeton du 15^e a été ainsi trouvé dans les couches supérieures de l'amas de scories d' ONDEFONTAINE (Monard R.)

Le site à scories bulleuses recensé dans le secteur est du bourg du Cannée (amas A1, fig. 3 à 5) sur la commune de Paimpont (Larcher, 1992) a livré, sur l'emplacement même de la concentration de scories, du mobilier céramique en quantité assez abondante, au sein duquel se dégage une série de fragments de cols permettant une interprétation intéressante (Vivet et alii, 2001). La fouille du site de Trécélien (tome 1 du présent rapport), qui a livré un matériel très semblable, amène à en faire une description complémentaire permettant la comparaison (fig. 6 et 7).

La pâte des éléments collectés comporte, de même que pour la céramique du groupe n°1 de Trécélien, des inclusions en grande quantité, sous forme de quartz de module assez gros, de muscovite et biotite, et de spicules. La cuisson de l'argile est également essentiellement oxydante et n'a pas été très poussée. On remarque encore une certaine irrégularité des profils. Un élément (n°7, fig. 7) montre une concrétion ferrugineuse sous le bord externe de la lèvre.

Bien que les ateliers qui leur ont donné naissance ne soient pas connus, la forme générale des profils des fragments de lèvre n°1 à 10, rappelle certaines productions des ateliers de St-Jean-La-Poterie, provenant d'une tour du château de Rieux (Morbihan) et datées de la seconde moitié du XV^e siècle (Giot et Fichet de Clairefontaine, 1996). Cette forme de lèvre récurrente, montre une surface supérieure plane large (2,0 à 2,9 cm), creusée de deux dépressions séparées par une crête médiane, vraisemblablement obtenue par pression des doigts sur le col.

D'une manière générale les fabrications sont de grande taille : les diamètres externes, au niveau du col, s'élèvent tous au-dessus de 16 cm, et dépassent même 40 cm. Les céramiques de forme typique à lèvre aplatie et moulurée précédemment décrites, sont de diamètres semblables, peut-être un peu plus constants que ceux observés à Trécélien : les valeurs sont comprises entre 26 cm et 30 cm, contre 25 cm à 32 cm pour ce dernier site.

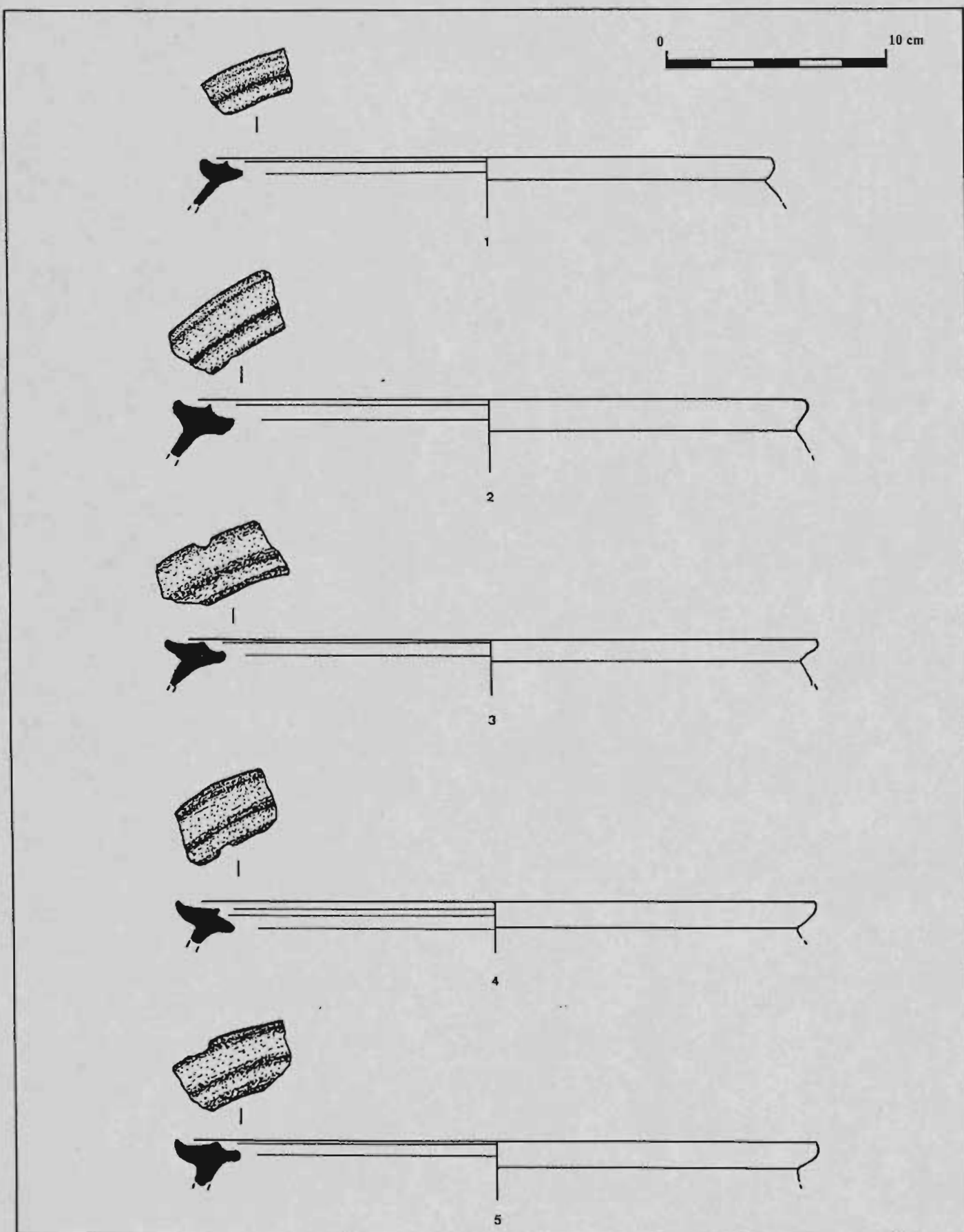


Fig. 6 : Mobilier céramique collecté sur l'amas de scories bulleuses A1, appartenant au grand ensemble de ferriers du site du Cannée à Paimpont (35). Ces poteries présentent une grande parenté avec celles mises au jour sur le site de Trécélien en Paimpont (vol.1 du rapport).

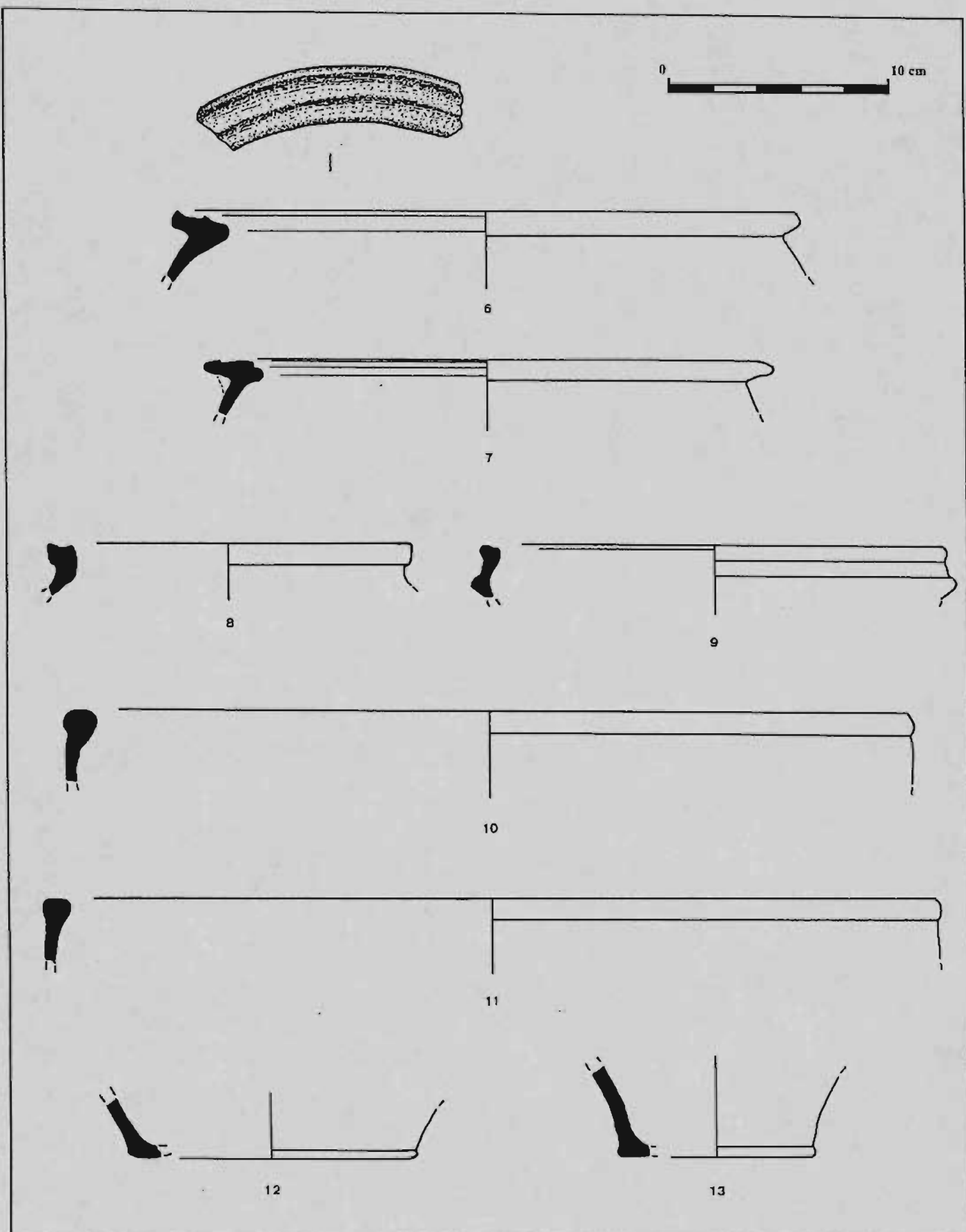


Fig. 7 : Mobilier céramique collecté sur l'amas de scories bulleuses A1, appartenant au grand ensemble de ferriers du site du Cannée à Paimpont (35). Ces poteries présentent une grande parenté avec celles mises au jour sur le site de Trécélien en Paimpont (vol.1 du rapport).

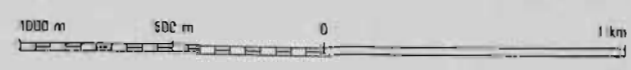
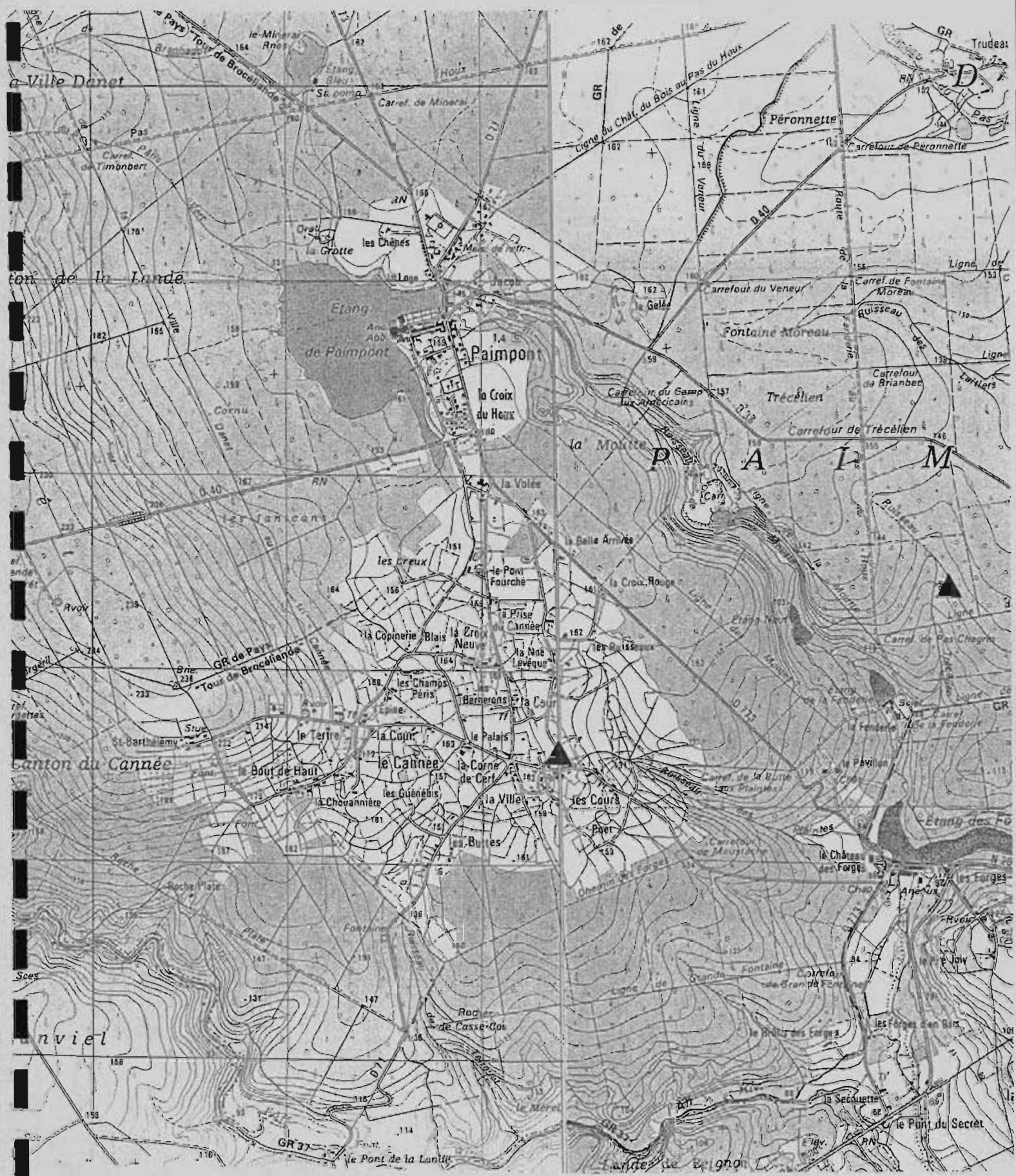


Fig. 3

SECTION

LA CROIX NEUVE

LA NOË LÈVÈQUE

LA COUR

LES HAYES

VILLAGE

LA VILLE

CANNÉE

FEUILLE

N°1

LA FOUILLETTERIE

LA CORNE DE CERF

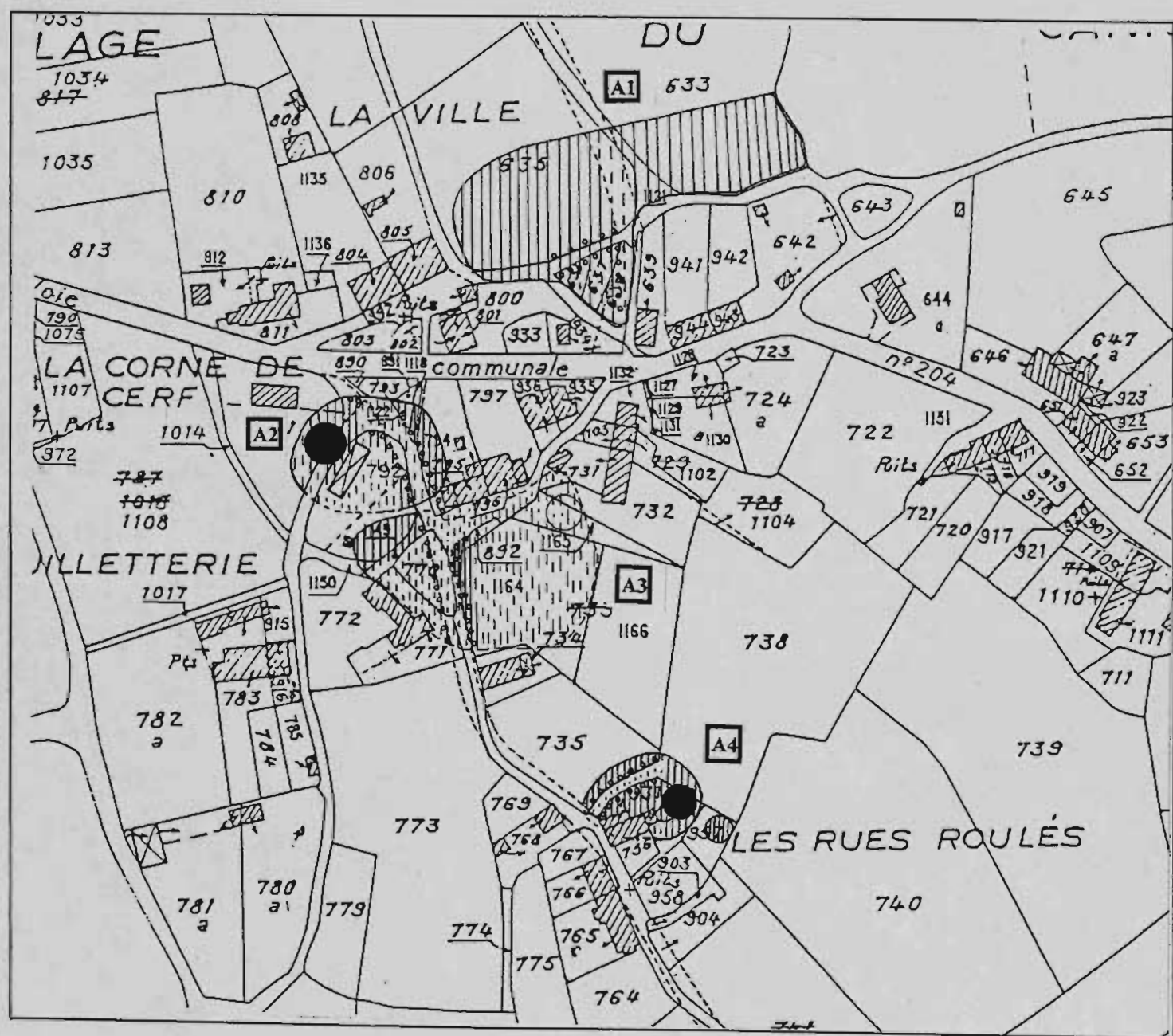
LES RUES ROULÉS

PUET

Le Cannée
l'AIMPONT
Echelle 1 / 2500 ème
Cadastre 2000



Fig. 4



zone dense de scories bulleuses bien visibles



scories observées en coupe dans les fossés de route



zone non observable, témoignage oral des habitants



relief généré par un ferrier encore en élévation



Fig. 5

De même qu'à Trécélien un seul exemplaire présente une glaçure au plomb verte, recouvrant la face interne du pot.

On remarque une légère différence entre les profils provenant des deux sites : le départ de panse, sous la lèvre, est centré sur le milieu de la surface plane dans le cas du Cannée, contrairement à ce que l'on observe pour Trécélien, où il est décalé vers l'intérieur du pot.

Ces céramiques proviennent de productions que l'on peut situer de façon assurée dans une période couvrant les XIV^e, XV^e et XVI^e siècle, mais pourraient se situer, avec une assez bonne probabilité, à la fin du XV^e siècle ou au début XVI^e siècle.

2. Extension du site primitivement reconnu à une grande partie du bourg du Cannée.

Le gisement primitivement identifié correspondait essentiellement à la zone nord-ouest de l'amas A1 (parcelle 635, fig. 5). C'est dans ce secteur et immédiatement de l'autre côté de la route qu'ont été collectés l'ensemble céramique décrit précédemment. Une reconnaissance plus poussée a permis d'étendre son extension aux parcelles 633, 636, 637, 638). L'ancien chemin qui longe au nord les parcelles 636 à 638, actuellement complètement masqué par une végétation dense, est visiblement creusé au sein même d'une accumulation de scories. Il aboutit vers l'est en dessous de la parcelle 633 à une résurgence vraisemblablement aménagée en lavoir.

La poursuite de cette reconnaissance nous a amené, grâce en particulier aux indications de Monsieur Jean Soufflet, ancien ouvrier des Forges de Paimpont, à identifier un deuxième amas (A2) localisé au voisinage du carrefour de La Corne du Cerf. Les scories bulleuses, présentes en très grande quantité, sont bien visibles dans les sections de fossés de la route et dans le jardin de la parcelle 794. Un monticule très bien marqué apparaît toujours au nord ouest de la zone, et génère même une dénivellation très prononcée du chemin.

L'amas suivant A3, qui s'inscrit sans doute en continuité du précédent, est attesté par les scories présentes, dans les fossés de part et d'autre de la route, et de façon bien visible et dense dans le poulailler qui occupe la parcelle 1149, et enfin, pour le restant de son extension, par le témoignage des habitants. Les limites de son emprise ne sont pas très précisément définies. Il n'est pas exclu que l'on puisse y rattacher une butte située encore plus à l'est.

Enfin, un monticule de scories apparaît clairement en direction de l'extrémité sud du bourg, en partie sectionné par un chemin (amas A4). Une petite accumulation en contrebas de la parcelle pourrait résulter de travaux de déblaiement.

La présence d'habitations et les nombreuses parcelles non cultivées masquent en grande partie l'étendue de ces accumulations de scories. Une enquête supplémentaire auprès des habitants devrait permettre de mieux définir l'étendue de ces ferriers.

Quoiqu'il en soit, l'emprise actuellement reconnue de l'ensemble de ces ferriers couvre une superficie de l'ordre de 4000 m², soit près d'un demi-hectare. Cela fait naturellement du site du Cannée, une zone d'activité métallurgique de grande ampleur, située au cœur d'une ellipse de défrichement, et ayant fonctionné au moins en partie autour du XV^e siècle.

BIBLIOGRAPHIE

BERNOUIS Philippe, 1991, - La sidérurgie médiévale dans la région d'Aunay-sur-Oudon et du Bény-Bocage (Calvados), *Archéologie médiévale*, tome XXI, Ed. du C.N.R.S., p. 179-208

BIELENIN Kazimierz, 1993, - Starożytne Gornictwo i Hutnictwo Zelaza w Gorach Swietokrzyskich, Kielce 1993, 268 p.

CHAUVEL J.-J., VIVET J.-B. et BONNIOL-JARRIER C., 1999, Etude minéralogique préliminaire du mobilier paléosidéurgique dans le Nord de la Haute-Bretagne, *Les dossiers du Ce.R.A.A.*, 27, p. 87-100.

CHAUVEL J.-J. et VIVET J.-B., 2001, - Le bassin paléosidéurgique de l'est de la Rance – Caractérisation et étude comparative des ressources minières et des minerais de fer grillés à l'Age du Fer et à l'époque gallo-romaine, *Les Dossiers du Ce.R.A.A.*, 29, p. 59-72.

COLLARDELLE R., DEMIANS D'ARCHIMBAUD G., LEVEAU Ph., MANGIN M., OBERLIN Ch., THIRIOT J. et ZADORA-RIO E., 1999, - Rapport du groupe de travail sur les périodes historiques ; l'utilisation du C14 pour les périodes historiques, Actes du colloque 1998 « C14 Archéologie », Mémoires de la Société Préhistorique Française, Tome XXVI, 1999, et Supplément 1999 de la Revue d'Archéométrie, p. 449-451.

DUNIKOWSKI Christophe et CABBOI Sandra, 1995, - La sidérurgie chez les Sénons: les ateliers celtiques et gallo-romains des Clérimois (Yonne), D.A.F., 51, Ed. La maison des sciences de l'Homme, Paris, 186 p.

DUNIKOWSKI C. avec la collaboration de C. BONNIOL-JARRIER, V. DELOZE, A. GAUTHIER, M. GUTIERREZ-BERGA, V. POMMIER, N. SOUPART, 1998, - Rapport de fouille (n°6, A 28), 'La Jousserie' commune de La Bazoge (72)

DUNIKOWSKI C. avec la collaboration de C. BONNIOL-JARRIER, V. DELOZE, A. GAUTHIER, M. GUTIERREZ-BERGA, V. POMMIER, N. SOUPART, 1998, - Rapport de fouille (n°7, A 28), 'les Trois Couleurs' commune de La Bazoge (72)

EVIN Jacques, LAMBERT Georges-Noël, LANGOUET Loïc, LANOS Philippe et OBERLIN Christine, 1998, la Datation en laboratoire, Collection "Archéologiques", Ed. Errance, 192 p.

LARCHER G. et Alii, ANDRIEUX J.-Y., BRULE A., HERBAULT C., PLAINE J., 1989, - Sondage d'un bas fourneau et de ses structures annexes, Le Perray en Plélan-le-Grand (sept.-oct. 1989), rapport de fouille, SRA, Rennes.

LARCHER Guy, 1990, Sites métallurgiques de la région de Paimpont, rapport (collectif) de prospection inventaire, S.R.A. Bretagne.

LARCHER Guy, 1991, Sites métallurgiques de la région de Paimpont, rapport (collectif) de prospection et fouille du site de Couédan, S.R.A. Bretagne.

LARCHER Guy, 1992, Sites métallurgiques de la région de Paimpont ; Couesdan en Plélan-le-Grand, rapport de fouille programmée, S.R.A. Bretagne.

LARCHER Guy, ANDRIEUX Jean-Yves, BRULE (Anne), COIGNARD (Joël), FONTUGNE Michel, HERBAUT Claudie, LOYER Stéphane, MOINERAI Marc, PLAINE Jean, 1993, Fouilles d'un bas fourneau et de ses structures annexes à l'étang du Perray, en Plélan le Grand (Ille et Vilaine), *Revue Archéologique de l'Ouest*, 10, 1993, p. 101-114.

LARCHER Guy, 1994, La zone sidérurgique de la forêt de Paimpont (Ille-et-Vilaine)-bilan diachronique. Colloque de Besançon, 10-13 nov. 1993, La Sidérurgie ancienne de l'Est de la France dans son contexte Européen, sous la direction de Michel Mangin, *Annales littéraires de l'Université de Besançon*, 536 Série Archéologie, 40, p. 113-120.

MOHEN J.-P., 1990, *Métallurgie préhistorique-introduction à la paléométallurgie*, Ed Masson, coll. préhistoire, 230 p.

MONARD R., - Un jeton du XV^e siècle trouvé dans les couches supérieures de l'amas de scories d'Ondefontaine, *BSAN*, t. LVI, p. 633-634.

PELET P.-L., 1993, - Une industrie reconnue : Fer, charbon, acier, dans le pays de Vaud, *Cahiers d'archéologie romande*, n°60, 2^{ème} éd., Lausanne, 142 p.

PLEINER R., 1988, - Les débuts de la métallurgie du fer chez les Celtes, *Les Princes celtes et la Méditerranée, La documentation française*, Paris, p. 179-185.

RADWAN M. et BIELENIN K., 1962, - La sidérurgie en Pologne centrale au premier millénaire de notre ère, *Revue d'Histoire de la Sidérurgie*, tome III, p. 163-177.

RADWAN M., 1966, - L'ancienne technique sidérurgique polonaise : méthodes appliquées en Pologne dans les recherches sur la sidérurgie ancienne des Monts Sainte-Croix, *RHS*, VII, p. 63-86.

TYLECOTE R.-F., 1986, *The Prehistory of Metallurgy in the British Isles*, Londres.

VIVET J-B, 1997 - Paléométallurgie du fer à l'est de la Rance et dans le Combournais - bilan interprétatif des données de prospection, *Les Dossiers du Ce.R.A.A.*, 25, p.57-90.

VIVET J-B., 1999, - Pilleverte II en Plesder (35), rapport n°2 de prospection thématique 1999, paléométallurgie du fer en Bassin de Rance, Service Régional de l'Archéologie de Bretagne, Rennes.

VIVET J-B., 1999, - Caractérisation des gisements métallurgiques, rapport n°3 de prospection thématique 1999, paléométallurgie du fer en Bassin de Rance, Service Régional de l'Archéologie de Bretagne, Rennes.

VIVET J-B., 2000, - La Ville Pierre II en Quévert, rapport de prospection thématique 2000, paléométallurgie du fer en Bassin de Rance, Service Régional de l'Archéologie de Bretagne, Rennes.

VIVET J.-B. et CHAUVEL J.-J., 2000, Paléométallurgie du fer dans le bassin de la Rance (35 et 22), L'apport de la prospection, des sondages, et des analyses : Premiers bilans, Journée préhistorique et protohistorique de Bretagne, 18 nov. 2000, Rennes.

VIVET J-B, 2001, - Le Rocher Abraham, St Pierre de Plesguen (35): un témoin essentiel de l'activité sidérurgique gauloise du Nord de la Haute-Bretagne, *Les Dossiers du Ce.R.A.A.*, 29, p. 79-94.

VIVET J-B. et alii, 2001, - Paléosidérurgie dans l'inter bassin de la Rance ; du Combournais à la forêt de Paimpont, rapport de prospection thématique (35), Service Régional de l'Archéologie de Bretagne, Rennes.