Autorisation n°2008/244

OPERATION DE PROSPECTION THEMATIQUE

- PALEOMETALLURGIE DU FER EN HAUTE BRETAGNE -
- SECTEUR DE PAIMPONT -

PROGRAMME 2006-25 : Histoire des techniques, de la protohistoire au 18e siècle et archéologie industrielle

2008

CARACTÉRISATION

DES SITES PALEOSIDERURGIQUES ET MINIERS

DU MASSIF DE PAIMPONT (35)

***

volume 2

Responsable d'opération de prospection thématique : Jean-Bernard VIVET

- **Responsable des sondages sur les sites des Glyorels III et Haute-Rivière II : Jean-Bernard VIVET**

- **Reponsable du sondage sur le site de Péronnette : Nicolas GIRAULT**

D.R.A.C. Bretagne - Service Régional de l'Archéologie
SIVU «Forges et métallurgie en Brocéliande»
(Paimpont/Plélan-le-Grand)
U.M.R. 6566 - Rennes I, EA 127 et UMR 7041-PARIS I Sorbonne
Centre Régional d'Archéologie d'Alet (Ce.R.A.A.)
Association Archéolithe

2433b

Table des matières

1. Introduction 9

1.1. Circonstances de l'intervention 9

1.2. Etat des connaissances avant l'intervention 10

1.2.1. Cadre géologique 10

1.2.2. Contexte historique 12

1.2.3. La métallurgie du fer 14

1.3. Stratégie mise en oeuvre et contraintes 21

2. L'occupation archéologique 22

2.1. Présentation générale 22

2.2. La zone 1 23

2.2.1. L'excavation M1 24

2.2.2. L'amas A7 25

2.2.3. Le foyer FY1 26

2.3. La zone 2 27

2.3.1. Les amas 27

2.3.2. Les fosses F1 et F2 29

2.3.2. Le chemin 30

2.3.4. De nouvelles structures 31

2.4. Synthèse sur le mobilier 31

2.4.1. La céramique 31

2.4.2. Le mobilier métallurgique 32

3. Discussion 33

3.1. Minière et amas 33

3.2. Un complexe technique 33

3.2.1 Volumes 34

3.2.2. Des chaînes opératoires 34

3.3. Perspectives 37

4. Annexes 38

4.1. Figures 38

4.2 Bibliographie 73

4.3 Inventaires 76

4.3.1 Inventaire céramique 76

4.3.2. Inventaire mobilier métallurgique 78

4.3.3 Inventaire des prélèvements 78

4.3.4 Inventaire des unités stratigraphiques 79

4.4. Tables des figures 82

Remerciements pour leurs encadements, soutiens, autorisations, finanencements, prêts et énergies :

Mes premiers remerciements vont à Jean-Bernard Vivet qui m'a fait confiance en me laissant l'opportunité de réaliser cette campagne de sondage.

Je souhaite aussi remercier M. le Gualiès qui nous donne l'autorisation d'accès à sa propriété.

Un remerciement tout particulier à Marie-José Le Garrec grâce à qui la topographie devient facile. Merci à Jean-Charles Oillic et Cécile Le Carlier pour leurs disponibilités et leurs compétences.

Je souhaite également remercier le Centre Régional d'Archéologie d'Alet (Ce.R.A.A., St Malo), l'association Archéolithe et le Service Archéologique des Yvelines pour le soutien logistique.

Merci à tous les financeurs :
DRAC Bretagne, Communauté de Commune de Brocéliande, SIVU «Forges et métallurgie en Brocéliande», Association Archéolithe, Association Hispamebro

Merci à l'équipe de bénévoles :

Alexandre BOUCHER
Kevin CORBION
Cécile LE CARLIER
Anne DELAPLACE
Marie GROSSET
Marie GROUSSET
Fabien HAMM
Elisabeth JENSSONNIE
Fabien LESGUER
Jean-Charles OILLIC

et merci à Stella pour son soutient et sa relecture.

FICHE SIGNALÉTIQUE

Numéro de site Patriarche : 3 4 . 2 1 1 . 0 1 0 4/5

Région : Bretagne

Département : Ille-et-Vilaine

Commune : Paimpont

Code INSEE : 35 0 211

Lieu-dit ou adresse : Carrefour de Péronnette

Cadastre année : Paimpont, 1957, AR, 86, 87, 88 et 89, Ruisseau des Grandes Noés

Coord. Lambert : **X :** 266.300 **Y :** 2346.050 **altitude :** 152 m NGF

Statut du terrain : zone forestière privée

Propriétaire du terrain : M. A. Le Gualès

Arrêté de prescription n° : 2008/244
Responsable : Nicolas GIRAULT
Organisme de rattachement : UMR 7041 ArScAn équ. d'archéologies environnementales
Dates d'intervention sur le terrain : 07/07/08 au 28/07/08

Résultats

Problématique de recherche et principaux résultats :

- lien entre minières et ferrier
- préparation du minerai
- réduction du minerai
- niveaux d'ateliers conservés

Lieu de dépôt temporaire du matériel archéologique : Station biologique Université Rennes 1, Paimpont

Informations sur la composition du rapport

Nombre de volumes : 1	**Nombre de pages :** 83 p.
Nombre de figures : 51	**Nombre d'annexes :** 45 p.

MOTS CLÉS DES THÉSAURUS

Chronologie

- ☐ Paléolithique
  - ☐ Inférieur
  - ☐ Moyen
  - ☐ Supérieur
  - ☐ Mésolithique et Épipaléolithique
- ☐ Néolithique
  - ☐ Ancien
  - ☐ Moyen
  - ☐ Récent
  - ☐ Chalcolithique
- ☐ Protohistoire
  - ☐ Âge du Bronze
    - ☐ ancien
    - ☐ moyen
    - ☐ récent
  - ☐ Âge du Fer
    - ☐ Hallstatt (premier âge du Fer)
    - ☐ La Tène (second âge du fer)
    - ☐ Indéterminé
- ☐ Antiquité romaine (gallo-romain)
  - ☐ République romaine
  - ☐ Empire romain
    - ☐ Haut-Empire (jusqu'en 284)
    - ☐ Bas-Empire (de 285 à 476)
- ■ Époque médiévale
  - ☐ haut Moyen Âge
  - ☐ Moyen Âge
  - ■ bas Moyen Âge
- ☐ Temps modernes
- ■ Époque contemporaine
  - ☐ Ère industrielle

Sujets et thèmes

- ☐ Édifice public
- ☐ Édifice religieux
- ☐ Édifice militaire
- ☐ Bâtiment
- ☐ Structure funéraire
- ☐ Voirie
- ☐ Hydraulique
- ☐ Habitat rural
- ☐ *Villa*
- ☐ Bâtiment agricole
- ☐ Structure agraire
- ☐ Urbanisme
- ☐ Maison
- ☐ Structure urbaine
- ■ Foyer
- ■ Fosse
- ☐ Sépulture
- ☐ Grotte
- ☐ Abri
- ☐ Mégalithe

- ☐ Artisanat alimentaire
- ☐ Argile : atelier
- ■ Atelier métallurgique
- ☐ Artisanat
- ■ Minière

Mobilier

- ☐ Industrie lithique
- ☐ Industrie osseuse
- ■ Céramique
- ☐ Restes végétaux
- ☐ Faune
- ☐ Flore
- ■ Objet métallique
- ☐ Arme
- ☐ Outil
- ☐ Parure
- ☐ Habillement
- ☐ Trésor
- ☐ Monnaie
- ☐ Verre
- ☐ Mosaïque
- ☐ Peinture
- ☐ Sculpture
- ☐ Inscription
- ■ Scorie

Études annexes

- ☐ Géologie
- ☐ Datation
- ☐ Anthropologie
- ☐ Paléontologie
- ☐ Zoologie
- ☐ Botanique
- ☐ Palynologie
- ☐ Macrorestes
- ☐ An. De céramique
- ☐ An. De métaux
- ☐ Acq. des données
- ☐ Numismatique
- ☐ Conservation
- ☐ Restauration
- ☐ Autre

LISTE DES INTERVENANTS ET MOYENS MIS EN ŒUVRE

Organigramme de l'équipe scientifique :

Responsable de la prospection thématique :	Jean-Bernard VIVET
Responsable d'opération :	Nicolas GIRAULT
Bénévoles :	Alexandre BOUCHER Kevin CORBION Anne DELAPLACE Marie GROSSET Marie GROUSSET Fabien HAMM Fabien LESGUER
Paléoenvironnement :	Jean-Charles OILLIC
Paléométallurgie :	Cécile LE CARLIER DE VESLUD

Intervenant technique :

Terrassement :	entreprise Saint Pérant TP – L. Richard Mini-pelle avec godet de curage 1,40 m

Financement :

DRAC Bretagne, communauté de commune de Brocéliande, SIVU Forges et Métallurgie en Brocéliande, association Archéolithe

NOTICE SCIENTIFIQUE

Péronnette (Paimpont, 35) – Site de métallurgie du fer de la fin du Moyen Age

La campagne de sondage menée en juillet 2008 sur le ferrier de Péronnette a révélé la présence d'airs d'atelier conservés sous les niveaux d'affaissement des amas de scories. Associé à du mobilier céramique des XIIIe-XIVe siècle, un probable foyer de grillage de minerai et des fosses contenant du charbon de bois ont été mis au jour. Les volumes des déchets observés dans les amas incitent à faire l'hypothèse d'une grande exploitation ayant fait usage de plusieurs centaines de tonnes de minerai de fer ainsi que de quantités de bois conséquentes.

Fig. 1: en orange, localisation du site de Péronnette (IGN 1:25000°, 1119O, Guer)

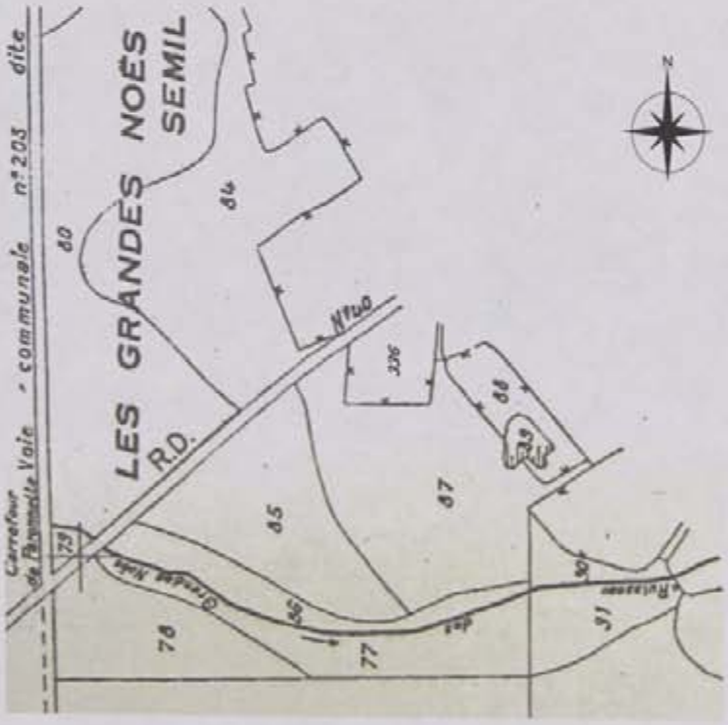


Fig. 2: parcelles occupées par les anomalies topographiques : 86, 87, 88, 89 (cadastre commune de Paimpont, section AR, 1957)

1. Introduction

1.1. Circonstances de l'intervention

Depuis les programmes de sondages entamés en 2002 sur la commune de Paimpont, trois sites dit « à scories spongieuses » ont déjà fait l'objet d'opérations archéologiques : Trécélien, Vert-Pignon II et le Vert-Pignon III, dans le cadre de la prospection thématique dirigée par J.-B. Vivet (VIVET 2004a, VIVET 2004b, VIVET 2005).

Afin de poursuivre l'examen de cet ensemble de sites, une opération de sondage archéologique a été menée sur le site de Péronnette en Paimpont. Cette étude des amas de déchets de métallurgie a pour problématique générale la compréhension de la ou des cultures techniques à l'origine de ces traces d'activités, tout en posant la question des relations sociétés/milieu, dans le cadre de l'exploitation des ressources naturelles locales que sont le minerai de fer et la forêt (bois et de charbon). Ces sondages, intégrés dans l'opération de prospection thématique dirigée par J-.B. Vivet, s'associe directement aux travaux de doctorat de N.Girault[1] et J.C. Oillic[2].

La particularité du site de Péronnette est la présence dans un même espace de minières - fosses d'extractions de minerai de fer à ciel ouvert - et d'amas de scories de métallurgie du fer. L'exploitation du sous-sol est particulièrement bien marquée par la présence d'une grande minière au nord-ouest du site.

Le site s'étend sur les parcelles privées 86,87,88 et 89 de la section AR du cadastre entre le lieu-dit «Carrefour de Péronnette» et le ruisseau des Grandes Noé. Ces parcelles, propriété de Mr A. le Gualès, sont toutes en couvert forestier.

[1] Etude archéologique des déchets de métallurgie du massif forestier de Paimpont, université Paris 1 Panthéon-Sorbonne, équipe d'archéologies environnementales, ArScAn, UMR 7041

[2] Etude de l'évolution du massif forestier de Paimpont (Ille-et-Vilaine) sous l'impact des activités humaines sur le long terme : inventaire des occupations archéologiques et historiques et enregistrement de la végétation sur les 6 derniers millénaires, université de Rennes 1, CR2A, UMR 6566

1.2. Etat des connaissances avant l'intervention

1.2.1. Cadre géologique

1.2.1. - a. Géologie du Massif armoricain

Le Massif armoricain s'étend sur toute la région Bretagne actuelle jusque dans la moitié sud de Basse-Normandie, ainsi que dans le nord des Pays de La Loire, de Nantes à Angers et dans la Sarthe jusqu'au Mans (fig.3).

La géologie de ce massif est assez simple. Elle s'organise autour de 2 grands plateaux orientés sensiblement est-ouest qui sont séparés par une grande dépression longitudinale qui commence à la rade de Brest et qui se poursuit jusqu'au Bassin parisien.

Les grands ensembles du massif armoricain se composent ainsi : au sud, on trouve un plateau allant de la Pointe du Raz jusqu'à la Loire. Son axe principal est organisé autour de gneiss injectés de granite. Au nord, on retrouve une chaîne granitique qui traverse le Massif d'ouest en est, du Huelgoat à Lamballe. Le plateau du Trégor et celui du Léon présentent aussi des roches granitiques et des gneiss. Dans le reste du massif armoricain, des alternances de grès armoricain et de schistes composent le sous-sol ; c'est dans ce type de contexte que se trouve le site de Péronnette.

1.2.1 - b. Géologie du massif de Paimpont

Le massif de Paimpont se trouve approximativement au centre de l'axe central du massif armoricain et se situe plus exactement à la terminaison nord-ouest du synclinal de Martigné-Ferchaud. Cette zone recouverte essentiellement par le massif forestier comprend une succession de roches sédimentaires où alternent les conglomérats, les grès et les schistes. (fig. 4)

Au niveau de la forêt, les grès blancs de la formation du grès armoricain (environ 475 à 465 millions d'années) se développent sur environ 400 m de puissance et reposent sur des schistes et des grès rouges à violacés de la formation de Pont-Réant (env. 485 - 475 millions d'années) reposant eux-mêmes sur des schistes verdâtres et gris Briovérien (vers 540 millions d'années).

Le site de Péronnette se situe au coeur des grès blanc. Le substrat recontré lors de la fouille se compose de blocs pluridécimétriques erratiques éparpillés dans une matrice sédimentaire composée d'un limon jaune à blanc avec une part plus ou moins argileuse provenant de la décomposition de ce grès.

1.2.1. - c. Gîtologie et minerai de fer

Depuis le 1er quart du XIXeme siècle et tout le long du XXeme siècle, un certain nombre de concessions ont été délivrées aux sociétés minières dans la région du pays de Châteaubriant, l'exploitation du minerai se faisant en puits (PUZENAT, 1939). Ce sont essentiellement les prospections menées par ces différentes sociétés qui nous renseignent sur la nature du minerai qu'on peut trouver dans l'assemblage géologique du massif de Paimpont.

La partie inférieure de la formation du grès blanc armoricain (membre du grès armoricain inférieur) (fig 5), renferme 4 couches de minerai sédimentaire marin ordovicien (A,B,C,D) de 2 m d'épaisseur au maximum qui sont interstratifiées avec le grès. Le plus souvent, ce minerai de couche se compose d'oxydes de fer (hématite, magnétite) associés à des silicates de fer (chlorites), à du carbonate (sidérite) et à du quartz. Les minéraux du fer sont assez souvent associés en grains ovoïdes (oolites) de taille inframillimétrique.

Au niveau des zones d'affleurements de ces couches, c'est aussi souvent sous une forme altérée que le minerai a pu être exploité. Au contact de l'atmosphère, la nature de ce minerai sédimentaire change. Il se charge en eau et forme des hydroxydes. Ce minerai superficiel altéré comprend alors des éléments qui proviennent du lessivage du sous-sol. Ces affleurements de minerai sont connus en forêt de Paimpont sous la forme de blocs oolitiques complètement hématisés (goethite, limonite) découverts au hasard des prospections.

On trouve aussi un autre type de minerai. Le massif armoricain est émergé depuis environ 250 millions d'années et l'action de l'eau, surtout pendant les périodes chaudes et humides du Tertiaire, a provoqué la formation en surface de cuirasses latéritiques par précipitation des oxydes de fer dans des couches argileuses (kaolin) qui se sont formées à la même époque. Le minerai prend alors plusieurs formes : rognons, croûte ferrugineuse, blocs pisolitique. Suite à l'érosion du socle, les reliques de cette croûte ferrugineuse ont été conservées essentiellement sur les plateaux. Ce minerai de surface est composé essentiellement d'hydroxydes de fer (goethite, limonite) associés à un peu de quartz et de kaolin. Il est souvent plus riche en fer que le minerai interstratifié dans la formation du grès armoricain mais est significativement plus pauvre en éléments traces et en Terres Rares.

1.2.1 - d. Exploitations

Il existe une grande variabilité dans la nature des minerais qui sont accessibles sur la surface du massif de Paimpont, ce qui rend complexe l'étude des sources d'approvisionnement des sites de métallurgie ancienne. Une partie de la difficulté qui existe à reconnaître les gîtes exploités repose sur les techniques anciennes d'approvisionnement. Il est probable que les hommes du passé travaillaient dans des dimensions bien plus petites que celles de la sidérurgie moderne. La moindre poche de minerai, de quelques mètres cube, peut suffire à réaliser une réduction en bas-fourneau.

En ce qui concerne les mines et minières proches du site, la minière de l'Etang Bleu est la seule signalée sur la carte géologique. 9 minières attestées et 6 minières probables ont été repérées en prospection dans le paysage sur une grande partie de l'est du massif. Même si cela reste a définir par l'étude, ces minières servent *a priori* à l'exploitation des minerais de types hydroxydes de surfaces de la croûte latéritique. Les fouille récentes menées par J-.B. Vivet sur le site du Bois-Jacob dans le bourg de Paimpont a montré les différentes formes que pouvaient prendre ces exploitations : excavations en puit et gallerie pour l'Age du Fer, puits de recherche à ciel ouvert et attaques en front de taille à ciel ouvert pour des périodes plus récentes. Sur le site de Péronnette, on constate la présence de plusieurs minières dont le type de minerai exploité n'a pas encore été déterminé.

1.2.2. Contexte historique

Le massif forestier de Paimpont est situé dans la partie ouest de l'ancien comté de Rennes. A l'origine, cette zone appartenait à l'antique cité des Coriosolites et correspondait plus précisément à l'extrémité est d'un immense pagus : le Poutrocoët, le « pays au-delà des bois », aujourd'hui Porhoët.

Cet espace correspond à la châtellenie de Brécélien qui se trouve située sur la baronnie de Montfort durant le Moyen Age. En 1091, Raoul 1er, qui fait construire le château de Montfort, possède les terres de Gaël, de Montfort et de Montauban. C'est à partir de 1187 que les seigneuries de Gaël et de Montfort vont se distinguer lorsque Geoffroy Ier, succédant à son frère Raoul III meurt. Il laisse deux enfants, des jumeaux, Raoul et Guillaume qui reçoivent respectivement Gaël et Montfort. C'est aussi à cette époque que ces deux seigneurs se partagent, la châtellenie de Brécélien avec le seigneur de Lohéac. Ces seigneuries de Gaël et de Montfort sont réunies sous le règne de Raoul V au XIIIème siècle.

Plus tard, Isabeau de Lohéac se marie en 1353 avec Raoul VIII de Montfort, faisant de son fils, Raoul IX le seigneur de Gaël, Montfort et Lohéac. De fait, Brécélien ne forme plus

qu'une seule châtellenie et appartient à une même famille. Au début du XVeme siècle, Jean, le fils de Raoul se marie à Anne de Laval et de Vitré (DUVAL 1951, p.12). Il devient Guy XIII, comte de Laval. Son fils Guy XIV fait réunir les anciennes coutumes de la forêt et rédiger les « Usements de la forêt de Brécélien » en 1467.

A l'est de Brécélien, on trouve la châtellenie de Plélan qui est dépend du domaine de Rennes. La frontière entre ces deux châtellenies n'est pas claire. La châtellenie de Plélan a son siège au Gué de Plélan. C'est à partir de ce gué que commencerait, à l'ouest, la châtellenie de Brécélien, à l'endroit d'une fontaine située près d'une chapelle dédiée à St Julien (Archive Nationale : 1AP 1914 dans COZIC 1993, p.17). Le site de Péronnette se trouve à quelques kilomètres du Gué de Plélan, vers le nord-ouest, sur la châtellenie de Brécélien.

Une réglementation médiévale du massif de Paimpont se trouve dans les « Usements de la forêt de Brécélien » (PUTON 1879). Ce document a été publié et versé aux Prolégomènes du cartulaire de Redon en 1863 par A. De Courson (COURSON 1863). Il serait constitué de 2 parties rédigées en 1467. Le premier corps du texte correspondrait à la rédaction des anciens « Usements », reprenant ainsi diverses chartes du XIIIeme siècle et du XIVeme siècle qui donnaient des droits aux barons et aux abbés des environs sur la forêt (DUVAL 1951, p.11).

La deuxième partie évoque des mesures administratives à caractère répressif. Il s'agit une ordonnance rendue en 1467 par le comte de Laval. Ces « Usements » ne donnent pas de règles précises quant aux techniques de gestion de la forêt. Le texte fige un cadre institutionnel, donnant les droits et les devoirs des usagers. Un arrêt de 23 août 1841 met fin aux « Usements » et créé les cantons forestiers.

D'après les Usements « la forêt occupe un grand et vaste espace appelé mère forêt qui embrase 7 lieues de long sur deux et même davantage de large ». Soit 32,7 km sur au moins 9,4 km, ce qui ferait une superficie d'au moins 30740 hectares, soit un peu plus de 4 fois la superficie actuelle. Cette étendue correspond à la surface délimitée par les toponymes évoqués dans les Usements, lieux où se situent les ayant-droit sur la forêt (fig 6). Des études ont montré que la forêt antique et médiévale devait s'étendre plus à l'est vers Plélan-le-Grand et Maxent (DUVAL 1998). Le massif se divise en différents quartiers : « Haute Forêt », « forêt de Lohéac », « Coueslon », « Trémélin » et « Le Vaudemon » (fig. 7). La Haute Forêt médiévale correspond sensiblement à la Haute Forêt actuelle. Les comptes de 1419 (ESTOURBILLON 1893) donnent des détails sur « la forêt de Lohéac » au travers des rentes payées par les « logiers » y résidants. Ces logiers de la forêt de Lohéac sont situés dans des lieux qui correspondent à des toponymes actuels localisés à l'est du massif, en Basse Forêt : Le Gué de Plélan, Trédéal, Cogane et Telhoët. Enfin, la

forêt de Trémélin correspond aujourd'hui à un petit massif situé au nord-est du massif de Paimpont. Le site de Péronnette se situe dans cette forêt de Lohéac.

A la période Moderne, bien que les Usements aient encore court, les droits liés à l'utilisation des bois vont être modifiés. Le duc de la Trémoille rachète la châtellenie de Brécélien qui est ensuite acquise par François d'Andigné et Jacques de Farcy en 1653. Ils obtiennent le droit « d'y faire bâtir des forges », des hauts-fourneaux. La forêt s'industrialise et les nouveaux tenanciers vont tenter d'exploiter le massif au maximum, tout en tentant de limiter l'accès aux usagers.

1.2.3. La métallurgie du fer

1.2.3- a. Contexte général

La filière loupe/fer-acier est la plus ancienne des techniques de production de métal ferreux. Elle fait usage de fours appelé aujourd'hui «bas-fourneau». En Europe, le développement de l'emploi du fer marque le début du premier Age du Fer (Hallstatt, environ 800 BC). Ce procédé de réduction va perdurer jusqu'au XIXeme siècle avec, par exemple, le procédé catalan.

Le développement de l'utilisation de l'énergie des cours d'eau à partir du XIIeme siècle par l'intermédiaire des moulins hydrauliques a permis des innovations dans les types de fours de réduction. Une d'entre elles a été le haut-fourneau. Avec l'utilisation de l'énergie hydraulique pour activer les soufflets du fourneau, il a été possible d'obtenir des températures plus élevées (1500 à 1600°C). Ce haut-fourneau est le four de la filière fonte/fer-acier (GARCON *et al.* 2006).

Le métal obtenu à la sortie du haut-fourneau est de la fonte. Elle se différencie du fer et de l'acier par une teneur en carbone supérieure à 2%. Cela en fait un métal très cassant qui n'est pas forgeable. Par contre la fonte peut être moulée, permettant l'essor d'un certain nombre de productions, comme celle des canons. Il est aussi possible de retraiter la fonte dans un foyer d'affinage afin de lui enlever une partie de son carbone. Dès que la teneur atteint moins de 2% de carbone, le métal devient forgeable. Cette filière s'impose sur la filière loupe/fer-acier.

Cette filière fonte/fer-acier est maîtrisée en Chine depuis au moins le IVeme siècle avant JC (TYLECOTE 1992). Elle apparaît en Europe beaucoup plus tardivement. Les premières installations de hauts-fourneaux sont connues en Allemagne vers la fin du XIIIeme siècle et le début du XIVeme siècle, au XIVeme siècle en Flandres à Liège et Namur (1345) (MO-

HEN 1990), ainsi que pour la Suède au XIVeme siècle. A partir de ces zones pionnières, le procédé va se diffuser en Europe grâce à la circulation des techniciens. Les premiers hauts-fourneaux en France semblent arriver vers le milieu du XVeme siècle, 1440 pour la Champagne (ALVES et al. 1997), vers 1450 pour le pays de Bray. La technique s'étend vers l'Angleterre (Weald) peu après.

1.2.3 - b. La métallurgie du fer en Bretagne

La culture du Hallstatt arrive en Bretagne entre 600 et 500 BC (MONNIER et CASSARD, 2003, p.42). La prospection archéologique révèle de nombreux sites à scorie piégée en fonds de fourneaux datés du premier Age du Fer jusqu'à la période Gallo-Romaine (VIVET 2007) (VIVET 2005). Les travaux de prospection en Haute Bretagne font état de plus de 300 sites caractérisés par des concentrations de déchets de bas-fourneaux (LANOS 1984) (LARCHER 1994).

Pendant le Moyen Age, une partie du fer arrive en Bretagne par les voies maritimes en provenance d'Espagne, en particulier de Biscaye. Ce fer espagnol, considéré de bonne qualité (LEGUAY 1988, p.194), semble être une source importante pour la métallurgie bretonne.

Mais la matière première est aussi sur place. Au XVeme siècle, la production de fer est évoquée dans des textes dans une forêt de la châtellenie de la Poitevinière et probablement ailleurs (HERBAULT 1984a) (HERBAULT 1984b). Les historiens signalent des productions de métal ferreux dans d'autres forêts (Loudéac, le Gâvre) (CUCARULL 2002, p. 21). Ces milieux présentent l'avantage de fournir les conditions nécessaires à l'installation de forges. On y trouve le minerai et le bois.

Les premiers haut-fourneaux semblent arriver tardivement en Bretagne. A la fin du XVeme siècle, une fonderie s'installe à Missilac (Loire Atlantique) pour faire des boulets de canons. Ensuite, des hauts-fourneaux apparaissent en Bretagne dans le Pays de Châteaubriant entre 1505 et 1515 (HERBAULT 1984b, p.53). En 1556, la forge à bras de Sainte Brigitte (Morbihan) est remplacée par un haut-fourneau (DELUMEAU 1969, p.303).

1.2.3. - c. Le fer à Paimpont

Une source médiévale publiée révèle les activités de la forêt au travers des recettes perçues par la famille de Laval (ESTOURBILLON 1894). Ce document est la transcription des « comptes et revenues de la forest de Brecelian et de la châstellenie de Plelan pendant l'année 1419, rendu à Vitré, le 12 juin 1420, par Jehan de Villecerfs, recepveur d'icelle à

madame de Laval, ayant la garde de Monseigneur de Gâvre et de Montfort, son fils, en présence de Jacques de Bernay, Guille Portejoie et Jehan Duas, ses mandataires ». Ils présentent les revenus et dépenses des activités de la châtellenie de Brécélien durant une année comptable.

La plupart des revenus est liée à l'exploitation du milieu forestier, essentiellement la vente de bois et le pacage du bétail. On trouve aussi à chaque date de perception un produit de 30 livres sur le revenu de forges situées en forêt. A la Saint-Jean, les noms des exploitants de ces forges sont cités : Georget Montblon en Haute-Forêt , Guillot et Olivier Bloncel en forêt de Lohéac. A la Saint-Nicolas et à l'Ascension, le texte ne cite plus de nom, seules les mentions de « forges grossières de la forêt » et « 3 forges grossières de la forêt » apparaissent.

Ce paiement systématique au long de l'année 1419 de 30 livres par les exploitants laisse supposer que cette taxe ne porte pas sur les fruits de la production de ces forges, mais plutôt sur l'exploitation en elle-même. En comparant avec les autres revenus de l'année, on s'aperçoit que cette rente n'est pas une source financière très importante (5% du total des revenus), surtout face à l'exploitation de la végétation (48%) et des animaux (29%).

Les traces d'activité métallurgique dans cette forêt apparaissent dans d'autres textes. Des forgerons situés à Brécélien et à Plélan vendent leur production à certaines villes bretonnes. Ainsi est mentionné Guillaume Heurtaud, de Brecelien, fournissant 4 couleuvrines de fer en 1488 à Nantes (LEGUAY 1988, p.202 et note 96). De 1465 à 1527, les comptes urbains des villes de Nantes, Rennes et Vitrés témoignent de l'existence d'une dizaine de forgerons venant de Brécélien et du Gué de Plélan (DUVAL 1998, p.111). C. Herbaut donne plus de détails dans un inventaire réalisé dans le cadre d'une thèse de doctorat non-publiée, présenté dans VIVET 2002. Entre 1465 et 1527, on découvre 8 autres noms de personnes qualifiées de forgerons, « ouvriers de vougses », « oupvriers de forges », « faiseurs de picques », « ouvriers de Brécélien » ou encore « manoupvriers de la forest » fournissant pour la plupart de l'armement, plusieurs milliers de fers de trait (viretons, «garots», traits d'arbalète) et plusieurs centaines de fer d'armes d'hast (« picques », « vouges », hallebardes, « palles »). D'autres productions, apparemment plus marginales sont évoquées, comme le battant et un marteau destiné à la cloche du beffroi de la ville de Rennes.

A Paimpont, les hauts-fourneaux s'installent en 1653 sur le site des Forges. Il est intéressant de noter qu'actuellement aucun indice ne laisse supposer l'emploi de l'énergie hydraulique dans la métallurgie directe de Paimpont. C'est avec l'installation des hauts-fourneaux que les étangs vont être associés au métal.

Les Forges de Paimpont prospèrent jusqu'au milieu du XIXeme siècle. En 1850, après avoir atteint son apogée, l'industrie sidérurgique de Paimpont commence à s'affaiblir. Le déclin est provoqué par la concurrence de l'Angleterre et du Nord de la France. En 1884, les hauts-fourneaux des forges cessent leur activité (LARCHER 1994). La fonderie perdure elle jusque dans les années 1950.

1.2.4. L'espace accueillant le site de Péronnette

La description suivante du parcellaire s'appuie à la fois sur l'étude du cadastre réalisé en 1957 (section AR) (fig.2) et du cadastre napoléonien réalisé en 1823 (section F, Trudeau et Trédéal, feuille 1/3) (fig.8). Ces données ont été croisées avec le relevé topographique de terrain (fig.9).

L'espace où se développe le site de Péronnette se situe dans le canton forestier des Grandes Noés, au sud de la route départementale D40, au niveau du carrefour dit de « Péronnette », près de la limite de forêt à l'ouest du village de Trudeau (fig.1). Les vestiges sont bordés au sud par le ruisseau des Grandes Noés. Il s'étend sur les parcelles 87, 88 et 89 du secteur AR du cadastre de la commune de Paimpont (fig.2). Le site prend le nom du carrefour forestier qui doit son origine à un lieu-dit signalé sous le nom de « Pairenette » sur le cadastre napoléonien, où sont dessinés deux bâtiments.

Le sous-bois présente plusieurs talus globalement bien conservés. On trouve un premier talus en lisière de forêt et en bordure du champ situé sur la parcelle 336 (T1). Un autre talus (T2), apparemment empierré à certains endroits, traverse le site du nord-ouest au sud-est. Ce talus est recoupé par un front de taille de la grande minière. Enfin, à l'ouest de l'espace, on devine un talus (T3) qui ne parcourt pas l'ensemble de la parcelle. Il est associé à un chenal se terminant en marigot à l'extrémité sud du talus (fig.9). Ce chenal est probablement au départ la tranchée d'où vient la terre du talus. Ces talus sont de largeurs et de hauteurs constantes.

1.2.4 - a. La parcelle 88 et la grande minière ou «Minière de Trudo»

Sur le cadastre napoléonien, la parcelle 88 actuelle est composée de 2 parcelles qui portent les numéros 31 et 32 (fig.8). La parcelle 23 est nommée «minerai de Trudo» dans l'état de section du cadastre(Arch. Dép. Ille et Vilaine, 3P1873). Entre ces deux parcelles, la feuille du cadastre présente le dessin de la grande minière observable sur le terrain (fig.10). A l'époque du dessin du cadastre, ces parcelles et la minière se trouvaient incluses dans la clairière de Trudeau, en zone déboisée. La tranchée orientée nord-ouest/sud-

est à l'est de la minière dont on avait fait l'hypothèse en 2007 d'une tranchée parcellaire entre 31 et 32, s'avère être le vestige de la tranchée d'évacuation d'eau de l'exhaure de la mine (information prise auprès du propriétaire de la parcelle limitrophe, qui dit avoir vu une partie du système d'exhaure en bois encore conservé il y a plusieurs dizaine d'année). La limite à l'ouest de ces deux parcelles qui correspond actuellement à la transition clairière/ forêt correspond assez nettement au talus T2 orienté nord-ouest/sud-est.

Le cadastre napoléonien livre un plan détaillé de l'espace occupé par la minière (fig.10), donnant un aspect précis des fronts de taille. Cette minière prend le numéro de parcelle 89 dans le cadastre actuel. La forme générale de la minière semble ne pas avoir beaucoup évolué entre la réalisation du cadastre napoléonien et le cadastre actuel, même si le dessin du plan de la minière est légèrement moins détaillé sur la dernière édition du cadastre. Le relevé en plan réalisé lors de la prospection réalisée en 2007 (fig.11) révèle sensiblement la même forme que celle observable sur le cadastre napoléonien. Les différences notables par rapport au plan de 1823 sont une tranchée qui perce le front de taille orienté au nord-ouest et l'aspect plus dégradé du front de taille placé à l'est du point d'entrée, orienté vers le sud-est. A l'inverse, au nord-est de la minière, on ne retrouve pas nettement sur le terrain la forme angulaire dessinée au début du XIXeme siècle.

D'un point de vue méthodologique, la comparaison entre le dessin et le relevé peut s'avérer hasardeuse. Cependant, on ne peut nier le soin pris en général à la réalisation des feuilles du cadastre napoléonien. C'est donc avec précaution qu'on se demande si les creusements supplémentaires observés sont attribuables à une exploitation de la minière dans le courant du XIXeme siècle ou au début du XXeme siècle car l'exploitation du minerai à Paimpont s'arrête en 1907 (LARCHER 1994). Dans cette hypothèse, cette exploitation n'aurait apparemment que légèrement modifié la position des fronts de taille dessinés aux environs de 1823.

Par ailleurs, on dispose de quelques informations concernant cette grande minière. L. Roux, dans son mémoire (ROUX, 1987), présente un extrait du cadastre napolénien qui correspond à la feuille de Trudeau et Trédéal. La représentation visible sur cet exemplaire du cadastre diverge de l'exemplaire numérisé consultable en mairie de Paimpont (fig.12). La principale différence est que la minière représentée est nommée littéralement «nouveau minerai». On regrette de ne pas trouver dans le mémoire la localisation de cet exemplaire du cadastre ni son année d'édition. L'autre information est la liste des principales minières sises à Plélan donnée dans l'édition de 1853 du dictionnaire d'Ogée : La Prée, La Gelée, Le Grand-Minerai et Trudo.

Enfin, les comptes des Forges dénombrant les quantités de minerais extraites des différentes minières de 1776 à 1779 puis de 1783 à 1784 (ROUX, 1987, p.82) ne mentionne pas cette minière de «Trudo». En outre, la production des Forges est en légère baisse de 1778 à 1811 puis connait un important essort au moins jusqu'au 1853, passant d'environ

300 à 500 tonnes à plus de 1200 tonnes de fer. Cette évolution, probablement liée à des phénomènes techniques, a demandé une augmentation de l'approvisionnement en minerai. On peut envisager que de nouvelles sources d'approvisionnement locales aient été recherchées. L'appellation «nouveau minerai» visible sur le cadastre napoléonien, relevé avant 1823, laisserait supposer que la grande minière du site ait été une de ces nouvelles exploitations. Au regard de toutes ces données, on peut faire l'hypothèse que cette grande minière ai pu fonctionner dans le courant du XIXeme siècle, avec un démarage ou une reprise d'exploitation dans le 1er quart du siècle. L. Roux signale aussi qu'on arrête l'exploitation de la plupart des minières du massif de Paimpont pour des raisons techniques liées à la fois à la profondeur des exploitations et au problème de l'eau qui les inonde dans le courant du XIXeme siècle. Il reste néanmoins possible que les premières exploitations de minerai sur le site soient associées à l'époque de la consitution des amas de scories. Une étude des minerais, si il en reste dans les excavations, pourrait permettre de confirmer cette hypothèse.

En examinant les deux plans parcellaires (napolénien et actuel), on constate que la grande minière déborde sur les parcelles avoisinantes. Ceci est bien visible dans le cadastre napoléonien (fig.10). C'est encore actuellement très net sur le terrain au niveau du talus T2 qui est recoupé par le front de taille débordant vers le sud-ouest (fig.9). Il semble aussi que cette exploitation se soit étendue au nord-est, de manière moins prononcée, en s'avançant sur la parcelle 31 du cadastre napoléonien. Il est évident que l'élévation du talus parcellaire T2 est antérieure à cette date. Il est probable que les limites de la parcelle 32 soient celles de la concession initiale délivrée pour l'exploitation du sous-sol. La disparition de la limite parcellaire nord-ouest/sud-est à cause de l'exploitation explique peut-être la réunion des parcelles 31 et 32 en une seule parcelle.

Associé à cette minière, le cadastre napoléonien présente le dessin d'un monticule de plan circulaire, situé en forêt, le long de la lisière. Ce monticule n'est pas représenté sur le cadastre actuel, et se situerait dans la parcelle 87. Le cadastre livre ici le dessin de l'importante halde associée à la minière qui marque encore très nettement le sous-bois (fig.10).

1.2.4.- b. La parcelle 87, les amas de scories et les excavations

La parcelle 87 est actuellement une parcelle forestière et correspond aussi à un espace forestier dans le cadastre napoléonien. Au nord, la parcelle 87 est bordée par la route départementale 40 et la parcelle exploitée n°336 (fig.2). La limite entre la parcelle 87 et la parcelle 336 est bien marquée par le talus T1 qui longe la lisière de la forêt. La parcelle 336 correspond à la parcelle 23 de la feuille du cadastre napoléonien. Il est probable que le talus visible aujourd'hui était déjà en place lors du dessin du cadastre. En effet, la parcelle

23 était déboisée, et il est possible, comme pour le talus T2, que ce talus ait marqué, et marque encore, la limite entre forêt et parcelle exploitée.

La limite parcellaire visible dans le cadastre actuel entre la parcelle 87 et la parcelle 85 coupe globalement en 2 l'espace de forêt compris entre la route D40, la clairière de Trudeau à l'est et le ruisseau des Grandes Noés (fig.2). Le talus T3 observé sur le terrain pourrait correspondre à cette limite. D'après le relevé topographique, ce talus est globalement parallèle au talus T2 (fig.9), de la même manière que les limites parcellaires dessinées sur le cadastre actuel. Sur le terrain, c'est à cet endroit que le couvert forestier change de nature. La charmais qui couvre majoritairement les anomalies topographiqes fait une transition assez rapide en pinède qui s'étend vers l'ouest. Il est possible que cette limite marque le changement d'exploitation des essences d'arbres du secteur. L'introduction du pin en forêt de Paimpont pour la sylviculture commence dans les années 1850 (OILLIC 2007). De plus, le talus T3 longe globalement les diverses anomalies topographiques. Leurs présences expliquent peut être aussi la séparation de cette zone boisée en deux parcelles (87 et 85). L'exploitation forestière semble peu aisée dans un espace où le relief est aussi perturbé. La présence de nombreuses scories de métallurgie du fer en amas volumineux et les excavations limitent très probablement le passage d'engins forestier. Sans avoir fait une observation systématique, les charmes visibles sur le site semblent être pour la plupart des reprises de souches, probable résultat d'une exploitation en taillis. Il serait possible que la parcelle 87, sur laquelle se développe l'essentiel des structures, ait été isolée pour une exploitation de la végétation en taillis, plus facile à mettre en oeuvre, alors que la parcelle 85 voisine ait été réservée à une exploitation en futaie. La présence de 2 charbonnières (fig. 9) sur la parcelle 87 confirmerait aussi cette hypothèse de taillis pour le charbonnage, tout en restant prudent, étant donné qu'on ne peut se prononcer sur la datation de ces structures. L'ensemble de ces observations ne permet pas de donner une datation précise à l'établissement du talus T3. Il paraît probable qu'il ait été mis en place après la période d'activité métallurgique.

1.2.4.- c. La parcelle 86 et le ruisseau

La parcelle 86 se trouve dans l'espace forestier au moment du dessin du cadastre napoléonien (fig.8) et ne porte pas de numéro à cette époque. Elle longe le cours d'eau actuellement appelé « ruisseau des Grandes Noës », qui portait le nom de « ruisseau de la Grande Noée » sur la feuille du cadastre napoléonien. Ce ruisseau prend sa source un peu plus haut à environ 1 km au nord-ouest et rejoint le ruisseau du Pas du Houx sur le commune de Trudeau à environ 500 m à l'ouest du site, peu après la lisère de forêt.

La parcelle est bordée au nord par une rupture de pente assez forte correspondant pro-

bablement à l'érosion due au cours d'eau. C'est probablement à cette rupture de pente que correspond la limite parcellaire entre la parcelle 86 et la parcelle 87 du cadastre actuel.

1.3. Stratégie mise en oeuvre et contraintes

L'opération a été réalisée durant 3 semaines par une équipe consitutée d'un responsable, de 6 bénévoles et 2 spécialistes en paléométallurgie et paléoenvironnement et a été assisté par une mini-pelle mécanique de 6 tonnes équipée d'un godet lisse de 1,40 m de large. L'espace abordé a été divisé en deux secteurs, le secteur 1 correspondant à la zone intermédiaire entre le ferrier et les minières et la zone 2 au reste du ferrier. 9 tranchées de sondages ont été pratiquées au travers des anomalies topographiques repérées en prospection en ce lieu (fig.13). Chaque tranchée a été nettoyée et traitée manuellement, relevée en plan et en coupe et photographiée lorsque les conditions le permettaient. Un décapage manuel a été pratiqué dans une zone présentant 2 fosses (F1 et F2). Tout le mobilier mis au jour a été systématiquement ramassé, lavé et enregistré sur une base de donnée Stratibase. Toutes les unités stratigraphiques comprenant des éléments anthropisées liés à métallurgie (minerai supposés, charbon, scories) ont été systématiquement prélevées. Les inventaires de ces isolats sont situés en annexe de ce rapport. Les emprises des sondages et de nouvelles anomalies ont été topographiées et viennent compléter la carte élaborée lors de la prospection de 2007. Chaque unité stratigraphiques observées dans les structures a été décrite sur fiche puis enregistrée sur la base de données Stratibase et traité avec le Stratifiant 0.3.1 (DESACHY 2008). L'inventaire stratigraphique est placé en annexe. En fin d'opération, toutes les tranchées ont été rebouchées.

Il faut noter que le milieu forestier représente une contrainte forte à l'intervention archéologique. La convention passée avec le propriétaire des lieux impliquait la conservation de l'ensemble de arbres, excluant toute coupe. En premier lieu, la végétation se révèle être un obstacle à l'usage d'un mini-engin. Les déplacements sur le site ainsi que l'implantation des tranchées sont directement conditionnés par la présence des arbres. Il est donc très souvent difficile de réaliser des tranchées linéaires placées dans l'axe le plus pertinent par rapport à l'emprise des anomalies topographiques. En second lieu, la présence d'un réseau racinaire dense ralenti les moyens d'action des fouilleurs et il est souvent fait usage de sécateurs, de haches et de scies, outils habituellement peu employés en archéologie, pour nettoyer les coupes des tranchées. Ces bioturbations contemporaines rendent aussi plus difficile la lecture des horizons stratigraphiques. Enfin, le couvert forestier impose une luminosité faible, souvent très hétérogène. Ces conditions associées à l'absence d'horizon visible et à un manque de recul limitent fortement la qualité des clichés photographiques. Bien qu'équipé d'appareils numériques, plus souples à l'usage que leurs prédécesseurs argentiques, il est nécessaire de se servir d'un trépied pour réaliser des photographies

demandant des temps de pose de plusieurs secondes (même en pleine journée de juillet). Là encore, la pratique archéologique s'en trouve ralentie.

2. L'occupation archéologique

La fouille s'est concentrée sur le ferrier et son éventuelle intersection avec la zone de minière. Cette hypothèse de lien entre minière et ferrier a conduit à désigner cet espace comme la zone 1 de l'intervention, la zone 2 correspondant aux interventions menées plus directement au coeur du ferrier. La stratigraphie observée confirme la bonne conservation du site et le mobilier mis au jour va de le sens de l'hypothèse de datation émise en conclusion de la prospection.

2.1. Présentation générale

L'observation et le relevé topographique du terrain a permis d'isoler 4 types de structures anthropiques (fig. 13) :

- Le premier type de structures est un ferrier qui se compose d'un ensemble de 9 amas de déchets de métallurgie du fer dont les emprises et les volumes varient. Ces amas s'organisent en deux zones distinctes sur la parcelle. D'abord au nord, on trouve un amas isolé (A7). Ensuite, au sud-est, on dénombre un lot de 7 amas, dont 5 de volumes notables (A1, A3, A4, A5 et A6) et 3 de petites tailles (A2, A8 et A9). Les déchets qui sont observables en surface et dans le sondage des amas A5 et A7 sont, pour une très grande majorité, des scories spongieuses. Les types de scories étudiées sont très proches de ceux découverts sur les sites de Trécélien et du Vert-Pignon III appartenant aussi à l'espace forestier de Paimpont.

- Un ensemble de 8 excavations constitue le deuxième type de structures. Celles-ci se concentrent essentiellement au nord-est du site. L'élément majeur est une grande minière d'environ 25 m de diamètre actuellement en eau, dont la profondeur est estimée à 6 m. Les 6 autres structures ont des volumes beaucoup plus faibles, leurs emprises ne dépassant pas 7 à 8 m de diamètre. Les excavations M2 à M6 sont associées pour la plupart à des espaces de rejets des sédiments stériles dans lesquelles on peut observer des blocs minéraux ferrugineux, laissant supposer que ces structures puissent être des minières. Dans le cas de la grande minière, l'exploitation a généré l'accumulation d'une halde formant un monticule d'environ 35 m de diamètre et culminant à 4 m au dessus du niveau de sol. Le sondage de la structure M1 est détaillé dans la suite du rapport.

- Le troisième type de structures se compose de 4 fosses de plan rectangulaire di-

rectement situées à proximité des amas de déchets (F1 à F4). Certaines de ces fosses sont entourées de déblais sédimentaires qui s'interprètent comme les conséquences des creusements. Ces structures se distinguent des minières par leurs faibles volumes. On ne distingue pas non plus de blocs de pierre ferrugineux à proximité. Bien que F1 et F2 aient été sondées lors de la campagne de 2007, la fonction de ces fosses n'est pour l'instant pas déterminée et nécessite une investigation archéologique plus poussée.

- 2 charbonnières d'environs 12 m de diamètre environ forment le dernier type de structures.

Le caractère exceptionnel de ce site repose sur la proximité de gîtes de minerai avec les amas. Ce ferrier présente des similitudes avec le site de Trécélien (fouillé par J.-B. Vivet entre 2002 et 2004) : scories de mêmes morphologies et organisation spatiale en amas des déchets.

Les fouilles archéologiques menées jusqu'à aujourd'hui sur ce type de ferrier (Trécélien, Vert-Pignon III) n'ont pas encore pu mettre en avant l'approvisionnement et le traitement du minerai pour la production du fer. L'intérêt scientifique principal du site de Péronnette repose donc sur l'éventuelle cœxistence entre exploitations de minerai et atelier de métallurgie.

2.2. La zone 1

Lors de la phase de prospection et de relevé topographique du site réalisé en 2007, il avait été supposé que l'excavation M1 faisait partie de l'ensemble des minières observées. Située en marge de cet ensemble et à proximité d'un amas de scorie (A7), lui aussi isolé du reste du ferrier, il semblait que cette zone du site pouvait être le point de contact entre l'exploitation du minerai et sa réduction. Pour mieux appréhender cet espace, il a été choisi de réaliser des sondages au sein de ce couple M1/A7, afin de confirmer la fonction de M1 et d'estimer les éventuels liens chronologiques entre ces deux structures.

De plus ces sondages ont eu pour objet l'observation de la constitution de l'amas A7. En effet, les fouilles précédentes sur des sites de description équivalente ont montré que les amas de scories sont parfois fortement stratifiés, composés de déchets issus de différentes phases de la chaine opératoire mise en oeuvre dans ces ateliers.

2.2.1. L'excavation M1
(fig. 14, 15 et 16)

L'excavation M1 est une grande fosse de forme ovalaire, présentant un profil en cuvette, avec une excroissance à l'est pouvant faire penser à un cheminement d'accès. Ses dimensions sont de 3,00 m par 4,20 m et atteind une profondeur de 1,00 m environ. Elle a été fouillée au 3/4 par décapages successifs des niveaux de comblements puis a été surcreusée sur la moitié de l'axe nord/sud afin d'en confirmer les bords. Cette coupe s'est avérée nécessaire, car, sous un comblement d'humus en décomposition (US 1002), on trouve un remblai (US 1005) qui couvre le creusement de M1 (US 1001). Ce dernier se compose de l'effondrement des parois du creusement sur lesquel une partie des tas de remblai déposés autour de l'amas ont colluvionné, cet assemblage étant composé d'un même type de sédiment, un limon argileux de couleur blanchâtre à gris meuble. Seule la présence de blocs de grès dans le sédiment naturel montre clairement le profil du creusement (fig.16). Le fond de la structrure (US 1006) présente une formation très compact, avec de nombreuses inclusions minérales d'aspect ferrugineux. D'après C. Le Carlier, ces éléments ferrugineux ne sont pas assez riche en fer pour être considéré comme du minerai. En outre, les tas de remblais disposé autour de M1 ne présentent pas non plus d'indices caractéristiques pouvant signaler l'exploitation de minerai dans ce creusement. Enfin, en comparaison avec le puit d'exploration fouillé par J.B. Vivet sur le site du Bois-Jacob (VIVET, 2007), on s'attendait à un creusement bien plus important. Il s'avère que le comblement n'est que superficiel, au maximum une 20aine de centimètres. A part quelques blocs pluridécimétriques de grès qui ne sont pas en position naturelle, le fond du creusement ne piège aucun mobilier. Il faut donc infirmer l'hypothèse de la minière.

Malgré ces investigations, il reste difficile de donner une datation à cette fosse. Bien que quelques scories aient été observés dans un des remblais (US 1008, fig. 14), cet indice est trop faible pour confirmer une relation chronologique entre le creusement de M1 et la constitution de A7. En effet, les bioturbations peuvent suffire à expliquer la présence de scories éparses dans des niveaux de sol à cet endroit.

C'est essentiellement sur le bord supérieur de cette fosse, dans le remblais, qu'ont été trouvés plusieurs fragments de poterie en céramique qu'il semble possible d'associer aux XIIIeme-XVeme siècle (voir infra, PER1005.1/.3./.5/.6/.7). Ces seuls indices matériels ne sont pas suffisemment déterminants pour attribuer une datation précise au creusement de M1. En effet, ces vestiges ont pu être associés au sédiment du remblais à un moment postérieur à leur dépôt. Il est uniquement envisageable de conclure que ce creusement a eu lieu au plus tôt durant le Bas Moyen Age. Si M1 est bien contemporain des ateliers de réduction du fer, il faut se poser la question de la fonction de cette excavation. Est-ce une fosse d'extraction de blocs de grès ou encore de sédiment destinés à l'aménagement

des fours, par exemple ? La zone ayant été exploitée à la période Contemporaine, on ne peut cependant exclure l'hypothèse que M1 puisse être un puit de recherche de minerai correspondant à une phase d'exploitation du minerai postérieur à la fin du Moyen-Age.

2.2.2. L'amas A7
(fig. 17, 18 et 19)

Le sondage S1 au travers de l'amas A7 montre que l'emprise de cet amas est d'environ 10 m de long pour une largeur maximale de 7 m, estimée après décapage de l'humus. L'amas culmine à 70 cm environ. La stratigraphie de la coupe observée (fig. 17) est assez simple. L'essentiel de l'amas est constitué de scories de réduction sans sédiment (US 1004). Au dessus de ce niveau, se répend un assemblage de scories de réduction globalement fragmentées et d'humus décomposé (US 1003). Il est probable que ce niveau de scories soit de même origine que le celui de l'US 1004, les scories ayant subi plusieurs facteurs climatiques et biologiques expliquant leur fragmentation. Cette couche de scories mélangée à de l'humus peut être considérée comme un niveau d'écrêtement qui s'est répandue au delà de l'emprise initiale de l'amas originel. Un autre niveau de l'amas a été identifié, l'US 1007, et correspond à l'interface entre le fond de A7 et le sol naturel. On y observe là encore uniquement des scories de réduction mélangées cette fois-ci à un limon blanc à ocre constitutif du substrat.

	US 1003	US 1004	US 1007	TOTAL
Volume en m^3	0,05	0,15	0.26	0.46
Masse en Kgr	90	308	26	424

Tableau 1

Les scories composant ces trois unités stratigraphiques ont fait l'objet d'un tri in situ à l'aide d'un sondage ponctuel effectué à la main (fig. 19). Les déchets extraits lors de ce sondage ont tous été observés et pesés. Les individus les plus spécifiques et les mieux conservés ont été prélevés. Les sédiments encaissants ont été systématiquement tamisés dans le but de peser les micro-déchets et les déchets fragmentés, chacun de ces sédiments a aussi été échantillonné. Les résultats des pesées sont donnés dans le tableau 1. On a ainsi pu comptabiliser au total 424 kg de scorie de réduction pour un volume de 0,46 m^3 soit 922 kilogrammes de scories par m^3.

En bordure de l'emprise actuelle de A7, on trouve plusieurs niveaux de composition variée qui semble être la remobilisation de l'US 1003 et qui sont imputables à des phénomènes naturels (chablis). La fouille de l'US 1004 montre qu'elle semble aussi avoir versée de part et d'autre de l'amas par gravité, de manière cependant moins marquée que 1003. Vers l'Est, cet effondrement de 1004 recouvre une structure de combustion, FY1, décrite dans le paragraphe suivant. En contact avec FY1 et pris dans l'US, 4 fragments de parois (PER1004/D) interne de four fortement rubéfiés et scoriacés ont été prélevés.

2.2.3. Le foyer FY1
(fig. 20,12 et 22)

Au sein de l'amas A7, au dernier tiers à l'est de la tranchée de sondage, une structure d'aspect rudimentaire a été découverte. Elle est composée de petits blocs de pierre et d'un bloc plus massif, pluridécimétrique, fortement rougis par le feu, le tout formant un oval de 0,8 m par 1,5 m. Initialement, cet ensemble aurait pu être complet et fermé. Cet empierrement délimite une dépression (US 1019) installée dans un niveau de sol aménagé (US 1017). Ce dernier niveau se caractérise par un limon blanc-gris, compact et homogène. Cet aspect lessivé est caractéristique d'un remaniement du substrat, disposé ici en petit talus. Cette dépression empierrée et son comblement, nommés FY1, semblent être une structure de combustion très légèrement excavée. Le creusement est comblé au fond par un fin niveau de sédiment fortement magnétique rouge et charbonneux, très compact et homogène (US 1023). Ce dernier est recouvert par une fine couche de limon argileux blanc-gris homogène qui semble être un colluvionnement du sol aménagé encaissant la structure (US 1024), probablement conséquent à une érosion liée à la pluie. Le tout étant clos par un niveau plus épais, composé lui aussi d'un sédiment très rouge et magnétique, charbonneux, compact et homogène (US 1022). Cette dernière unité stratigraphique déborde légèrement de l'encadrement de blocs de pierre et s'étend sur quelques centimètres sur le sol aménagé. L'ensemble est recouvert par l'amas de scorie (US 1004), qui semble avoir versé. Le colluvionnement présent dans la structure laisse supposer que cette dernière a fonctionné en deux moments, espacés par un abandon dont il est impossible d'estimer la durée. Le col d'un pichet en céramique conservé au 3/4 a été trouvé dans l'US 1022 (PER1022.1). Son aspect, similaire à des découvertes faites à Trécélien, est caractéristique des productions de Charte de Bretagne ou du Saintongeais et pourrait être daté entre le XIIIeme et le XIVeme siècle. Situé sous l'amas et dans la structure, ce fragment de céramique permet d'affirmer que cette installation correspond bien à la fin du Moyen Age.

En arrière de cette structure, on distingue un tas de sédiment rouge de 25 cm d'épaisseur, fortement magnétique, de même aspect que le comblement supérieur de la structure (US 1021), posé sur le sol aménagé . La difficulté lors de la fouille de ce dépôt de sédiment a été de comprendre sa relation avec l'amas de scorie. L'observation de terrain donne l'impression que ce dépôt sédimentaire s'appuit sur un premier niveau de scories de l'amas, laissant supposer une intrication entre la formation de l'amas et celui du tas de sédiment.

2.3. La zone 2

2.3.1. Les amas

Plusieurs sondages ont été réalisés au centre dans la concentration d'amas de la zone 2. L'objectif était d'estimer l'état de conservation de ces amas et d'évaluer le potentiel archéologique de ce secteur.

2.3.1. - a. Amas A3
(fig. 37, 39, 47 et 49)

L'amas A3 a été partiellement coupé par les sondages 6 et 7. Les ouvertures réalisées dans ces deux sondages montrent un amas essentiellement composé de scories (US 2022) parfois mélangées à du sédiment proche d'un humus en décomposition (US 2021, US 2053, US 2055) (fig. 37 et 47). L'US 2021, observée dans le sondage 6, correspond probablement plutôt à un niveau d'affaissement de l'amas vers A1 et A4. Dans le sondage 7, au sein de l'US 2021, des fragments de parois de four ont été mis au jour (PER2021/A). Ces éléments, de taille pluridécimétrique, sont d'aspects similaires aux exemplaires découverts lors de la fouille de A7 et de A5 dans le sondage 4.

2.3.1. - b. Amas A1, A4 et A6
(fig. 35, 36, 37, 38, 39, 44, 45 et 46)

Les sondages 5 et 6 traversent des niveaux d'effrondrements des amas A1, A4 et A6. Les stratigraphies sont assez complexes à lire du fait du mélange de différents niveaux provenant de chacun des amas. Le sondage 5 a été arrêté sur un niveau présentant diverses US caractérisées par des sédiments de nature différentes à celui associés aux scories laissant supposer que les scories recouvrent des niveaux d'atelier à la manière de ce qui a été observé dans le sondage 1. En particulier, le dégagement mécanique a mis au jour plusieurs plaques de shiste rougies par le feu en position détritique dans les scories. Le site se développe sur un sol de grès blanc armoricain, ce qui permet d'imaginer que ces plaques sont exogènes au site et ont été amenées en ce lieu à destination de l'activité métallurgique.

Seule l'extension est du sondage 6 a atteint le niveau du sol géologique. Deux structures en creux ont été partiellement observées au fond de ce sondage : FY2 et FS1 (fig. 40 à 44). Elles s'étendent toutes les deux sous le niveaux d'effondrement de scories de l'amas 4 (US 2052). Le foyer FY2 (fig. 40 et 41) se caractérise par une légère rubéfaction des parois du creusement (US 2069). Le comblement de scories de ce foyer a été prélevé

pour être comparé aux scories de réductions observées sur le site. La présence de ces structures au fond du sondage 6 laisse supposer qu'un niveau d'atelier est conservé sous le niveau d'effondrement de scories.

Dans la même partie du sondage 6, la coupe nord présente un aspect complexe avec une quantité notable de sédiment très rouge et magnétique associé à des niveaux très charbonneux. Cette situation rappelle ce qui a été observé dans l'amas A7 au niveau du foyer FY1. Cela confirmerait que cet espace du site correspond à un espace d'atelier qu'il serait nécessaire d'aborder par une fouille plus extensive.

Dans le reste du sondage 6, à l'ouest, entre les amas A1 et A6, le décapage a été arrêté sur un niveau de limon argileux brun clair dont l'aspect diffère du sol géologique. Là aussi, une approche plus extensive serait nécessaire pour interpréter cet espace qui semble lui aussi anthropisé.

2.3.1. - c. Amas A5
(fig. 29, 30, 31, 32 et 33)

L'amas A5 a été fouillé de part et d'autre de son point culminant afin d'observer le mode de constitution de ce dernier et pour estimer la présence d'éventuelles structures associées. Sous l'humus, l'emprise maximum de l'amas est de 10,50 m environ par 5 m et il culmine à 65 cm.

Dans le sondage 3, l'essentiel de l'amas se compose de niveau de scories de réduction plus ou moins denses (US 2014 et US) associés à des unités de natures différentes qui sont interstratifiées. L'amas présente plusieurs poches assez importantes de sédiments charbonneux réunis en une seule unité (US 2019), associés à des nappes de sédiments rouge fortements magnétiques, éventuelle poudre de minerai grillé (US 2018, US 2047).

Au centre du sondage 3, une auréole composée de limon argileux blanchâtre associée à des nodules d'argile rubéfiée (US 2016) a été découverte (fig. 30). Elle recouvre un niveau de scories et un niveau très charbonneux (US 2046). Cette unité stratigraphique pourrait être la mise au rebut, sur un amas en cours de constitution, d'un sédiment à caractère argileux qui aurait pu servir dans la fabrication d'une ou plusieurs structures de combustion. La présence des nodules rubéfiés laisse supposer que ce sédiment a été mélangé ou était en rapport avec des éléments ayant été cuits au feu. Les hypothèses qui semblent actuellement les plus probables sont les suivantes : soit ce sédiment a été manipulé sur un niveau de sol présentant des fragments de structure de combustion, soit cet amas de sédiment correspond au rejet d'éléments d'une ou plusieurs structures de combustion dans l'amas. Ces éléments n'étant pas réellements cuits, ils se sont liquéfiées sous les effets des précipitations pour atteindre l'aspect de remblais visible lors de la fouille. Ce phénomène de rejet de fragments de foyer ne serait pas isolé, puisque que dans le même amas on a trouvé un élément massif de parois interne de four dans le sondage 4 et on

en retrouve aussi dans A3 et A7. La forme circulaire de ce remblais sédimentaire pourrait correspondre à l'état des bords de l'amas au moment du dépôt. Ce sédiment a protégé des exemplaires massifs de scories spongieuses, présentant des formes de culots, qui ont été prélevés pour étude. Par ailleur, Une petite fosse, FS2, remplie de chabon a été aussi mise au jour sous l'amas.

Le sondage 4 a permi d'observer une autre coupe de l'amas. Là encore, on retrouve des couches à sédiment rouge magnétique (US 2043, US 2029, US 2080 et US 2081) parfois associées des couches fortement charbonneuses (US 2044) intriquées dans le niveau de scories servant de matrice à l'ensemble (US 2013). La couche 2029 est formée d'une interstratification de charbons et de sédiments rouge magnétiques. Une fenêtre de tri manuel a été ouverte sur la coupe de l'amas de la même manière que dans A7. La totalité des scories observées semblent issues de réduction du minerai. Au total, 539 kg de scories ont été comptabilisés pour un volume de 0,65 m^3 soit environ 910 kilogrammes par m^3.

La fouille s'est arrêté sur les niveaux en place qui semblent différents de la composition générale de l'amas. La tranchée a permis d'observer que la nappe 2029 s'étend au delà de l'amas vers l'ouest. Au sud de l'amas, un petit talus de sédiment blanchâtre compact et homogène (US 2034) associé à un creusement (US 2079) rempli de charbon de bois (US 2033) semble cloturer l'emprise des scories sur le secteur. Il est possible que l'US 2034 soit la conséquence du creusement de l'US 2079. L'US 2031 est aussi un petit talus de même composition. Ces observations incitent à penser que le sol ici a été remanié et qu'à nouveau l'amas de scorie a versé sur des aménagements antérieurs ou contemporain à sa formation.

2.3.2. Les fosses F1 et F2

Le sondage 2 a été implanté sur l'emprise des fosses F1 et F2 observées lors de la campagne de prospection. Leurs morphologies clairement différentes des autres anomalies topographiques découvertes sur le site ont attiré l'attentation. Située à proximité de l'ensemble d'amas de scories, l'objectif du sondage 2 était d'estimer le lien entre ces fosses et l'activité métallurgique. Pour aborder ce secteur du site qui se présente comme une petite clairière, il a été choisi d'implanter un carroyage intégrant les deux fosses.

2.3.2. - a. F1 et les nappes charbonneuses
(fig. 23, 24 et 27)

La fosse F1 se présente sous une forme quasi-rectangulaire de 2,10 m par 3,50 m présentant une petite excroissance vers le sud-ouest. La moitié fouillée de la fosse atteind au maximum 30 cm de profondeur. De la même manière que pour M1, le comblement

ici est d'une faible épaisseur, à peine 5 cm, alors qu'on avait fait l'hypothèse d'une fosse beaucoup plus remblayée. L'absence totale de matériel dans le comblement ne permet pas d'associer cette fosse à une activité précise, ni de proposer une datation.

Par contre, un décapage extensif de l'horizon d'humus (US 2012) a permis d'observer plusieurs nappes fortement charbonneuses dans l'environnement de cette fosse. Il a été choisi de fouiller la nappe située en bordure de berme à l'ouest de cette partie du sondage. Cette dernière correspond en réalité au comblement d'une fosse de faible profondeur, FC1 (fig. 25), composée essentiellement de charbons de bois formant une couche (US 2010). Cette couche de charbons est en grande partie recouverte d'un colluvionnement de limon argileux grisâtre (US 2027) comprenant quelques charbons. La nappe visible en surface semble correspondre au brassage de l'US 2010 par les bioturbations. Il en résulte que l'emprise charbonneuse observée sous l'humus ne correspond pas à la forme exacte de la fosse qui n'est clairement appréhendable qu'en coupe. Au vu de cette situation, on peut supposer que les autres nappes observées (US 2008, 2009 et 2011) sont aussi les parties émergeantes de fosses très riches en charbons de bois.

2.3.2. - b. F2
(fig.26, 27 et 28)

F2 est une fosse globalement ovalaire de 5,50 m par 4,00 m orientée nord-sud. Dans la moitié fouillée, la profondeur maximum est de 70 cm. Le comblement se résume à un niveau d'humus juxtaposé à un limon humifère très organique et très humide. Aucun mobilier n'a été extrait de la fouille de la moitié de cette fosse et comme pour F1, il est impossible dans l'état actuel de la recherche de donner une datation à ce creusement.

2.3.2. Le chemin
(fig. 47, 48, 49, 51 et 51)

Les sondages 7, 8 et 9 ont coupé à plusieurs endroit le chemin qui longe les amas de la zone 2. Les deux derniers sondages ont été réalisés à l'endroit où le chemin se divise en deux voies.

Les profils obtenus montrent qu'aux différents points observés ce chemin présente globalement un fond légèrement concave et des bords assez évasés, le bord est dans le sondage 7 étant légèrement plus droit. Seul le fond du sondage 9 inclus des blocs de grès de taille pluridécimétrique qui pourraient être la trace d'un éventuel empierrement. Il est possible aussi que ces blocs de grès soient là de manière naturelle dans le substrat, comme il l'a été observé dans le sondage 1. Le sondage 7 présente une bande fortement indurée (US 2026) qui pourrait correspondre à un axe de roulement ou de piétinement,

ce qui n'est pas surprenant dans un chemin. On ne trouve aucun indice pouvant associer ce chemin aux activités métallurgiques. Aucun vestige résiduel comme du minerai, de la scorie ou du charbon n'a été déposé au fond des surfaces observées. En outre, ce chemin contourne la plupart des amas et même le niveau d'effrondrement de A3 (US 2023). Il est fort probable que la formation de cet axe de circulation soit postérieur à la période d'activité métallurgique.

Ce chemin s'oriente selon une direction globalement nord-sud. Il pourrait rejoinde au nord une voie visible sur le cadastre napoléonien venant du village de Trudeau et se dirigeant à l'ouest vers Paimpont. Au sud, il aboutirait au niveau du ruisseau des grandes Noés. Le site a connu des activités postérieures à la période médiévale, comme l'exploitation minière, pouvant expliquer la présence de cette voie.

2.3.4. De nouvelles structures

La campagne de sondage a aussi permis de topographier des anomalies qui n'avaient pas été observées en 2007 (fig. 9). Elles sont globalement d'élévation plus faible que les autres structures observées, expliquant la difficulté à les distinguer dans le couvert forestier. On distingue 4 structures situées au nord-est de la zone 2. La première rejoint le lot des amas, appelé A9, c'est un petit amas d'environ 2m par 4m, très peu élevé, repérable par quelques scories affleurant directement sous l'humus. Les 3 autres structures n'ont pas été qualifiées, car trop faible en épaisseur et ne présentant pas de mobilier en surface pouvant permettre une hypothèse. Les 2 reliefs plus au nord sont d'environ 2 m de diamètre pour le plus petit de forme circulaire et de de 5 m par 3 m pour le deuxième de forme rectangulaire. Enfin une plateforme est observable plus à l'est, de forme subcirculaire et d'environ 3 à 4 m de diamère. Ces dimensions sont sujettes à caution car il difficile de bien estimer les limites.D'un point de vue spatial, ces nouvelles anomalies renforcent l'axe nord-sud sur lequel s'étend le site et fait le lien enrtre A7 et les autres amas.

2.4. Synthèse sur le mobilier

Les sondages sont assez pauvres en mobilier : une soixantaine de tessons de céramique et quelques fragments d'éléments métallurgiques composent l'inventaire mobilier, qui est synthétisé en annexe.

2.4.1. La céramique

De manière générale les fragments de céramiques mis au jour appartiennent à des productions identiques à ce qui a été découvert sur les sites de Trécélien et du Vert-Pignon III. Pour mémoire, les datations radiocarbones obtenues pour ces sites donnent un intervale

compris entre la fin du XIIIeme siècle et la fin du XIVeme siècle.

Le nombre de tessons découverts sur le site est assez faible, on dénombre 58 restes pour 34 individus après remontage, l'ensemble de ces trouvailles est décrit en annexe. Ils correspondent pour la plupart aux types déterminés par J.-B. Vivet dans son rapport de 2002 (VIVET 2002, p.34).

On retrouve des éléments associables à la céramique de Chartes de Bretagnes ou du Saintongeais (2 lots ou fragments isolés) des XIIIeme et XIVeme siècle, dont un col de pichet trouvé dans le comblement du foyer FY1. 3 occurences, dont un remontage assez complet d'un pot à cuire, correspond au groupe 1 du site de Trécélien. Ils se caractérisent par des pâtes rose foncées à marron clair, avec un coeur grisâte, un aspect grossier et granuleux et très fiables. Ces pâtes contiennent des mica, des quartz et des spicules visibles à l'oeil nu. 2 explempaires de panses montre un aspect caréné. Ces descriptions semblent correspondre à des productions de Saint-Jean-la-Poterie (FICHET DE CLAIRE-FONTAINE 1996) plutôt datées de la deuxième moitié du XVeme siècle. L'essentiel du reste de la collection (9 lots ou fragments isolés) s'inscrit dans les descriptions du groupe 2 de Trécélien, ce sont des pâtes blanche à beige, parfois décorée de glaçure verte. Enfin, d'autres pâtes, plus marginales, ont été décrites (4 tessons en 3 lots) sans être associés à des productions connues. De manière générale, il reste à approfondir cette première approche de la collection céramique.

2.4.2. Le mobilier métallurgique

Rentrent dans cette catégorie les éléments à caractère exceptionnel prélevés sur le site et qui sont associables à la métallurgie. Parmis ces éléments, on isole deux lots de minerai qui pourrait avoir été grillé (PER2013.1 et PER2013.2). Une étude est prévue avec C. Le Carlier pour déterminer la composition de ces minéraux.

Deux autres éléments ont attiré notre attenion. Le premier est un fragment présentant une face scoriacée ainsi qu'une dépression centrale en arc de cercle (PER2014.1). Son autre face, très indurée, semble être une argile totalement rubéfiée et cuite. La dépression est elle-même vitrifiée, elle s'inscrit dans un cerle d'environ 2,5 cm de diamètre. Ce fragment pourrait venir d'une parois de four et correspondre à un évent de ventilation.

L'autre fragment découvert (PER2036.1) est plus curieux et ne correspond pas aux autres types de déchets. C'est un élément assez dense, en forme de 3/4 de tube évasé. Il est très réactif à l'aimant, ce qui laisse penser qu'il est très riche en fer, peut-être sous forme métallique. Il est orientable. Des petits charbons et des petites scories adhèrent à la face inférieure qui présente elle-même un aspect scoriacée. La face supérieure, qui correspond à l'intérieur du tube est plus lisse, mais garde un aspect qui rappelle celui d'une scorie. Il semble donc que cet élément soit issus d'un foyer. L'extrémité la plus étroite s'inscrit dans

la forme d'un cercle de 2 cm diamètre. Il se pourrait que ce fragment puisse correspondre à ce se forme à l'embouchure d'une ventilation dans un foyer. Un étude plus poussée est nécessaire pour mieux comprendre l'origine de ce dernier.

3. Discussion

Les 9 sondages ouverts donnent une image relativement lacunaire des vestiges probablement encore conservés sur ce site. Cependant, ils permettent d'avoir une première idée de sa potentialité archéologique.

3.1. Minière et amas

En premier lieu, on constate qu'il n'a pas été possible de déterminer de liens stratigraphiques ou chronologiques entre les minières supposées et l'exploitation médiévale. M1 s'avère être une fosse de fort volume ne présentant pas les caractéristiques d'une exploitation métallurgique. La relation entre M1 et A7 n'a pas été caractérisée et le lien de synchronie n'est pas établi. Actuellement, seul le mobilier céramique situe la consitution de l'amas à la fin du Moyen Age et place le creusement à un moment équivalent ou postérieur. Bien que la découverte de nouvelles anomalies topographiques renforce la présomption d'un axe allant des scories vers les minières de petites tailles, on ne dispose actuellement d'aucun indice pouvant confirmer une possible relation entre exploitation de minerai et métallurgie médiévale. Cela implique qu'il faut repenser le site en envisageant deux espaces spécifiques, sans points de contact identifiés à ce jour. L'analyse physico-chimique des prélèvements réalisés est peut-être une des solutions à envisager pour infirmer ou confirmer cette relation.

3.2. Un complexe technique

Il faut insister en second lieu sur la nécessité de considérer les amas de scories comme de véritables mines d'information quant au complexe technique développé sur le site. La fouille fine des couches de déchets a permis de confirmer, comme sur les sites de même type, la présence de stratification complexe de ces déchets. Ces accumulations semblent être à la fois des indices directs des gestes opératoires mis en oeuvre et sont indirectement de bon «conservateurs» des vestiges les environnants, ces derniers ayant été protégés par les effondrements de niveaux supérieurs de scories. En effet, au regard des vestiges mis au jour, il est possible de poser plusieurs questions et de tenter quelques interprétations.

3.2.1 Volumes

Les volumes de déchets observés dans les amas sont conséquents et la densité de scorie semble se confirmer autour d'une valeur atteignant approximativement 900 kg au mètre-cube. Des mesures micro-topographiques pourraient permettre de mesurer plus finement les volumes de déchets. A partir de l'ensemble de ces calculs et avec des données analytiques au niveau de la chimie des minerais et des scories, il pourrait être possible d'estimer les quantités de minerai consommées et de métal produites sur ce site. En se basant sur un rendement communément admis de 3 volumes de scories pour 1 volume de métal obtenu, les observations actuelles font penser que ces productions ont utilisé plusieurs dizaines à centaines de tonnes de minerai et ont donné plusieurs dizaines de tonnes de métal[1]. On peut légitimement se poser la question de la provenance de ces probables - mais restant à estimer en détail - centaines de tonnes de minerai à l'orgine des amas. La tentation pourraît être forte de voir les excavations proches comme principales sources d'approvisionnement, en faisant l'hypothèse qu'un transport de ces matières semblerait couteux et difficile. Cependant, les autres sites à scories spongieuses ne présentent pas d'exploitation à proximité directe, ce qui relègue cette hypothèse. Il faut probablement chercher dans d'autres directions, en particulier celle de la fourniture en combustible pour expliquer l'implantation des métallurgistes en ce lieu. Assurément, si on applique ces volumes à la question du combustible, on peut aussi imaginer que les quantités de bois exploités sont du même ordre d'idée.

Au regard de ces proportions, il faut relativiser la question que l'on pose depuis 2002 à propos des couches de sédiments rouges. On les observe quasi systématiquement dans les amas des sites à scories spongieuses et on propose à chaque fois du bout des lèvres l'hypothèse des résidus de minerai, sous prétexte que les hommes de l'époque n'auraient pas abandonné de la matière première. Si ces hommes ont travaillé ces centaines de tonnes de minerais supposé, on peut imaginer que ces quelques kilogrammes observés dans chaque cas ne représentent presque rien à l'échelle de la métallurgie mise en oeuvre.

Enfin, ces considérations soulèvent aussi la question de la destination de ces productions de fer. Bien que nous disposions de comptes d'achats du XVeme siècle (voir supra), on ne peut pas assurer la concordance chronologique, ni relier ces productions. D'autres investigations sont à mener dans cette direction, pour mieux estimer des liens éventuels.

3.2.2. Des chaînes opératoires

Les indices découverts sont associables à deux complexes techniques précis : la prépa-

[1] Approximativement, si on se base sur les mesures observées dans la coupe de A7 dans le sondage 1 (hauteur maximum de 0,70 m et 12 m de diamètre), en applicant le calcul du volume d'une calotte sphérique, on obtient un volume d'environ 40 m3. De même pour A5, avec une hauteur max de 1 m et une diamètre de 10 m environ, on arrive à un résultat similaire. La réalité esr probablement moindre étant donné que le sol n'est pas plat et les amas pas toujours circulaire.

ration du minerai et sa réduction.

3.2.2. - a. La préparation du minerai

Les indices concernant cette préparation du minerai semblent se concentrer dans et autour du foyer FY1. En effet, le magnétisme des sédiments trouvés dans le foyer (US 1023 et US 1022) et composant le tas (US 1021) ne peut s'expliquer que par deux biais : soit à l'origne il est constitué d'un minéral naturellement attirable à l'aimant, comme peut l'être la magnétite (Fe3O4), soit il est la conséquence du grillage d'un sédiment très riche en minerai de fer qui se serait réduit en partie en magnétite lors d'une combustion en atmosphère réductrice. L'empierrement qui a subit la chauffe, la concentration importante de charbon dans le comblement du foyer et dans le tas de sédiment conforte l'hypothèse d'un grillage de minerai. En outre, les deux unités stratigrahiques sont composées de sédiments d'aspects similaires. Dans ce cas, on peut imaginer que le tas observé au dessus de FY1, identique lui aussi aux comblements du foyer, est celui d'un sédiment qui a subi une combustion dans ce foyer et qui a ensuite était déposé à côté. Dans ce cas, en s'appuyant sur cette interprétation et l'organisation stratigraphique observée, on peut imaginer que le foyer FY1 ai servi à griller du minerai entre plusieurs phases de réduction.

En outre, bien qu'il n'a pas encore été démontré un lien entre les blocs de minerai trouvés dans les minières de Péronnette et ces «sédiments-minerais», il faut aussi se demander pourquoi ces minéraux sont d'aspect sableux. On ne connaît aucune occurence de sable ferrugineux dans la forêt de Paimpont ou plus spécifiquement dans l'espace des minières de Péronnette. Ainsi, avant l'étape de grillage dans FY1, on peut supposer qu'il y ait un cassage des blocs de minerais afin de réduire la granulométrie de ce qu'on met dans le four, peut-être à une maille d'ordre millimétrique. Pour l'instant, l'absence de découverte de banc de cassage, ne permet pas de le confirmer. De plus, il faut aussi se demander si ces poudres ne sont pas des résidus des diverses opérations de préparation du minerai et non le produit volontaire d'un éventuel cassage. En effet, il n'existe pour l'instant aucun indice qui permet de déterminer assurément la granulométrie du minerai mis dans les fours. Cependant, on sait que des réductions expérimentales de minerai de fer ont fonctionné avec des poudres de minerai tout aussi bien qu'avec des blocs de la taille d'une noix. Enfin, il reste encore à déterminer dans l'abslolu la composition des ces sédiments, un étude devrait avoir lieu entre 2009 et 2010.

Une fouille plus avant semble nécessaire dans cet espace de la zone 1, on peut déjà estimer que le déversement des US 1004 et 1003 de l'amas A7 a protégé un niveau d'atelier composée d'un sol aménagé dans lequel on observe ce qui semblerait être des vestiges de la préparation du minerai à destination de la réduction. Cette observation est particuliè-

rement exceptionnelle sur un site de métallurgie, en particulier pour la fin de la période médiévale. Seul un foyer aménagé pouvant avoir servi au grillage de minerai avait été aussi observé sur le site du Vert-Pignon III (VIVET 2005). L'approche stratigraphique permet de proposer des hypothèses fines sur le fonctionnement de cet espace. Une reprise de la fouille de ce niveau de sol semble nécessaire et laisse supposer la conservation d'autres structures, comme par l'exemple le ou les fours à l'origine de l'amas de scories.

3.2.2. - b. La réduction du minerai

Bien que la phase de réduction soit celle qui marque le plus visiblement le site, les indices permettant d'expliquer la forme et le fonctionnement des fours et des gestes associés restent maigres. Outre, les déchets scoriacés, on identifie essentiellement des vestiges de four au travers des parois internes et du fragment d'évent mis au jour. Ces parois rappellent celles découvertes sur le site de Trécélien (VIVET 2002) rejetées elles-aussi dans les amas de scories. Bien qu'encore en cours d'étude, on ne peut pas nier que ces fragments concaves sont très proches des parois observables dans les fosses ovales à circulaires des foyers métallurgiques de Trécélien et du Vert Pignon III (VIVET 2005). Il reste cependant encore à confirmer que ces parois soient bien celles de foyer de réduction. Sur le site de Péronnette, aucun indice de post-réduction n'a été découvert, mais la faible surface explorée ne suffit pas à exclure la présence d'une activité de post-réduction qui pourrait aussi être à l'origine de ces parois.

Quoi qu'il en soit, cela amène à une réflexion sur la présence de ces parois dans les niveaux de rejets du site. Sont-elles des restes de curage d'une structure, ou bien les traces de la mise au rebut de la totalité de la structure ? Il est difficle de conclure. Cependant, la présence assez importante de limon argileux plus ou moins chauffé dans A5 et semblant constituer une strate de l'amas en formation donne l'impression qu'on rejette plus qu'une partie de la parois dégradée. Des observations de limon présent en tas dans les amas de scories avait d'ailleurs été faites sur le site de Trécélien. Faut-il voir là un geste technique spécifique consistant à détruire tout ou partie du foyer, en considérant ce qui est extrait comme un déchet ?

3.2.2 - c. Le combustible

Le charbon de bois semble être le combustible dominant. Il se présente comme un déchet secondaire dispersé avec les scories sur les sols d'ateliers et dans les amas. Là encore les quelques kilogrammes résiduels découverts ne représentent probablement qu'une très faible part des quantités utilisées. On le retrouve aussi dans les deux foyers mis au jour et dans une fosse, peut-être de stockage, dans A5. Il est aussi présent dans le sondage 2, au sein d'au moins une fosse (FC1) et à proximité de F1 et F2 pour lesquels il

n'a pas été possible de déterminer une fonction ni une datation. Seul observation de fosse: cet ensemble se trouve dans l'axe SO-NE du site et incite à penser qu'il fait parti de l'organisation globale de l'espace dévolue à la métallurgie. Une datation C14 des charbons prélevés est envisagée afin de confirmer ou non cette éventuelle synchronie.

Tous ces charbons et sédiments charbonneux du site ont été prélevés et sont destinés à alimenter les travaux de doctorat J.-C. Oillic. Il reste à déterminer si tous ces charbons sont issus de charbonnage, à évaluer les espèces végétales exploitées et sous quelles formes (branches, troncs) et enfin à associer ces résultats aux foyers et rejets observés. Une des questions majeures qui se pose est celle du lieu où a été produit le charbon. A ce propos, il faut envisager la fouille d'au moins une des charbonnières découvertes en prospection à quelques dizaines de mètres des amas. Rappelons que le couvert forestier présente de nombreuses reprises de souches de charmes de diamètres importants, indiquant une exploitation contemporaine en taillis, probablement dans le courant du début du XXeme siècle.

3.3. Perspectives

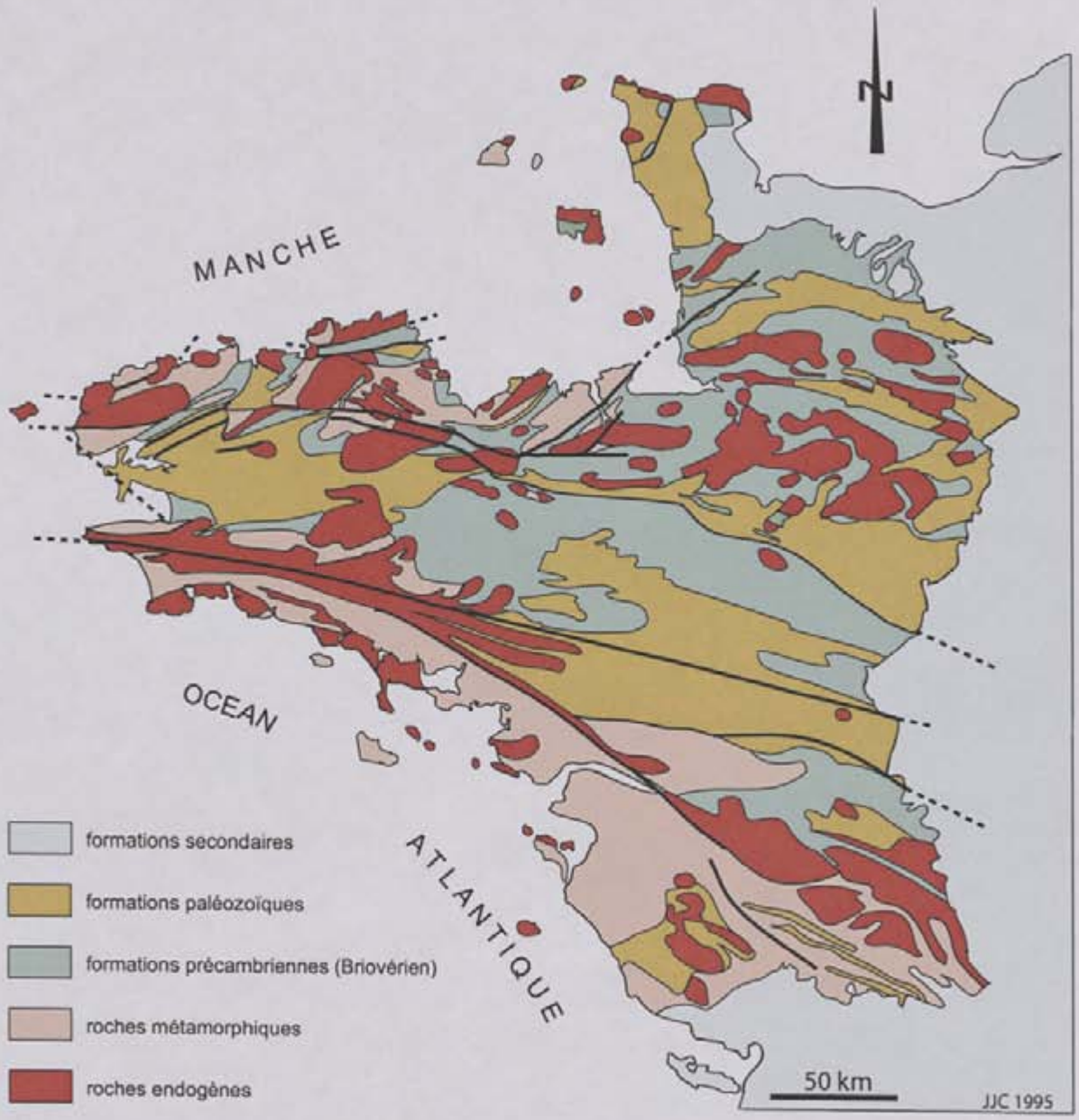
Le ferrier de Péronnette est un atelier de réduction de minerai de fer où devait avoir lieu une partie de la préparation de minerai . De la même manière que Trécélien et le Vert Pignon III, c'est un site du deuxième Moyen Age, qui a fonctionné entre la fin du XIIIeme et le XVeme siècle. Du fait de cette chronologie et de la morphologie globale des scories observées, cette métallurgie s'inscrit assurément dans la filière loupe/fer-acier (GARCON *et al.*, 2006), et bien qu'il reste à s'en assurer définitivement, il faut exclure l'hypothèse d'une production de fonte.

Les sondages ont révélé la présence de plusieurs sols d'ateliers protégés par des niveaux d'effondrement des amas de scories. Continuer la fouille de ce site semble pertinent, on peut en effet avoir de bons espoirs de trouver d'autres traces d'activités, quelles soient métallurgiques ou connexes au travail de métallurgie. Il reste encore à trouver la provenance du minerai travaillé, et comme sur les sites fouillés précedemment, on peut se demander s'il n'existe pas des vestiges de structures bâties, associées aux sols d'atelier. Cette question de l'Homme qui agit autour des fours est encore très peu abordées dans le contexte des sites à scories spongieuse du massif de Paimpont, la fouille en forêt n'étant pas la plus évidente pour observer les indices des occupations bâties. Seuls les vestiges céramiques nous rapprochent du quotidien de ceux qui ont prélevé, déplacé et produit en ces lieux.

Enfin, Péronnette est aussi un site contemporain des Forges de Paimpont, dont l'histoire se retrouve ici dans l'exploitation minière. Avec l'exploration archéologique, il faut encore chercher ce qui relie les métallurgistes du Moyen Age aux métallurgistes du début du XIXeme siècle et détermier lesquels sont à l'origine des excavations minières.

4. Annexes

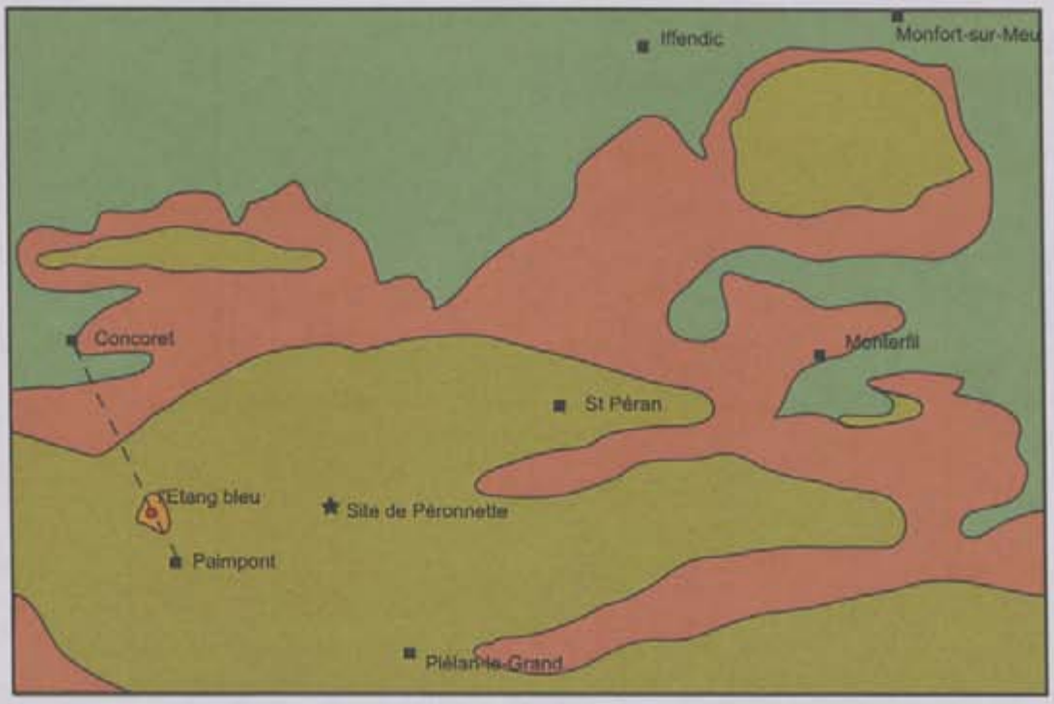
4.1. Figures



Carte géologique du massif armoricain

Les bassins tertiaires n'ont pas été figurés (CHAUVEL, 1995)

Figure 3



croute ferugineuse

Formation du Grès armoricain [env.475 - 465 MA]
Grès blanc avec couches de minerai de fer dans la moitié inférieure

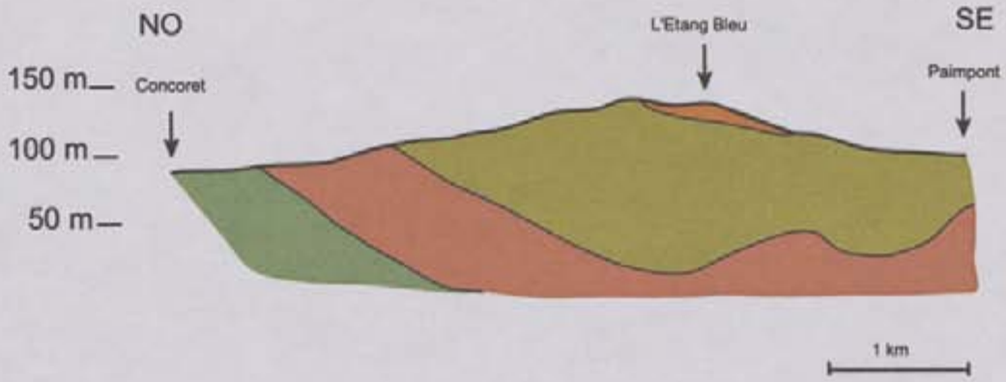
Formation de Pont-Réan [env.485-475]
schistes et grès rouges et violacés

Briovérien [vers 540 MA]
schiste verdâtre et grès

Coupe Concoret/Paimpont

Ancienne Minière

Carte géologique simplifiée du massif forestier de Paimpont
(J.J. Chauvel, N. Girault d'après la Carte géologique de France à 1/80000, feuille de Rennes, 3e édition - 1966)



Coupe géologique NO-SE entre Concoret et Paimpont
(J.J. Chauvel, N. Girault d'après la Carte géologique de France à 1/80000 feuille de Rennes, 3e édition - 1966)

Fig 4 : Géologie simplifiée du massif de Paimpont

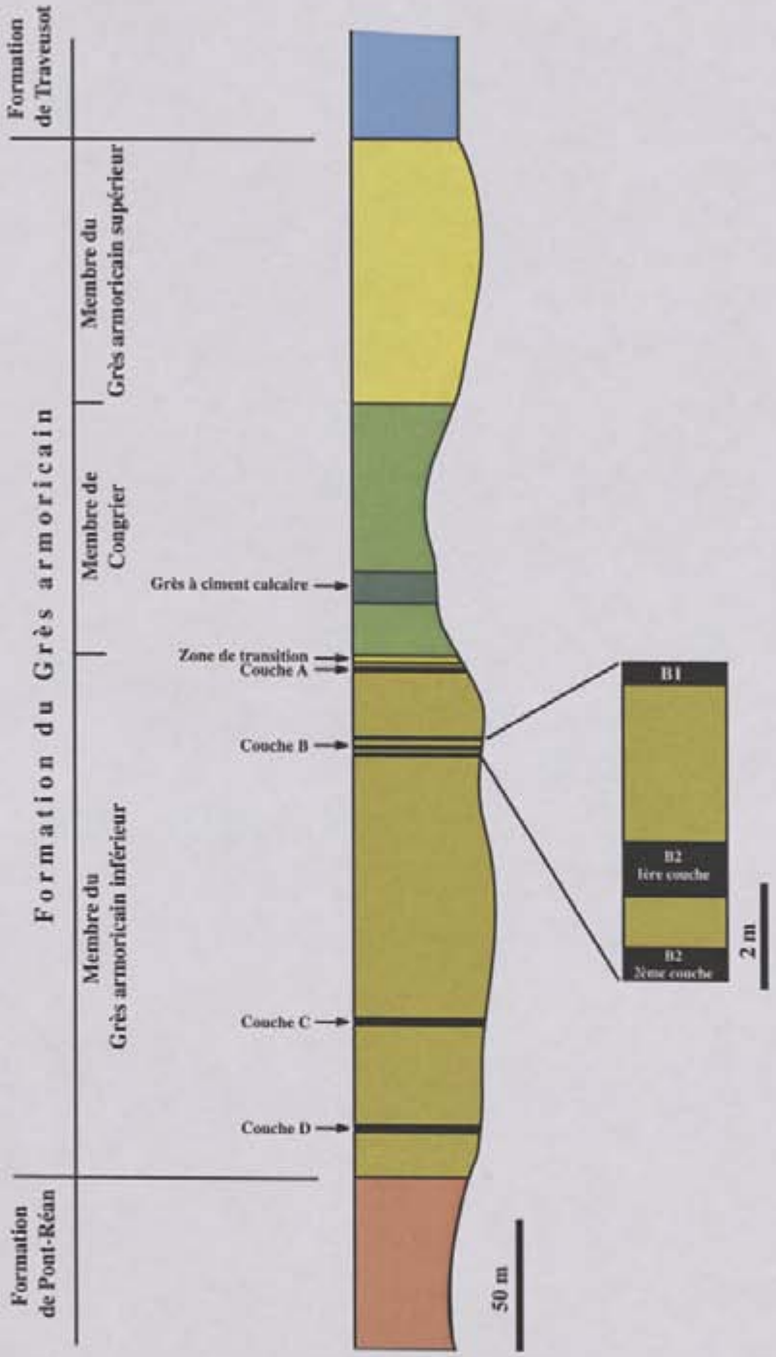


Fig. 5 : Log de la formation du grès armorician (J.J. Chauvel)

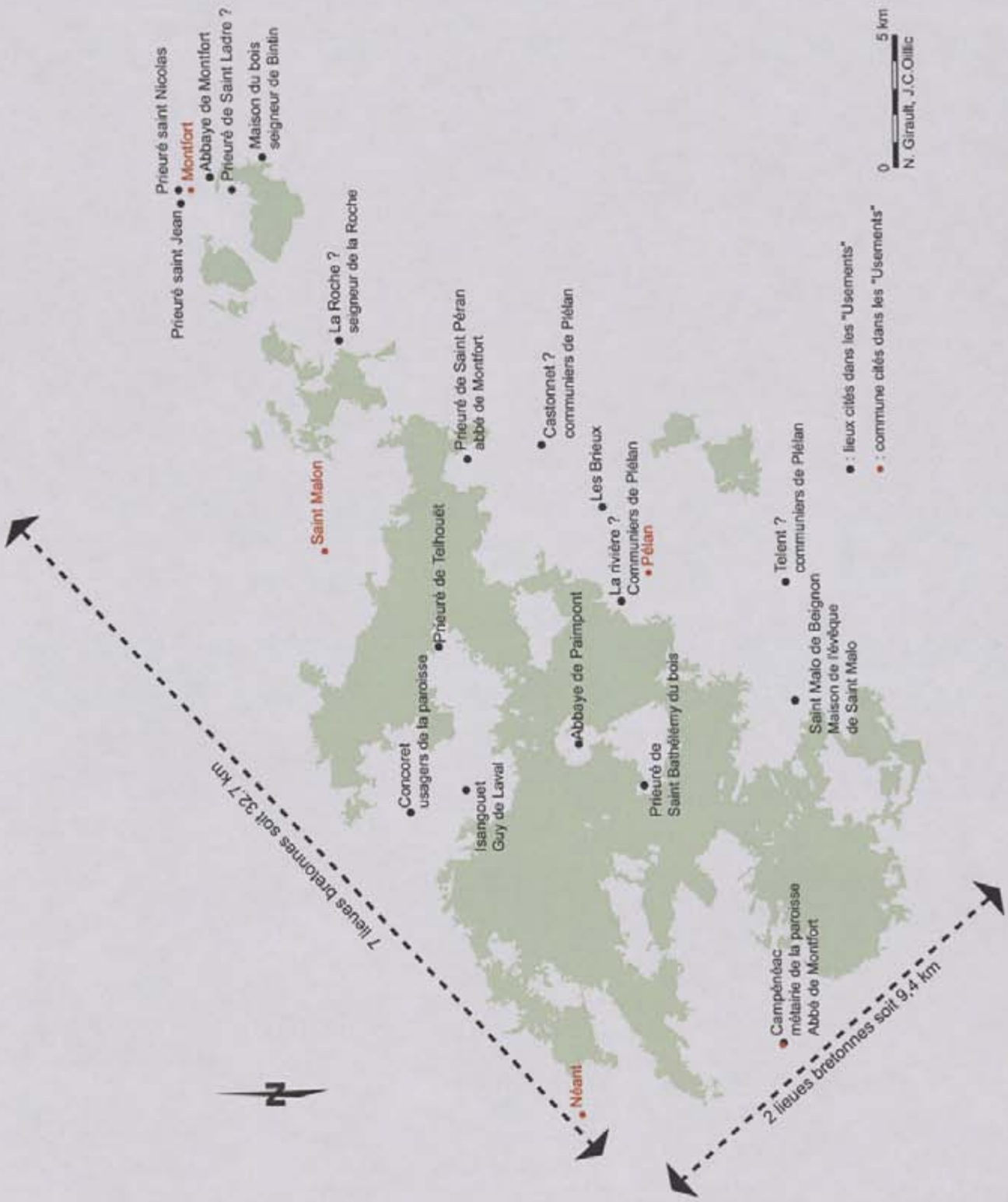


Fig. 6 : carte de répartitions des lieux et communes citées dans les «Usements de la forêt de Brécélien» donnant une idée de la surface de la châtellenie au XVeme siècle

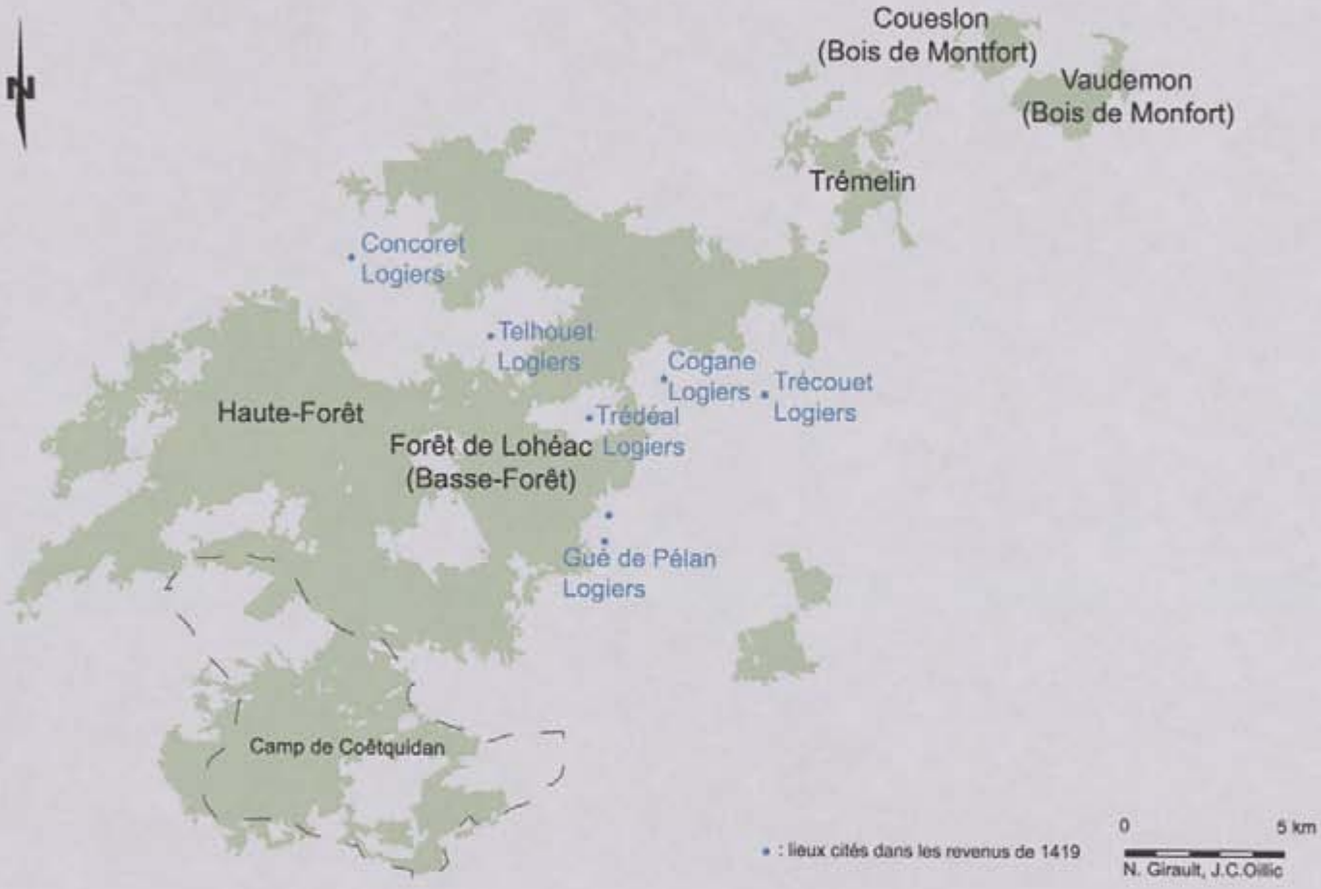


Fig 7 : carte des quartiers médiévaux de la forêt

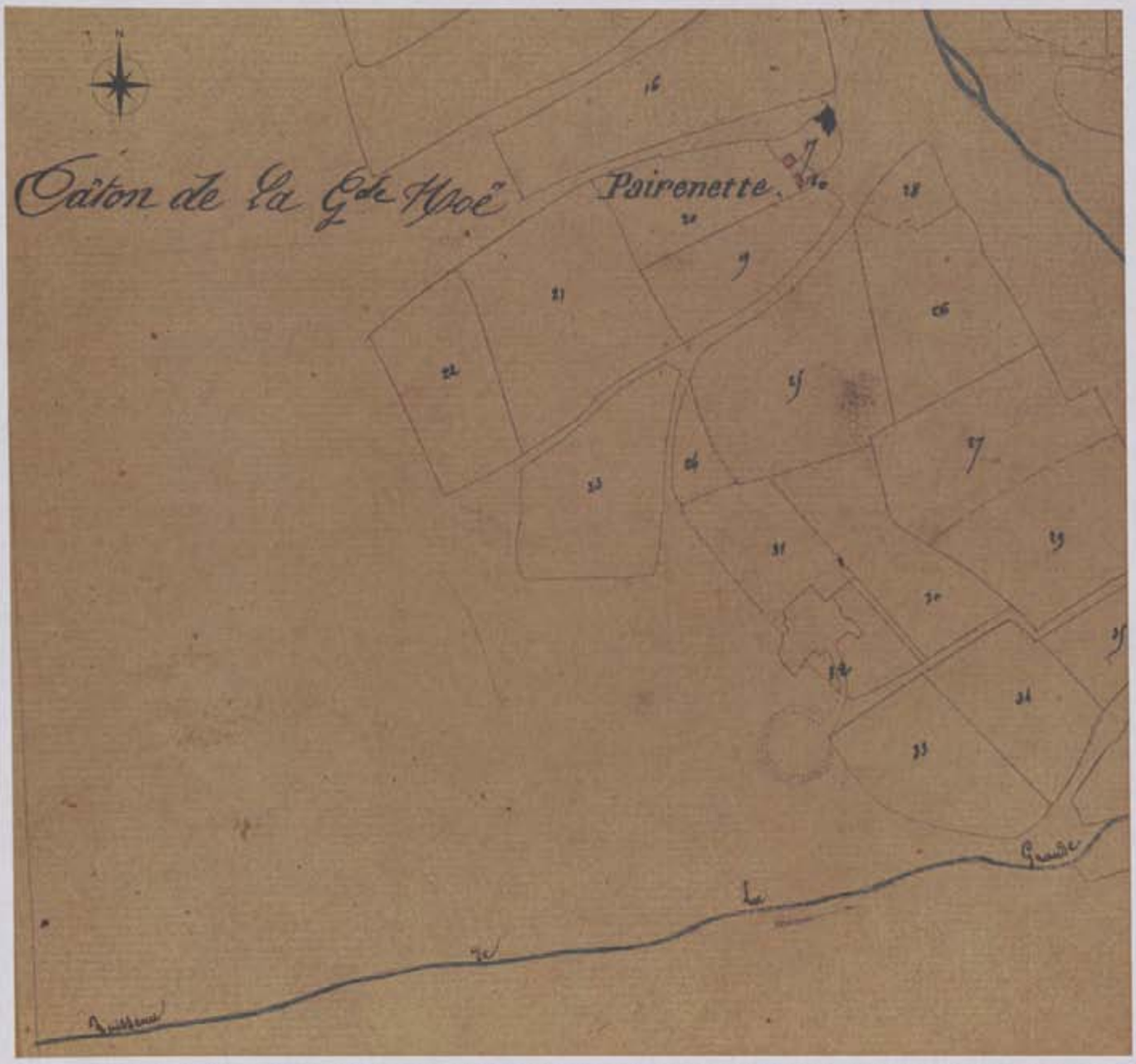


Fig. 8 : détail du cadastre napoléonien, parcelles occupées par les vestiges: 31,32, une majorité des vestiges se trouve dans la zone de forêt à l'ouest de ces parcelles (commune de Paimpont, section F, Trudeau et Trédéal, feuille 1/3)

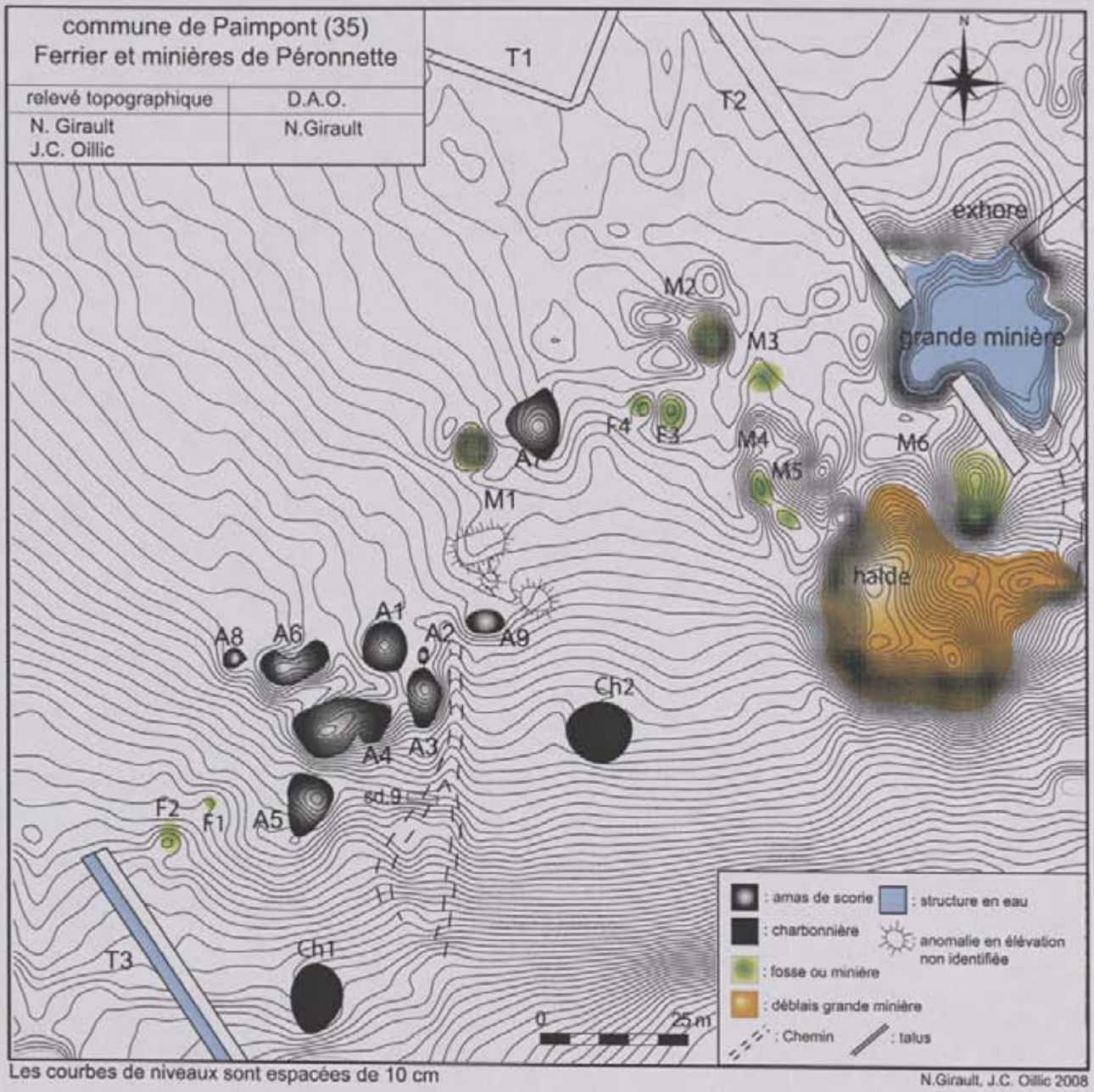


Fig. 9 : relevé des anomalies topographiques

Fig. 10 : détail cadastre napoléonien au niveau de la grande minière

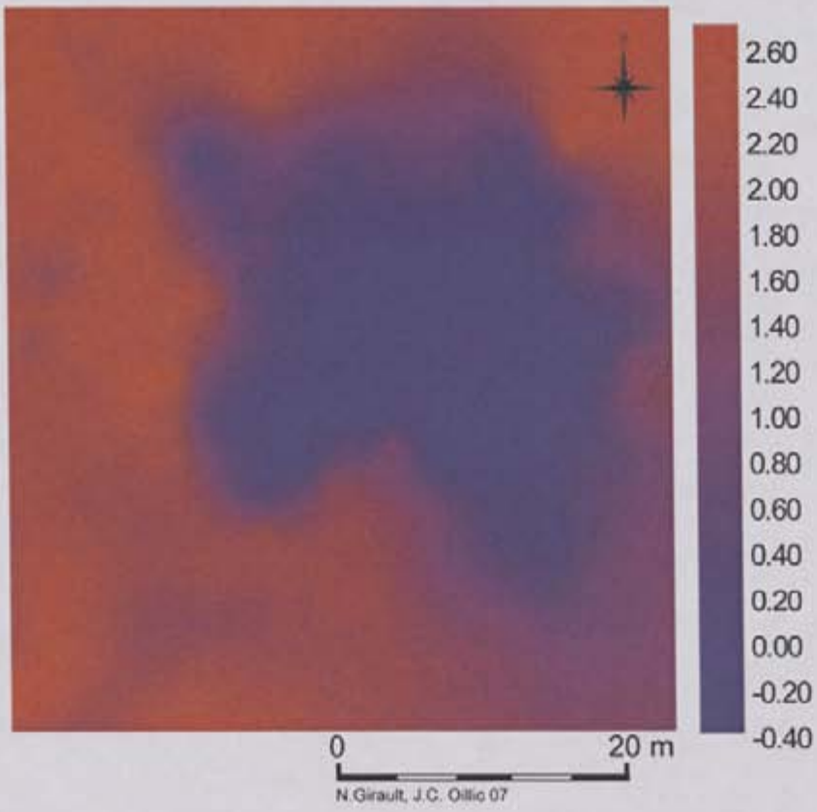


Fig. 11 : relevé topographique de la grande minière (sans l'exhore)

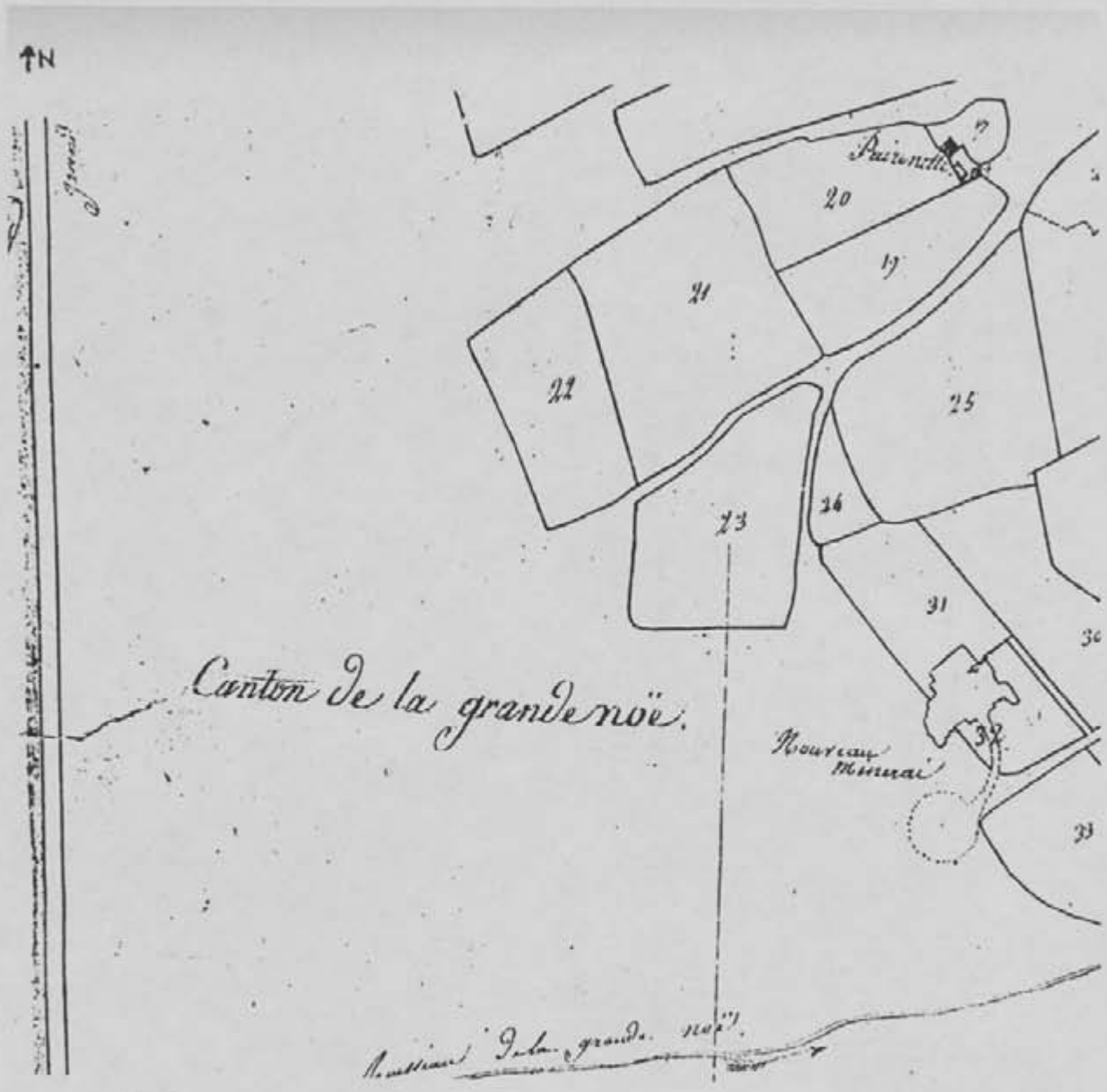


Fig. 12 : extrait du cadastre naopléonien dans le mémoire de L. Roux (ROUX 1987, p.86)

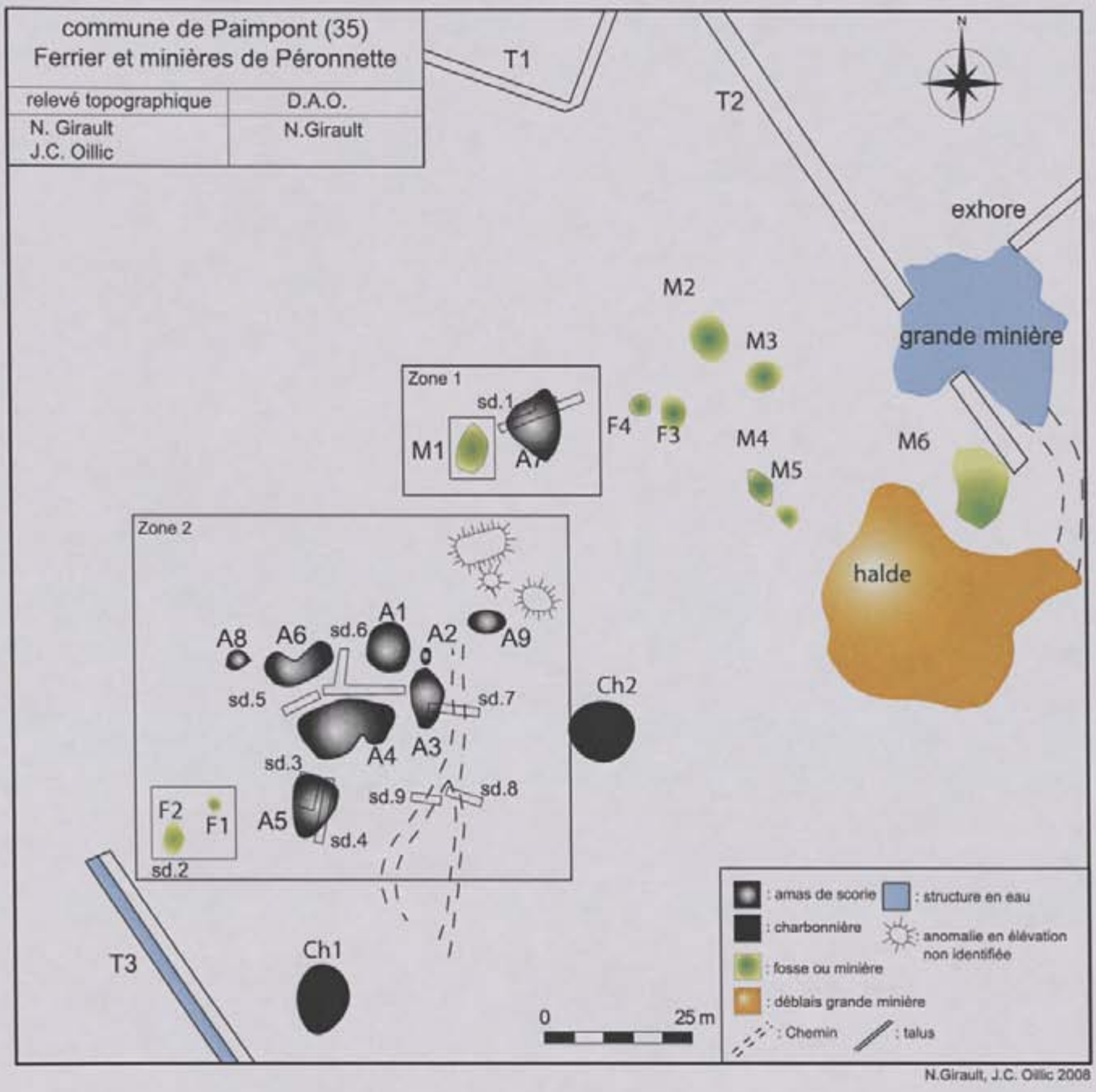
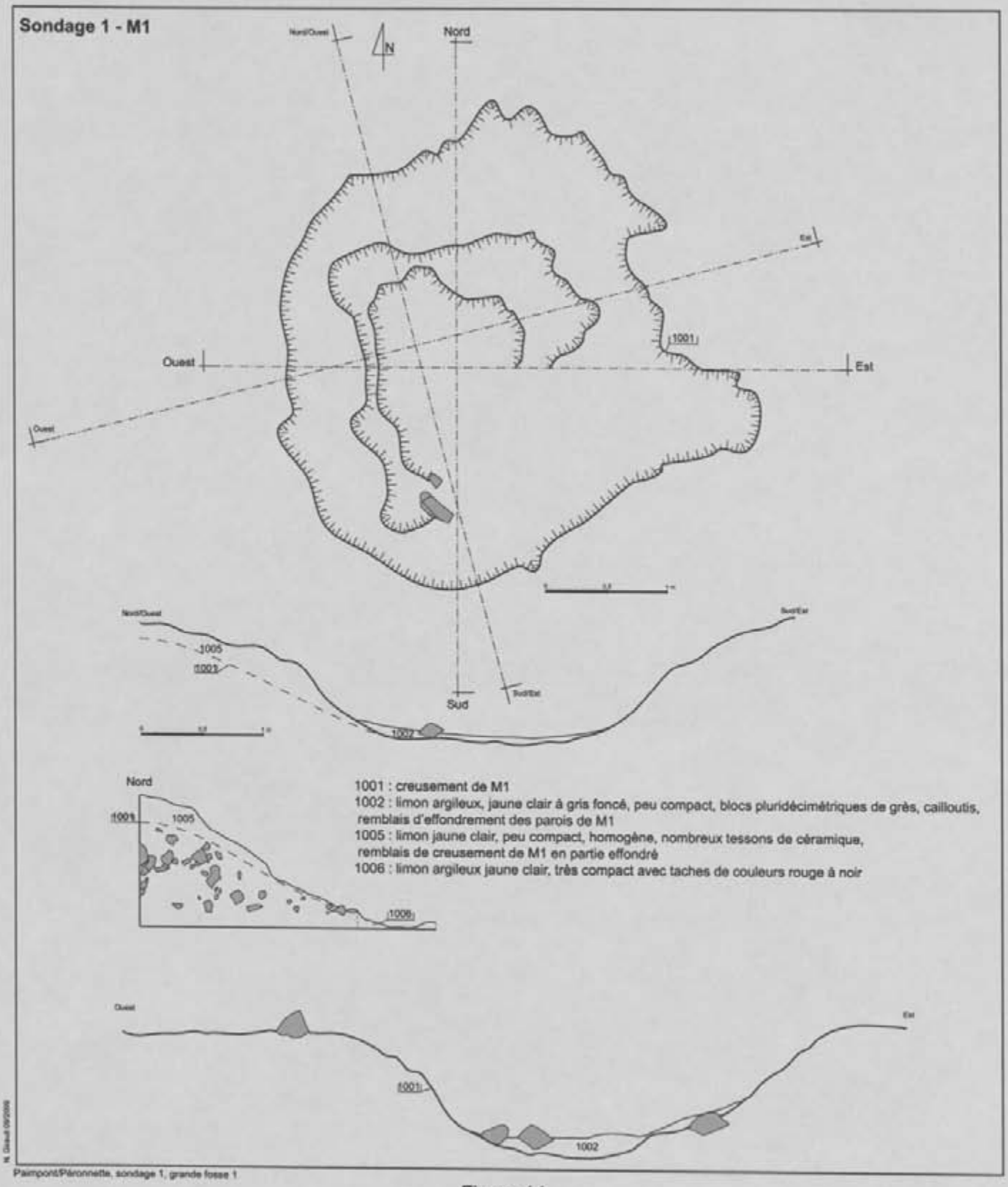


Fig.13 : plan des structures et des sondages



Paimpont/Péronnette, sondage 1, grande fosse 1

Figure 14

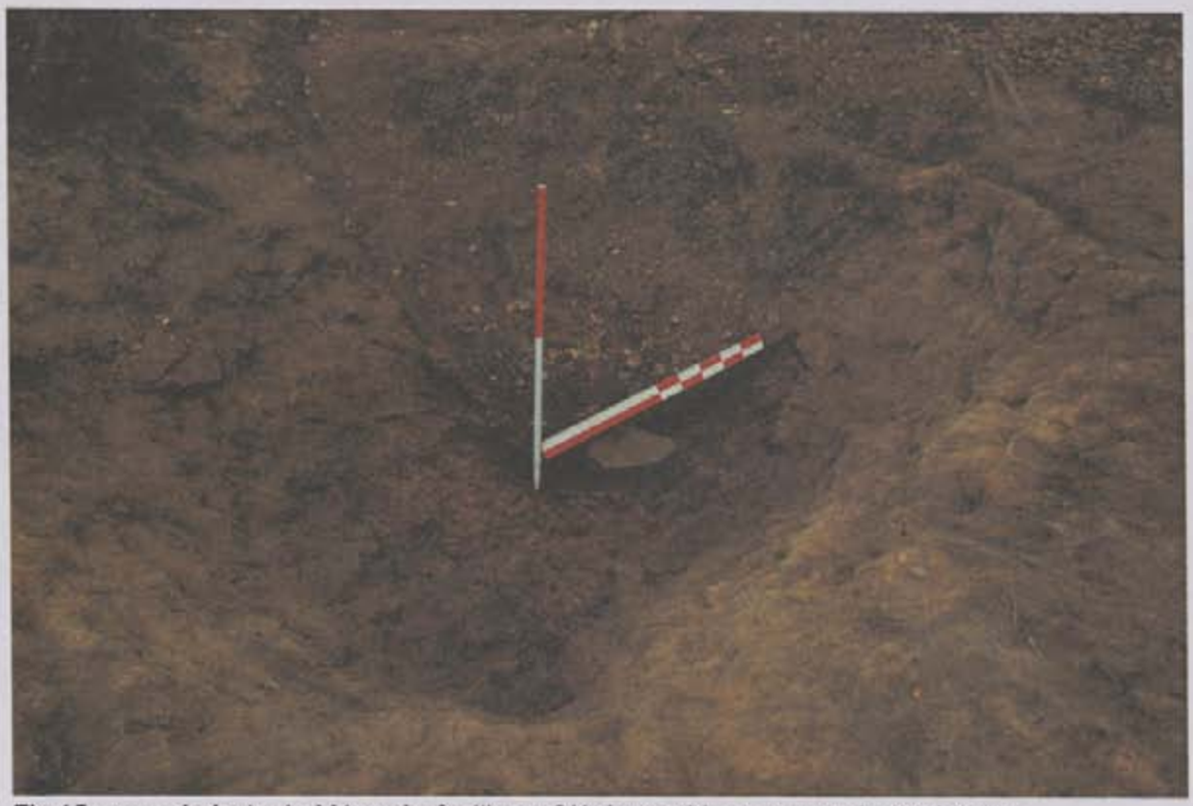


Fig.15 : vue générale de M1 après fouille au 3/4 du comblement, vue de nord-ouest

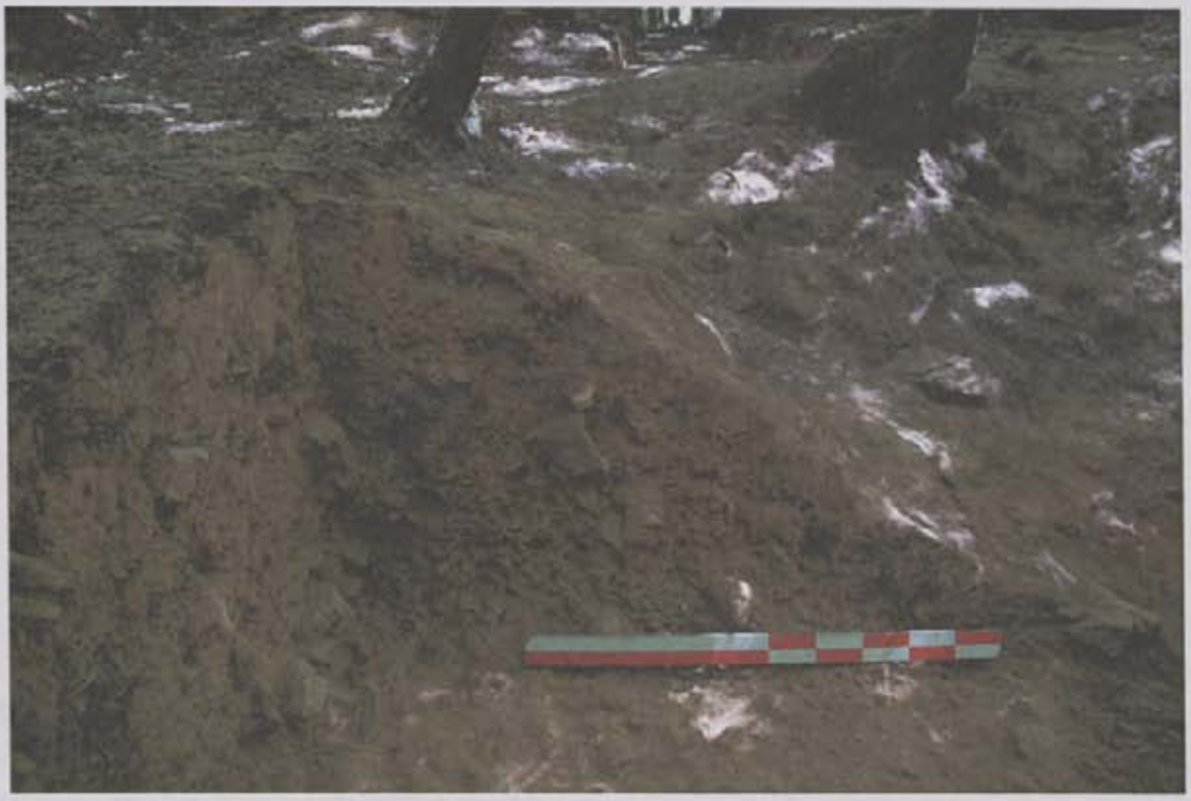
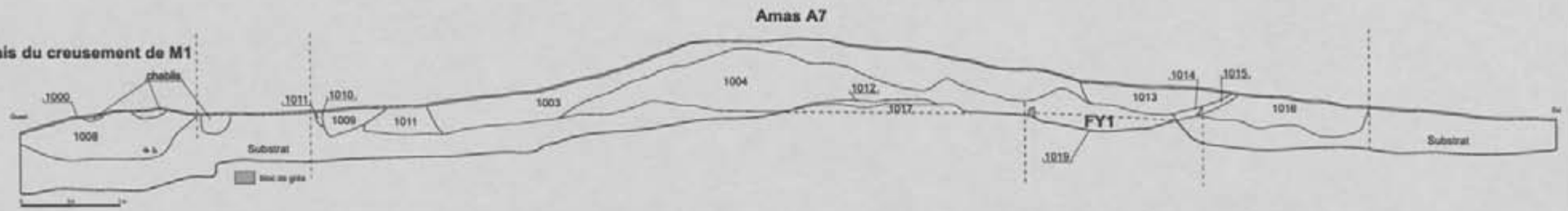


Fig.16 : coupe de M1 sur l'axe nord-sud, vue d'ouest



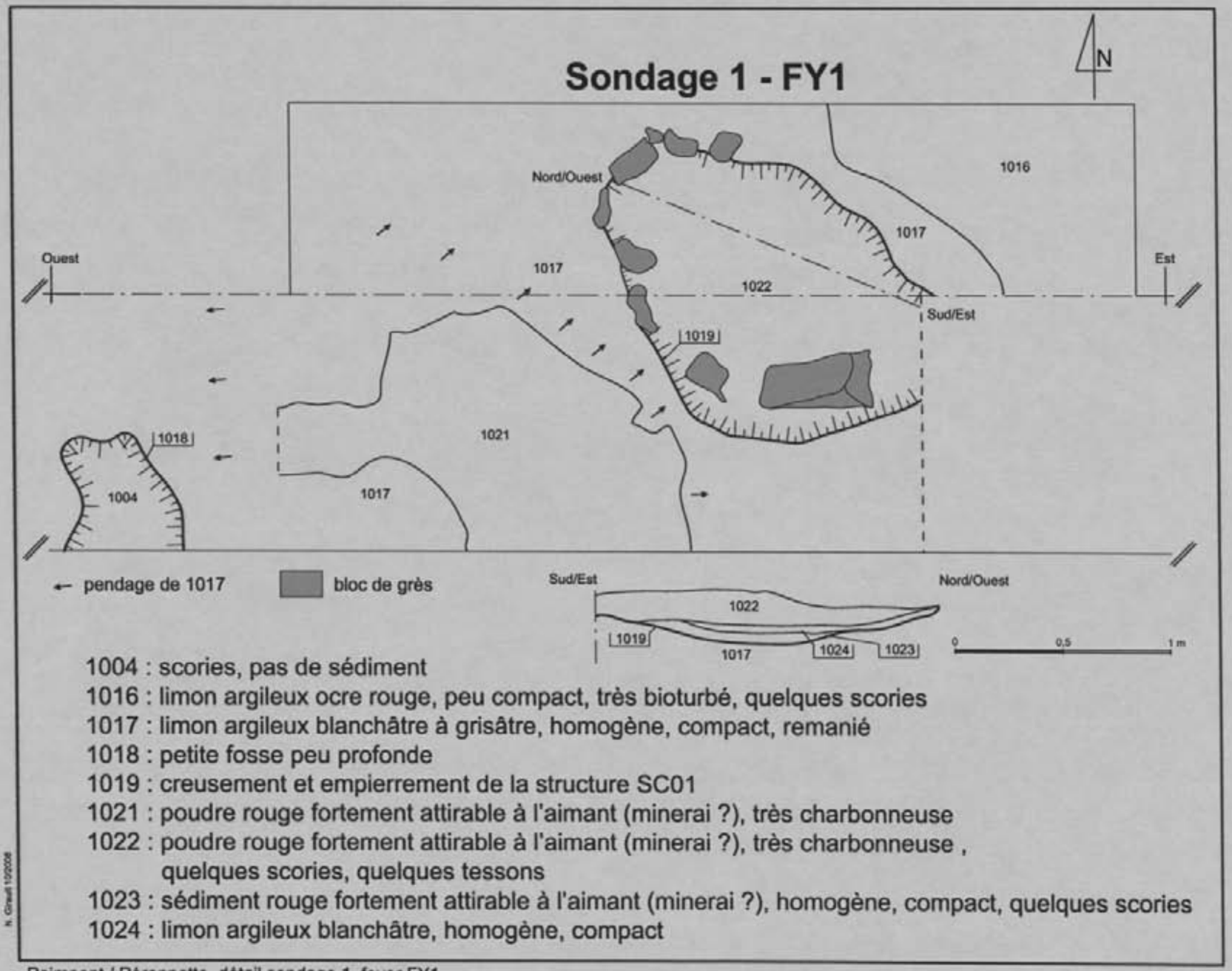
1000 : humus, gravier de grès, quelques scories
1003 : nombreuses scories mélangées à un humus très décomposé
1004 : scories, pas de sédiment
1008 : limon argileux ocre à jaune, bloc de grès, quelques scories
1009 : limon argileux ocre à jaune, poudreux, fortement, bioturbé, bloc de grès, scories
1010 : chablis
1011 : limon argileux ocre à jaune, poudreux, scories
1012 : sédiment charbonneux et cendreux, scories
1013 : limon argileux ocre à jaune mélangé à de l'humus, très poudreux, scories
1014 : poudre rouge fortement attirable à l'aimant (minerai ?), très charbonneuse , quelques scories, égale à 1022
1015 : sédiment organique, meuble, peut-être mélangé avec 1014
1016 : limon argileux, compact, très bioturbé, quelques scories, peut-être un chablis
1017 : limon argileux blanchâtre à grisâtre, homogène, compact, remanié
1019 : creusement et empierrement de la structure SC01
FY1 : structure de combustion, pour plus détail voir plan et coupe fig.18

Pasnport / Pérorcette, coupe avenshnsi sondage G1

Figure 17

Fig. 18 : A7 après décapage du niveau d'humus et avant coupe, vu d'est

Fig. 19 : sondage manuel test dans A7 pour évaluer le type de scorie et faire des prélèvements



1004 : scories, pas de sédiment
1016 : limon argileux ocre rouge, peu compact, très bioturbé, quelques scories
1017 : limon argileux blanchâtre à grisâtre, homogène, compact, remanié
1018 : petite fosse peu profonde
1019 : creusement et empierrement de la structure SC01
1021 : poudre rouge fortement attirable à l'aimant (minerai ?), très charbonneuse
1022 : poudre rouge fortement attirable à l'aimant (minerai ?), très charbonneuse , quelques scories, quelques tessons
1023 : sédiment rouge fortement attirable à l'aimant (minerai ?), homogène, compact, quelques scories
1024 : limon argileux blanchâtre, homogène, compact

N. Gruell 11/2008

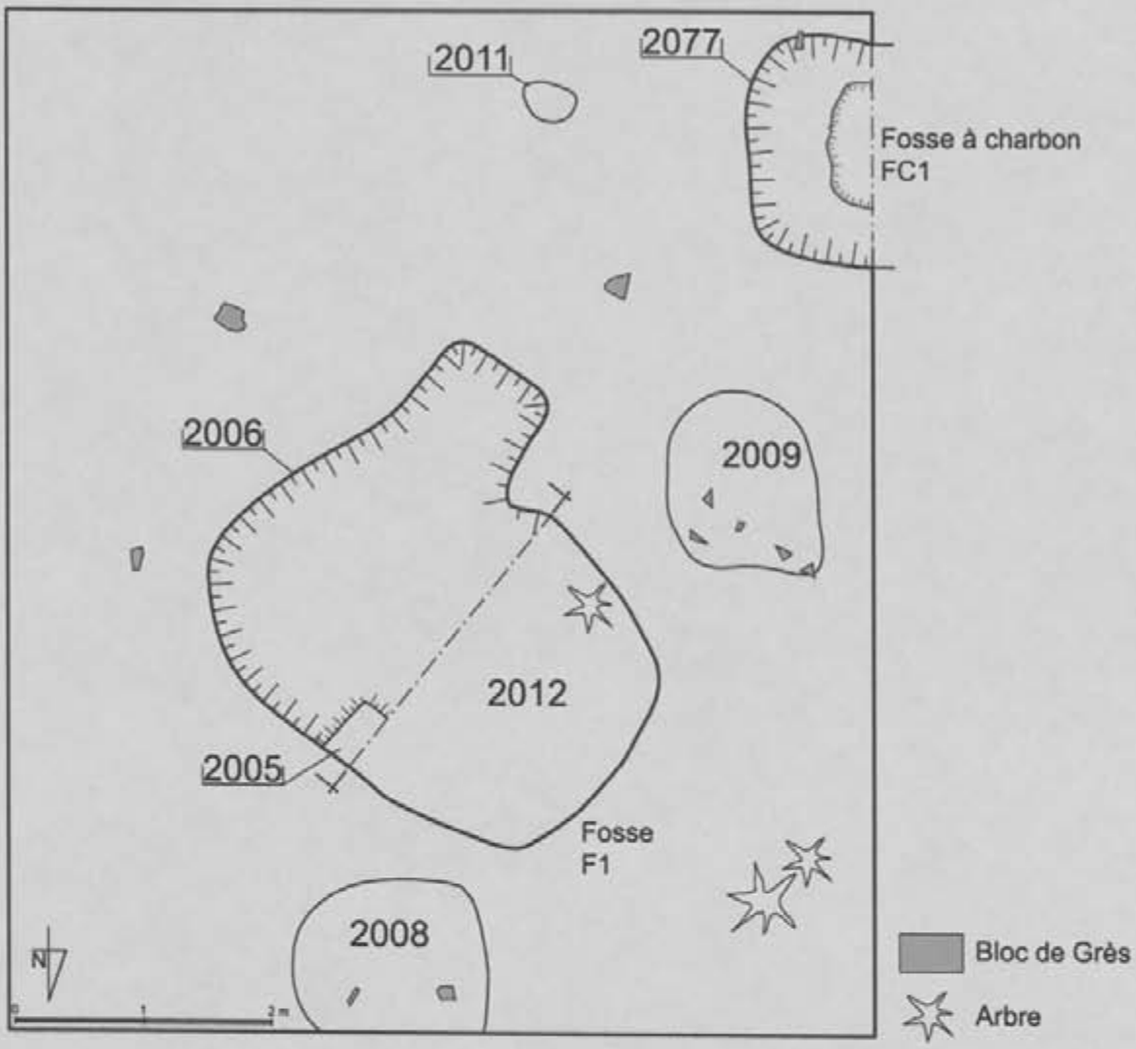
Paimpont / Péronnette, détail sondage 1, foyer FY1

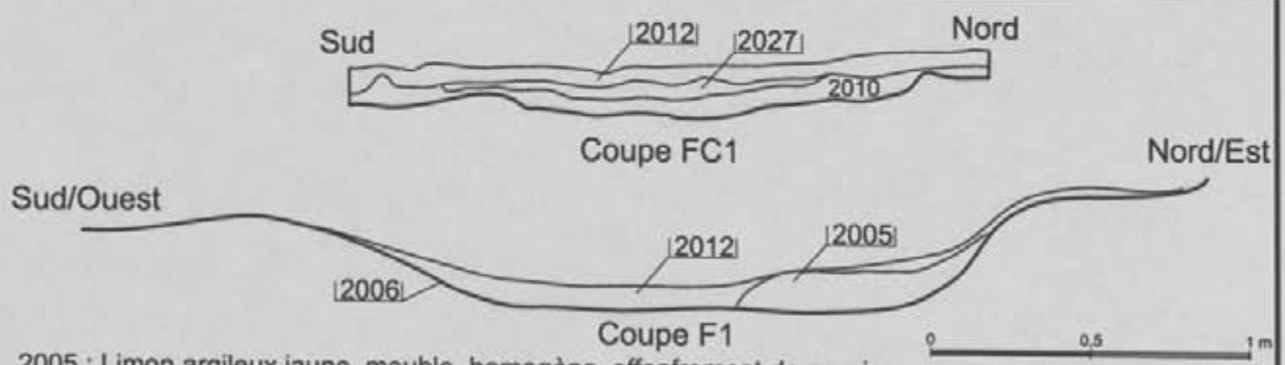
Figure 20

Fig. 21 : foyer FY1 après fouille au 3/4 du comblement, vu de nord-est

Fig. 22 : foyer FY1 et tas de minerai grillé (?) associé, vus de sud-ouest

Sondage 2 - F1





2005 : Limon argileux jaune, meuble, homogène, effonfrement de parois
2006 : Creusement de F1
2008 : Nappe charbonneuse
2009 : Nappe charbonneuse
2010 : Couche de charbon, meuble, homogène, au fond de FC1
2011 : Nappe charbonneuse
2012 : Humus
2027 : Limon argileux gris foncé, peu compact, homogène, charbons, colluvionnement
2077 : Creusement de FC1

N. Giraudi 06/2009

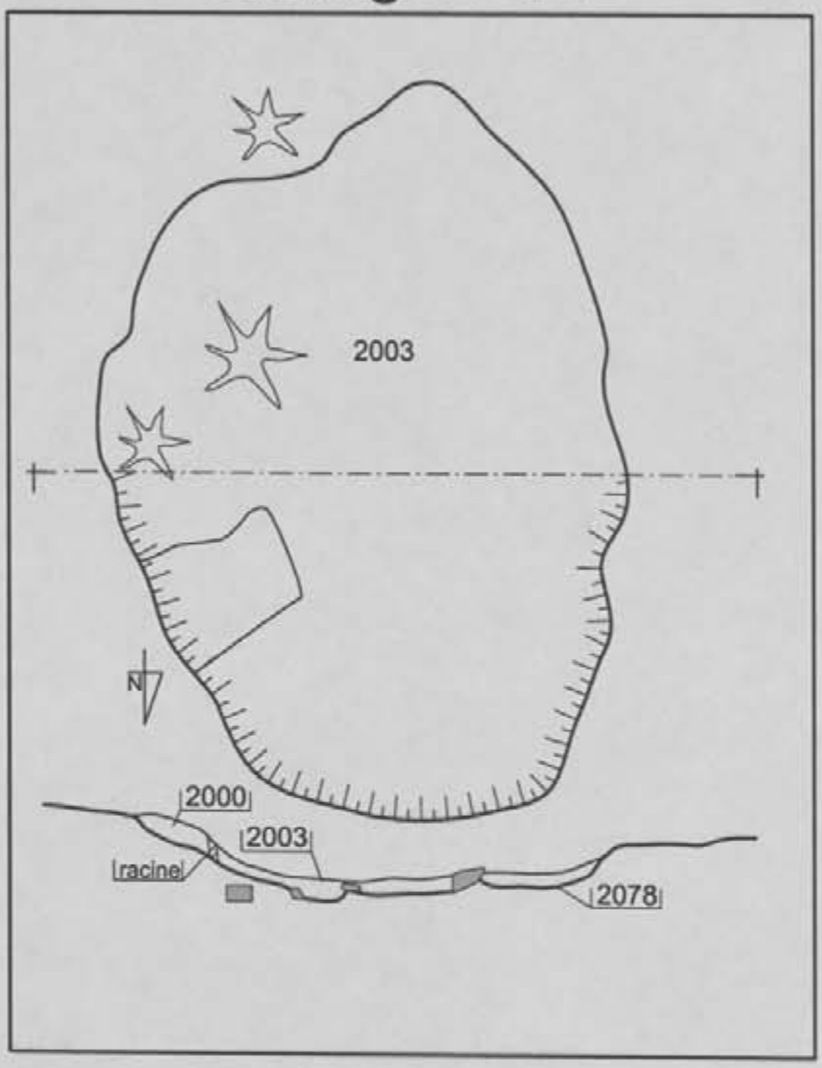
Paimpont / Péronnette, Sondage 2, Fosse F1 et Fosse à charbons FC1

Figure 23

Fig. 24 : coupe de F1, vue de sud-est

Fig. 25: coupe de FC1, vue d'est

Sondage 2 - F2



2000 : Humus
2003 : Limon argileux noir, meuble, très riche en matière organique, très humide, présence de sphaigne
2078 : Creusement de F2

N. Giraudt 06/2009

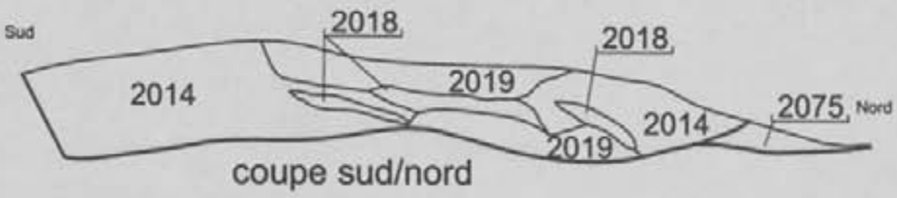
Paimpont / Péronnette, Sondage 2, Fosse F2

Figure 26

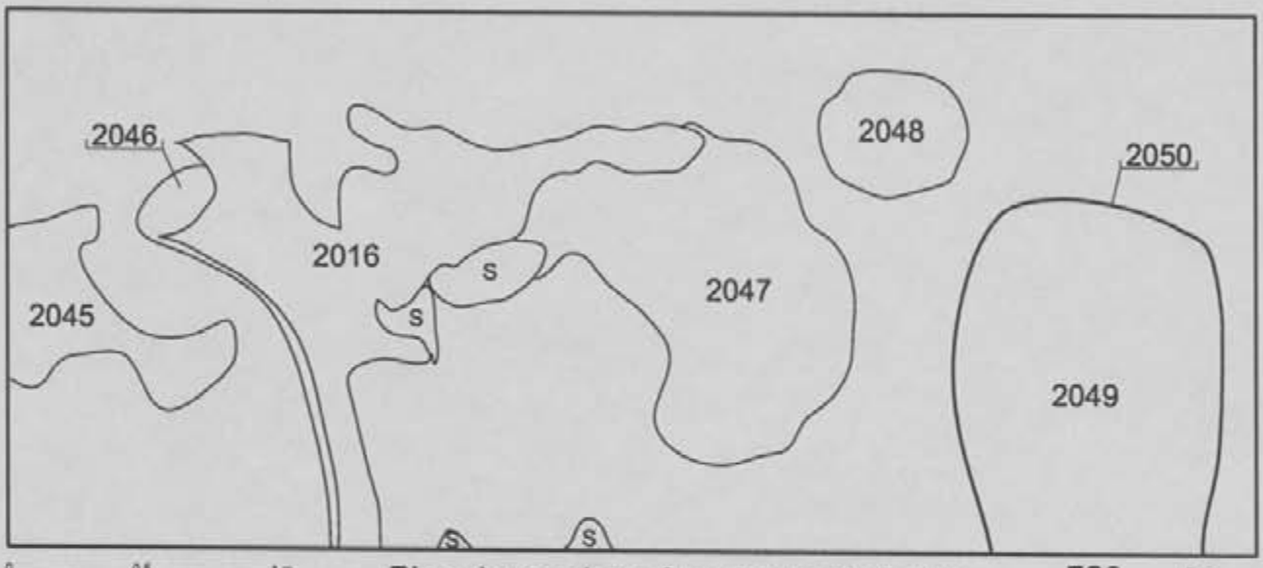
Fig . 27 : vue générale du sondage 2, prise du nord-est, F1 au premier plan, FC1 au milieu, F2 au fond

Fig 28 : F2 après fouille par moitié, vue de nord-est

Sondage 3 - A5



coupe sud/nord



0 0,5 1 m

Plan du sondage 3 en cours de fouille

FS2

N

s : scorie massive

2014 : amas de scorie, absence de sédiment, un fragment d'évent
2016 : limon argileux rubéfié par endroit, fragment de parois
2018 : sédiment rouge magnétique, minerai en poudre ?
2019 : couches de charbons, compact
2045 : limon argileux, organique, brun, meuble, peut-être racine décomposée
2046 : sédiment très charbonneux
2047 : mélange de sédiment rouge magnétique et charbons de bois
2048 : limon argileux, brun, homogène
2049 : couche de charbons, quelques tessons de céramique
2050 : creusement d'une petite fosse FS2
2075 : limon argileux, ocre jaune à gris, homogène, cailloutis de grès, substrat ?

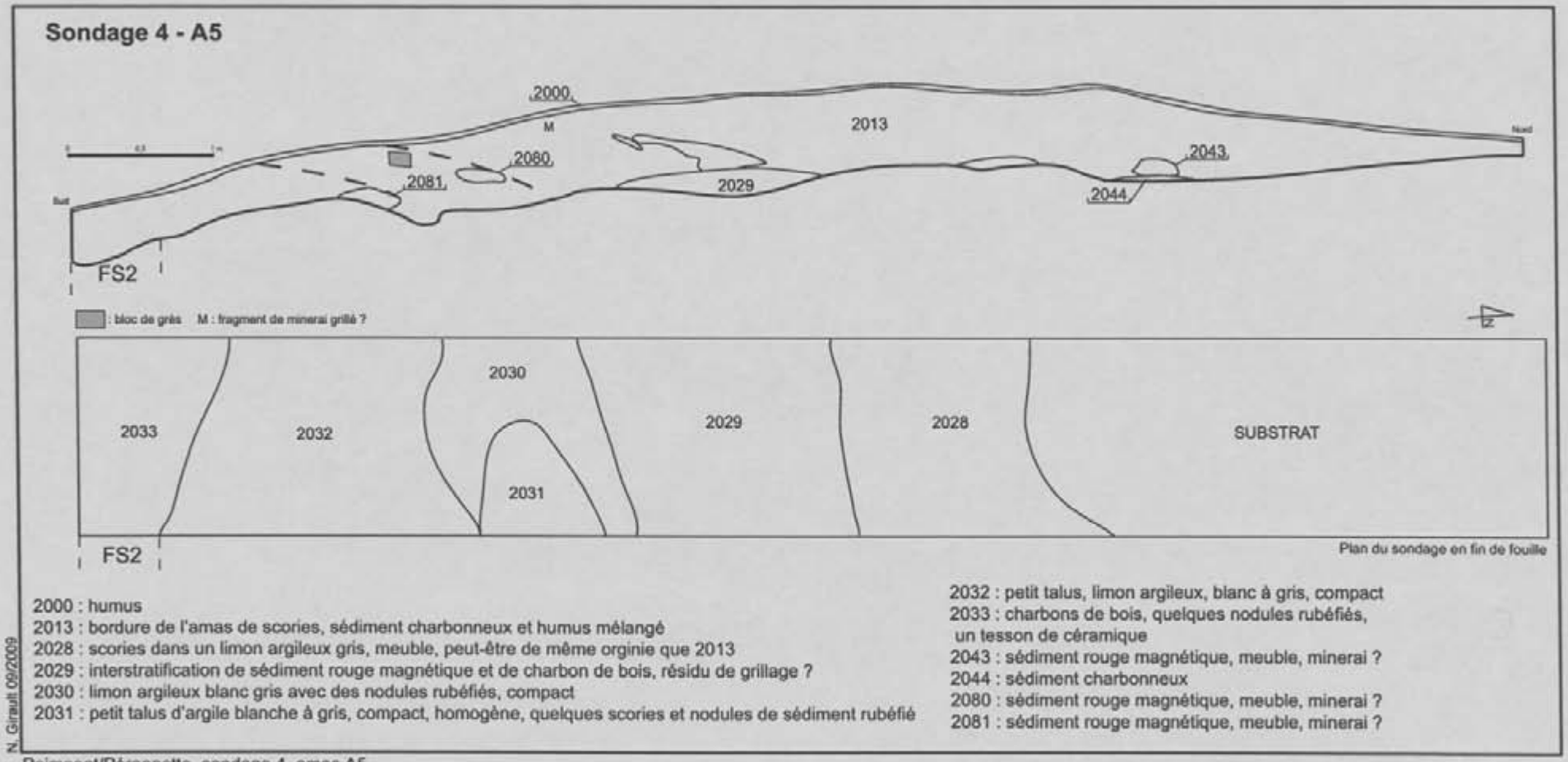
N. Girault 09/2009

Paimpont/Péronnette, sondage 3, amas A5

Figure 29

Fig. 30 : sondage 3, fouille en cours, à noter l'auréole de limon argileux dans l'amas, vu de sud

Fig. 31 : sondage 3 en fin de fouille, vu de nord



2000 : humus
2013 : bordure de l'amas de scories, sédiment charbonneux et humus mélangé
2028 : scories dans un limon argileux gris, meuble, peut-être de même orginie que 2013
2029 : interstratification de sédiment rouge magnétique et de charbon de bois, résidu de grillage ?
2030 : limon argileux blanc gris avec des nodules rubéfiés, compact
2031 : petit talus d'argile blanche à gris, compact, homogène, quelques scories et nodules de sédiment rubéfié
2032 : petit talus, limon argileux, blanc à gris, compact
2033 : charbons de bois, quelques nodules rubéfiés, un tesson de céramique
2043 : sédiment rouge magnétique, meuble, minerai ?
2044 : sédiment charbonneux
2080 : sédiment rouge magnétique, meuble, minerai ?
2081 : sédiment rouge magnétique, meuble, minerai ?

N. Girault 09/2009

Paimpont/Péronnette, sondage 4, amas A5

Figure 32

Fig. 33 : sondage 4 en fin de fouille, vu de sud-est

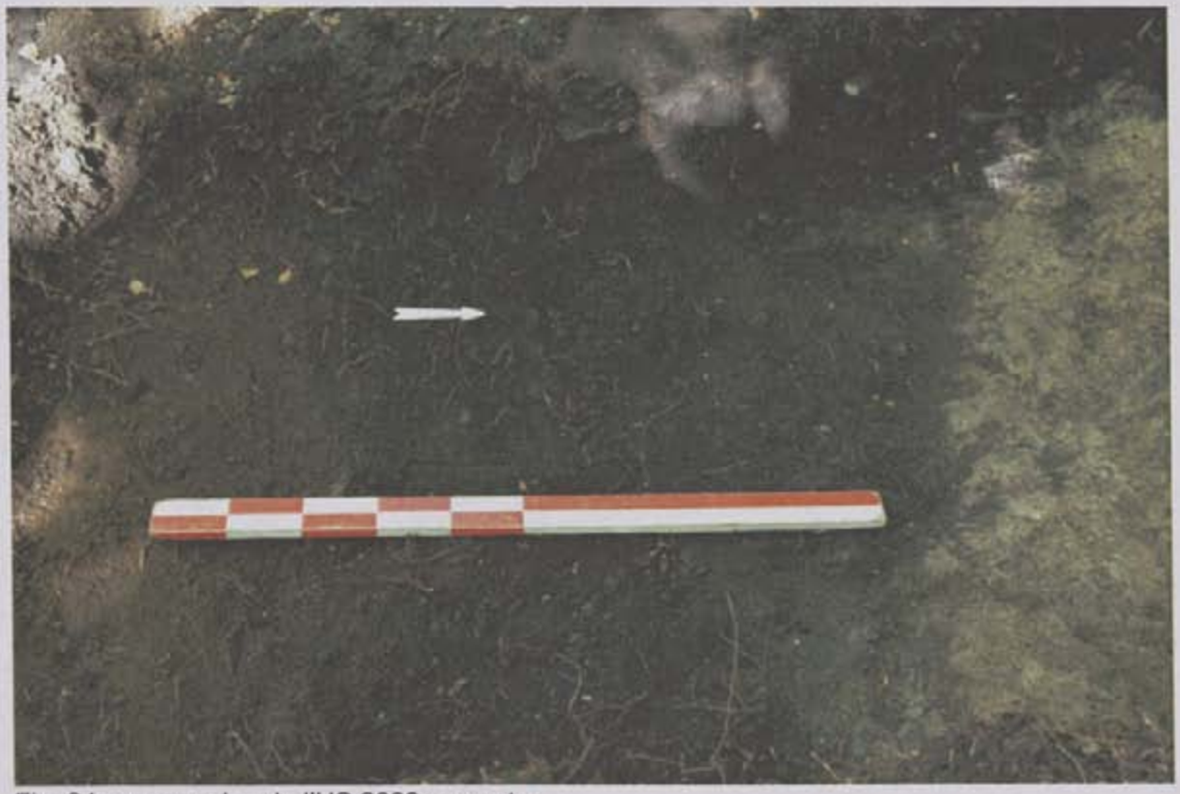
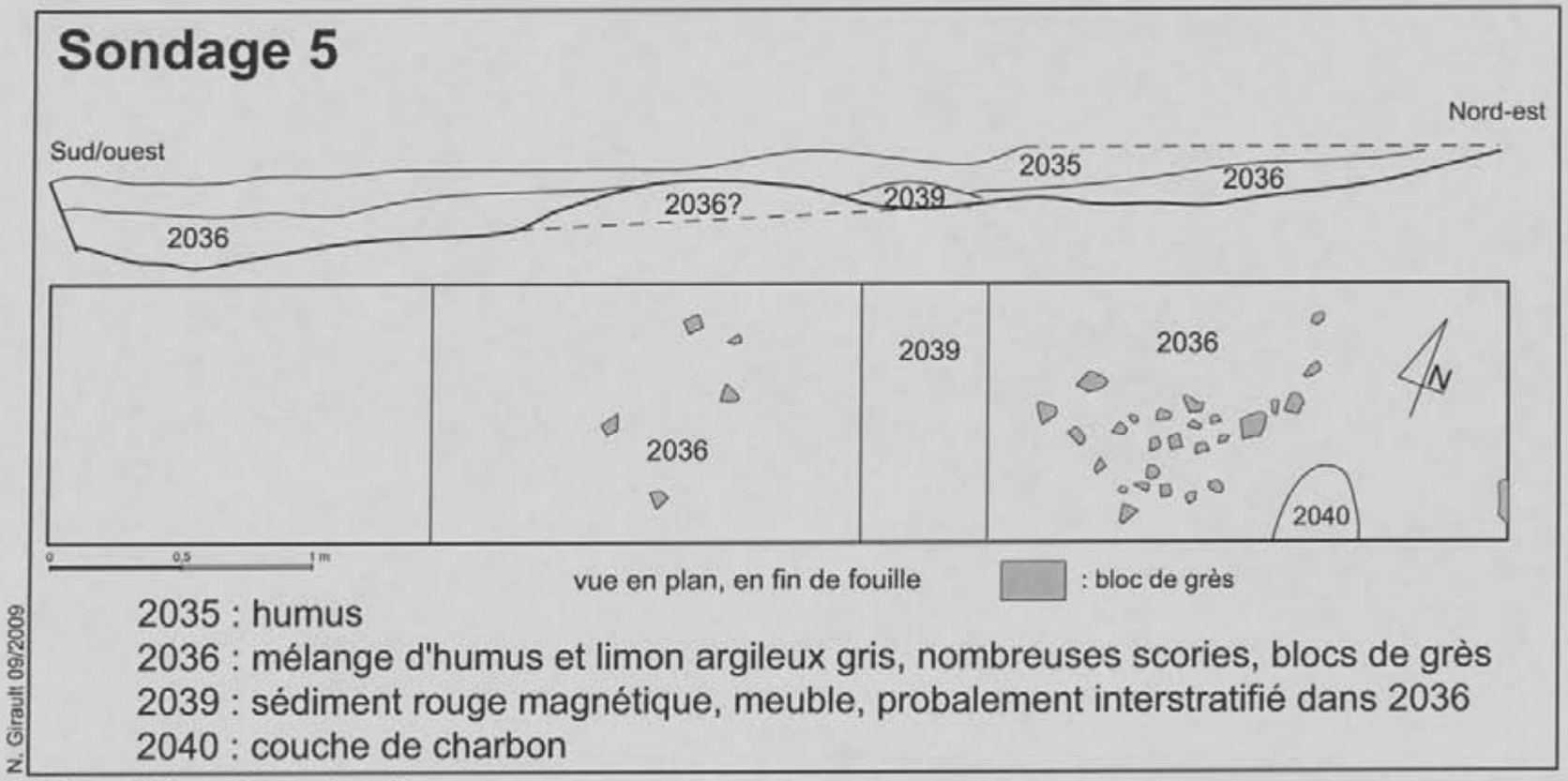


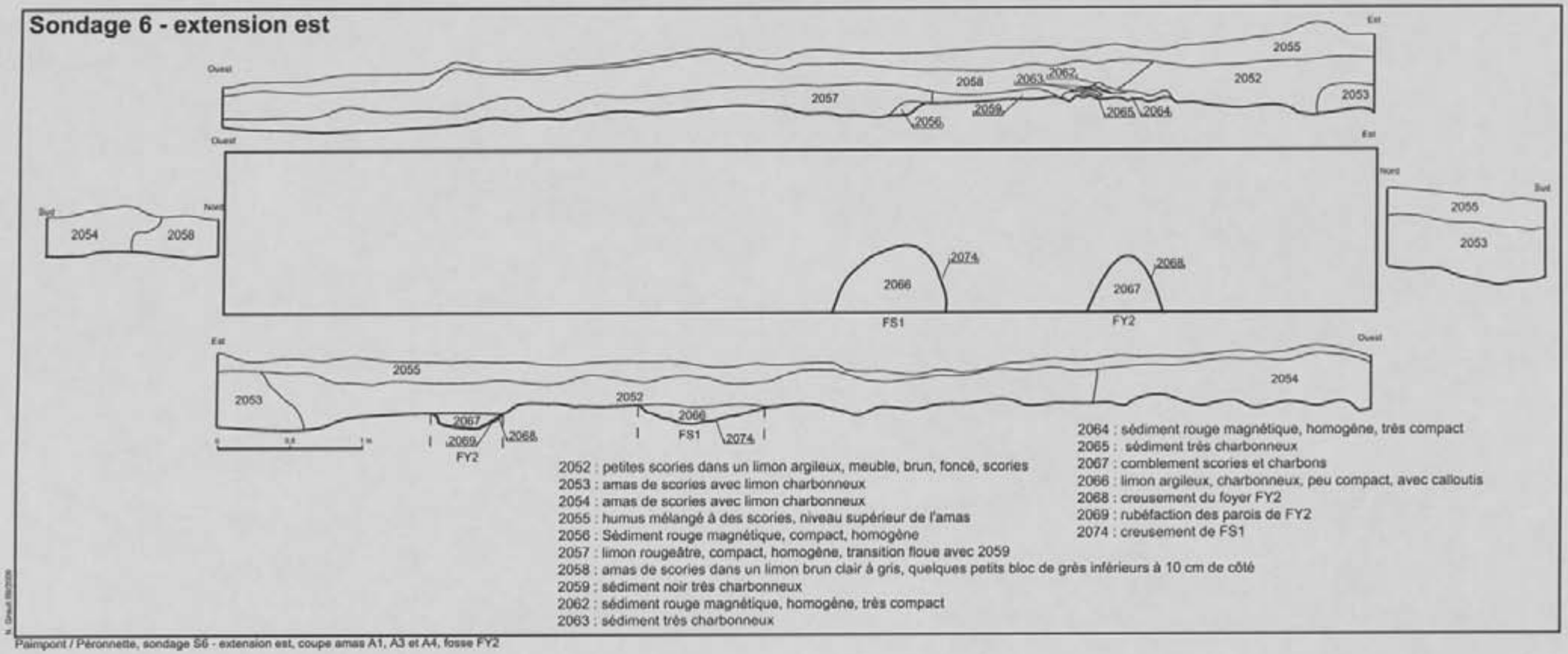
Fig. 34 : vue en plan de l'US 2033 au centre



Paimpont/Péronnette, sondage 5

Figure 35

Fig. 36 : sondage 5 en fin de fouille, vu de nord-ouest



Paimpont / Péronnette, sondage S6 - extension est, coupe amas A1, A3 et A4, fosse FY2

Figure 37

Fig. 38 : sondage 6, extension est, FY2 au premier plan, FS1 au deuxième, vue d'est

Fig. 39 : sondage 6, détail de la coupe dans A3, vu d'ouest

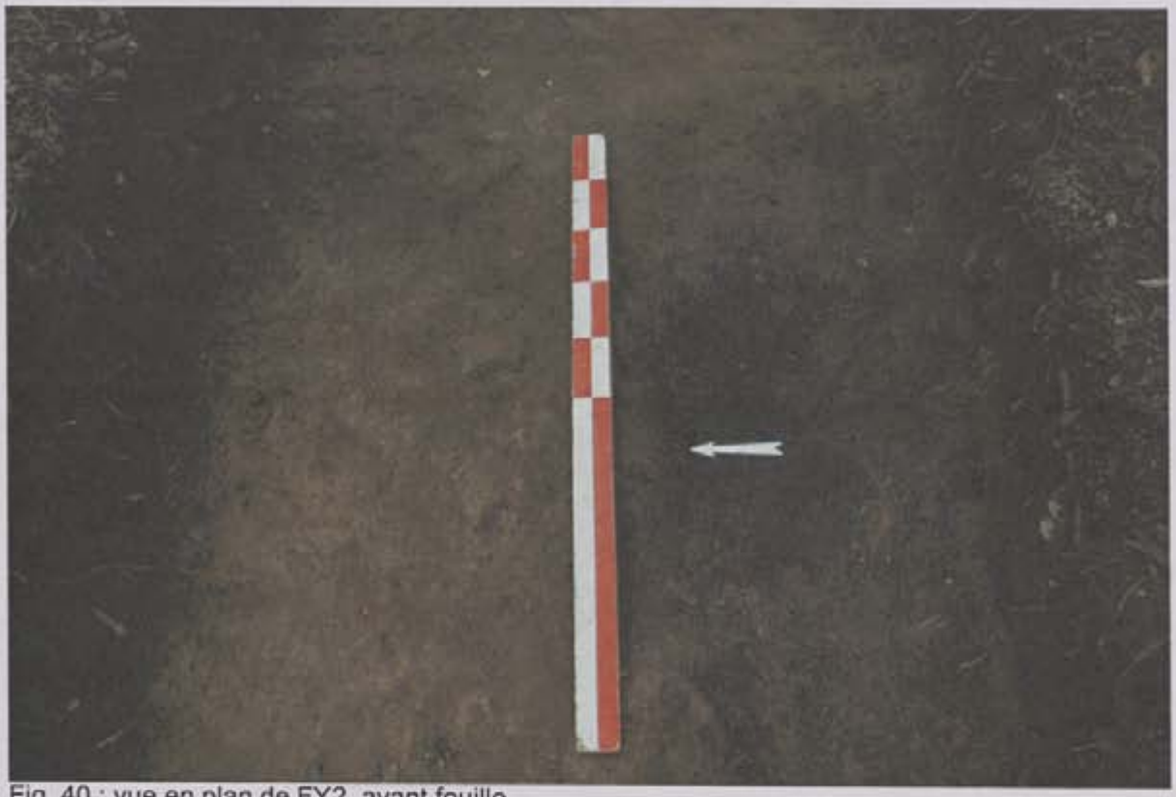


Fig. 40 : vue en plan de FY2, avant fouille

Fig. 41 : vue en coupe du comblement de FY2

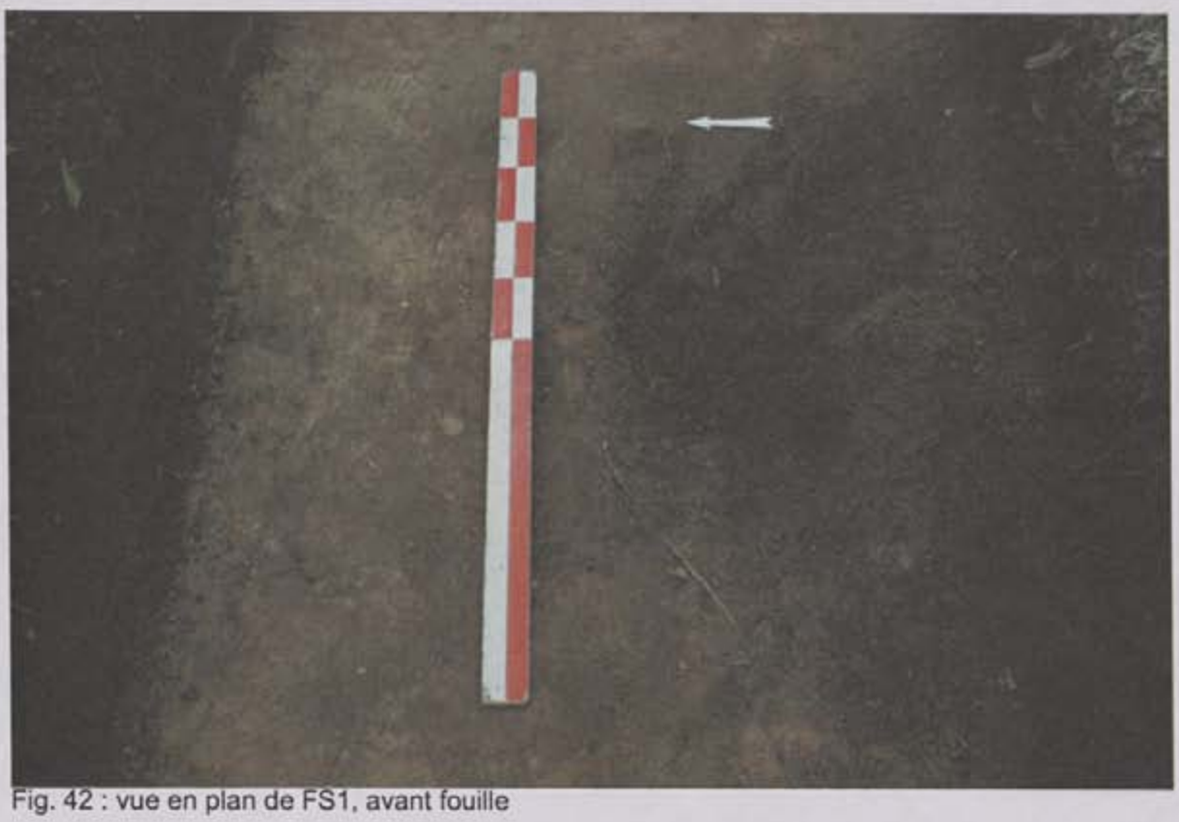
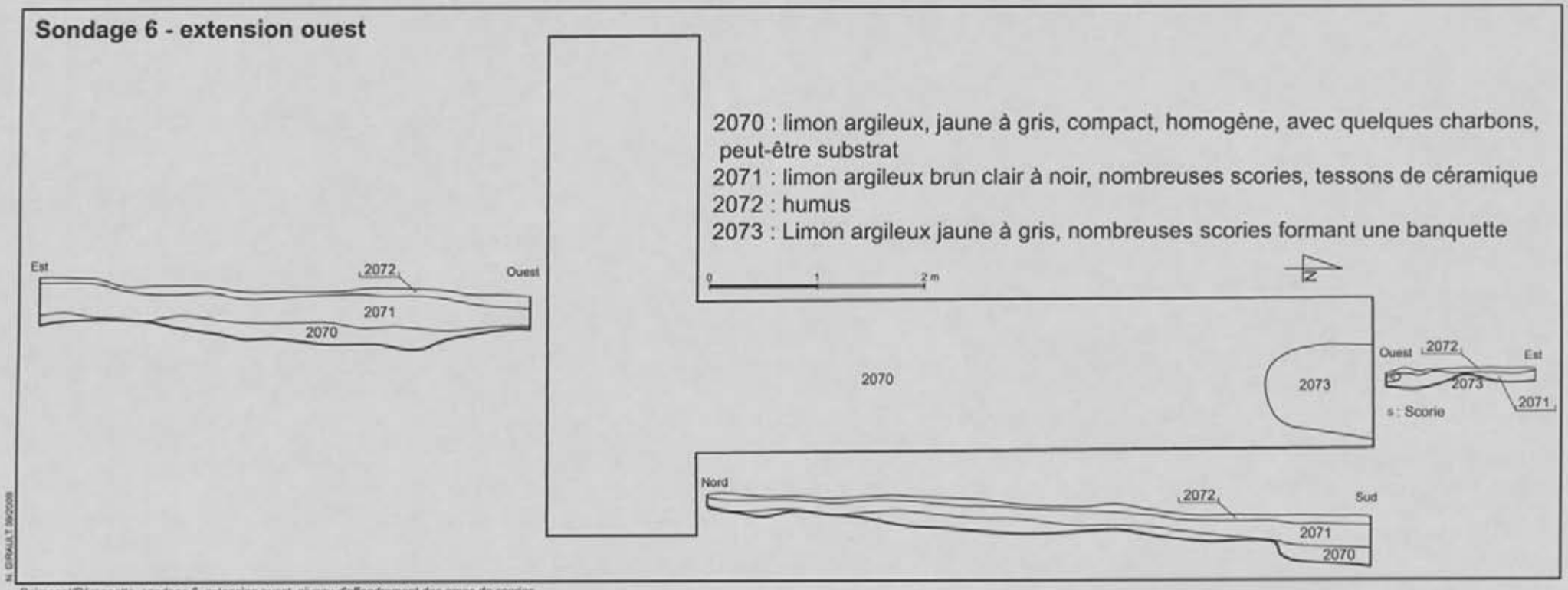


Fig. 42 : vue en plan de FS1, avant fouille

Fig. 43 : vue en coupe du comblement de FS1

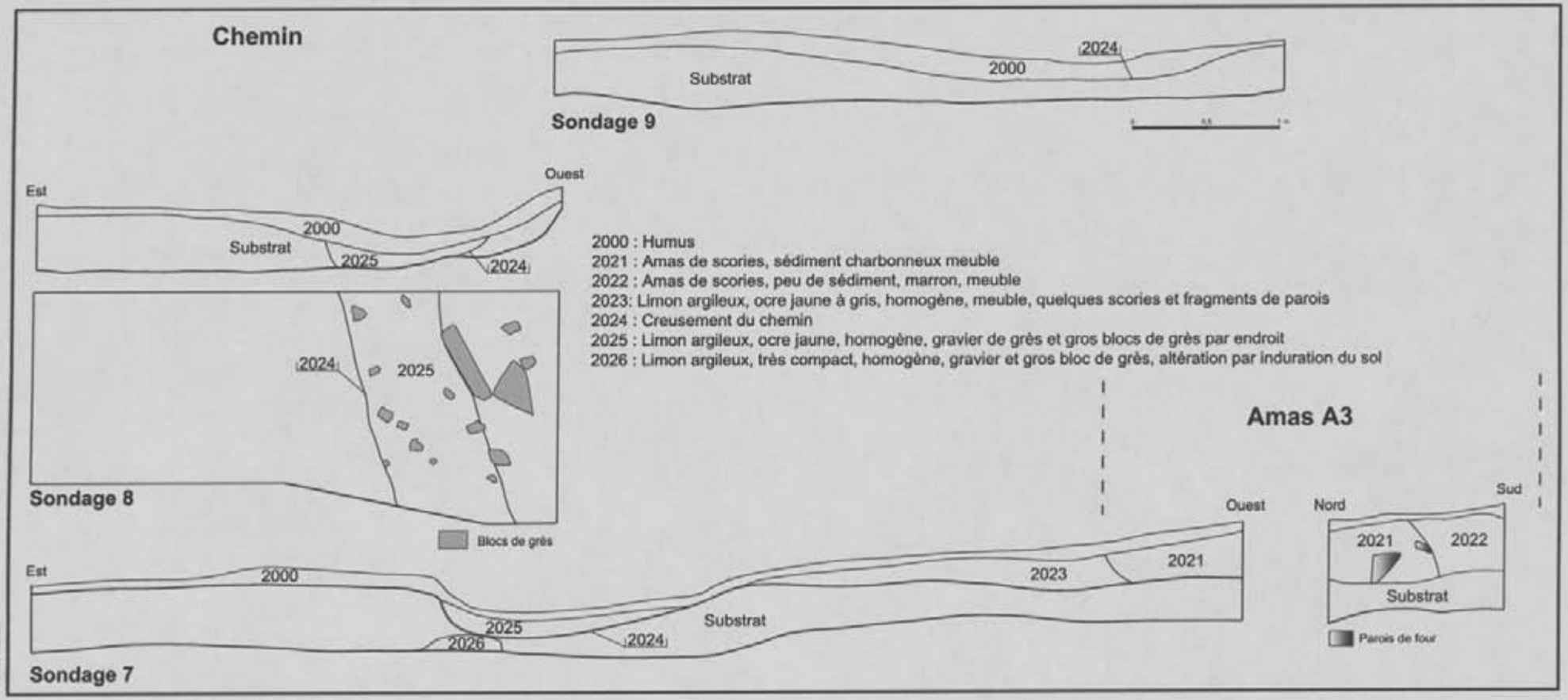


Paimpont/Péronnette, sondage 6, extension ouest, niveau d'effondrement des amas de scories

Figure 44

Fig. 45 : sondage 6, extention ouest, vue générale du sud

Fig. 46 : sondage 6, extension ouest, coupe sud, vu du nord



Paimpont / Péronnette, sondages 7 à 9, chemin et amas A3

Figure 47

Fig. 48 : sondage 7, vu de nord-est

Fig. 49 : sondage 7, détail coupe A3, parois de four dans le coupe, vu d'est

Fig. 50 : sondage 8, vu d'est

Fig. 51 : sondage 9, vu de nord-est

4.2 Bibliographie

ALVES *et al* **1997** : ALVES (G.), ANDRE (L.) BERTRAD (P.), CHEVILLET (C.), ISNARD I., PERCHER (D.), PHILLIPE (M.), ROBERT-DEHAULT (E.), VERNA (C.), La métallurgie de la Haute Marne du Moyen Age au XXeme siècle, Châlons sur Marne

COZIC 1993 : COZIC (N.), La motte Salomon, Plélan-le-Grand (Ille-et-Vilaine), recherche documentaire sur le contexte historique du site, SRA Bretagne, Rennes

COURSON 1863 : COURSON (A de.), Cartulaire de l'abbaye de Redon, Paris

CUCARULL 2002 : CUCARULL (J.), Histoire économique et sociale de la Bretagne, Paris

DELUMEAU 1969 : DELUMEAU (J.), Histoire de la Bretagne, Toulouse

DESACHY 2008 : DESACHY (B.), De la formalisation du traitement des données stratigraphiques en archéologie de terrain, thèse de doctorat sous la direction de J. Burnouf, université de Paris 1

DUVAL 1954 : DUVAL (M.), « La forêts de Brécélien et ses très anciens « Usements », communication faite par l'auteur au congrès de la société d'Histoire des institutions des Pays de l'Ouest de France, Rennes, pp.9-28

DUVAL 1998 : DUVAL (J.F.), Occupation et mise en valeur du sol dans la région de Plélan-le-Grand au Moyen Age, Veme-XIIIeme siècle, mémoire de maîtrise inédit, Rennes

ESTOURBILLON 1893 : ESTOURBILLON (Marquis de l'), « Les revenus de la forêts de Brocéliande au XVeme et XVIeme siècle », Bulletin de la Société Polymatique du Morbihan, Vannes, pp. 121-133

FICHET DE CLAIREFONTAINE 1996 : FICHET DE CLAIREFONTAINE (F.) (Dir.), Les Ateliers de potiers médiévaux en Bretagne, Document d'Archéologie Française, 55

GARCON *et al.* **2006** : GARCON (A.-F.), GIRAULT (N.), PLOQUIN (A.), VIVET (J.-B.), COLLIOU (C.), ARANDA (R.), « Du minerai à l'objet : approche méthodologi-

que », *Vents et fours du minerai à l'objet*, PCR, rapport final, sous la direction d'A.-F. Garçon, Paris, 2006

GIRAULT 2005 : GIRAULT (N.), *Paléométallurgie en forêt de Paimpont : le site de Trécélien*, mémoire de D.E.A inédit, sous la direction de P. Benoit, Université de Paris 1, Paris

HERBAULT 1984a : HERBAULT (C.), les forges de la Poitevinière (1426-1531), mémoire de maîtrise dactylographié , université de Paris I, Paris

HERBAULT 1984b : HERBAULT (C.), « La métallurgie de la châtellenie de la Poitevinière à travers les comptes de ses revenus » in BELHOSTE (J.F.) et MAHEUX (H.), Les forges du pays de Châteaubriant, Cahiers de l'inventaire, n°3, Châteaubriant

LANOS 1984 : LANOS (P.), « La métallurgie ancienne du fer dans le Nord de la haute Bretagne », les dossiers du Ce.R.A.A., G, Saint-Malo

LARCHER 1994 : LARCHER (G.), « La zone sidérurgique de la forêt de Paimpont (Ille-et-Vilaine), bilan diachronique, pp.113-120, in MANGIN (M.), La sidérurgie ancienne de l'Est de la France dans son contexte Européen, colloque de Besançon, 10-13 novembre 1993, Paris

LEGUAY 1988 : LEGUAY (J.P.), « Un aspect du travail dans les villes armoricaines au Moyen Age : la fabrication des canons et armes blanches. », in Hommes et travail du métal dans les villes médiévales, BENOIT (P.), CAILLEAUX (D.), Paris, pp.185-216

MOHEN 1990 : MOHEN (J.P.), Métallurgie préhistorique, introduction à la paléométallurgie, Paris

MONNIER CASSARD 2003 : MONNIER (J.J.) et CASSARD (J.C.), Toute l'histoire de la Bretagne, des origines à la fin XXeme siècle, Morlaix

ROUX 1987 : Les Forges de Paimpont, monographie d'un établissement métallurgique rural en Bretagne au XVIIIeme et XIXeme siècle, mémoire de maîtrise sous la direction de M. Denis, Rennes

TYLECOTE 1992 : TYLECOTE (R.F.), a history of metallurgy, 2eme édition, Londres

VIVET 2002 : VIVET (J.B.) et CHAUVEL (J.J.), Trécélien en Paimpont (35), Métallurgie de réduction directe du minerai de fer en forêt de Brécélien, au XIVeme-XVIeme siècle, opération de prospection thématique, sondage archéologique, SRA Bretagne, Rennes

VIVET 2003 : VIVET (J.B.) et CHAUVEL (J.J.) , Trécélien en Paimpont (35), Métallurgie de réduction directe du minerai de fer en forêt de Brécélien, au XIVeme-XVIeme siècle, opération de prospection thématique, sondage archéologique, SRA Bretagne, Rennes

VIVET 2004a : VIVET (J.-B.) , *Paléosidérurgie diachronique du massif de Paimpont (35), Le Vert-Pignon III : Découverte de fours métallurgiques en activité autour du XVeme siècle*, opération de prospection thématique, SRA Bretagne, Rennes

VIVET 2004b : VIVET (J.-B.), « PAIMPONT (Ille et Vilaine), le ferrier de Trécélien », *Archéologie Médiévale*, 34, Caen

VIVET 2005 : VIVET (J.-B.), *Le Vert-Pignon III en Paimpont (35), Témoin inedit de l'activité de réduction directe autour du XVeme siècle au cœur du Ferrier*, opération de prospection thématique, SRA Bretagne, Rennes

VIVET 2006 : VIVET (J.-B.), *Le Bois Jacob en Paimpont (35) : activité minière et réduction directe à partir du 1er Age du Fer, Les Glyorels I et II en Paimpont (35) : Ateliers et bas-fourneaux du Second Age du Fer*, opération de prospection thématique, SRA Bretagne, Rennes

4.3.1 Inventaire céramique

N° inventaire	Sd	NR	NMI	Poids en gr	Forme	Description	Groupe	Elément de comparaison	Datation
PER1005.1	1	10	5	355	pot à cuire caréné ?, bord et panse	pâte rose foncée, centre gris, grossière, très dégraissée avec mica,quartz et spicules, une trace de glaçure translucide qui pourrait être accidentelle, traces de combustion	1, Saint-Jean-la-Poterie	Château de Rieux (Morbihan) (FICHET DE CLAIREFONTAINE 1996, p. 58, fig. 2), Trécélien (VIVET 2003, p.44 fig.29) , Vert Pignon III dans S.101 (non publié)	2eme moitié XVeme s.
		1	1	<1	panse	pâte blanche rosée grossière dégraissée avec des grains de quartz			
PER1005.3	1	8	8	16	bord de pot à cuire ? et panse	pâtes blanche à beige claire, traces de tournage, quelques grains de quartz en dégraissants, décors en ruban sur certaines panses, traces de combustion	2		
		2	1	<1	panse	pâte rosé, centre blanc, savonneuse	2		
PER1005.5	1	5	4	12	panses	pâtes blanche à beige clair, quelques grains de quartz en dégraissant, traces de tournage, glaçure verte résiduelle sur l'extérieur, éventuel engobe sur un tesson	2		
		2	1	<1	panses	pâte marron claire, grossière, grains de quartz en dégraissants			
PER1005.6	1	1	1	<1	panse	pâte blanche légèrement rosée, traces tournage, glaçure verte à l'extérieur	2		

N° inventaire	Sd	NR	NMI	Poids en gr	Forme	Description	Groupe	Elément de comparaison	Datation
PER1005.7	1	1	1	11		pâte rose foncée, centre gris, grossière, très dégraissée avec mica,quartz et spicules, traces de combustion	1, Saint-Jean-la-Poterie		
PER1022.1	1	14	1	54	Col de pichet	pâte blanche, traces de tournage	Charte de Bretagne/Saintongeais	Trécélien, MR35.9 (VI-VET 2003, p.42 fig.30) Vert-Pignon III, sondage 601 (non publié)	XIII-XVeme s.
PER2000.1	6	1		13	panse avec trace de carène	pâte rose foncée, centre gris, grossière, très dégraissée avec mica et quartz, traces de combustion	1, Saint-Jean-la-Poterie		2eme moitié Xveme s.
PER2013.1	3	1	1	<1	panse	pâte blanche légèrement rosée, traces tournage, quelques grains de quartz en dégraissant	2		
PER2014	3	3	2	<1	panses	pâte rosées à beige clair, traces de tournages, quelques rares grain de quarz en dégraissant			
PER2017.1	3	1	1	7	panse	pâte beige, trace de tournage, traces de glaçures gris à marron			
PER2030.1	4	2	1	<1	panses	pâte rosée, intérieur noir peut-être un engobe avec traces de tournages, extérieur grossier avec grains de quartz en dégraissant			
PER2033.1	4	1	1	11	bord de pichet	pâte rosée clair, trace de tournage	Charte de Bretagne/Saintongeais	Trécélien, MR35.9 (VI-VET 2003, p.42 fig.30) Vert-Pignon III, sondage 601 (non publié)	XIII-XVeme s.
PER2049.1	3	3	3	<1	panses	pâtes blanche à beige claire, traces de tournage, décors en ruban	2		
PER2070.1	6	1	1	13	bord de pot à cuire ?	pâte blanche, traces de tournage, quelques grains de quartz en dégraissants	2		
PER2071.1	6	1	1	<1	panse	pâte blanche, traces de tournage, quelques grains de quartz en dégraissants, rares traces de glaçure translucide	2		

4.3.2. Inventaire mobilier métallurgique

N° inventaire	Sondage	NR	Poids en gr	Description
PER2013.1	4	3	19	minerai grillé ?
PER2013.2	4	2	489	minerai grillé ?
PER2014.1	3	1	142	fragment d'évent
PER2036.1	5	1	280	objet ferreux

4.3.3 Inventaire des prélèvements

N° prélèvement	Sondage	Description
PER1003/A	1	prélèvement en vrac dans la couche
PER1003/B	1	refus de tamis 2 mm sédiment + scories fragmentés
PER1003/C	1	scories remarquables (4 sacs)
PER1004/A	1	prélèvement en vrac dans la couche
PER1004/B	1	sédiment tamisé
PER1004/C	1	scories remarquables (4 sacs)
PER1004/D	1	4 élèment de parois de four reposant sur FY1
PER1007/A	1	prélèvement en vrac dans la couche
PER1007/B	1	sédiment tamisé
PER1013/A	1	prélèvement en vrac dans la couche
PER1021/A	1	sédiment rouge magnétique
PER1022	1	sédiment charbonneux en bordure de FY1
PER1022/A	1	1/4 SO remplissage FY1
PER1022/B	1	1/4 SE SC1
PER1023/A	1	1/4 NO minerai grillé
PER1023/B	1	1/4 SO SC1 couche rouge
PER2009/A/B/C/D	2	couche charbonneuse
PER2009/C	2	couche charbonneuse
PER2013	4	parois de four
PER2013/A	4	prélèvement en vrac dans la couche
PER2013/B	4	scorie remarquable
PER2014	3	3 scories massives prisent dans l'argile (substrat)
PER2018/A	3	minerai grillé ? (mélange 2019)
PER2018/B	3	minerai grillé ?
PER2019	3	couche charbonneuse
PER2019/A	3	couche charbonneuse
PER2019/C	3	couche charbonneuse
PER2019/D	3	couche charbonneuse
PER2019/E	3	couche charbonneuse
PER2019/F	3	couche charbonneuse

PER2021/A	7	2 éléments de parois de four
PER2029/A	4	prélèvement en vrac dans la couche
PER2033/A	4	en masse, couche en plan
PER2039/A	5	sédiment rouge magnétique
PER2040/A	5	couche charbonneuse
PER2066/A	6	remplissage fosse
PER2067/A	6	scories comblement d'un foyer hypothétique

4.3.4 Inventaire des unités stratigraphiques

N° US	Type US	Description US
1000	couche	humus
1001	négatif	creusement de M1
1002	couche	niveau d'abandon de M1 avec humus décomposé
1003	couche	amas de scories, compact avec petits fragments de scories et une grande quantité de sédiment
1004	couche	coeur de l'amas, avec des espaces entre les scories, posées à plat d'aspect blanchâtres pour certaines
1005	couche	limon argileux jaune, meuble, sédiment extrait du creusement de M1, avec dépôts tout autour du creusement et déversé dans M1, nombreux tessons de céramique
1006	couche	limon argileux, très compacte, gris claire, taches de rouille
1007	couche	interface entre fond amas A7 et sol naturel
1008	couche	limon argileux, jaune, homogène, blocs de grès, perturbé par les racines
1009	couche	limon argileux, hétérogène, meuble, blocs de grès, probablement remplissage d'un chablis issue de l'écoulement des scories de A7
1010	négatif	probable chablis
1011	couche	limon argileux, cailloutis de grès, peu compact, mélange de scories et de sédiment
1012	couche	limon noir et cendreux
1013	couche	humus et limon argileux, quelques scories
1014	couche	sédiment rouge, magnétique, meuble, probablement extrémité est de FY1 coupé par la pelle mécanique
1015	couche	humus et sédiment rouge, magnétique, peut-être égale à 1014
1016	couche	probable chablis
1017	couche	limon argileux, blanc à gris, compact homogène
1018	négatif	fosse peu profonde
1019	négatif	fosse et empierrement accueillant le foyer SC01
1020	couche	égale à 1021
1021	couche	sédiment rouge, magnétique, meuble, avec de nombreux charbons
1022	couche	sédiment rouge à noir, magnétique, meuble, nombreux charbons, tessons de céramique
1023	couche	sédiment rouge, fortement magnétique, compact, homogène, nombreux charbons, quelques scories

1024	couche	limon argileux blanc, compact, homogène
2000	couche	humus, un tesson de céramique
2001	couche	limon argileux, ocre jaune, meuble
2002	négatif	creusement de F2
2003	couche	limon argileux noir, très riche en matière organique, très humide, présence de sphaigne, blocs de grès de +- 5 cm à 30 cm
2004	couche	limon argileux ocre jaune, gris à noire, hydromorphe, meuble, bloc de grès 5 à 20 cm
2005	couche	limon argileux, jaune, meuble
2006	couche	creusement de F1, profond trou de racine dans le sud de la fosse
2007	couche	limon argileux, ocre jaune, teinté par endroit vers le noir par humus, meuble, bloc de grès 5 cm à 20 cm
2008	couche	couche charbonneuse
2009	couche	couche charbonneuse
2010	couche	couche charbonneuse, petit cailloutis de grès rougis
2011	couche	couche charbonneuse
2012	couche	humus
2 0 1 3	couche	bordure de l'amas de scorie, mélangé avec un peu d'humus, fragments de minerai grillé (?), tessons de céramique
2014	couche	amas de scorie, peu de sédiment, un fragment d'évent de four, tessons de céramique
2015	couche	Sédiment noir et meuble
2016	couche	limon argileux blanc, nodules d'argiles rubéfiés
2017	couche	limon argileux blanc à gris, compact, homogène, charbons, tessons de céramique
2018	couche	Sédiment rouge magnétique, meuble
2019	couche	couche charbonneuse, compact
2020	couche	limon argileux, compact, beige marron
2021	couche	sédiment noir, charbonneux, meuble
2022	couche	amas de scorie, peu de sédiment, marron foncé, meuble
2023	couche	limon argileux, poudreux, ocre jaune à gris
2024	négatif	creusement du chemin
2025	couche	limon argileux, gravier de grès, ocre jaune
2026	altération	limon argileux, très compact, gravier et gros blocs de grès
2027	couche	limon argileux, gris, hétérogène, hydromorphe
2028	négatif	Limon argileux, gris, meuble
2029	couche	sédiment rouge, très magnétique, nombreux charbons de bois, interstratifié avec fines couches de charbons
2030	couche	Limon argileux blanc à noir avec nombreux nodules rubéfiés, compact, quelques scories, tessons de céramique
2031	couche	petit talus de limon argileux, blanc à gris compacte, un fragment de grès, quelqueq scories et nodumes d'argile rubéfiée
2032	couche	limon argileux blanc à gris compact, formant un talus
2 0 3 2	couche	limon argileux, marron, meuble
2033	couche	couche de charbon, nodules d'argile rubéfiée, tessons de céramique
2035	couche	humus

2036	couche	limon argileux, brun à noir, meuble, avec petits blocs de grès, un élément métallique indéterminé
2039	couche	sédiment rouge, magnétique, interstratifié dans 2036
2040	couche	limon argileux noir, avec nombreux charbon, meuble
2041	couche	Sédiment rouge, magnétique, meuble
2042	couche	couche de charbon
2043	couche	sédiment rouge , magnétique
2044	couche	couche de charbon
2045	couche	limon argileux, organique, brun, meuble
2046	couche	limon argileux noir, très charbonneux
2047	couche	Sédiment noi et rouge, magnétique, nombreux charbons
2048	couche	limon argileux, brun
2049	couche	couche charbonneuse, tessons de céramique
2050	négatif	creusement de FS2
2051	couche	limon argileux, jaune, quelques blocs de grès de +- 5 cm
2052	couche	limon argileux, brun, meuble, blocs de grès
2053	couche	limon argileux, noir, très nombreuses scories
2054	couche	limon argileux, noir, très nombreuses scories
2055	couche	humus
2056	couche	sédiment rouge, magnétique, compact
2057	couche	limon argileux, compact, rougeâtre
2058	couche	limon argileux, marron clair à gris, quelques petits blocs de grès (maxi 10 cm), fortement bioturbée
2059	couche	fine couche de charbon
2060	couche	humus mélangé à de la scorie
2061	couche	limon argileux, gris, et cailloutis de grès
2062	couche	limon rouge, compact
2063	couche	couche charbonneuse
2064	couche	limon rouge, compact
2065	couche	couche charbonneuse
2066	couche	Limon argileux, très charbonneux
2067	couche	charbons de bois et scorie, comblement de FY2
2068	négatif	creusement de FY2
2069	altération	rubéfaction de 2068
2070	couche	limon argileux, jaune à gris, charbons par endroit, tesson de céramique
2071	couche	limon argileux marron clair à noir. Bloc de grès, tesson de céramique
2072	couche	humus
2073	couche	Limon argileux, gris clair à ocre, nombreuses scories
2074	négatif	Creusement de FS1
2075	couche	limon argileux, cailloutis de grès
2076	couche	amas de scories, sans sédiment
2077	négatif	creusement FC1
2078	négatif	creusement de F2
2079	négatif	creusement de FS2
2080	couche	sédiment rouge, magnétique, meuble
2081	couche	sédiment rouge, magnétique, meuble

4.4. Tables des figures

N° figure	Thème de la figure	page
1	Localisation site carte 1:25000°	7
2	Parcelles occupées par le site	7
3	Carte géologique Massif Armoricain	36
4	Carte géologique Massif de Paimpont	37
5	Log de la formation du grès armoricain	38
6	Carte de répartitions des lieux et communes citées dans les «Usements de la forêt de Brécélien»	39
7	Carte des quartiers médiévaux de la la forêt	40
8	Détail du cadastre napoléonien	41
9	Relevé anomalies topographique du site	42
10	Détail du cadastre napoléonien au niveau de la grande minière	43
11	Relevé topographique de la grande minière	43
12	Extrait du mémoire cadastre napoléonien dans le mémoire de L.Roux	44
13	Plan des structures et des sondages	45
14	Sondage 1, plan et coupe minière M1	46
15	vue générale de M1 après fouille au 3/4 du comblement, vue de nord-ouest	47
16	coupe de M1 sur l'axe nord-sud, vue d'ouest	47
17	Coupe de A7	48
18	A7 après décapage du niveau d'humus et avant coupe, vu d'est	49
19	Sondage manuel test dans A7 pour évaluer le type de scorie et faire des prélèvements	49
20	Coupe et plan de FY1	50
21	Foyer FY1 après fouille au 3/4 du comblement, vu de nord-est	51
22	Foyer FY1 et tas de minerai grillé (?) associé, vus de sud-ouest	51
23	Coupe et plan de F1	52
24	Coupe de F1, vue de sud-est	53
25	Coupe de FC1, vue d'est	53
26	Coupe et plan de F2	54
27	Vue générale du sondage 2, prise du nord-est, F1 au premier plan, FC1 au milieu, F2 au fond	55
28	F2 après fouille par moitié, vue de nord-est	55
29	Sondage 3, pllan et coupe A5	56
30	Sondage 3, fouille en cours, à noter l'auréole de limon argileux dans l'amas, vu de sud	57
31	Sondage 3 en fin de fouille, vu de nord	57
32	Sondage 4, plan et coupe A5	58
33	Sondage 4 en fin de fouille, vu de sud-est	59
34	Vue en plan de l'US 2033	59
35	Sondage 5, plan et coupe	60
36	sondage 5 en fin de fouille, vu de nord-ouest	61

N° figure	Thème de la figure	page
37	Sondage 6, extention est, plan et coupes	62
38	Sondage 6, extension est, FY2 au premier plan, FS1 au deuxième, vue d'est	63
39	Sondage 6, détail de la coupe dans A3, vu d'ouest	63
40	Vue en plan de FY2, avant fouille	64
41	Vue en coupe du comblement de FY2	64
42	Vue en plan de FS1, avant fouille	65
43	Vue en coupe du comblement de FS1	65
44	Sondage 6 extension, ouest, plan et coupes	66
45	Sondage 6, extention ouest, vue générale du sud	67
46	Sondage 6, extension ouest, coupe sud, vu du nord	67
47	Chemin, sondage 7, 8 et 9, plans et coupes	68
48	Sondage 7, vu de nord-est	69
49	Sondage 7, détail coupe A3, parois de four dans le coupe, vu d'est	69
50	Sondage 8, vu d'est	70
51	Sondade 9, vu de nord-est	70