HAL open science

Produire des lames de hache en dolérite au Néolithique en Mayenne

Gwenolé Kerdivel, Lucie Bénéteaud, Antoine Bézos, Bernard Bodinier, Fany Jude, Alicia Torrado Alonso

To cite this version:

Gwenolé Kerdivel, Lucie Bénéteaud, Antoine Bézos, Bernard Bodinier, Fany Jude, et al.. Produire des lames de hache en dolérite au Néolithique en Mayenne : La carrière-atelier de Beulin à Saint-Germain-le-Guillaume. Bulletin de la Société préhistorique française, 2017, 114 (4), pp.659-690. 10.3406/bspf.2017.14827 . hal-01931238

HAL Id: hal-01931238

https://univ-rennes.hal.science/hal-01931238

Submitted on 3 Mar 2023

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Distributed under a Creative Commons Attribution - NoDerivatives 4.0 International License

Bulletin de la Société préhistorique française

Produire des lames de hache en dolérite au Néolithique en Mayenne. La carrière-atelier de Beulin à Saint-Germain-le-Guillaume

Gwénolé Kerdivel, Lucie Bénéteaud, Antoine Bézos, Bernard Bodinier, Fanny Jude, Alicia Torrado Alonso

Citer ce document / Cite this document :

Kerdivel Gwénolé, Bénéteaud Lucie, Bézos Antoine, Bodinier Bernard, Jude Fanny, GRAM, Torrado Alonso Alicia. Produire des lames de hache en dolérite au Néolithique en Mayenne. La carrière-atelier de Beulin à Saint-Germain-le-Guillaume. In: Bulletin de la Société préhistorique française, tome 114, n°4, 2017. pp. 659-690;

doi : https://doi.org/10.3406/bspf.2017.14827

https://www.persee.fr/doc/bspf_0249-7638_2017_num_114_4_14827

Fichier pdf généré le 21/06/2022

Abstract

Wishing to emulate the advances made by their British colleagues (Stone Axe Studies), during the 1960s P.-R. Giot and J. Cogné worked to identify the main sources of the rocks used to create the Breton axes. They had success in identifying one particular dolerite, Type A metadolerite, which was sourced to a work area at Sélédin in the commune of Plussulien (Côtes-d'Armor) by C.-T. Le Roux in 1965. Another dolerite extraction site was subsequently confirmed at Le Pinacle in Jersey but, following this, work on sourcing the axes found in the west of Armorica was largely abandoned. This article revives the search and presents the results of the 2010 and 2012 fieldwork carried out on the Beulin dolerite axe factory at Saint-Germain-le-Guillaume (Mayenne). The north-western area of Mayenne is characterized by a swarm of dolerite dykes, which are orientated between NNW/ SSE and N/ S. Allowing for some uncertainty, the Beulin dyke dates from the Devonian/ Carboniferous boundary. Geographically its site is on a crest line rising to 129.5 m NGF (Niveau Général Français, ± equivalent to OD), the relief of which reflects the presence of the dyke. The rock on which the dyke intruded is Alexain Cadomian age Granite. The Beulin dyke in the area as a whole often takes the form of small domes on the surface but with the rock itself nonetheless buried quite deeply in the soil profile. On digging down the dolerite is eventually encountered as rounded core stones embedded in a dark brown clayey loam. The larger core stones are sometimes quite far apart with smaller ones in between, or separated by joints. At the field site the dolerite dyke is some 8.5 m wide and the dominant joints cutting the dyke have a different orientation, running NW/ SE. Within the dyke the least altered, freshest dolerite occurs as rounded masses with the rock becoming progressively more angular as more or less joint-bounded blocks occur. The discovery of the site resulted from following up on a surface scatter of flakes. Known 20th century agricultural working of the land had left gouges in the dolerite at a fairly constant depth of some 12– 13 cm. Gouges, probably from plough blades and suchlike toothed implements, can be as wide as 10-12 mm. Patterns of crossing marks quite possibly reflect the ploughing of these fields during the 1960s on N/ S and E/ W lines. The various traces had to be identified for what they are and separated out from those resulting from prehistoric workings. Over the cleared surface seven depressed areas correspond to recent stripping of the surface and some feature a resultant scatter of fresh fragments of rock. The form of the stripped areas is variable depending on the size and shape of the removed blocks. The loose associated sediment is aerated, rich in brown loam and contains a number of dolerite fragments. In addition, the outcrop situated in AB9-10 reveals very clearly the negative form of the blocks removed. Only part of the whole site, labelled 1, will be described here. One of the first layers in this section was US 9, which is located against the working face of the outcrop and is a very dark brown to black clayey loam. It contains numerous charcoal fragments, sometimes forming layers themselves, and also contains pieces of worked dolerite. This layer has evidence of use of the thermal shock method to extract the rock and is dated to 4815 ± 35 BP. Overlying US 9 is a dark brown loam containing centimetre-sized pieces with only the occasional larger element. This layer appears more complex since some squares had more broken fragments than others and, in addition, the dip of the lithic fragments indicated different accumulations. Elsewhere, at least one of these areas contained abundant charcoal with a grey-blue sandstone hammer. Carbonised fragments of probable apple or similar wood from this level gave a date of 4760 ± 40 BP which was supported by three others : 855 ± 30 BP, 4800 ± 35 BP and 4835 ± 35 BP. Layer US 5 was a light brown loam containing rare, centimetre-sized, joint bounded fragments plus rounded lumps, seemingly residual pieces of the bedrock. US 4 is a loamy orange sand, partly resting on US 5, and containing rare small reject fragments from the extraction process and the occasional worked piece. This level is interpreted as the spread of debris from an earlier extraction event working towards exposing the dyke on its west flank ; it is dated to 5660 ± 35 BP. US 2 covers the whole of the US layers. It is a brown loam with abundant fragments from the extraction process which is taken to represent the collapsed remains of this debris ; it is dated to 4890 ± 35 BP. US 1 contains a higher proportion of worked fragments and resulting spalls than the debris from the extraction process. The fragments are embedded in a light brown loam and may be considered a pile of reject spalls, an interpretation supported by the finding of a nucleus, placed in a flat position. Not all the dolerite outcrops were exploited. Numbers 1, 3, 5 and 6 are examples. It appears that the Neolithic people preferred the outcrops with a more widely spaced network of joints to those

without. The favoured outcrops (numbers 2, 4, 7 and 8) were subjected to thermal shock treatment of their exposed faces— definitely in the closing stages of exploitation but almost certainly earlier on too. The aim was to enlarge the joints to allow the extraction of thicker blocks with a strike plane of 90° or more. One such block, fallen to the base of the working face, weighed about 150 kg and could be retrofitted to its original position. Carbonised fragments of probable apple or similar wood, discovered beneath this block, have a date of 5410 ± 30 BP, which places it neatly at the beginning of the Middle Neolithic II. Another block of about 200 kg was found and put aside for future analysis with the intention of obtaining pieces of dolerite that were thick and wide enough to allow the creation of short blades. From these first shapes, a bifacial form was fashioned by matching the edges, followed by trimming these to make the bevelled cutting edge and the narrow slightly pointed end. An accumulation of waste fragments, with a massive 66 kg nucleus at its centre, is the last stage of the sedimentation process and shows clearly that the fashioning of the axes occurred on site. Going beyond the discussion centring on the use of the thermal shock process (prior collection of wood specially chosen to create the strongest rise in temperature), the anthracological study has added to the data already known for the Mayenne département and considers the presence of beech. To complete the study, we open up the discussion to consider two issues. The first is the question of the diffusion of the axes, a line of enquiry that still has a long way to go, while the second focuses on the existence of the long rough-outs that probably served for the fashioning of the fusiform axes so well-known over the northern half of the Armorican massif.

Résumé

La carrière-atelier de Beulin à Saint-Germain-le-Guillaume (Mayenne) est située au coeur d'une zone où les filons de dolérite abondent. D'après les onze datations radiocarbones obtenues l'affleurement a été dégagé et exploité dès le milieu du Ve millénaire BC et la carrière est restée ouverte et exploitée jusqu'au milieu du IVe millénaire BC. Tous les affleurements de dolérite de cette zone ne sont pas exploitables. Les affleurements font l'objet d'exploitation en front de taille et une utilisation du choc thermique est attestée à la fin de l'exploitation, mais a pu être mise en oeuvre plus tôt. L'objectif de l'exploitation est de dégager des blocs présentant un plan de frappe supérieur à 90°. L'un de ces blocs tombé au pied du front de taille a même pu être replacé sur le négatif laissé dans le filon. L'emploi de percuteurs en dolérite et en grès pesant plus de 5 kg et pouvant aller jusqu'à 70 kg est attesté. La quantité de déchets d'extraction et de déchets de taille semble avoir conditionné une gestion des déchets très opportune, avec des tas mis en place au gré des besoins et déplacés plus tard si nécessaire. Les blocs sont ensuite utilisés en nucléus par percussion lancée sur enclume avec la volonté d'obtenir des éclats épais et larges pour permettre le façonnage de lames de hache courtes. Une taille bifaciale est alors mise en oeuvre afin d'égaliser les bords puis une deuxième série d'enlèvements permet de mettre le tranchant en forme de biseau et le talon en forme de légère pointe. L'étude anthracologique vient compléter les observations sur l'emploi du choc thermique (stockage préalable du bois, calibres et essences de bois variables pour une forte montée en température). Enfin, quelques pistes sur la question de la diffusion de ces produits sont proposées.

creative

Bulletin de la Société préhistorique française
Tome 114, numéro 4, octobre-décembre 2017, p. 659-690

Produire des lames de hache en dolérite au Néolithique en Mayenne

La carrière-atelier de Beulin à Saint-Germain-le-Guillaume

Gwenolé Kerdivel, Lucie Bénéteaud, Antoine Bézos, Bernard Bodinier et Fanny Jude, avec la collaboration du GRAM et d'Alicia Torrado Alonso

Résumé : La carrière-atelier de Beulin à Saint-Germain-le-Guillaume (Mayenne) est située au cœur d'une zone où les filons de dolérite abondent. D'après les onze datations radiocarbones obtenues l'affleurement a été dégagé et exploité dès le milieu du Ve millénaire BC et la carrière est restée ouverte et exploitée jusqu'au milieu du IVe millénaire BC. Tous les affleurements de dolérite de cette zone ne sont pas exploitables. Les affleurements font l'objet d'exploitation en front de taille et une utilisation du choc thermique est attestée à la fin de l'exploitation, mais a pu être mise en œuvre plus tôt. L'objectif de l'exploitation est de dégager des blocs présentant un plan de frappe supérieur à 90°. L'un de ces blocs tombé au pied du front de taille a même pu être replacé sur le négatif laissé dans le filon. L'emploi de percuteurs en dolérite et en grès pesant plus de 5 kg et pouvant aller jusqu'à 70 kg est attesté. La quantité de déchets d'extraction et de déchets de taille semble avoir conditionné une gestion des déchets très opportune, avec des tas mis en place au gré des besoins et déplacés plus tard si nécessaire.
Les blocs sont ensuite utilisés en nucléus par percussion lancée sur enclume avec la volonté d'obtenir des éclats épais et larges pour permettre le façonnage de lames de hache courtes. Une taille bifaciale est alors mise en œuvre afin d'égaliser les bords puis une deuxième série d'enlèvements permet de mettre le tranchant en forme de biseau et le talon en forme de légère pointe.
L'étude anthracologique vient compléter les observations sur l'emploi du choc thermique (stockage préalable du bois, calibres et essences de bois variables pour une forte montée en température). Enfin, quelques pistes sur la question de la diffusion de ces produits sont proposées.

Mot-clefs : Néolithique moyen, Massif armoricain, dolérite, carrière, atelier, hache, chaîne opératoire (lithique), paléoenvironnement.

Abstract: Wishing to emulate the advances made by their British colleagues (Stone Axe Studies), during the 1960s P.-R. Giot and J. Cogné worked to identify the main sources of the rocks used to create the Breton axes. They had success in identifying one particular dolerite, Type A metadolerite, which was sourced to a work area at Sélédin in the commune of Plussulien (Côtes-d'Armor) by C.-T. Le Roux in 1965. Another dolerite extraction site was subsequently confirmed at Le Pinacle in Jersey but, following this, work on sourcing the axes found in the west of Armorica was largely abandoned. This article revives the search and presents the results of the 2010 and 2012 fieldwork carried out on the Beulin dolerite axe factory at Saint-Germain-le-Guillaume (Mayenne).
The north-western area of Mayenne is characterized by a swarm of dolerite dykes, which are orientated between NNW/SSE and N/S. Allowing for some uncertainty, the Beulin dyke dates from the Devonian/Carboniferous boundary. Geographically its site is on a crest line rising to 129.5 m NGF (Niveau Général Français, ± equivalent to OD), the relief of which reflects the presence of the dyke. The rock on which the dyke intruded is Alexain Cadomian age Granite. The Beulin dyke in the area as a whole often takes the form of small domes on the surface but with the rock itself nonetheless buried quite deeply in the soil profile. On digging down the dolerite is eventually encountered as rounded core stones embedded in a dark brown clayey loam. The larger core stones are sometimes quite far apart with smaller ones in between, or separated by joints. At the field site the dolerite dyke is some 8.5 m wide and the dominant joints cutting the dyke have a different orientation, running NW/SE. Within the dyke the least altered, freshest dolerite occurs as rounded masses with the rock becoming progressively more angular as more or less joint-bounded blocks occur.
The discovery of the site resulted from following up on a surface scatter of flakes. Known 20th century agricultural working of the land had left gouges in the dolerite at a fairly constant depth of some 12–13 cm. Gouges, probably from plough blades and suchlike toothed implements, can be as wide as 10-12 mm. Patterns of crossing marks quite possibly reflect the ploughing of these fields during the 1960s on N/S and E/W lines. The various traces had to be identified for what they are and separated out from those resulting from prehistoric workings.

Over the cleared surface seven depressed areas correspond to recent stripping of the surface and some feature a resultant scatter of fresh fragments of rock. The form of the stripped areas is variable depending on the size and shape of the removed blocks. The loose associated sediment is aerated, rich in brown loam and contains a number of dolerite fragments. In addition, the outcrop situated in AB9-10 reveals very clearly the negative form of the blocks removed.
Only part of the whole site, labelled 1, will be described here. One of the first layers in this section was US 9, which is located against the working face of the outcrop and is a very dark brown to black clayey loam. It contains numerous charcoal fragments, sometimes forming layers themselves, and also contains pieces of worked dolerite. This layer has evidence of use of the thermal shock method to extract the rock and is dated to 4815 ± 35 BP. Overlying US 9 is a dark brown loam containing centimetre-sized pieces with only the occasional larger element. This layer appears more complex since some squares had more broken fragments than others and, in addition, the dip of the lithic fragments indicated different accumulations. Elsewhere, at least one of these areas contained abundant charcoal with a grey-blue sandstone hammer. Carbonised fragments of probable apple or similar wood from this level gave a date of 4760 ± 40 BP which was supported by three others: 855 ± 30 BP, 4800 ± 35 BP and 4835 ± 35 BP. Layer US 5 was a light brown loam containing rare, centimetre-sized, joint bounded fragments plus rounded lumps, seemingly residual pieces of the bedrock. US 4 is a loamy orange sand, partly resting on US 5, and containing rare small reject fragments from the extraction process and the occasional worked piece. This level is interpreted as the spread of debris from an earlier extraction event working towards exposing the dyke on its west flank; it is dated to 5660 ± 35 BP. US 2 covers the whole of the US layers. It is a brown loam with abundant fragments from the extraction process which is taken to represent the collapsed remains of this debris; it is dated to 4890 ± 35 BP. US 1 contains a higher proportion of worked fragments and resulting spalls than the debris from the extraction process. The fragments are embedded in a light brown loam and may be considered a pile of reject spalls, an interpretation supported by the finding of a nucleus, placed in a flat position.
Not all the dolerite outcrops were exploited. Numbers 1, 3, 5 and 6 are examples. It appears that the Neolithic people preferred the outcrops with a more widely spaced network of joints to those without. The favoured outcrops (numbers 2, 4, 7 and 8) were subjected to thermal shock treatment of their exposed faces—definitely in the closing stages of exploitation but almost certainly earlier on too. The aim was to enlarge the joints to allow the extraction of thicker blocks with a strike plane of 90° or more. One such block, fallen to the base of the working face, weighed about 150 kg and could be retrofitted to its original position. Carbonised fragments of probable apple or similar wood, discovered beneath this block, have a date of 5410 ± 30 BP, which places it neatly at the beginning of the Middle Neolithic II. Another block of about 200 kg was found and put aside for future analysis with the intention of obtaining pieces of dolerite that were thick and wide enough to allow the creation of short blades. From these first shapes, a bifacial form was fashioned by matching the edges, followed by trimming these to make the bevelled cutting edge and the narrow slightly pointed end. An accumulation of waste fragments, with a massive 66 kg nucleus at its centre, is the last stage of the sedimentation process and shows clearly that the fashioning of the axes occurred on site.
Going beyond the discussion centring on the use of the thermal shock process (prior collection of wood specially chosen to create the strongest rise in temperature), the anthracological study has added to the data already known for the Mayenne département and considers the presence of beech.
To complete the study, we open up the discussion to consider two issues. The first is the question of the diffusion of the axes, a line of enquiry that still has a long way to go, while the second focuses on the existence of the long rough-outs that probably served for the fashioning of the fusiform axes so well-known over the northern half of the Armorican massif.

Keywords: Middle Neolithic, Armorican massif, dolerite, quarry, workshop, stone axe, 'chaîne opératoire' (lithic), palaeo-environment.

La part importante de l'utilisation des lames de haches en dolérite sur le Massif armoricain est un fait établi de longue date, même si le cadre chronoculturel de ces productions (4500-3000 BC) est encore problématique (Cogné et Giot, 1952 ; Le Roux 1999).

Ainsi, les découvertes de sources de dolérite utilisées pour la production de lames de hache néolithiques dans l'Ouest de la France sont tout aussi anciennes. En effet, les travaux de P.-R. Giot, J. Cogné et C.-T. Le Roux, ont permis très tôt la découverte de la source de métadolérite dite de type A sur la commune de Plussulien, Côtes-d'Armor, au lieu-dit Sélédin (Cogné et Giot, 1952 ; Le Roux et Giot, 1965 ; ici fig. 13). Plusieurs campagnes de fouilles ont suivi et des travaux sur la diffusion des produits de cet atelier ont été accomplis (Le Roux, 1999 et 2011). En parallèle, un autre site d'extraction de dolérite découvert précédemment (1949) a été remis en valeur sur l'île de Jersey au Pinacle, mais la diffusion de ces produits reste à déterminer (Patton, 1993). Par la suite, la problématique de recherche sur les lames de haches en roche tenace de l'Ouest armoricain sommeille du début des années 1990 à celui des années 2000 en dépit de perspectives ouvertes (Le Roux, 1990). La recherche s'est alors focalisée sur les roches plus rares, déjà mises en évidence par les chercheurs précédents : la fibrolite, dont des ateliers sont connus, et les « pyroxénites » de type éclogitite et jadéitite (pour reprendre le terme de C.-T. Le Roux) dont des ateliers sont plus que soupçonnés en Loire-Atlantique comme à la Pérouse à Campbon (Mens, 1997 ; Pailler, 2009 ; Pétrequin *et al.*, dir., 2012a). Plus récemment, l'hypothèse de l'existence de site(s) producteur(s) de lames de hache en cornéenne, soupçonnée par C.-T. Le Roux, a été réactivée par N. Le Maux (Le Roux, 1999 ; Le Maux, 2014b).

Or, C.-T. Le Roux avait, dans son travail sur la diffusion des lames polies en métadolérite, signalé la situation particulière de la marge orientale du Massif armoricain. « Les valeurs élevées de l'Orne ou de la partie orientale de l'Eure-et-Loir témoignent certainement de la mise à profit des ressources du Massif armoricain bas-normand » (Le Roux, 1999, p. 180). Par conséquent, d'autres sites producteurs étaient à découvrir. L'un d'eux l'a été en 2010 dans le Nord-Ouest de la Mayenne. Il s'agit du site de Beulin - la Bessière - le Journal, situé sur la limite orientale de la commune de Saint-Germain-le-Guillaume, en parcelle B 567, à la limite avec la commune de La Bigottière (fig. 1 ; Kerdivel, 2012b ; Kerdivel *et al.*, 2011a et b). Des sondages exploratoires laissent à penser que le site ne s'étend que faiblement sur la parcelle B 566. Cette découverte [1] a été précédée d'un très laborieux travail de prospection pédestre mené par le Groupe archéologique de Mayenne (GRAM) dès 2006, dans une zone préalablement circonscrite par R. Lerivrain et J. Huard, suivi d'un sondage (2010) et d'une fouille (2012), qui ont livré une quantité considérable de mobilier en dolérite (tabl. 1). À cette occasion, les modalités d'extraction et de façonnage de lames de hache ont été étudiées. Par contre la question de la diffusion des produits de la carrière n'en est encore qu'à ses débuts, même si une signature géochimique très distincte de cette dolérite par rapport aux autres de Mayenne d'une part et de la carrière de Sélédin à Plussulien d'autre part a pu être mise en évidence (Kerdivel *et al.*, 2016).

UN *DYKE* DE DOLÉRITE PARMI TANT D'AUTRES EN MAYENNE

La dolérite dans le Nord-Ouest de la Mayenne

Le Nord-Ouest du département de la Mayenne est parsemé de filons de dolérite *(dykes)*, orientés entre les axes nord-nord-ouest - sud-sud-est et nord-sud. Ils appartiennent à la Mancellia et s'étendent entre les synclinaux de Laval et de la zone bocaine (Le Gall, 1999 ; Le Gall *et al.*, 2011 ; fig. 2). La dolérite est une roche magmatique intrusive et intermédiaire entre le gabbro et le basalte. Elle est composée de plagioclases et de pyroxènes, et présente une texture à grain très fin, due à un refroidissement souvent plus rapide que la diorite. Ces deux roches ont été longtemps appelées diabase, terme largement tombé en désuétude. L'âge exact de cette dolérite pose des problèmes aux géologues ; elle est datée actuellement de la transition entre le Dévonien et le Carbonifère (Le Gall *et al.*, 2011). Il est possible de suivre les filons grâce à la topographie. Ainsi, le site de Beulin est situé sur une ligne de crête qui s'observe très bien sur la carte au 1/25 000 et est mis en valeur par le relevé microtopographique : la petite crête culmine à 129,5 m NGF (fig. 1). Ce filon vient recouper le granite d'Alexain, d'âge cadomien, dans sa forme grise à gros grains et sans cordiérite (Le Gall *et al.*, 2011). Les analyses géochimiques des prélèvements ont permis de constater qu'il existait une grande variété de ces dolérites (Kerdivel *et al.*, 2017).

Dans le secteur de Beulin, la dolérite forme souvent de petits dômes émergeant du sol en prairie ou en forêt (fig. 2), parfois aussi sous forme de falaises en rebord des quelques vallées encaissées existant dans le secteur, notamment celle de la Mayenne. Un test expérimental d'extraction de dolérite au lieu-dit les Bois à Saint-Germain-d'Anxure a permis d'observer l'état d'un filon dans une forme proche de celui de Beulin. Les dômes affleurent assez peu du sol et nécessitent un désherbage profond (fig. 2A). Au final, des boules de dolérite émergent d'un limon argileux brun foncé (fig. 2B). Ces boules sont parfois très espacées avec des plus petites boules intercalaires (fig. 2C) voire des éléments diaclasés (fig. 2D).

Formes et aspects de la dolérite sur le site

La largeur du filon est d'environ 8,50 m. À l'intérieur du filon, les diaclases principales ont une orientation différente, plutôt nord-ouest - sud-est, ce qui a justifié la mise en place de deux sondages sud-ouest - nord-est pour recouper au mieux les fronts de taille. L'encaissant granitique a été reconnu à l'ouest de la vignette 1. Au cœur de celui-ci est concentrée la dolérite à l'état compact, soit sous forme de boules, soit de blocs massifs, soit d'éléments diaclasés parallélépipédiques.

La dolérite se présente principalement sous trois formes (fig. 3) :

– des blocs massifs, très indurés avec des diaclases plus espacées ;

– des boules d'altération de tailles variées, centimétriques à pluridécimétriques, se divisant à partir de zones fragilisées par des diaclases ;

– une arène sableuse de couleur rouge due à l'oxyde de fer présent naturellement dans cette roche et contenant parfois quelques boules d'altération de dolérite décimétriques.

Au sud-ouest et au nord-est de la dolérite indurée ou diaclasée, on rencontre de la dolérite altérée, où les boules de dolérite sont très rares, très dispersées et centimétriques, avec des formes sphériques et présentant une altération en « pelure d'oignon ». Une fois brisées (facilement), l'aspect de ces boules est nettement métallique. Quelques grosses boules ont toutefois été rencontrées dans cette zone de transition. La coupe nord de la tranchée 1 (carrés B 5 à 9) permet de voir très nettement la transition entre le filon rocheux et la dolérite altérée (Kerdivel *et al.*, 2011a, fig. 7).

Dans la tranchée 2, un niveau d'à peine dix centimètres contenant de nombreuses boules de dolérite en cours d'altération emballées dans l'arène doléritique rouge, repose directement sur le substrat. Une situation comparable a été rencontrée au fond des zones excavées de la vignette 1. Les blocs bouleversés l'ont peut-être été par les engins agricoles aux époques modernes (voir *infra*).

Pour finir, il faut préciser que beaucoup de blocs de dolérite ont été fractionnés par le gel. Les stigmates que

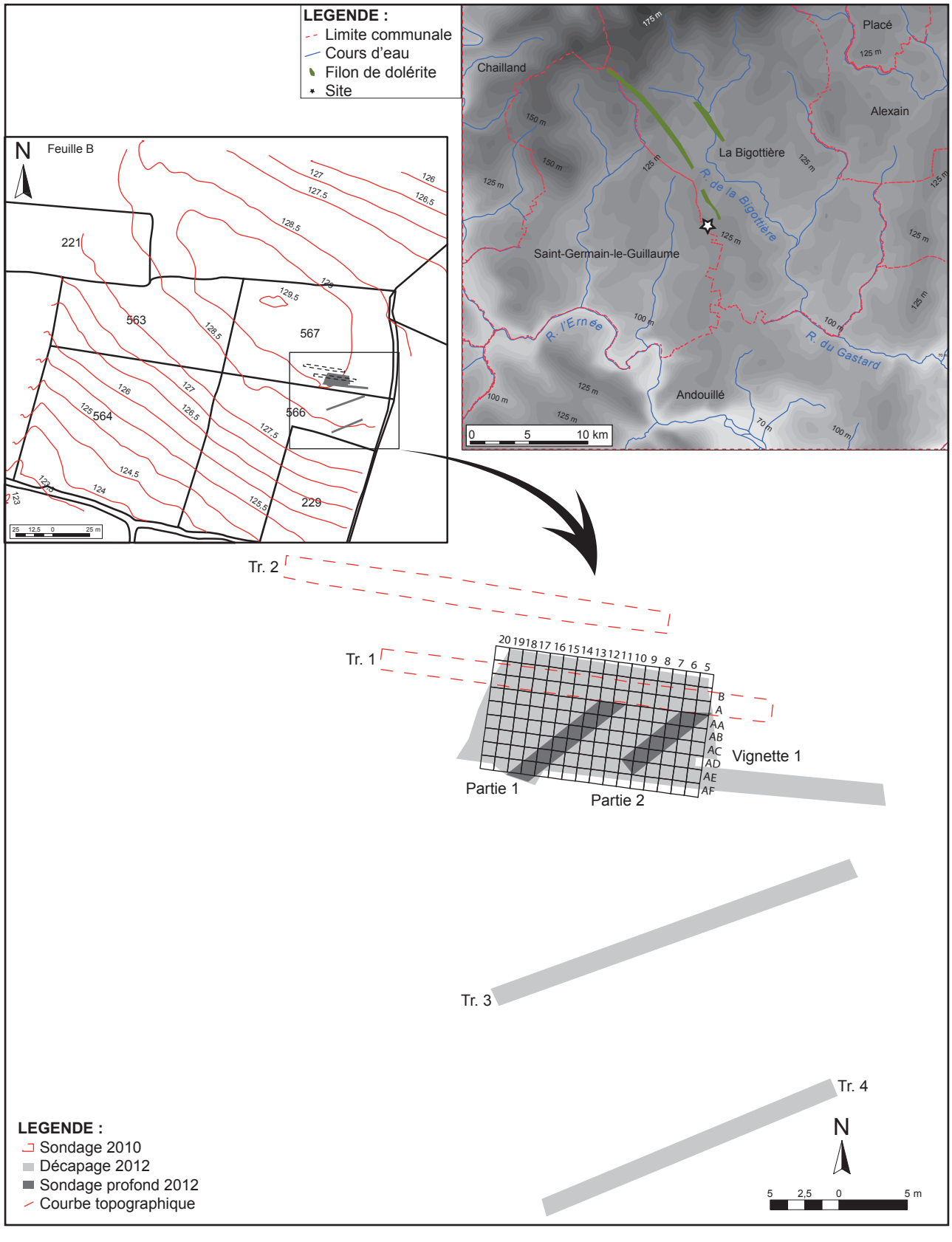

Fig. 1 – Localisation cadastrale, micro-topographique et plan général des sondages de Beulin - la Bessière, Saint-Germain-le-Guillaume, Mayenne (DAO G Kerdivel).

Fig. 1 *– Cadastral map showing microtopography and the overall layout of the trenches at Beulin - La Bessière, Saint-Germain-le-Guillaume, Mayenne (CAD G. Kerdivel).*

Localisation		N^bre d'élements en dolérite total	Poids de dolérite total (en kg)	N^bre d'élements en dolérite conservés	Poids de dolérite conservé (en kg)
Vignette 1	Partie 1	30 468	2 677,4	10 476	721,9
Vignette 1	Partie 2	14 188	1 434,5	4 532	324,8
Vignette 1	Partie 3	1 272	66,8	240	15,7
Tranchée 3		1 725	111	60	8,7
Tranchée 4		1 146	65,5	17	11,9
TOTAL		**48 799**	**4 355,2**	**15 325**	**1 083**

Tabl. 1 – Ventilation du mobilier en dolérite découvert, pesé et conservé selon les zones sondées à Beulin (G. Kerdivel).

Table 1 – *Listing and analysis of the identified dolerite material, weighed and conserved according to the excavated zones at Beulin (G. Kerdivel).*

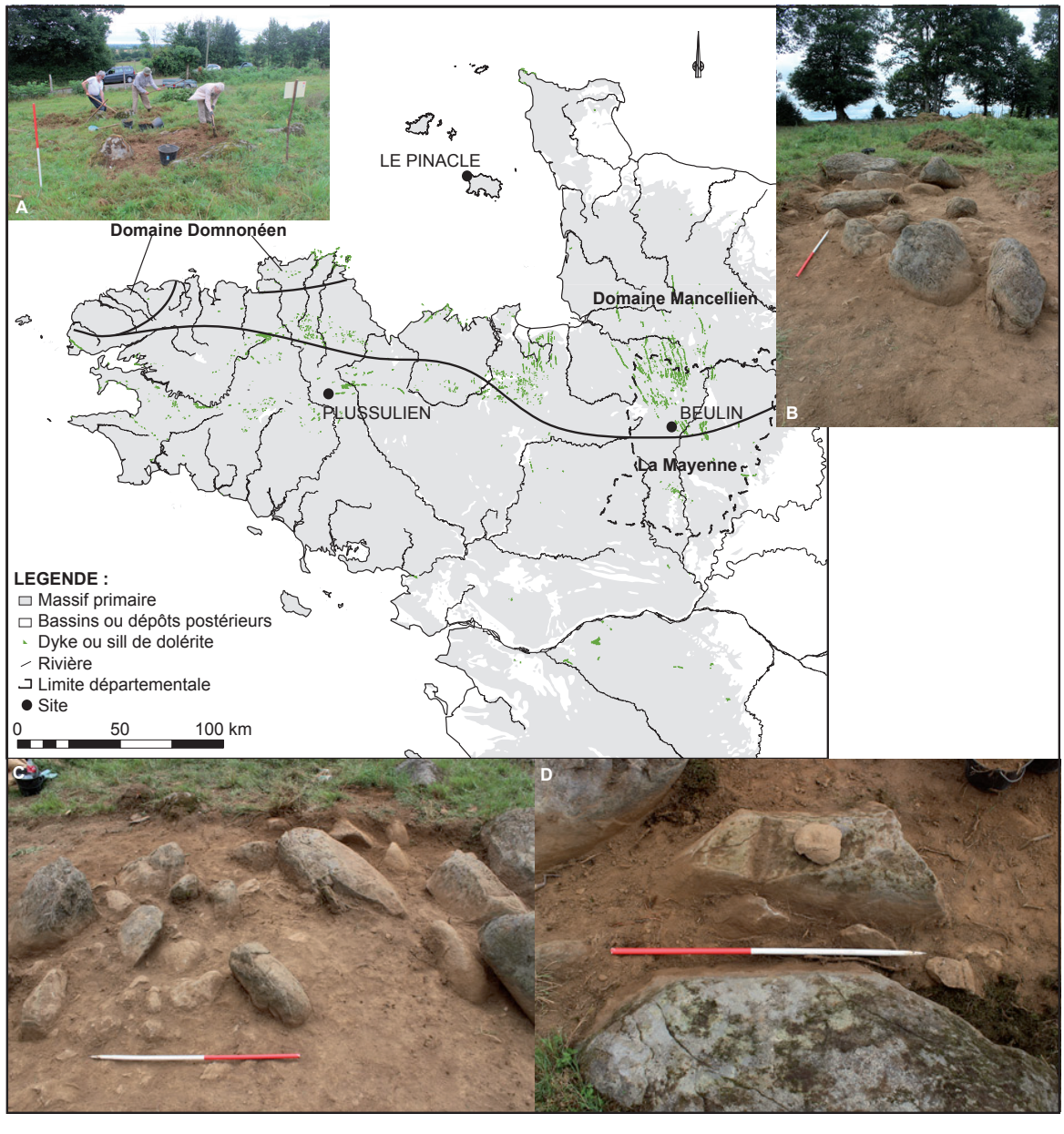

Fig. 2 – Distribution générale des dolérites (SIG de janvier 2016) avec localisation des sites de Plussulien et de Beulin. Vue d'un affleurement naturel de dolérite aux Bois, Saint-Germain-d'Anxure, Mayenne (DAO et clichés G. Kerdivel).

Fig. 2 – *Distribution of dolerite dykes as of January 2016 (GIS) with some background geological information and indication of the sites of Plussulien and Beulin. The photos show a natural outcrop of dolerite at Les Bois, Saint-Germain-d'Anxure, Mayenne (CAD and photos G. Kerdivel).*

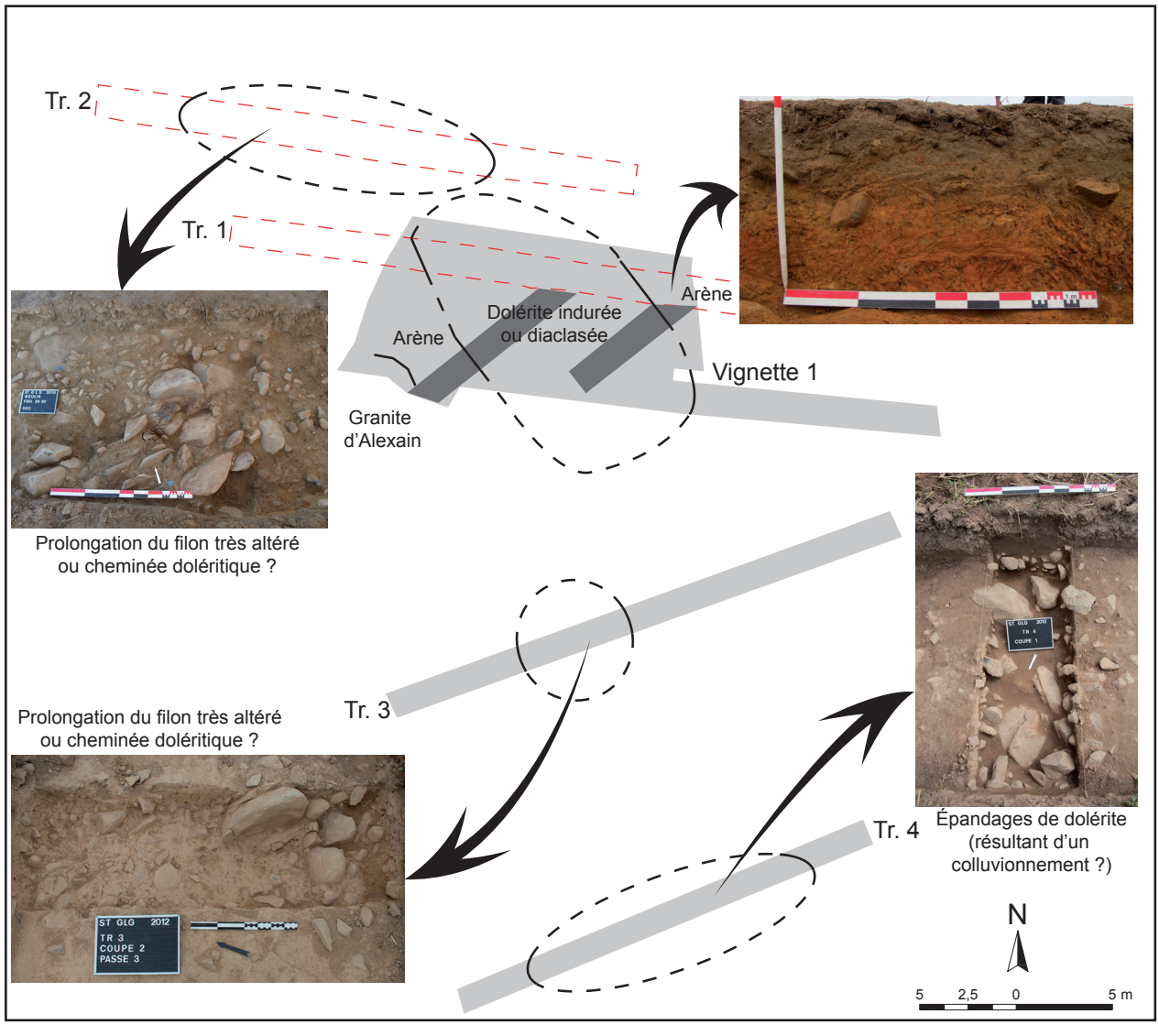

Fig. 3 – Localisation topographique du site et interprétation géologique sur plan général de la fouille du site de Beulin (DAO et clichés G. Kerdivel).

Fig. 3 – *Topographical positioning of the site with geological information superimposed on the site plan and some illustrative photos of Beulin (CAD and photo G. Kerdivel).*

laisse ce fractionnement naturel ont été attentivement étudiés : les faces de diaclase sont caractérisées par une patine de couleur rouille ou grise. Cette couleur est donnée par le taux élevé en oxyde de fer de cette roche ; il en est de même de la couleur rouge de la dolérite arénisée. Par exemple, sur un éclat thermique provenant du bloc massif, un pseudo-talon épais apparaît bien, mais sont absents bulbe, lancettes rayonnantes et ondulations, autant d'éléments caractéristiques d'un éclat taillé. De même, certaines boules de dolérite présentent des faces anguleuses, voire polyédriques, qui peuvent résulter autant d'éclats thermiques naturels que d'éclats intentionnels. De même, ces zones de diaclases peuvent alors être très planes, voire légèrement creuses, laissant alors envisager de manière erronée un négatif d'enlèvement intentionnel, comme c'est le cas du bloc que nous avons publié (Kerdivel, 2012b, fig. 7).

Description pétrographique et géochimique de la dolérite à Beulin (G. K. et A. B.)

La composition pétrographique de la dolérite de Beulin a déjà été décrite (Kerdivel *et al.*, 2011a et 2017). La dolérite de Beulin se caractérise par un grain fin à moyen selon le site d'échantillonnage et par un état d'altération modéré des plagioclases (saussuritisés, séricitisés), des augites interstitielles (ouralitisées) et des ilménites (développement de bordures de titanites riches en aluminium). Bien que moins intensif, on notera que ce type d'altération est tout à fait similaire à celui observé pour les dolérites de Plussulien (Le Roux, 1999 ; Kerdivel *et al.*, 2017). Macroscopiquement, la présence de nombreux cristaux d'ilménite dans les dolérites de Plussulien a longtemps été considérée comme un marqueur typique de ce site de production. La présence importante d'ilménites dans la

dolérite de Beulin (Kerdivel *et al.*, 2017) complique ainsi l'attribution des sites de production par simple inspection à l'œil nu.

Dans une étude précédente, nous proposons une analyse quantitative de la composition minéralogique et chimique des dolérites du site de production de Beulin et des autres filons de dolérite présents dans la région (Kerdivel *et al.*, 2017). Cette étude met en évidence que la composition en éléments majeurs de la dolérite de Beulin se distingue clairement de celle définie par les dolérites régionales échantillonnées (28 échantillons ; Kerdivel *et al.*, 2017). Cette composition montre par exemple un excès de SiO_2 d'environ 4 % en poids pour des concentrations en MgO comparables aux dolérites régionales. De la même façon, on observera un excès de K_2O ou un déficit en Fe_2O3, TiO_2, MnO et P_2O_5 en prenant le MgO comme élément de référence. Pour ce qui est des éléments traces, les différences sont plus subtiles et ne concernent que quelques paires d'éléments chimiques. On notera par exemple que les dolérites de Beulin sont enrichies en U et Th par rapport aux dolérites régionales et que ces dernières sont enrichies en Nb et Ta alors que les dolérites de Beulin ne le sont pas. Il est aussi possible de distinguer les dolérites de Beulin sur la base d'autres éléments-traces (*i. e.* Zr, Hf, Sm). On notera que cette singularité de la composition en éléments en trace des dolérites de Beulin persiste dans une comparaison avec les dolérites de Plussulien.

QUAND LA CHARRUE BLOQUE…

La découverte du site a été faite grâce à une concentration d'éclats en surface. L'une des questions principale a été de faire la part entre une extraction potentiellement préhistorique et les témoignages de déroctages de blocs par l'exploitant agricole du milieu du XXe siècle. Il a donc fallu comprendre les traces qu'avaient pu laisser les interventions anthropiques en relation avec la mise en culture de cette parcelle, nous amenant à revenir aux fondamentaux du préhistorien, trop souvent oubliés : distinguer le naturel de l'anthropique, et l'anthropique récent de l'anthropique ancien.

Les traces d'outils à dents agricoles

Tout d'abord, plusieurs traces ont été observées sur des boules de dolérite, massives ou non, apparaissant comme beaucoup plus patinées que les marques laissées par le godet du tractopelle (fig. 4). La largeur de ces traces est souvent de l'ordre d'une dizaine de millimètres.

La nature de ces traces est très vite apparue : il s'agit des stigmates produits par des outils agricoles (Soltner, 1975, p. 337-368). Il peut s'agir de la lame des charrues, comme de n'importe quel instrument à dents (Soltner, 1975, p. 351). Il faut noter que les traces se situent toujours entre 13 et 23 cm de profondeur par rapport à la surface du sol et entre 8 et 13 cm du sommet des affleurements concernés. Cette vingtaine de centimètres maximum correspond à la profondeur maximale des lames de charrue (Soltner, 1975).

Les traces croisées présentes sur l'ensemble des secteurs observés en 2010 et 2012, renvoient probablement à des sillons de charrues, puisque la morphologie de la parcelle a conduit à passer d'un labour orienté nord-sud à un labour ouest-est après le remembrement (fig. 4). Les traces les moins profondes s'expliquent par des labours superficiels, les témoignages d'agriculteurs (R. Boulin, J. et A. Huard, A. Lenormand, etc.) confirment que le labour en profondeur d'un tel sol, où les roches sont connues comme affleurantes est inutile et, quand bien même ils le feraient, la sécurité automatique relèverait aussitôt la charrue. Pour les traces les plus profondes, l'emploi de sous-soleuses, de rippers ou de chisels n'est pas impossible, notamment pour faire remonter quelques blocs gênants, en marge de l'affleurement (Soltner, 1975, p. 351-353).

La largeur particulièrement importante de ces traces peut être attribuée aux passages répétés de ces outils. Certaines boules ont pu bouger comme dans le carré G23 où un bloc a été réduit thermiquement par le gel puis déplacé d'une dizaine de centimètres vers l'est (Kerdivel et Mens, dir., 2010).

Les déroctages modernes ou contemporains

Sept creusements sont observés sur la surface décapée (fig. 5). Certains se signalaient par des éclats bleus frais à leur surface, en A14 et AA15 ou AC17-18.

Ces creusements sont de tailles et de formes variées, dictées par la morphologie du bloc prélevé. Certains blocs ont été recoupés et apparaissent en coupe (fig. 6). L'affleurement de dolérite immédiatement proche présente un négatif d'enlèvement d'un de ces éclats. C'est aussi le cas de l'affleurement situé en AB9-10, qui montre très nettement des négatifs d'enlèvements (fig. 5).

L'US 1 d'occupation préhistorique a été largement préservée par le pointement important des dolérite. L'absence d'une US comparable sur le reste du site résulte d'affleurements moins proéminents, qui n'ont pas obligé les charrues successives à se relever.

EXTRAIRE DES BLOCS DE DOLÉRITE

Les unités stratigraphiques : quand se mêlent déchets d'extractions et éléments taillés

La quantité de déchets liés respectivement à l'extraction et à l'industrie lithique varie quelque peu d'une unité stratigraphique (US) à l'autre (tabl. 2).

La partie fouillée 1

L'US 9 est posée contre le front de taille de l'affleurement 2 et est limitée au nord par l'affleurement 3. Il

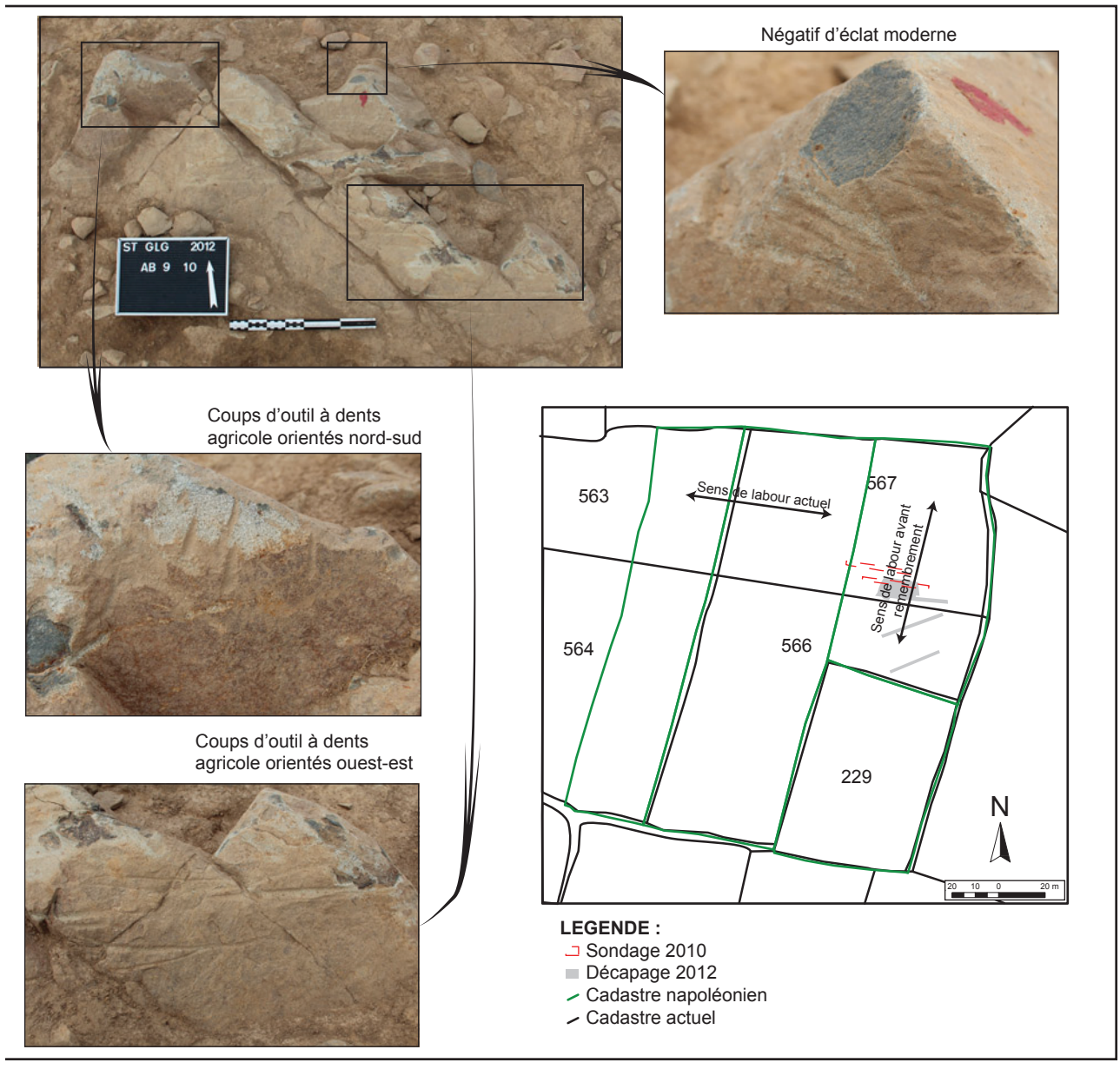

Fig. 4 – Vues des traces d'outils à dents agricoles et d'enlèvements récents pour déroctage. Interprétation cadastrale des observations réalisées sur le site de Beulin (CAD et clichés G. Kerdivel).

Fig. 4 – *Marks left by toothed agricultural machinery (plough marks) and those left during recent stripping of the surface. The plan shows the interpretation of the marks as related to the cadastral plan of the site of Beulin (CAD and photos G. Kerdivel).*

s'agit d'un limon argileux brun très foncé à noir contenant de nombreux charbons de bois concentrés parfois en nappe, et quelques éléments de dolérite taillés. Sur ce niveau reposent les blocs extraits de l'affleurement (fig. 6). Il s'agit du seul niveau présentant ces concentrations de charbon attestant de l'emploi du choc thermique (pyrofracturation) pour l'extraction.

Elle est recouverte par l'US 8, correspondant à un limon brun foncé avec des éléments taillés centimétriques très rarement pluricentimétriques (fig. 6). Certains carrés livrent plus d'éclats que d'autres. Des effets de pendage signalent des remplissages différents (fig. 6). Le niveau correspondant à l'US 9, sur lequel reposait un percuteur en galet de grès bleu, contient de nombreux charbons de bois, niveau. L'US 5 est un limon brun clair emballant de rares éléments centimétriques diaclasés et des boules ; les éléments taillés y sont très rares (fig. 6). Il s'agit apparemment de substrat remanié, déposé là au cours du creusement pour atteindre le flanc méridional de l'affleurement 1.

L'US 4 est un sable limoneux orangé reposant partiellement sur l'US 5 et emballant de rares petits déchets d'extraction et de rares éclats (fig. 6). Ce niveau est interprété comme l'épandage des déblais d'une extraction antérieure afin de dégager le filon sur son flanc ouest. Cette couche a livré un fragment mésial d'éclat patiné très blanc (fig. 7, n° 1), un quartz roulé et un fragment de granite.

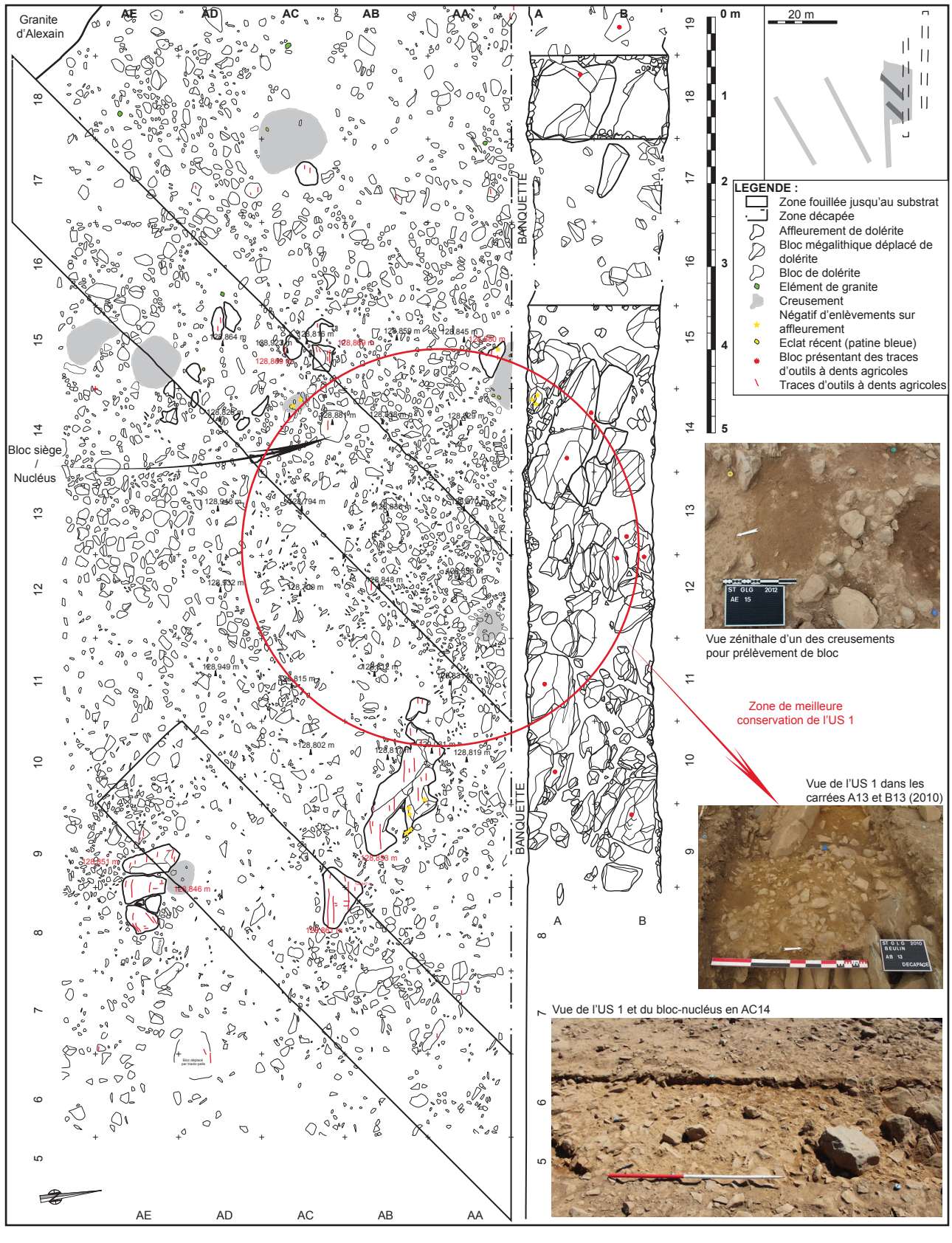

Fig. 5 – Plan général et vues de la vignette de fouille n° 1 de Beulin présentant la répartition des traces agricoles et de déroctage observée et l'extension de l'US 1 (DAO et clichés G. Kerdivel et A. Torrado Alonso).

Fig. 5 – *Reduced scale general plan and views (US 1) of Beulin showing the distribution of agricultural marks and of the stripping observed at the extension of US 1 (CAD and photos G. Kerdivel and A. Torrado Alonso).*

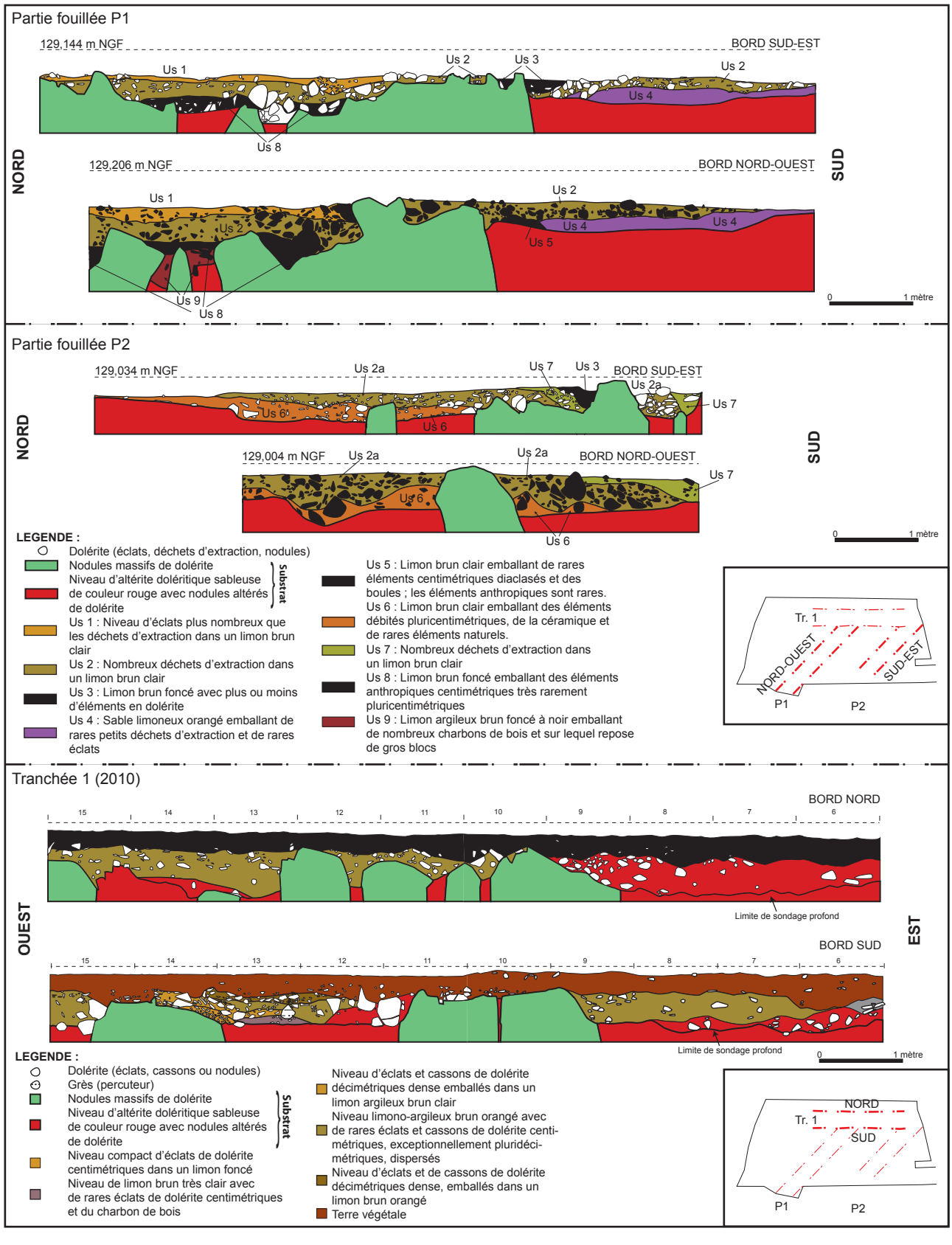

Fig. 6 – Coupes stratigraphiques relevées en 2010 et 2012 de Beulin (DAO G. Kerdivel et A. Torrado Alonso).

Fig. 6 – *Stratigraphical sections as recorded in 2010 and 2012, Beulin (CAD G. Kerdivel and A. Torrado Alonso).*

	US	Nbre d'élements en dolérite total	Poids de dolérite total (en kg)	Nbre d'élements en dolérite conservés	Poids de dolérite conservé (en kg)	% d'écartés (en poids)	Indice (nombre d"éléments par kg)
Partie 1	5	715	51	4	1,8	96,47	2,22
	4	492	145,4	132	17,5	87,96	7,54
	9	465	67	96	25,5	61,94	3,76
	8	4 788	442,9	1 827	171,4	61,30	10,66
	2	15 799	1 461,2	5 004	333,3	77,19	15,01
	1	7 818	484	3 402	168,8	65,12	20,15
	TOTAL	**30 077**	**2 651,5**	**10 465**	**718,3**		
Partie 2	6	3 999	419,3	1 183	72,7	82,66	16,27
	2a	7 221	726,3	2 332	197,7	72,78	11,80
	7	2 887	285	1 014	53,5	81,23	18,95
	TOTAL	**14 107**	**1 430,6**	**4 529**	**323,9**		

Tabl. 2 – Ventilation du mobilier en dolérite ramassé et conservé (en effectif et en poids) en fonction des unités stratigraphiques néolithiques à Beulin. La proportion de déchets liés à l'extraction par US est perceptible grâce au pourcentage de dolérite écarté (en poids). La proportion d'éléments issus du débitage se perçoit par US grâce à l'indice (G. Kerdivel).

***Table 2** – Listing and analysis of the dolerite material found and conserved (in terms of numbers and weight) as derived from the different Neolithic stratigraphical units at Beulin. The proportion of rejects relating to extraction per US is possible as a result of the percentage of dolerite discarded (in terms of weight). The proportion of elements derived from working can be arrived at per US as a result of the index (G. Kerdivel)..*

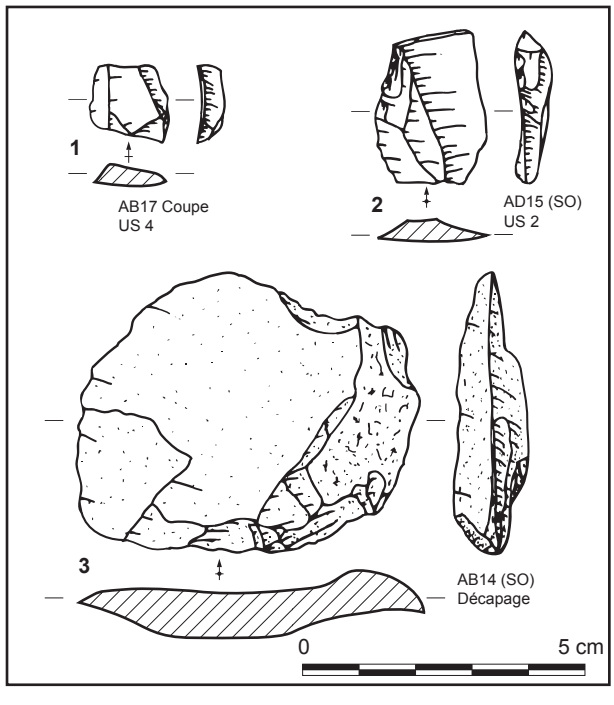

Fig. 7 – Éclats découvert sur le site de Beulin. 1 : éclat patiné blanc ; 2 : éclat retouché ; 3 : éclat de grès lustré provenant d'un percuteur (dessins et DAO G. Kerdivel).

***Fig. 7** – Pieces found on the site at Beulin. 1 : tool with white patina ; 2 : retouched tool ; 3 : flake of lglossy sandstone spalled from a hammer (drawings and CAD G. Kerdivel).*

L'US 2 vient recouvrir l'ensemble de cette séquence sédimentaire (fig. 6). Elle est formée de nombreux déchets d'extraction (dominants par rapport aux éclats qui ne représentent en moyenne que 29 % du poids extrait) dans un limon brun, résultant de l'affaissement des remblais d'extraction. Cette couche constitue par endroits le sommet de la séquence, ce qui explique la présence en AD19, NE, d'un tesson de céramique rose-bleu médiéval (Naveau, 2001). Autrement, elle contient des fragments de granite abondants, qui attestent des remaniements. Des fragments ou des éclats provenant de percuteurs en quartz ou en grès sont présents. Par ailleurs, un éclat de silex brûlé a été trouvé en AF18, NE, et un éclat retouché en AD15, SO (fig. 7, nº 2).

L'US 3 correspond au sédiment qui comble les fosses de déroctage déjà présentées plus haut (fig. 6).

L'US 1 a été distinguée à la fouille sur la base d'une proportion plus importante d'éclats taillés que de déchets d'extraction, emballés dans un limon brun clair, permettant d'y soupçonner un amas de débitage, renforcé par la présence du bloc nucléus, posé à plat (fig. 5). Un test de tamisage de quelques carrés a montré l'existence d'esquilles. L'hypothèse que l'épandage circulaire soit un amas de débitage protégé par les affleurements de dolérite les plus élevés peut être posée (fig. 5 et 6). Cette couche a livré quelques éléments récents (tessons médiévaux ou modernes, fragment d'ardoise), mais surtout des fragments de granite, de grès et de quartzite, dont certains proviennent indiscutablement de percuteurs (fig. 7, nº 3).

La partie fouillée 2

L'US 6 est un limon brun clair voire orangé emballant des éléments débités pluricentimétriques, quelques tessons céramiques très érodés d'allure protohistorique et de rares éléments naturels de toutes tailles dont des fragments de quartz et plusieurs blocs déplacés (fig. 6 et fig. 16, nº 2). Cette couche affleure à l'est du décapage,

permettant l'intrusion de mobilier récent. Des alignements de boules d'altération en AB8 (fig. 8) suggèrent un phénomène d'altération similaire à ceux de l'affleurement n° 5, si ce n'était la présence d'éléments taillés sous l'alignement (fig. 8). D'autre part, un bloc de plusieurs centaines de kilos testé était posé à plat (fig. 8 et fig. 16, n° 2). Tout cela suggère que cette US 6 est composée de niveaux anthropisés et bouleversés avec des mises en réserve de blocs taillables, à l'écart des fronts de taille (fig. 8).

Sur cette unité stratigraphique repose l'US 2, nommée localement US 2a pour la distinguer arbitrairement de celle de la partie fouillée 1 (fig. 6). Elle possède exactement les mêmes caractéristiques que celles décrites plus haut. On note sa présence de part et d'autre et contre l'affleurement 6. Il faut souligner qu'elle recouvre l'affleurement n° 5, mais ne repose que sur le flanc sud de l'affleurement 4. Elle contenait un tesson de céramique protohistorique, des éléments de quartz et un fragment de granite.

Une dernière unité stratigraphique (US 7) vient reposer systématiquement sur l'US 2. Elle a été perçue à la fouille par la présence rare d'éléments doléritiques sous le niveau de décapage manuel. Finalement, il s'agit d'un niveau recélant de nombreux déchets d'extraction, de petites dimensions, emballés dans un limon brun clair.

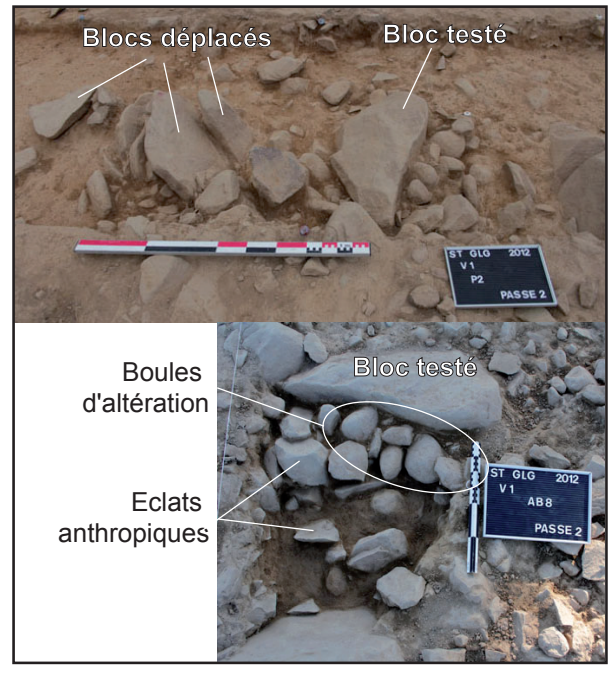

Fig. 8 – Vues de l'US 6 avec le bloc testé en place et les bouleversements observés dans cette partie de la fouille à Beulin (DAO et cliché G. Kerdivel).

Fig. 8 *– Two views of area US 6 with the tested and verified block in place and the adjacent displaced blocks at Beulin (CAD and photo G. Kerdivel).*

Stratégie de choix et d'exploitation de la dolérite

Sur l'ensemble de la zone fouillée, plusieurs affleurements ont été observés ; certains ont été exploités, d'autres non (fig. 9).

Les affleurements non exploités

L'affleurement 1 présente de nombreux blocs massifs très diaclasés et souffrant d'une desquamation importante en pelure d'oignon (fig. 10) et à l'interface avec l'affleurement 2, les traces d'extraction éventuelles ont été perturbées par un déroctage récent (fig. 10). Les blocs affleurants, apparemment non exploités, présentent souvent une altération en pelure d'oignon dans des zones localisées. C'est le cas des affleurements 3, 5 et 6 (fig. 10). L'affleurement 6 a été écarté de l'exploitation en raison de la présence, plus ou moins couvrante selon la face, d'une desquamation en pelure d'oignon (fig. 10).

L'affleurement 5 présente des systèmes de diaclase qui n'offrent pas le module de bloc recherché pour servir de nucléus. Ainsi l'extrémité nord de cet affleurement apparaît tellement diaclasée qu'elle s'est partiellement effondrée sur l'US 6, démontrant au passage que la carrière est, par endroit, restée à ciel ouvert (fig. 10).

Les fronts de taille

Le principal front de taille concerne l'affleurement 2 qui se présente sous forme de blocs massifs en escalier, et de plan incliné (fig. 11). Il présente de très nombreux négatifs de blocs prélevés (fig. 11). La marche basse montre une diaclase en cours de dégagement, où la matière au centre n'a pas pu être dégagée, bien que les nombreux négatifs d'éclats et autres acharnements (arêtes écrasées et grêlées, traces d'acharnement, négatifs d'éclats réfléchis) de part et d'autres de cette dernière sur les arêtes saillantes de l'affleurement témoignent de multiples tentatives d'extraction (fig. 11). Plusieurs percuteurs en dolérite sont présents dans l'environnement immédiat de cette diaclase. L'un d'eux est le plus gros percuteur observé sur cette fouille : il mesure 38 cm de longueur pour 25 cm de largeur et pèse plus de 70 kg (fig. 11).

Il est possible de rapprocher les acharnements observés sur l'affleurement 7, comme les témoins de l'extraction de blocs, en tous points comparables à ceux qui s'observent sur l'affleurement 2 (fig. 12).

Un autre front de taille existe aux dépens de l'affleurement 4 situé dans la deuxième zone fouillée. Ici, les marques d'extraction sont rares (fig. 12). Il n'y a pas là de négatifs d'enlèvements de gros éclats ou des départs de matières plus ciblés, mais des négatifs de blocs enlevés comparables à ceux de l'affleurement 2, sous la forme d'une surface en pendage très irrégulière marquée par des empreintes de profondeur variable (fig. 12). Une vaste surface régulière et plane, en pendage, pourrait être, l'état d'un affleurement arrivé presque à exhaustion. Par contre, la présence d'une diaclase dégagée, peut être un travail préalable à la poursuite de l'extraction. Il existe

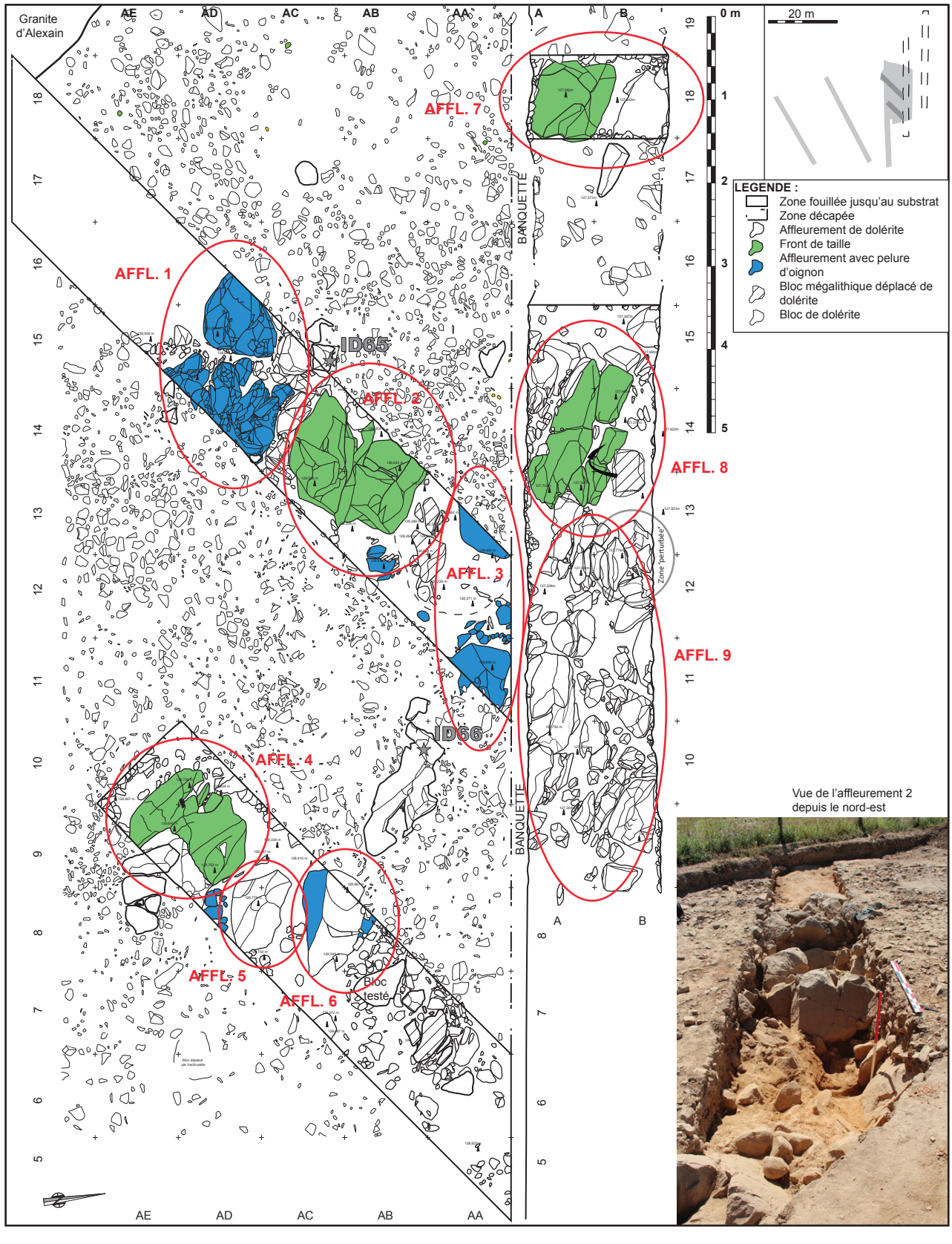

Fig. 9 – Plan général de la vignette 1 de Beulin en fin de fouille, présentant les affleurements observés (DAO G. Kerdivel et A. Torrado Alonso).

Fig. 9 – *Reduced scale plan 1 of Beulin at the close of excavation which shows the studied outcrops (CAD G. Kerdivel and A. Torrado Alonso).*

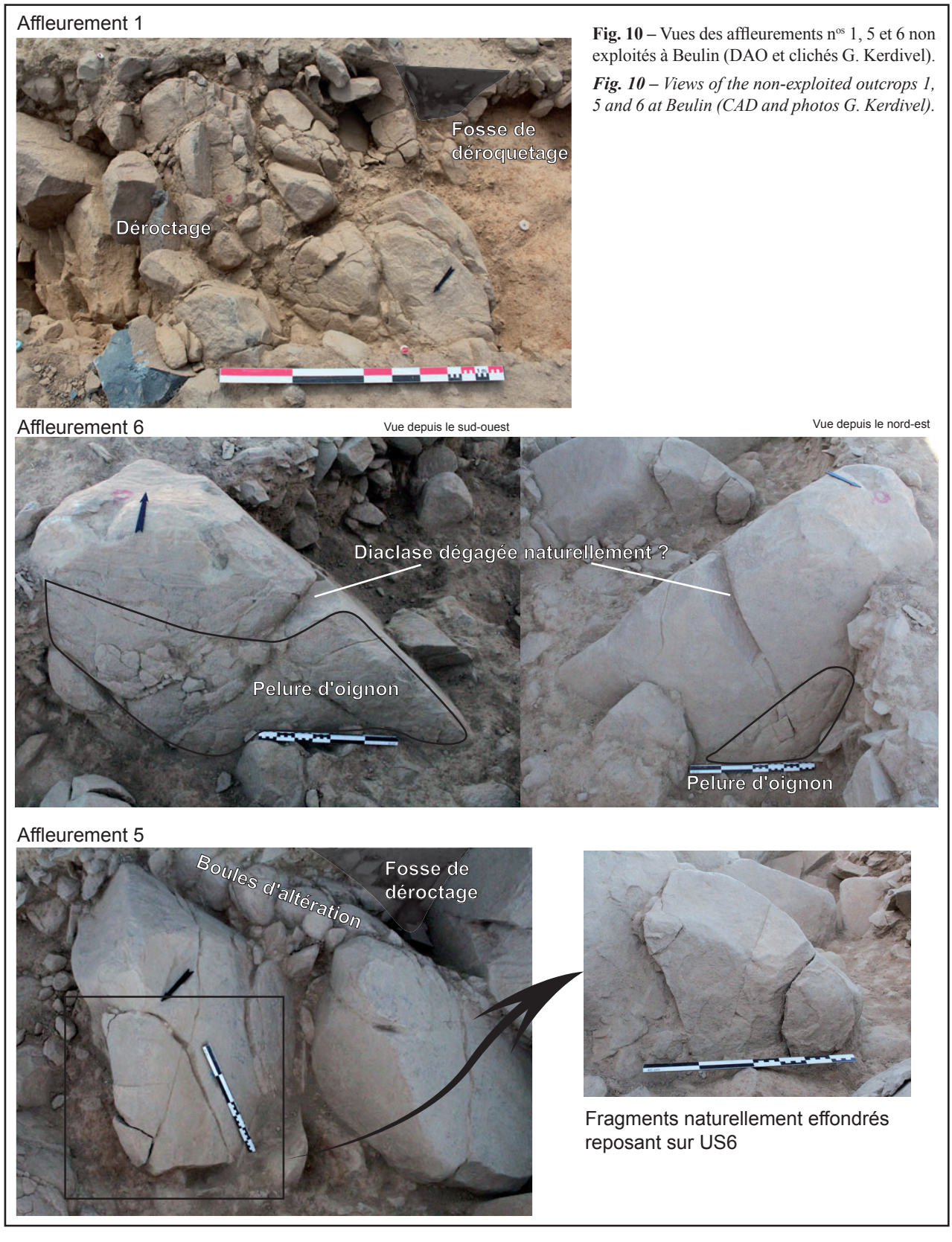

Fig. 10 – Vues des affleurements n°s 1, 5 et 6 non exploités à Beulin (DAO et clichés G. Kerdivel).

Fig. 10 – *Views of the non-exploited outcrops 1, 5 and 6 at Beulin (CAD and photos G. Kerdivel).*

une forte similitude entre les fronts de taille de Plussulien et ceux de Beulin (fig. 13).

L'affleurement 8 est le seul qui a offert l'opportunité d'un remontage de bloc, attestant par là qu'il s'agit d'un front de taille (fig. 14). Un bloc semble avoir été poussé directement de l'affleurement, sa face supérieure correspondant à une face de diaclase. Les nombreuses marches en escaliers de part et d'autre du bloc, une fois remonté, correspondent à plusieurs blocs préalablement enlevés. Les Néolithiques se sont appuyés sur les diaclases pour dégager les blocs. Dans le cas où la diaclase était peu ou pas altérée, ils étaient amenés à marquer fortement son

Fig. 11 – Vues de l'affleurement n° 2 exploité à Beulin (DAO et clichés G. Kerdivel).

Fig. 11 – *Views of the exploited outcrop 2 at Beulin (CAD and photos G. Kerdivel).*

pourtour par des éclats liés aux tentatives de dégagement de celle-ci, comme on peut l'observer aussi sur l'affleurement 2 (fig. 12). Par contre, l'utilisation du choc thermique semble largement avérée pour fragiliser les diaclases. Ainsi, un niveau de charbon de bois était présent contre le front de taille de l'affleurement 2.

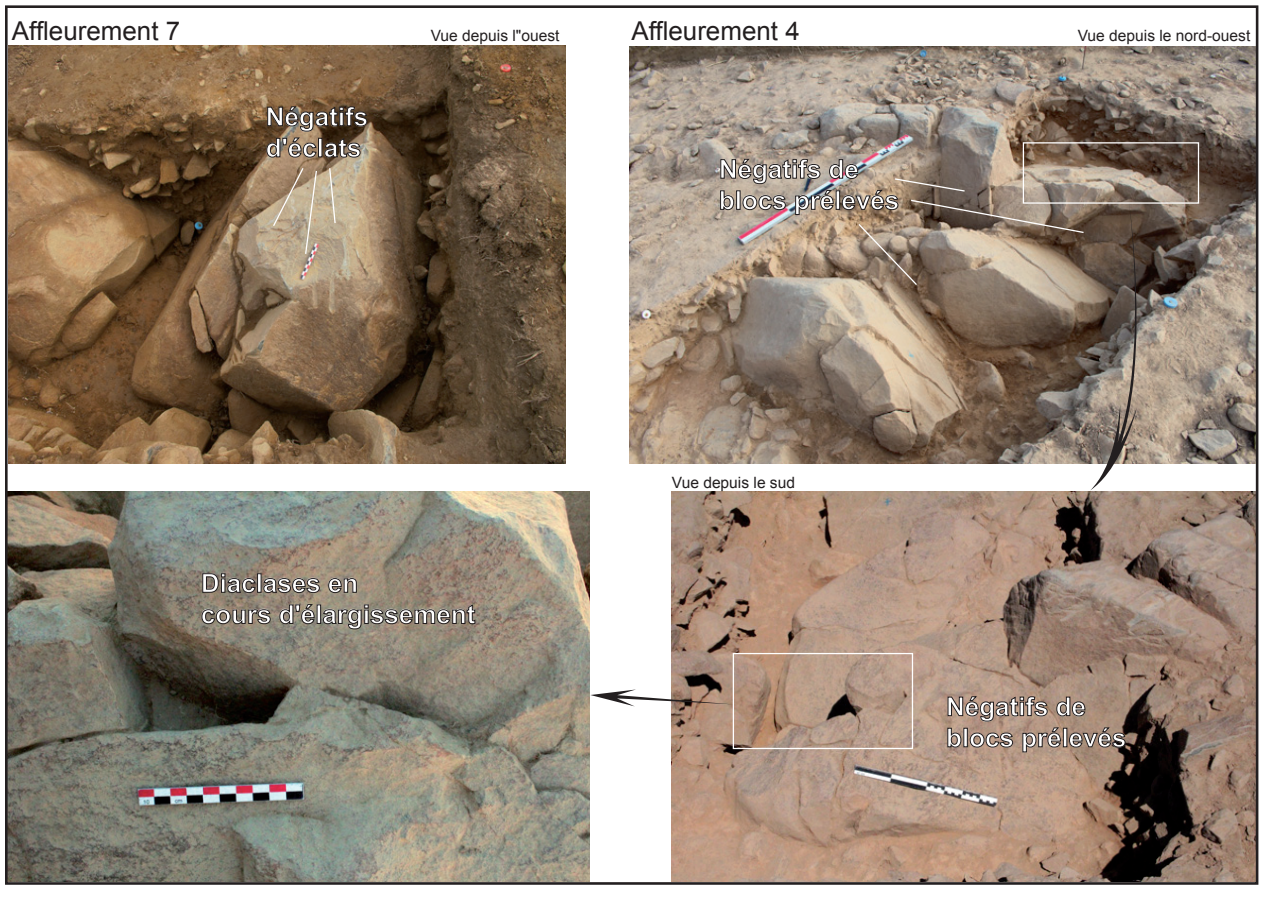

Fig. 12 – Vues des affleurements n°s 4 et 7 exploités à Beulin (DAO et clichés G. Kerdivel).

Fig. 12 – *Views of the exploited outcrops 4 and 7 at Beulin (CAD and photos G. Kerdivel).*

Le test expérimental mené sur l'affleurement des Bois à Saint-Germain-d'Anxure (voir *supra*) a permis de mieux appréhender les méthodes liées à l'extraction [2]. Tout, d'abord, le creusement des fosses dans le limon argileux brun foncé au moyen de pics en bois de cerf et de « pelles » opportunément obtenues avec des fragments plats de dolérite se fait assez aisément (fig. 15A). De même, le dégagement des éléments les plus déstructurés des diaclases se fait sans peine. À ce propos, il est plus fastidieux d'évacuer les déblais hors du chantier, que de les rejeter dans une zone non encore exploitée (fig. 15B). En l'espace de trois heures et à quatre personnes, une fosse de 1,8 m de diamètre a pu être creusée autour d'un affleurement de dolérite de 1,12 m de hauteur pour 0,84 m de largeur et 0,90 m d'épaisseur. Sa forme est triangulaire, en pain de sucre et son profil trapézoïdal (fig. 15C). Par la suite, le pourtour du bloc a été chauffé à l'aide de branches de châtaigner et de paille directement collectés sur place (fig. 15C). Sur ce point, il est apparu qu'une chauffe plus localisée permettrait de gagner en temps et en puissance. Lors de la combustion, les premiers éléments à se détacher sont les pelures d'oignons du bloc. La chauffe a duré 2 h 30. Ensuite, plusieurs seaux d'eau ont permis de refroidir la roche et ponctuellement de l'éclater (fig. 15D). Les produits obtenus sont de taille variée et montrent surtout des traces de rubéfaction marquée (fig. 15E) à l'instar de l'argile du substrat altéré. Au plus près du bloc, elle est brune très foncée puis rouge à orange à mesure que l'on s'éloigne du point de chauffe (fig. 15F). Par la suite, il a été possible, par percussion dure lancée, d'élargir les diaclases qui se présentaient sur le bloc (fig. 15G). Parfois des coins en bois ou en dolérite ont été utilisés pour les élargir. Au final, plusieurs blocs de dimensions diverses ont été obtenus sans que l'énergie humaine déployée n'ait été importante. Il est donc bien pertinent de coupler choc thermique et extraction pleine roche pour permettre de sortir les blocs qui serviront ensuite à obtenir des éclats.

Caractéristiques des blocs de dolérite recherchés

Les différentes campagnes de fouilles ont permis de découvrir des blocs dont le poids nous a parfois obligés à les laisser sur le terrain et à les observer immédiatement après leur découverte.

Le bloc de l'affleurement 2

Il s'agit du bloc découvert en position secondaire et remonté sur l'affleurement 2 (fig. 16, n° 1). Pavé quadrangulaire, il mesure 50 cm de longueur pour 44 cm de largeur et a une épaisseur de 25 cm (fig. 16, n° 1). Son poids peut

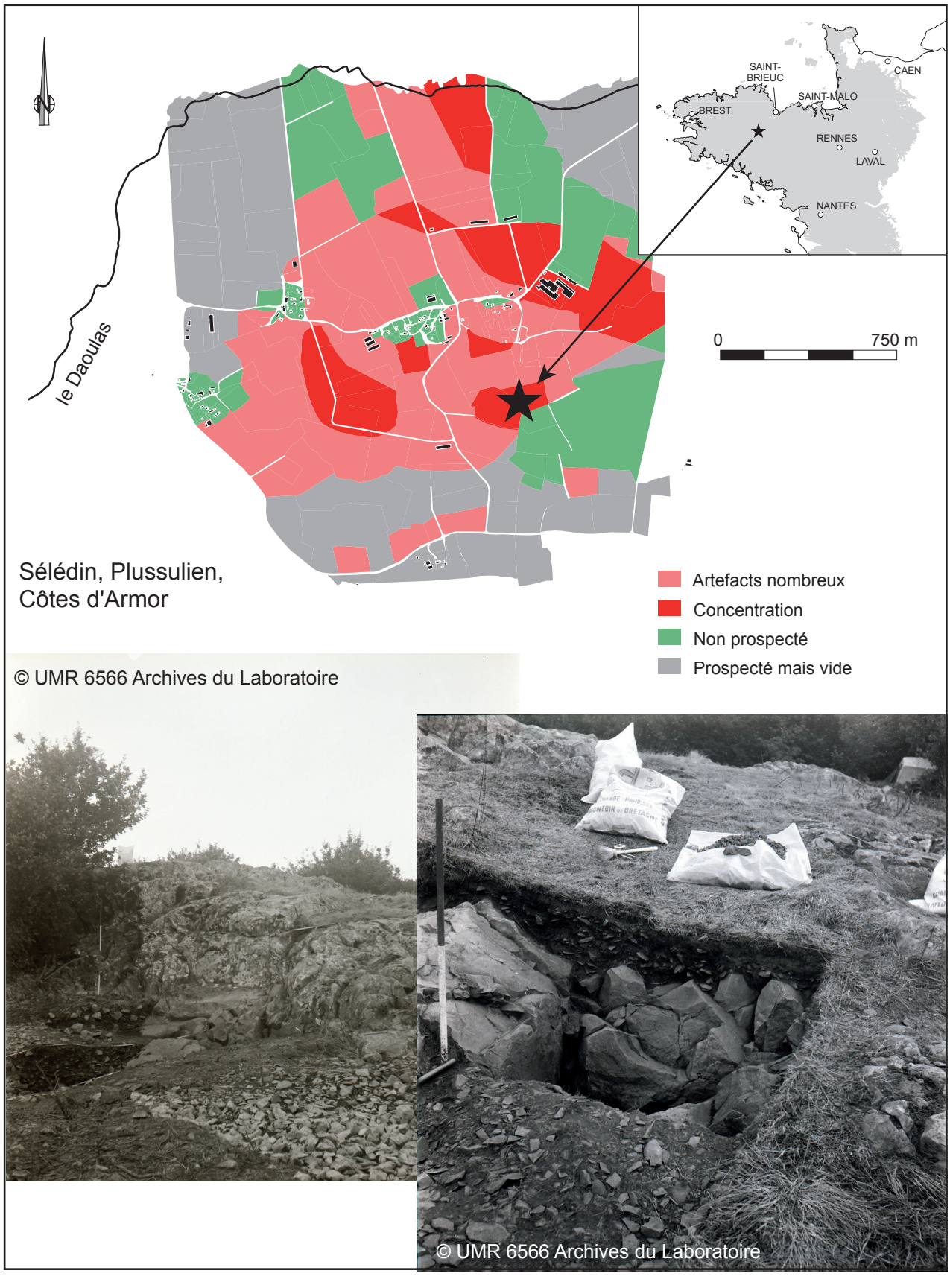

Fig. 13 – Sélédin à Plussulien (Côtes-d'Armor). Carte de distribution du mobilier d'après Le Roux, 1999, fig. 5. Vues de la fouille du Roc'h Pol, lieu des fouilles de C.-T. Le Roux (Archives du Laboratoire d'Archéosciences UMR 6566 ; PAO et DAO G. Kerdivel).

***Fig. 13** – Sélédin at Plussulien (Côtes-d'Armor). Map showing artefact concentrations and two photographs of the site itself. After Le Roux, 1999, fig. 5 (Archives du Laboratoire d'archéosciences UMR 6566; CAD G. Kerdivel).*

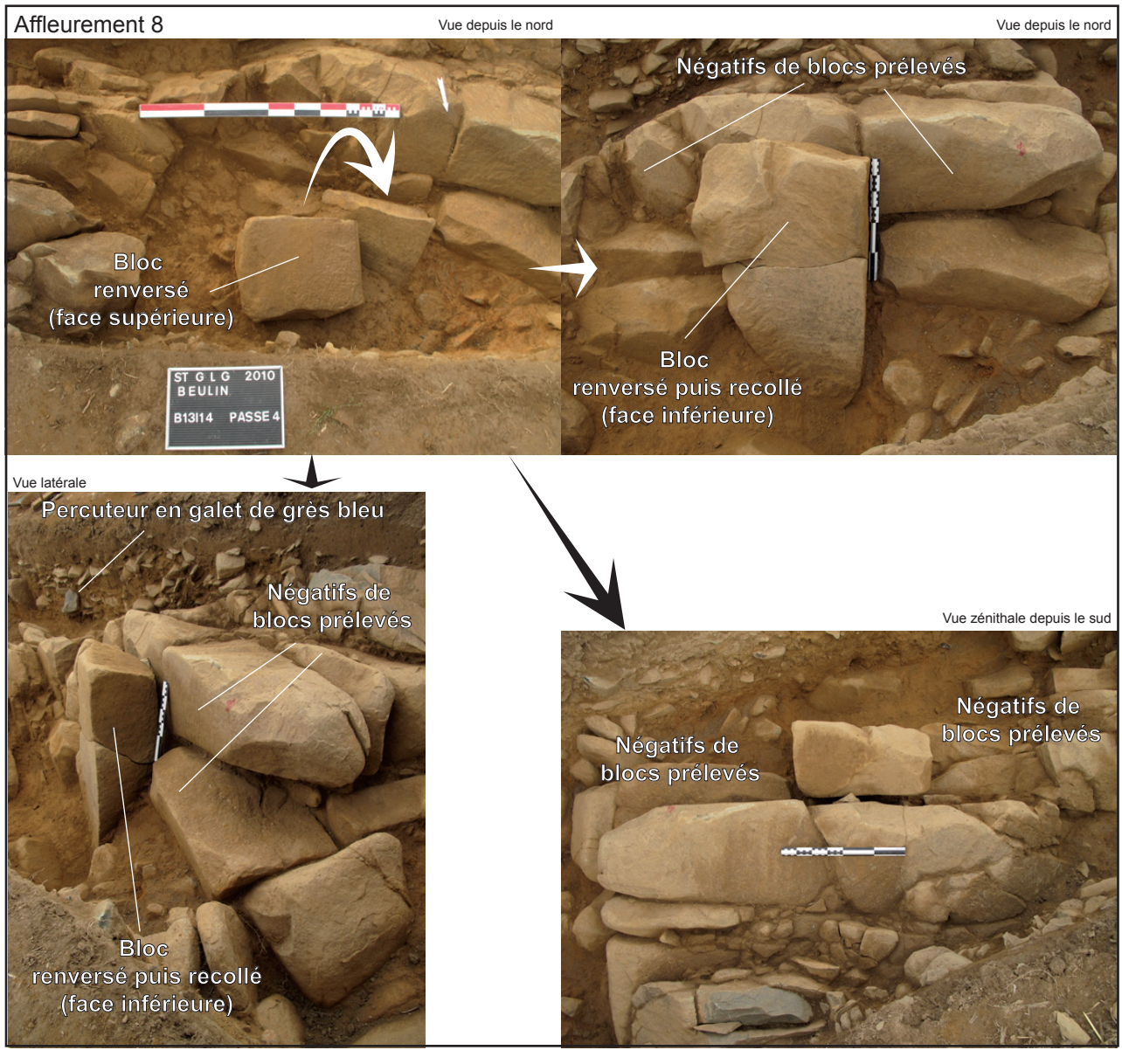

Fig. 14 – Vues de l'affleurement n° 8 exploité et du remontage du bloc extrait au Néolithique à Beulin (DAO et clichés G. Kerdivel).

Fig. 14 – *Views of the exploited outcrop 8 showing refitting of a block removed during the Neolithic to its original position at Beulin (CAD and photos G. Kerdivel).*

être estimé à 150 kg. Sa face A correspond à la face inférieure du bloc au moment de sa découverte. C'est une face de diaclase avec un décrochement naturel. Sa face B correspond à la face supérieure du bloc dans sa position d'origine. Cette face de diaclase présente des arêtes très émoussées. La face C est la face supérieure du bloc au moment de sa découverte. Il s'agit d'une face de diaclase avec une pseudo-cupule. La face D en biseau est celle qui recolle sur l'affleurement et correspond donc à une face d'arrachement du bloc. Les faces E et F sont des surfaces de diaclases latérales.

Le bloc testé de l'US 6

Il s'agit d'un bloc massif de 66 cm de longueur pour 50 cm de largeur et une épaisseur maximale de 25 cm (fig. 16, n° 2). Il pèse environ 200 kg. Il présente une forme irrégulière appointée. Cette pointe correspond à un décrochement diaclasé, zone tellement fragile du bloc qu'il s'est rompu lors de son dégagement. Un négatif d'enlèvement est à noter sur la face B, une des rares faces présentant un angle d'éclatement à 90° avec la face A. Cet enlèvement a été obtenu depuis la surface d'apparition du bloc (face A; fig. 16, n° 2).

Le bloc nucléus de l'US 1

Ce bloc a été découvert dans le carré de fouille AC 14 dans la partie fouillée 1 (fig. 6). Il se trouvait au centre d'un amas de débitage. De forme quadrangulaire, il mesure 42 cm de longueur, 30 cm de largeur pour 26 cm d'épaisseur (fig. 16, n° 3). Sa section est quintagonale irrégulière. Il pèse 66 kg. Sa face A présente une vaste plage de diaclase de 24 sur 32 cm. Elle

Fig. 15 – Vues des différentes étapes de l'extraction de blocs de dolérite. Test expérimental de juillet 2015 sur l'affleurement des Bois à Saint-Germain-d'Anxure, Mayenne (DAO et clichés G. Kerdivel).

Fig. 15 – *Views of different stages in the experimental extraction of dolerite as practised during the course of the excavation in July 2015. This took place at the Les Bois outcrop (Saint-Germain-d'Anxure, Mayenne (CAD and photos G. Kerdivel).*

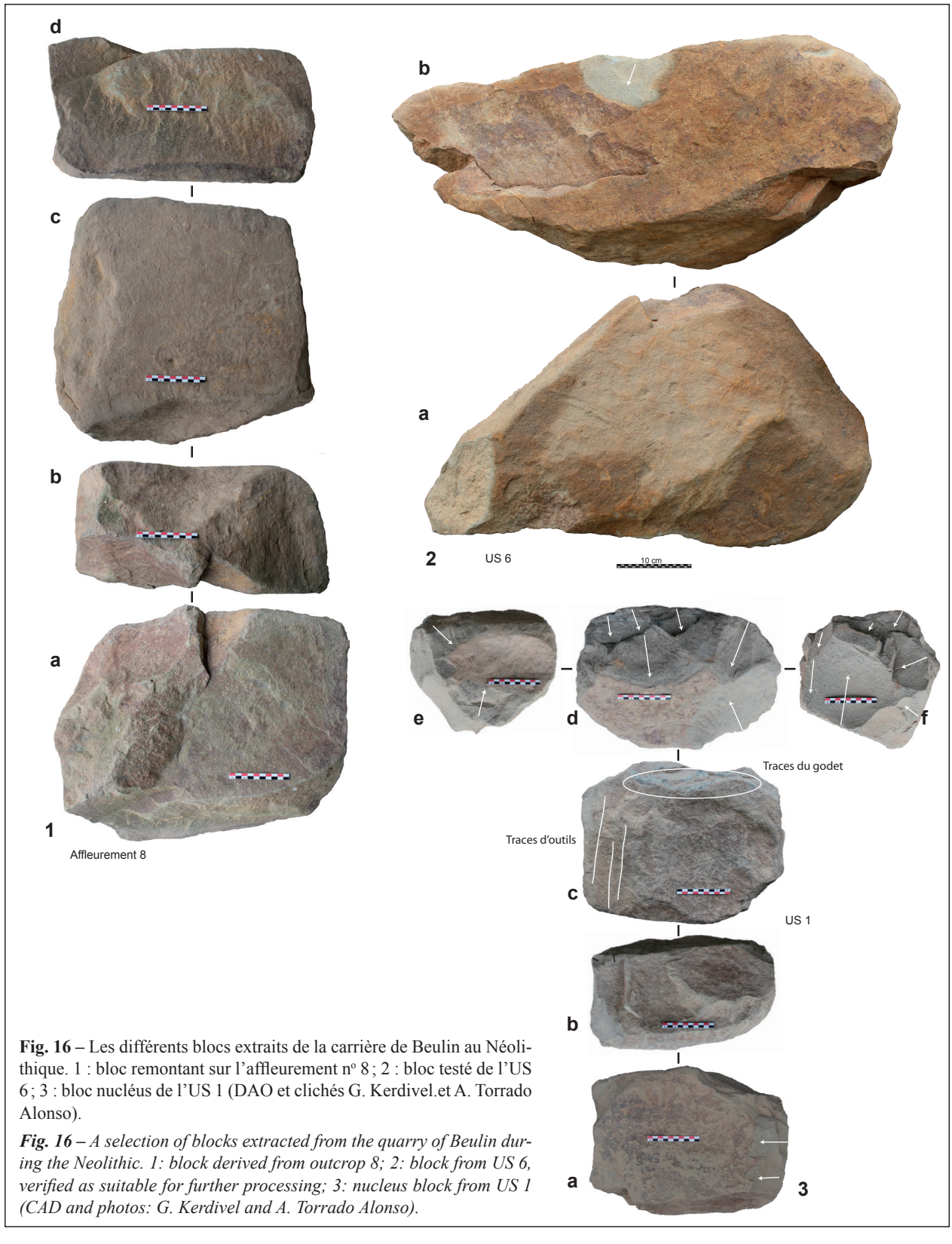

Fig. 16 – Les différents blocs extraits de la carrière de Beulin au Néolithique. 1 : bloc remontant sur l'affleurement n° 8 ; 2 : bloc testé de l'US 6 ; 3 : bloc nucléus de l'US 1 (DAO et clichés G. Kerdivel.et A. Torrado Alonso).

Fig. 16 – *A selection of blocks extracted from the quarry of Beulin during the Neolithic. 1: block derived from outcrop 8; 2: block from US 6, verified as suitable for further processing; 3: nucleus block from US 1 (CAD and photos: G. Kerdivel and A. Torrado Alonso).*

a servi de plan de frappe pour le dégagement d'au moins deux éclats (faces D et F). Une de ses arêtes apparaît très émoussée. Elle présente latéralement de nombreux enlèvements avec des rebroussés dégagés depuis la face F.

La face B est une grande face de diaclase avec des décrochements et des bords émoussés.

La face C, celle d'apparition du bloc, est une face de diaclase présentant des traces récentes liées au godet du tractopelle ; quelques traces d'outils à dents agricoles sont présentes. Cette face a servi de plan de frappe au dégagement des éclats qui s'observent sur la face D.

La face D présente une surface résiduelle de diaclase de 26 cm de longueur sur 17 cm de largeur. Elle présente autrement de nombreux négatifs d'enlèvements essentiellement extraits depuis la face C, à l'exception d'un extrait depuis la face A. L'angle d'éclatement entre la face C et la face D est supérieur à 90°. Le débitage s'est interrompu en raison de la présence de plusieurs rebroussés sur les derniers négatifs d'éclats dégagés depuis la face C. Trois éclats ont été mesurés : un de 20 × 15 cm, un autre de 12 × 8 cm et un dernier de 25 × 15 cm.

La face E possède une surface de diaclase concave, profonde de 1,4 cm. Les arêtes avec les faces C et B sont émoussées et présentent des négatifs de pelure d'oignon. On note le dégagement de deux éclats depuis la face D et la face A.

La face F montre de très nombreux négatifs d'enlèvements obtenus depuis les faces A, C et D et aucune relique de surface naturelle. Ceux obtenus depuis la face C ont conduit à la formation de rebroussés. Les deux mesurés font 11 × 8 cm et 20 × 14 cm.

Ainsi, le volume des blocs extraits importait peu. Étaient surtout recherchés des blocs de qualité (d'où le test sur un des blocs) et présentant des sections polygonales permettant d'obtenir des plans de frappe égaux ou supérieurs à 90°.

FAÇONNER DES LAMES DE HACHES (L. B.)

Quelques outils pour l'extraction

Le mobilier étudié a livré quelques outils liés à l'extraction. En effet, la présence de pièces façonnées de forme triangulaire a soulevé la question de la présence d'un outillage en dolérite dédié à l'élargissement de diaclases. Ainsi, seize coins et treize pics ont été identifiés (fig. 17, nº 1). Les premiers, dont le poids est généralement situé autour de 350 g, présentent une extrémité pointue et fine cassée et des percussions sur la partie opposée, qui se trouve être la plus épaisse (environ 3 cm). Les pics sont plus lourds (1 kg en moyenne), avec une épaisseur plus constante (environ 4 cm). Là encore, l'extrémité la plus pointue est cassée.

Des éclats en grand nombre

Parmi le mobilier issu de la fouille de la carrière, les éclats sont nombreux (91% du mobilier étudié, soit 337 éléments) et montrent qu'un premier travail de façonnage est réalisé sur place. Plusieurs types d'éclats ont été identifiés : les éclats thermiques, les éclats-support et les éclats de façonnage.

Les éclats thermiques

La présence de charbon dans la séquence stratigraphique de la carrière interroge sur l'éventualité d'une extraction par pyrofracturation. Le mobilier étudié présente des stigmates de chauffe à hauteur de 18% et six éclats thermiques ont été dénombrés parmi l'échantillonnage. Ces derniers font tous état d'une surface rubéfiée par la chaleur, d'un profil courbe et d'une épaisseur constante. Par ailleurs, des traces de percussion sont observées sur la moitié d'entre eux, ce qui va dans le sens d'une extraction mêlant chauffe et élargissement de diaclases. Un seul élément porte des traces d'enlèvements. Ce constat permet d'envisager un abandon immédiat des éclats thermiques, sans chercher à en faire des supports pour le façonnage de lames de hache.

Les éclats-support

Les éclats-support ont été très difficiles à distinguer des éclats de façonnage. Aucun élément n'a été identifié comme potentielle matrice, vierge ou très peu entamée. La taille des ébauches et préformes se place autour de 13 cm de longueur pour 9 cm de largeur, ce qui permet d'envisager un module de matrice plus grand, dont témoignent indirectement certains grands négatifs de nucléi.

Par ailleurs, lors du traitement statistique de l'étude des éclats par un ratio entre longueur et largeur, deux groupes semblent se distinguer (fig. 18) : le premier s'attache aux éclats de façonnage des lames de hache – ce sont les plus petits et les plus nombreux –, le second, plus étendu, regroupe des éléments dont les dimensions sont plus conséquentes. Il s'agit de pièces allant de 8,5 à 16 cm de longueur pour 4 à 12 cm de largeur, ce qui correspond aux dimensions établies lors de l'étude des préformes et ébauches. Il faut tout de même garder à l'esprit que ces pièces sont issues d'un rejet, ce qui signifie qu'elles ne correspondent pas au module souhaité. Ainsi, ces dimensions sont à prendre à titre indicatif, d'autant plus que les négatifs d'éclats sur le bloc-nucléus et sur l'affleurement montrent nettement que les supports recherchés pouvaient atteindre des dimensions bien supérieures, entre 15 et 27 cm de longueur pour 6 à 16 cm de largeur.

Les éclats de façonnage

En complément, un peu plus de 2 000 éclats de façonnage ont été passés en revue afin d'asseoir une analyse fiable des gestes. Comme mentionné précédemment, le ratio entre longueur et largeur a montré qu'un groupe de petits éclats, certainement issus de la taille des ébauches, se situe entre 2 et 6,5 cm de longueur pour 0,5 à 6 cm de largeur. Ces dimensions assez importantes suggèrent une nouvelle fois l'existence de supports de grand volume.

Il faut également noter que 67% du corpus est représenté par des éclats de plein façonnage et seulement 1% est issu d'une taille bifaciale. Ces chiffres sont assez clairs quant à la technique employée, le procédé semble assez rapide. Les zones à égaliser sont mises en forme sommairement par quelques enlèvements seulement et sans y revenir.

Les percuteurs

Les percuteurs ont été intégrés au nombre de trente-cinq au corpus d'étude (fig. 19, nº 2). Tous sont en dolérite à

part deux fragments de percuteur en grès lustré (fig. 19, nos 1 et 4) et deux autres en grès bleu (fig. 19, no 3). Différentes catégories ont été distinguées sur le critère de leur masse et de leur emploi présumé. Certaines pièces sont de taille conséquente, allant au-delà des 5 kg. Leur présence suggère une percussion dormante. De même, les percuteurs de module moyen, allant de 2 à 5 kg, ont probablement servi à une percussion lancée.

Par ailleurs, des percuteurs de taille beaucoup plus modeste, dépassant rarement le kilogramme et tenant facilement dans la main, ont certainement été utilisés pour un façonnage par percussion directe dure. Il s'agit de pièces dont une ou plusieurs extrémités ont été écrasées et arrondies sous le coup des impacts. Il faut noter également la présence de soixante-treize gros éclats portant des traces très nettes de percussions sur leur partie la

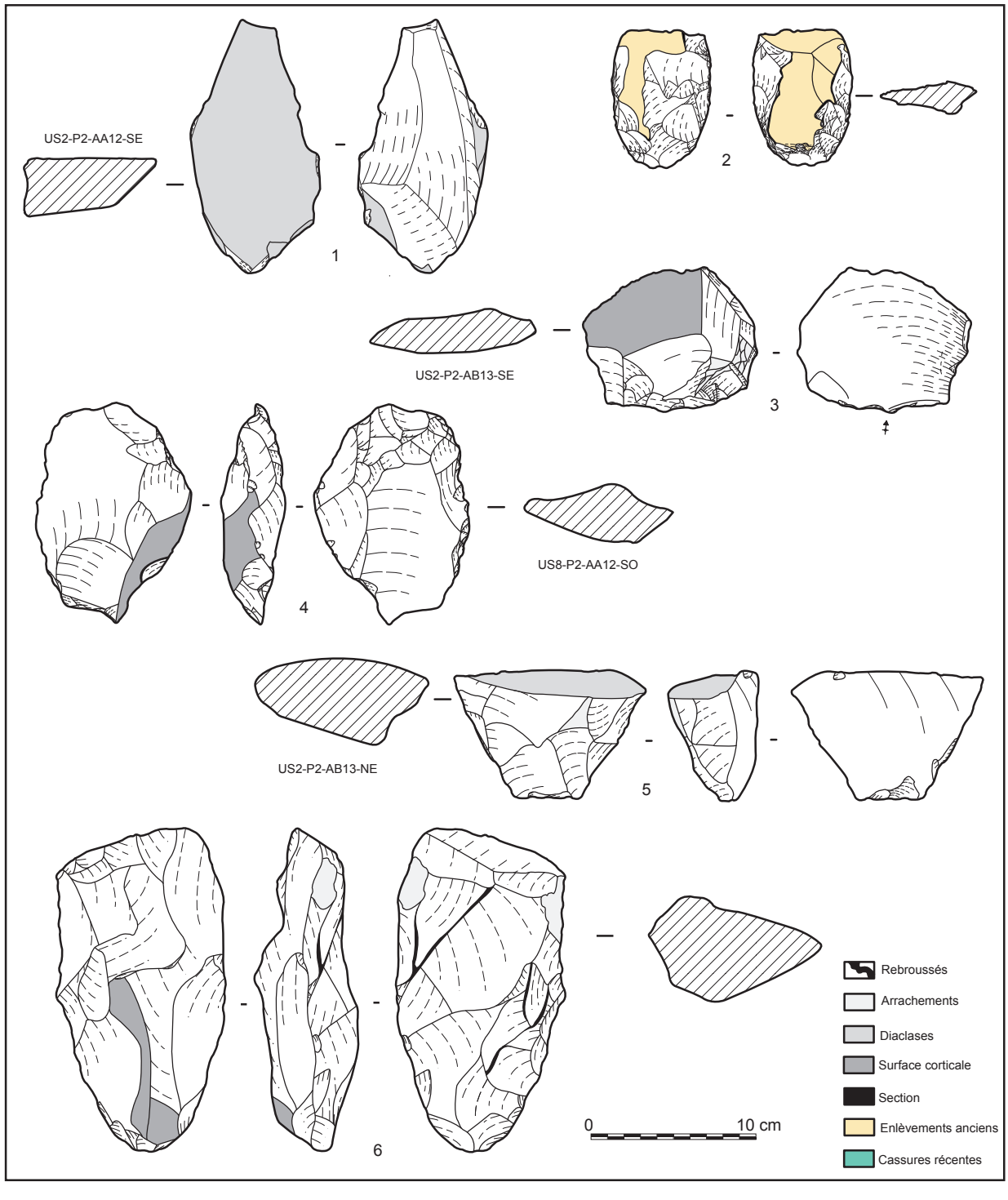

Fig. 17 – Beulin. 1 : pic à pointe cassée ; 2 : ébauche expérimentale ; 3 : éclat ; 4 et 6 : ébauches archéologiques découvertes en fouille ; 5 : ébauche archéologique de surface (dessins et DAO L. Bénéteaud).

Fig. 17 – *Beulin. 1: pick with broken point; 2: experimental rough-out; 3: flake; 4 and 6: archaeological rough-outs found during the excavations; 5: surface find, archaeological rough-out (drawings and CAD L. Bénéteaud).*

plus épaisse. Leur présence indique un remploi probable comme percuteurs légers puisqu'ils ne pouvaient pas servir de support au façonnage de lames de hache.

Pour nuancer le propos, il faut noter que près d'un tiers de ces percuteurs sont cassés et un quart de l'effectif n'a pas pu être classé parmi les catégories citées précédemment.

La chaîne opératoire de façonnage des lames

L'obtention d'éclats-supports

Le choix de l'éclat-support se fait en fonction de sa morphologie, dont les propriétés sont utilisées pour faciliter le façonnage. Le mobilier de la collection a une épaisseur moyenne de 4 cm. Il semblerait que ce paramètre, ainsi que la forme du bulbe, jouent un rôle primordial lors du façonnage des lames de hache, servant de guide à l'égalisation de la pièce.

Cet aspect de la chaîne opératoire met en avant la préméditation des gestes du tailleur et donc une bonne connaissance de la technique de façonnage. L'absence de support non retouché parmi l'échantillon étudié peut être expliquée par la difficulté d'obtenir des éclats correspondant précisément aux critères requis. Toutes les pièces présentant un fort potentiel pour la production d'une lame de hache ont certainement été utilisées.

Pour tenter de répondre à certaines questions posées lors de l'étude, un test expérimental a été mené par B. Bodinier afin d'obtenir des éclats-supports à partir de blocs de dolérite issus du filon de Beulin. La ténacité de la roche est telle que plusieurs techniques ont dû être testées, sans grand succès. La plus efficace fait intervenir au moins trois blocs de dolérite afin de créer un impact assez fort pour fracturer le nucléus. Celui-ci est placé sur une enclume plate et éventuellement calée avec d'autres blocs. Un percuteur d'une masse supérieure à 5 kg est ensuite lancé vigoureusement sur l'ensemble. Malgré les efforts déployés au cours de ce test expérimental, aucun éclat-support n'a pu être obtenu.

La mise en forme des ébauches

L'étude des préformes et ébauches de la collection de Beulin a été réalisé à partir d'un corpus restreint s'élevant à trente et une pièces, dont vingt et une présentent un accident de taille lié à leur façonnage et sept sont fragmentées.

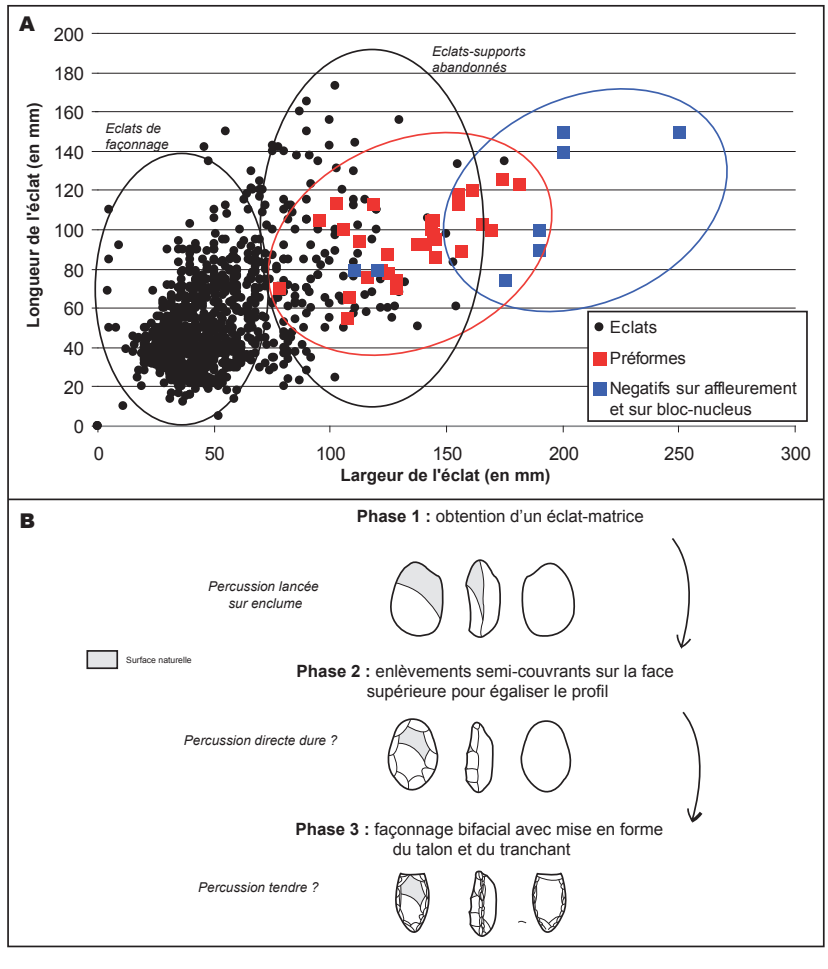

Fig. 18 – Beulin. A : diagramme de points comparant les dimensions des éclats, des ébauches et des négatifs d'éclats (DAO G. Kerdivel) ; B : schéma de la chaîne opératoire (DAO L. Bénéteaud).

Fig. 18 – *Beulin. A: point graphs comparing length and width of the flakes, the rough-outs and the flake negative impressions (CAD G. Kerdivel); B: the* chaîne opératoire *(CAD L. Bénéteaud).*

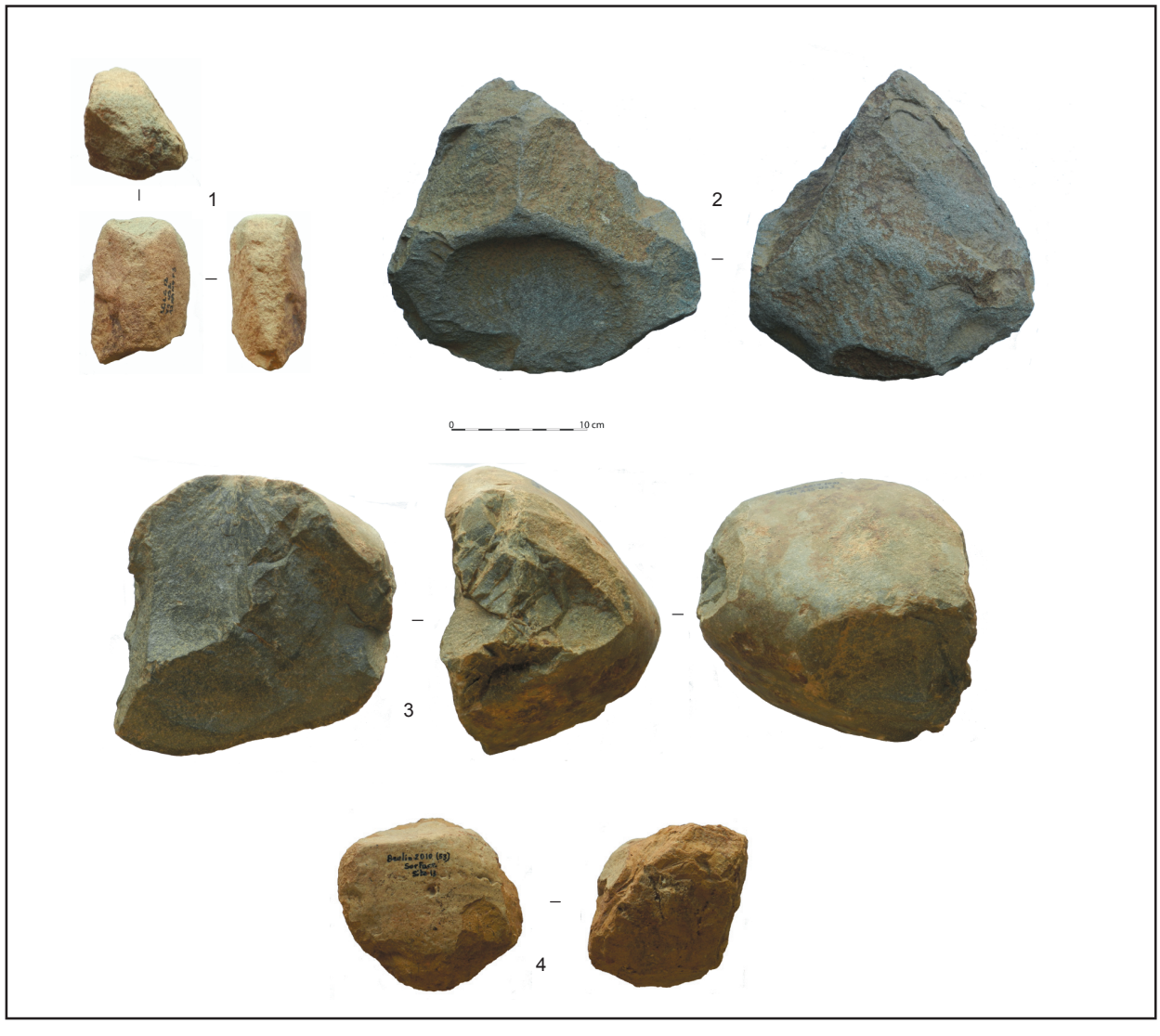

Fig. 19 – Beulin. 1 : petit percuteur en grès lustré ; 2 : éclat provenant d'un percuteur en dolérite ; 3 : percuteur sur galet de grès bleu ; 4 : petit percuteur en grès lustré (clichés et DAO L. Bénéteaud).

Fig. 19 – *Beulin. 1: small phammer of glossy sandstone; 2: large flake derived from a dolerite hammer; 3: hammer made from a grey-blue sandstone pebble; 4: small hammer of glossy sandstone (photos and DAO L. Bénéteaud).*

Malgré les difficultés de lecture imposées par cet échantillonnage, plusieurs stades de façonnage ont été repérés (fig. 17, nº 4 à 6). Il semble que la mise en forme des côtés de la lame constitue la première étape, réalisée à partir de l'éclat-support non retouché. Cette phase permet d'égaliser la section, utilisant l'épaisseur du bulbe comme guide. Une deuxième étape s'attache au façonnage du tranchant et du talon de l'ébauche, le premier se présentant sous la forme d'un biseau et le second sous la forme d'une légère pointe. C'est lors de cette phase que les accidents semblent les plus fréquents. De nombreux enlèvements trop profonds sont à l'origine de nombreux abandons. Malheureusement, aucune ébauche prête pour le bouchardage n'a été observée, de même qu'aucune étude typologique n'a pu être entreprise en raison de la configuration de ce corpus.

Un autre test expérimental a été réalisé afin de mieux appréhender les enjeux du façonnage de lames de hache sur dolérite. À cette occasion, B. Bodinier a une nouvelle fois accepté de mettre à notre service son expérience de tailleur. N'ayant pas obtenu d'éclats-supports lors du test précédent, ce sont des éclats archéologiques de la carrière de Beulin mis au rebut et ne correspondant pas tout à fait aux critères de choix observés qui ont été utilisés comme matrices.

Là encore, plusieurs modes de percussion ont été testés. Les enlèvements obtenus grâce à la percussion directe tendre sont très fins et quelques rebroussés se sont manifestés. Une courte ébauche a tout de même été obtenue, malgré une section trop amincie à certains endroits (fig. 17, nº 2). La percussion directe dure a ensuite été tentée à l'aide d'un percuteur de taille moyenne en quartz filonien. Rapidement, la présence d'une enclume a semblé pertinente pour obtenir de plus longs enlèvements. Cette configuration apparaît comme étant la plus efficace ; toutefois, le support n'étant pas adapté au façonnage d'une ébauche, le résultat est très différent de celui observé dans la collection. Enfin, un troisième essai a mêlé alternativement

percussion dure et percussion tendre, mais le support s'est fracturé, interrompant le façonnage dès la première phase.

Grâce à ce test, la question de la percussion a trouvé quelques réponses, bien que l'obtention d'enlèvements longs et couvrants, comme observés sur les ébauches archéologiques, pose encore problème. La percussion mixte apparaîtrait comme la plus pertinente afin de tirer avantage des deux techniques. Par ailleurs, il a été confirmé que le choix de l'éclat-support est primordial pour l'obtention d'une ébauche répondant aux standards néolithiques. De ce fait, le façonnage de lames de hache en dolérite semble nécessiter un apprentissage spécifique dont nous ne possédons pas encore toutes les subtilités.

La chaîne opératoire de façonnage

La chaîne opératoire restituée pour le façonnage à Beulin est proposée grâce aux informations recueillies lors de l'étude du mobilier et des différentes phases des tests expérimentaux (fig. 18). L'éclat servant de support semble avoir été obtenu à l'aide d'une percussion lancée sur enclume, une technique mise en œuvre afin de fracturer au mieux une roche particulièrement tenace. Le choix de ces pièces repose sur leur morphologie, qui tend à faciliter au maximum la mise en forme. L'axe de débitage de l'éclat est tourné à 90° afin de tirer avantage de l'épaisseur du bulbe lors de la première série d'enlèvements bifaciaux ; elle s'attache à égaliser les bords de l'esquisse. Ensuite, une deuxième série d'enlèvements façonne le tranchant, en forme de biseau, et le talon, en forme de légère pointe. C'est durant cette étape délicate que les accidents interviennent le plus souvent, certains enlèvements profonds amincissant trop l'épaisseur de l'ébauche. Le mode de percussion utilisé pour ces deux phases reste encore à définir mais une utilisation mixte semble appropriée. La préforme obtenue, de manière précise et concise, est ainsi prête pour le bouchardage.

ENVIRONNEMENT AU NÉOLITHIQUE ET EXPLOITATION FORESTIÈRE (F. J.)

Une analyse anthracologique[3] a été menée sur un corpus de 489 charbons de bois issus des couches archéologiques du site afin de reconstituer le paysage forestier mais surtout de déterminer les bois sélectionnés et mis en œuvre dans la carrière. Les prélèvements de charbons de bois ont été essentiellement réalisés à vue sur des charbons de bois isolés ou concentrés en nappe (US 9). L'analyse a été la plus exhaustive possible.

Méthodes

La détermination des essences a été faite par l'observation à la loupe binoculaire (grossissements de × 7 à × 90) et au microscope optique à réflexion (grossissements de × 100 à × 500) des plans anatomiques (transversal, tangentiel, radial) sur cassures fraîches. Les caractères anatomiques ont été comparés aux clés de détermination des ouvrages de référence (Schweingrüber, 1982 et 1990 ; Marguerie, 1992) et à la collection de référence du CReAAH à Rennes. Le niveau de détermination dépend des limites de discrimination des taxons (espèce, genre ou famille). Par exemple, on rassemble les taxons suivants au sein de la sous-famille des Pomoïdées : l'aubépine *(Crataegus laevigita / monogyna)*, le pommier sauvage *(Malus sylvestris)*, le néflier *(Mespilus germanica)*, le poirier *(Pirus amygdaliformis / communis)*, le sorbier *(Sorbus aucuparia)* et l'alisier torminal *(Sorbus torminal)*. La détermination du chêne est limitée à l'échelle du genre chêne à feuillage caduc (f. c.), car aucune distinction anatomique n'est actuellement réalisable entre le chêne sessile *(Quercus petraea)* et le chêne pédonculé *(Quercus robur)*. La détermination entre le type genêt et ajonc reste également délicate, on note : cf. *Genista / Ulex*.

Les plans ligneux des bois carbonisés ont également été étudiés, le nombre de cernes a été compté et les mesures des largeurs totales correspondantes ont été réalisées, lorsque les états de conservation et de fragmentation le permettaient. Les largeurs moyennes de cernes (accroissement radial) ont été obtenues en divisant la mesure des largeurs de cernes totales par le nombre de cernes observés (Marguerie et Hunot, 2007). Des estimations de diamètres ont été effectuées lorsque les dimensions du plan tangentiel et sa lisibilité étaient suffisantes. Celles-ci ont été réalisées grâce à la réalisation de mesures par la méthode trigonométrique mise au point par A. Dufraisse (2002), complétée par Paradis (2007).

Les dégradations engendrées par des organismes xylophages ou moisissures ont été notées, les fentes de retrait et les états de vitrification (fusion des composants anatomique) ont été observés.

Résultats

D'après les 489 charbons de bois étudiés pour le site, l'assemblage taxonomique apparaît assez peu diversifié avec neuf taxons déterminés (tabl. 3). Il est dominé par le chêne f. c.(58 %), accompagné du noisetier (34 %), du hêtre (4 %) et des Pomoïdées (2 %). Le frêne, l'érable champêtre, l'orme, le saule et les Fabacées de type genêt-ajonc sont présents au sein de ce corpus à moins de 1 %.

Dans le détail, avec quarante-six charbons étudiés, l'US 2 a un assemblage taxonomique composé essentiellement de chêne f. c. Les Pomoïdées, le noisetier et les Fabacées ne sont représentés que par un seul charbon. La croissance radiale moyenne des chênes f. c. est de 1,27 mm (16 mesures), l'histogramme correspondant montre une distribution unimodale (fig. 20A). Les estimations de diamètres montrent une majorité de chênes mesurant entre 5 et 10 cm (fig. 20B et C), le diamètre maximal estimé du chêne f. c. est de plus de 40 cm. Les charbons de chênes où les vaisseaux ont pu être observés proviennent de l'aubier de l'arbre (périphérie). Un fragment de Fabacées a un calibre estimé à 1 cm.

Les corpus anthracologique des US 2a, 4, 6 sont faibles avec respectivement sept, deux et onze charbons analysés. L'US 2a comporte du chêne f. c., du noisetier et du genêt. Le frêne et l'orme composent l'US 4. Un fragment d'orme

a un calibre estimé à 2 cm. Les charbons compris au sein de l'US 6 sont du chêne f. c., du saule, du noisetier et de l'érable. Le diamètre de ce dernier est estimé à 4 cm.

Avec 366 charbons analysés, le cortège taxonomique de l'US 8 est composé en grande majorité de chêne f. c. (60,1 %). Les autres taxons sont le noisetier (31,7 %), le hêtre (4,6 %), les Pomoïdées (2,2 %), le frêne (0,3 %) et l'érable (0,3 %). Les largeurs moyennes de cerne sont plutôt faibles, de 0,63 mm (96 mesures). L'histogramme correspondant montre une croissance radiale moyenne oscillant majoritairement entre 0,25 et 0,75 mm (fig. 20A). Le diamètre maximal estimé sur les fragments de chêne est de 29 cm. Le fragment correspondant provient de l'aubier, à l'instar de 76 % des charbons de chêne de cet ensemble. Le diamètre maximal observé pour le noisetier est de 15 cm à l'instar de celui du hêtre fayard. Le calibre estimé pour les Pomoïdées est de 1 cm. Le diagramme illustrant les résultats des estimations par classes de calibres (fig. 20B), montre la combustion préférentielle de petits calibres, type branche ou jeune tronc.

D'après les cinquante-sept charbons analysés au sein de l'US 9, le noisetier domine (73,7 %), accompagné du chêne f.c. (19,3 %), du hêtre fayard (5,3 %) et des Pomoïdées (1,7 %). Le diamètre maximal du noisetier observé est de 3 cm.

Des galeries d'insectes xylophages ont été observées sur plus de 7 % des charbons issus de l'US 8 et sur près de 23 % des fragments de l'US 9. Plus de 4 % des charbons étudiés au sein de l'US 2 et 8 % comportent des fentes de retrait au sein de leur anatomie ; 7,4 % des charbons étudiés provenant de l'US 8 montrent un état de fusion des composants anatomiques avancé (vitrification).

Interprétation

De par la nature des niveaux archéologiques (niveaux de remblais, etc.) d'où sont extraits les charbons de bois et du nombre insuffisant de déterminations réalisées pour ce site (en dehors de l'US 8), il convient de mettre en garde sur la représentativité paléoécologique de ces assemblages. Par ailleurs, la faible richesse taxonomique mise en évidence pour le site de Beulin - la Bessière corrélée à de très faibles pourcentages (à l'exclusion du chêne et du noisetier) pourrait être le reflet d'une sélection préférentielle en bois par l'homme.

Néanmoins, aux abords du site, il est possible grâce à l'autoécologie des arbres, arbrisseaux ou arbustes déterminés, d'appréhender les différentes formations végétales qui ont servi à l'approvisionnement en bois. Une forêt à dominance en chêne et en noisetier accompagné du hêtre, du frêne, de l'érable et l'orme peut être décrite. D'ailleurs, la chênaie diversifiée plus ou moins ouverte est conforme à ce que l'on connait pour le Néolithique moyen II-récent en Mayenne (Barbier, 1999 ; Visset *et al.*, 2005). Également, une formation de type arbustive ouverte peut avoir pris place à Beulin, notamment, avec les Pomoïdées et le noisetier. (Rameau *et al.*, 1989). La présence des fragments de Fabacées du type genêt-ajonc au sein de l'US 2 et 2a peut être à corréler avec des activités anthropiques. Ils peuvent être issus d'une recolonisation végétale des espaces ouverts ainsi que d'une pression anthropique constante sur la végétation (Joly *et al.*, 2008).

Le frêne, le saule et l'orme sont à associer à des stations humides, voire à des formations de bords de cours d'eau (Rameau *et al.*, 1989). Ce type de formation est en adéquation avec le contexte géographique actuel du site.

Les largeurs moyennes de cernes mesurées au sein de l'US 8 sont faibles (moins de 0,7 mm). V. Bernard fait correspondre ce type de largeurs à un milieu forestier fermé où la présence de l'homme est peu, voire pas, importante (Bernard, 1998). Celles correspondant à l'US 2 sont moyennes, elles pourraient attester des défrichements.

Les diamètres estimés

A. Dufraisse a réalisé, grâce à l'expérimentation, des modèles de classe de calibre en fonction des diamètres des bois mis au feu (Dufraisse, 2002). D'après ces modèles,

Taxons / Unités stratigraphiques	Partie 1				Partie 2	
	US 2	US 4	US 8	US 9	US 2a	US 6
Chêne f. c. *(Quercus* f. c.*)*	43		220	11	2	6
Hêtre (*Fagus sylvatica)*			17	3		
Frêne *(Fraxinus excelsior)*		1	1			
Orme *(Ulmus)*		1				
Érable champêtre *(Acer campestre)*			1			2
Pomoïdées	1		8	1		
Noisetier *(Corylus avellana)*			116	42	4	2
Fabacées type genêt-ajonc *(*cf. *Genista / Ulex)*	1				1	
Saule *(Salix)*	1					1
Indéterminé			3			
TOTAL	**46**	**2**	**366**	**57**	**7**	**11**

Tabl. 3 – Inventaire anthracologique du site de Beulin (F. Jude).

Table 3 – *Inventory of carbonised matter from the Beulin site (F. Jude).*

les histogrammes de classes de calibre, montrent la combustion préférentielle de bois de petits calibres de 1,5 à 10 cm de diamètre (chêne, noisetier). Néanmoins, des chênes f.c. de diamètre de plus de 25 cm sont également présents.

Des diamètres de moins de 15 cm ont été estimés uniquement pour les autres bois, moins denses. Y a-t-il eu une sélection des calibres répondant à des besoins en bois particuliers ?

L'abattage par le feu

Dans l'état actuel de la recherche, en aucun cas, l'étude des charbons de bois ne peut démontrer un abattage de la roche par le feu. Néanmoins, les observations réalisées lors de l'analyse anthracologique peuvent ouvrir certaines pistes de réflexion.

Certains charbons issus des US 8 et 2 sont fondus (vitrification) ou fendus (fentes de retrait). Ces états pourraient être en adéquation avec les stigmates laissés par un type de combustion à montée rapide en températures élevées. Néanmoins, actuellement, aucune expérimentation n'a pu démontrer l'origine de la vitrification (Théry Parisot, 2001 ; Gaudin, 2004 ; Py, 2009 ; Oillic, 2011). Ce type de combustion est nécessaire à l'abattage par le feu, car il nécessite un choc thermique (Py, 2009).

Par ailleurs, la présence de galeries d'organismes xylophages (US 8 et 9) semble témoigner d'un stockage des bois en vue de leur séchage (Théry Parisot, 2001). Lors de l'abattage par le feu, les bois utilisés doivent être secs, car un bois vert s'enflamme difficilement et brûle longtemps sans dégager beaucoup de chaleur (Py, 2009).

D'après V. Py (2009), l'abattage par le feu ne nécessiterait pas d'essence de bois particulière. Les propriétés combustibles d'un bois sont inhérentes à l'essence (propriété chimique, densité), au calibre utilisé, aux conditions de croissance de l'arbre, à son état sain ou altéré et à son taux d'humidité. Les bois de faible densité ou de petits calibres produisent de hautes flammes lumineuses (énergie rayonnante). Les bois à densité plus forte ou de gros calibres produisent des flammes plus courtes, mais

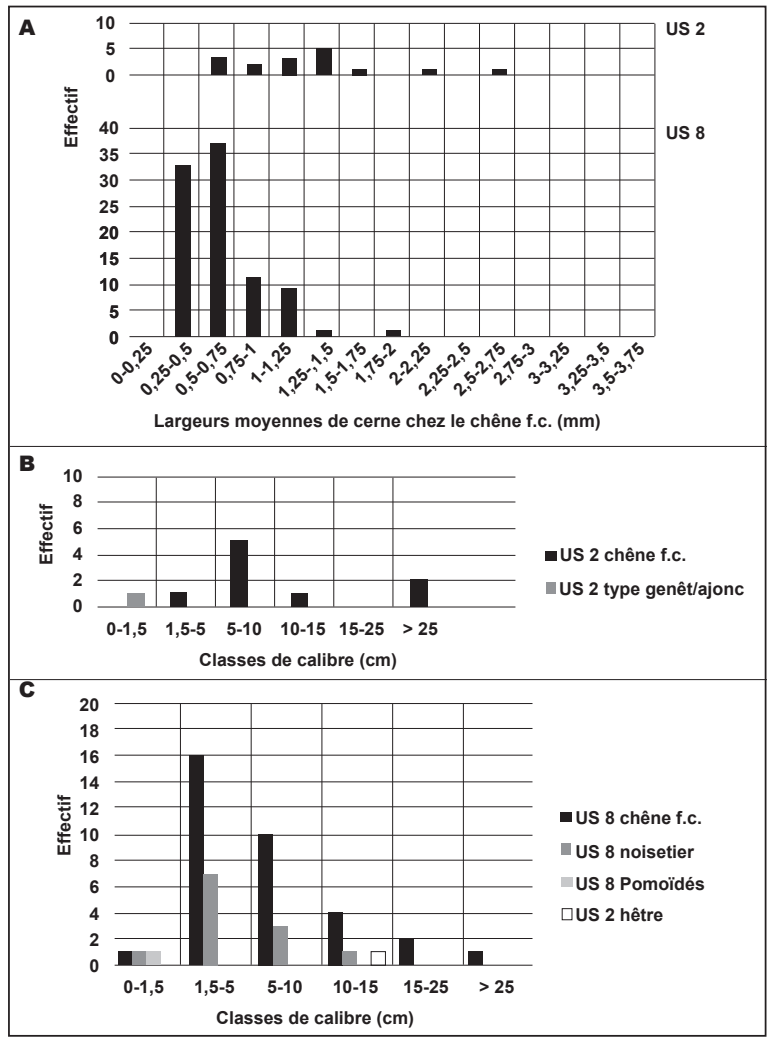

Fig. 20 – Beulin. A : diagramme représentant la répartition des largeurs moyennes de cernes, en mm ; B et C : diagrammes représentant les estimations de diamètres, en mm, par classes de calibre pour B : l'US 2 et C : l'US 8 (DAO G. Kerdivel, d'après F. Jude).

Fig. 20 – *Beulin. A: histogram showing number of occurrences of average sizes in mm of acorn cups; B and C: histograms representing diameter estimations in mm for measured classes as found in B: US 2 and C: US 8 (CAD G. Kerdivel, after F. Jude).*

brûlent plus longtemps (chênes, etc. : Py, 2009 ; Chabal *et al.*, 1999). V. Py et B. Ancel, ont réalisé une expérimentation de taille au feu sur les anciennes mines de plomb argentifère du Fournel à l'Argentière-la-Bessée, Hautes-Alpes, dans l'optique de réaliser une galerie en travers-banc (Py et Ansel, 2006). Ils ont montré que les meilleurs ratios de calibre de bois enregistrés au cours de l'expérimentation étaient obtenus par l'association de bois de gros calibre et de bois plus petits. De ce fait, les diamètres des bois estimés pour le site de Beulin, majoritairement estimés à moins de 20 cm associés à de plus gros calibres, pourraient répondre à ce type d'activité. Les plus petits calibres déterminés ont pu servir de bois d'allumage.

Le hêtre

L'implantation du hêtre sur le Massif armoricain fait partie des problématiques actuelles de la recherche. Cette essence est attestée de manière ténue et discontinue, du Néolithique moyen à l'âge du Bronze dans la partie orientale du Massif armoricain (Oillic, 2011). Les analyses palynologiques réalisées en Mayenne par D. Barbier ont montré son apparition probable dès le Boréal (Barbier, 1999, fig. 10). L'implantation du hêtre serait modérée durant le Néolithique moyen-final, notamment sur l'étang de la Vie à Lignières-Orgères, Mayenne. Il serait quasiment absent dans les niveaux néolithiques de la tourbière de Glatinié à Changé, de la tourbière de Corniche de Pail à Villepail et de la cuvette tourbeuse de la Baforière à Blandouet, Mayenne (Barbier, 1999 ; Barbier *et al.*, 2002). Il est absent des assemblages taxonomiques daté du Néolithique au Moulin de Thévalles à Chémeré-le-Roi, Mayenne (Visset *et al.*, 2005). Il est donc assez étonnant de le retrouver à un taux de 5 % au sein des US 8 et 9 de Beulin. Ce taux peut également être un témoin d'une sélection particulière en bois au sein des formations forestières.

Conclusion

Malgré le faible nombre de charbons déterminés (hors US 8), l'assemblage taxonomique est en adéquation avec les données régionales. Il tend à décrire une chênaie diversifiée, plus ou moins ouverte au vu de la présence d'essences héliophiles telles que le noisetier ou les Pomoïdées. Le fort pourcentage du noisetier et la présence de Fabacées sont probablement à corréler à un certain impact de l'homme sur son environnement. La présence de taxons hygrophiles est en adéquation avec l'implantation géographique du site.

La faible diversité taxonomique ainsi que la faible représentativité au sein du corpus des autres taxons que le chêne f. c. et le noisetier permettent de poser l'hypothèse d'une sélection des bois par l'homme, peut-être pour répondre à des besoins spécifiques. De plus, les diamètres estimés des bois ainsi que l'état des charbons (fondus, fendus, présence de galeries d'organismes xylophages) sont en adéquation avec les besoins en bois et les stigmates laissés par l'abattage par le feu (séchage, type de combustion). Néanmoins, il n'est pas rare de retrouver ce type de stigmates, de diamètres et d'assemblage taxonomique dans le cadre d'autres types d'activités anthropiques. Nous ne pouvons pas exclure ici l'utilisation de ces charbons dans le cadre de l'abattage par le feu, au vu de la proximité du front de taille et des résultats issus de l'analyse anthracologique, mais il n'est en aucun cas, actuellement possible de le démontrer grâce à l'anthracologie.

LE CADRE CHRONOLOGIQUE DE L'EXPLOITATION (G. K.)

Étant donné que nous ne disposons d'aucun élément de culture matérielle, discuter le cadre chronologique de l'exploitation de cette carrière implique un usage important des datages radiocarbones. Ainsi, ce sont onze datations qui ont été obtenues depuis 2010 (tabl. 4). De manière générale, les charbons proviennent d'essences végétales à durée de vie courte. Néanmoins les contraintes techniques d'analyse ont nécessité l'emploi de charbons de *Quercus*. La forte homogénéité des résultats permet de situer l'exploitation entre le milieu du Ve millénaire et le milieu du IVe millénaire, c'est-à-dire durant tout le Néolithique moyen II jusqu'au Néolithique récent.

L'analyse des résultats montre que le cœur de l'exploitation, tel qu'il a été reconnu, c'est-à-dire les affleurements 2 et 8, a été exploité aux alentours de 4800 BP. L'approche stratigraphique n'est guère possible, l'échantillon de l'US supérieure ayant donné un résultat un peu plus ancien que ceux des US inférieures. Cela témoigne, des remaniements de stériles importants qu'induit une exploitation en carrière. Ce secteur (partie fouillée 1) semble donc avoir été exploité entre 3750 et 3500 avant notre ère, si l'on considère la fourchette de calibration.

Les résultats obtenus à proximité des affleurements 4 et 5 montrent, une inversion stratigraphique avec des datations plus anciennes pour l'US 6 que pour l'US 2A qui la recouvre. Toutefois, ils montrent que ce secteur (partie fouillée 2) a été exploité quelques centaines d'années avant les affleurements 2 et 8 entre 4250 et 3800 avant notre ère, bien qu'une datation permette de penser que l'exploitation de l'affleurement 8 a commencé en même temps que cette zone.

Une datation semble particulièrement intéressante. Celle obtenue pour l'US 4 témoigne probablement du décaissement de l'affleurement, peut-être même du début de l'exploitation, entre 4600 et 4350 avant notre ère.

En Mayenne, les gisements du Néolithique moyen sont rares (Kerdivel, 2012a) ; le site de Beulin est un cas particulier, auquel on peut ajouter le site de la Poterie à Ruillé-le-Gravelais (Hénaff *et al.*, 2017). Il faut élargir notre réflexion au cadre régional pour situer la carrière de Beulin dans son contexte. Tout d'abord, on note que l'exploitation du Roch'Pol à Plussulien (Côtes-d'Armor) s'est faite en parallèle de celle de Beulin entre 4000-3000 BC (Le Roux, 1999). Par contre, l'exploitation de la carrière de Beulin semble avoir débuté un peu plus anciennement que celle de la minière de Ri-Ronai,

Code lab.	US	Carré	BP	Écart-type	Calibration à 95,4 % de probabilité	Nature	Méthode de pré-traitement	Mesure de contrôle	Méthode de calibration
Lyon-8820		Sous le bloc qui remonte	5410	30	4340-4180	Bois de pomoïdés	Aucune	Aucune	IntCal04
Beta-287649		Sous le percuteur en grès	4760	40	3640-3500 et 3430-3380		Aucune	Aucune	IntCal04
Lyon-8821		A13	4855	30	3705-3537	Branchette de *Quercus*	Aucune	Aucune	IntCal04
Lyon-13434	2A	AD10NE	5305	40	4253-3999	*Quercus*	Aucune	Aucune	IntCal13
Lyon-13432	6	AD9SO	5140	35	4039-3804	*Corylus*	Aucune	Aucune	IntCal13
Lyon-13429	6	7ABNE	5275	35	4232-3991	*Salix*	Aucune	Aucune	IntCal13
Lyon-13428	4	16AESO	5660	35	4581-4373	*Ulmus*	Aucune	Aucune	IntCal13
Lyon-13427	2	12AA	4890	35	3762-3636	*Quercus*	Aucune	Aucune	IntCal13
Lyon-13430	8	13AASO	4800	35	3651-3521	*Corylus*	Aucune	Aucune	IntCal13
Lyon-13433	8	13AASE	4835	35	3697-3527	*Quercus*	Aucune	Aucune	IntCal13
Lyon-13431	9	13ABNO	4815	35	3661-3521	*Corylus*	Aucune	Aucune	IntCal13

Tabl. 4 – Datations ^{14}C disponibles pour le site de Beulin. Le rapport isotopique $^{13}C/^{12}C$ n'est pas disponible (G. Kerdivel).
Table 4 – *Radiocarbon dates available for the Beulin site (G. Kerdivel).*

Orne (phase ancienne entre 4100 et 3700 BC) et doit être plus ou moins contemporaine de celle de Brettevillle-le-Rabet, Calvados (Desloges, 1986 ; Ghesquière *et al.*, 2012). Ce début d'exploitation est contemporain des sites du début du Néolithique moyen II que sont Banville, Calvados, 4400-4100 BC (Kerdivel, en préparation) et Goulet, Orne, 4500-4350 BC (Billard *et al.*, 2014a). L'exploitation de la carrière de Beulin perdure pendant toute la période de construction des dolmens à couloir et autres dolmens angevins. On s'étonnera toutefois de voir qu'elle semble s'interrompre avec la construction des allées couvertes et des sépultures à entrée latérale, pourtant très présentes dans ce secteur de la Mayenne, et utilisant de la dolérite comme élément d'architecture, au milieu du IVe millénaire (Bouillon, 1989). Il faut espérer que les résultats futurs sur la diffusion des produits provenant de Beulin viennent compléter ces éléments de chronologie.

EN GUISE DE CONCLUSION LA QUESTION DE LA DIFFUSION (G. K.)

Dans les lignes qui précèdent, nous nous sommes attachés à faire un état complet de nos connaissances actuelles sur les modalités d'extraction de la dolérite de Beulin, sur ses caractéristiques physiques et chimiques et sur les modalités de façonnage des lames de hache.

Par contre, il est encore trop tôt pour discuter la diffusion des produits issus de la carrière de Beulin. En effet, les analyses ne font que débuter. Toutefois, il est possible de s'appuyer sur certains des résultats obtenus par C.-T. Le Roux au cours de ses travaux sur la diffusion des productions de Plussulien. S'ils ont fait l'objet de critiques, fondées surtout sur l'existence de métadolérite dans le Massif central et des difficultés inhérentes à l'interprétation des résultats géochimiques, ses travaux restent encore largement pertinents bien qu'ils soient minorés chez certains auteurs (Vuaillat *et al.*, 1995 ; Pétrequin *et al.*, 2012b). Ainsi, la lame mince d'un éclat provenant de Beulin évoque à C.-T. Le Roux (communication orale) les faciès I.L.1, I.L. 2 et I.L.3 qu'il a individualisés (Le Roux et Cordier, 1974 ; Le Roux *et al.*, 1986 ; Kerdivel *et al.*, 2011a). De fait, nous proposons à titre d'hypothèse que la lame de hache courte du dolmen de Mallée à Saint-Quentin, Indre-et-Loire, ait été produite dans une dolérite de Beulin (Cordier, 1959, fig. 2, n° 18 ; Le Roux et Cordier, 1974). et justement, pour l'heure, tout indique que ce sont des produits courts (entre 10 et 20 cm) qui sont sortis de la carrière de Beulin.

Nos analyses géochimiques sur des dolérites de Mayenne et sur des dolérites de la carrière fouillée à Plussulien montrent une signature géochimique précise pour ces deux sources (Kerdivel *et al.*, 2017). L'analyse de quelques produits finis provenant du site de la Burette à Banville, Calvados, prenant en compte cette différenciation est en cours (travaux d'A. Bézos et de G. Kerdivel). De telles analyses devraient nous permettre de préciser justement la typologie des produits finis sortis de ces lieux de production et leur cadre chronologique (Bénéteaud, thèse en cours).

En effet, de telles précisions sont importantes pour la compréhension des systèmes de production et d'échange de ces lames de hache au Néolithique, d'autant plus que les dernières prospections en Mayenne ont permis de mettre en évidence une production de longues lames de haches, correspondant apparemment aux haches fusiformes (Dédouit *et al.*, 1994 ; Le Maux, 2014a ; Billard *et al.*, 2014b). Or, ces découvertes sont éloignées de la carrière de Beulin. Il apparaît donc nécessaire de préci-

ser leur provenance. En effet, exclure trop vite le site de Beulin comme source potentielle de ces lames est sûrement excessif. Pareillement, il restera à préciser la provenance de l'ébauche des Charnies à Quelaines-Saint-Gault, qui constitue probablement l'ébauche de lame de hache la plus longue enregistrée et qui pourrait témoigner d'une autre source de lames de dolérite, cette fois dans le Sud de la Mayenne (Chapelet, 1908 ; Kerdivel, 2011).

NOTES

(1) Il m'est agréable ici de remercier les partenaires sans qui ce travail n'aurait pas été possible. Les travaux de terrain ont été financés par la DRAC des Pays de la Loire, grâce à l'intérêt de B. Mandy, G. San Juan, E. Georges, Y. Le Jeune et N. Le Meur. La gestion financière a été réalisée, pour les années 2012 et 2013, par J. Ducoin à l'université de Nantes. Le service Patrimoine du conseil général de Mayenne nous a été d'un soutien technique sans faille pour nous permettre de nous équiper et de nous loger, notamment A. Bocquet, S. Morin, A. Legros et E. Madigand. De même, la municipalité de Saint-Germain-le-Guillaume, représentée en 2010-2012 par J.-P. Leroy, s'est impliquée à sa mesure dans les travaux. Les propriétaires, J. Huard et H. Judon, doivent être vivement remerciés, ainsi que l'exploitant R. Boulin pour sa compréhension face aux désagréments. Bien sûr, il me faut remercier l'équipe de bénévoles vaillants qui a prospecté et fouillé dans un bagne à ciel ouvert : Jean-Yves Avril, Pierre et Jean Bernard-Griffiths, Ronan Bitaine, Jessica Blaszkiewicz Mera, Mireille, Bernard et Gilles Bodinier, Gérard Boutruche, Nelly Chomienne, Xerman Darriba Barba, Gilbert Foucher, Nicolas Fromont, Michel Guillou, Rosalie Jallot, Valéry Lecomte, André et Françoise Lenormand, Matéo Monteil, Paz Perez Catala, Pauline Peter, Sandra Plual, François Prioux, Aurélie Raffin, Jean Tharrault et Alicia Torrado Alonso. Ils sont la preuve vivante que l'archéologie est avant tout une affaire de passion et qu'elle n'existerait pas sans les bénévoles. Traduction du français vers l'anglais : John Renouf. Nous le remercions vivement !

(2) Ce test expérimental s'est tenu en juillet 2016. Il a été intégralement filmé par C. Bizien-Jaglin (CeRAA) que nous remercions.

(3) Cette étude a été réalisée en mars 2014 sur la base du budget de l'opération 2013. Il s'est agi d'une prestation réalisée au sein du laboratoire Archéosciences de Rennes par F. Jude, sous la supervision de C. Leroyer (MCC). Nous les remercions vivement toutes les deux.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Barbier D. (1999) – *Histoire de la végétation du Nord mayennais de la fin du Weichsélien à l'aube du XXIe siècle, mise en évidence d'un Tardiglaciaire armoricain, interactions homme-milieu*, Nantes, université de Nantes, Groupe d'étude des milieux naturels, 248 p.

Barbier D., Visset L., Burnouf J. (2002) – Une source pollinique et son exploitation, à propos de la tourbière de Glatinié (Mayenne), *Histoire et sociétés rurales*, 18, p. 137-158.

Bernard V. (1998) – *L'Homme, le bois et la forêt dans la France du Nord entre le Mésolithique et le haut Moyen Âge*, Oxford, Archaeopress (BAR, International Series 733), 190 p.

Billard C., Charraud F., Ganne A., Germain-Vallee C., Ghesquiere E., Hulin G., Jude F., Leroyer C., Marcigny C., Marcoux N. (2014a) – Données préliminaires sur les structures internes de l'enceinte de Goulet « le Mont » (Orne), *in* R. Joussaume, J.-M. Large, S. Corson, N. Le Meur et J.-P. Tortuyaux (dir.), *Enceintes néolithiques de l'Ouest de la France de la Seine à la Gironde*, Chauvigny, Association des publications chauvinoises (Mémoire, 48), p. 51-62.

Billard C., Delrieu F., Le Maux N. (2014b) – Premières reconnaissances du site du Castel à Barneville-Carteret (Manche) et de ses structures internes, *in* R. Joussaume, J.-M. Large, S. Corson, N. Le Meur et J.-P. Tortuyaux (dir.), *Enceintes néolithiques de l'Ouest de la France de la Seine à la Gironde*, Chauvigny, Association des publications chauvinoises (Mémoire, 48), p. 29−50.

Bouillon R. (1989) – La sépulture mégalithique à entrée latérale du Petit-Vieux-Sou à Brécé (Mayenne), *Revue archéologique de l'Ouest*, 6, p. 51-70.

Chabal L., Fabre L., Terral J.-F. Thery-Parisot I. (1999) – L'anthracologie, *in* A. Ferdière (dir.), *La botanique*, Paris, Errance (Archéologiques), p. 43-104.

Chapelet H. (1908) – Présentation d'une ébauche de hache, de grande dimension, trouvée dans le département de la Mayenne, *Bulletin de la Société préhistorique française*, 5, 4, p. 176−177.

Cogné J., Giot P.-R. (1952) – Étude pétrographique des haches polies de Bretagne, I, *Bulletin de la Société préhistorique française*, 49, 8, p. 388−395.

Cordier G. (1959) – Contribution à l'étude préhistorique de la vallée de l'Indre. Station et dolmen de Mallée, commune de Saint-Quentin (Indre-et-Loire), *Bulletin de la Société préhistorique française*, 56, 3, p. 242−254.

Dédouit L., Chancerel A., Desloges J., Dron J.-L., Le Roux C.-T. (1994) – Inventaires des haches fusiformes, *in* A. Chancerel (dir.), *Projet collectif de recherches sur le Néolithique moyen en Basse-Normandie*, rapport d'activité (inédit), 3e année de recherche, service régional de l'Archéologie de Basse-Normandie, Caen, non paginé.

Desloges J. (1986) – Fouilles de mines à silex sur le site néolithique de Bretteville-le-Rabet (Calvados), *in* G. Aubin (dir.), *Actes du Xe colloque interrégional sur le Néolithique* (Caen, 30 septembre-2 octobre 1983), Rennes, Association pour la diffusion des recherches archéologiques dans l'Ouest de la France (*Revue archéologique de l'Ouest*, supplément 1), p.73-101.

Dufraisse A. (2002) – *Les habitats littoraux néolithiques des lacs de Chalain et Clairvaux (Jura, France) : collecte du bois de feu, gestion de l'espace forestier et impact sur le couvert arboréen entre 3700 et 2500 av. J.-C.*, thèse de doctorat, université de Franche-Comté, Besançon, 349 p.

Gaudin L. (2004) – *Les transformations spatiotemporelles de la végétation du Nord-Ouest de la France depuis la fin de la dernière glaciation. Reconstitutions paléopaysagères,* thèse de doctorat, université Rennes 1, 763 p.

Ghesquière E., Marcigny C., Giazzon C., Tsobgou Ahoupe R., Charraud F., Juhel L., Giazzon S. (2012) – La minière néolithique de Ri « le fresne » (Orne), *in* G. Marchand et G. Querré (dir.), *Roches et Sociétés en Préhistoire entre massifs cristallins et bassins sédimentaires*, Rennes, Presses universitaires de Rennes (Archéologie & Culture), p. 453-464.

Hénaff X., Deloze V., Forre P., Guitton V. (2017) – « La Poterie » à Ruillé-le-Gravelais, occupations néolithiques sur le tracé LGV Le Mans-Rennes, *La Mayenne : archéologie et histoire*, textes en ligne, p. 77-98. http://www.lamayenne.fr/fr/Archives53/Textes-en-ligne/La-Mayenne-Archeologie-Histoire [en ligne].

Joly C., Visset L., Scaon C., Pont-Tricoire C., Foquet-Uzel H. (2008) – Archéologie préventive et évolution du paysage végétal de l'âge du Fer au Moyen Âge dans le Gâtinais : mise en évidence de culture du chanvre et d'activité de rouissage (Courcelles et Sceaux-en-Gâtinais, Loiret, France), *ArchéoSciences*, 32, p. 15-30.

Kerdivel G. (2011) – L'ébauche de hache de Quelaines-Saint-Gault, *in Panneau d'exposition « Merveilles en tiroir »,* Jublains, musée archéologique départemental, non paginé.

Kerdivel G. (2012a) – Entre Armorique et Normandie : lecture spatiale du Néolithique ancien et moyen dans l'Ouest de la France à partir de nouvelles données en Mayenne, *Revue archéologique de l'Ouest*, 29, p. 89-106.

Kerdivel G. (2012b) – Roches tenaces et habitat au Néolithique entre Massif armoricain et Bassin parisien, *in* G. Marchand et G. Querré (dir.), *Roches et Sociétés en Préhistoire entre massifs cristallins et bassins sédimentaires*, Rennes, Presses universitaires de Rennes (Archéologie & Culture), p.165−178.

Kerdivel G., Querré G., Torrado Alonso A., GRAM (2011a) – Exploitation de la dolérite dans le Nord-Ouest de la Mayenne au Néolithique : données préliminaires, *Bulletin de la Société géologique et minéralogique de Bretagne*, série D, 9, p. 35−51.

Kerdivel G., Torrado Alonso A., GRAM (2011b) – Un site d'acquisition et de transformation de la dolérite du Néolithique dans le Nord-Ouest de la Mayenne, *Bulletin de la Société préhistorique française*, 108, 3, p. 565−567.

Kerdivel G., Bezos A., La C., Tsobgou Ahoupe R. (2017) – Geochemical Analysis of Massif Armoricain (France) Sources for Neolithic Dolerite Axes, *Archaeometry*, 59, 4, p. 593-611.

Kerdivel G., Mens E., dir. (2010) – *Sites néolithiques d'acquisition et de transformation de la dolérite en Mayenne*, rapport d'opération (inédit), service régional de l'Archéologie des Pays de la Loire, Nantes, 76 p.

Le Gall J. (1999) – Les dolérites et basaltes tholéiitiques varisques du domaine nord-est armoricain, *Géologie de la France*, 4, p. 3−26.

Le Gall J., Vernhet Y., Lacquement F., Gauquelin J.-L., Robert A., Cocherie A., Naveau J. (2011) – *Carte géologique de France au 1/50 000*, 319. *Feuille Laval*, carte et notice explicative, Orléans, BRGM, 269 p.

Le Maux N. (2014a) – Les haches polies néolithiques en roches tenaces et les parures en séricite de Basse-Normandie, *Bilan scientifique de Basse-Normandie*, p. 141−143.

Le Maux N. (2014b) – Produire des haches polies néolithiques en cornéenne en Basse-Normandie : premières données, *in* C. Louboutin et C. Verjux (dir.), *Zones de productions et organisation des territoires au Néolithique. Espaces exploités, occupés, parcourus*, Tours, FERACF (*Revue archéologique du Centre de la France*, suppl. 51), p. 117−136.

Le Roux C.-T. (1990) – La Pétro-archéologie des haches armoricaines, 40 ans après, *in La Bretagne et l'Europe préhistorique. Hommage à P.-R. Giot*, Rennes, Association pour la diffusion des recherches archéologiques dans l'Ouest de la France (*Revue archéologique de l'Ouest*, suppl. 2), p. 345−353.

Le Roux C.-T. (1999) – *L'outillage de pierre polie en métadolérite du type A. Les ateliers de Plussulien (Côtes-d'Armor) : production et diffusion au Néolithique dans la France de l'Ouest et au-delà*, Rennes, Association des travaux du laboratoire d'anthropologie (Travaux du laboratoire, 43), 244 p.

Le Roux C.-T. (2011) – Une « production de masse » dès le Néolithique : les ateliers de Plussulien (Côtes-d'Armor) et les haches polies en métadolérite du « type A », *Bulletin de la Société géologique et minéralogique de Bretagne*, série D, 9, p. 3−33.

Le Roux C.-T., Cordier G. (1974) – Étude pétrographique des haches polies de Touraine, *Bulletin de la Société préhistorique française. Études et travaux*, 71, 1, p. 335−354.

Le Roux C.-T., Despriée J., Leymarios C. (1986) – Les haches polies du Loir-et-Cher. Étude pétrographique et considérations sur leur diffusion dans les Pays de la Loire moyenne et le Sud-Ouest du Bassin parisien, *in Études sur le Néolithique de la région Centre*, actes du colloque interrégional sur le Néolithique (Saint-Amand-Montrond, 28-30 octobre 1977), Saint-Amand-Montrond, Association des amis du musée Saint-Vic, p. 9−66.

Le Roux C.-T., Giot P.-R. (1965) – Étude pétrographique des haches polies de Bretagne, VI. Découverte des ateliers de la dolérite du type A, *Bulletin de la Société préhistorique française. Comptes rendus des séances mensuelles*, 62, 4, p. 128−129.

Leroyer C. (2003) – Environnement végétal des structures funéraires et anthropisation du milieu durant le Néolithique récent-final dans le Bassin parisien, *Revue archéologique de Picardie*, numéro spécial 21, p. 83-92.

Marguerie D. (1992) – *Évolution de la végétation sous l'impact humain en Armorique du Néolithique aux périodes historiques*, Rennes, Association des travaux du laboratoire d'anthropologie (Travaux du laboratoire, 40), 313 p.

Marguerie D., Hunot J.-Y. (2007) – Charcoal Analysis and Dendrology, Data from Archaeological Sites in North-Western France, *Journal of archaeological science,* 34, p. 1417-1433.

Mens E. (1997) – Mégalithes et premiers agriculteurs, *in En remontant le cours du Brivet, six années de recherches archéologiques en Brière*, catalogue de l'exposition, Saint-Nazaire, Groupe archéologique de Saint-Nazaire, p. 23−29.

Morzadec-Kerfourn M.-T. (1974) – *Variation de la ligne de rivage armoricaine au Quaternaire. Analyse pollinique des dépôts organiques littoraux*, Rennes, université de Rennes

(Mémoire de la Société géologique minéralogique de Bretagne), 208 p.

Naveau J. (2001) – Les potiers lavallois au début des temps modernes, *La Mayenne, archéologie, histoire*, 24, p. 47-77.

Oillic J.-C. (2011) – *Végétation, peuplement, métallurgie en Brocéliande : étude interdisciplinaire de la forêt de Paimpont (Bretagne, France) depuis la fin du Tardiglaciaire.* thèse de doctorat, université Rennes 1, 323 p.

Pailler Y. (2009) – Produire des lames polies en contexte rituel : le matériel poli d'Er Lannic, *in* S. Cassen (dir.), *Autour de la Table. Explorations archéologiques et discours savants sur des architectures néolithiques à Locmariaquer, Morbihan (Table des Marchands et Grand Menhir)*, Nantes, LARA, p. 632−641.

Paradis S. (2007) – *Étude dendro-anthracologique : une approche méthodologique pour l'étude du calibre des bois*, mémoire de master 2, université de Dijon, 76 p.

Patton M. A. (1993) – Le Pinacle à Jersey : une fabrique de haches polies dans les îles Anglo-Normandes, *in* J.-C. Blanchet, A. Bulard, C. Constantin, D. Mordant et J. Tarrête (dir.), *Le Néolithique au quotidien*, actes du 16e Colloque interrégional sur le Néolithique, Paris, MSH (Documents d'archéologie française, 39), p. 190−194.

Pétrequin P., Cassen S., Errera M., Klassen L., Sheridan A., Pétrequin A.-M., dir. (2012a) – *JADE. Grandes haches alpines du Néolithique européen. Ve et IVe millénaires av. J.-C.*, Besançon, Presses universitaires de Franche-Comté et Centre de recherche archéologique de la vallée de l'Ain (Les Cahiers de la MSHE Ledoux), 2 vol., 1 524 p.

Pétrequin P., Gauthier E., Jacottey L., Jeudy F., Maitre A., Vaquer J. (2012b) – Chapitre 10. Les exploitations de Réquista (Aveyron) et de Plancher-les-Mines (Haute-Saône, France). Exemples de diffusion de haches à moyenne distance, *in* P. Pétrequin, S. Cassen, M. Errera, L. Klassen, A. Sheridan et A.-M. Pétrequin (dir.), *JADE. Grandes haches alpines du Néolithique européen. Ve et IVe millénaires av. J.-C.*, Besançon, Presses universitaires de Franche-Comté et Centre de recherche archéologique de la vallée de l'Ain (Les Cahiers de la MSHE Ledoux), vol.1, p. 544−573.

Py V. (2009) – *Mine, bois et forêt dans les Alpes du Sud au Moyen Âge, approches archéologique, bioarchéologique et historique*, thèse de doctorat, université Aix-Marseille 1, Aix-en-Provence, 2 vol., 524 p. et 808 p.

Py V., Ansel B. (2006) – Archaeological Experments in Fire-setting: Protocol, Fuel and Anthracological Approach, *in* A. Duffraisse (dir.), *Charcoal Analysis: New Analytical Tools and Methods for Archaeology*, Oxford, Archaeopress (BAR, International Series 1483), p. 71-82.

Rameau J.-C., Mansion D., Dume G. (1989) – *Flore forestière française, guide écologique illustré*, 1. *Plaine et collines*, Paris, Institut pour le développement forestier, 1 800 p.

Schweingrüber F. H. (1982) – *Anatomie microscopique du bois*, Flück-Wirth, Teufen, 226 p.

Schweingrüber F. H. (1990) – *Anatomy of European Woods: An Atlas for the Identification of European Trees, Shrubs, Dwarf Shrubs*, Berne, Paul Haupf, 800 p.

Soltner D. (1975) – *Pythotéchnie générale : les bases de la production végétale*, 1. *Le sol*, Sainte-Gemmes-sur-Loire, [s. n.] (Sciences et techniques agricoles), 448 p.

Théry-Parisot I. (2001) – *Économie des combustibles au Paléolithique. Expérimentation, taphonomie, anthracologie*, Paris, CNRS, 200 p.

Visset L., L'Helgouac'h J., Bernard J. (1996) – La tourbière submergée de la pointe de Kerpenhir à Locmariaquer (Morbihan). Étude environnementale et mise en évidence de déforestation et de pratique agricole néolithique, *Revue archéologique de l'Ouest*, 13, p. 79-87.

Visset L., Barbier D., Ougerram A. (2005) – Le paysage végétal dans le bas Maine (Mayenne, France), le long de la vallée de l'Erve, de la fin du Mésolithique à l'époque récente, *Revue archéologique de l'Ouest*, 22, p. 85-92.

Vuaillat D., Santallier D., Ploquin A., Floc'h J.-P. (1995) – Les haches néolithiques limousines. Étude géochimique des matériaux méta-doléritiques. Conséquences archéologiques et géologiques, *Revue d'archéométrie*, 19, p. 63–78.

Gwenolé Kerdivel
Groupe de recherches archéologiques
de Mayenne (GRAM),
2, allée des Jardins,
35370 Saint-Germain-du-Pinel
gwenole.kerdivel0722@orange.fr

Lucie Bénéteaud
doctorante à l'université Rennes 1,
4, rue des artisans, 35150 Esse
lucie.beneteaud@live.fr

Antoine Bezos
CNRS UMR 6112
Laboratoire de planétologie et géodynamique,
université de Nantes,
2, rue de la Houssinière, 44322 Nantes cedex 03
antoine.bezos@univ-nantes.fr

Bernard Bodinier
GRAM, La Bondie, 53170 Villiers-Charlemagne
bernard-bodinier@orange.fr

Fanny Jude
UMR6566 CReAAH
université Rennes 1,
263, Avenue du Général-Leclerc
CS 74205 35042 Rennes cedex

GRAM
La Bondie, 53170 Villiers-Charlemagne

Alicia Torrado Alonso
3, le tertre, 35140 La Chapelle-Saint-Aubert
aliciatorradoalonso@gmail.com